

APÉNDICE 2

Red AS-i de sensores-actuadores

A2.1 Introducción

La red o bus de campo AS-i (*Actuator-Sensor Interface*) es una red de sensores-actuadores (dispositivos de campo) de funcionalidad limitada (ver apartado 9.3.2.3.3 del capítulo 9) y bajo coste, cuya primera versión (Versión 1.0) permite la conexión, mediante un único canal de comunicación, de un sistema electrónico de control (Autómata Programable, Control Numérico, Computador Industrial, etc.) y un máximo de 31 nodos que constituyen procesadores de comunicaciones, a cada uno de los cuales se pueden conectar, como máximo, 4 sensores y 4 actuadores todo/nada (*On/Off*) (ver apartado 7.4.1.3 del capítulo 7).

Su diseño fue realizado por once fabricantes de sensores, actuadores y sistemas electrónicos de control, y dio como resultado un bus de campo normalizado por el comité europeo de normalización bajo la denominación EN 50295. Son ejemplos de aplicaciones industriales en las que la red AS-i resulta especialmente indicada, los sistemas de transporte, manutención, embalaje, ensamblaje, mecanizado, ventilación, climatización, aparcamiento, alumbrado, etc.

En la figura A3.1 se representa el diagrama de bloques de una red AS-i. El sistema electrónico de control se conecta al canal de comunicación AS-i mediante un procesador de comunicaciones denominado principal (*Master*) porque soporta el control de la comunicación. El conjunto formado por el sistema electrónico de control y el procesador de comunicaciones principal recibe el nombre de estación o módulo principal. Los dispositivos de campo se conectan al canal de comunicaciones a través de procesadores de comunicaciones que reciben el nombre de subordinados (*Slaves*) porque solamente responden a las órdenes que les envía el procesador principal. En la figura A3.2 se representa un ejemplo de red AS-i real. El conjunto formado por un procesador de comunicaciones subordinado y los sensores conectados a él se denomina estación o módulo subordinado.

La distancia máxima de una red AS-i es de 100 metros, pero se pueden alcanzar distancias de 300 metros aproximadamente mediante elementos amplificadores de señal denominados repetidores AS-i.

Además de las funciones de comunicación, la red AS-i proporciona, a través de un único cable de dos hilos, alimentación a los sensores y actuadores de bajo consumo.

Las principales características de la red AS-i son:

- Garantiza un ciclo de exploración de los sensores-actuadores todo-nada conectados a todos los nodos de la red cuya duración está limitada y depende del número de nodos.

Su valor máximo es de 5 ms, en la versión 1.0, cuando está conectado el número máximo de 31 nodos y es de 2 ms, por ejemplo, en una red de 12 nodos.

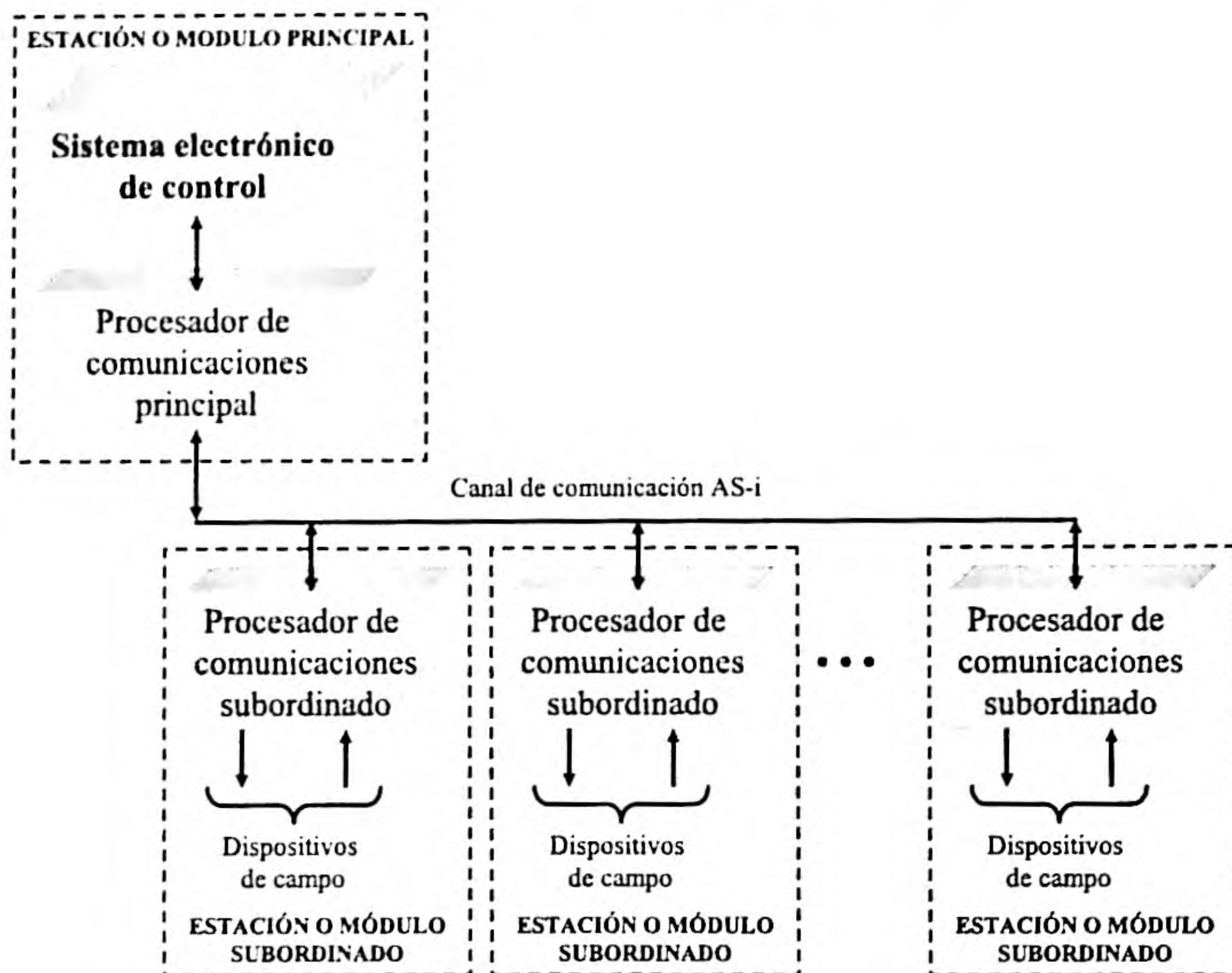


Figura A2.1. Diagrama de bloques de una red AS-i (cortesía de Siemens).

- Reduce al mínimo el cableado necesario para conectar un Autómata Programable con los dispositivos de campo del proceso.
- Es fácil de instalar, porque no necesita programas de configuración, y dispone de un método rápido de conexión de los nodos.
- Está normalizada tanto a nivel eléctrico como mecánico, lo que garantiza la modularidad y la intercambiabilidad de los productos.
- Sus nodos se pueden implementar con un elevado nivel de protección IP67 (descrito en el apartado 7.5.2 del capítulo 7), lo que permite su instalación a pie de máquina (sin necesidad de protección adicional).
- Tiene una gran flexibilidad de instalación porque permite diferentes tipos de topologías (estrella, línea, árbol, etc.), lo cual facilita el precableado de las instalaciones por zonas, así como su ampliación y/o modificación.
- Posee funciones complementarias de diagnóstico, que le proporcionan una elevada fiabilidad.

Existe ya una nueva versión, denominada 2.1, que mejora sustancialmente las prestaciones de la versión 1.0 porque eleva el número máximo de nodos a 62 y permite la transmisión de información de variables analógicas convertidas en digitales de un máximo de 12 bits de resolución.

Al igual que en la práctica totalidad de los buses de campo (descritos en el apartado 9.3.2.3 del capítulo 9), en la red AS-i se definen sólo las capas o niveles físico, de enlace de datos y de aplicación del modelo OSI de interconexión de sistemas informáticos, descrito en el apartado A1.3.2 del apéndice 1.

Para controlar la evolución de la red AS-i, así como el cumplimiento de la norma (en sus distintas versiones) por parte de los diferentes fabricantes de dispositivos, se ha creado la denominada asociación AS-i.

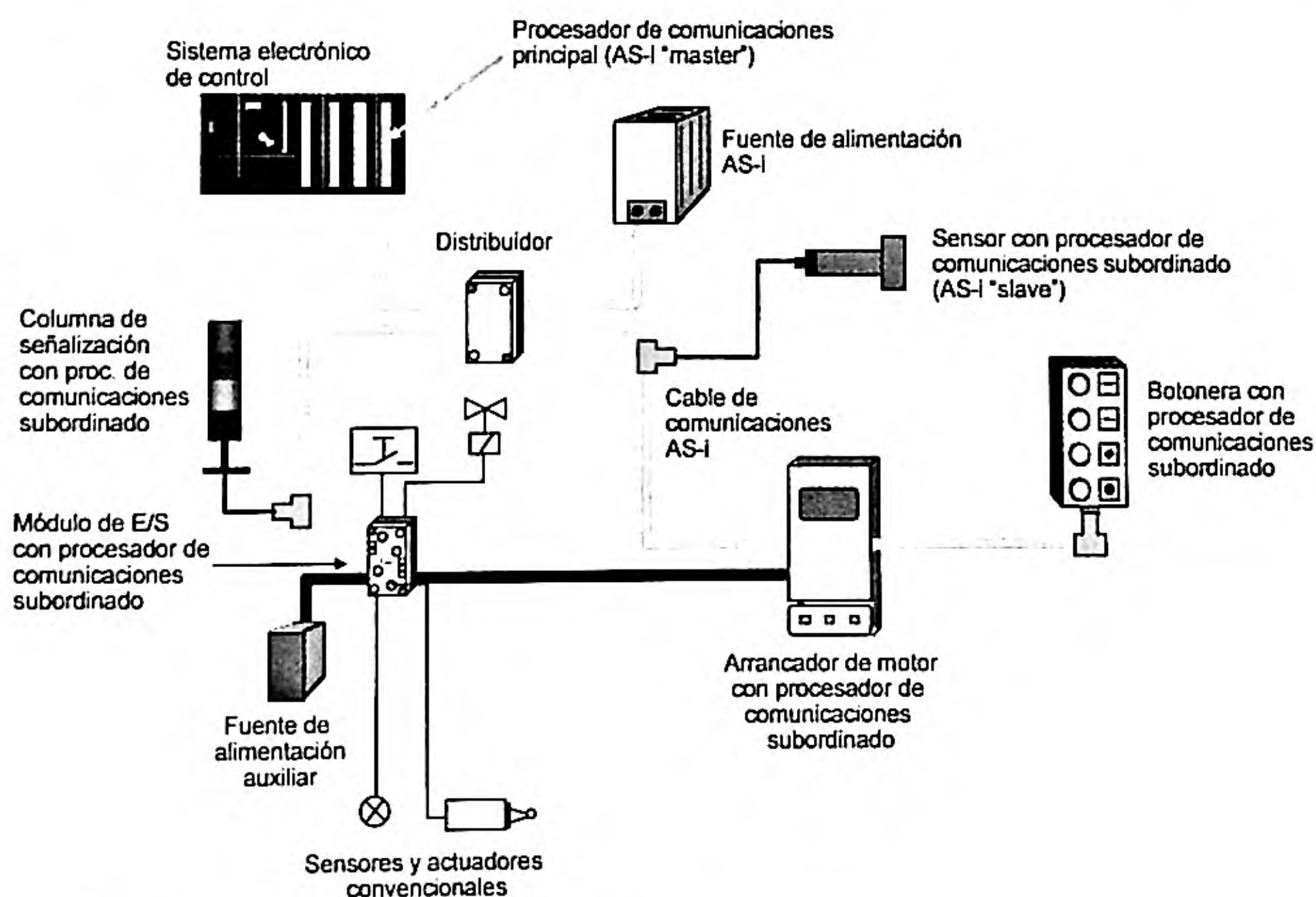


Figura A2.2. Ejemplo real de red AS-i (cortesía de Siemens).

A2.2 Características generales

Al especificar la red AS-i se establecieron los siguientes requisitos generales:

- Comunicación mediante sondeo periódico (*Cyclical polling*), descrito en el apartado A1.3.3.3.3 del apéndice 1, entre un sistema electrónico de control y un conjunto limitado de dispositivos de campo del tipo todo/nada. (No se consideró, de forma explícita, la comunicación entre varios sistemas electrónicos de control).

- Valor máximo del periodo de comunicación de 5 ms aproximadamente (que es el tiempo de ciclo típico de un Autómata Programable).
- Canal de comunicación compartido entre las señales de información y la aportación de energía a los dispositivos de campo.
- Protocolo y velocidades de comunicación que proporcionen un comportamiento fiable ante perturbaciones electromagnéticas.
- Fácilidad de instalación, configuración y programación por personal no especializado en tecnologías de la información.

Para el envío conjunto de datos y energía por el mismo cable, la red AS-i utiliza un tipo de modulación creada especialmente al efecto, que se denomina APM (acrónimo de *Alternating Pulse Modulation*). La velocidad y el número máximo de nodos de la red AS-i están condicionados por los requisitos relativos a la fiabilidad frente a perturbaciones electromagnéticas y el valor máximo del periodo de comunicación especificado.

Para realizar la comunicación, mediante sondeo periódico, entre el sistema electrónico de control y los dispositivos de campo, la red AS-i utiliza, tal como se indica en el apartado anterior, un mecanismo de acceso al medio del tipo principal/subordinado (*Master/Slave*), en el cual el módulo principal (*master*) consulta periódicamente a los módulos subordinados (*slaves*) presentes en la red. Estos últimos únicamente acceden al medio como respuesta a una consulta por parte del principal.

A2.3 Capa física de la red AS-i

En esta capa se definen el cable de conexión, el método de conexión, la forma de proporcionar alimentación a los distintos elementos de la red y las características de las señales utilizadas para soportar la información.

A2.3.1 Cable de conexión AS-i

Como medio de transmisión y alimentación de los nodos de la red AS-i, se puede utilizar un cable redondo convencional de dos hilos, de 1.5 mm² cada uno, sin trenzar ni apantallar. No obstante, la norma AS-i define y recomienda la utilización de un cable plano que posee una guía de posicionamiento (DIN VDE 0295, clase 6) y un perfil especial que impide la inversión de polaridad al realizar la conexión (Figura A2.3).

El cable plano AS-i no está apantallado, es de color *amarillo*, y los dos conductores están dispuestos en paralelo dentro del recubrimiento. A través de él se transmiten tanto las señales que soportan la información como la corriente continua de 30V que se utiliza para alimentar a los dispositivos de campo del sistema, siempre que no consuman en su conjunto más energía de la que puede suministrar la fuente de alimentación AS-i. Los hilos del cable plano pueden tener una sección de 0.75 mm² (para longitudes inferiores a 50 metros), aunque sus valores típicos son 1.5 ó 2.5 mm².

Se han desarrollado variantes del cable plano AS-i que permiten aprovechar esta tecnología de conexionado para, por ejemplo, suministrar energía a los dispositivos actuadores del sistema

que no es posible alimentar directamente por medio del cable plano amarillo. Existe una variante, de color *negro*, para la alimentación mediante corriente continua a 24V y otra, de color *rojo*, para la alimentación mediante corriente alterna monofásica a 230V.

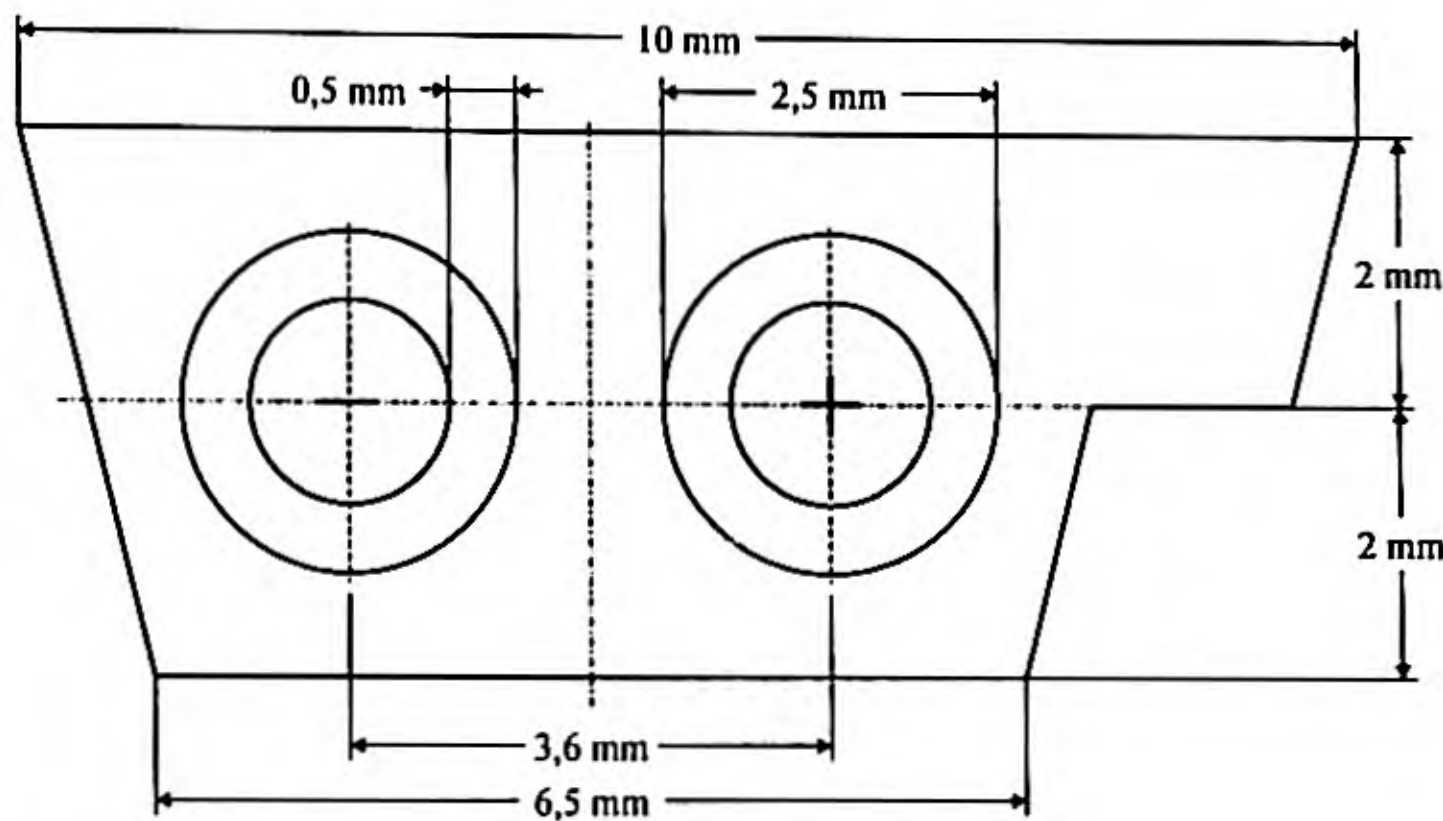


Figura A2.3. Sección transversal de un cable AS-i.

A2.3.2 Método de conexión AS-i

El método definido por la norma para la conexión de los diferentes elementos de una red AS-i consiste en la perforación del aislamiento del cable plano AS-i por medio de unas cuchillas que penetran a través de la cubierta de goma del mismo y establecen el contacto con los dos hilos, lo que hace innecesario cortar o pelar el cable (por lo que a este tipo de conexión se la denomina por perforación de aislamiento o “vampiro”) (Figura A2.4).

El aislante posee la propiedad de ser autocicatrizante, es decir, se cierra herméticamente cuando se retiran las cuchillas, lo cual facilita la eliminación o el cambio de emplazamiento de los módulos de la red. El aislante proporciona también un grado de protección IP65 (descrito en el Apartado 7.5.2 del capítulo 7, lo que hace que la red AS-i se pueda utilizar en ambientes industriales muy exigentes.

A2.3.3 Proceso de modulación de la señal

Para elegir el proceso de modulación de la señal mediante la cual se transmite la información se ha tenido en cuenta que:

- La señal de información se superpone con la tensión de alimentación de los dispositivos de campo cuya corriente circula por el cable AS-i. Por ello, su valor medio debe ser nulo, a fin de no perturbar a la alimentación de los módulos.
- La señal de información ha de tener un ancho de banda limitado a fin de minimizar en lo posible la radiación de interferencias electromagnéticas y evitar el efecto de la atenuación del cable AS-i a las señales de altas frecuencias. Para conseguir un bajo coste y un elevado aprovechamiento del ancho de banda disponible, los mensajes deben ser lo más simples y eficientes posible.

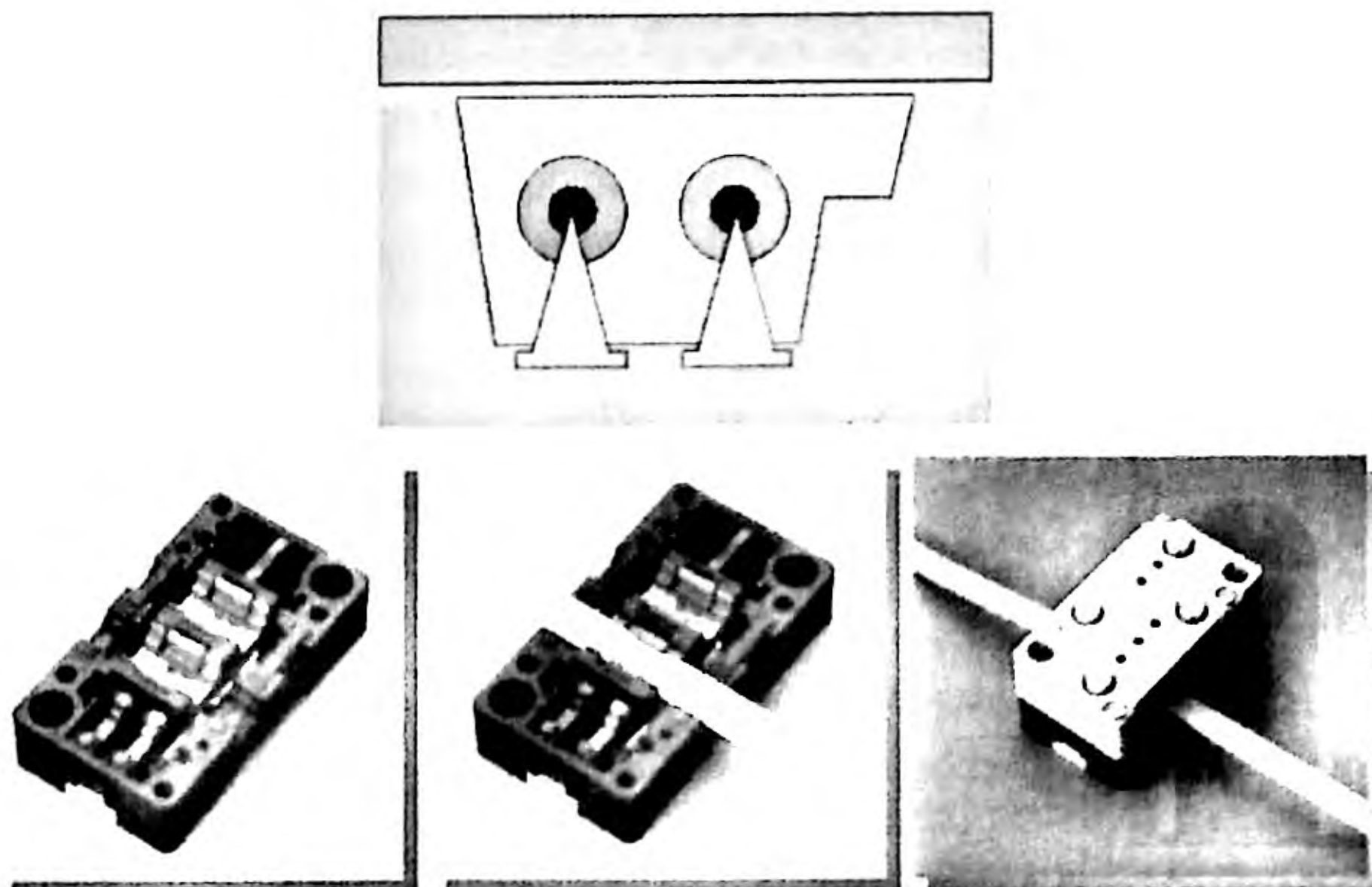


Figura A2.4. Conexión de los módulos de una red AS-i mediante perforación del cable plano (cortesía de Siemens).

Por estas y otras razones, la norma AS-i utiliza un proceso específico de modulación de la señal en banda base digital, que se denomina APM (acrónimo de *Alternating Pulse Modulation*).

La modulación APM utiliza las inductancias integradas en el circuito de desacoplo de la fuente de alimentación AS-i para convertir los impulsos de corriente, que generan los procesadores de comunicaciones AS-i, en impulsos de tensión (Figura A2.5). Estos impulsos son el resultado final de un tratamiento particular de la señal que incluye:

- Conversión de la información a transmitir codificada en el formato NRZ, al código Manchester diferencial (descritos en el apartado A1.2.3.2 del apéndice 1), que es un código autosincronizado en el que existe un flanco en cada bit transmitido, lo cual permite que en el receptor se recupere el reloj del transmisor, y se utilice para introducir en un registro de desplazamiento los datos transmitidos. Además, el valor medio de la señal es constante, independientemente del número de bits que se envíen de valor "0" ó "1", lo que mejora la calidad en la detección de fallos.
- Una modulación basada en el principio de los impulsos alternos que suministra una señal de tipo $\sin^2(t)$. Este tipo de señal, presente en el cable AS-i, permite fundamentalmente eliminar las componentes de alta frecuencia de la señal, de tal modo que AS-i respeta los límites de radiación electromagnética exigidos por la norma EN 5501.

Esta técnica de modulación, junto con las características del cable de comunicación, la distancia máxima elegida y las topologías de red utilizables, hace que la duración de cada bit pueda ser de 6 microsegundos, por lo cual la velocidad de transmisión de información en la red de campo AS-i se ha normalizado en 167 Kbits/segundo.

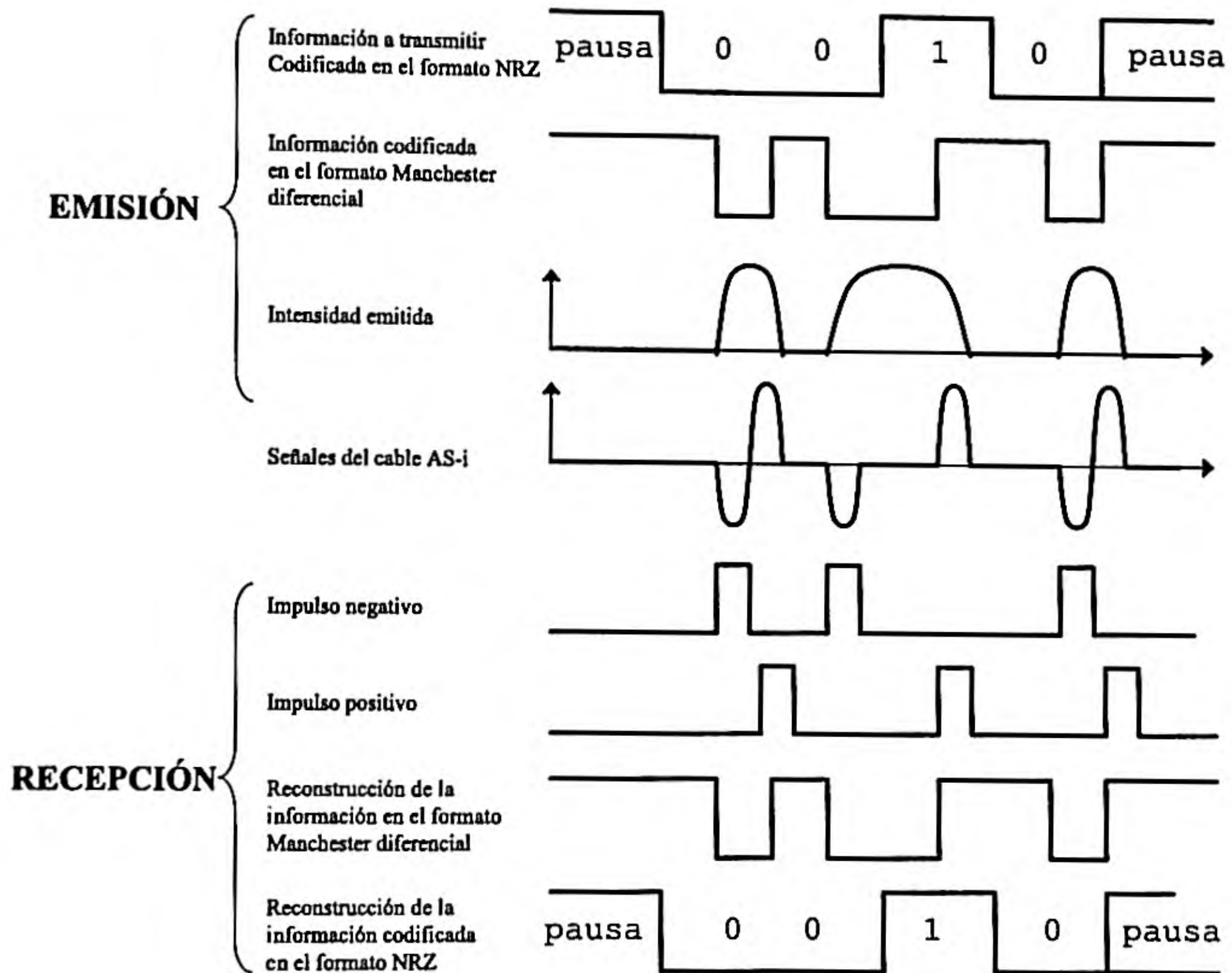


Figura A.2.5. Representación esquemática de la modulación APM.

A2.4 Capa de enlace de la red AS-i

La capa de enlace de la red AS-i se puede dividir en una subcapa de control de acceso al medio y una subcapa de control lógico que define el formato de los mensajes a través de los cuales intercambian información el procesador de comunicaciones principal y los subordinados.

A2.4.1 Control de acceso al medio

Las características de la capa de enlace que se describen a continuación hacen referencia a las especificaciones de la Versión 1 de AS-i, porque aunque la Versión 2.1 presenta un conjunto de variantes orientadas a mejorar ciertas prestaciones del sistema (como por ejemplo ampliar el número de subordinados de 31 a 62), utiliza el mismo principio de funcionamiento.

Según el tipo de control de acceso al medio, la red AS-i es, tal como se indica en el apartado A2.1, del tipo principal/subordinado (descrito en el apartado A1.3.3.3 del Apéndice 1), y en

ella sólo puede haber un único procesador principal, asociado en general a un sistema electrónico de control, como por ejemplo un autómata programable.

Tal como se indica en la figura A2.6a, el procesador principal se comunica, de forma cíclica y por turno, con todos los procesadores subordinados. En cada ciclo, el procesador principal recibe información sobre el estado de los sensores y actualiza la información de los actuadores conectados a cada procesador subordinado. Para ello se produce, entre el procesador de comunicaciones principal y los subordinados, un intercambio de mensajes de acuerdo con la estructura general de la figura A2.6b, que se describe en el apartado A2.4.2.4.

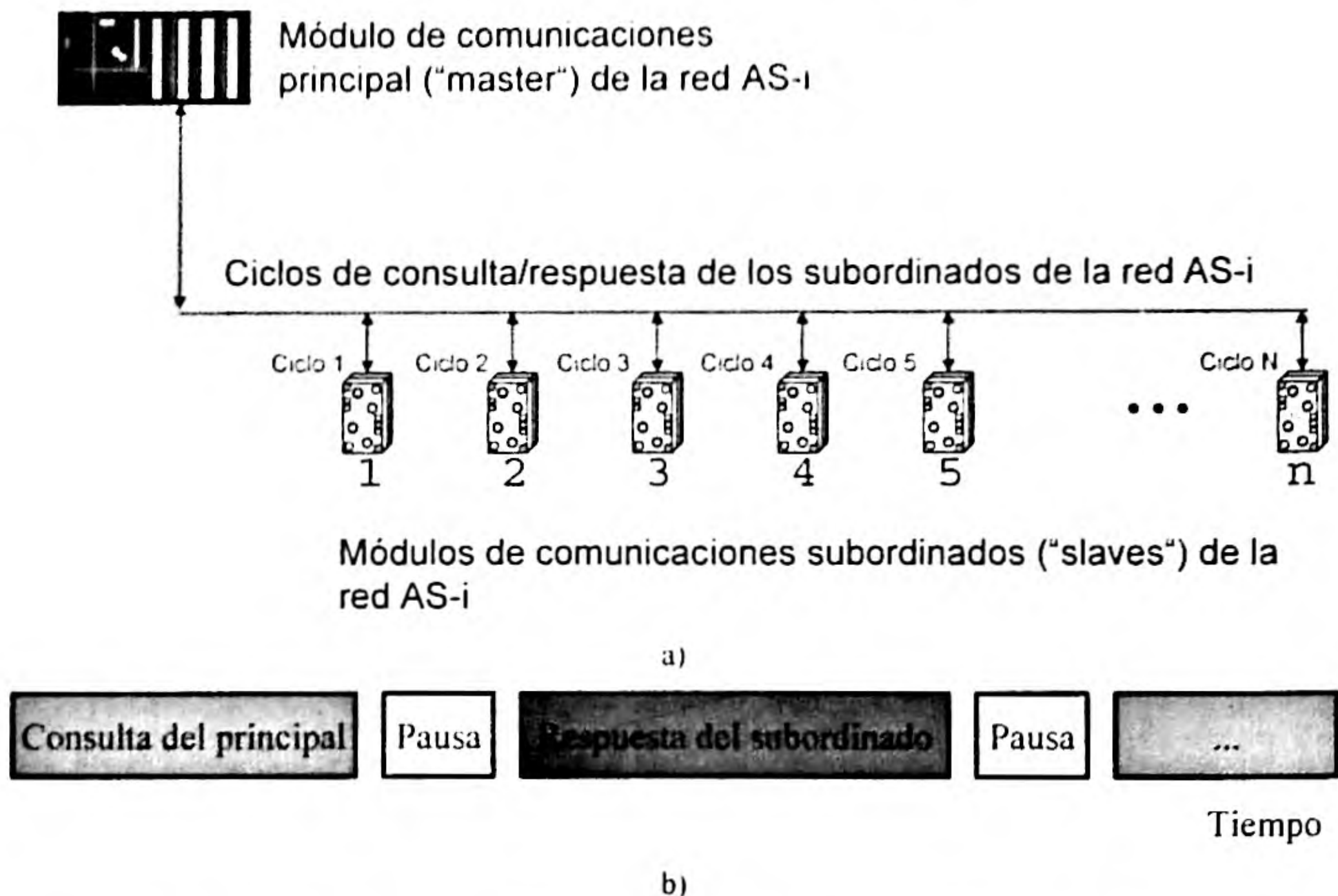


Figura A2.6. Principio de funcionamiento principal/subordinado en una red AS-i: a) Representación esquemática del proceso de comunicación cíclica; b) Estructura general de los mensajes (cortesía de Siemens).

A2.4.2 Control Lógico

La subcapa de control lógico establece la forma de identificar y parametrizar los procesadores subordinados, el funcionamiento del propio procesador de comunicaciones principal, la estructura de los mensajes utilizados para llevar a cabo las funciones que controlan el intercambio de información entre el procesador de comunicaciones principal y los subordinados, y el formato de las órdenes del protocolo de enlace de la red AS-i.

A2.4.2.1 Identificación de los subordinados

Todos los módulos subordinados conectables al bus AS-i se definen mediante dos combinaciones binarias de 4 bits, denominadas código de entrada/salida (*I/O code*) y código de iden-

tificación (*ID code*), establecidas por la norma, que constituyen un perfil AS-i (*AS-i profile*). El fabricante de un determinado módulo de entrada/salida AS-i debe introducir, dentro del procesador de comunicaciones subordinado, el perfil AS-i correspondiente al tipo de módulo.

El código de entrada/salida del módulo subordinado especifica el tipo de dispositivos de campo conectables a él [entrada (E), salida (S), entrada/salida (E/S) y no utilizado (NU)]. Dicho código es una combinación binaria de 4 bits, correspondiente a los números "0" a "F" en hexadecimal. En la tabla A2.1 se indican los tipos de dispositivos de campo asignados a cada combinación del código de entrada/salida.

I/O Code	Bit 1	Bit 2	Bit 3	Bit4	Perfil E/S
0	E	E	E	E	4E
1	E	E	E	S	3E/1S
2	E	E	E	E/S	4E/1S
3	E	E	S	S	2E/2S
4	E	E	E/S	E/S	4E/2S
5	E	S	S	S	1E/3S
6	E	E/S	E/S	E/S	4E/3S
7	E/S	E/S	E/S	E/S	4E/4S
8	S	S	S	S	4S
9	S	S	S	E	1E/3S
A	S	S	S	E/S	1E/4S
B	S	S	E	E	2E/2S
C	S	S	E/S	E/S	2E/4S
D	S	E	E	E	3E/1S
E	S	E/S	E/S	E/S	3E/4S
F	E/S/NU	E/S/NU	E/S/NU	E/S/NU	4E/4S o no utilizado

Tabla A2.1. *Códigos de entrada/salida establecidos por la asociación AS-i.*

El código de identificación de cada módulo subordinado define su funcionalidad, es decir, el tipo de sistema conectable a él, como por ejemplo un arrancador de motor, un actuador con realimentación de su actuación (electroválvula con sensor de posición incorporado), etc. Algunos códigos de identificación ya están normalizados por la asociación AS-i (como por ejemplo el que deja a la elección del usuario el establecimiento de su funcionalidad). Cada vez que un fabricante desea definir un nuevo código de identificación para un nuevo tipo funcional de módulo subordinado debe proponerlo a la asociación AS-i para su posible inclusión en la norma.

Además de su perfil, cada módulo subordinado tiene asociada una combinación binaria de 5 bits, que establece su dirección dentro de la red. El fabricante suministra los módulos con la dirección inicial "0" y el usuario la cambia por la correspondiente a la dirección que dicho módulo debe tener en la aplicación concreta (tal como se describe en el apartado A2.6.3).

A2.4.2.2 Parametrización de los subordinados

En la norma AS-i está previsto que se puedan establecer diferentes modos de operación de los dispositivos de campo conectados a la red. Para ello, el procesador de comunicaciones principal puede enviar una combinación binaria de 4 bits, denominada parámetro en la norma (*parameter*), a cada uno de los subordinados.

Los parámetros son variables que sirven para modificar las características de funcionamiento de un sensor o actuador. Por ejemplo, en el caso de un sensor de medida de distancia basado en ultrasonidos, mediante el parámetro se puede variar su rango de medida.

A2.4.2.3 Funcionamiento del procesador de comunicaciones principal

A2.4.2.3.1 Funciones básicas

El módulo principal de una red AS-i contiene un procesador de comunicaciones que lleva a cabo las siguientes funciones básicas:

- Inicialización de la red.
- Detección e identificación de los módulos subordinados conectados a la misma.
- Transmisión de los parámetros de configuración y activación de los subordinados.
- Intercambio cíclico de los datos de Entrada/Salida.
- Diagnóstico o gestión de la red (estado de los procesadores de comunicaciones subordinados, fallo de alimentación, etc.)
- Transmisión de los fallos detectados al sistema electrónico de control al que está conectado.
- Asignación de nuevas direcciones a los módulos subordinados en caso de cambio de configuración (por ejemplo, sustitución de un módulo AS-i).

Para poder realizar estas acciones, el procesador de comunicaciones principal es básicamente un procesador digital conectado con el sistema electrónico de control a través de una memoria de acceso aleatorio doble (*Dual-Port RAM*) (Figura A2.7). En esta memoria, se sitúan un conjunto de tablas de información, que pueden ser leídas y/o escritas por ambos procesadores de forma independiente, y constituyen el interfaz de aplicación de la red, que se describe en el apartado A2.5 dedicado al análisis de la capa de aplicación.

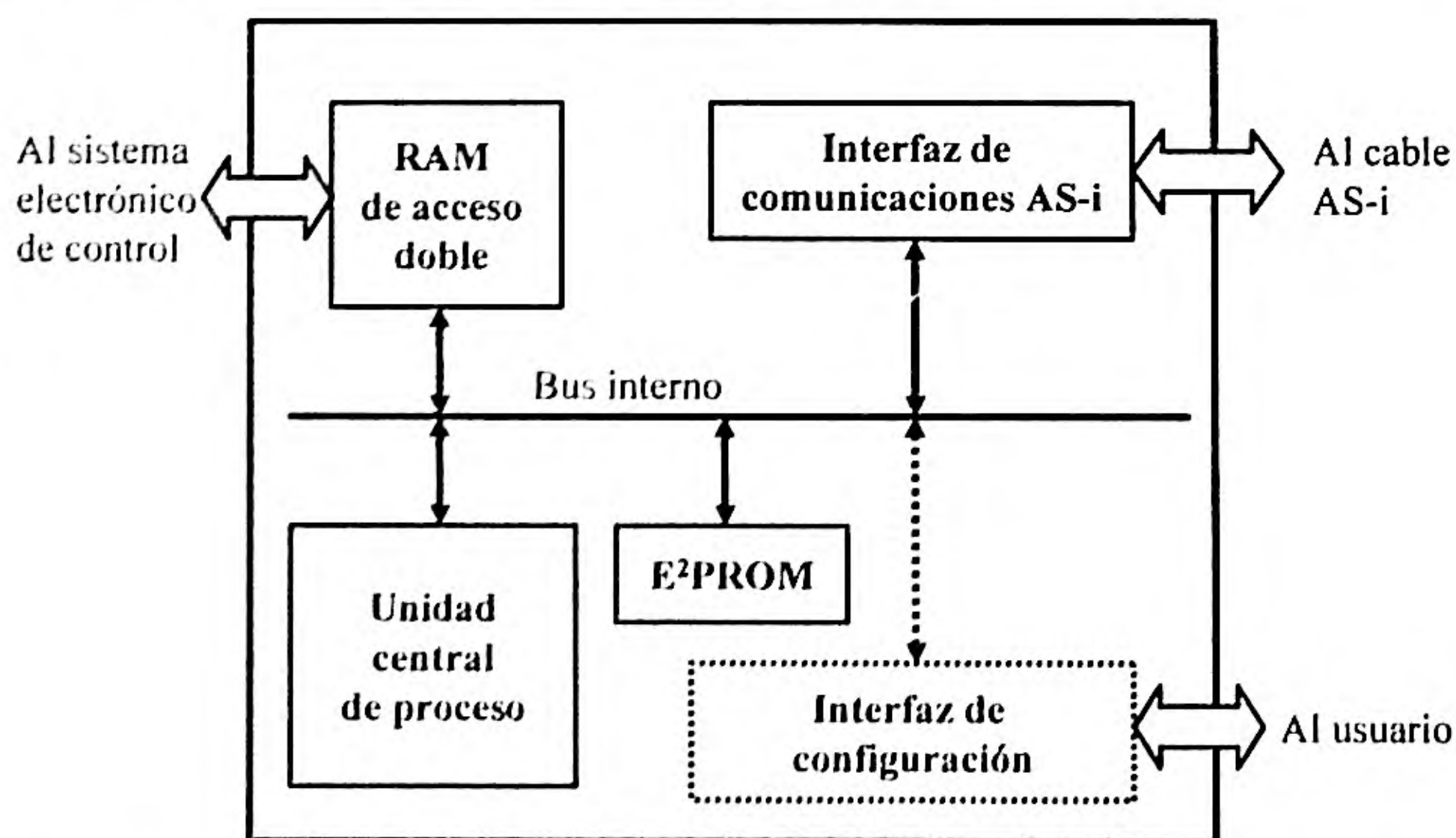


Figura A2.7. Diagrama de bloques del procesador de comunicaciones principal de una red AS-i.

A2.4.2.3.2 Modos de funcionamiento

El procesador de comunicaciones principal de la red AS-i posee, desde un punto de vista conceptual, dos modos de funcionamiento, denominados modo de configuración (*configuration mode*) y modo protegido (*protected mode*), que poseen las siguientes características:

Modo de configuración

Se utiliza durante la instalación y puesta en marcha del sistema. En este modo, el procesador de comunicaciones reconoce y dialoga con todos los procesadores de comunicaciones subordinados que están conectados a la red.

Modo protegido

Se utiliza durante la explotación o funcionamiento normal del sistema. Recibe este nombre porque en él, el procesador de comunicaciones sólo intercambia información con aquellos módulos que han sido reconocidos por él antes del instante en que se produce el paso del modo de configuración al modo protegido (acción que, por ejemplo, puede realizarse mediante un pulsador específico dispuesto en el procesador principal). La información relativa a dicho conjunto de módulos se denomina proyecto de red y es almacenada generalmente en una memoria de acceso aleatorio no volátil disponible en el procesador de comunicaciones principal. En este modo de funcionamiento, la red AS-i posee además la capacidad de realizar *direccionamiento automático* (*automatic addressing*) de módulos subordinados, también conocido por los términos ingleses *Plug & Play*. Dicha capacidad consiste en asignar una dirección, de forma transparente para el usuario, a un único módulo subordinado nuevo en la red que sustituya a otro defectuoso. Esto permite que cuando falla un módulo subordinado, se pueda sustituir por un módulo nuevo equivalente (que posea el mismo perfil) que tenga dirección nula, esto es, "0" (asignada por defecto en fábrica). En este caso, cuando el procesador principal detecta la circunstancia que se acaba de describir, atribuye de forma automática la dirección y los parámetros del módulo defectuoso, situada en la tabla correspondiente, y se la asigna al módulo nuevo.

A2.4.2.3.3 Etapas de funcionamiento

Para llevar a cabo las tareas anteriormente indicadas, el procesador de comunicaciones principal ejecuta un programa dividido en etapas (Figura A2.8) que se describen seguidamente:

Etapas de inicialización

El objetivo principal de la etapa de inicialización (*reset*), es situar los datos correspondientes a las distintas tablas de información en su estado inicial.

Etapas de comienzo de operación

Esta etapa se divide, a su vez, en las fases de detección y activación de los módulos subordinados.

Durante la fase de detección el procesador principal identifica todos los módulos subordinados conectados a la red y memoriza la dirección y el perfil AS-i (ver apartado A2.4.2.1) de cada uno de ellos.

El comportamiento del procesador principal durante la fase de activación es diferente en cada uno de los dos modos de funcionamiento descritos en el apartado A2.4.2.3.2. En el modo

de configuración, se activan todos los subordinados detectados en el bus. En el modo protegido, se activan únicamente los módulos subordinados detectados en el bus que están reflejados en el proyecto de red y que tienen un perfil igual al indicado en la tabla que almacena dicho proyecto.

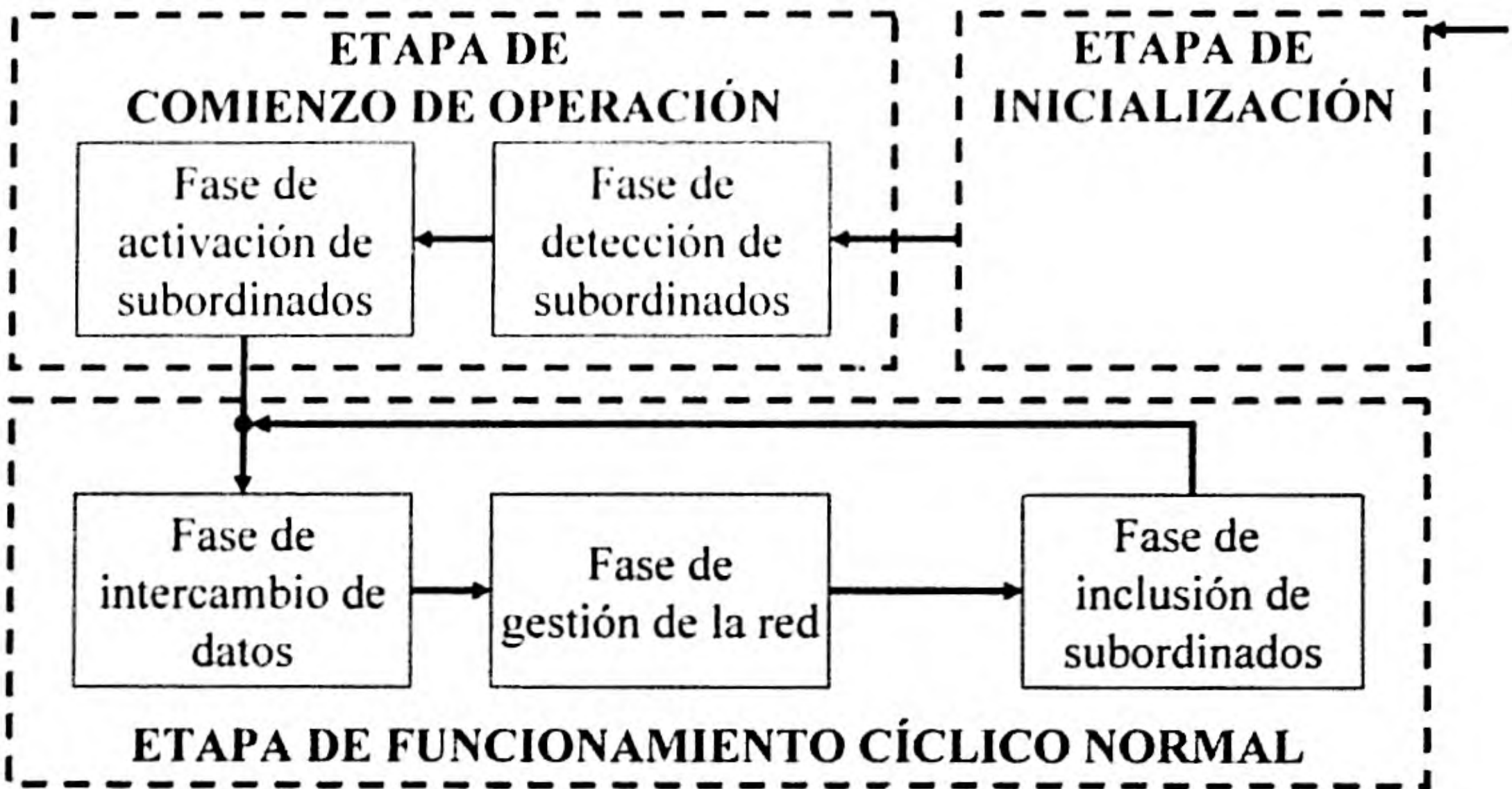


Figura A2.8. *Etapas de funcionamiento del procesador de comunicaciones principal de una red AS-i.*

Etapas de funcionamiento cíclico normal

En la etapa de funcionamiento cíclico normal, el procesador principal procede, de forma periódica, al intercambio de información con los procesadores subordinados que hayan satisfecho los requisitos de la fase anterior. Cada ciclo se desarrolla en tres fases, denominadas fase de intercambio de datos, fase de gestión de la red y fase de inclusión de subordinados.

La fase de intercambio de datos corresponde al diálogo que se produce entre el procesador de comunicaciones principal y los subordinados. Durante dicho diálogo, el procesador principal toma los datos de la tabla de imágenes de salidas para actualizar las salidas de cada procesador subordinado y rellena la tabla de imágenes de entradas con la información recibida. Ambas tablas están situadas en la memoria RAM de doble acceso. Cuando no se consigue realizar un intercambio de información con un subordinado durante más de tres ciclos consecutivos, se considera que dicho módulo está ausente y se elimina de las tablas de subordinados activos y detectados.

Cuando concluye la fase de intercambio de datos, el módulo principal entra en la fase de gestión de la red, en la que tiene la posibilidad de enviar, a un único módulo subordinado por ciclo, una sola de las siguientes órdenes: escritura de parámetros, lectura de su estado, lectura de su configuración de E/S, lectura de su código de identificación, asignación de su dirección, inicialización, etc.

Finalmente, la fase de inclusión de subordinados permite enviar la orden de lectura de la configuración de E/S de un único procesador subordinado. En el peor de los casos, se tardan 31 ciclos (62 en la Versión 2.1) en detectar un nuevo subordinado, que no se activa hasta que transcurren otros tres ciclos más, ya que son necesarias tres operaciones que se realizan durante la fase de gestión de la red: lectura de la configuración de E/S, lectura del código de identificación y transmisión de los parámetros.

A2.4.2.4 Formato de los mensajes

El proceso de comunicación se lleva a cabo mediante el intercambio de información entre el procesador de comunicaciones principal y cada uno de sus subordinados a través de mensajes cuya estructura general se representa en la figura A2.9a.

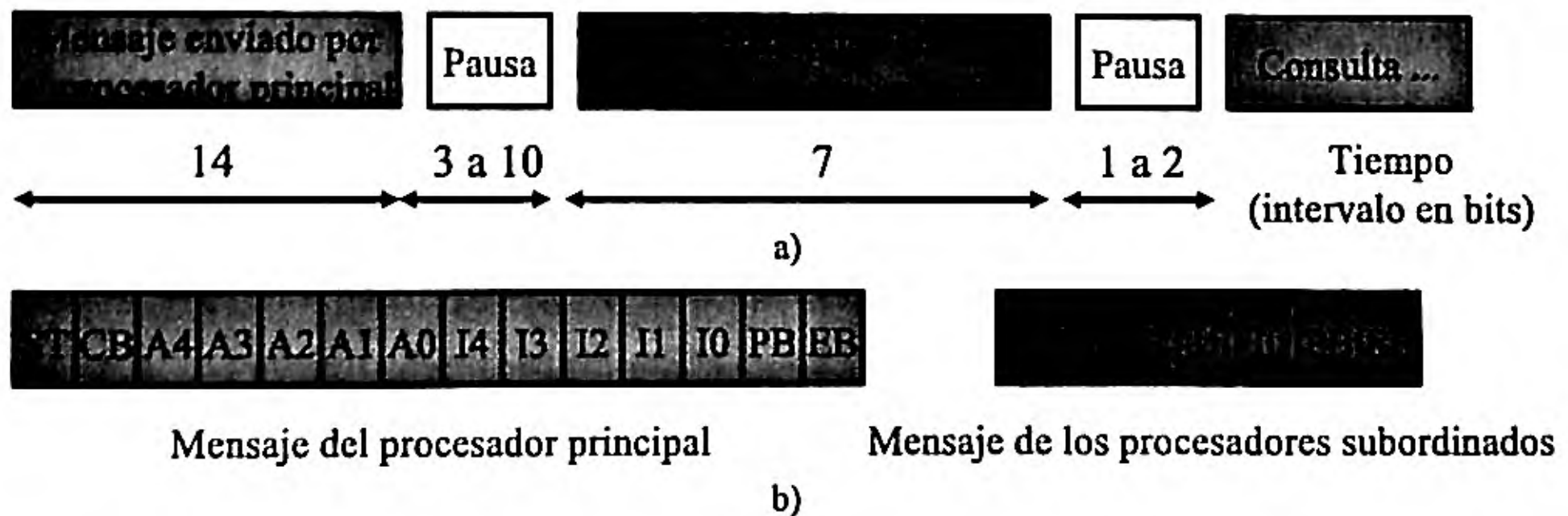


Figura A2.9. Mensajes de la red AS-i: a) Estructura general; b) Formato de los mensajes enviados por el procesador principal y el de los subordinados.

En ella se observa que el procesador subordinado responde al principal después de una pausa que dura, como mínimo, tres intervalos de bit. Cuando el procesador principal se encuentra en la etapa de funcionamiento cíclico normal (Figura A2.8), el procesador subordinado puede transmitir la respuesta después de dicho intervalo. En las otras dos fases necesita una pausa de un máximo de cinco intervalos de bit para la transmisión. El límite de diez intervalos ha sido fijado para poder emplear elementos repetidores AS-i, cuyo sistema electrónico puede ralentizar el tiempo de transmisión de dichas señales. En todos los casos, si el principal no recibe la respuesta después de 10 intervalos de bit, considera que el subordinado no responde e inicia la siguiente transacción.

La unidad de tiempo para el envío de un bit de información es de seis microsegundos. Por lo tanto, el tiempo de transacción con un subordinado del sistema es, típicamente, de 156 microsegundos.

Todos los mensajes enviados por el equipo principal tienen una longitud fija de 14 bits (Figura A2.9b) y constan de los siguientes elementos:

- 1 bit ST (abreviatura de *STart bit*) de inicio de mensaje que corresponde al nivel lógico "0".
- 1 bit CB (acrónimo de *Control Bit*) de control, que permite diferenciar entre los mensajes de intercambio de parámetros, datos o direcciones ("0") y los mensajes de envío de órdenes ("1").

- 5 bits A0 a A4 de direccionamiento (*Address bits*), mediante los que se determina la dirección del subordinado al que va dirigido el mensaje.
- 5 bits I0 a I4 de información (*Information bits*) que, en función del bit de control, contienen la información que ha de recibir o la orden que ha de ejecutar el subordinado.
- 1 bit PB (acrónimo de *Parity Bit*) de paridad, que el procesador principal actualiza adecuadamente para que el mensaje sea de paridad par (número par de “1” en el mensaje sin tener en cuenta el bit EB de fin de mensaje).
- 1 bit EB (acrónimo de *End Bit*) de fin de mensaje, que corresponde al nivel lógico “1”.

Por otra parte, los mensajes de respuesta de los subordinados tienen una longitud fija de 7 bits (Figura A2.9b) y constan de los siguientes elementos:

- 1 bit ST (abreviatura de *STart bit*) de inicio del mensaje que corresponde al nivel lógico “0”.
- 4 bits I0 a I3 de información (*Information bits*) que contienen la respuesta del procesador subordinado al mensaje recibido.
- 1 bit PB (acrónimo de *Parity Bit*) de paridad, que el procesador subordinado actualiza adecuadamente para que el mensaje sea de paridad par (número par de “1” en el mensaje sin tener en cuenta el bit EB de fin de mensaje).
- 1 bit EB (acrónimo de *End Bit*) de fin de mensaje, que corresponde al nivel lógico “1”.

A2.4.2.5 Órdenes del protocolo de enlace de la red AS-i

El procesador de comunicaciones principal de la red AS-i puede enviar a los subordinados, mediante los mensajes descritos en el apartado anterior, nueve tipos de órdenes distintas, dos de las cuales hacen referencia a la transmisión de datos y de parámetros, otras dos se emplean para asignar y/o modificar direcciones de módulos subordinados y las cinco restantes se utilizan para su identificación. A continuación se describe, de forma resumida, cada una de ellas (en la versión 1.0).

Orden de intercambio de datos

La orden de intercambio de datos (*Data Exchange*) es la más utilizada durante el funcionamiento normal de una red AS-i, porque es la que realiza el intercambio de datos de entrada/salida entre el procesador principal y los subordinados.

Para que un determinado procesador subordinado (seleccionado mediante los 5 bits de direccionamiento A0 a A4) ejecute esta orden, el procesador principal envía un “0” como valor lógico tanto del bit CB como del bit de información I4 del mensaje e indica, mediante los 4 bits de información restantes (I0 a I3), el estado en el que quiere que se pongan sus salidas binarias (4 como máximo). Esta orden no se ejecuta si la dirección del subordinado es la “0”.

La respuesta del subordinado en este caso incluye, en los 4 bits de información (I0 a I3), el estado de las entradas binarias disponibles en él (como máximo 4).

Orden de escritura de los parámetros

La orden de escritura de los parámetros (*Write Parameter*), se utiliza para asignar los parámetros (4 bits) de cada procesador subordinado a fin de configurar sus características de funcionamiento (por ejemplo, rango de medida, nivel de sensibilidad, valores del retardo a la activación, etc.).

Para que un determinado procesador subordinado (seleccionado mediante los 5 bits de direccionamiento A0 a A4) ejecute esta orden, el procesador principal envía un "0" como valor lógico para el bit CB y un "1" para el bit de información I4 del mensaje e indica, mediante los 4 bits de información restantes (I0 a I3) el valor del parámetro de dicho elemento. El valor del parámetro se transfiere al subordinado, y se almacena en una memoria volátil. Por defecto, el valor del parámetro es "F" durante la fase de inicialización del dispositivo. Esta orden no se ejecuta si la dirección del subordinado es la "0".

La respuesta del subordinado incluye, en este caso, en los 4 bits de información (I0 a I3), el valor de los cuatro bits del parámetro recibido.

Orden de asignación de dirección

La orden de asignación de dirección (*Assign Address*) se utiliza para que el procesador principal (u otros sistemas electrónicos como, por ejemplo, un equipo de programación de direcciones AS-i) asigne a un procesador subordinado (que posee la dirección "0" asignada inicialmente en fábrica por defecto) la dirección que le corresponde.

La nueva dirección es válida a partir del momento en el que el subordinado acusa recibo de la orden. El procesador subordinado AS-i almacena esta información en una memoria no volátil (generalmente una E²PROM) (Figura A2.7). La ejecución de esta orden dura un tiempo máximo de 15 milisegundos y se lleva a cabo durante la fase de inclusión de subordinados (Figura A2.8).

Para que un procesador subordinado ejecute esta orden, el procesador principal especifica la dirección "0" en los bits de direccionamiento A0 a A4, envía un "0" como valor lógico del bit CB e indica, mediante los 5 bits de información restantes (I0 a I4), la dirección que desea asignarle.

La respuesta del procesador subordinado incluye en los 4 bits de información (I0 a I3), el valor "0110"=6_{hex} como señal de acuse de recibo.

Orden de inicialización

La orden de inicialización (*Reset*) se utiliza para colocar los procesadores subordinados en su estado inicial (*Software reset*). Su ejecución dura, como máximo, 2 milisegundos.

Para que un determinado procesador subordinado (seleccionado mediante los 5 bits de direccionamiento A0 a A4) ejecute esta orden, el procesador principal envía un "1" como valor lógico del bit CB y del I4 y la combinación "1100"=C_{hex} en los 4 bits de información restantes (I0 a I3).

La respuesta del procesador subordinado incluye en los 4 bits de información (I0 a I3), el valor "0110"=6_{hex} como señal de acuse de recibo.

Orden de supresión de dirección

La orden de supresión de dirección (*Delete Address*) se utiliza para borrar la dirección de un subordinado y asignarle la dirección "0". Esta nueva dirección pasa a ser la dirección asignada al módulo, y queda almacenada en la memoria volátil del procesador subordinado.

Para modificar la dirección de un procesador subordinado es necesario utilizar previamente la orden de supresión de dirección, para después asignar la nueva dirección mediante la orden de asignación de dirección. Si la orden de inicialización se ejecuta posteriormente a la orden de supresión de dirección, el módulo recupera su antigua dirección de la E²PROM.

Para que un determinado procesador subordinado (seleccionado mediante los 5 bits de direccionamiento A0 a A4) ejecute esta orden, el procesador principal envía un "1" como valor lógico del bit CB y la combinación "00000"=0_{hex} en los 5 bits (I0 a I4) de información del mensaje.

La respuesta del procesador subordinado incluye en los 4 bits de información (I0 a I3), el valor "0110"=6_{hex} como señal de acuse de recibo.

Orden de lectura de la configuración de E/S

Mediante la orden de lectura de la configuración de Entrada/Salida (*Read I/O Configuration*), el procesador principal lee la configuración de entrada/salida (*I/O code*) del módulo subordinado seleccionado mediante los bits de direccionamiento A0 a A4.

Para que el procesador subordinado seleccionado ejecute esta orden, el procesador principal envía un "1" como valor lógico del bit CB y del bit I4 y la combinación "0000"=0_{hex} en los 4 bits restantes (I0 a I3) de información del mensaje.

La respuesta del subordinado incluye, en este caso, en los 4 bits de información (I0 a I3), el valor de la configuración de entrada/salida ("I/O Code") asignada por el fabricante.

Orden de lectura del código de identificación

Mediante la orden de lectura del código de identificación (*Read ID code*), el procesador principal lee el código de identificación (*ID Code*) del módulo subordinado seleccionado mediante los bits de direccionamiento A0 a A4.

Para que el procesador subordinado seleccionado ejecute esta orden, el procesador principal envía un "1" como valor lógico del bit CB y del bit I4 y la combinación "0001"=1_{hex} en los 4 bits restantes (I0 a I3) de información del mensaje.

La respuesta del subordinado incluye, en este caso, en los 4 bits de información (I0 a I3), el valor del código de identificación (*ID Code*) asignado por el fabricante.

Orden de lectura de estado

Mediante la orden de lectura del estado (*Read Status*), el procesador principal recibe información relativa a su estado general tras la ejecución de una orden de asignación de dirección.

Mediante esta orden, el procesador principal solicita al subordinado seleccionado 4 bits de información acerca de su estado general. En concreto, mediante dichos bits se indica si se ha

grabado correctamente la dirección al ejecutar una orden de asignación de dirección o se han producido errores (paridad, fin de trama de la comunicación, fallo de lectura de la memoria E²PROM al ejecutar una orden de inicialización, etc.).

Para que un determinado procesador subordinado seleccionado ejecute esta orden, el procesador principal envía un “1” lógico como valor del bit CB y del bit I4 de información y la combinación binaria “1110”= E_{hex} en los 4 bits restantes (I0 a I3) de información del mensaje.

La respuesta del procesador subordinado incluye, en este caso, en los 4 bits de información (I0 a I3), el valor de los 4 bits de estado indicados anteriormente.

Orden de lectura y puesta a cero de los bits de estado

Mediante la orden de lectura y puesta a cero del estado (*Read and Reset Status*), el procesador principal pone a cero los 4 bits de estado del procesador subordinado seleccionado.

Para que un determinado procesador subordinado seleccionado ejecute esta orden, el procesador principal envía un “1” como valor del bit CB y del bit I4 de información y la combinación binaria “1111”= F_{hex} en los 4 bits restantes (I0 a I3) de información del mensaje.

La respuesta del procesador subordinado incluye, en este caso, en los 4 bits de información (I0 a I3), el valor de los 4 bits de estado antes de que se ejecute su puesta a cero.

Al lector interesado en analizar con más detalle las diferentes órdenes del protocolo de enlace de la red AS-i se le remite a la bibliografía indicada al final de este apéndice [KRIE 95] [SIEM 96] [TELE 98].

A2.5 Capa de aplicación de la red AS-i

La capa de aplicación de la red AS-i está constituida por un conjunto de tablas de información (Figura A2.10) compartidas entre el sistema electrónico de control y el procesador de comunicaciones principal, a través de la memoria de acceso aleatorio doble situada en este último (Figura A2.7). La norma AS-i establece cuatro tipos diferentes de tablas que se indican a continuación.

Tablas de datos de usuario

Las tablas de datos de usuario (*user data*), almacenan la información que se intercambia entre el sistema electrónico de control y los distintos módulos subordinados de la red AS-i. Entre ellas se encuentran:

- La *tabla imagen de entradas*, denominada IDI (acrónimo de *Input Data Image*), que contiene la información del estado de las variables binarias de cada uno de los módulos subordinados. Cuando un determinado módulo subordinado no se encuentra activo en la red, la zona de esta tabla que le corresponde contiene el valor binario “0”.
- La *tabla imagen de salidas*, denominada ODI (acrónimo de *Output Data Image*), que contiene la información del estado lógico en el que el sistema electrónico de control desea situar las salidas binarias de los módulos subordinados que se encuentren activos.

- La *tabla imagen de parámetros*, denominada PI (acrónimo de *Parameter Image*), que contiene los valores de los parámetros que se transfieren, durante la fase de inicialización, a los módulos subordinados de la red.

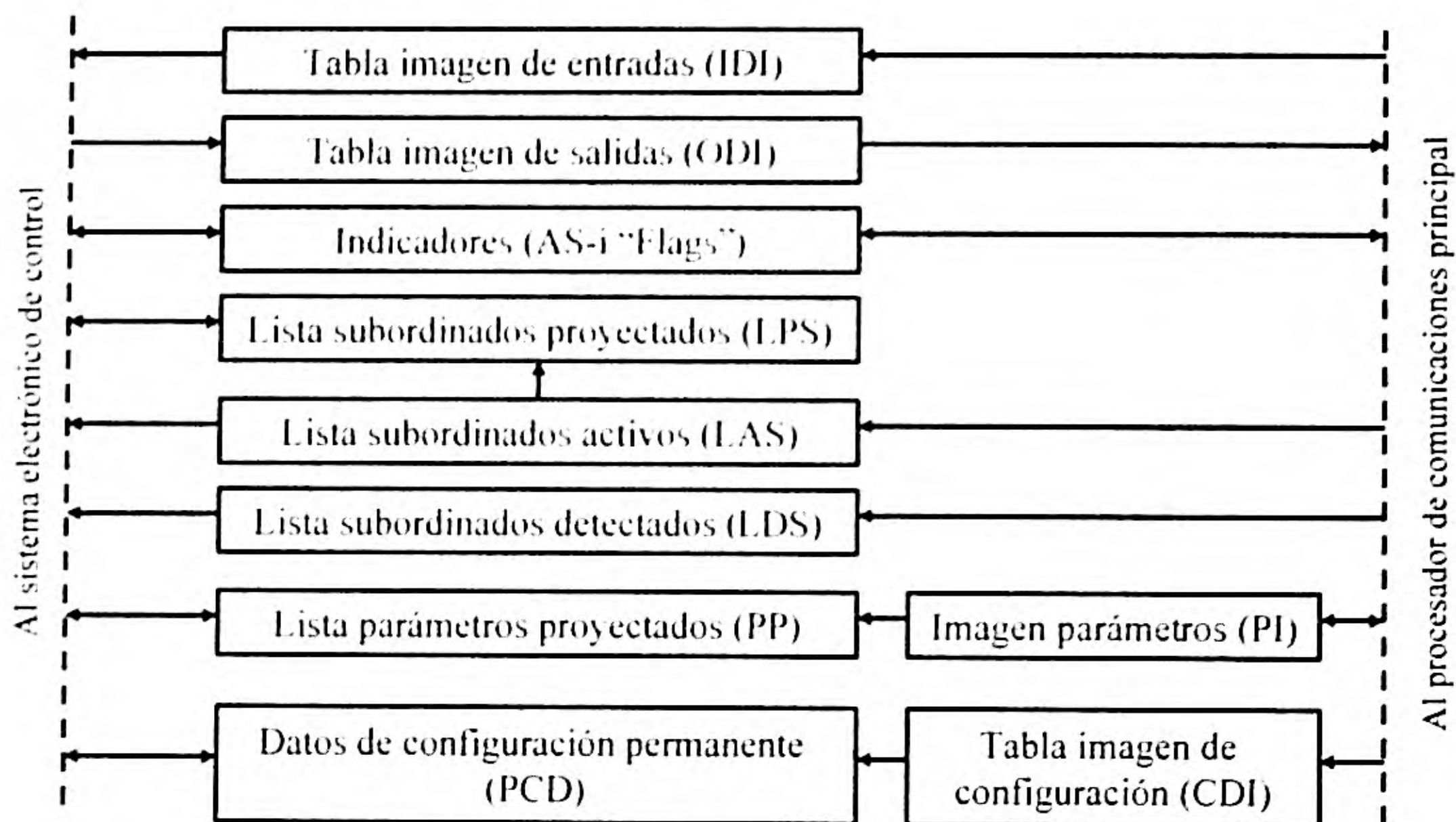


Figura A2.10. Tablas de información del procesador de comunicaciones principal AS-i.

Tablas de datos de configuración

Las tablas de configuración (*configuration data*) almacenan información relativa al estado de los módulos subordinados de la red AS-i. Entre ellas se encuentran:

- La *tabla imagen de configuración*, denominada CDI (acrónimo de *Configuration Data Image*), que contiene las configuraciones de entrada/salida y los códigos de identificación de todos los módulos subordinados conectados a la red AS-i.
- La *lista de subordinados detectados*, denominada LDS (acrónimo de *List of Detected Slaves*), que contiene la lista de direcciones y perfiles de los módulos subordinados que el procesador principal detecta en la red AS-i.
- La *lista de subordinados activos*, denominada LAS (acrónimo de *List of Active Slaves*), que contiene la lista de los módulos subordinados que han sido detectados y proyectados en una configuración concreta de la red AS-i. Son aquellos con los que el equipo principal establece un diálogo efectivo de comunicación en el modo protegido.

Tablas de datos de configuración permanente

Las tablas de datos de configuración permanente (*permanent configuration data*) se almacenan en una memoria no volátil del procesador de comunicaciones principal y representan la configuración de referencia (también denominada proyecto de red) de una red AS-i en modo

protegido. El procesador de comunicaciones principal determina los errores que se producen por comparación entre los datos almacenados en estas tablas y la configuración detectada en la red. Entre ellas se encuentran:

- La *lista de subordinados proyectados*, denominada LPS (acrónimo de *List of Projected Slaves*), que contiene la lista de los subordinados que constituyen un determinado proyecto de red AS-i.
- La *tabla de datos de configuración permanente*, denominada PCD (acrónimo de *Permanent Configuration Data*), que contiene las configuraciones de referencia de los módulos subordinados de un determinado proyecto de red AS-i.
- La *tabla de parámetros proyectados*, denominada PP (acrónimo de *Projected Parameter*), que contiene la información correspondiente al valor de los parámetros (4 bits por módulo subordinado) que el sistema electrónico de control desea enviar a cada uno de los módulos subordinados de un determinado proyecto de red AS-i. Los módulos subordinados son activados por el procesador de comunicaciones principal con los parámetros indicados en dicha tabla durante la etapa de inicialización de la red AS-i.

Tabla de indicadores de estado AS-i

La tabla de indicadores de estado de la red AS-i (*AS-i flags*) indica el estado de ejecución del procesador de comunicaciones principal de la red AS-i y permite monitorizar, de forma sencilla, el funcionamiento de dicha red. Entre otros campos, pertenecen a esta tabla:

- El campo *Config_OK*, que indica si la configuración de referencia (o proyecto de red AS-i) coincide o no con la configuración detectada.
- El campo *LDS.0*, que indica si en la red AS-i existe o no un módulo subordinado que posee la dirección 0 (valor predeterminado de fábrica).
- El campo *Configuration Active* que indica el modo de operación del procesador de comunicaciones principal. Cuando este último se encuentra en modo de configuración, este campo tiene el valor "1" y es "0" cuando se encuentra en modo protegido.
- El campo "APF" (acrónimo de *AS-i Power Failure*), que indica si existe o no un fallo de alimentación en el cable AS-i.
- El campo *Data_Exchange_Active*, que permite que el sistema electrónico de control le indique al procesador de comunicaciones principal si debe o no realizar el proceso de comunicación con los módulos subordinados de la red.
- El campo *Auto_Address_Enable*, que permite que el sistema electrónico de control le indique al procesador de comunicaciones principal, cuando éste se encuentra en modo protegido, si debe o no realizar la función de asignación automática de direcciones (descrita en el apartado A2.4.2.3).

A2.6 Componentes de una red AS-i

En este apartado se describen los diferentes módulos que componen la red AS-i.

A2.6.1 Fuente de alimentación AS-i

La energía que se debe suministrar a los módulos subordinados de una red AS-i, así como los sensores y actuadores de bajo consumo conectados a ellos, se proporciona mediante el cable AS-i amarillo, a través del cual se realiza también la transferencia de información. La transmisión conjunta de datos y energía hace necesario que la fuente de alimentación disponga de un circuito de desacoplo (Figura A2.11) que tenga una elevada impedancia en la banda de frecuencia utilizada para transmitir la información.

La fuente de alimentación AS-i, que puede conectarse en cualquier punto del cable de red, genera una tensión de 30V_{dc} sin conexión a tierra y ha de estar protegida contra sobretensiones, cortocircuitos y sobrecargas.

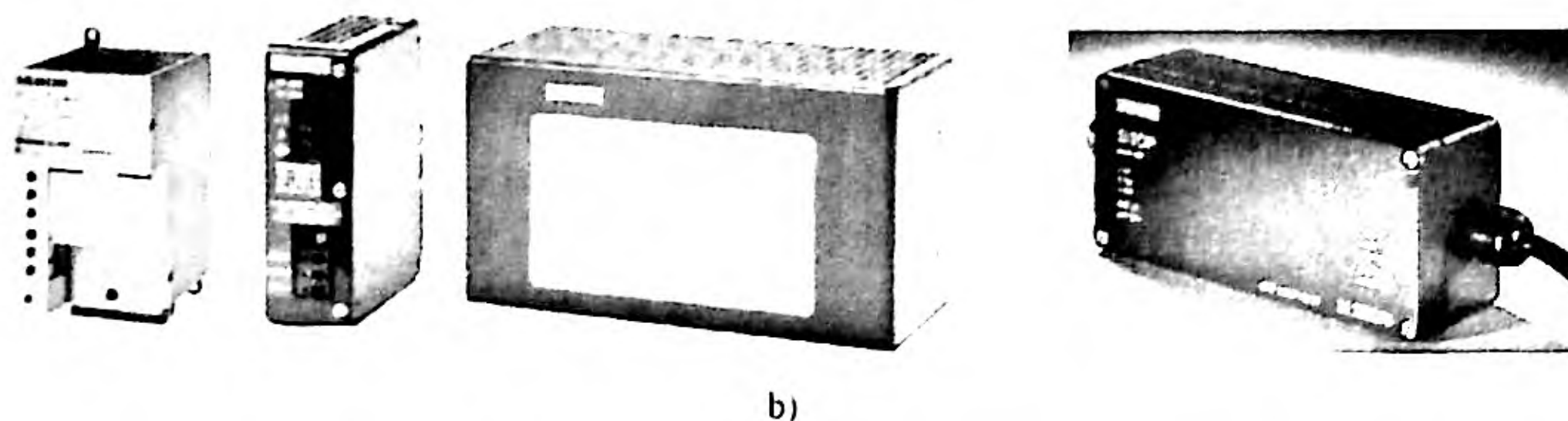
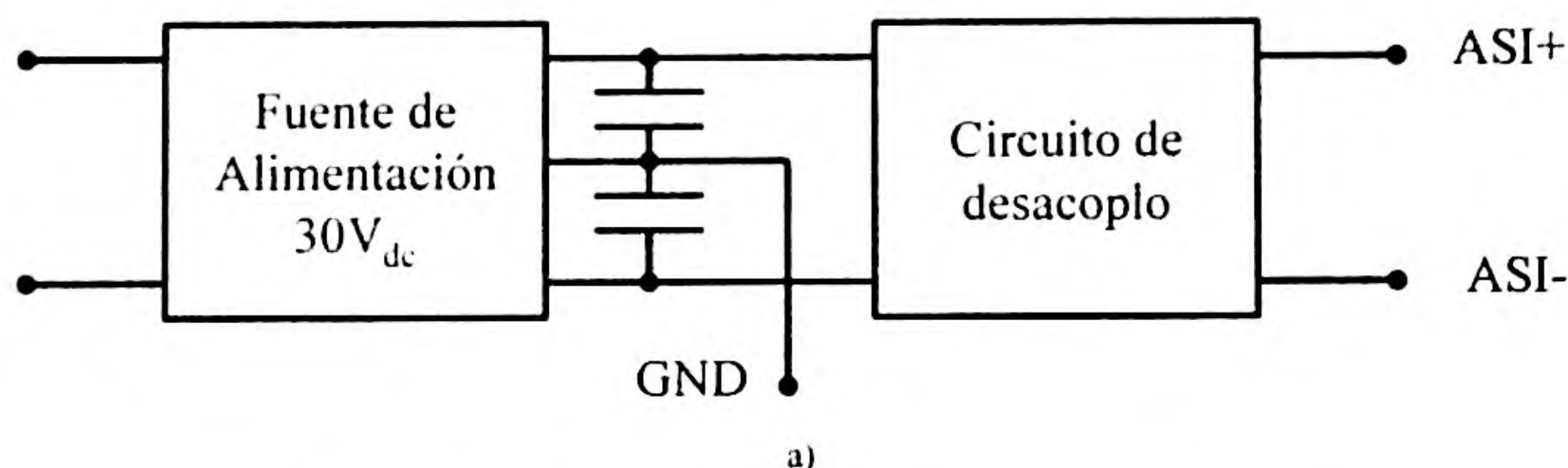


Figura A2.11. Fuente de alimentación AS-i: a) Diagrama de bloques. b) Implementaciones comerciales con grados de protección IP20 e IP67 (cortesía de Siemens).

A2.6.2 Módulos de conexión

Los módulos de conexión o acoplamiento son las bases a las que se conectan los módulos subordinados (también denominados módulos electrónicos de usuario o módulos de entrada/salida). Su misión principal es el establecimiento de la conexión de estos últimos con el cable AS-i amarillo y, opcionalmente, con los cables de alimentación auxiliar. Los módulos de conexión se montan sobre un perfil o carril simétrico normalizado, por abroche o atornillados sobre el mismo.

Existen módulos de conexión mediante perforación del aislamiento para el cable plano AS-i (Figura A2.12a). Para la conexión de cable redondo convencional existen módulos de bornes con tornillo y prensaestopas del tipo "Pg" (Figura A2.12b). También se dispone de módulos que permiten la conexión, por ejemplo, de una fuente de alimentación auxiliar externa.

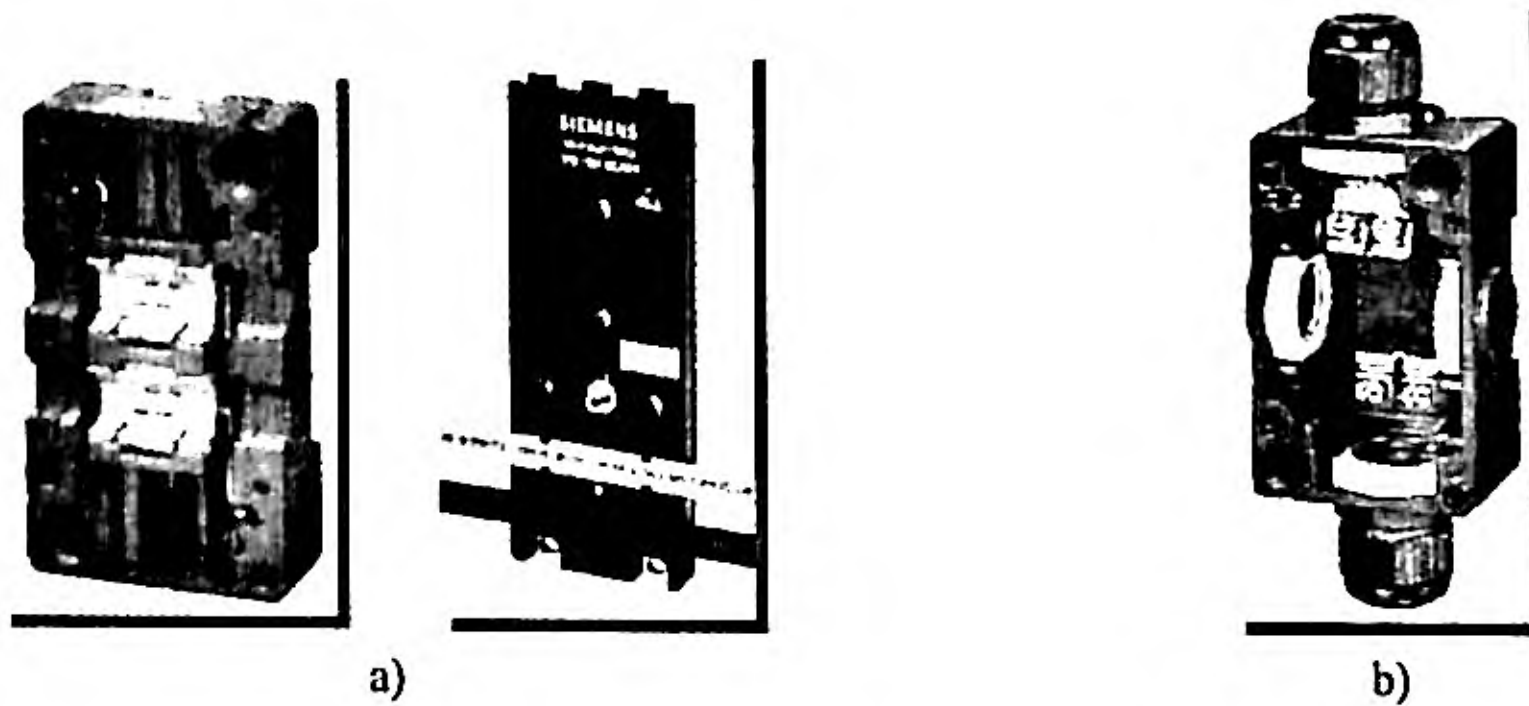


Figura A2.12. Módulos de conexión para: a) Cable plano AS-i y b) Cable redondo (cortesía de Siemens).

A2.6.3 Módulos de usuario

Cada módulo de usuario o subordinado contiene los circuitos electrónicos de un procesador de comunicaciones subordinado necesario para poder conectar los sensores y actuadores estándar a la red. La norma AS-i define, por ejemplo, una configuración electromecánica de módulo de usuario, de tamaño 45*45*80 mm, que posee un grado de protección IP67 y permite la conexión de un máximo de cuatro sensores/actuadores todo/nada a través de conectores hembra de métrica M12 dispuestos en la parte superior del mismo (Figura A2.13a). Dentro de estos módulos, los fabricantes pueden colocar un circuito electrónico que permite la conexión al bus AS-i de las diferentes combinaciones de sensores y actuadores todo/nada indicadas en la tabla A2.1.

Algunos fabricantes también comercializan módulos de usuario con nivel de protección IP20 y conexionado mediante bornes con tornillo para su empleo en armarios (Figura A2.13b).

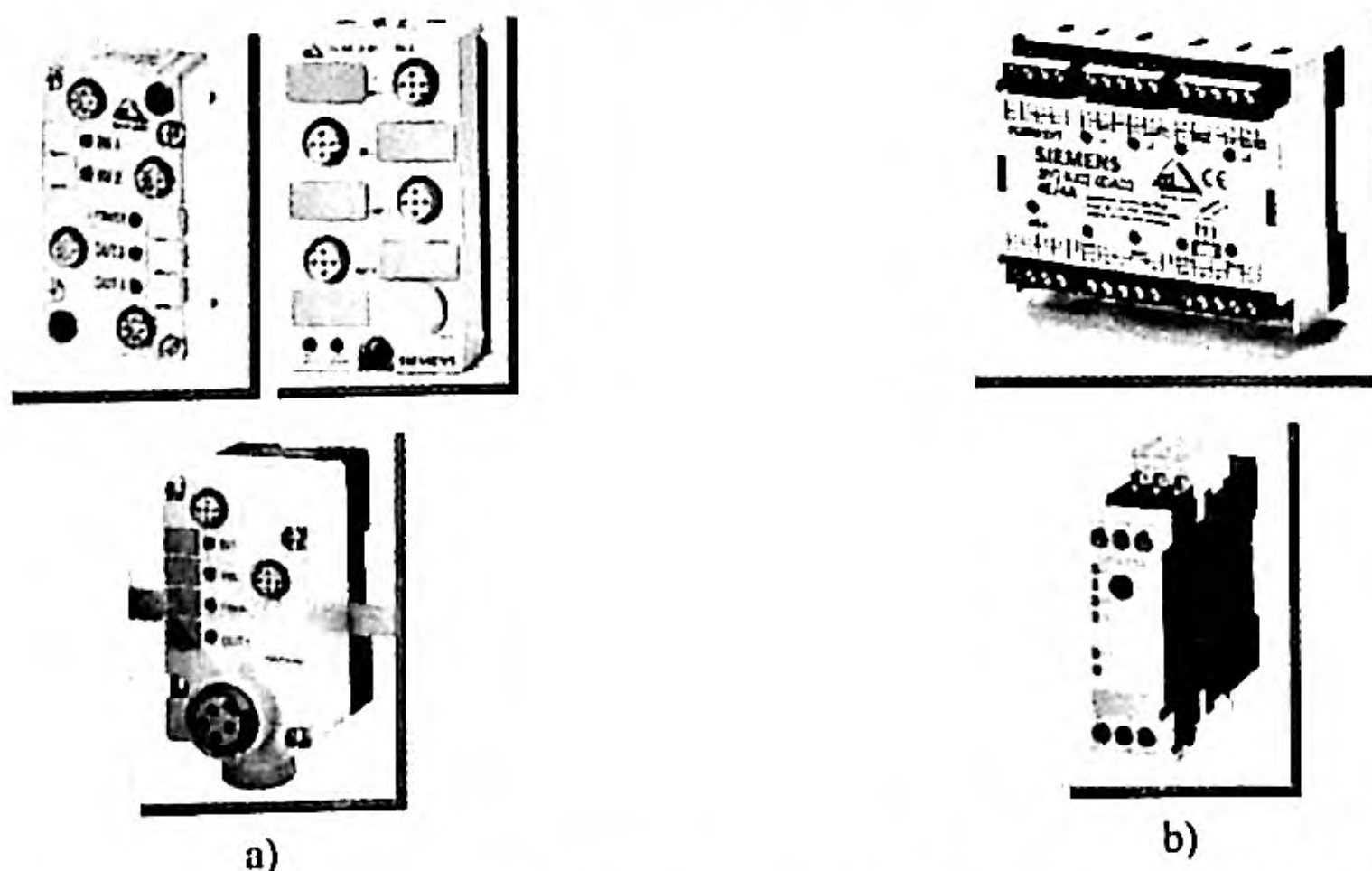


Figura A2.13. Diferentes módulos de usuario de una red AS-i en formato: a) IP67. b) IP20 (cortesía de Siemens).

En los módulos subordinados, además de los sensores y actuadores todo/nada, se conecta también el cable AS-i y la alimentación eléctrica auxiliar, a través de bornes de tornillo o mediante conectores emparejados con los del módulo de conexión.

El procesador de comunicaciones subordinado del módulo de usuario está realizado en un circuito integrado de aplicación específica (ASIC, acrónimo de *Application Specific Integrated Circuit*), denominado genéricamente *Chip AS-i* (Figura A2.14), al que se pueden conectar un máximo de 4 sensores y 4 actuadores todo/nada.

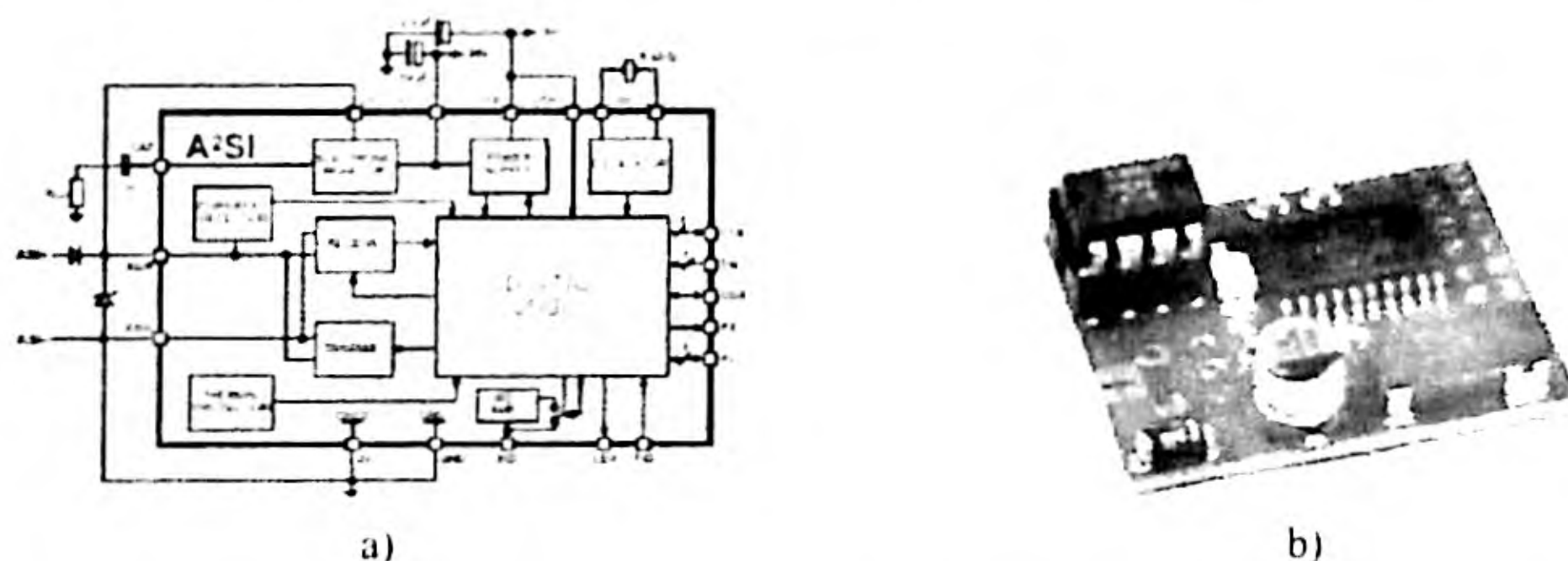


Figura A2.14. Circuito integrado AS-i "A2SI": a) Diagrama de bloques. b) Placa de circuito impreso para el diseño de subordinados AS-i. (Cortesía de ZMD y Bihl&Wiedemann).



Figura A2.15. Sistema especializado de diagnóstico y direccionamiento (cortesía de Siemens).

En el interior del "Chip AS-i", o conectada al mismo, debe existir una memoria no volátil EPROM, de un mínimo de 5 bits de capacidad, en la que se almacena la *dirección* del módulo subordinado correspondiente. A esta dirección el fabricante le asigna el valor "0", y es el usuario el que debe modificar su valor al integrar dicho módulo en una red AS-i. Dicha modificación se realiza mediante una orden de asignación de dirección, que puede ser enviada al módulo subordinado por el sistema electrónico de control conectado al procesador principal o por un sistema especializado de diagnóstico y direccionamiento (Figura A2.15).

De acuerdo con las especificaciones de la norma AS-i, el "Chip AS-i" también incluye 4 bits de memoria para el *parámetro* (ver apartado A2.4.2.2).

A2.6.4 Sensores/Actuadores con circuito integrado AS-i

Se comercializan también sensores y actuadores inteligentes (descritos en el apartado 7.2.7 del capítulo 7) que, además del circuito electrónico correspondiente a la función que realizan, incorporan en su interior el circuito integrado (ASIC) AS-i que implementa las funciones de comunicación de un procesador subordinado, para conectarlos directamente a la red. Entre ellos cabe citar sensores inductivos, finales de carrera, sensores ultrasónicos, botoneras, columnas de señalización, arrancadores de motores, etc. (Figura A2.16).

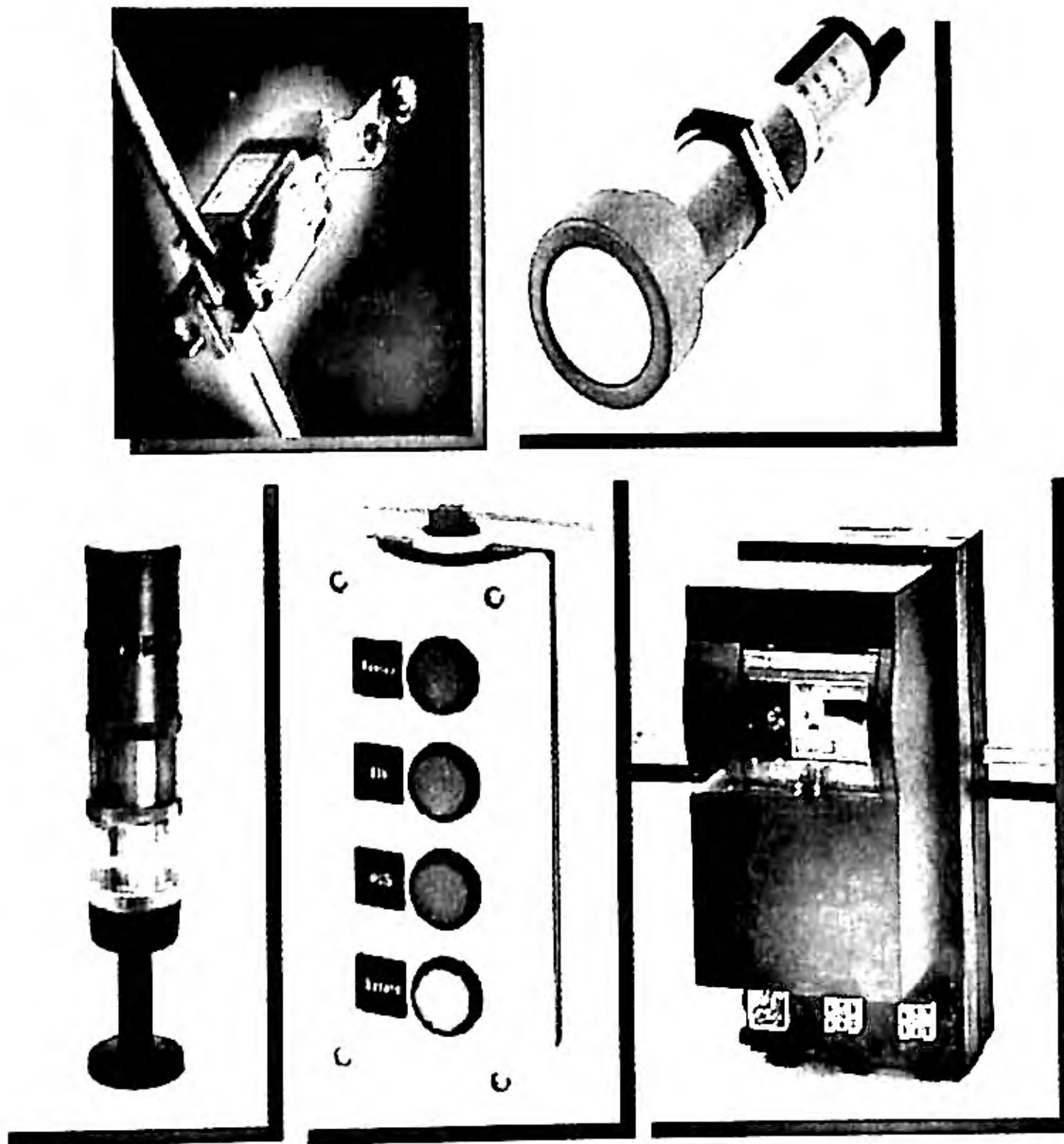


Figura A2.16. Diferentes tipos de sensores y actuadores inteligentes conectables a una red AS-i (cortesía de Siemens).

A2.6.5 Módulo principal

Tal como se indica en el apartado A2.4.2.4, el módulo principal (AS-i *master*) contiene un procesador de comunicaciones principal encargado de controlar todas las comunicaciones

que se realizan a través del cable AS-i con los módulos subordinados (*AS-i slaves*). Además, realiza funciones de diagnóstico, como por ejemplo, la detección de fallos en módulos subordinados y la detección de falta de alimentación en el bus AS-i, y de configuración, como por ejemplo, la parametrización de los sensores y actuadores, etc.

Cada fabricante comercializa versiones específicas del módulo principal (Figura A2.17) para sus equipos electrónicos de control (Autómatas Programables, Sistemas de Control Numérico, Robots, Computadores Industriales, etc.).

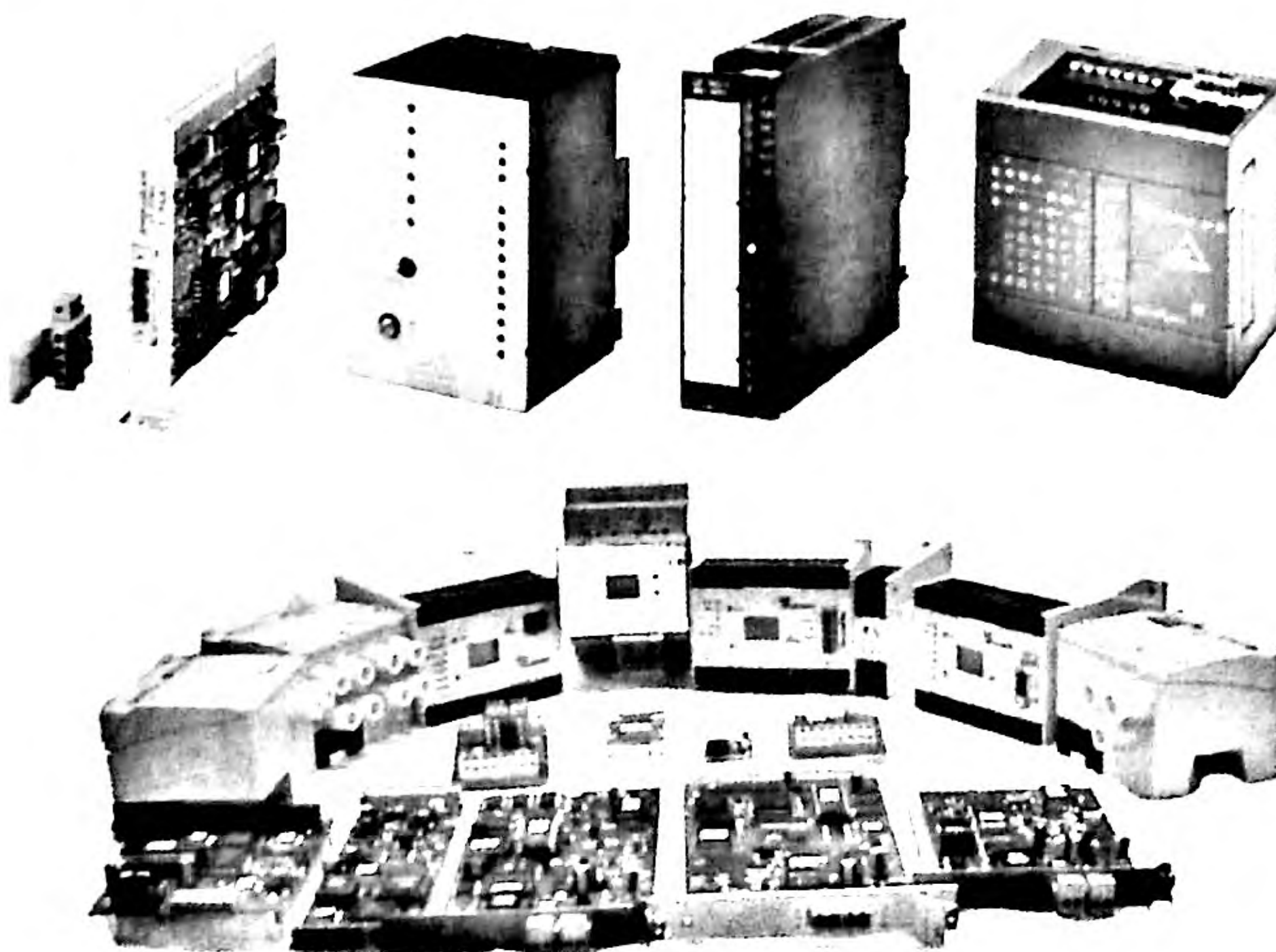


Figura A2.17. *Procesadores de comunicaciones principales y pasarelas AS-i (cortesía de Siemens y Bihl&Wiedemann).*

A2.6.6 Módulos Pasarela AS-i

En muchas instalaciones es interesante combinar una red AS-i con otros tipos de redes, como por ejemplo PROFIBUS, Interbus, FIPIO, Ethernet, etc. Para ello, se comercializan módulos principales que incorporan los circuitos electrónicos adecuados para convertir la red AS-i en un simple nudo de comunicaciones que realiza las funciones de pasarela (*gateway*) (Figura A2.17) entre la red AS-i y otra red de control o datos jerárquicamente superior. Ejemplos típicos de este tipo de soluciones son las pasarelas AS-i/PROFIBUS, AS-i/Interbus, AS-i/FIPIO y AS-i/Ethernet.

BIBLIOGRAFÍA

- [KRIE 95] W.R Kriesel & O.W. Madelung. *ASI, the Actuator-Sensor-Interface for Automation*. Ed. Carl Hanser Verlag. 1995.
- [SIEM 96] SIEMENS. *Red de actuadores y sensores AS-Interface: descripción del sistema*. Ed. Siemens A G. 1996.
- [TELE 98] Telemecanique. *Bus de accionadores y sensores AS-i*. Ed. Groupe Schneider. 1998.

APÉNDICE 3

Familia de redes de campo PROFIBUS

A3.1 Introducción

PROFIBUS (abreviatura de *PRO*cess *FI*eld *BUS*) es un conjunto de redes de control (o buses de campo) diseñado para resolver las necesidades de comunicación de los procesos industriales tanto discretos (denominados procesos de fabricación) como continuos y otros procesos distribuidos como por ejemplo la automatización de edificios.

Su desarrollo comenzó en el año 1987, cuando el Ministerio Federal Alemán de Investigación y Desarrollo financió la ejecución de un proyecto de I+D denominado *Field Bus* en el que trabajaron conjuntamente 13 empresas y 5 institutos de investigación para desarrollar un sistema de comunicaciones industriales versátil, que fue denominado finalmente PROFIBUS. Para diseñarlo se basaron tanto en el modelo de interconexión de sistemas abiertos denominado OSI (acrónimo de *Open System Interconnection*) de ISO (acrónimo de *International Standard Organisation*), (descrito en el apartado A1.3.2 del Apéndice 1) como en los trabajos del proyecto MAP (cuyas principales características se indican en el apartado 9.3.2.2.2 del capítulo 9). En el año 1991, PROFIBUS se convirtió en la norma alemana DIN 19245 y, posteriormente, en las normas europeas EN 50170 y EN 50250 y en las internacionales IEC 61158 e IEC 61158-2. Se garantiza de esta forma la independencia de PROFIBUS con respecto a los fabricantes de sistemas electrónicos de control así como la interoperabilidad de los sistemas fabricados por diferentes empresas.

A3.2 Características generales

Uno de los objetivos iniciales de PROFIBUS fue el de proporcionar una solución adecuada, mediante una única norma, para las comunicaciones de los niveles de proceso, estación y célula (e incluso de los niveles de área y fábrica) de la pirámide CIM descrita en el apartado 9.2.5 del capítulo 9. Puede considerarse, por tanto, que PROFIBUS es un sistema de comunicaciones industriales formado por una familia de protocolos compatibles entre sí, es decir, que comparten los principales parámetros de las capas físicas y de enlace del modelo OSI, y se diferencian en el nivel de aplicación. La familia de protocolos PROFIBUS cubre todo el espectro de las redes de control (a diferencia del bus AS-i, descrito en el apéndice 3, que fue diseñado únicamente para el nivel de proceso), e incluso, en determinados casos, puede utilizarse como red de datos con capacidad de comunicación determinista.

PROFIBUS posee actualmente tres miembros denominados PROFIBUS-DP, PROFIBUS-PA y PROFIBUS-FMS, cada uno de los cuales satisface, tal como se indica en la figura A4.1, las necesidades específicas de un determinado nivel de la pirámide CIM. Las principales características de cada miembro son las siguientes:

- **Red PROFIBUS-DP**

PROFIBUS-DP (*Decentralised Periphery*), es una red o bus de campo cuyo protocolo está optimizado para realizar las transferencias de información en el nivel de proceso de la pirámide CIM, que necesita alta velocidad de transmisión y bajo coste. Se diseñó, al igual que AS-i, para realizar la comunicación entre un sistema electrónico de control (como por ejemplo un autómata programable, un robot, un sistema de control numérico, etc.) y la denominada "periferia distribuida" (*Decentralised Periphery*), constituida por los dispositivos sensores y actuadores (dispositivos de campo) que se deben conectar a él.

- **Red PROFIBUS-PA**

PROFIBUS-PA (*Process Automation*), es una red o bus de campo cuyo protocolo está optimizado para realizar las transferencias de información necesarias entre los sistemas electrónicos de control y los sistemas de instrumentación utilizados en la industria de los procesos continuos (reguladores de caudal, temperatura, presión, válvulas proporcionales, etc.), que se caracterizan por realizar medidas de variables analógicas y actuar sobre el proceso en función del valor de dicha medida.

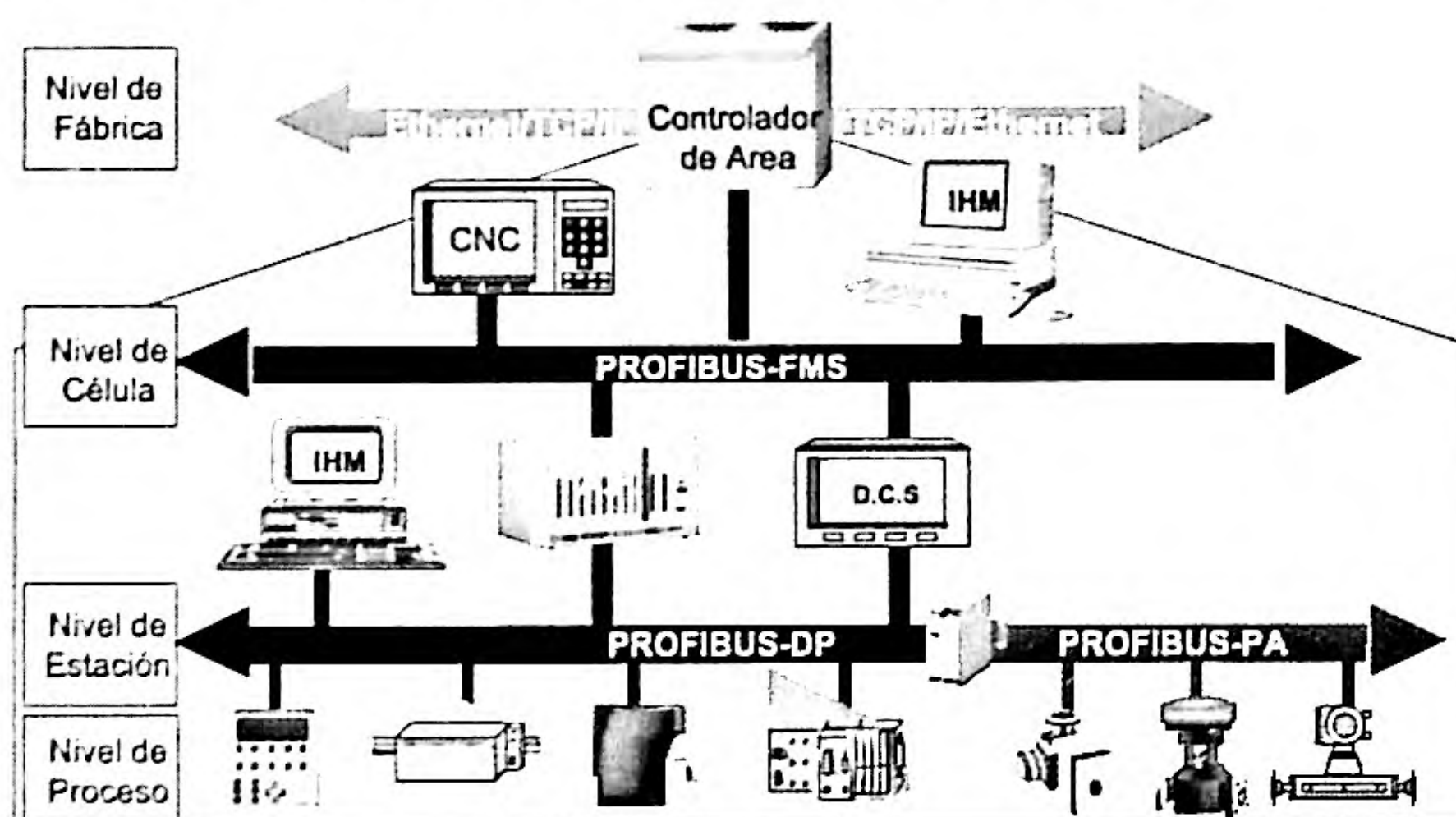


Figura A3.1. Utilización de la familia de protocolos PROFIBUS (cortesía de Siemens).

Su principal diferencia con PROFIBUS-DP es que la capa física permite su utilización en zonas de seguridad intrínseca (zonas "Ex"). Para ello, PROFIBUS-PA posibilita la comunicación de datos (a una velocidad máxima inferior a la de PROFIBUS-DP) y la alimentación de los procesadores de comunicaciones a través de un único par de hilos mediante fuentes de alimentación especiales. En muchas instalaciones se combinan los dispositivos de campo, conectados mediante una red PROFIBUS-DP, con los sistemas

de instrumentación, conectados mediante una red PROFIBUS-PA. En este caso, ambas redes se enlazan mediante un acoplador de segmentos DP-PA (*DP-PA segment coupler*) que constituye un puente (*Bridge*) de comunicaciones (Figura A3.1).

- **Red PROFIBUS-FMS**

PROFIBUS-FMS (*Fieldbus Message Specification*), es una red o bus de campo optimizada para realizar las transferencias de información en los niveles de estación, célula e incluso fábrica de la pirámide CIM. Para ello, dispone de un conjunto de funciones (que constituyen un subconjunto de las establecidas por la norma ISO/IEC 9506-1, denominada MMS (acrónimo de *Manufacturing Message Specification*) que le proporcionan una gran flexibilidad.

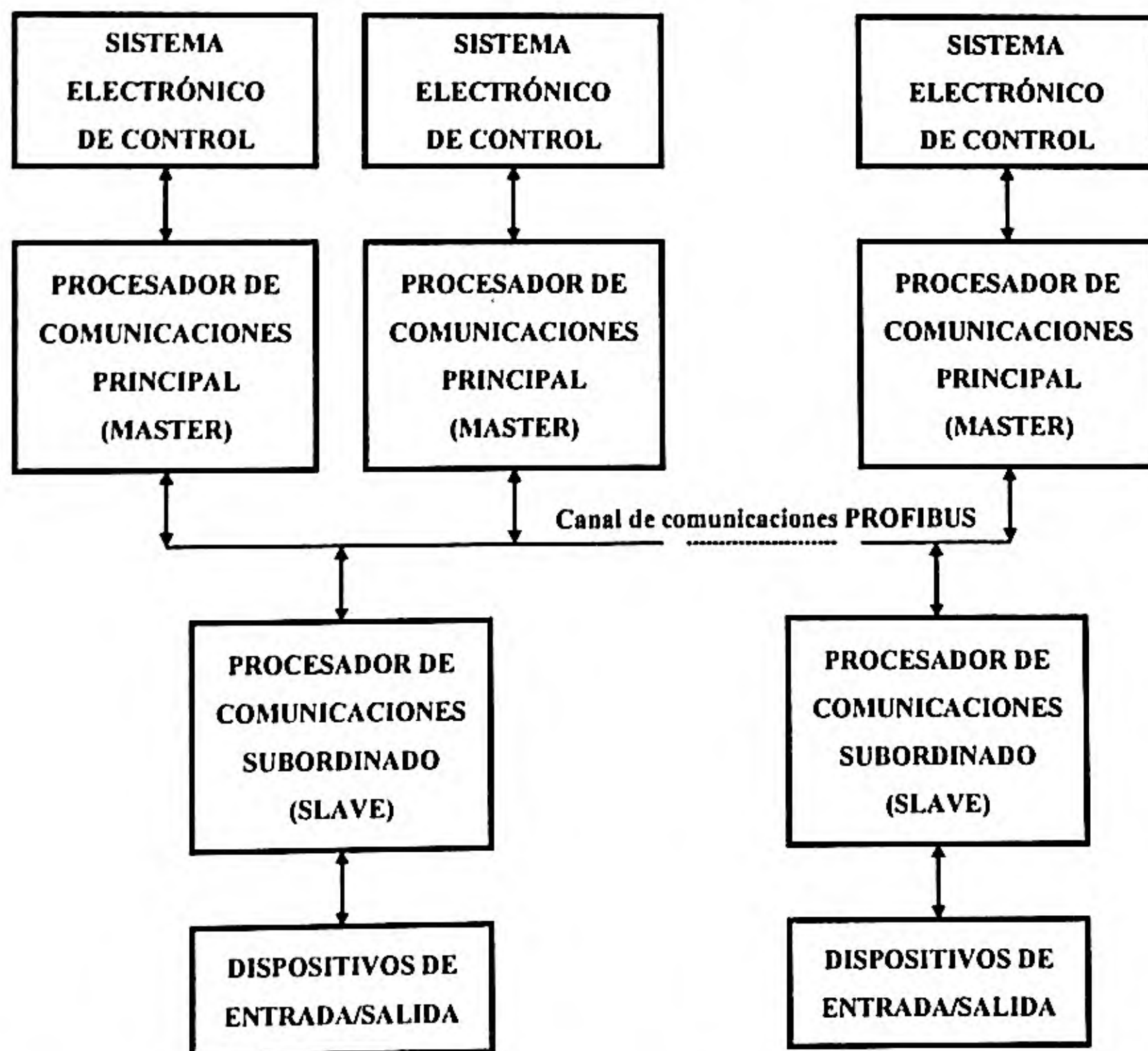


Figura A3.2. Diagrama de bloques de una red PROFIBUS.

Las principales características de las capas física y de enlace de datos comunes a las tres redes PROFIBUS son las siguientes:

- **Capa física**

La capa física, denominada PHY (abreviatura de *PHYsical layer*), establece las características de las señales y de los elementos asociados con ellas que permiten la implementación del canal de comunicaciones. Dichas señales pueden ser eléctricas (de acuerdo con la norma EIA RS-485 descrita en el apartado A1.2.7.5 del apéndice 1 o la IEC 1158-2 para zonas de seguridad intrínseca) u ópticas.

- **Capa de enlace de datos**

La capa de enlace de datos recibe la denominación de FDL (acrónimo de *Field Data Link layer*). Para resolver adecuadamente la comunicación tanto entre sistemas electrónicos de control como entre éstos y los dispositivos de campo, el mecanismo de acceso al medio utilizado es el denominado principal subordinado (*Master-slave*), descrito en el apartado 9.3.2.3.1 del capítulo 9 y en el apartado A1.3.3.3.1 del apéndice 1, que combina la existencia de un conjunto de procesadores principales de comunicaciones (*Masters*) con un conjunto de procesadores subordinados de comunicaciones (*Slaves*) (Figura A3.2).

Para gestionar el acceso al bus de comunicaciones por parte de los diferentes procesadores principales, se utiliza el mecanismo de acceso al medio denominado de red en bus con paso de testigo (*Token bus*), descrito en el apartado A1.3.3.3.2 del apéndice 1, que asegura que, en cada instante, sólo un procesador principal tiene el control de la red. En dicho intervalo, todos los demás procesadores principales del sistema están en un estado de espera activa y se comportan como subordinados del que está en posesión del testigo.

En la figura A3.3 se representa la implementación del modelo OSI en la familia PROFIBUS. En ella se puede observar que las capas de red, transporte, sesión y presentación no se utilizan. Al igual que en los diferentes buses de campo descritos en el apartado 9.3.2.3 del capítulo 9, sus funciones típicas se trasladan a la capa de aplicación. Esta simplificación del modelo OSI es debida a la eliminación de determinadas funciones, que son más propias de las redes de datos, entre las que cabe destacar a modo de ejemplo [BEND 93]:

- No es posible la segmentación de mensajes de tamaño superior a 235 octetos.
- No es posible el agrupamiento de varios mensajes cortos en uno único largo porque ello comprometería el determinismo (limitación del tiempo máximo que tarda en transferirse una información) del sistema.

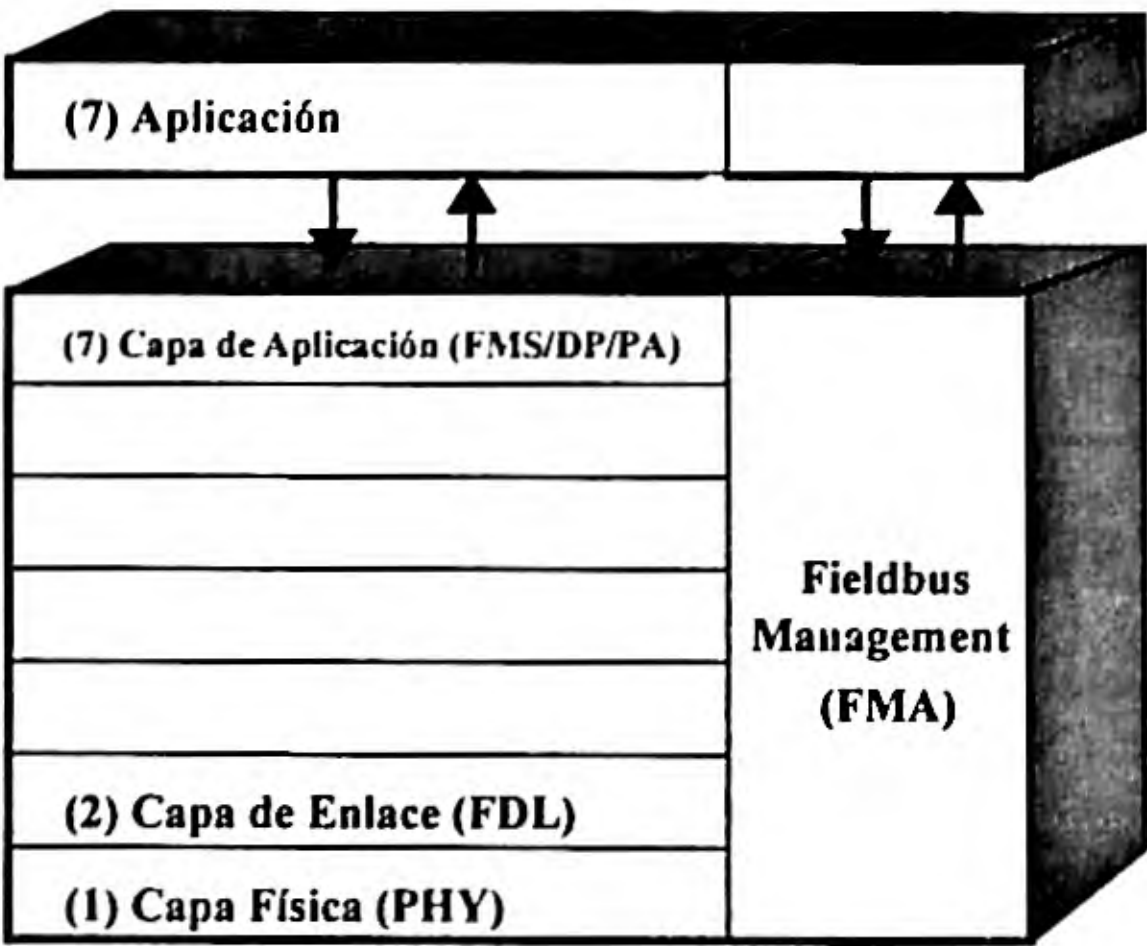


Figura A3.3. Modelo de capas implementado en PROFIBUS.

- No se contempla (al menos en la norma) la aplicación de funciones de enrutamiento de paquetes, típicas de la capa de red, porque no es necesario dado que la arquitectura de la red es la de bus.
- Son opcionales otras funciones típicas de la capa de transporte, como por ejemplo los servicios de identificación y protección mediante contraseña.

El conjunto de redes de la familia PROFIBUS es actualmente uno de los líderes mundiales de las redes de control en los niveles de proceso, estación y célula de la pirámide CIM, y se utiliza en más de 350.000 aplicaciones industriales. La asociación internacional de usuarios de PROFIBUS (*Profibus User Organization*), tiene catalogados más de 1.900 productos de un total de más de 260 fabricantes diferentes.

A continuación se describen los aspectos más importantes de la capa física, de enlace y de aplicación de cada uno de los tres protocolos. Al lector interesado en profundizar en el análisis de las redes PROFIBUS se le remite a la bibliografía incluida al final del capítulo.

A3.3 Red PROFIBUS-DP

A3.3.1 Características generales

Tal como se indica en el apartado A3.2 anterior, PROFIBUS-DP es una red de campo cuyo protocolo está optimizado para realizar las transferencias de información en el nivel de proceso de la pirámide CIM, que necesitan alta velocidad y bajo coste, tal como se indica en el apartado 9.3.2.3.3 del capítulo 9.

A una red PROFIBUS-DP se pueden conectar tres tipos diferentes de sistemas electrónicos:

- Sistemas electrónicos de control: autómatas programables, sistemas de control numérico, robots, computadores industriales, etc.
- Sistemas electrónicos especializados, como por ejemplo unidades de programación, paneles de operación, terminales de configuración de dispositivos de campo, etc.
- Sensores y actuadores analógicos y digitales.

Cada uno de estos sistemas implica unas necesidades diferentes de comunicación, que dan lugar en PROFIBUS-DP a tres tipos de procesadores de comunicaciones:

- Procesador principal de comunicaciones DPM1 (acrónimo de *DP Master class 1*).
- Procesador principal de comunicaciones DPM2 (acrónimo de *DP Master class 2*)
- Procesador subordinado de comunicaciones DPS (acrónimo de *DP Slave*)

El procesador principal de comunicaciones DPM1 está asociado a un sistema electrónico de control y realiza el intercambio de información (estado de variables de entrada y salida digitales y analógicas) con cada uno de los dispositivos de campo a través de un procesador subordinado de comunicaciones DPS.

El procesador principal de comunicaciones DPM2 está asociado también a un sistema electrónico de control y realiza la comunicación (por ejemplo, valores de consigna, parámetros de configuración que proporcionan información de su estado interno, variables de diagnóstico de funcionamiento, etc.) entre él y dispositivos de campo complejos (instrumentos, reguladores de variables, etc.), a través de un procesador subordinado de comunicaciones DPS.

Tal como se indica en los apartados anteriores, el procesador subordinado de comunicaciones (DPS) no toma iniciativas de comunicación, sino que simplemente responde a las órdenes e informaciones enviadas por los procesadores DPM1 o DPM2.

Mediante la red PROFIBUS-DP, los procesadores de comunicación principales (*DP Masters*) asociados a un sistema electrónico de control realizan ciclicamente la lectura de información de entrada y la actualización de los datos de salida de los dispositivos de campo, conectados a la red a través de procesadores subordinados de comunicaciones (*DP Slaves*). El tiempo de ciclo de este proceso ha de ser menor que el tiempo de ciclo del programa ejecutado en el sistema electrónico de control de proceso, cuyo valor típico en la mayoría de las aplicaciones es de 10 ms. Por ejemplo, la norma PROFIBUS-DP especifica que, a una velocidad de transmisión de 12Mbits/segundo, se necesita aproximadamente 1 ms para transmitir 512 bits de entrada y 512 bits de salida distribuidos en 32 procesadores subordinados de comunicaciones.

La cantidad de información de entrada y salida que cada procesador subordinado de comunicaciones puede intercambiar con un procesador principal de comunicaciones depende del tipo de dispositivos de campo conectados a él. El número máximo de datos que puede intercambiar un procesador subordinado de comunicaciones es de 246 octetos de entrada y 246 octetos de salida.

A3.3.2 Capa física de la red PROFIBUS-DP

En esta capa se definen el medio de transmisión y el método de codificación de las señales.

A3.3.2.1 Medio de transmisión

La transmisión de datos en PROFIBUS se puede realizar mediante señales eléctricas a través de un cable de dos hilos trenzado y apantallado (de acuerdo con la norma EIA RS-485 descrita en el apartado A1.2.7.5 del apéndice 1) o mediante señales ópticas a través de fibra óptica. A continuación se estudian las principales características de cada una de ellas.

Transmisión mediante señales eléctricas (norma EIA RS-485)

Las características principales de la transmisión de datos mediante señales eléctricas de acuerdo con la norma EIA RS-485 son las siguientes:

- **Topología**

La topología básica es un bus (también llamado bus lineal) que interconecta los distintos procesadores de comunicaciones (principales y subordinados), y tiene resistencias terminadoras en ambos extremos (Figura A3.4), para minimizar las reflexiones en ellos.

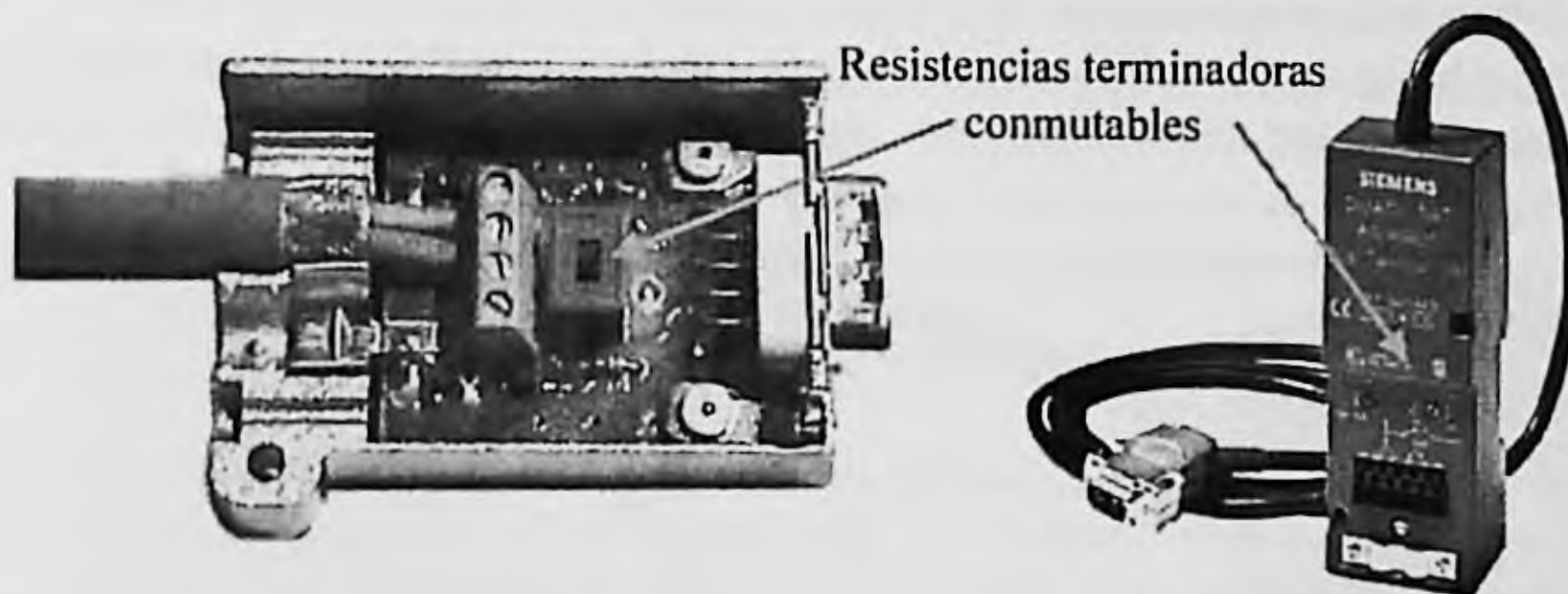


Figura A3.4. Elementos terminadores disponibles en conectores comerciales (Cortesía de SIEMENS).

También es posible implementar la red en forma de árbol que contiene varios buses lineales, cada uno de los cuales recibe el nombre de segmento. Los distintos buses lineales o segmentos se conectan mediante repetidores.

- **Medio físico**

El cable utilizado es un par de cobre trenzado y apantallado, con diferentes tipos de recubrimiento en función de las características del ambiente (nivel de perturbaciones recibidas y emitidas, etc.) en el que se instale la red.

El blindaje de los cables es una medida eficaz contra perturbaciones en las señales, pero debe hacerse correctamente. En particular, en redes de grandes distancias y velocidades de transmisión, todas las pantallas deben estar unidas, pero la unión a masa debe ser efectuada solamente en un punto, puesto que diversas uniones a masa pueden generar flujos de corriente debido a los potenciales diferentes existentes en los distintos puntos de conexión.

- **Características de la señal**

En la norma EIA RS-485, la información se representa mediante la polaridad de la tensión entre los dos hilos del cable de conexión (señales diferenciales). Esto hace que la velocidad de transmisión pueda ser elevada, incluso en ambientes con un alto nivel de interferencias electromagnéticas.

- **Velocidad de transmisión**

La velocidad de transmisión en un bus lineal está comprendida entre 9,6Kbits/segundo y 12Mbits/segundo, en función de la distancia máxima existente entre los procesadores de comunicaciones. En el caso de redes en árbol, que utilizan repetidores, la velocidad máxima es de 1.5Mbits/segundo. Dado que la velocidad es única en todo el sistema, uno de los procesadores principales de comunicaciones suele establecerla y el resto la detecta y se autoconfigura.

- **Distancias de transmisión**

La distancia máxima alcanzable en un bus lineal (sin repetidores) es de 100 metros a 12Mbits/segundo y de 1.200 metros a velocidades inferiores a 93.75 Kbits/segundo.

- **Número de procesadores de comunicaciones**

El número máximo de procesadores de comunicaciones (aunque se suelen denominar estaciones, en este libro no se hace uso de esa denominación para no confundirla con el nivel de estación de la pirámide CIM) en un bus lineal es de 32. Mediante la utilización de repetidores, se puede alcanzar el valor máximo de 127 procesadores de comunicaciones.

- **Método de conexión**

La norma recomienda el empleo del conector Sub-D de nueve terminales (Figura A4.5), que se utiliza también en otras interfaces normalizadas como por ejemplo la EIA RS-232 (típica de los puertos serie de los computadores personales).



Figura A3.5. Asignación de terminales del conector Sub-D de 9 terminales. Diferentes versiones comerciales de conectores PROFIBUS (cortesía de Siemens).

Transmisión mediante señales ópticas

La fibra óptica se utiliza en PROFIBUS-DP para elevar la distancia de transmisión y asegurar la comunicación fiable en ambientes industriales en los que existen elevados niveles de interferencias electromagnéticas. Sus características más importantes son:

- **Topología**

La tecnología óptica permite crear redes PROFIBUS con topología de anillo y estrella (descritas en los apartados A1.3.3.1.5 y A1.3.3.1.2 del apéndice 1 respectivamente), tanto en configuraciones redundantes como no redundantes.

- **Medio físico**

Se puede utilizar tanto fibra óptica de plástico, con señales de longitud de onda de 660 nanómetros, como de cristal con señales de longitud de onda comprendidas entre los 800 y 1.500 nanómetros.

- **Velocidad de transmisión**

Se alcanzan velocidades comprendidas entre 9.6Kbits/segundo y 12Mbits/segundo.

- **Distancia de transmisión**

La distancia máxima alcanzable es de aproximadamente 15 kilómetros de longitud.

- **Numero de procesadores de comunicaciones**

El número máximo de procesadores de comunicaciones es de 127. Para ampliar una red PROFIBUS implementada en fibra óptica es necesario utilizar repetidores comple-

jos, que elevan el coste (Figura A3.6). Esto hace que normalmente la fibra óptica se combine con el cable eléctrico. Por ejemplo, se utiliza éste último en el interior de las plantas industriales y la fibra óptica para conectar las plantas industriales entre sí.

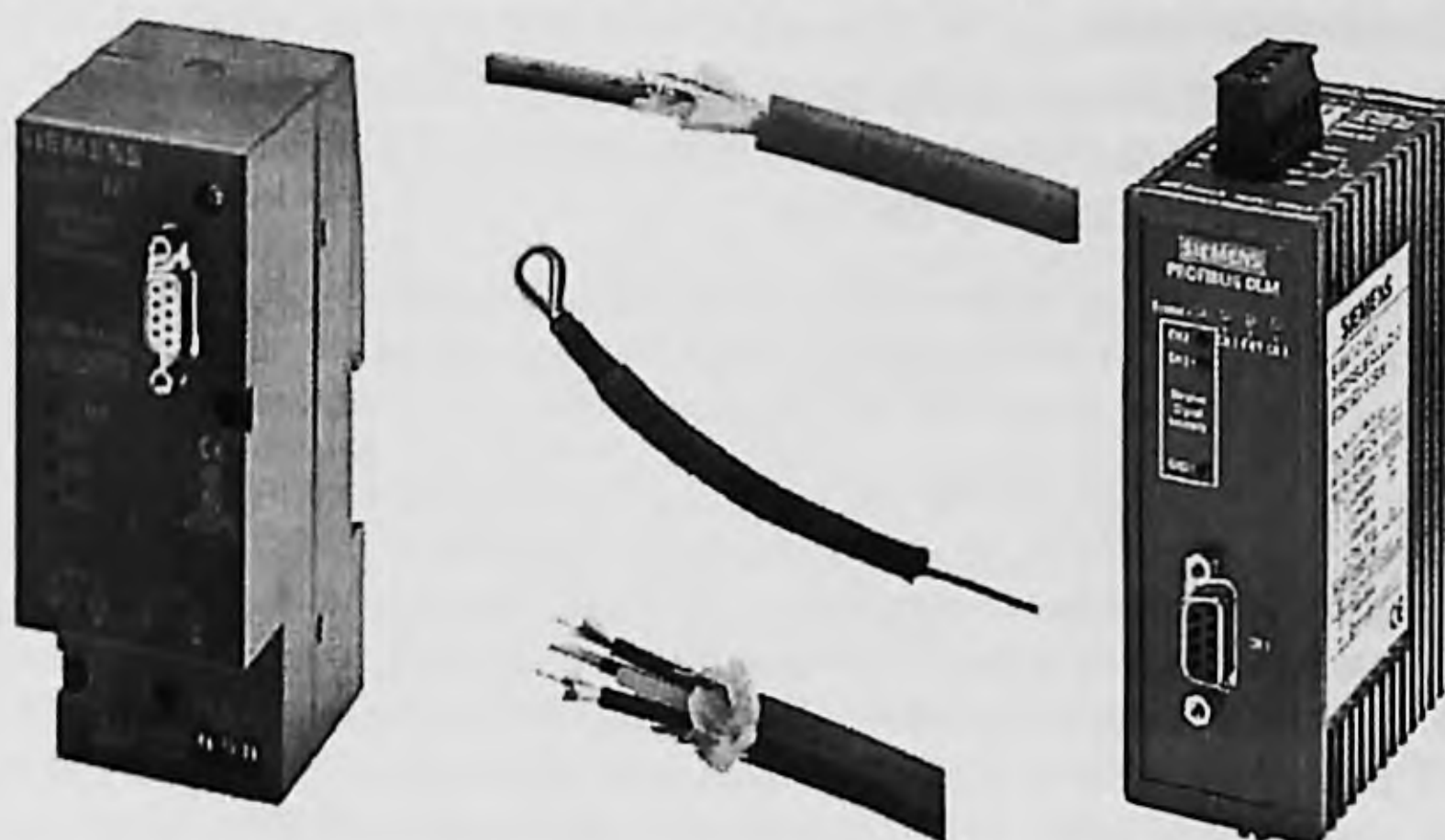


Figura A3.6. *Fibras ópticas de plástico o cristal y elementos para la interconexión de dispositivos mediante una red PROFIBUS óptica (cortesía de Siemens).*

A3.3.2.2 Método de codificación de las señales

La codificación utilizada para la transmisión de los bits de información es la denominada NRZ (acrónimo de *Non-Return-to-Zero*), descrita en el apartado A1.2.3.2 y utilizada en el modo de sincronización asíncrono descrito en el apartado A1.2.3.1 del apéndice 1. En ella, el bit está determinado por el nivel "0" ó "1" de la señal durante un tiempo que coincide con el periodo del reloj utilizado para realizar la comunicación (Figura A3.7).

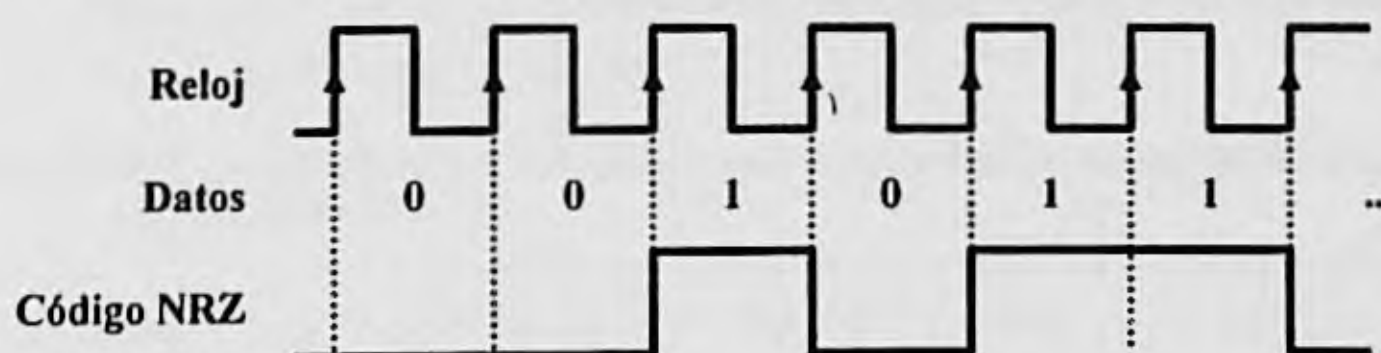


Figura A3.7. *Sistema de codificación NRZ.*

A3.3.3 Capa de enlace de PROFIBUS-DP

En la terminología de las redes de campo PROFIBUS, a la capa de enlace se la conoce como capa FDL (acrónimo de *Fieldbus Data Link*). Esta capa se puede dividir en una subcapa de control de acceso al medio y una subcapa de control lógico que define el formato de los mensajes a través de los cuales intercambian información los procesadores principales y los subordinados.

A3.3.3.1 Control de acceso al medio

Tal como se indica en el apartado A4.2, de acuerdo con el tipo de control de acceso al medio utilizado, las redes PROFIBUS son del tipo principal/subordinado y poseen dos tipos de procesadores de comunicaciones:

- Los procesadores principales de comunicaciones (también denominados estaciones principales) pueden enviar y solicitar datos, por iniciativa propia, a los restantes procesadores de comunicaciones de la red.
- Los procesadores subordinados de comunicaciones (también denominados estaciones subordinadas) sólo pueden enviar datos a través de la red cuando lo autoriza el procesador principal de comunicaciones que está activo en un instante determinado.

La elección entre un procesador principal o uno subordinado para conectar a la red un sistema electrónico depende de las características de éste último. En general, se conectan a un procesador principal los sistemas electrónicos de control que poseen un cierto nivel de capacidad de proceso de información (como por ejemplo autómatas programables, sistemas de control numérico, robots, etc.). Por el contrario, tanto los dispositivos de campo sencillos (sensores y actuadores todo/nada y analógicos) como otros más "inteligentes" (módulos o interfaces de control de motores, convertidores de frecuencia, codificadores de posición (*encoders*), etc.) se conectan a la red PROFIBUS mediante procesadores subordinados. En determinados casos, un sistema electrónico de control se puede conectar a un procesador de comunicaciones que, mediante acciones de configuración, puede comportarse como principal o como subordinado.

Para evitar que más de un procesador principal de comunicaciones acceda al medio de transmisión compartido en un determinado instante, PROFIBUS-DP utiliza un mecanismo de control de acceso al medio conocido como paso de testigo en bus (*token bus*) (descrito en el apartado A1.3.3.3.2 del apéndice 1) (Figura A3.8). Cada procesador principal sólo puede enviar información cuando recibe un mensaje especial, denominado testigo (*token*). Se dice que, en ese intervalo de tiempo, el procesador principal está activo.

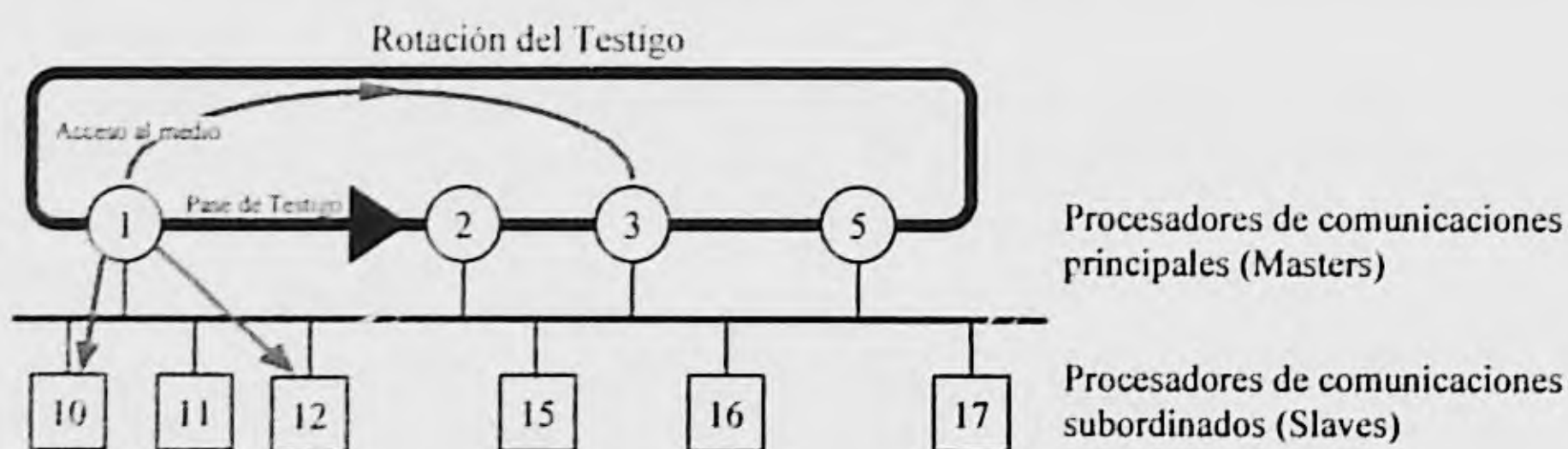


Figura A3.8. Representación gráfica del mecanismo de control de acceso al medio mediante paso de testigo en bus utilizado en las redes de la familia PROFIBUS.

La posesión y circulación del testigo entre todos los procesadores principales de comunicaciones se gestiona de acuerdo con las siguientes reglas básicas:

- El testigo se desplaza automáticamente de un procesador principal al siguiente en el orden ascendente de direccionamiento de los procesadores principales de comunicaciones de la red.

- La transmisión del testigo se efectúa según un anillo lógico, es decir, el procesador principal cuya dirección es la más elevada, reenvía el testigo al procesador principal cuya dirección es la más baja.
- Cada procesador principal memoriza la dirección del siguiente procesador principal de comunicaciones al que debe enviarle el testigo. Para permitir la inclusión de nuevos procesadores principales en la red, cada procesador realiza periódicamente un sondeo para comprobar si se ha introducido o no un nuevo procesador principal cuya dirección esté comprendida entre la suya y la del procesador principal que actualmente es el siguiente en la lista de procesadores principales. En caso afirmativo, actualiza la dirección del siguiente y le cede el testigo inmediatamente.

El ciclo de rotación del testigo dura en PROFIBUS un tiempo predeterminado, especificado mediante el parámetro T_{RT} (acrónimo de *Token-Rotation-Time*). Su valor no debe ser rebasado incluso cuando hay que transmitir un gran volumen de datos y por ello la red PROFIBUS-DP funciona de acuerdo con las siguientes especificaciones:

- Las conexiones lógicas que se realizan entre los diferentes procesadores de comunicaciones pueden ser de prioridad alta o baja. La prioridad influye sobre el tratamiento de los mensajes que se deben emitir a través de la conexión considerada.
- Cada procesador principal mide continuamente el intervalo de tiempo T_{RR} (abreviatura de *Real Token Rotation Time*) durante el cual no está en posesión del testigo.
- Cuando un procesador principal de comunicaciones recibe el testigo, calcula la diferencia entre el valor de T_{RT} y el de T_{RR} y obtiene el tiempo $T_{RT}-T_{RR}$, durante el cual puede mantener el testigo y lleva a cabo una de las dos acciones siguientes:
 - Si $T_{RT}-T_{RR}$ es mayor que cero, ejecuta una a una todas las órdenes de comunicación pendientes (en primer lugar las de alta prioridad y a continuación las de baja prioridad) hasta que la diferencia entre T_{RT} y T_{RR} se anula. En el caso de que en ese instante queden órdenes de comunicación pendientes, no las ejecuta hasta el siguiente ciclo de testigo. Si las órdenes pendientes se agotan antes de anularse el valor de $T_{RT}-T_{RR}$, se envía en ese instante el testigo al procesador de comunicaciones siguiente.
 - Si $T_{RT}-T_{RR}$ es negativo o nulo, sólo se envía la orden de alta prioridad más antigua.

Con el fin de dar una idea de la complejidad funcional de la capa de enlace FDL, se enumeran a continuación los principales parámetros que tienen que ser establecidos obligatoriamente al diseñar una red de comunicaciones PROFIBUS-DP:

- **Dirección de los procesadores de comunicaciones**

La dirección TS (acrónimo de *This Station*) es un parámetro específico de cada procesador de comunicaciones que sirve para identificarlo, es decir, distinguirlo de los demás. Su rango está comprendido entre 0 y 126, y se reserva el valor 127 para mensajes de difusión a todos los procesadores de la red (difusión total) (*broadcast*) o a un conjunto de ellos (difusión parcial) (*Multicast*).

- **Velocidad de transmisión**

La velocidad de transmisión (*Baud_Rate*) se mide en Kbits/segundo y su valor, que es el mismo para todas las los procesadores de comunicaciones de la red, puede variar entre 9,6 y 12.000. El tiempo necesario para transmitir un bit de información es el inverso de su valor ($t_{br} = 1 / \text{Baud_Rate}$).

- **Redundancia del medio de comunicación**

La redundancia del medio (*Medium_Red*) es un parámetro que vale 0 ó 1 según se disponga, o no, de un medio de comunicación adicional.

- **Intervalo de confirmación de recepción**

El intervalo de confirmación de recepción T_{sl} (abreviatura de *SLOT Time*) es el intervalo de tiempo durante el cual el procesador principal activo espera que el procesador al que le envió un mensaje le confirme su recepción. Cuando se sobrepasa este valor, el procesador principal reintenta o no la transmisión del mensaje en función del parámetro denominado “número máximo de reintentos” (*max_retry_limit*) descrito más adelante. Su valor es el mismo para todos los procesadores principales de comunicaciones de la red y puede estar comprendido entre 1 y 65535 intervalos de bit (*bit time*).

- **Mínimo tiempo de retardo**

El mínimo tiempo de retardo “min T_{SDR} ” (abreviatura de *minimum Station Delay Time*) es el mínimo tiempo que debe esperar el procesador de comunicaciones destinatario de un mensaje para enviar la confirmación de recepción al procesador principal. Su valor es el mismo para todos los procesadores principales de la red y puede estar comprendido entre 1 y 65535 intervalos de bit.

- **Máximo tiempo de retardo**

El máximo tiempo de retardo “max T_{SDR} ” (abreviatura de *maximum Station Delay Time*) es el máximo tiempo que debe esperar cada procesador de comunicaciones que emite un mensaje antes de enviar otro nuevo. Este parámetro debe ser igual en todos los procesadores de comunicaciones y su valor puede estar comprendido entre 1 y 65535 intervalos de bit.

- **Tiempo de espera de recepción**

El tiempo de espera de recepción T_{QUI} (abreviatura de *QUIet Time*) es el tiempo que un procesador de comunicaciones debe esperar, tras enviar un mensaje, para desinhibir su circuito receptor. Su valor es el mismo para todos los procesadores de la red y puede estar comprendido entre 0 y 255 intervalos de bit.

- **Tiempo de espera de transmisión**

El tiempo de espera de transmisión T_{SET} (abreviatura de *SETup Time*) es el mínimo tiempo que debe transcurrir entre la confirmación de la recepción de un mensaje y el envío de otro nuevo por parte del procesador de comunicaciones. Su valor es el mismo para todos los procesadores principales de la red y está comprendido entre 1 y 255 intervalos de bit.

- **Tiempo de rotación de testigo**

El tiempo de rotación de testigo T_{RT} (abreviatura de *Target Rotation Time*), es el tiempo establecido para que el testigo circule a través de todos los procesadores principales de comunicaciones de la red que constituye un anillo lógico. Su valor es el mismo para todos ellos y ha de estar comprendido entre 1 y 16.777.215 intervalos de bit.

- **Factor de actualización**

El factor de actualización G (abreviatura de *Gap update factor*) es un número entero, comprendido entre 1 y 100, idéntico para todos los procesadores principales de comunicaciones, por el cual se multiplica el valor de T_{RT} para obtener el tiempo que debe transcurrir para que un procesador principal de comunicaciones del anillo realice sucesivas búsquedas de nuevos procesadores principales de comunicaciones comprendidos entre su dirección y la del siguiente, a fin de detectar si existe un nuevo procesador principal de comunicaciones en dicho rango de direcciones que debe ser incluido en el anillo lógico.

- **Tipo de procesador de comunicaciones**

El tipo de procesador de comunicaciones (*in_ring_desired*) es una variable binaria que indica si es principal o subordinado. Este parámetro es específico de cada procesador de comunicaciones y su valor puede ser 0 ó 1.

- **Dirección más alta de los procesadores principales de comunicaciones**

La dirección HSA (acrónimo de *High Station Address*) especifica la dirección más alta que pueden tener los procesadores principales de comunicaciones de una determinada red. Su valor está comprendido entre 2 y 126.

- **Número máximo de reintentos**

El número máximo de reintentos (*max_retry_limit*) especifica el número máximo de veces que un procesador principal de comunicaciones vuelve a enviar un mensaje cuando no recibe la confirmación de recepción por parte del destinatario. Su valor es el mismo para todos los procesadores principales de comunicaciones y está comprendido entre 1 (valor recomendado) y 8.

A3.3.3.2 Control lógico

A3.3.3.2.1 Formato de los mensajes

PROFIBUS-DP utiliza el modo de sincronización asíncrono (descrito en el apartado A1.2.3.1 del apéndice 1), denominado así porque el emisor y el receptor poseen relojes independientes. Debido a ello al procesador de comunicaciones que lo implementa se le denomina UART (acrónimo de *Universal Asynchronous Receiver Transmitter*)

La unidad mínima de información transmitida en una red PROFIBUS-DP es un carácter (Figura A3.9), formado por 9 bits (8 bits de dato y 1 de paridad), precedido de un bit de inicio ST (abreviatura de *Start bit*) que tiene nivel bajo (0 lógico) y de un bit de fin de transmisión SP (abreviatura de *Stop bit*) que tiene nivel alto (1 lógico).

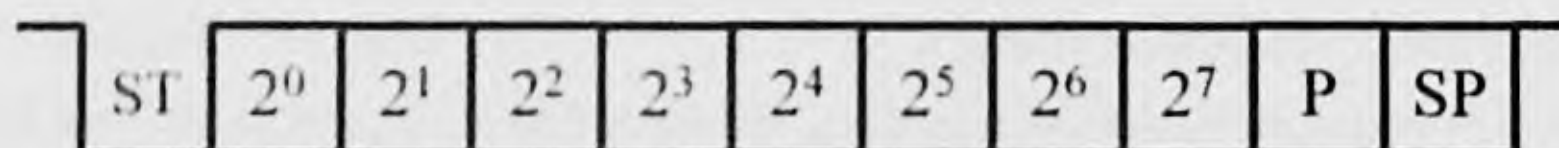


Figura A3.9. Estructura de un carácter de una red PROFIBUS.

Los caracteres se agrupan para formar paquetes de información, denominados mensajes que comienzan con un octeto de inicio SD (acrónimo de *Start Delimiter*) y acaban con un octeto de finalización ED (acrónimo de *End Delimiter*). Todos los mensajes poseen los siguientes campos:

- Dirección del destinatario, denominada DA (acrónimo de *Destination Address*).
- Dirección del emisor, denominada SA (acrónimo de *Source Address*).
- Carácter de control del mensaje, denominado FC (acrónimo de *Frame Control*).
- Estructura de comprobación del mensaje, denominado FCS (acrónimo de *Frame Check Structure*).

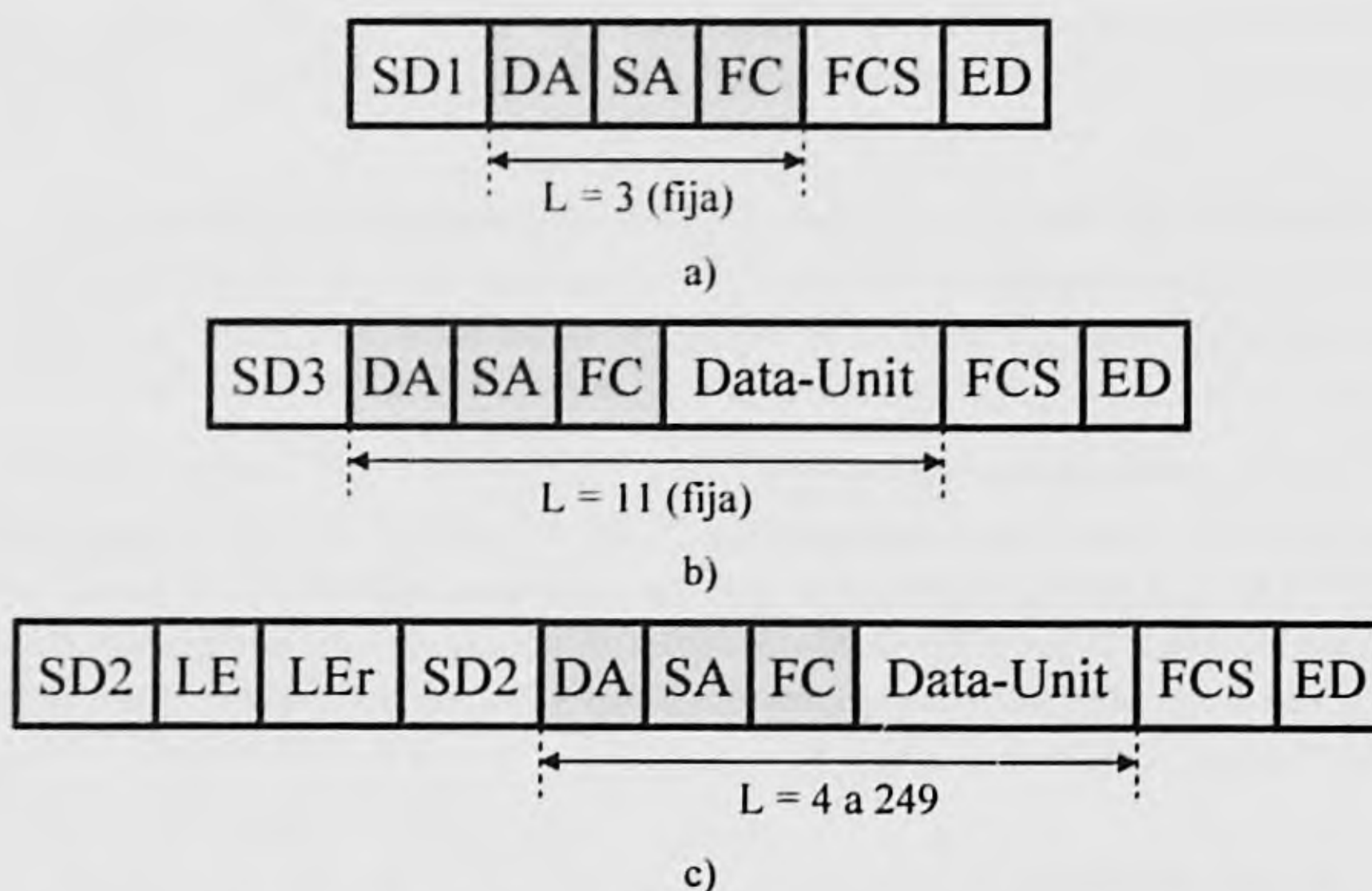


Figura A3.10. Estructura de los mensajes de la red PROFIBUS: a) Mensaje sin datos; b) Mensaje con datos de longitud fija; c) Mensaje con datos de longitud variable.

Existen tres tipos de mensajes (Figura A3.10), que se diferencian por el valor del octeto SD:

• **Mensaje sin datos**

Es el mensaje más corto posible, porque carece de campo reservado para el envío de datos.

• **Mensaje con datos de longitud fija**

Este tipo de mensaje permite el envío de 8 caracteres de datos entre el carácter FC y el FCS.

- **Mensaje con datos de longitud variable**

Este tipo de mensaje se caracteriza por poseer los campos LE y LER (abreviatura de *Length byte*) con los que se especifica el número de caracteres de datos incluidos en el mensaje, que puede variar entre 1 y 246 caracteres.

Entre dos mensajes (secuencia de caracteres) transmitidos, es necesario respetar un tiempo de espera, definido en la norma PROFIBUS-DP con el nombre de *Idle Time*. Dicho tiempo se caracteriza por la presencia de un "1" lógico en la red de comunicaciones, y su duración mínima ha de ser la equivalente al envío de tres caracteres, que equivalen a 33 periodos de bit.

A3.3.3.2.2 Servicios de transferencia de datos

Además de controlar el acceso al medio y el tiempo de rotación del testigo, la capa FDL proporciona un conjunto de servicios de transferencia de datos que son utilizados por la capa de aplicación de las tres redes de la familia PROFIBUS.

Los servicios de transferencia de datos pueden ser acíclicos o cíclicos. Como su nombre indica, la comunicación acíclica se realiza de forma no periódica, mientras que la cíclica se repite periódicamente.

Servicios acíclicos

La capa FDL proporciona los tres servicios acíclicos de transferencia de datos siguientes (Figura A3.11):

- **Servicio SDA**

El servicio SDA (abreviatura de *Send Data with Acknowledge*) es un servicio básico mediante el cual el procesador principal de comunicaciones, que tiene en un determinado instante el derecho de acceso al medio (está en posesión del testigo), envía un mensaje a otro procesador de comunicaciones y debe recibir inmediatamente la confirmación, que puede ir acompañada de un conjunto de datos adicionales que éste último desea enviar al procesador principal.

- **Servicio SDN**

El servicio SDN (abreviatura de *Send Data with No acknowledge*) se utiliza principalmente en mensajes de difusión que un procesador principal de comunicaciones envía a varios o a todos los demás procesadores de la red, razón por la cual no recibe confirmación. Esta forma de actuar del servicio SDN es importante para el funcionamiento en tiempo real de la red PROFIBUS, y se denomina de respuesta inmediata.

- **Servicio SRD**

El servicio SRD, (acrónimo de *Send and Request Data*), lo utiliza un procesador principal para enviar datos a otro procesador determinado y, además, solicitar datos de él. Mediante este servicio, un procesador principal puede solicitar únicamente datos de otro procesador para lo cual le envía un mensaje vacío (sin datos).

Servicios cíclicos

Se utilizan para llevar a cabo las comunicaciones en algunas aplicaciones industriales en las que se debe transmitir información periódicamente. El ejemplo más típico es el de un autómata

programable que debe, en cada ciclo de entrada/salida, recibir información de los distintos sensores y enviar información a los actuadores.

PROFIBUS proporciona la posibilidad de almacenar una lista de consulta (denominada *Poll List*) en cada procesador principal de comunicaciones y, utilizar el servicio acíclico para llevar a cabo una consulta ciclica de los procesadores incluidos en la misma. Esto hace que el sistema electrónico de control quede descargado de las tareas de comunicación ciclica y que el proceso de comunicación se realice de forma más eficiente. Este servicio ciclico se denomina CSRD (acrónimo de *Cyclic Send and Request Data with reply*) (Figura A3.11).

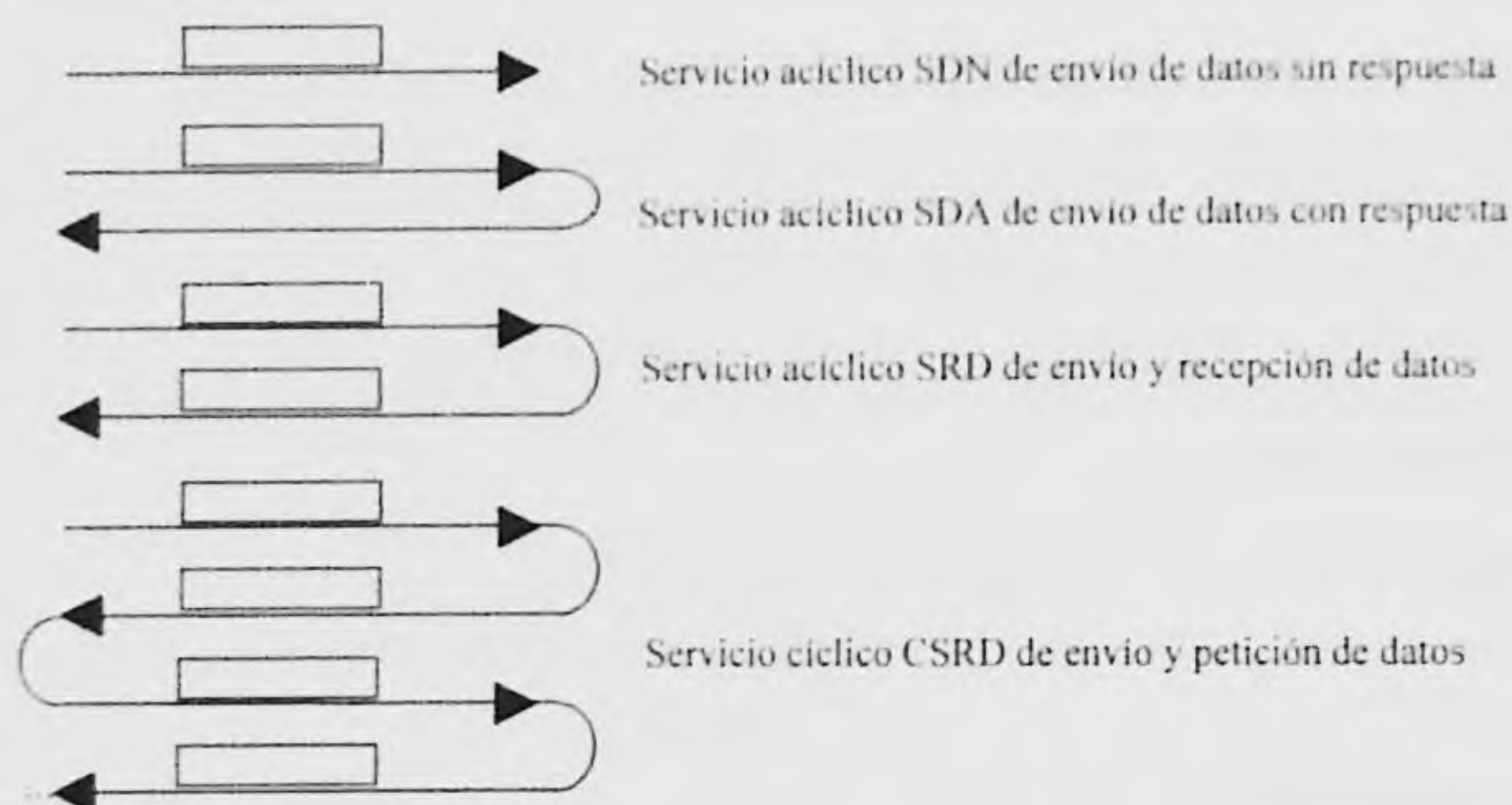


Figura A3.11. Servicios de comunicación disponibles en la capa FDL de PROFIBUS.

A3.3.3.2.3 Funcionamiento de los procesadores de comunicaciones

Procesador subordinado de comunicaciones

Para llevar a cabo todas las tareas indicadas en los apartados anteriores, cada procesador subordinado de comunicaciones debe seguir un diagrama de estados como el indicado en la figura A3.12.

Tras recibir alimentación (*Power On*) o una orden de inicialización (*Reset*), los procesadores subordinados de comunicaciones entran en la etapa de inicialización (*Offline*), en la que realizan una autocomprobación interna, y a través de los recursos de configuración disponibles (como por ejemplo interruptores, línea de comunicación punto a punto, etc.) reciben la información correspondiente a los distintos parámetros de la comunicación (como por ejemplo la velocidad de transmisión, la dirección, etc.) para, finalmente conectarse al medio de transmisión.

A continuación, entran en la etapa de espera de órdenes (*Passive_Idle*), última de la secuencia, en la que escuchan el canal de comunicaciones y, en el caso de que reciban una orden, realizan las acciones oportunas (lectura de variables de entrada, activación de variables de salida, cambio de parámetros, etc.) y envían las respuestas adecuadas [excepto en mensajes dirigidos a todos ellos [difusión total o simplemente difusión (*Broadcast*)] o a un conjunto de los mismos [difusión parcial (*Multicast*)].

Procesador principal de comunicaciones

Para llevar a cabo todas las tareas indicadas en los apartados anteriores, todo procesador principal de comunicaciones debe seguir un diagrama de estados como el indicado en la figura A3.13.



Figura A3.12. Diagrama de estados de un procesador subordinado de comunicaciones.

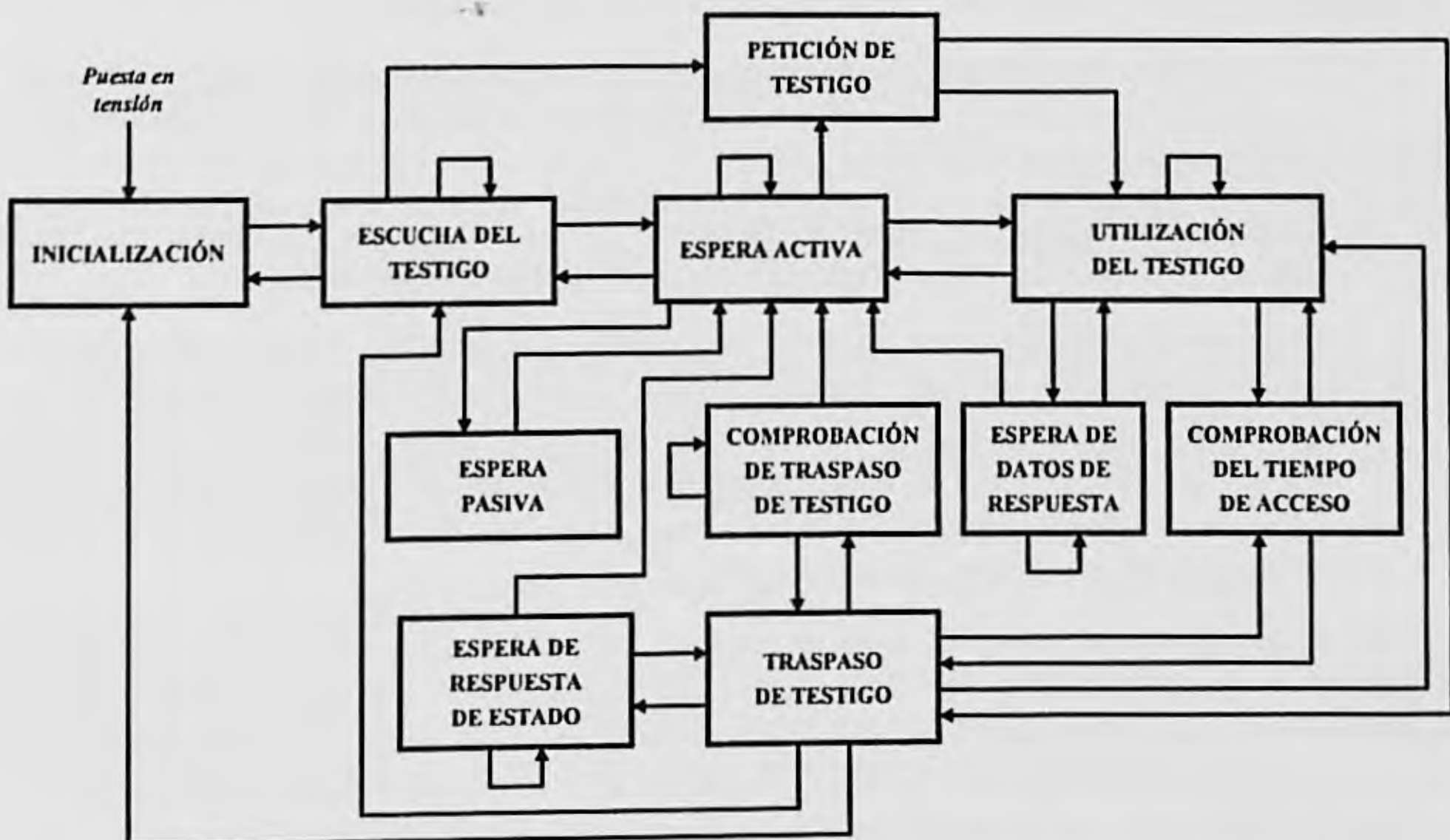


Figura A3.13. Diagrama de estados del programa controlador de la capa FDL de PROFIBUS.

Tras la etapa de inicialización (*Offline*), el procesador principal pasa al estado de "Escucha del testigo" (*Listen-Token*) en el que observa el canal de comunicación para detectar el instante en el que aparece en él, el mensaje que le permite transmitir información a través de la red. Cuando un procesador principal está en este estado, recoge todos los mensajes de traspaso de testigo que circulan por la red y recopila la denominada lista de procesadores principales de comunicaciones activos LAS (acrónimo de *List of Active Stations*) a partir de las direcciones contenidas en los citados mensajes.

Tras la recopilación de la citada lista, cada procesador de comunicaciones principal espera a ser direccionado por el procesador de comunicaciones que posee la dirección que le precede en el anillo lógico. Dicho direccionamiento se produce mediante un mensaje denominado "Petición de estado FDL" (*Request FDL Status*), que le invita a formar parte del anillo lógico. En ese instante, el procesador correspondiente reconoce el mensaje, envía una respuesta del tipo "Preparado para trabajar en anillo" (*Ready for the Ring*) y pasa al estado conocido como "Espera activa" (*Active-Idle*). De este modo, el procesador entra "oficialmente" en el anillo de procesadores principales activos, es decir que pueden controlar la red en un determinado instante.

Una vez que un procesador principal se encuentra en el estado "Espera activa" y mientras no recibe un mensaje de traspaso de testigo, pasa periódicamente por el subestado de "Espera pasiva" (*Passive idle*) en el que se comporta como subordinado del procesador principal que está en posesión del testigo en ese instante y puede recibir mensajes procedentes de él.

Cuando un procesador principal activo recibe el mensaje de traspaso de testigo, pasa al estado "Utilización del testigo" (*Use-Token*), que es el estado en el que posee el derecho de acceso al medio de comunicación (todos los demás procesadores activos están en el estado de "Espera activa" (*Active-Idle*)). Dicho estado se divide en dos subestados:

- El subestado denominado "Comprobación del tiempo de acceso" (*Check-Access-Time*) en el que comprueba el tiempo de testigo que le queda, y ejecuta ciclos de intercambio de mensajes a través de la red.
- El subestado "Espera de datos de respuesta" (*Await-Data-Response*) al cual pasa durante un cierto tiempo si el mensaje enviado implica una respuesta.
- El procesador principal que posee el testigo en un determinado instante puede ejecutar ciclos de envío de mensaje mientras dure el intervalo de tiempo de mantenimiento de testigo. Cuando finaliza dicho intervalo de tiempo, pasa al estado de "Traspaso de testigo" (*Pass-Token*), en el que traspasa el testigo al siguiente procesador principal de comunicaciones activo de la red. El traspaso del testigo se monitoriza en el estado "Comprobación de traspaso del testigo" (*Check-Token-Pass*).

En el caso de que no exista un sucesor conocido, el procesador pasa al estado "Espera de respuesta de estado" (*Await-Status-Response*). A partir de ese instante espera un cierto tiempo por un mensaje de reconocimiento, y si no lo recibe o el que recibe es incorrecto, pasa de nuevo al estado de "Traspaso de testigo". Si ocurre un error, el procesador pasa al estado "Escucha del testigo" (*Listen-Token*) e informa de ello a la capa FMA (acrónimo de *Fieldbus Management Administration*). Por el contrario, en el caso normal (es decir, después de pasar el testigo sin que se produzca un error), el procesador principal de comunicaciones pasa al estado "Espera activa" hasta que vuelve a recibir el testigo.

Si un procesador principal de comunicaciones activo no recibe el mensaje de testigo durante un largo periodo de tiempo, pasa al estado conocido como “Petición de testigo” (*Claim-Token*), en el que intenta inicializar (si nunca ha estado en posesión del testigo hasta ese momento) o reinicializar (si ya lo ha poseído) el anillo lógico. En el último caso, la lista de procesadores principales de comunicaciones (LAS) continua siendo válida.

A3.3.3.2.4 Tratamiento de los errores de transmisión

Dado que se pueden generar errores de transmisión (por causas como la existencia de transmisores defectuosos en la red, la presencia de tierras con alta impedancia, reflexiones de la señal, etc.), y aunque el transmisor/receptor asíncrono denominado UART (acrónimo de *Universal Asynchronous Receiver-Transmitter*), que forma parte de cada procesador principal, detecta algunos errores típicos, como por ejemplo errores en el bloque de información [bit de fin de transmisión (*Stop*) de un carácter no reconocido] o de rebasamiento (*overrun*) (mezcla de un carácter con el siguiente), PROFIBUS utiliza un mecanismo de seguridad en los mensajes que da lugar a un código de Hamming [BLAK 01] que posee una distancia mínima de 4 [MAND 08] y por ello permite detectar y corregir un error de un bit en un carácter, y detectar (aunque no corregir) errores de dos bits.

Dicha distancia se logra mediante la inclusión, en cada mensaje PROFIBUS, del campo FCS (*Frame Check Sequence*), que equivale al bit de paridad de los caracteres en el ámbito de los mensajes, y se genera haciendo la suma, sin acarreo, de los caracteres transmitidos. Además, puesto que los campos SD y ED no se incluyen en esta suma, su distancia de Hamming en relación con los demás campos del mensaje es 5. En la práctica PROFIBUS no utiliza la posibilidad de corrección de errores y, cuando se detecta un error en un mensaje, se procede a su eliminación y se repite la transmisión.

A3.3.4 Capa de aplicación de la red PROFIBUS-DP

La capa de aplicación de PROFIBUS-DP utiliza los servicios proporcionados por las capas física y de enlace, a través de una interfaz de programación de la aplicación API (acrónimo de *Application Programming Interface*), fácil de utilizar, denominada DDLM (acrónimo de *Direct Data Link Mapper*).

La mayor parte de las transferencias de información entre los procesadores principales y los subordinados se hacen, en PROFIBUS-DP, de forma cíclica, aunque también se utilizan funciones de comunicación acíclica que permiten, por ejemplo, el intercambio de mensajes de alarma, configuración y diagnóstico de los dispositivos de campo.

Funciones de diagnóstico

Las funciones de diagnóstico de PROFIBUS-DP permiten la rápida localización de fallos del sistema. Los mensajes de diagnóstico son enviados a la red por los procesadores subordinados y recibidos por principal. Estos mensajes se dividen en tres categorías:

- **Mensajes de diagnóstico relacionados con los procesadores subordinados de comunicaciones.**

Son mensajes que hacen referencia al estado operativo general de los módulos asociados con los procesadores subordinados de comunicaciones, como, por ejemplo, exceso de temperatura, caída del nivel de tensión de alimentación, etc.

Si un procesador principal de comunicaciones activo no recibe el mensaje de testigo durante un largo periodo de tiempo, pasa al estado conocido como “Petición de testigo” (*Claim-Token*), en el que intenta inicializar (si nunca ha estado en posesión del testigo hasta ese momento) o reinicializar (si ya lo ha poseído) el anillo lógico. En el último caso, la lista de procesadores principales de comunicaciones (LAS) continua siendo válida.

A3.3.3.2.4 Tratamiento de los errores de transmisión

Dado que se pueden generar errores de transmisión (por causas como la existencia de transmisores defectuosos en la red, la presencia de tierras con alta impedancia, reflexiones de la señal, etc.), y aunque el transmisor/receptor asíncrono denominado UART (acrónimo de *Universal Asynchronous Receiver-Transmitter*), que forma parte de cada procesador principal, detecta algunos errores típicos, como por ejemplo errores en el bloque de información [bit de fin de transmisión (*Stop*) de un carácter no reconocido] o de rebasamiento (*overrun*) (mezcla de un carácter con el siguiente), PROFIBUS utiliza un mecanismo de seguridad en los mensajes que da lugar a un código de Hamming [BLAK 01] que posee una distancia mínima de 4 [MAND 08] y por ello permite detectar y corregir un error de un bit en un carácter, y detectar (aunque no corregir) errores de dos bits.

Dicha distancia se logra mediante la inclusión, en cada mensaje PROFIBUS, del campo FCS (*Frame Check Sequence*), que equivale al bit de paridad de los caracteres en el ámbito de los mensajes, y se genera haciendo la suma, sin acarreo, de los caracteres transmitidos. Además, puesto que los campos SD y ED no se incluyen en esta suma, su distancia de Hamming en relación con los demás campos del mensaje es 5. En la práctica PROFIBUS no utiliza la posibilidad de corrección de errores y, cuando se detecta un error en un mensaje, se procede a su eliminación y se repite la transmisión.

A3.3.4 Capa de aplicación de la red PROFIBUS-DP

La capa de aplicación de PROFIBUS-DP utiliza los servicios proporcionados por las capas física y de enlace, a través de una interfaz de programación de la aplicación API (acrónimo de *Application Programming Interface*), fácil de utilizar, denominada DDLM (acrónimo de *Direct Data Link Mapper*).

La mayor parte de las transferencias de información entre los procesadores principales y los subordinados se hacen, en PROFIBUS-DP, de forma cíclica, aunque también se utilizan funciones de comunicación acíclica que permiten, por ejemplo, el intercambio de mensajes de alarma, configuración y diagnóstico de los dispositivos de campo.

Funciones de diagnóstico

Las funciones de diagnóstico de PROFIBUS-DP permiten la rápida localización de fallos del sistema. Los mensajes de diagnóstico son enviados a la red por los procesadores subordinados y recibidos por principal. Estos mensajes se dividen en tres categorías:

- **Mensajes de diagnóstico relacionados con los procesadores subordinados de comunicaciones.**

Son mensajes que hacen referencia al estado operativo general de los módulos asociados con los procesadores subordinados de comunicaciones, como, por ejemplo, exceso de temperatura, caída del nivel de tensión de alimentación, etc.

- **Mensajes de diagnóstico relacionados con módulos de interfaz**

Indican un fallo en una determinada gama de módulos de entrada/salida (por ejemplo, un módulo de 8 canales de entradas de información en binario natural) asociados a un procesador subordinado de comunicaciones.

- **Mensajes de diagnóstico relacionados con los canales**

Indican errores producidos en un determinado canal de entrada/salida de uno asociado a un procesador subordinado de comunicaciones (por ejemplo, cortocircuito en el terminal 7 de un determinado módulo de salida).

Descripción y configuración de una red PROFIBUS-DP

La red de campo PROFIBUS-DP permite enlazar un máximo de 126 procesadores subordinados de comunicaciones con uno o más procesadores principales de comunicaciones. La descripción de la configuración del sistema consiste en determinar:

- El número de procesadores subordinados de comunicaciones asociados a cada uno de los procesadores principales de comunicaciones.
- La relación entre las direcciones de los procesadores principales de comunicaciones y el espacio de direccionamiento de entrada/salida.
- El formato de los mensajes de diagnóstico y los parámetros de red utilizados.

El modo de direccionamiento de los bloques de datos de los módulos asociados con un procesador subordinado de comunicaciones presupone que son modulares en su concepción física o que pueden ser estructurados virtualmente en unidades lógicas (módulos). Este modelo es el utilizado en las funciones DP básicas para la transmisión de datos cíclicos, en las que cada módulo tiene un número constante de octetos de entrada y/o salida que se transmiten en una posición fija de los mensajes de transferencia de información. El direccionamiento está basado en indicadores que, juntos, componen una configuración del procesador subordinado de comunicaciones. Este modelo se utiliza también para los servicios acíclicos. Se considera que todos los bloques de datos desinhibidos (habilitados) para proceder a su lectura o escritura pertenecen a los módulos y se pueden direccionar mediante los valores denominado puesto de conexión (*slot*) e índice (*index*).

Cuando se utilizan dispositivos modulares, el número de puesto de conexión asignado a cada módulo comienza por el número 1 (el 0 se reserva para el propio dispositivo de comunicación) y continua de forma consecutiva en orden creciente. Los dispositivos compactos son tratados como una unidad de un módulo virtual.

Los mejores tiempos de ciclo de una red PROFIBUS-DP se consiguen cuando sólo hay un procesador principal de comunicaciones activo (*Mono Master*) durante la fase de explotación del sistema. En una red que tiene varios procesadores principales de comunicaciones (*Multi Master*), cada procesador principal de comunicaciones constituye un subsistema independiente formado por él mismo y por los procesadores subordinados de comunicaciones con los que está asociado.

Las entradas y salidas gestionadas por cada procesador subordinado de comunicaciones pueden ser consultadas por todos los procesadores principales de comunicaciones de la red

PROFIBUS-DP, pero sólo uno de ellos (el establecido por la configuración global del sistema) puede modificar y controlar los valores de las salidas de cada módulo subordinado.

La norma PROFIBUS-DP incluye una descripción detallada del comportamiento del sistema, que está determinado principalmente por el estado operativo de los procesadores principales de comunicaciones DPM1, que pueden ser controlados, a su vez, localmente o a través de la red, por medio de los procesadores principales de comunicaciones DPM2. Los procesadores principales de comunicaciones DPM1 pueden estar en tres estados:

- **Estado de paro (*Stop*)**

En este estado, no se produce ningún flujo de información entre el procesador de comunicaciones DPM1 y los subordinados DPS con los que está asociado.

- **Estado inicial (*Clear*)**

En este estado, los procesadores de comunicaciones DPM1 leen la información de las entradas de los subordinados DPS y mantienen las salidas en el estado predeterminado en la fase de configuración, que es conocido como estado seguro ante fallos (*Fail safe*) en el que normalmente todas las salidas están en nivel cero.

- **Estado operativo (*Operate*)**

En este estado los procesadores principales de comunicaciones DPM1 están en la fase de transferencia de datos y llevan a cabo una comunicación de datos cíclica, en la que reciben el valor de las variables de entrada y transmiten el nivel que deben tener las variables de salida.

Los procesadores principales de comunicaciones DPM1 envían, de forma cíclica, la información del estado en que se encuentran a todos los subordinados DPS que tiene a su cargo, a través de una orden de tipo difusión parcial (*Multicast*), durante un intervalo de tiempo configurable.

La reacción de un sistema ante un error producido durante la fase de transferencia de datos de los procesadores de comunicaciones DPM1 la determina el parámetro de configuración conocido como autoinicialización (*Auto Clear*). Si este parámetro toma el valor lógico uno, cada procesador de comunicaciones DPM1 pone las salidas de todos los subordinados DPS dependientes de él en el estado definido como seguro ante fallos (*Fail safe*). De esta forma, se hace que dichos subordinados dejen de estar disponibles para transmitir datos y los procesadores principales de comunicaciones pasan automáticamente al estado inicial (*Clear*). Si este parámetro toma el valor lógico "0", los procesadores principales de comunicaciones permanecen en el estado operativo (*Operate*) y ha de ser el operador o el programa de aplicación del sistema de control los que establezcan la forma en que debe reaccionar el sistema.

La transmisión de datos entre los DPM1 y sus respectivos subordinados DPS se ejecuta, de forma automática, mediante un mensaje predefinido. Durante la configuración inicial del sistema, el operador atribuye a cada subordinado un procesador principal DPM1 y define cuáles son los subordinados que han de ser incluidos o excluidos de la transmisión de datos cíclica. La transmisión de datos entre los procesadores de comunicaciones DPM1 y los subordinados DPS se divide en tres fases que son la parametrización, la configuración y el intercambio de datos.

Durante las fases de configuración y parametrización, cada subordinado DPS compara su configuración real con la que fue configurada en el procesador principal de comunicaciones

DPM1. Sólo se incluye el subordinado DPS, durante la fase de transferencia de datos, si el tipo de dispositivo, el formato y la especificación de la información, así como el número de entradas y salidas corresponde con la configuración programada. Esta verificación proporciona al operador de la red PROFIBUS-DP una protección adicional contra errores de configuración del sistema.

Además de la transferencia de datos relacionados con cada procesador subordinado de comunicaciones, el procesador principal de comunicaciones puede enviar órdenes de control a un único subordinado, a un grupo o a todos ellos de forma simultánea [mediante órdenes de tipo difusión parcial (*Multicast*)]. En este grupo se encuentran funciones que permiten la utilización de modos de sincronismo (*Sync modes*) y congelación (*Freeze modes*) para sincronizar eventos producidos en los procesadores subordinados de comunicaciones DPS.

Los procesadores subordinados de comunicaciones comienzan el modo de sincronismo para las salidas cuando reciben la orden de sincronismo (*Sync*) enviada por el procesador principal de comunicaciones que tienen asociado. En ese instante, mantienen fijas en su estado actual las salidas de todos los módulos de salida. En las transferencias de datos posteriores, los datos de salida se almacenan en los procesadores subordinados de comunicaciones, pero los estados de las salidas permanecen inalterados hasta que se recibe una nueva orden de sincronismo, instante en el que las salidas se ponen en los valores establecidos en la última transferencia de información. Este modo de funcionamiento puede ser anulado mediante la orden de anulación de la sincronización (*UnSync*).

De forma similar, una orden de congelación (*Freeze*) hace que los procesadores subordinados direccionados asuman este modo de operación síncrona en el que el estado de las entradas se mantiene fijo en el valor que tienen en el instante en el que la reciben. Los datos de entrada no se actualizan hasta que el procesador principal de comunicaciones envía una nueva orden de congelación. Este modo de funcionamiento puede ser anulado mediante la orden de descongelación (*UnFreeze*).

En lo que respecta a la seguridad y fiabilidad del sistema, los procesadores principales de comunicaciones DPM1 controlan, de forma permanente, la transmisión cíclica de datos mediante un temporizador denominado temporizador de control de datos (*Data_Control_Timer*), cuya salida se activa cuando la transmisión de datos no se produce durante el intervalo de tiempo predeterminado. Si en ese instante está activada la variable de reacción automática ante la presencia de un error (*Auto Clear*), el sistema principal abandona el estado operativo, pone las salidas de todos los módulos de asociados con los procesadores de comunicaciones subordinados en el estado seguro y pasa al estado inicial (*Clear*).

Los procesadores subordinados de comunicaciones deben disponer, por su parte, de un circuito de vigilancia o perro guardián (*Watchdog*), descrito en el apartado 10.3.2.2.1 del capítulo 10, encargado de detectar los fallos que se produzcan en su procesador principal de comunicaciones y de tomar las decisiones oportunas. En general cuando un procesador subordinado de comunicaciones no recibe información procedente del procesador principal de comunicaciones asociado con él durante un periodo de tiempo predeterminado, pone en el estado seguro (*Fail safe*), automáticamente, y de forma autónoma, las salidas de los módulos conectados a él.

La protección de acceso es necesaria para las entradas y salidas de los elementos subordinados DPS que operan en una red que tiene varios procesadores principales de comunicaciones (*Multi Master*). Esto asegura que el acceso directo a los datos de entrada/salida sólo puede

ser realizado por el procesador principal de comunicaciones que posea la autorización necesaria para ello. Los procesadores subordinados ponen a disposición de los demás procesadores principales de la red una copia de sus entradas y salidas, para que puedan ser leídas por cualquiera de ellos.

Las funciones DP ampliadas (*DP Extended Functions*), cuya implementación es opcional de acuerdo con la norma, permiten la lectura y escritura acíclicas de parámetros de los procesadores subordinados de comunicaciones. Mediante estas funciones, PROFIBUS-DP satisface las exigencias de los dispositivos periféricos complejos que frecuentemente tienen que ser parametrizados durante su operación. Ejemplos típicos son los dispositivos de campo utilizados en la automatización de procesos continuos, como por ejemplo los convertidores de frecuencia. Si se les compara con los valores que se intercambian cíclicamente, estos parámetros varían con una frecuencia relativamente baja y por ello, su transmisión se efectúa con un nivel de prioridad bajo.

Las características principales de cada procesador subordinado de comunicaciones DPS y de cada procesador principal de comunicaciones DPM1 tienen que ser documentadas por el fabricante en forma de una hoja de datos y un archivo de base de datos, denominado GSD (acrónimo alemán de *Device Database*), cuya estructura, contenido y codificación están normalizados. Esto permite configurar cualquier sistema de control distribuido basado en PROFIBUS, de una manera sencilla mediante los programas de configuración puestos a disposición del diseñador por el fabricante (Figura A3.14). La organización internacional de usuarios (*Profibus User Organization*), establece y proporciona, la información que debe aportar el fabricante de todo dispositivo certificado.

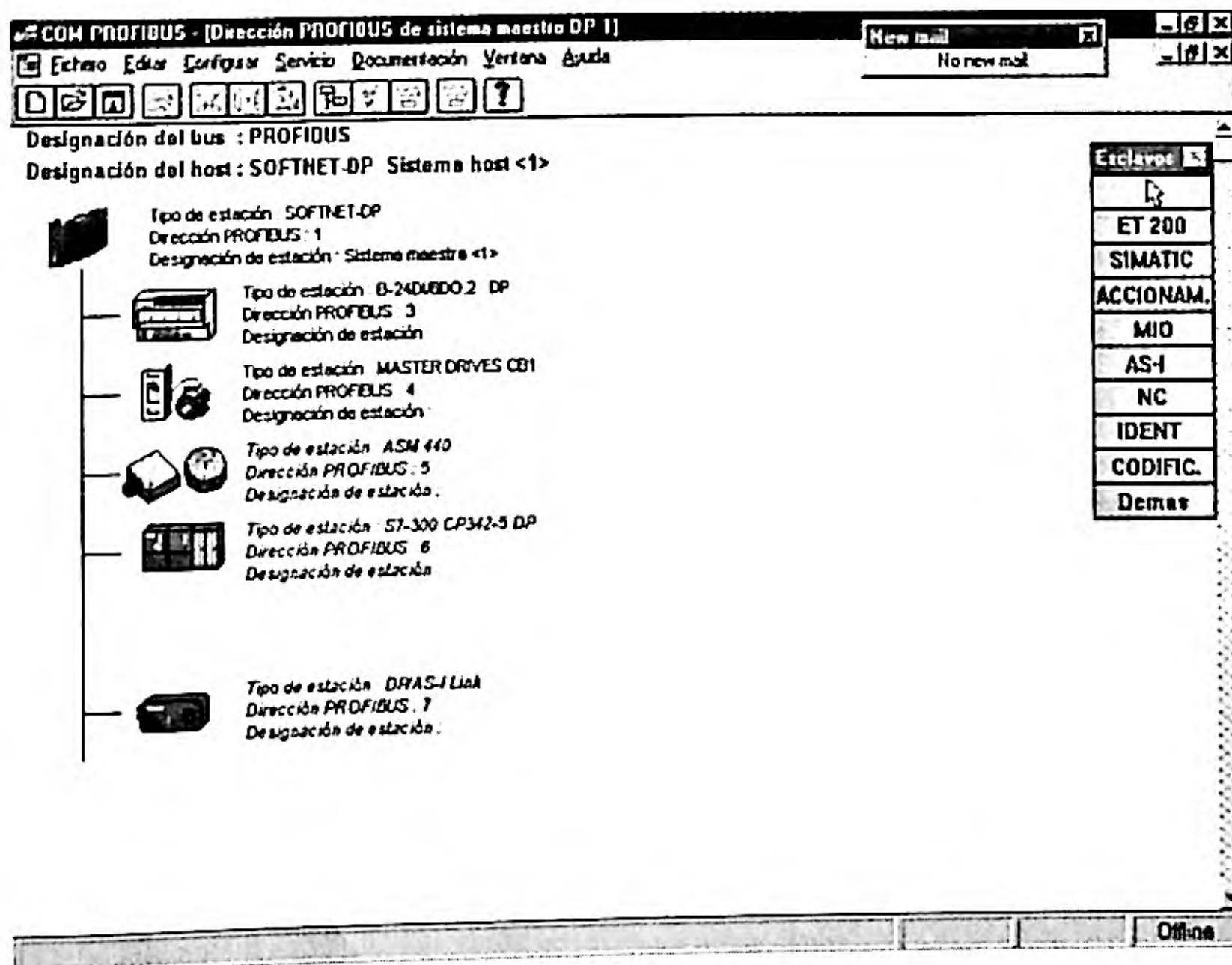


Figura A3.14. Programa de configuración fuera de línea, de una red PROFIBUS-DP (cortesía de SIEMENS).

A3.4 Red PROFIBUS-PA

El protocolo de aplicación de la red PROFIBUS-PA (acrónimo de *Process Automation*), cumple los requisitos exigidos para llevar a cabo las transferencias de información en el nivel de proceso de la pirámide CIM de la industria de procesos continuos.

Las comunicaciones de este nivel se basan en los servicios definidos para los procesadores principales de comunicaciones DPM1 del protocolo PROFIBUS-DP, y constituyen un sistema de comunicación independiente que se puede integrar en una red PROFIBUS-DP jerárquicamente superior.

El ámbito de aplicación de la red PROFIBUS-PA exige que, además de tiempos de respuesta deterministas en la comunicación con los dispositivos de campo, posea el siguiente conjunto de características:

- Técnicas de comunicación intrínsecamente seguras
- Alimentación de los dispositivos de campo a través del propio medio de comunicación
- Transmisión de datos muy fiable
- Interoperabilidad de los dispositivos de diferentes fabricantes

Los aspectos relacionados con la seguridad intrínseca y la alimentación a través del medio de comunicación, no fueron tenidos en cuenta en las primeras versiones de la PROFIBUS. Posteriormente, y tras la aprobación, en octubre de 1994, de la norma IEC 61158-2, en la que se define a nivel internacional una nueva técnica de transmisión adecuada para este ámbito, se desarrollaron y publicaron en Marzo de 1995, las especificaciones de PROFIBUS-PA relacionadas con los citados aspectos.

PROFIBUS-PA permite, en el área de la automatización de procesos, la conexión de los sistemas electrónicos de control del proceso con los dispositivos de campo, y reemplaza a los tradicionales sistemas de transmisión de información analógica mediante el bucle de corriente de 4 a 20 mA, descrito en el apartado A1.2.7.1 del capítulo apéndice 1.

Aparte de las características particulares de la capa física que utiliza PROFIBUS-PA, las restantes características de las comunicaciones en los niveles de enlace y aplicación son muy similares a las de PROFIBUS-DP.

En la capa física de PROFIBUS-PA, se utiliza en general la conexión normalizada RS-485 y en zonas que requieren seguridad intrínseca, la variante definida en la norma IEC 61158-2 cuya velocidad de transmisión es de 31.25 Kbits/segundo en modo tensión (para más información sobre las características de este protocolo de la capa física se recomienda consultar la norma correspondiente).

La comunicación de acuerdo con la norma IEC 61158-2, satisface las exigencias de las industrias químicas y petroquímicas, para lo cual incorpora seguridad intrínseca y permite que la alimentación de los dispositivos de campo se realice a través de la propia red de comunicaciones. Para ello utiliza un protocolo síncrono a nivel de bit, con transmisión continua y está basada en los siguientes principios:

- Cada segmento dispone sólo de una fuente de alimentación (*Power supply unit*) que limita tanto la corriente como la tensión.
- Los dispositivos conectados a la red no se alimentan cuando un procesador de comunicaciones está enviando información.
- Todos los dispositivos de campo consumen una corriente de base constante en estado estacionario.
- Los dispositivos de campo se comportan como sumideros de corriente.
- Se deben colocar componentes pasivos consistentes en una red RC en ambos extremos de la línea principal de la red.
- Se pueden utilizar topologías en forma de bus lineal, estrella y anillo.
- Permite la realización de segmentos de red redundantes para aumentar la fiabilidad del sistema de comunicación.

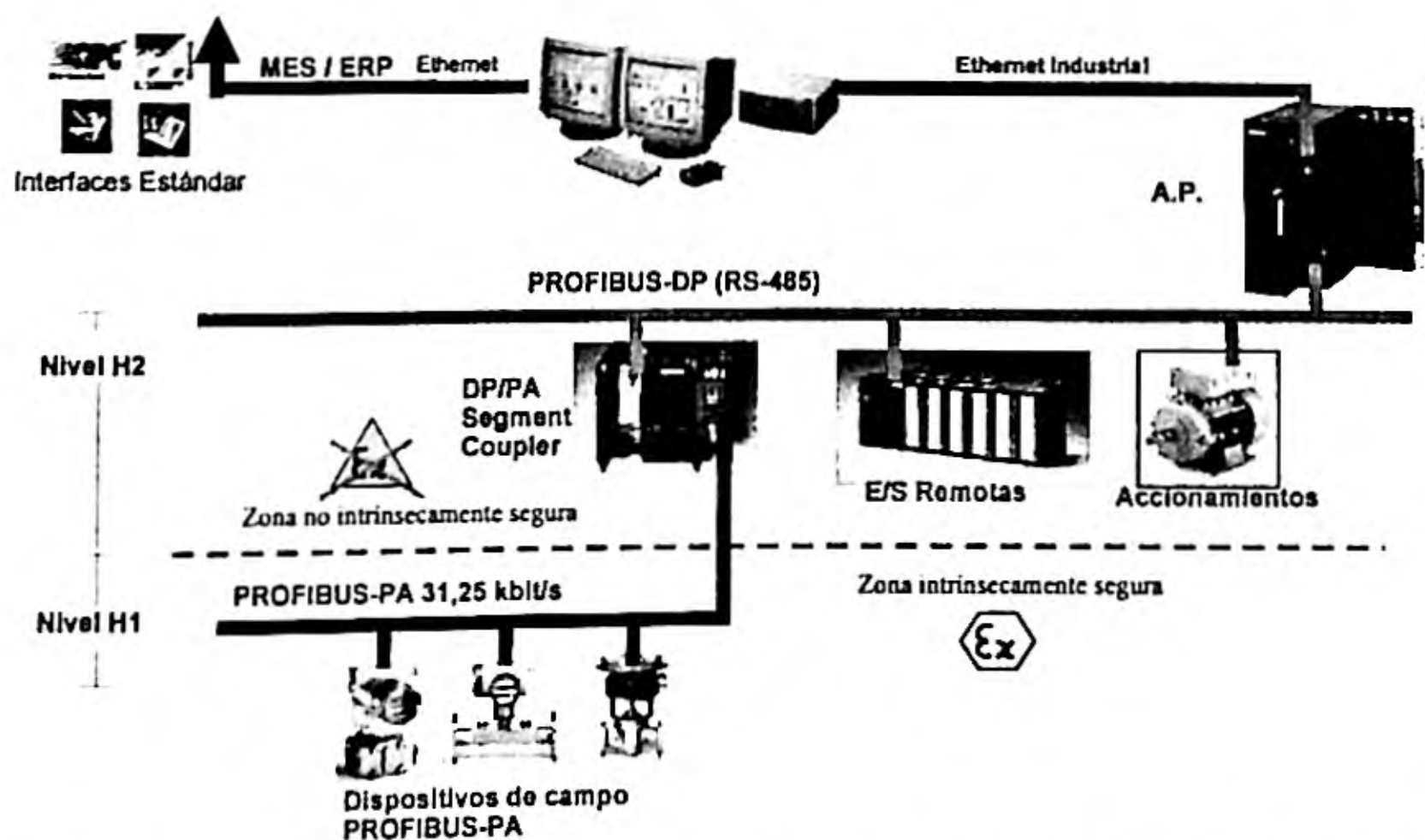


Figura A3.15. Configuración típica de una red de control, realizada con la familia de redes PROFIBUS, que posee un segmento en el que se utiliza la red PROFIBUS-PA (Cortesía de SIEMENS).

Los sistemas de control de procesos, control de operaciones y dispositivos de monitorización están normalmente localizados en las salas de control de la planta (zonas no intrínsecamente seguras), mientras que los procesadores principales de comunicaciones encargados de gestionar una red PROFIBUS-PA operan siempre en la zona no intrínsecamente segura. Por ello es necesario utilizar adaptadores de segmento (*Segment couplers*) que convierten las señales RS-485 a IEC 61158-2. Los adaptadores de segmento (*DP/PA Adapter*) constituyen, desde el punto de vista de la comunicación, un puente (*Bridge*) que se coloca entre la red PROFIBUS-DP y la PROFIBUS-PA y se encarga tanto de adaptar las capas de aplicación de

ambas como de alimentar los dispositivos de campo conectados a esta última (Figura A3.15). También realiza funciones de aislamiento galvánico entre ambas redes, generalmente mediante optoacopladores. Desde el punto de vista de la red PROFIBUS-DP, el adaptador de segmento se comporta, como un procesador subordinado de comunicaciones que se encarga de gestionar los elementos de la zona PA y, desde el punto de vista de la red PROFIBUS-PA, constituye un procesador principal de comunicaciones que puede comunicarse con un máximo de 32 procesadores principales de comunicaciones o dispositivos de campo inteligentes. Este número también está limitado por el tipo de protección contra explosiones que se necesite. Cuando se utilizan redes intrínsecamente seguras, tanto la tensión máxima como la corriente máxima aportada por la fuente de alimentación están especificadas dentro de unos límites perfectamente definidos que se indican en la tabla A3.1.

TIPO	ÁREA DE APLICACIÓN	FUENTE DE TENSIÓN	CORRIENTE MÁXIMA	POTENCIA MÁXIMA	NÚMERO DE PROCESADORES DE COMUNICACIONES
I	Ex ia/ib IIC	13.5 V	110 mA	1.8 W	8
II	Ex ib IIC	13.5 V	110 mA	1.8 W	8
III	Ex ib IIB	13.5 V	250 mA	4.2 W	22
IV	No Ex	24 V	500 mA	12 W	32

Tabla A3.1. Límites eléctricos de una red PROFIBUS-PA en función del nivel de seguridad exigido (para dispositivos subordinados con un consumo < 10 mA).

Para la transmisión en las áreas intrínsecamente seguras, se debe utilizar un cable, preferentemente blindado, de dos hilos de cobre. Cuando se conecta a la red PROFIBUS-PA un procesador de comunicaciones con la polaridad invertida, no se produce ninguna interferencia en su funcionamiento. No obstante, la norma recomienda que los elementos conectados a la red estén equipados con sistemas de reconocimiento automático de polaridad.

A3.5 Red PROFIBUS-FMS

La red PROFIBUS-FMS (acrónimo de *FieldBus Message Specification*) utiliza el mismo protocolo a nivel físico y de enlace de datos que la red PROFIBUS-DP y su protocolo a nivel de aplicación está orientado a los requisitos exigidos para llevar a cabo la comunicación entre los sistemas electrónicos de control de los niveles de estación, célula e incluso fábrica de la pirámide CIM.

La capa de aplicación de PROFIBUS-FMS se especificó originalmente en la segunda parte de la norma alemana DIN 19245 y se divide en dos secciones denominadas FMS (acrónimo de *FieldBus Message Specification*) y LLI (acrónimo de *Lower Layer Interface*) (Figura A3.16). FMS describe los objetos de comunicación, los servicios de aplicación y los modelos resultantes desde el punto de vista de cada perfil de comunicación y LLI, por su parte, sirve para adaptar las funciones de aplicación a las diferentes características del nivel FDL.

Un proceso de aplicación incluye todos los programas, recursos y tareas que no están asignadas a una capa de comunicación. El modelo de comunicaciones PROFIBUS permite la uni-

ficación de los sistemas de control de procesos distribuidos en un único proceso global y para ello utiliza unos canales lógicos de comunicación denominados relaciones de comunicación CR (acrónimo de *Communication Relationships*).

La parte de un proceso de control distribuido desarrollada en un dispositivo que se puede conectar a una red PROFIBUS-FMS, se denomina dispositivo virtual de campo VFD (acrónimo de *Virtual Field Device*). Todos los objetos de un dispositivo real que pueden ser intercomunicados (variables, programas, rango de datos, etc.) se denominan objetos de comunicación CO (acrónimo de *Communication Objects*), y forman parte del VFD. La asociación de las funciones del VFD en un dispositivo real la realiza la denominada interfaz de aplicación ALI (acrónimo de *Application Layer Interface*) (Figura A4.16).

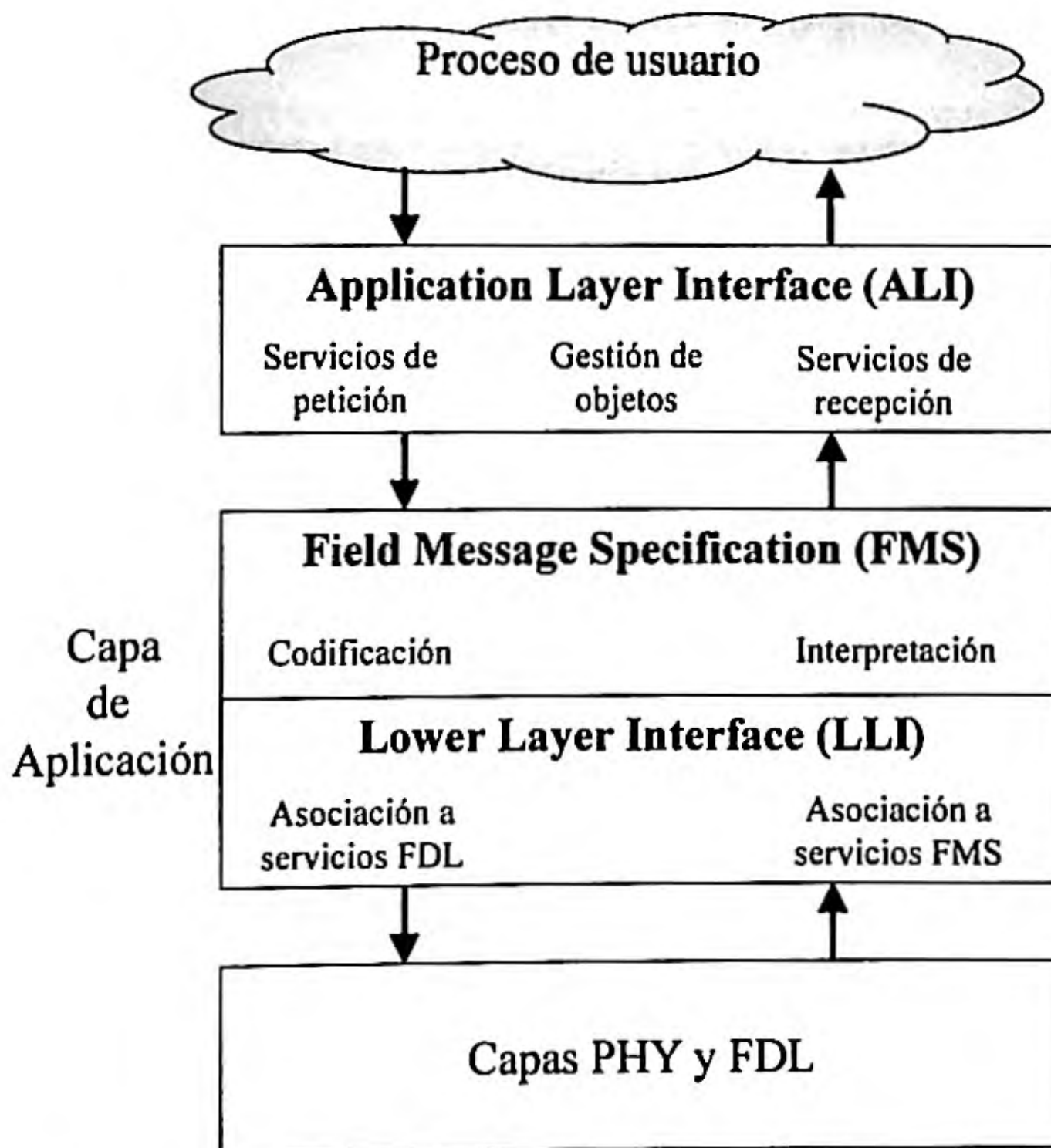


Figura A3.16. Estructura de la capa de aplicación de red PROFIBUS-FMS.

Todos los objetos de comunicación CO de un procesador de comunicaciones PROFIBUS se introducen en su diccionario local de objetos OD (acrónimo de *Object Dictionary*). En los dispositivos simples (por ejemplo los sensores todo-nada), el OD puede estar predefinido, pero en dispositivos más complejos (como por ejemplo un módulo de control de un servomotor), puede ser configurable e inicializado, de manera local o remota, durante la fase de configuración del sistema. Este diccionario contiene la descripción, estructura y tipo de los datos, así como la dirección física de los objetos de comunicación del dispositivo, referenciada por medio de un índice (*Index*) y/o un nombre (*Name*).

El diccionario de objetos PROFIBUS-FMS consta de los siguientes subdiccionarios de objetos (que sólo se implementan si los dispositivos soportan las funciones correspondientes):

- **Encabezado (OD Header)**

Contiene información acerca de la estructura del propio diccionario de objetos. Se referencia por medio del índice 0.

- **Lista de tipos de datos estáticos (Static List of Types)**

Contiene la lista de los tipos de datos estáticos que se utilizan en el dispositivo virtual (Tabla A3.2). Entre los tipos de datos predefinidos en PROFIBUS se encuentran: *boolean*, *integer*, *unsigned*, *floating point*, *octec string*, *date*, *time of day*, *bit string*, etc. A partir de ellos, es posible definir tipos de datos derivados más complejos, como por ejemplo, matrices, estructuras, etc.

Índice	Código de Objeto	Significado
1	DTyp	Integer 8
2	DTyp	Integer 16
3	DTyp	Integer 32
4	Zero	No proyectado
5	DTyp	Boolean
6	DTyp	Floating Point
7	DTyp	Integer 16 (grados celsius)

Tabla A3.2. Lista de tipos de datos estáticos.

Índice	Código de Objeto	Índice de tipo	...	Dirección interna	Símbolo
100	Var	3	...	3000H	"NumPiezas"
101	Var	5	...	3002H	"EnServicio"
102	Var	7	...	3004H	"TempAgua"
...	...	...	...	...	...

Tabla A3.3. Diccionarios de objetos estáticos de un dispositivo virtual en PROFIBUS-FMS.

- **Diccionario de objetos estáticos (Tabla A3.3) (Static Object Dictionary)**

Contiene todos los objetos de comunicación estáticos del dispositivo.

- **Lista dinámica de las listas de variables (Dynamic List of Variable Lists)**

Es opcional y contiene el listado actual de todas las listas de variables conocidas.

- **Lista dinámica de invocación de programas (Dynamic List of Program invocation)**

Es opcional y contiene el listado de todos los programas conocidos.

Los objetos estáticos de comunicación se deben definir en el diccionario de objetos estáticos, y se utilizan principalmente para realizar la comunicación en el área de proceso. Pueden consistir en variables simples, vectores, matrices, registros, dominios (zonas de memoria específicas del dispositivo) y eventos.

Los objetos dinámicos de comunicación se deben introducir en la parte dinámica del diccionario de objetos. También pueden estar predefinidos pero lo más habitual, es que el programa desarrollado por el usuario los cree, borre o modifique dinámicamente durante las fases de definición y de operación del sistema. Además de los tipos de datos indicados anteriormente, PROFIBUS-FMS soporta los siguientes objetos dinámicos de comunicación:

- **Invocación del programa (*Program Invocation*)**

Consiste, por lo general, en una lista de índices con los dominios definidos en el diccionario estático.

- **Lista de variables (*Variable List*)**

Es una secuencia agrupada de variables sencillas, vectores, matrices o registros.

El método de direccionamiento lógico mediante un índice es el mejor para acceder a los objetos de comunicación de un sistema. El índice (*Index*) consiste en un número de 16 bits sin signo, que hace referencia de forma implícita a un determinado objeto de comunicación de cada sistema. Para ello, se asigna un índice en el OD a cada uno de los objetos de comunicación.

Todos los dispositivos conectados a una red PROFIBUS-FMS deben soportar, al menos, el método de direccionamiento lógico, pero PROFIBUS-FMS permite aplicar otros métodos de direccionamiento opcionales, para aplicaciones especiales:

- **Direccionamiento simbólico**

Es el nombre lógico (*Symbolic name*) del objeto de comunicación a cuya información se desea acceder a través de la red de comunicaciones.

- **Direccionamiento físico**

Es cualquier posición física de la memoria del dispositivo de campo a la que se puede acceder mediante los servicios de lectura (*PhysRead*) y escritura (*PhysWrite*) físicas.

La comunicación con los procesos de aplicación de otros procesadores principales de comunicaciones de la red se realiza a través de canales lógicos denominados, como se indica al principio de este apartado, relaciones de comunicación CR. Las características de cada canal tienen que ser definidas en la fase de diseño o configuración del dispositivo e introducidas en su lista de relaciones de comunicación CRL (acrónimo de *Communication Relationship List*) (Tabla A3.4).

Índice	SSAP	RADDR	RSAP	TYPE	...
1	5	20	4	MSCY	...
2	5	21	4	MMAC	...
...	...	...	...	...	...

Tabla A3.4. Tabla de relaciones de comunicación (CRL) de un procesador principal de comunicaciones PROFIBUS-FMS.

Un procesador principal de comunicaciones puede disponer de un máximo de 63 relaciones de comunicación cada una de las cuales se referencia mediante un número que sólo se utiliza internamente. El índice 0 se reserva para almacenar la cabecera de la CRL, que contiene información general como por ejemplo el tamaño de la tabla. Entre los campos más importantes que se almacenan en cada una de las posiciones de la CRL para cada relación de comunicación, destacan:

- **SSAP (acrónimo de *Source Service Access Point*)**

Es un índice que identifica al denominado punto de acceso de servicio SAP (*Service Access Point*), que se utiliza para comunicarse por medio de esta relación. En PROFIBUS, pueden usarse valores de SAP comprendidos entre 1 y 63. El valor 1 está reservado para funciones administrativas y el 63 para el envío de mensajes de tipo "difusión total" (*Broadcast*).

- **RADR (abreviatura de *Remote address*)**

Dirección PROFIBUS del procesador de comunicaciones FMS con la que este dispositivo se puede comunicar a través de dicha relación.

- **RSAP (acrónimo de *Remote Service Access Point*)**

Es un índice que identifica el punto de acceso utilizado en un módulo remoto para atender las peticiones enviadas a través de esta relación.

- **Tipo de relación**

Las relaciones se pueden clasificar, en función del tipo de procesador de comunicaciones involucrado y de las características de la comunicación, en los siguientes tipos:

- **MSAC (abreviatura de *Master-Slave ACyclic*)**

Relación correspondiente a las comunicaciones acíclicas entre un dispositivo principal y un subordinado FMS.

- **MSAC_SI (abrv. de *Master-Slave ACyclic with Slave Initiative*)**

Relación correspondiente a las comunicaciones acíclicas entre un dispositivo principal y un subordinado FMS en las que, en un momento dado, el subordinado puede tomar la iniciativa de la comunicación.

- **MMAC (abreviatura de *Master-Master ACyclic*)**

Relación correspondiente a las comunicaciones no cíclicas entre dos dispositivos principales en FMS.

- **MSCY (abreviatura de *Master-Slave CYclic*)**

Relación correspondiente a las comunicaciones cíclicas entre un dispositivo principal y un subordinado.

- **MSCY_SI (abreviatura de *Master-Slave CYclic with Slave Initiative*)**

Relación correspondiente a las comunicaciones cíclicas entre un procesador principal y otro subordinado en las que, en un momento dado, el subordinado puede tomar la iniciativa.

- **MULT (abreviatura de MULTicast)**

Relación correspondiente a las comunicaciones no orientadas a la conexión, a través de las cuales es posible comunicarse de forma simultánea con varios dispositivos de la red FMS.

- **BRCT (abreviatura de BRoadCast)**

Relación correspondiente a las comunicaciones no orientadas a la conexión, a través de las cuales es posible comunicarse de forma simultánea con todos los dispositivos de una red FMS.

Desde el punto de vista del programa desarrollado por el usuario, el nivel FMS se comporta como un proveedor de servicios de aplicación (Tabla A3.5). La ejecución de los servicios se describe mediante los servicios primarios definidos por la norma. Un servicio primario representa una interacción entre un sistema solicitante de un servicio y el dispositivo encargado de responder. Estos servicios primarios del nivel FMS pueden ser clasificados, a su vez, en los siguientes grupos:

- **Servicios de administración de contexto (*Context Management Services*)**

Permiten el establecimiento y finalización de las conexiones lógicas, así como el rechazo de servicios inadmisibles. Son servicios de este grupo los denominados *Initiate*, *Terminate* y *Reject*.

- **Servicios de acceso a variables (*Variable Access Services*)**

Permiten el acceso a variables sencillas, registros, matrices y listas de variables. Entre ellos están *Read*, *Write*, *PhysRead* y *PhysWrite*.

- **Servicios de administración de dominio (*Domain Management Services*)**

Permiten la transmisión a través de la red de la información contenida en extensas áreas de memoria. La aplicación divide los datos a enviar en varios segmentos para su transmisión. Son servicios de este grupo los denominados *Download Services*.

- **Servicios de administración de invocación de programas (*Program Invocation Management Services*)**

Permiten controlar la ejecución de programas. En este grupo se encuentran servicios como *Start*, *Stop*, *Resume*, *Kill*, etc.

- **Servicio de administración de eventos (*Event Management Services*)**

Hacen posible la transmisión de mensajes de alarma. Este servicio sin confirmación, denominado *EventNotification* puede transmitirse, a través de relaciones de comunicación de tipo BRCT o MULT, con alta o baja prioridad.

- **Servicios de soporte de VFD (*VFD Support Services*)**

Permiten obtener el estado e identificación de un dispositivo del sistema. Son servicios de este grupo *Status*, *Unsolicited Status* e *Identify*.

- **Servicios de administración del diccionario de objetos (*OD Management Services*)**

Permiten la lectura o escritura del diccionario de objetos del sistema. Pertenecen a este grupo *InitiatePutOD*, *PutOD*, *TerminatePutOD*, etc.

Servicios obligatorios:

- **Initiate:** establecimiento de conexiones.
- **Terminate:** finalización de conexiones.
- **Reject:** rechazo de un servicio incorrecto.
- **Status :** petición del estado del dispositivo.
- **Identify:** lectura del número de identificación.
- **GetOD:** lectura de su diccionario de objetos.

Servicios opcionales:

- **Read:** lectura de un valor.
- **Write:** escritura de un valor.
- **PhysRead:** lectura de un valor por direccionamiento físico.
- **PhysWrite:** escritura de un valor por direccionamiento físico.
- **InformationReport:** transmisión y recepción de tramas.
- **Download Services:** transmisión de bloques de datos.
- ...

Tabla A3.5. Principales servicios de aplicación de una red PROFIBUS- FMS.

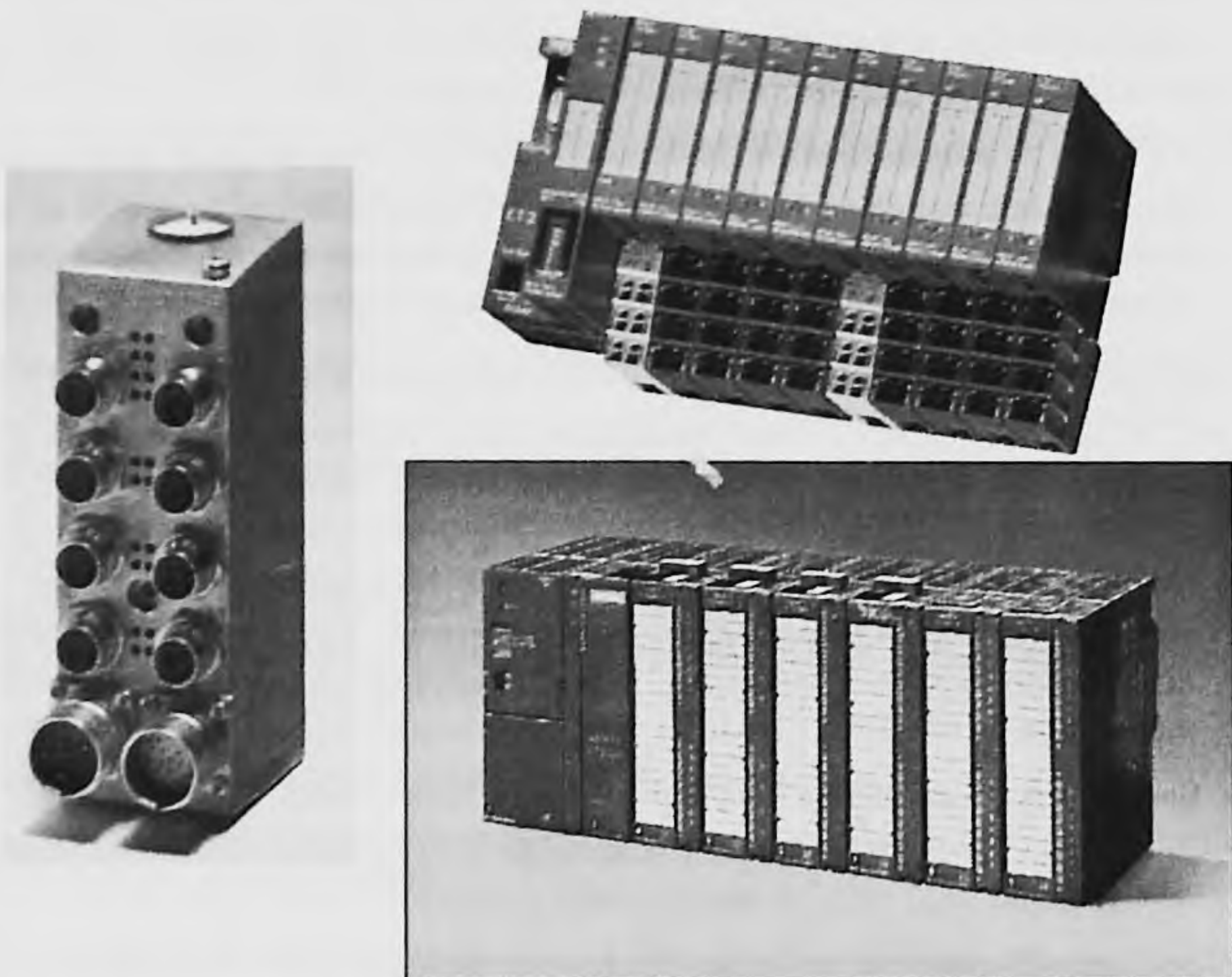


Figura A3.21. Módulos comerciales de periferia descentralizada PROFIBUS-DP en ejecuciones IP20 e IP67 (Cortesía de SIEMENS).

El gran número de servicios de aplicación disponibles en PROFIBUS-FMS permite satisfacer los requisitos exigidos para establecer las comunicaciones entre los equipos utilizados en la mayor parte de los niveles de la pirámide CIM. Sin embargo, la norma sólo obliga a implantar una pequeña parte de los servicios de aplicación. La selección de más servicios en un determinado dispositivo depende de su aplicación específica o perfil de aplicación (*Application profile*).

En este apartado se omite explícitamente la especificación de las funciones realizadas por la capa LLI, porque en general no son relevantes para el usuario de una red PROFIBUS-FMS.

Por otra parte, la capa denominada FMA (abreviatura de *Fieldbus Management layer*) se orienta al desarrollo de las funciones de puesta en marcha y mantenimiento del sistema de comunicación. Los servicios de este nivel permiten, por ejemplo, inicializar la tabla CRL del sistema, acceder a parámetros y contadores estadísticos del nivel de enlace, recibir eventos de fallo en las comunicaciones, enviar órdenes de reinicialización del sistema de comunicaciones, etc. Por lo general, se reserva el índice 1 de la tabla de relaciones de comunicación de los procesadores de comunicaciones para poder acceder, de forma remota, a esta información desde otros sistemas conectados a la red.

A3.6 Principales elementos de una red PROFIBUS

En las redes PROFIBUS se pueden utilizar distintos elementos que se describen a continuación.

A3.6.1 Unidades de entrada-salida remota

Las redes PROFIBUS-DP y PROFIBUS-PA facilitan la comunicación entre los dispositivos sensores y actuadores que forman parte del nivel de proceso de la pirámide CIM, y los controladores del nivel jerárquico superior. Por esta razón, se comercializan unidades de variables de entrada/salida remota (Periferia descentralizada) que están formadas por un módulo subordinado de comunicaciones (*PROFIBUS slave*), que contiene un procesador subordinado de comunicaciones, y un conjunto de módulos de entrada-salida tanto digitales como analógicos, que intercambian información, a través de él, con los sistemas electrónicos de control encargados de coordinar su operación (autómatas programables, robots, etc.) (Figura A3.21).

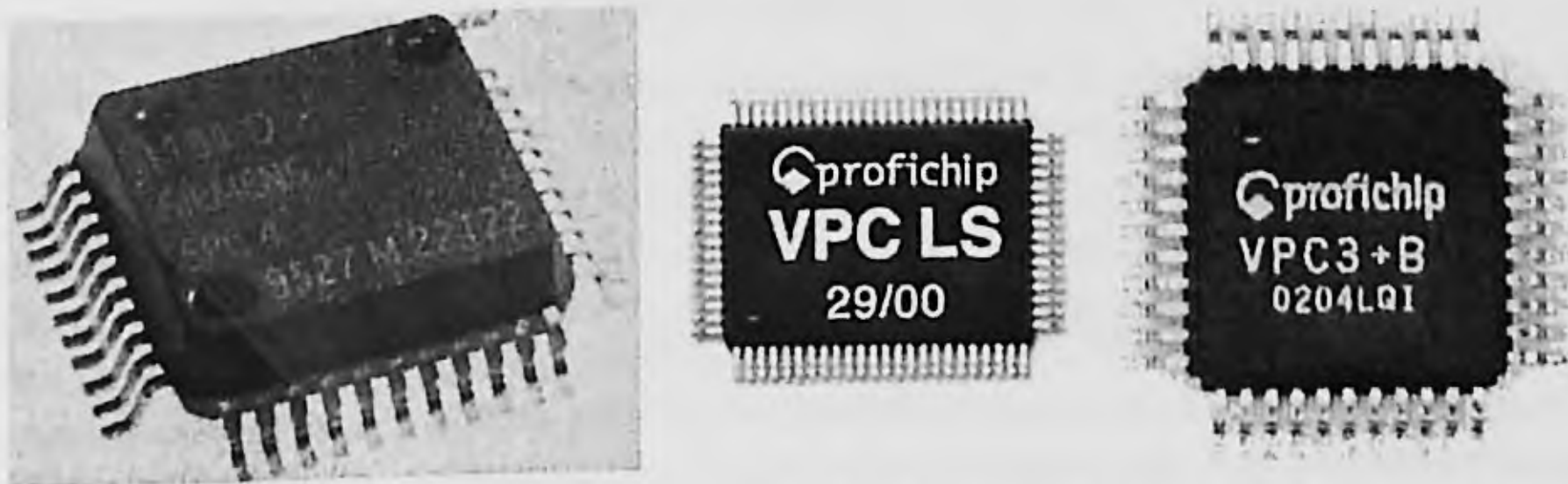


Figura A3.22. Circuitos ASIC que desarrollan las funciones de comunicación de elementos subordinados PROFIBUS-DP. (Cortesía de ProfiChip y SIEMENS).

Para implementar el procesador subordinado de comunicaciones, diversos fabricantes han desarrollado circuitos integrados de aplicación específica (ASIC) que proporcionan las funciones básicas de comunicación de los protocolos PROFIBUS-DP y PROFIBUS-PA (Figura A3.22).

A3.6.2 Sensores/Actuadores con recursos de comunicación PROFIBUS integrados

Mediante los circuitos integrados de aplicación específica (ASIC) indicados en el apartado anterior se han desarrollado sensores y actuadores inteligentes (descritos en el apartado del apéndice 1) que se conectan directamente a una red PROFIBUS DP o PA. Entre ellos se pueden citar codificadores angulares absolutos, medidores de distancia del tipo láser, dispositivos de identificación, cámaras digitales, convertidores de frecuencia, módulos de control de servomotores, caudalímetros máscicos, válvulas proporcionales, etc. (Figura A3.23).

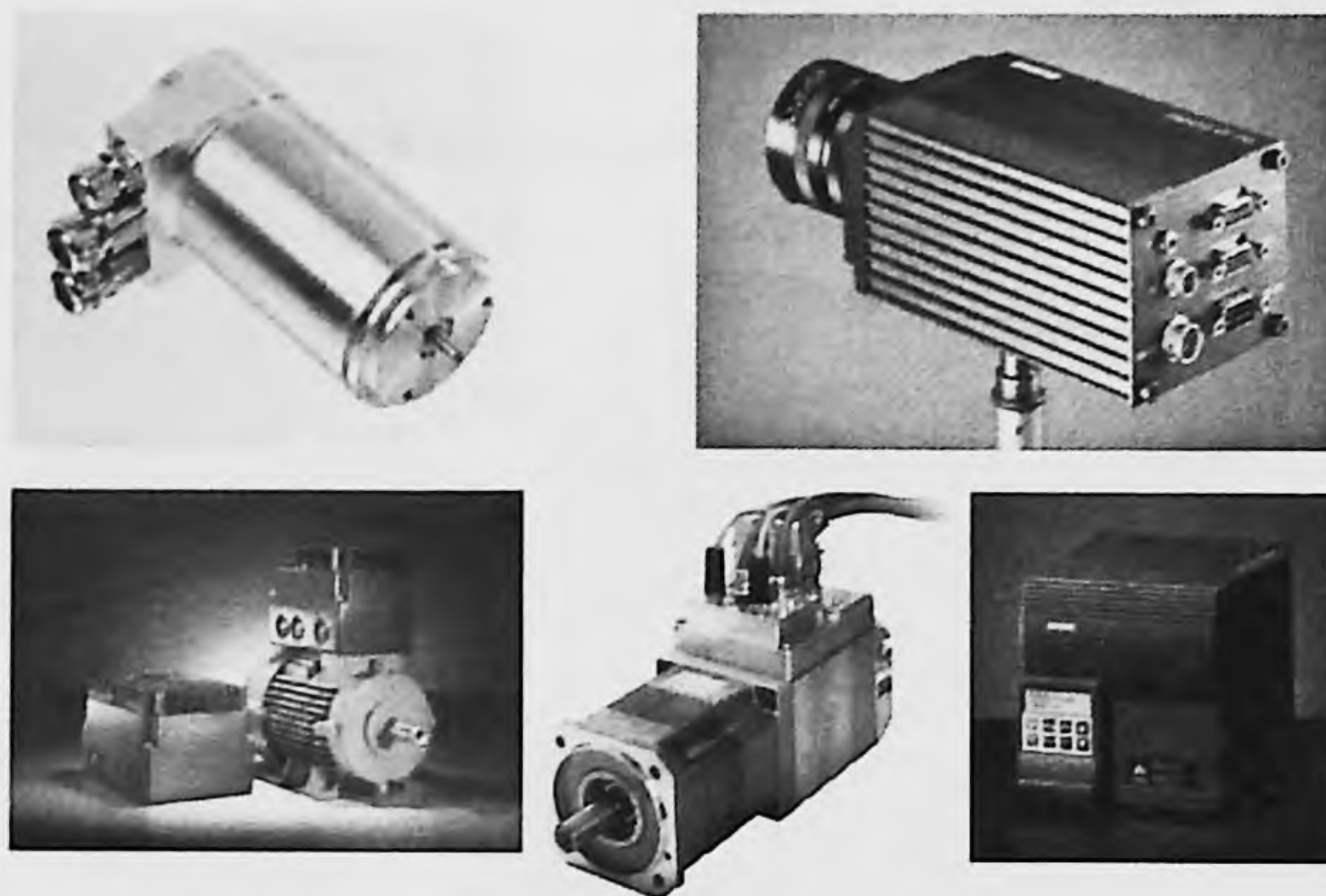


Figura A3.23. Sensores y actuadores inteligentes conectables a una red PROFIBUS-DP. (Cortesía de SIEMENS).

A3.6.3 Módulos principales PROFIBUS

El elemento principal de una red PROFIBUS-DP o PROFIBUS-PA, es un procesador principal de comunicaciones que se encarga de controlar las comunicaciones, fundamentalmente de entrada/salida y diagnóstico, que un sistema electrónico de control debe establecer con las unidades de entrada/salida remotas y los sensores inteligentes que le hayan sido asignados en la red (Figura A3.24).

Por ser una red de sensores-actuadores de elevada capacidad funcional (descrita en el apartado 9.3.2.3.3 del capítulo 9), PROFIBUS DP constituye un sistema de comunicaciones “multiprincipal” (*Multimaster*) que permite conectar más de un procesador principal de comunicaciones (*PROFIBUS Master*) en una misma red física. Gracias a ello mediante redes PROFIBUS-DP y PA se pueden implementar tanto sistemas de control distribuido en los que varios sistemas electrónicos de control se comunican con dispositivos de entrada/salida compartidos, como otros en los que cada uno de los sistemas electrónicos de control gestiona un subconjunto de dispositivos de campo diferentes.

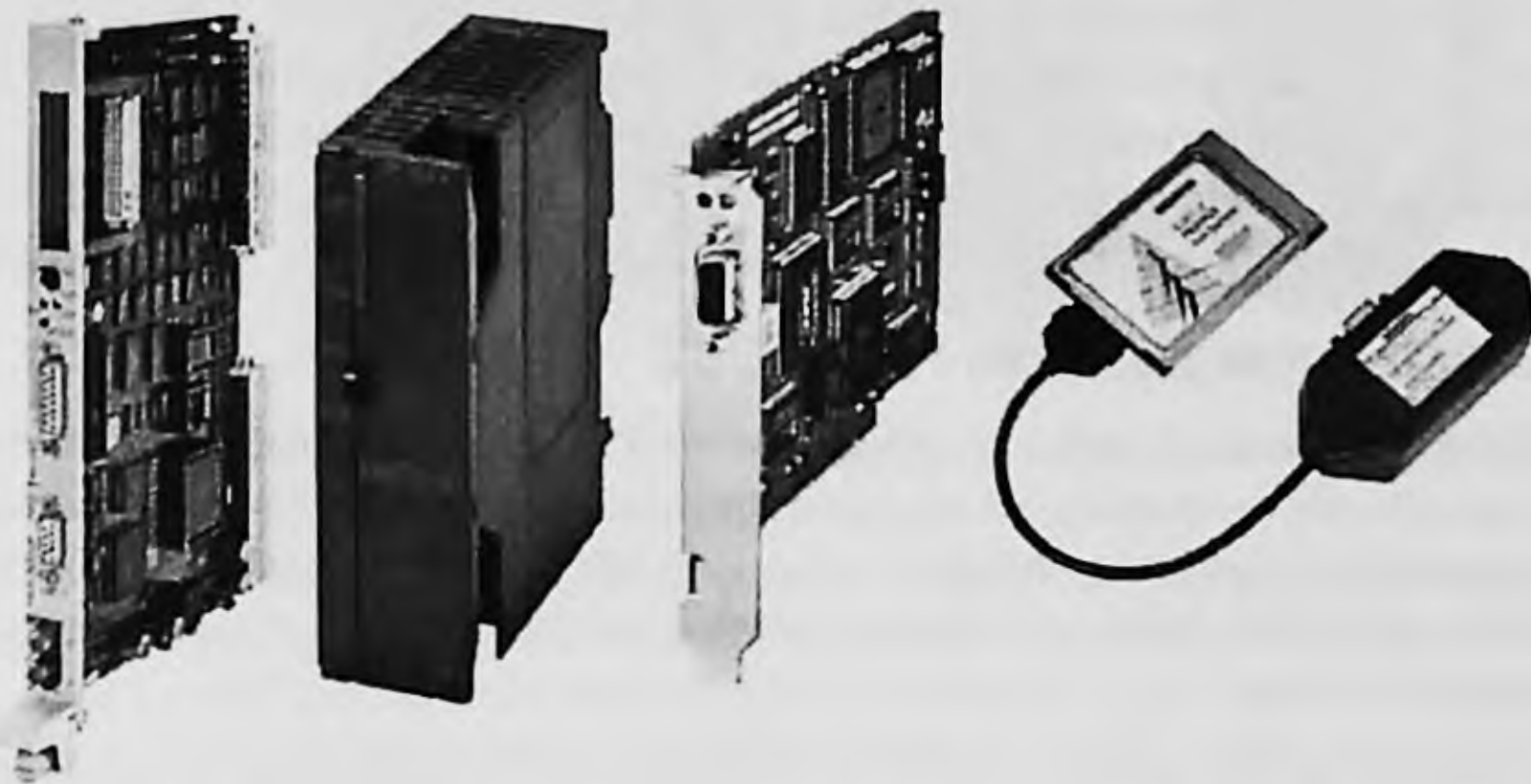


Figura A3.24. *Procesadores de comunicaciones PROFIBUS para diversos sistemas electrónicos de control industrial (cortesía de Siemens).*

Sin embargo, estas dos variantes han sido diseñadas para que cada procesador principal de comunicaciones de la red PROFIBUS se comuniquen únicamente con procesadores subordinados de comunicaciones, de forma que para poder establecer, en este contexto, comunicación entre dos sistemas electrónicos de control es necesario que al menos uno de ellos se comporte, desde el punto de vista de la comunicación, como un elemento subordinado del otro. Existen productos comerciales que incorporan, en un mismo módulo principal, tanto la capacidad funcional de un elemento principal de la red como la de un subordinado, lo que permite que el sistema electrónico de control al que está asociado disponga de ambas capacidades y que aumente así su espectro operacional con los restantes dispositivos de la red.

La red PROFIBUS-FMS está, tal como se indica en el apartado anterior, orientada a facilitar las comunicaciones en los niveles de estación y célula de la pirámide CIM, y para ello permite que un procesador principal de comunicaciones intercambie información tanto con los subordinados como con los procesadores principales de la red a la que pertenece. En este caso, las relaciones de comunicación se establecen por medio de un modelo de descripción orientado a objetos, en el que cada dispositivo se comporta como un VFD (acrónimo de *Virtual Field Device*) que hace visible un conjunto de objetos de comunicación, catalogado por medio de un OD (acrónimo de *Object Dictionary*), en el que se modela la monitorización, control y gestión de su comportamiento funcional.

Desde el punto de vista del nivel de aplicación, los procesadores de comunicaciones de una red PROFIBUS, pueden llegar a proporcionar conjuntamente interfaces para toda la familia de

redes PROFIBUS, tanto en lo que se refiere a los procesadores de comunicaciones principales como a los subordinados. A modo de ejemplo, cabe indicar que un único procesador multiprotocolo puede comportarse, de forma simultánea, como un procesador principal de PROFIBUS-FMS y como un subordinado de PROFIBUS-DP.

Cada fabricante de sistemas electrónicos de control suele desarrollar, en función de las características de sus sistemas, módulos de comunicaciones PROFIBUS que poseen un determinado nivel de capacidad funcional de los expuestos anteriormente. En la práctica totalidad de los casos, dichos módulos contienen un procesador de elevadas prestaciones en el que se integra un microprocesador encargado de gestionar el tráfico de la red PROFIBUS. Por ello, en algunos casos este procesador puede ejecutar tareas de control cuando se produce un fallo del sistema electrónico de control principal, con lo cual se tiene un sistema redundante y se mejora la disponibilidad del conjunto.

A3.6.4 Módulos pasarela PROFIBUS

Dado que, tal como se indica en el apartado 9.2.5 del capítulo 9, para llevar a cabo la fabricación asistida por computador se necesitan diversos tipos de redes con prestaciones distinta, se han desarrollado módulos pasarela (*Gateways*) PROFIBUS que permiten la interconexión de las redes PROFIBUS con otras utilizadas tanto en el nivel inferior como en el nivel superior de la citada pirámide.

Por ejemplo en las pasarelas AS-i/PROFIBUS e Interbus/PROFIBUS, el objetivo es integrar en un nodo de comunicaciones de una red PROFIBUS toda la información de entrada/salida de la que se dispone en la otra red. Por su parte, la pasarela PROFIBUS/Ethernet (Figura A3.25) es uno de los ejemplos más representativos de pasarela que gestiona el envío de la información disponible en los sistemas electrónicos de control conectados a una red PROFIBUS hacia sistemas de los niveles superiores de la pirámide CIM.



Figura A3.25. Pasarelas entre PROFIBUS y redes de datos industriales. (Cortesía de Bihl&Wiedemann, COMSOFT y Softing).

A3.6.5 Repetidores y módulos de enlace PROFIBUS.

Los repetidores y módulos de enlace PROFIBUS permiten, tanto en sus versiones eléctrica como óptica, la división de una red PROFIBUS en segmentos, para poder conectar el máximo

teórico de 127 dispositivos y realizar la comunicación a la máxima distancia posible a una determinada velocidad (Figura A3.26).

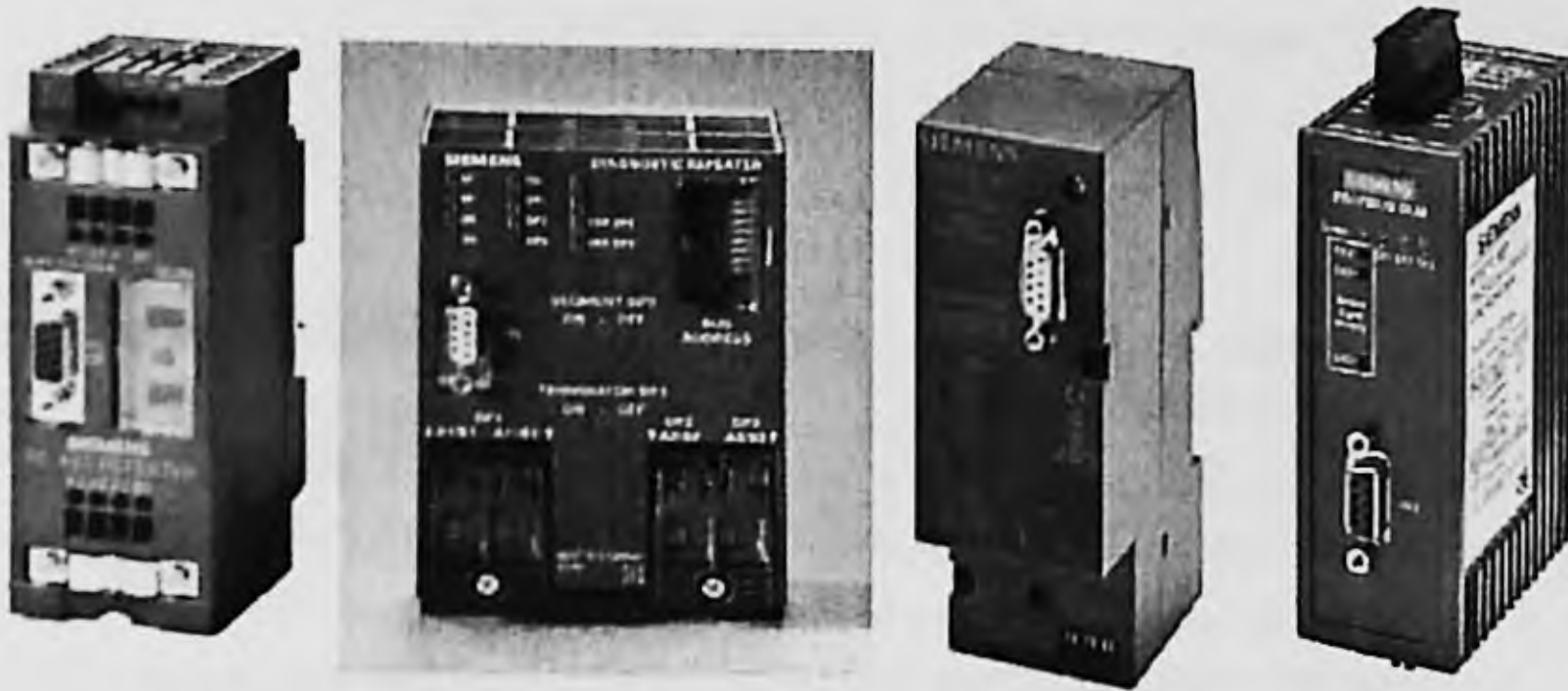


Figura A3.26. Repetidores PROFIBUS de redes eléctrica y óptica. (Cortesía de SIEMENS).

Gracias a estos elementos se consigue una separación galvánica entre los segmentos de una red que utiliza tecnología de transmisión eléctrica, y se pueden realizar topologías de red en forma de árbol y estrella, e incluso configuraciones redundantes para elevar la disponibilidad (*Availability*) del sistema tal como se indica en el apartado 10.3.3.3 del capítulo 10.

Por otra parte, los repetidores más complejos incluyen un programa de diagnóstico avanzado de red que facilita la puesta en marcha de los sistemas mediante la localización física de los fallos, la identificación de la causa que los produce, el cálculo de la tasa de fallos de comunicación, etc.

A3.7 Comparación de las redes PROFIBUS y AS-i

De la descripción de la familia de redes PROFIBUS, realizada en los apartados anteriores y de la red AS-i, realizada en el apéndice 3 se deducen las siguientes conclusiones desde un punto de vista práctico:

- Las redes PROFIBUS-DP y PROFIBUS-PA son redes de sensores-actuadores de capacidad funcional elevada y la red AS-i es una red de sensores-actuadores de capacidad funcional limitada. Por ello la diferencia entre ellas se manifiesta por el hecho de que una red PROFIBUS-DP puede constar teóricamente de un máximo de 126 procesadores subordinados de comunicaciones mientras que la versión 2 de la red AS-i sólo puede tener 62. Además el volumen máximo de información que cada procesador subordinado de comunicaciones de PROFIBUS-DP puede procesar es de 244 octetos de datos de entrada/salida, mientras que el de la red AS-i sólo procesa 4 bits.
- En la práctica, en PROFIBUS-DP y PROFIBUS-PA, es posible configurar sistemas de control distribuido en los que el volumen global de datos de entrada/salida intercambiados con un procesador principal de comunicaciones (*Master*) sea de 16Koctetos/16Kbytes. Por el contrario en el bus AS-i solo se puede intercambiar un máximo de 248 octetos.

- La combinación de una red PROFIBUS-DP y una red AS-i constituye una solución adecuada en instalaciones complejas en las que coexisten máquinas que solo tienen sensores todo-nada con otras que incorporan sensores inteligentes como por ejemplo codificadores angulares absolutos, cámaras digitales, etc.

BIBLIOGRAFÍA

- [BEND 93] K. Bender, M. Katz, et al. *PROFIBUS. The Fieldbus for Industrial Automation*. Prentice-Hall, 1993.
- [BLAK 02] R. Blake. *Electronic Communication Systems*. Second edition. Chapter 9, Data Transmission: Hamming codes. Delmar Thomson Learning. 2002
- [IEC 00] *Fieldbus standard for use in industrial control systems - Part 2: Physical Layer specification and service definition*, International Electrotechnical Commission standard IEC 61158-2, 2000.
- [MAND 08] E. Mandado & Y. Mandado. *Sistemas electrónicos digitales*. Capítulo 1: código de Hamming. 9ª Edición. Editorial Marcombo. 2008.
- [PNO 91] *PROFIBUS standard: DIN 19245. Translation of the German standards*. Profibus Nutzerorganisation, 1991.
- [PNO 94] *Process Field Bus - Decentralized Periphery (DP). Translation of the German Standard DIN 19245 Part 3*. Profibus Nutzerorganisation, 1994.
- [PNO 95] *PROFIBUS-PA: Protocol Specification. Technical Guideline*. Profibus Nutzerorganisation, 1995.
- [PNO 99] *PROFIBUS Technical Description*. Profibus Nutzerorganisation, 1999. Disponible en: http://www.hta-be.bfh.ch/~wwwfbus/download/pno/tbe_0999.pdf
- [SEMP 02] V. Sempere Payá et al. *PROFIBUS, un bus de campo industrial*. Cuadernos CEA-IFAC, 2002.
- [WEIG 01] J. Weigmann, G. Kilian. *Decentralization with PROFIBus-DP: Architecture and Fundamentals, Configuration and use with SIMATIC S7*. John Wiley & Sons, 2001.

APÉNDICE 4

Red Industrial Universal Profinet

A4.1 INTRODUCCIÓN

Tal como se indica en el apartado 9.3.2.5.2 del capítulo 9, Profinet (*PROcess FIeld NET*) es una red universal Ethernet Industrial, basada en la red Ethernet (descrita en los apartados A1.3.3.3.2 y A1.3.5.2 del capítulo 1) y en los protocolos TCP/IP de Internet (descritos en el apartado A1.3.3.4.2 del apéndice 1). Profinet proporciona servicios para implantar las comunicaciones en todos los niveles de la pirámide CIM, descritos en el apartado 9.2.5 del capítulo 9, y sustituye por ello a las redes de datos, las de controladores y las de sensores-actuadores y además supera las prestaciones de éstas últimas para poder controlar en tiempo real sistemas en movimiento (*Motion Control*) que exigen un tiempo de respuesta T_R (*Response time*) inferior a 1ms. En la figura A4.1 se representa un esquema de bloques que muestra el principio de funcionamiento de una red Profinet que facilita la comunicación entre los diferentes tipos de sistemas electrónicos utilizados en la pirámide CIM:

- Los controladores (autómatas programables) y las unidades de interfaz usuario-máquina (HMI) que se utilizan en aplicaciones que necesitan un tiempo de respuesta T_R comprendido entre 10 y 100ms. Las comunicaciones en este tipo de sistemas reciben en Profinet el nombre de comunicaciones que no se realizan en tiempo real y se las conoce como NRT (*Non Real Time*).
- Los controladores (autómatas programables) y las unidades de entrada/salida remotas (*Distributed field devices*) que se utilizan en aplicaciones que necesitan un tiempo de respuesta T_R comprendido entre 1 y 10 ms. Las comunicaciones en este tipo de sistemas reciben en Profinet el nombre de comunicaciones RT (acrónimo de *Real Time*).
- Los equipos de control de movimientos, como por ejemplo los sistemas de control numérico de gran capacidad, que necesitan un tiempo de respuesta T_R inferior a 1ms. Las comunicaciones en este tipo de sistemas reciben en Profinet el nombre de comunicaciones isócronas en tiempo real y se las conoce como IRT (acrónimo de *Isochronous Real Time*).

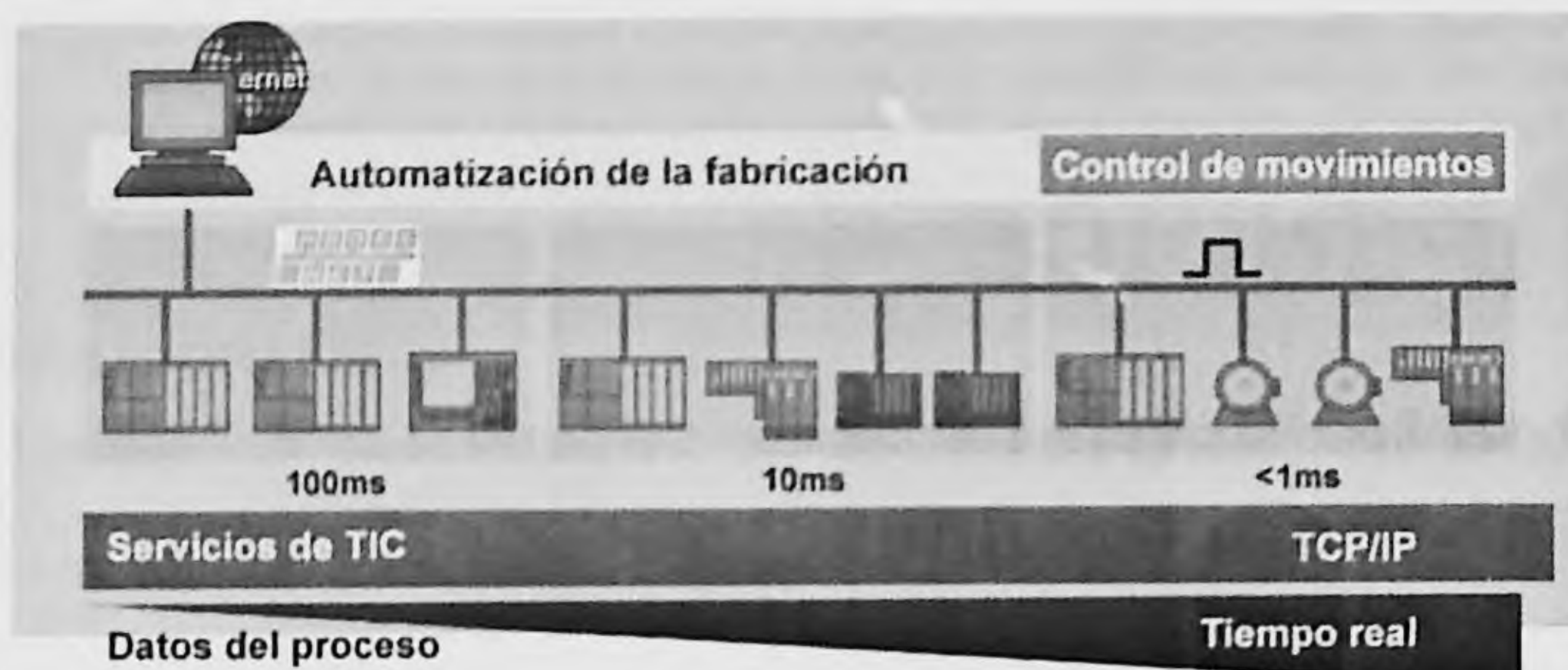


Figura A4.1 Esquema de bloques que muestra el principio de funcionamiento de una red Ethernet Industrial universal PROFINET que facilita la implantación de las comunicaciones en los diversos niveles de la pirámide CIM.

Para proporcionar estas prestaciones Profinet está constituida por un conjunto de componentes físicos (*Devices*) y de recursos de programación (*Technological functions*) que poseen las características adecuadas para realizar los tres niveles de comunicaciones antes citados.

A4.2 TOPOLOGÍA DE PROFINET

A fin de lograr los tiempos de respuesta indicados en el apartado anterior para las comunicaciones RT e IRT, Profinet es en realidad una red Ethernet rápida conmutada (*Switched Fast Ethernet*) o ultra rápida conmutada (*Switched Gigabit Ethernet*), como las descritas en el apartado A1.3.5.2 del apéndice 1. Por ello las topologías más utilizadas son la estrella y el árbol, representadas en las figuras A1.69 y A1.70 del apéndice 1, que utilizan conmutadores de la capa tres conocidos simplemente como conmutadores (*Switches*) descrito en el apartado A1.3.4 del apéndice 1.

Para lograr los tiempos de respuesta anteriormente indicados, los conmutadores que se utilicen no pueden estar constituidos solo por recursos de programación (*Software*). Por ello se han desarrollado conmutadores especialmente diseñados e integrados en un circuito integrado de aplicación específica [*Application Specific Integrated Circuit (ASIC)*] que están constituidos por un procesador digital programable de elevadas prestaciones y una matriz de conmutación. Dichos circuitos reciben la denominación de ERTEC (acrónimo de *Enhanced Real Time Ethernet Controller*) y en la actualidad existen dos versiones denominadas ERTEC 200 que es un conmutador de dos puertos y ERTEC 400 que es un conmutador de cuatro puertos. En la figura A4.2 se representa el diagrama de bloques de ERTEC 200 y en la figura A4.3 el circuito del encapsulado (*Package*) del tipo matriz de puntos de soldadura conocido como BGA (*Ball Grid Array*) [MAND 08].

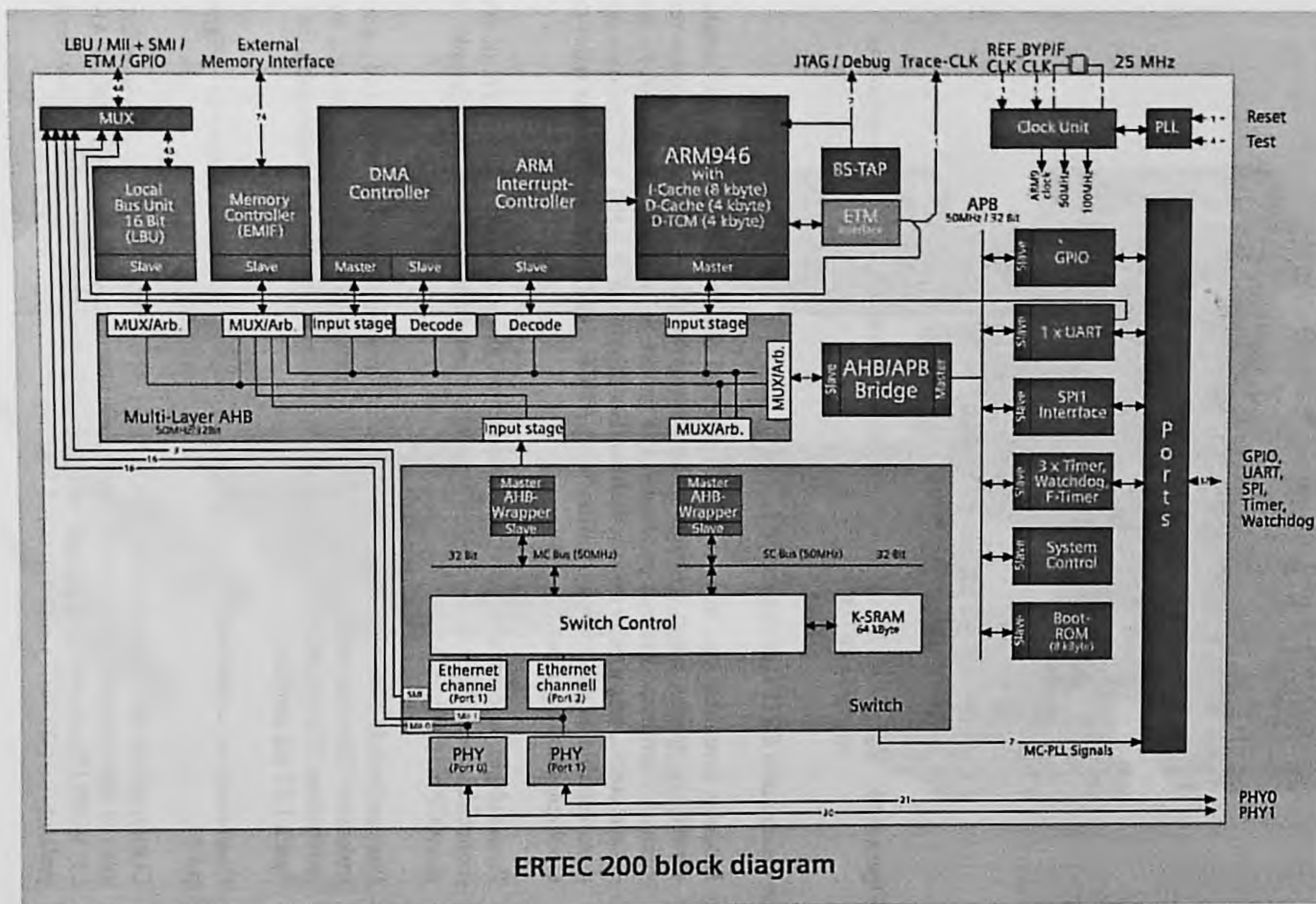


Figura A4.2 Esquema de bloques del circuito integrado de aplicación específica ERTEC 200.

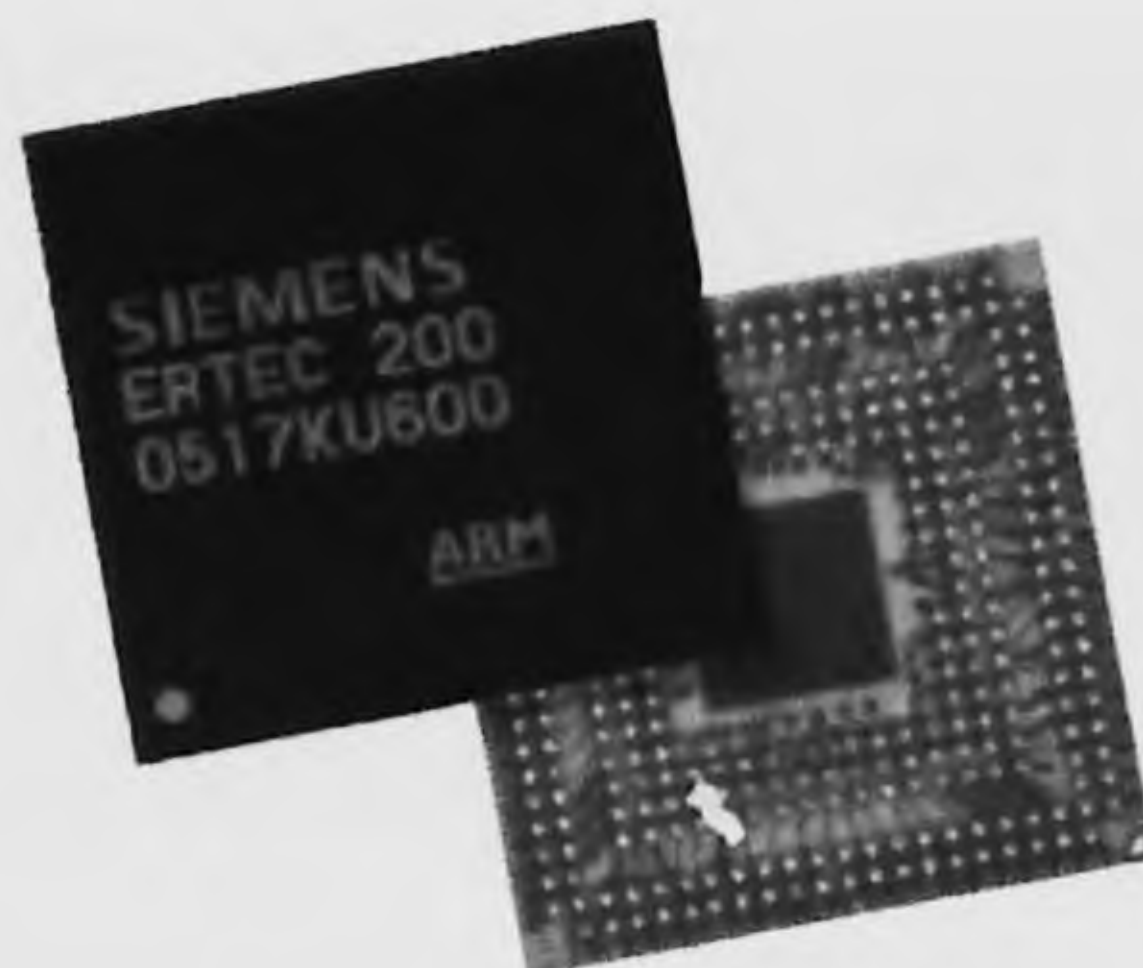


Figura A4.3 Realización física con encapsulado BGA del circuito integrado de aplicación específica ERTEC 200.

Con los circuitos ERTEC se implementan:

- Módulos conmutadores, tanto para realizar redes con transmisión mediante señales eléctricas u ópticas, como mediante ondas electromagnéticas. Son ejemplo de los primeros los conmutadores que pertenecen a la familia SCALANCE (Figura A4.4), que poseen cuatro, seis u ocho puertos (subfamilias SCALANCE X100 Y X200) o un número variable de puertos (subfamilia SCALANCE X400) para implementar redes de topología estrella y árbol.
- Procesadores de comunicaciones que constituyen placas o tarjetas de interfaz de red (conocidas como NIC), insertables en un computador industrial, como por ejemplo la placa CP1616 Figura A4.5).
- Procesadores de comunicaciones empotrados en sistemas electrónicos de control o controladores (descritos en el apartado 9.2.4.4 del capítulo 9) que deben conectarse a una red Profinet. Un ejemplo de este tipo de controladores es el autómatas programable de la figura 1.87 del capítulo 1.
- Conmutadores empotrados en estaciones de entrada/salida (E/S) remotas (Figura A4.6).
- Conmutadores inalámbricos (*Wireless*) SCALANCE W equipados de una interfaz a una red Ethernet inalámbrica. Es un ejemplo de conmutador inalámbrico el SCALANCE W788 (Figura A4.7), que posee una interfaz de conexión con una red de área local inalámbrica (WLAN) y otra con la red Profinet.

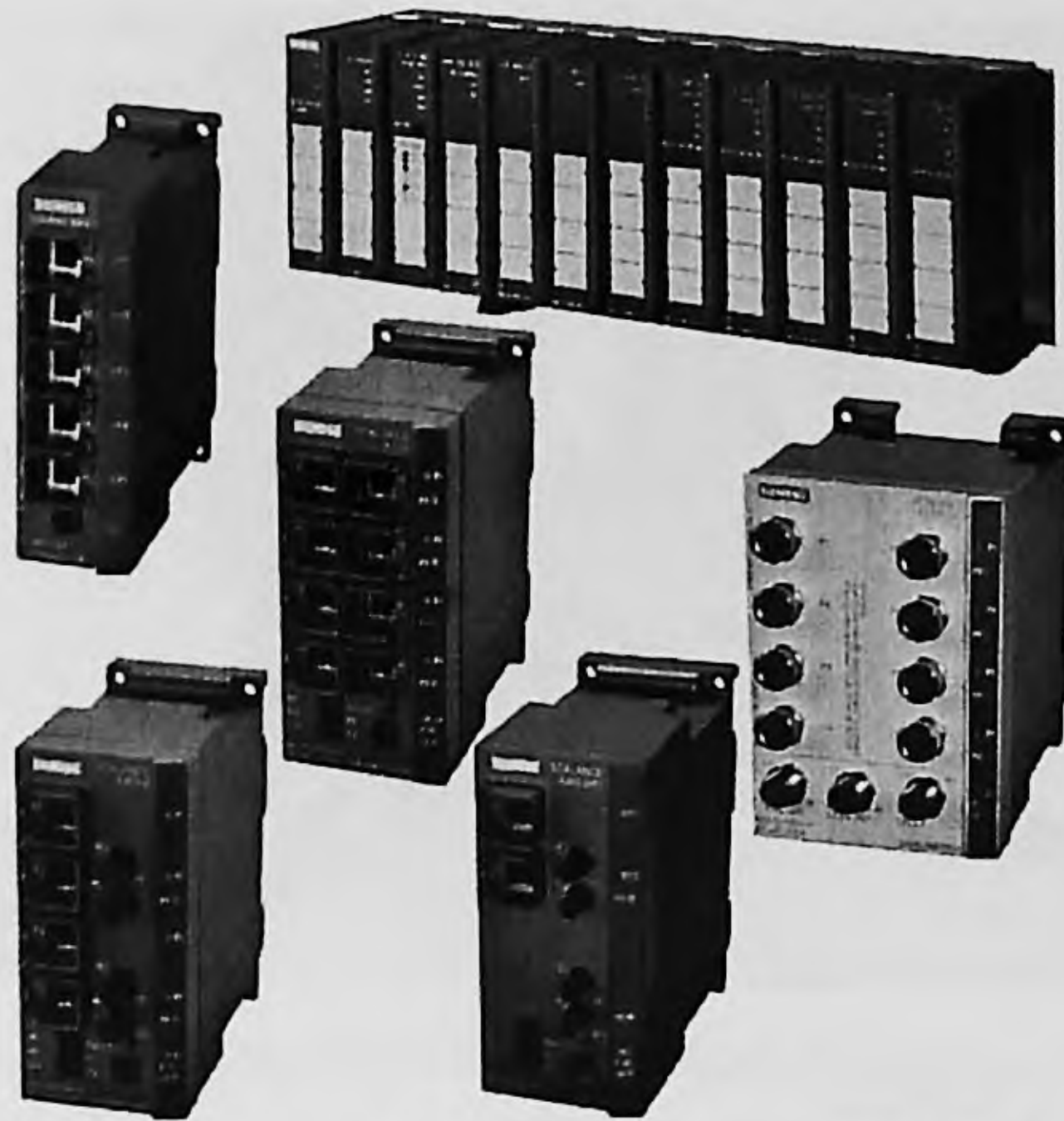


Figura A4.4 Familia SCALANCE X100 de módulos conmutadores de Profinet.

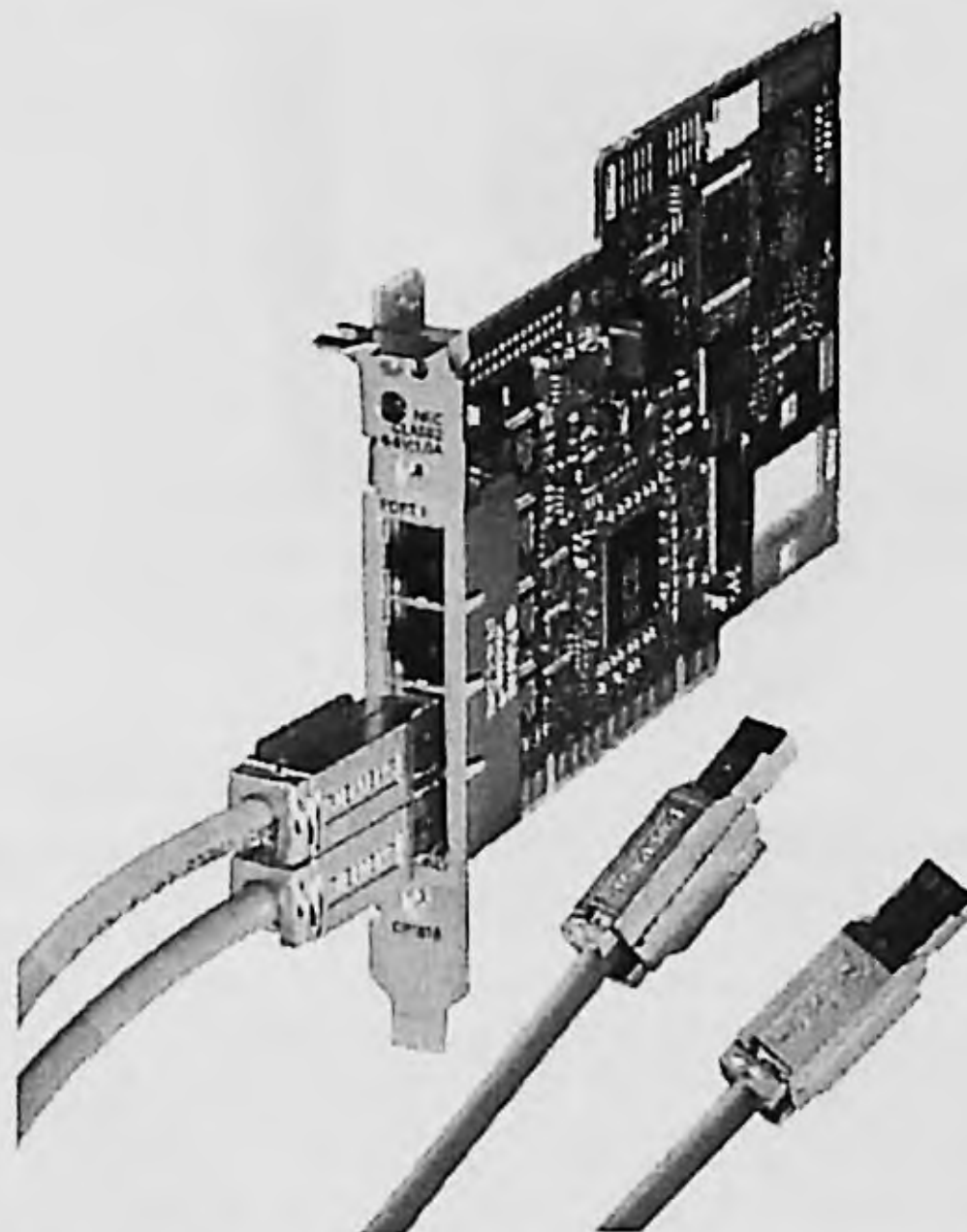


Figura A4.5 Tarjeta de interfaz CP1616 para conectar computadores a una red Profinet.

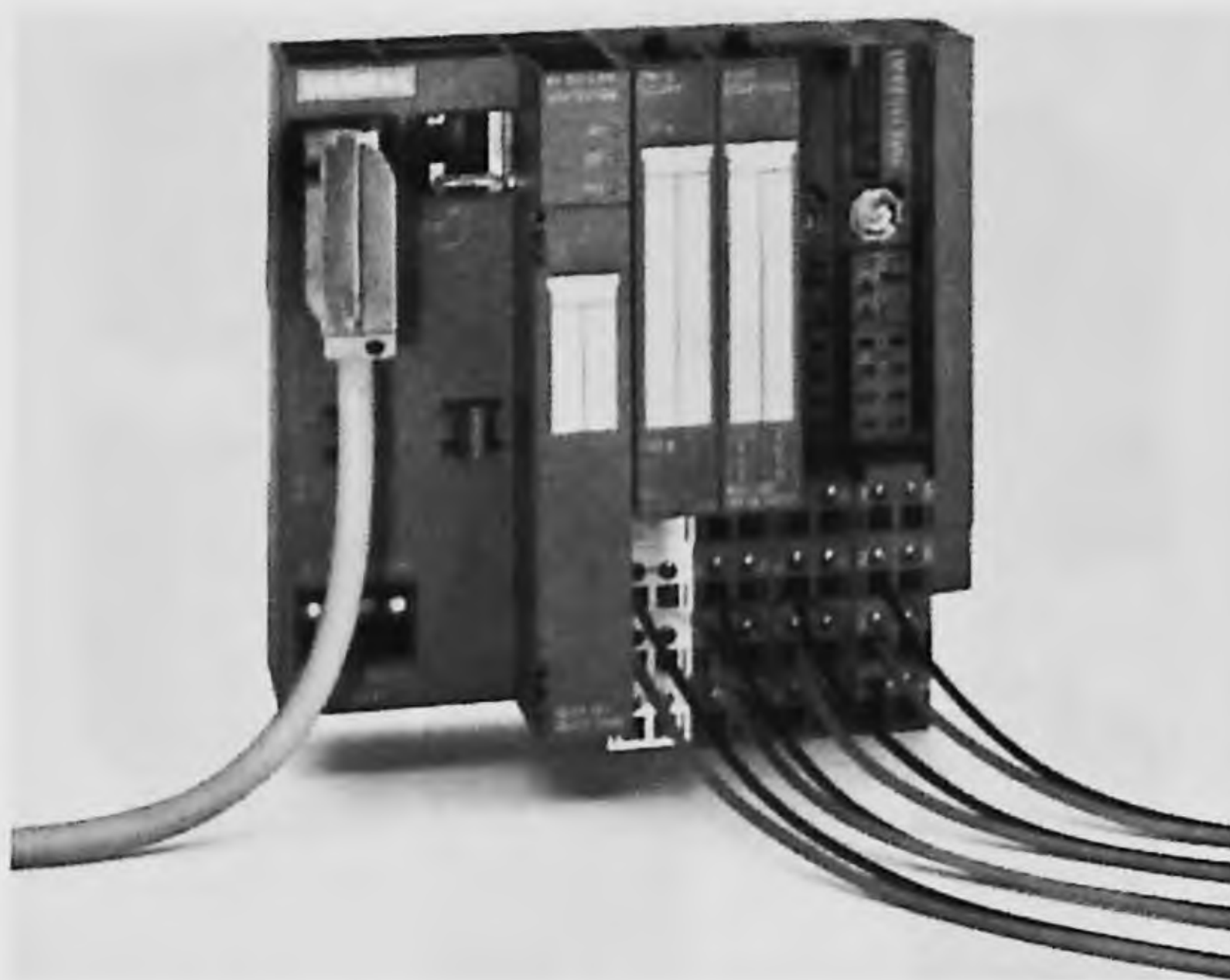


Figura A4.6 Estación IM 151-3 PN HF de entradas/salidas (E/S) remotas, conectable a una red Profinet.



Figura A4.7 Conmutador inalámbrico (Wireless) SCALANCE W788 equipado de una interfaz a una red Ethernet inalámbrica y a una red Profinet.

Mediante los elementos que se acaban de describir se pueden implementar redes Ethernet Industrial de topología estrella, árbol y lineal. En función de las exigencias de la aplicación, en lo que se refiere a la capacidad de ampliación, tipo de medio y gestión de las transferencias de información, se elige el tipo de red más adecuado tal como se indica a continuación.

Redes de topología estrella

Utilizan un conmutador SCALANCE que actúa como distribuidor central al que se conectan diferentes equipos que intercambian información a través de él.

En la figura A4.8 se representa un ejemplo de red Profinet de topología estrella que interconecta dos autómatas programables (S7-300 y S7-400), un equipo HMI (MP) y una unidad de programación (Field PG con una placa CP 1512), mediante un conmutador SCALANCE X208.

Este tipo de red es adecuado para implementar celdas de fabricación flexible como las descritas en el apartado 9.2.4.6.2 del capítulo 9 y máquinas individuales como los sistemas de control numérico descritos en el apartado 9.2.4.4.1 del capítulo 9.

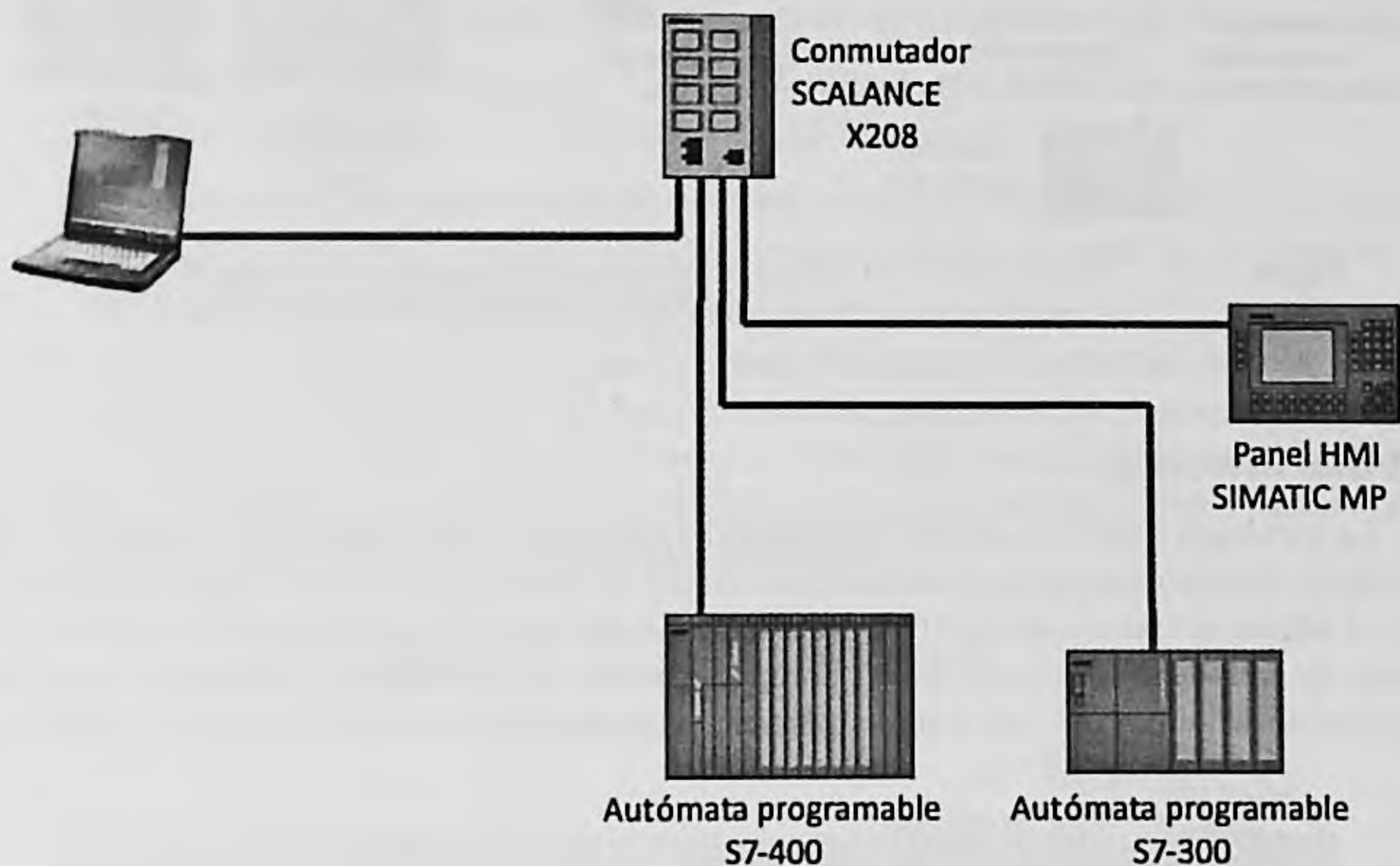


Figura A4.8 Red Profinet de topología estrella que interconecta dos autómatas programables, una unidad de programación y un panel de operador (HMI).

Redes de topología árbol

La topología árbol se obtiene mediante la conexión de varias redes de topología estrella a través de un conmutador SCALANCE que facilita la transferencia de información entre ellas. Se utiliza para dividir una planta de producción compleja en subplantas autónomas entre sí.

En la figura A4.9 se representa un ejemplo de red Profinet de topología árbol que está formada por tres redes de topología estrella interconectadas mediante un conmutador modular SCALANCE X414-3E. Cada una de las redes de topología estrella es una red Ethernet conmutada que posee su propio conmutador.

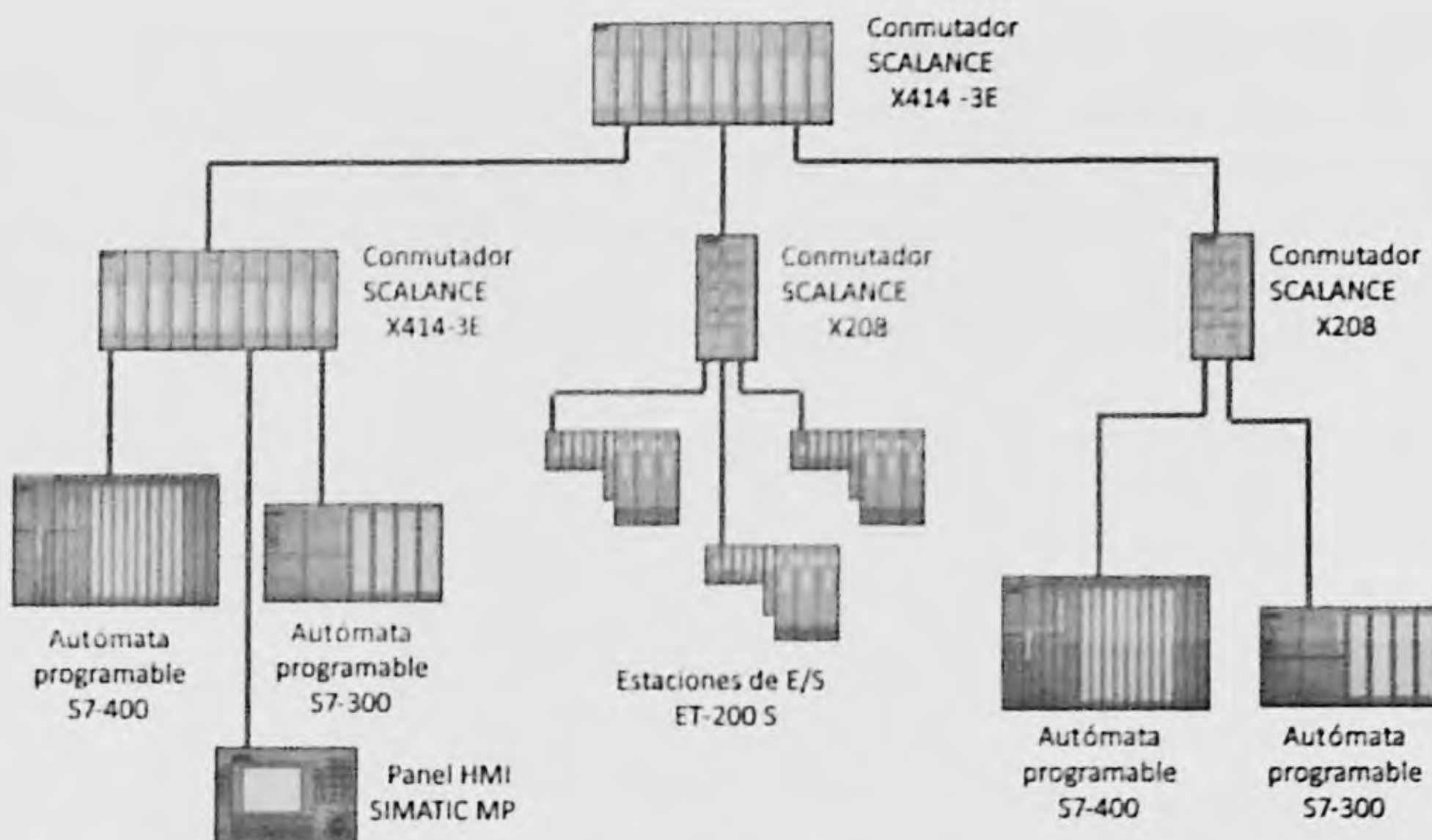


Figura A4.9 Red Profinet de topología árbol que está formada por tres redes de topología estrella interconectadas mediante un conmutador SCALANCE X414-3E.

Redes lineales

La topología lineal es una simplificación del anillo en la que los distintos elementos de la red tienen incorporado un conmutador SCALANCE y se conectan en serie sin que sea necesario que el último se conecte de nuevo al primero. Es la red más adecuada para interconectar estaciones de entrada/salida (E/S) remotas porque simplifica el cableado que conecta un conjunto de sensores distribuidos con uno o más autómatas programables que actúan como controladores.

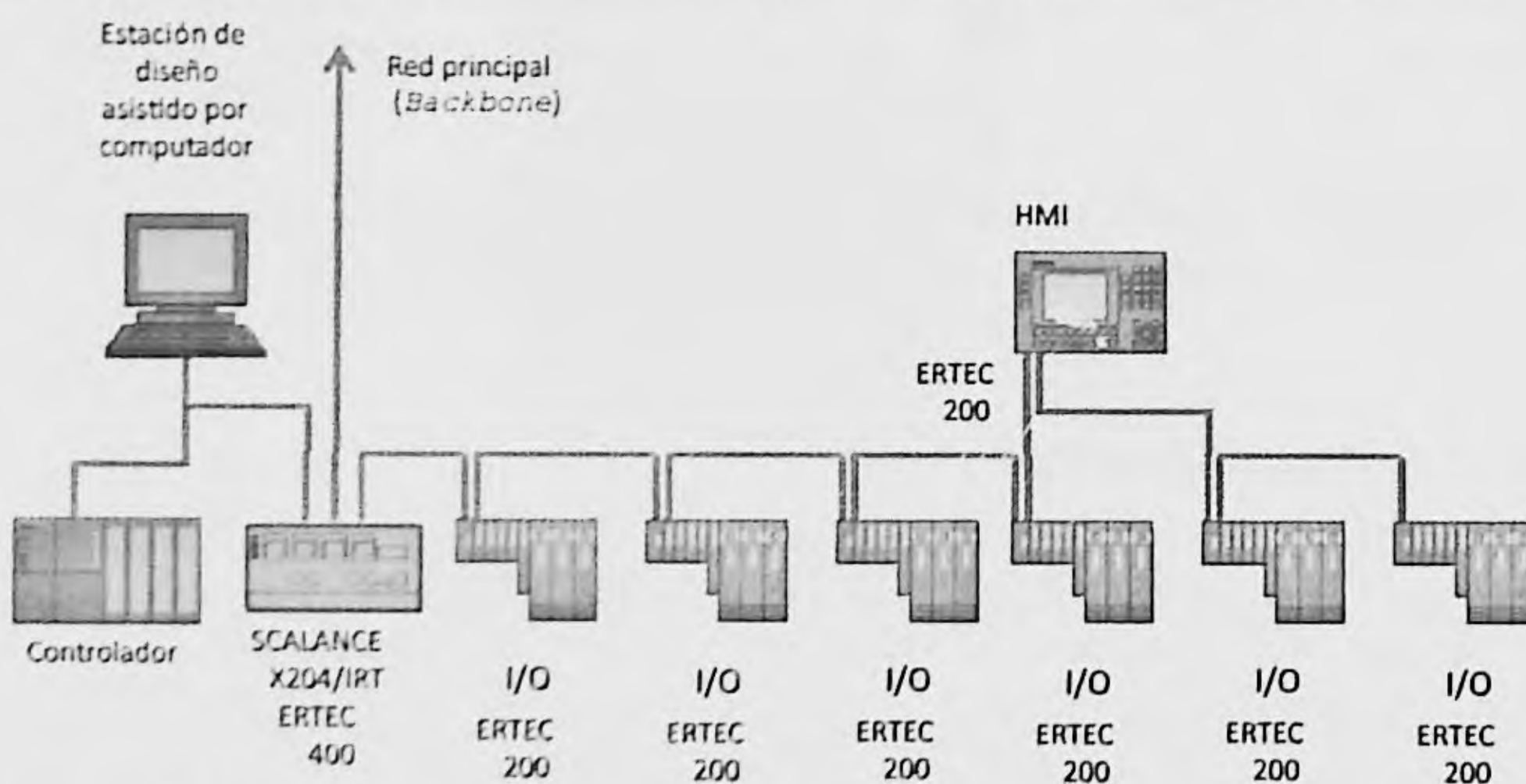


Figura A4.10 Red Profinet híbrida constituida por una red lineal de estaciones de E/S que forma parte de una red de topología estrella implementada con un conmutador SCALANCE X204.

En la figura A4.10 se representa una red Profinet híbrida constituida por una red lineal de estaciones de E/S que forma parte de una red de topología estrella implementada con un conmutador SCALANCE X204, al que están conectados un controlador y una estación de diseño asistido por computador o estación de ingeniería.

A4.3 SISTEMAS TECNOLÓGICOS DE PROFINET

A4.3.1 Introducción

Para facilitar la implantación de una red universal tanto en nuevas instalaciones como en instalaciones ya existentes que utilizan buses de campo (*Field buses*), Profinet está constituida por dos sistemas tecnológicos que son un conjunto de recursos físicos y de programación:

- Profinet entrada/salida (*Profinet IO*) para facilitar la utilización de estaciones remotas de sensores/actuadores (*Distributed field devices*).
- Profinet para automatización basada en componentes, denominada Profinet CBA (acrónimo de *Component Based Automation*) que facilita la creación de sistemas de automatización distribuidos y modulares.

En la figura A4.11 se representa la relación entre Profinet CBA y Profinet IO con los tres tipos de comunicaciones NRT, RT e IRT descritos en el apartado anterior. Profinet CBA da respuesta a las exigencias de NRT y RT para comunicar diferentes controladores entre ellos y con una red de estaciones de entrada/salida distribuidas, para lo cual utiliza módulos tecnológicos predefinidos que se convierten en componentes de Profinet.

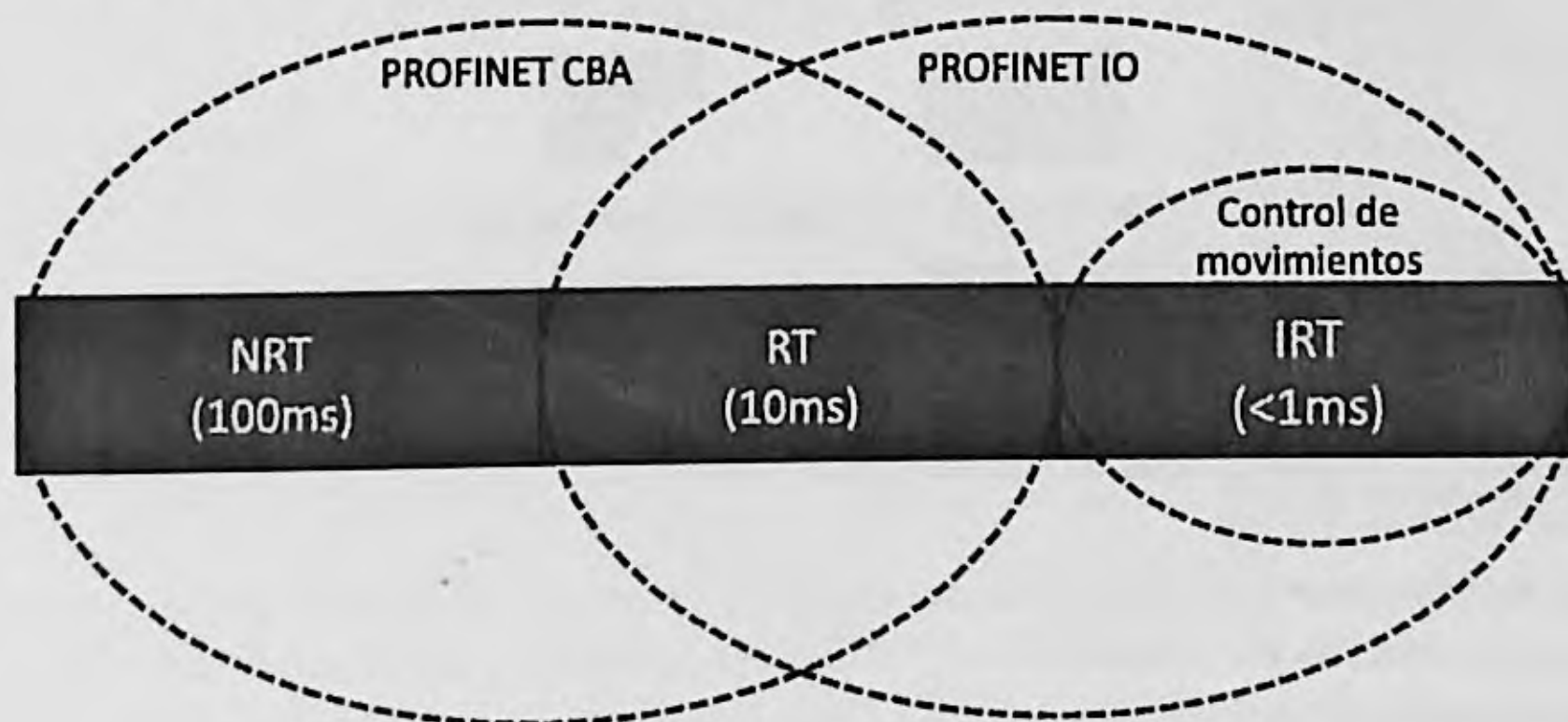


Figura A4.11 Relación entre Profinet CBA y Profinet IO con los tres tipos de comunicaciones NRT, RT e IRT.

Por su parte Profinet I/O facilita el diseño del sistema de comunicaciones entre un conjunto de estaciones de entrada/salida (*Distributed field devices*) y de controladores.

En sucesivos apartados se describen ambos sistemas tecnológicos. Al lector interesado en ampliar sus conocimientos sobre Profinet se le remite a la bibliografía al final del capítulo [PIGA 06].

A4.3.2 Profinet IO

Profinet entrada/salida (*Profinet IO*) es un sistema tecnológico constituido por un conjunto de elementos o módulos físicos y programas que facilitan la conexión directa de los dispositivos de campo situados en diferentes puntos de una planta industrial (*Distributed field devices*) con la red Profinet y garantizan un tiempo de respuesta típico comprendido entre 1 y 10ms. Utiliza, para ello, tal como se indica en la figura A4.12 cuatro tipos de subsistemas:

- Un subsistema supervisor (*IO-Supervisor*) que puede ser un computador, una unidad de interfaz máquina-usuario (HMI) o una unidad de programación.
- Un controlador de entrada-salida (*IO-Controller*) que es en general un autómata programable (PLC) que ejecuta un programa de control (*Automation routine*).
- Una estación remota de dispositivos de campo (*IO-Device*) que intercambia información con uno o más controladores que utilizan los recursos de Profinet IO.
- Un sistema servidor (*IO-Parameter Server*), en general un computador personal (PC), que es un tipo de sistema específico de Profinet que carga y memoriza los datos de configuración de las diferentes estaciones remotas de dispositivos de campo.

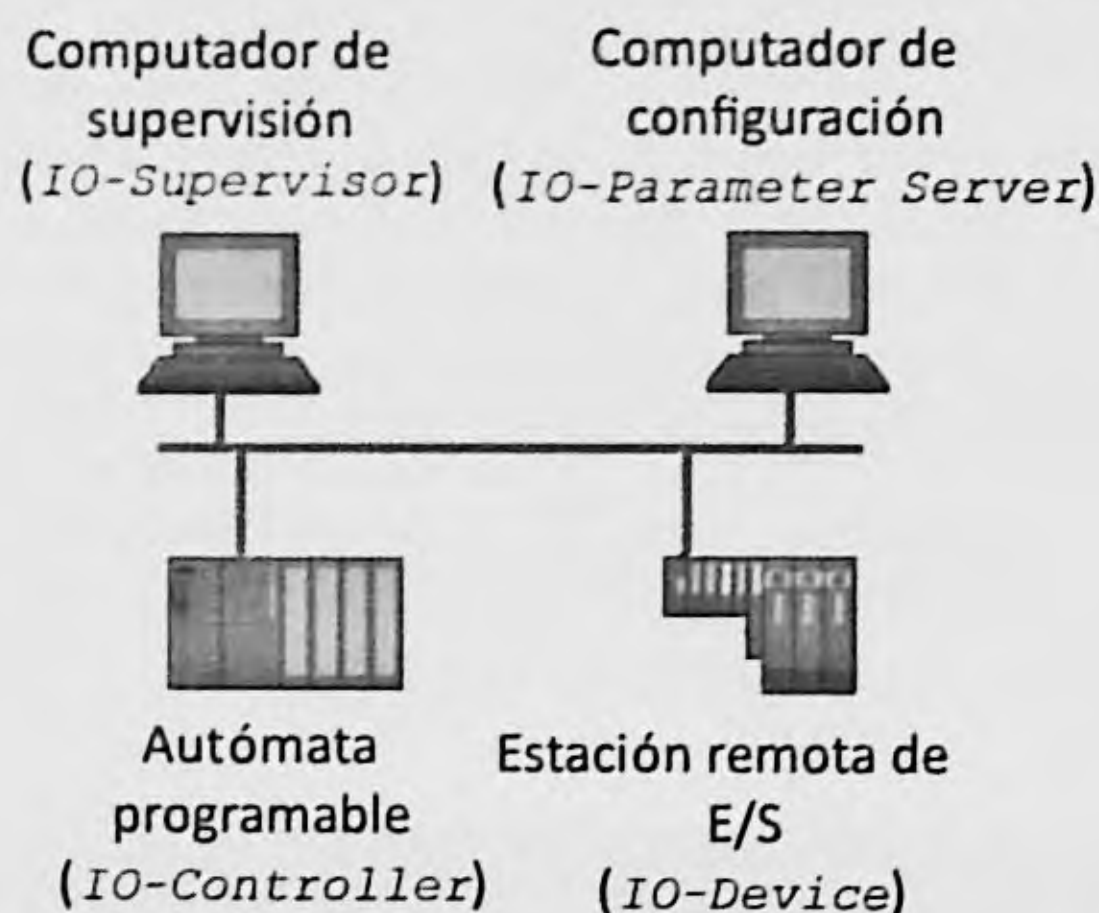


Figura A4.12 Representación gráfica simplificada de la interconexión de los tipos de subsistemas (*Devices*) utilizados en Profinet IO.

Para proporcionar un tiempo de respuesta inferior a 1ms, Profinet IO utiliza la red Ethernet isócrona, descrita en el apartado A1.3.3.3.2 del apéndice 1. La comunicación isócrona en tiempo real conocida en Profinet como IRT (*Isochronous Real-Time Communication*) se representa gráficamente en la figura A4.13. El ciclo de comunicación está formado por:

- Un canal IRT (*IRT channel*) en el que toda la información se transmite en tiempo real con un retardo máximo de 1ms y una desviación máxima inferior a 1μs.
- Un canal denominado abierto (*Open channel*) que está formado por dos subcanales:
 1. Un subcanal RT que, de acuerdo con lo indicado en el apartado A1.3.5.2, aprovecha los mecanismos de prioridad incorporados en los conmutadores que cumplen la norma IEEE 802.3Q para el intercambio de información con un retardo comprendido entre 1 y 10ms.

2. Un subcanal NRT por el que se transmite toda la información restante que exige tiempos de respuesta comprendidos entre 10 y 100ms, por lo que no se considera una transmisión en tiempo real.

2. Un subcanal NRT por el que se transmite toda la información restante que exige tiempos de respuesta comprendidos entre 10 y 100ms, por lo que no se considera una transmisión en tiempo real.

una transmisión en tiempo real.

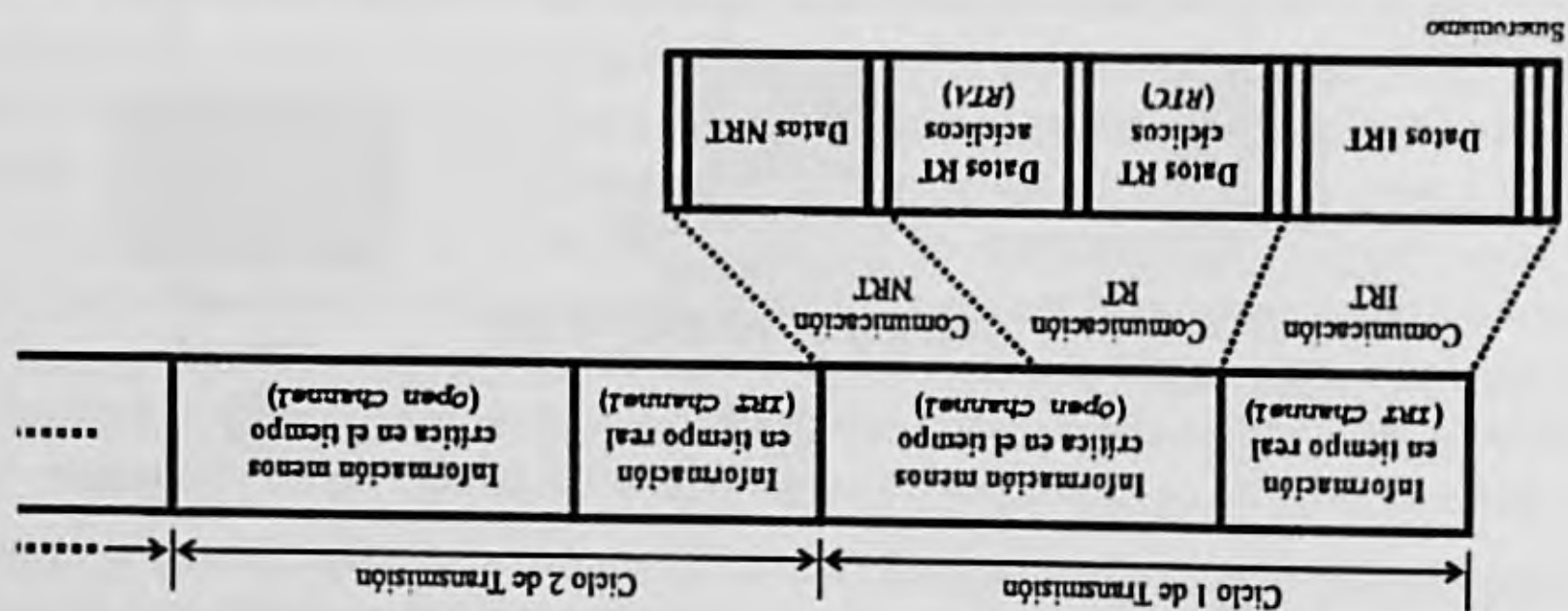


Figura A4.13 Representación gráfica de la comunicación isócrona en tiempo real (IRT) de la red Profinet.

red Profinet.

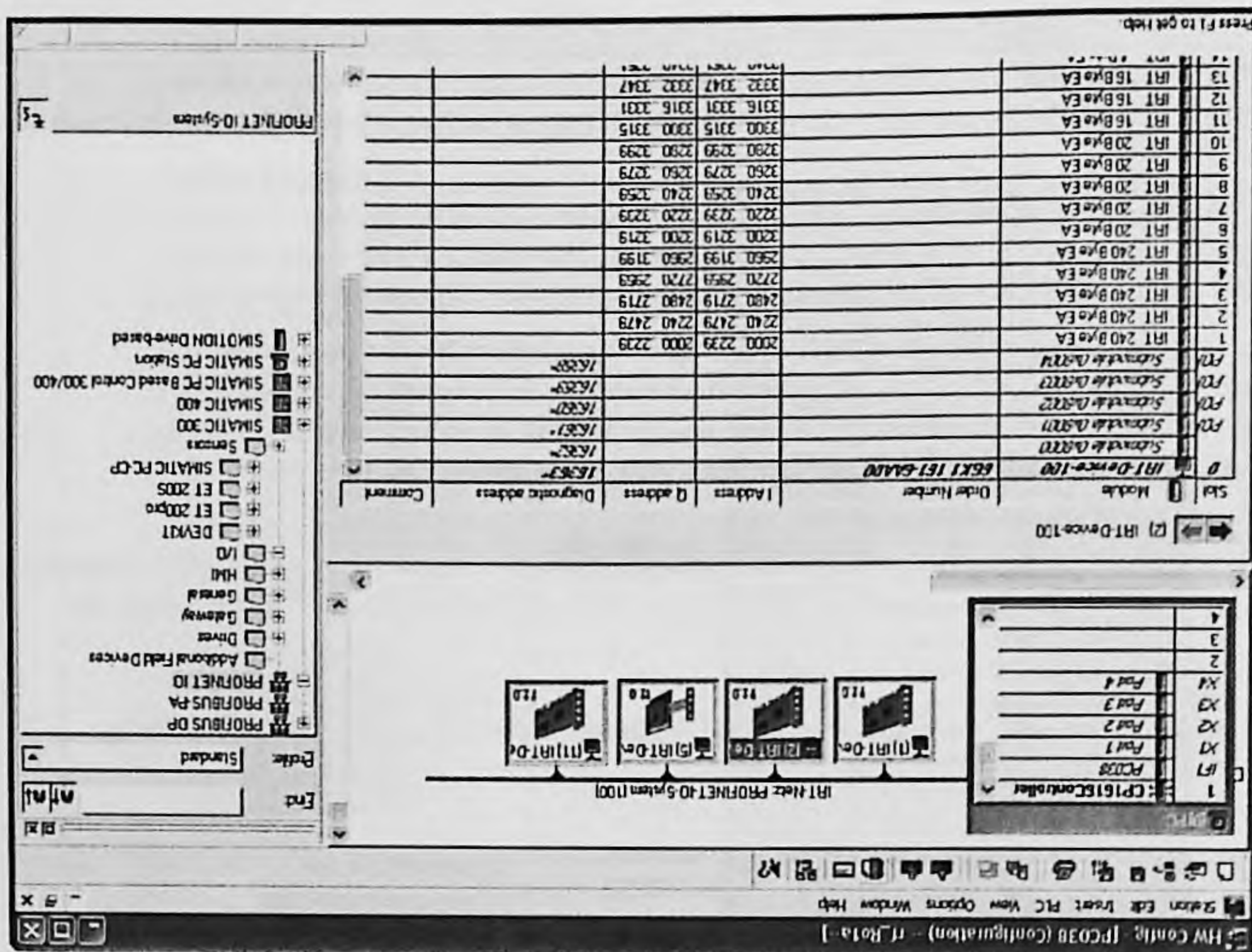


Figura A4.14 Interfaz gráfica de usuario del sistema de programación STEP7, que facilita la configuración del sistema físico (Hardware) de un sistema de control distribuido basado en la red Profinet.

basado en la red Profinet.

La metodología de diseño y desarrollo de un proyecto con sistemas Profinet IO es similar a la utilizada en Profibus DP y, en la práctica, la elaboración del programa de usuario de un *IO-Controller* es equivalente. En la figura A4.14 se representa la interfaz gráfica de usuario del programa de configuración del sistema físico (*Hardware*) del sistema de programación STEP7 que facilita la descripción de un sistema de control distribuido basado en la red Profinet.

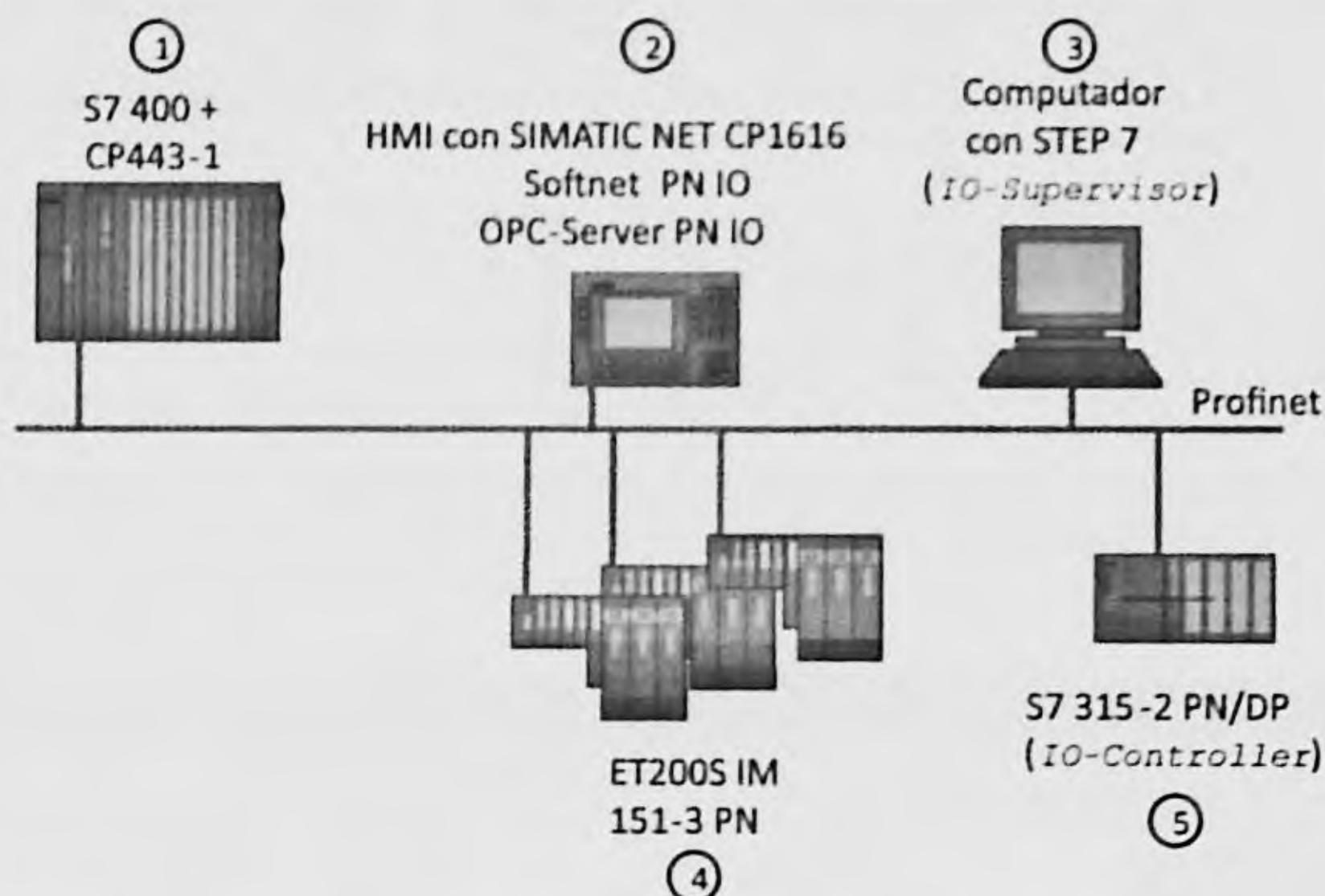


Figura A4.15 Representación gráfica simplificada de un sistema de control distribuido típico mediante Profinet IO.

En la figura A4.15 se representa, de forma simplificada, un ejemplo de sistema de control distribuido típico realizado con los siguientes elementos de Profinet IO (*Profinet IO Devices*):

1. Un controlador de entrada/salida (*IO-Controller*), que en este caso es un autómata programable de la familia S7-400 que lleva incorporado un procesador de comunicaciones Profinet, como por ejemplo el CP 443-1 Advanced, que facilita la comunicación con varios dispositivos de campo (*IO-Devices*).
2. Una unidad de interfaz con computador PC industrial incorporado (Panel PC) que incluye una placa CP1616 que trabaja como controlador de entrada/salida (*IO-Controller*) de Profinet y como servidor OPC de la información transmitida a través de Profinet.
3. Otro computador (Industrial PC) que tiene instalada la herramienta de diseño asistido por computador STEP7 para realizar funciones de supervisión de entrada-salida (*IO-Supervisor*).
4. Una o varias estaciones remotas de dispositivos de campo (*IO-Devices*), como por ejemplo la ET 200S IM 151-3 PN.
5. Otro controlador de entrada/salida (*IO-Controller*), como por ejemplo un autómata programable de la familia S7-300 que lleva incorporado un procesador de

comunicaciones Profinet, que en este caso es la unidad central (CPU) S7 315-2 PN/DP, que facilita la comunicación con varios dispositivos de campo (IO-Devices).

A4.3.3 Profinet CBA

El sistema tecnológico Profinet para la automatización basada en componentes, denominado Profinet CBA (acrónimo de *Component Based Automation*) está constituido por un conjunto de elementos o módulos físicos y programas que facilitan la conexión directa a la red Profinet de los controladores situados en diferentes puntos de una planta industrial (*Distributed controllers*) y garantizan un tiempo de respuesta comprendido entre 1 y 100ms (niveles RT y NRT de Profinet). Está basada en la norma IEC 61499 [INTE 05] y describe un método o procedimiento para implementar sistemas de control automático mediante componentes predefinidos denominados módulos tecnológicos constituidos en el caso más general por:

- Un sistema electromecánico, electrohidráulico o electroneumático.
- Un sistema electrónico de control (*Controller*).
- Un programa de control (*User application*).

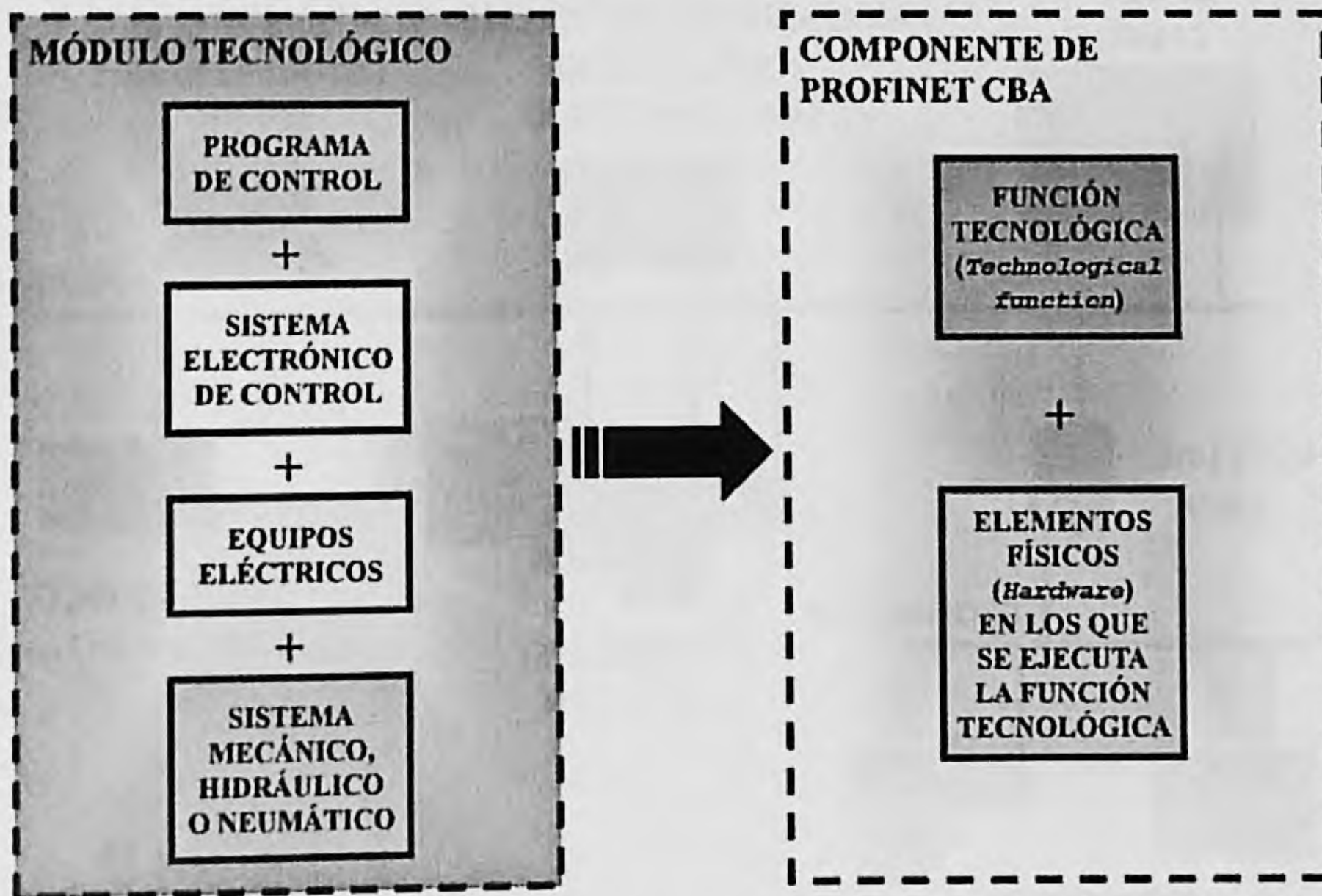


Figura A4.16 Relación entre un módulo tecnológico de un proceso distribuido y un componente de Profinet CBA.

Este conjunto se convierte en un componente Profinet (Figura A4.16), que está formado por dos tipos de datos (*Information parts*):

- Una función tecnológica que representa el programa de control y su interfaz de comunicación (*Technological interface*) con otros componentes Profinet.

- Los datos específicos del hardware (*Device*) en el que se llevará a cabo la implantación de la función tecnológica.

A4.4 COMPATIBILIDAD ENTRE PROFINET Y PROFIBUS

Para ampliar una instalación automatizada implementada con un bus de campo, como por ejemplo PROFIBUS DP, AS-i, Interbus, etc., sin necesidad de proceder al cambio de todos los equipos de la misma se han desarrollado elementos de interconexión del tipo pasarela (*Gateway*), denominados "Proxy", que hacen que una o más estaciones remotas de dispositivos de campo conectadas a un bus de campo, se conviertan en estaciones remotas de dispositivos de campo (*IO-Device*) que intercambian información con uno o más controladores que utilizan los recursos de Profinet-IO.

En la Figura A4.17 se representa un sistema de control distribuido que posee un dispositivo "Proxy" IE/PB Link PNIO, que conecta una red PROFIBUS y una red Ethernet Industrial Profinet.

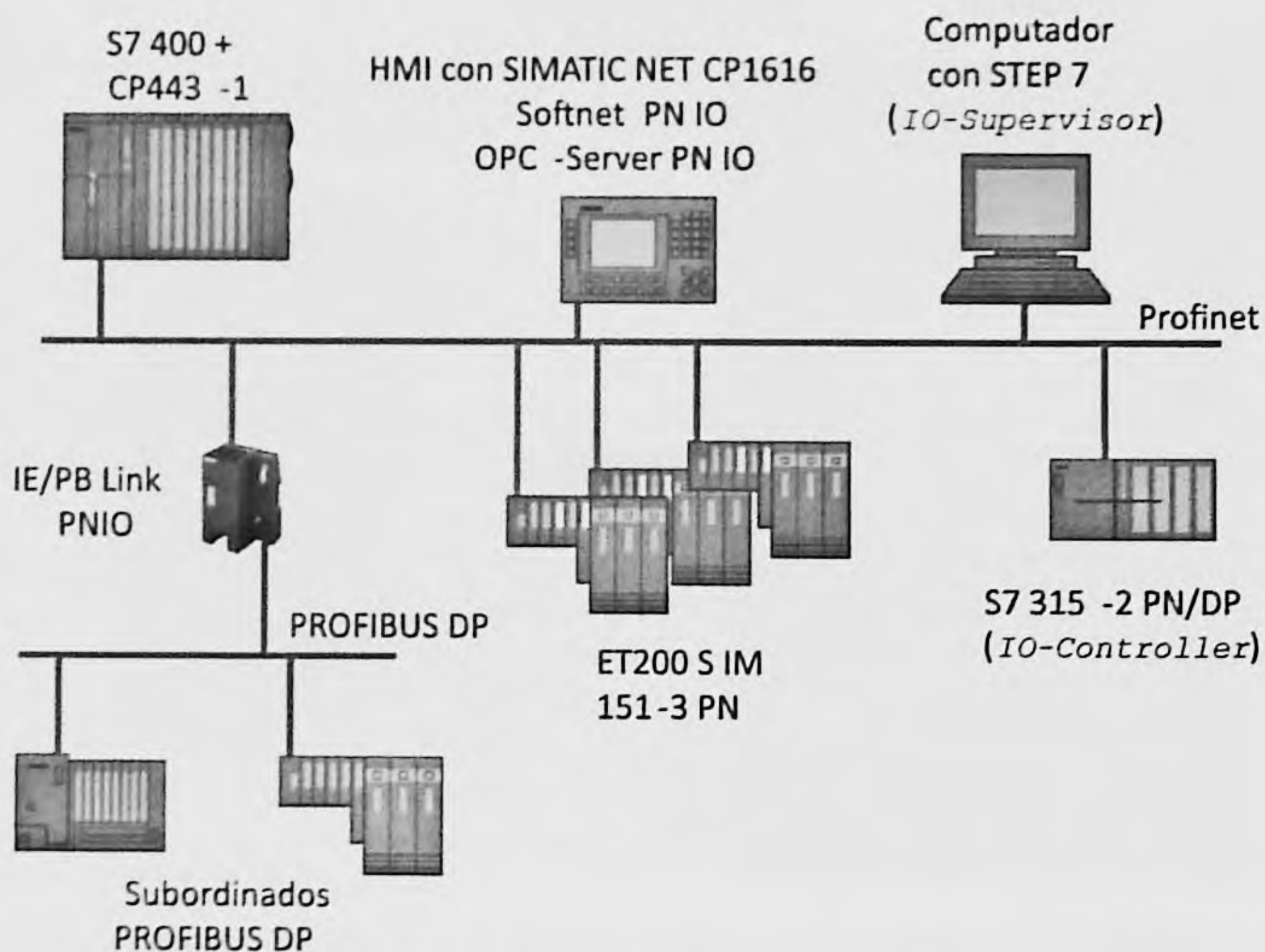


Figura A4.17 Sistema de control distribuido que está constituido por una red PROFIBUS DP conectada a una red Profinet mediante una pasarela IE/PB Link PNIO.

BIBLIOGRAFÍA

- [INTE 05] International Electrotechnical Commission (IEC). *International Standard IEC61499, Function Blocks, Part 1 - Part 4*. January 2005. (<http://www.iec.ch/>)
- [MAND 08] E. Mandado y Y. Mandado. *Sistemas Electrónicos Digitales*. Editorial Marcombo. 2008.
- [PIGA 06] R. Pigan y M. Metter. *Automating with Profinet*. Publicis Corporate Publishing. 2006.

APÉNDICE 5

Confiabilidad de los Sistemas Electrónicos

A5.1 Introducción

Desde los primeros momentos en que la Tecnología adquirió carta de naturaleza, como resultado de la evolución de la Técnica mediante la aplicación de métodos sistemáticos desarrollados a partir del conocimiento científico [MUMF 34] [RUSS 49], se fueron creando paulatinamente un conjunto de conceptos que definen el hecho tecnológico como son la vida útil, la calidad, la confiabilidad, la fiabilidad, la mantenibilidad, la disponibilidad, la seguridad, la normalización, etc. Por otra parte, la interrelación entre las diferentes tecnologías a lo largo del siglo XX dio como resultado el concepto de “Sistema”, definido como un conjunto de elementos en interacción dinámica organizados de acuerdo con una finalidad [DOBR 79] [GILL 78], e hizo que se fuese elevando la complejidad de los artefactos creados por el ser humano y la necesidad de asegurar su correcto funcionamiento [BERG 66] [BERN 81] [LERN 81] [MIHA 81]. Este hecho se hizo especialmente evidente con el desarrollo de la Microelectrónica que permitió la fabricación de circuitos integrados monolíticos cada vez más complejos lo que provocó una disminución del coste de los sistemas electrónicos y trajo como consecuencia la introducción de la Electrónica, especialmente de la Electrónica Digital, en numerosos productos y procesos en los que es imprescindible evitar los efectos negativos de un mal funcionamiento de aquellos [PEAT 81].

Por ello, en este apéndice se analizan los conceptos básicos relativos al correcto funcionamiento de los sistemas electrónicos, que, en el capítulo 10 de este libro, se utilizan para estudiar los aspectos relacionados con la confiabilidad en general, y con la seguridad en particular, de los sistemas electrónicos de parada de emergencia (módulos de seguridad) y de los basados en autómatas programables, tanto en lo que se refiere a la seguridad ante averías (*Safety or fail-safe systems*) como a la seguridad ante acciones deliberadas contra los mismos o sabotajes (*Security systems*) y a la disponibilidad (*Availability*).

A5.2 Conceptos relacionados con el funcionamiento de un sistema

El concepto básico, en relación con el funcionamiento de un sistema, recibe el nombre de garantía de funcionamiento o confiabilidad (*Dependability*) y es la propiedad que permite al

usuario tener una confianza justificada en el servicio que dicho sistema proporciona [LEE 90] [GIL 92]. La confiabilidad es un concepto complejo que engloba a su vez otros más sencillos que se pueden dividir en tres categorías:

- Los conceptos básicos a tener en cuenta para evaluar la confiabilidad de un sistema, que se dividen a su vez en:
 - Los conceptos relativos a las imperfecciones del sistema.
 - Los conceptos relativos a los atributos del sistema en lo que se refiere a su confiabilidad.
- Los conceptos relativos a la implementación de los sistemas de elevada confiabilidad que se dividen también en dos clases:
 - Los conceptos relativos a los métodos de realización de sistemas de elevada confiabilidad.
 - Los conceptos relativos a los métodos para comprobar y reparar los sistemas de elevada confiabilidad.
- La clasificación de los sistemas de elevada confiabilidad en función de los atributos que tienen más influencia en sus objetivos de diseño.
- En sucesivos apartados se analiza cada una de estas categorías.

A5.2.1 Conceptos básicos relativos a la confiabilidad

A5.2.1.1 Imperfecciones de un sistema y sus consecuencias

Como se indica en la introducción, cualquier sistema desarrollado por el ser humano es susceptible de funcionar de forma diferente a aquella para la que fue diseñado, debido a una imperfección consistente en una variación no prevista de sus características. Según el efecto que producen sobre el funcionamiento de un sistema se distinguen cuatro tipos de imperfecciones (Figura A5.1). Recibe el nombre de defecto (*Defect*) la imperfección que produce una desviación de algún parámetro del sistema del valor previsto por el diseñador. Existen imperfecciones que pueden dar lugar a un mal funcionamiento y otras que simplemente dificultan el buen funcionamiento. Por ejemplo, el deterioro de la carátula de un instrumento electrónico no da lugar a un mal funcionamiento o error, aunque dificulta la actuación del usuario. Por el contrario, la falta de ganancia de un transistor que hace que no se sature bien, puede dar lugar a un mal funcionamiento del circuito en el que está situado. Precisamente los defectos que producen el cese de la aptitud de un sistema para realizar la función para la que fue diseñado reciben el nombre de fallos (*Faults*) y su consecuencia es la aparición de errores. Se define el error (*Error*) como una desviación detectada en un sistema en relación con las especificaciones que debe cumplir en su funcionamiento, debido a la presencia de un fallo. Los errores pueden dar lugar o no a averías del sistema. Por ejemplo la ausencia de emisión de luz por parte del diodo luminiscente [*Light Emitting Diode (LED)*], que indica que una unidad de disco está siendo accedida por un computador, constituye un error que no da lugar a una avería, porque no impide el correcto funcionamiento del sistema. Precisamente se define la avería (*Failure*) como la manifestación de un error que hace que el sistema realice una función diferente de aquélla para la que fue

diseñado. Por ejemplo si en la unidad de disco de un computador deja de funcionar el motor que hace que se desplace la cabeza de escritura-lectura, se produce un error que da lugar a una avería. En la figura A5.1 se indica la relación que existe entre los cuatro tipos de imperfecciones que se acaban de describir.

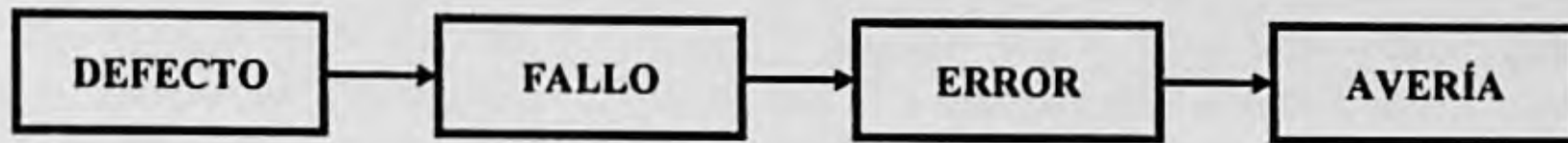


Figura A5.1. Imperfecciones de un sistema.

A5.2.1.2 Atributos de un sistema en relación con la confiabilidad

Se definen los atributos del sistema en relación con la confiabilidad como los parámetros utilizados para medir el nivel de la misma.

Actualmente los mercados son cada vez más competitivos y los productos en general y los sistemas electrónicos de control en particular, deben cumplir determinadas especificaciones técnicas al menor precio posible y para ello han de cumplir un conjunto de requisitos:

- Sus especificaciones técnicas se deben mantener durante un determinado período de tiempo, lo cual da origen al concepto de fiabilidad (*Reliability*).
- Deben estar operativos en cualquier instante en que se les necesite, lo cual da origen al concepto de disponibilidad (*Availability*).
- En la mayoría de los casos deben ser reparables y en ellos la disponibilidad depende del tipo de mantenimiento que se realice, lo que da lugar al concepto de mantenibilidad (*Maintainability*).
- En muchas aplicaciones el proceso o la máquina controlada mediante un sistema electrónico de control puede alcanzar una situación peligrosa si se produce un fallo de este último. Esto hace que resulte imprescindible que el sistema electrónico no falle y que, en el caso de que lo haga, se asegure que sus salidas adoptan valores que no supongan un riesgo para la instalación de la que forma parte, para las personas que trabajan en ella o para el entorno (medio ambiente). La exigencia de este comportamiento da lugar al concepto de seguridad ante averías (*Safety*).

Dado que la confiabilidad está formada por estos cuatro atributos, se la suele conocer por la denominación de tecnología RAMS (acrónimo de *Reliability-Availability-Maintainability-Safety*) [MARC 02] [SMIT 01].

Además de la fiabilidad, la disponibilidad, la mantenibilidad y la seguridad se pueden considerar otros atributos complementarios como son el nivel de comportamiento, la predicibilidad, la protección de la propiedad intelectual y la verificabilidad. A continuación se analizan los diferentes atributos que se acaban de citar.

A5.2.1.2.1 Fiabilidad

El concepto de fiabilidad (*Reliability*) nace como consecuencia de la necesidad de cuantificar el intervalo de tiempo durante el cual las características de un sistema permanecen dentro

de unos márgenes predeterminados. La Comisión Electrotécnica Internacional, conocida como IEC (acrónimo de *International Electrotechnical Commission*), define la fiabilidad de los componentes, circuitos y sistemas electrónicos como la probabilidad de que cumplan su función, en condiciones especificadas y durante un tiempo determinado. De esta definición se deduce, por una parte, que la fiabilidad es un concepto probabilístico es decir que su valor está comprendido entre 0 y 1, y por otra que representa la calidad del componente a lo largo del tiempo. En un instante determinado t , la fiabilidad $R(t)$ especifica el porcentaje N_t de componentes o sistemas que sobreviven respecto de los que había inicialmente N_0 . Si se denomina $n(t)$ al número de componentes que fallan entre 0 y t , la ecuación (1) muestra la expresión de la fiabilidad $R(t)$ y la (2) el complemento a uno de la fiabilidad $F(t)$ que es la probabilidad de fallo o in fiabilidad en el instante t .

$$R(t) = \frac{N_t}{N_0} = \frac{N_0 - n(t)}{N_0} \quad (1) \quad ; \quad F(t) = 1 - R(t) \quad (2)$$

La complejidad, cada vez más elevada, de los sistemas eléctricos, mecánicos y electrónicos hace necesario establecer, ya en la etapa de diseño, los requisitos de fiabilidad que garanticen que sus especificaciones (*Requirements*) técnicas se pueden mantener en unas determinadas condiciones de funcionamiento y durante un cierto intervalo de tiempo. Para ello es necesario hacer a priori un estudio que permita predecir la fiabilidad que tendrá el sistema una vez construido. Como resultado de dicho estudio se debe obtener el diseño definitivo y la especificación de los componentes para lograr los objetivos de fiabilidad propuestos.

La fiabilidad es especialmente importante en aquellos sistemas en los que no son aceptables períodos, incluso mínimos, de funcionamiento incorrecto, o en los que la reparación es imposible en el caso de que se produzca una avería. Un ejemplo de este tipo son los sistemas electrónicos situados a bordo de un satélite.

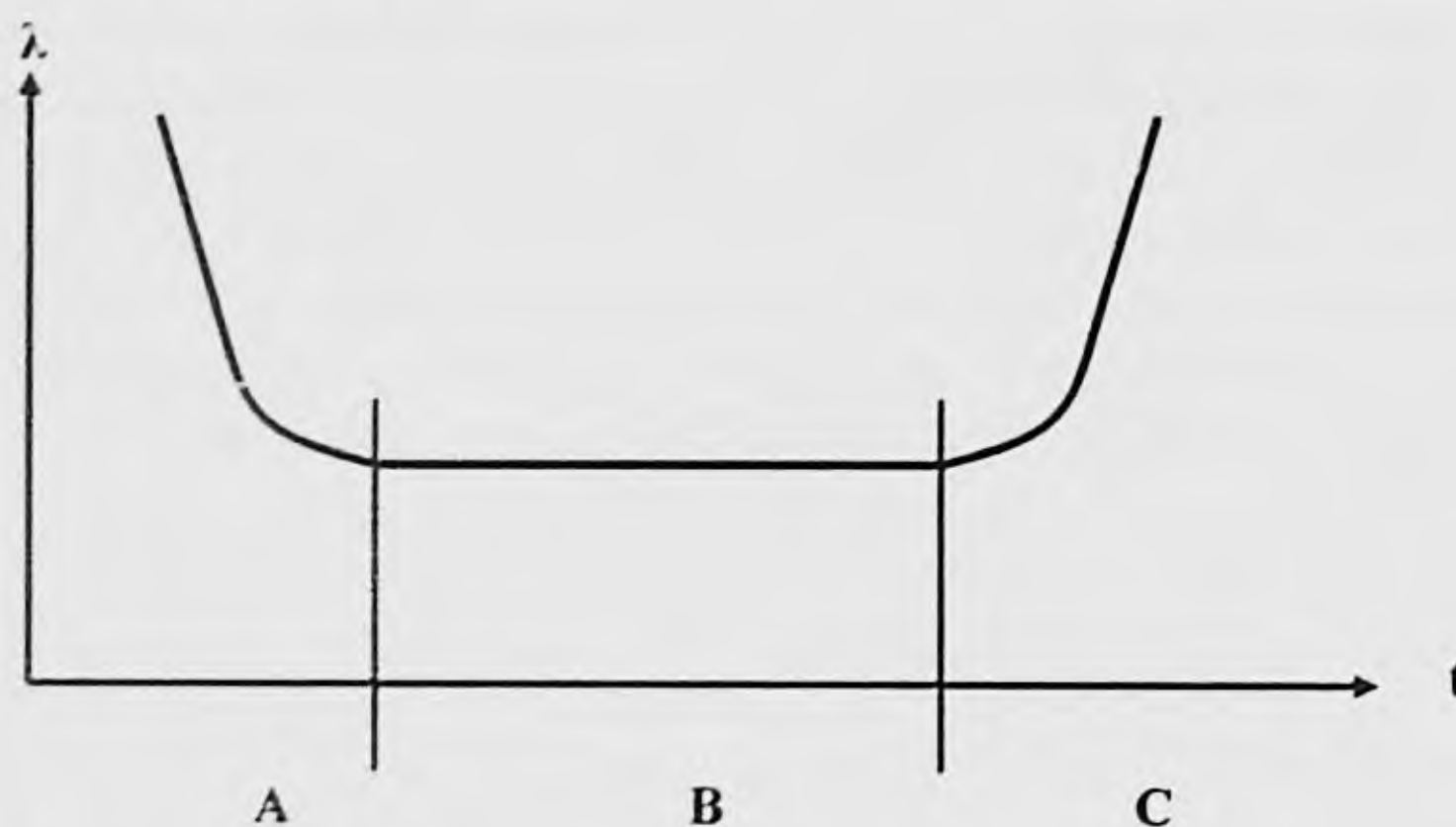


Figura A5.2. Curva de la bañera.

Los parámetros que definen la fiabilidad son:

- Tasa media de fallos $[\lambda(t)]$

Es el número medio de fallos de un componente en un intervalo de tiempo. Representa la velocidad a la que se producen los fallos en dicho intervalo.

- **Tasa instantánea de fallos [$\lambda(t)$]**

Es la tasa media de fallos cuando el intervalo de tiempo tiende a cero. También se puede interpretar como la probabilidad de fallo de un determinado componente referido a los componentes existentes en ese instante. Para componentes y sistemas electrónicos, la representación gráfica de $\lambda(t)$ se indica en la figura A5.2, conocida como curva de la bañera [MARC 03], en la que aparecen tres zonas claramente diferenciadas:

- Período de mortalidad infantil (A), que es la zona en la que aparecen averías precoces debidas a fallos de diseño, de fabricación, etc. En ella la tasa instantánea de fallos $\lambda(t)$ es decreciente.
- Período de vida útil (B), que es la zona en la que la tasa instantánea de fallos $\lambda(t)$ es aproximadamente constante y los fallos son imprevisibles, aleatorios y catastróficos.
- Período de envejecimiento (C), que es la zona en la que los fallos se producen por desgaste del componente y la tasa de fallos $\lambda(t)$ es creciente.

La unidad de medida de la tasa de fallos de un componente es su número de fallos por unidad de tiempo. Se puede expresar en “fallos por hora” y en ese caso $\lambda(t)$ se suele representar por [Hora^{-1}]. Como esta unidad es muy pequeña resulta más cómodo utilizar el “fallo por millón de horas” y en ese caso $\lambda(t)$ se suele representar por [10^{-6} Horas]. Otra unidad de medida es el fallo por cada 10^9 horas, que se denomina FIT, y se define mediante expresión:

$$\lambda = a \times 10^{-9} [\text{Hora}^{-1}] = a [\text{FITs}] \quad (3)$$

Se puede demostrar que la tasa instantánea de fallos $\lambda(t)$ y la fiabilidad $R(t)$ se relacionan según la expresión (4), mediante cuya integración se obtiene la ecuación (5) que establece la expresión de la fiabilidad $R(t)$ en función de la tasa de fallos $\lambda(t)$. Si se tiene en cuenta que el valor de la tasa instantánea de fallos λ de un componente es constante a lo largo de su vida útil, la ecuación (5) se convierte en la expresión (6) que muestra el carácter exponencial de la fiabilidad de los componentes electrónicos.

$$\lambda(t)dt = \frac{dR(t)}{R(t)} \quad (4) ; \quad R(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t)dt} \quad (5) ; \quad R(t) = e^{-\lambda t} \quad (6)$$

- **Tiempo medio entre fallos [MTBF]**

Se denomina MTBF (acrónimo de *Mean Time Between Failures*), se aplica a sistemas reparables y es la media de los intervalos de tiempo entre dos fallos consecutivos.

- **Tiempo medio hasta el fallo [MTTF]**

Se denomina MTTF (acrónimo de *Mean Time To Failure*), se aplica a sistemas no reparables y es la media de los intervalos de tiempo hasta que se produce el primer y único fallo.

- **Vida media [θ]**

Es el valor medio del intervalo de tiempo durante el cual funciona un determinado componente o sistema. Matemáticamente se demuestra que la vida media responde a la expresión (7). En sistemas no reparables la vida media θ coincide con el MTTF y en sistemas reparables con el MTBF.

$$\theta = \int_0^{\infty} R(t) dt = \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} dt = \frac{1}{\lambda} \quad (7)$$

A5.2.1.2.2 Disponibilidad

La disponibilidad (*Availability*) es la probabilidad de que un sistema funcione correctamente, de acuerdo con las especificaciones en cualquier instante de su vida útil. Es por lo tanto una función del tiempo, su valor está comprendido entre 0 y 1, y depende, no solo de la frecuencia con la que el sistema deja de estar operativo, sino también de la velocidad con la que se le puede restituir a dicho estado. Por lo tanto la disponibilidad está directamente relacionada con la mantenibilidad que se describe posteriormente.

La disponibilidad es especialmente importante en aquellos sistemas en los que su puesta fuera de servicio, debida a una avería, causa importantes trastornos a los usuarios del mismo o al sistema global del que forman parte. Un ejemplo lo constituyen los computadores utilizados en aplicaciones bancarias, en la reserva de billetes de las compañías aéreas y en algunas aplicaciones industriales en las que si el sistema electrónico deja de funcionar se produce una situación que genera graves pérdidas económicas y/o riesgos inadmisibles para el personal o para el entorno.

Desde el punto de vista del usuario del sistema, la disponibilidad es el parámetro más importante y está directamente relacionado con la mantenibilidad y con la fiabilidad mediante la ecuación (8), que la define como la suma de la probabilidad $R(t)$ de que el sistema no falle más la probabilidad $F(t)$ de que si falla se repare $M(t)$.

$$A(t) = R(t) + M(t) \cdot F(t) \quad (8)$$

Sustituyendo las expresiones de $R(t)$, $M(t)$ y $F(t)$ por las expresiones obtenidas anteriormente resulta la expresión (9).

$$A(t) = e^{-\lambda t} + (1 - e^{-\lambda t}) \cdot (1 - e^{-\mu t}) \quad (9)$$

En general la expresión más utilizada para expresar la disponibilidad $A(t)$ de un sistema electrónico es la que relaciona los tiempos operativos con los tiempos totales, (10).

$$A = \frac{\text{Tiempo operativo}}{\text{Tiempo operativo} + \text{Tiempo no operativo}} \quad (10)$$

Si no se tienen en cuenta los tiempos logísticos y administrativos que se describen en el apartado A5.2.1.2.3, se obtiene la disponibilidad teórica o intrínseca A_i , que se expresa en la ecuación (11). En el caso más general, en el que se realice un mantenimiento preventivo y co-

rectivo, y se tengan en cuenta los tiempos logísticos y administrativos en condiciones reales de operación (herramientas disponibles, repuestos existentes, cualificación profesional de la mano de obra, etc.), se obtiene la disponibilidad operacional A_o que responde a la expresión (12), en la que MTBF es el tiempo medio entre acciones de mantenimiento preventivo o correctivo y MDT es el tiempo medio de las acciones de mantenimiento teniendo en cuenta los tiempos logísticos y administrativos. Si no se realiza mantenimiento preventivo, la disponibilidad operacional A_o se transforma en la que indica la expresión (13).

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (11) \quad A_o = \frac{MTBM}{MTBM + MDT} \quad (12) \quad A_o = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR + DT} \quad (13)$$

Otro concepto, frecuentemente utilizado, es la probabilidad de que el equipo no esté disponible. Se denomina indisponibilidad U (*Unavailability*) y su valor es el complemento a uno de la disponibilidad. La indisponibilidad operacional responde a la expresión (14) y si no se realiza mantenimiento preventivo su expresión se transforma en la (15).

$$U_o = 1 - A_o = 1 - \frac{MTBM}{MTBM + MDT} = \frac{MDT}{MTBM + MDT} \quad (14) \quad U_o = \frac{MDT}{MTBF + MDT} \quad (15)$$

Si además, como suele ser habitual, se considera que el MDT es mucho más pequeño que el MTBF, la expresión de la indisponibilidad operacional se transforma en la (16). Si además no se tienen en cuenta los tiempos logísticos y administrativos, la expresión de la indisponibilidad resulta ser la (17).

$$U_o \approx \frac{MDT}{MTBF} \approx \frac{MDT}{\theta} \approx MDT \cdot \lambda \quad (16) \quad U_o \approx \frac{MTTR}{MTBF} \approx \frac{MTTR}{\theta} \approx MTTR \cdot \lambda \quad (17)$$

A5.2.1.2.3 Mantenibilidad

La mantenibilidad (*Maintainability*) es la probabilidad de que un sistema averiado sea reparado al cabo de un determinado tiempo a partir del instante en que se produce dicha situación, y es evidente que tiene una gran influencia en su disponibilidad. La mantenibilidad $M(t)$ es por lo tanto la propiedad de un sistema que determina la facilidad para ser restituido a su estado de funcionamiento después de un fallo. Según la norma "MIL-STD-721B", la mantenibilidad es la probabilidad de que un sistema averiado sea reparado para que recupere la fiabilidad inicial en un tiempo determinado, y con unos medios y en unas condiciones determinadas.

A medida que aumenta la complejidad tanto del hardware como del software de los sistemas electrónicos, el conocimiento de su fiabilidad no es suficiente y el usuario exige además conocer el tipo de mantenimiento que necesita y su periodicidad (gamas de mantenimiento), el tiempo necesario para llevar a cabo las acciones de mantenimiento, el número de componentes de repuesto necesarios, el perfil del personal de mantenimiento, etc. En general los tipos de mantenimiento más habituales son:

- **Mantenimiento correctivo**

Es el conjunto de operaciones que se realizan cuando aparece un fallo, a fin de que el sistema vuelva a la situación en que se encontraba en ausencia de fallo de tal forma

que quede en condiciones de cumplir la función que debe realizar. Este tipo de mantenimiento es inevitable.

- **Mantenimiento preventivo**

Se refiere al conjunto de operaciones que se practican periódicamente, o de acuerdo con criterios específicos, con el objetivo de reducir la probabilidad de fallo de un sistema. El mantenimiento preventivo comprueba y sustituye componentes y elementos, antes de que alcancen el final de su vida útil. Las tareas de mantenimiento preventivo se organizan en gamas de mantenimiento, que son actividades programadas y de una frecuencia determinada (diarias, semanales, quincenales, mensuales, trimestrales, etc.).

- **Mantenimiento predictivo**

Se encarga de las tareas de medición y comprobación de determinadas variables o elementos, para predecir el fallo antes de que se produzca. Este tipo de mantenimiento permite detectar los elementos en los que potencialmente puede aparecer un fallo y programa su sustitución en el momento mas adecuado.

Los parámetros que definen la mantenibilidad son:

- **Tiempo medio de reparación [MTTR]**

El tiempo medio de reparación MTTR (acrónimo de *Mean Time To Repair*) es el valor medio del tiempo que tarda en repararse una determinada avería. Representa el tiempo medio probable de una acción de mantenimiento correctivo y constituye el parámetro básico de la mantenibilidad al igual que el MTBF^o lo es de la fiabilidad. El MTTR se puede obtener a partir de la ficha histórica del sistema, como el cociente entre el tiempo total de las reparaciones y el número total de reparaciones. En general el MTTR se puede expresar por la ecuación (18), en la que N_i es el número de elementos o equipos similares, λ_i es la tasa de fallos de un elemento o equipo y R_{pi} es la previsión del tiempo necesario de reparación de un elemento o equipo.

$$MTTR = \frac{N_1 \lambda_1 R_{p1} + N_2 \lambda_2 R_{p2} + \dots + N_n \lambda_n R_{pn}}{N_1 \lambda_1 + N_2 \lambda_2 + \dots + N_n \lambda_n} = \frac{\sum_{i=1}^n N_i \lambda_i R_{pi}}{\sum_{i=1}^n N_i \lambda_i} \quad (18)$$

En el MTTR solo se tienen en cuenta los tiempos activos de reparación, entre los que se pueden citar los siguientes:

- Tiempo de preparación
- Tiempo de acceso
- Tiempo de diagnóstico
- Tiempo de aislamiento del fallo
- Tiempo de reemplazamiento
- Tiempo de comprobaciones

- Tiempo de montaje
- Tiempo de ajuste
- **Tasa de reparación $[\mu]$**
Representa el número de reparaciones que se pueden hacer en un elemento o sistema por unidad de tiempo y es el inverso de MTTR (19), de igual forma que ocurría con la tasa de fallos λ y el MTBF.

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \quad (19)$$

- **Tiempo de retardo [DT]**
El tiempo de retardo DT (acrónimo de *Delay Time*) es el intervalo de tiempo debido a las actividades logísticas y administrativas del mantenimiento. Además de los tiempos activos, en las tareas de mantenimiento hay que tener en cuenta, los tiempos administrativos y logísticos, entre los que cabe citar los siguientes:
 - Tiempo de preparación
 - Tiempo de preparación de órdenes de trabajo
 - Tiempo de demoras administrativas
 - Tiempo que tarda en llegar el servicio técnico
 - Tiempo de organización del trabajo por parte del servicio técnico
 - Tiempo de retardo por falta de repuestos
 - Tiempo de realización de informes de la intervención realizada
- **Tiempo medio de mantenimiento [MDT]**
El tiempo medio de mantenimiento MDT (acrónimo de *Maintenance Down Time*) es la duración media del fallo a partir del instante en que este se produce. Si se tienen en cuenta los tiempos logísticos y administrativos del mantenimiento (DT) y los tiempos activos de reparación (MTTR), se obtiene el tiempo total de inactividad (MDT) que responde a la expresión (20).

$$MDT = MTTR + DT \quad (20)$$

La mantenibilidad $M(t)$ representa la probabilidad de que un equipo sea reparado en un tiempo determinado y se puede demostrar que su expresión matemática responde a la ecuación (21), que combinada con la expresión (19) permite obtener la expresión (22), que relaciona la mantenibilidad y el MTTR.

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t} \quad (21) \quad MTTR = \frac{1}{\mu} = \frac{t}{\ln \left[\frac{1}{1 - M(t)} \right]} \quad (22)$$

De todo lo expuesto se deduce que el mantenimiento tiene un coste cuya minimización es importante, en especial en algunas aplicaciones en las que por su naturaleza la reducción del MTTR es más importante que el aumento del MTBF. La experiencia permite establecer un conjunto de reglas que se deben tener en cuenta durante el diseño de un sistema electrónico para mejorar la mantenibilidad. Entre ellas se pueden mencionar las siguientes:

- Reducir el tiempo de acceso mediante la utilización de dispositivos mecánicos de bloqueo que se suelten rápidamente.
- Establecer puntos de comprobación y medida.
- Diseñar el sistema de forma que sus diferentes elementos sean fácilmente accesibles, especialmente los que tengan una mayor tasa de fallos.
- Diseñar el sistema de forma modular, siempre que sea posible.
- Tratar de incluir sistemas de detección de fallos y su correspondiente sistema de señalización.
- Elaborar una documentación adecuada.
- Establecer el nivel óptimo de repuestos que debe haber en el almacén.
- Disponer de personal con un nivel adecuado de formación y el equipamiento necesario.

A5.2.1.2.4 Seguridad

La seguridad presenta a su vez dos aspectos que se describen a continuación.

Seguridad ante averías (*Safety*)

La seguridad ante averías (*Safety*) o seguridad funcional se define como la capacidad de un sistema para que, ante la presencia de un fallo en él o una acción incorrecta sobre el mismo, no alcance un estado en el que se pueda producir daño al proceso del que forma parte, al entorno del mismo o a los seres humanos que lo utilizan. Esta acepción de la seguridad es por lo tanto la probabilidad de que un sistema realice sus funciones de forma correcta o deje de hacerlo de manera tal que no se comprometa la operación de otros sistemas, ni se provoquen situaciones peligrosas para el personal asociado al mismo o su entorno [MIL 00] [SMIT 01].

Algunos ejemplos de estos tipos de instalaciones son:

- Industrias químicas y petroquímicas
- Industrias de generación y distribución de energía eléctrica
- Minería
- Transporte de combustibles (gaseoductos, oleoductos, etc.)
- Plataformas marítimas
- Industria de alimentación
- Plantas de tratamiento de aguas
- Transporte de personas

- Ventilación de túneles
- Industria medioambiental (incineración de basuras, etc.)
- Nuevos sistemas para el sector de automoción
- Máquinas de prensado
- Vigilancia de áreas peligrosas (zonas de trabajo de robots, etc.)

En la figura A5.3 se representa un tipo de sistema, formado por un sistema electrónico de control y una máquina o proceso industrial, en el que la seguridad ante averías (*Safety*) ha ido adquiriendo una gran importancia. En este sistema se pueden producir situaciones peligrosas debido a tres tipos diferentes de causas o factores de riesgo:

- **Anomalías o averías en la propia máquina**

En general en las máquinas y procesos industriales se pueden producir fallos que dan lugar a un mal funcionamiento (averías). Desde el punto de vista de la seguridad ante averías (*Safety*) de una máquina se pueden distinguir tres clases de averías:

- Tolerables, benignas o no peligrosas que son aquéllas que no provocan situaciones de riesgo para el entorno del sistema o sus usuarios, aunque afectan al funcionamiento del mismo.
- Intolerables, catastróficas o peligrosas que son aquellas que pueden causar daños al entorno del sistema o a sus usuarios desde el mismo instante en que se producen.
- No directamente peligrosas que son aquellas que aisladamente no son peligrosas pero que lo son cuando se combinan con otras.

Esto hace que para cada máquina concreta, sea necesario estudiar los factores de riesgo, para determinar las situaciones directamente o potencialmente peligrosas. A partir de dicho estudio (Análisis de riesgos) se deben definir las características técnicas, entre las que destacan las de fiabilidad, que tiene que cumplir el sistema electrónico de control para que el conjunto alcance un determinado nivel o categoría de seguridad ante averías.

- **Averías del sistema electrónico que controla la máquina**

En muchas máquinas o conjuntos de máquinas que constituyen un proceso productivo es necesario tener la seguridad de que cualquier avería que se produzca en el sistema electrónico de control o en su conexión con el proceso o máquina controlada, no provoca riesgos que pongan en peligro la vida de los usuarios, la integridad de las instalaciones y el medio

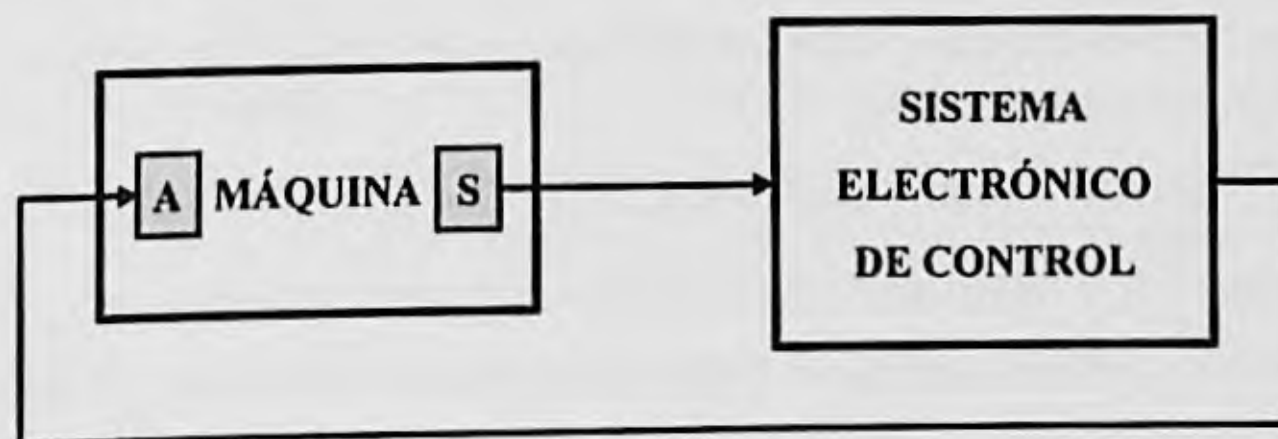


Figura A5.3. Diagrama de bloques de una máquina controlada por un sistema electrónico.

ambiente. Al mismo tiempo, es usual que el sistema electrónico de control deba cumplir determinadas especificaciones de disponibilidad, y por ello también se debe minimizar la probabilidad de que el sistema de control pare la instalación y la lleve al estado seguro debido a un fallo del propio sistema de control (paradas falsas).

- **Acciones externas incorrectas sobre la máquina**

Es posible que sobre una máquina se produzcan acciones externas que generen situaciones peligrosas que es necesario evitar. Un ejemplo típico es el de un centro de mecanizado automático cuyo funcionamiento debe detenerse en el caso de que un operario realice una maniobra incorrecta (por ejemplo la apertura de una puerta, etc.)

La existencia de los tres tipos de situaciones que se acaban de describir hizo que diversos organismos elaborasen normas relacionadas con la seguridad, tanto de aplicación general como para aplicaciones especiales. Entre ellas cabe citar las siguientes:

- IEC 61508 (1998) *Functional safety of electrical / electronic / programmable electronic safety -related systems*. Normativa independiente de la aplicación.
- IEC 61511 *Functional safety. Safety Instrumented Systems for the process industry sector*.
- ANSI/ISA-84.01 (1997). *Application of safety Instrumented Systems for the process Industries*.
- EN 954-1 (1997) Seguridad de las máquinas. Partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad. Parte 1: Principios generales para el diseño.
- MIL-STD-882 (2000) *Standard Practice for System Safety*.
- DIN V 19250 *Control technology; fundamental safety aspects to be considered for measurement and control equipment*.
- VDE V 0801 *Principles for computers in safety-related systems*.
- EN 292-1 (1991) Seguridad de las máquinas. Conceptos básicos, principios generales para el diseño. Parte 1: Terminología básica, metodología.
- EN 292-2 (1991) Seguridad de las máquinas. Conceptos básicos, principios generales para el diseño. Parte 2: Principios y especificaciones técnicas.
- DIN V VDE 0801. Fundamentos para computadoras en sistemas con tareas de seguridad.
- VDI/VDE 2180 Normativa sobre aseguramiento de la seguridad de plantas de proceso que utilizan instrumentación y control.
- EN50156 Normativa sobre equipamiento eléctrico para sistemas de combustión.
- EN 298 Normativa para sistemas de control de combustión de gas.

La certificación de que un sistema de control cumple una determinada norma la realizan organismos independientes de los fabricantes, como son TÜV-Product Service (Alemania), la Asociación profesional alemana para la prevención de accidentes [BG (Berufsgenossenschaft)] y "Factory Mutual Research Corporation" (FMRC) (E.E.U.U.).

La importancia creciente de la seguridad ante averías (*Safety*) en relación con los sistemas electrónicos de control hace que a ella se dedique el apartado A5.5.2.

Seguridad ante sabotajes (*Security*)

La seguridad ante sabotajes (*Security*) se define como la capacidad de un sistema para continuar funcionando a pesar de que se realicen acciones, por personas no autorizadas, que puedan dar lugar a que deje de hacerlo. Este aspecto es cada día más importante en las instalaciones industriales controladas por sistemas electrónicos programables. Si en el diseño de estos últimos no se adoptan determinadas precauciones que lo impidan, puede ser muy sencillo alterar, de forma intencionada o no, su correcto funcionamiento.

A5.2.1.2.5 Nivel de comportamiento

El nivel de comportamiento (*Performability*), es la probabilidad de que el nivel de funcionamiento de un sistema sea igual o esté por encima de un cierto valor en un determinado instante y está relacionado con la capacidad del sistema para operar en modo degradado. La medida de este atributo depende de la evaluación, de forma numérica, de la capacidad del sistema concreto que se considere. Por ejemplo, en el caso de un sistema multiprocesador, el nivel de comportamiento puede evaluarse en función del número de procesadores disponibles para realizar operaciones en cada instante.

A5.2.1.2.6 Predecibilidad

La predecibilidad (*Predictability*) se define como la probabilidad de determinar a priori, con un cierto grado de precisión, la capacidad de un sistema para realizar las tareas que se le han encomendado dentro de unos límites de tiempo definidos y en general, muy exigentes. Este parámetro es muy importante en los sistemas de tiempo real que son aquellos que, ante la aplicación de determinadas excitaciones en sus entradas, deben proporcionar una respuesta dentro de unos límites de tiempo definidos, y en ocasiones muy reducidos.

A5.2.1.2.7 Protección de la propiedad intelectual

La protección de la propiedad intelectual (*Know how*) es la capacidad de un sistema para impedir la realización de copias no autorizadas del mismo. En los sistemas electrónicos programables en general, y en los autómatas programables en particular, la protección de la propiedad intelectual del programa guarda una estrecha relación con la seguridad ante sabotajes (*Security*) porque si un programa se puede leer también se puede modificar para llevar a cabo un sabotaje.

A5.2.1.2.8 Verificabilidad

La verificabilidad (*Testability*) proporciona una medida de la facilidad con la que se pueden evaluar en la práctica las prestaciones de un sistema. Está fuertemente relacionada con la mantenibilidad, ya que influye en el tiempo necesario para identificar y localizar ciertos fallos. La importancia de la verificabilidad aumenta con la creciente complejidad de los sistemas creados por el ser humano.

La verificabilidad es un concepto muy difícil de definir. Para aquellos que la ven exclusivamente desde el punto de vista del diseño [McCL 86], la verificabilidad está asociada a los

métodos de síntesis que tienen como objetivo disminuir los costes de generación o de aplicación de las pruebas para una determinada cobertura de fallos, o la elevación de la cobertura de fallos con unos costes de generación o de aplicación de pruebas determinados. Para aquellos que la ven desde el punto de vista del ciclo total de un producto [TURI 90], la verificabilidad está asociada con el esfuerzo realizado para reducir el coste de un producto y elevar la productividad y la calidad a través de su ciclo total desde la concepción hasta el servicio post-venta, pasando por el diseño y la producción. Combinando ambos puntos de vista, la verificabilidad se puede definir como la facilidad para comprobar el funcionamiento de un sistema mediante el aislamiento de fallos en componentes, subconjuntos o subsistemas y para desarrollar una secuencia de pruebas.

La autoverificabilidad, que es la capacidad de un sistema para autoverificarse, es uno de los requisitos que deben cumplir los sistemas seguros ante averías. De lo expuesto se deduce que la verificación está ligada a todos los métodos de diseño de sistemas, con la elevación de la confiabilidad como objetivo y es muy difícil de estudiar por sí sola. Por ello a su estudio se dedica el apartado A5.3.

A5.2.2 Conceptos relativos a la implementación de los sistemas de elevada confiabilidad

Tal como se indica en el apartado A5.2 los conceptos relativos a la implementación de los sistemas de elevada confiabilidad se dividen en dos clases que hacen referencia a los métodos utilizados para llevarla a cabo y a los mecanismos relacionados con la respuesta a los fallos.

A5.2.2.1 Métodos de realización de sistemas para proporcionar elevada confiabilidad

Los atributos descritos en el apartado A5.2.1.2 no son independientes sino que están relacionados entre sí. Por ello, para abordar la realización de sistemas de elevada confiabilidad, es necesario establecer métodos de diseño que tengan en cuenta dicha relación. Los métodos para proporcionar una elevada confiabilidad pueden ser de tres tipos que se describen seguidamente.

A5.2.2.1.1 Prevención de fallos

La prevención de fallos (*Fault avoidance or intolerance*) consiste en un conjunto de técnicas para prevenir la aparición de fallos internos y evitar la introducción de fallos externos. Estas técnicas se aplican desde la especificación del sistema hasta su mantenimiento pasando por su concepción y puesta en funcionamiento. Los métodos de prevención pueden ser:

- Generales, que son aplicables a cualquier tipo de sistema de cualquier tecnología. Constituye un ejemplo de este tipo de métodos el diseño teniendo en cuenta el caso más desfavorable (*Worst case design*), la fabricación con componentes de gran calidad, la realización de revisiones periódicas del diseño, la simulación y/o inyección de fallos, la elaboración de una documentación completa y detallada, y la fabricación con procedimientos de control de calidad.
- Específicos de cada tecnología concreta de que se trate. Por ejemplo en electrónica son métodos específicos de prevención de fallos, la utilización de técnicas de protección contra las interferencias electromagnéticas, la utilización de placas de circuito impreso

y conectores de formas geométricas tales que no puedan ser conectados de manera inadecuada o en un lugar incorrecto y la instalación del sistema teniendo en cuenta el ambiente en el que va a trabajar en lo que se refiere a las condiciones de temperatura, humedad, polvo, etc.

La prevención de fallos ayuda a eliminar errores de especificación e implementación y minimiza la influencia de los defectos de los componentes y de las perturbaciones externas.

A5.2.2.1.2 Enmascaramiento de fallos

El enmascaramiento de fallos (*Fault masking*) está constituido por un conjunto de técnicas que evitan la introducción de errores en la información que maneja un sistema, debidos a la aparición de fallos en el mismo. Las técnicas de enmascaramiento de fallos más utilizadas son:

- La codificación mediante códigos correctores de errores. Esta técnica se puede utilizar en el diseño de distintas partes de un sistema digital como, por ejemplo, la memoria (códigos de Hamming), los mecanismos de transmisión de información de un sistema digital programable, la codificación de los estados internos de un controlador lógico, etc.
- La utilización de redundancia modular múltiple de estructura fija que consiste en utilizar N sistemas idénticos o que realizan las mismas funciones, y circuitos de votación por mayoría. Esta técnica se describe en el apartado A5.4.2 en el que se analizan los sistemas tolerantes a fallos de acuerdo con la redundancia.

A5.2.2.1.3 Control de fallos

Los métodos de control de fallos tratan de impedir que un sistema se comporte de manera arbitraria en presencia de un fallo. Se basan en la detección del fallo para, a continuación, actuar sobre el sistema y hacer que adopte un estado seguro o que continúe su funcionamiento correcto (al menos dentro de unos límites críticos), es decir, de manera que se evite la aparición de averías. En este segundo caso se dice que el sistema es tolerante a fallos (*Fault-tolerant system*). La tolerancia a fallos (*Fault tolerance*) consiste en diseñar el sistema con criterios de redundancia a fin de que siga proporcionando el servicio especificado a pesar de la existencia de fallos. La tolerancia a fallos se puede definir como la capacidad interna de un sistema para preservar su funcionamiento correcto en presencia de un determinado conjunto de fallos [AVIZ 76]. Una definición más flexible y realista es aquella que considera la tolerancia a fallos como la capacidad de un sistema para proporcionar un nivel crítico de servicio en presencia de uno o más fallos de sus componentes [TOME 94]. Esta definición relaciona la tolerancia a fallos con el nivel de comportamiento definido en el apartado A5.2.1.2.5.

Tanto el enmascaramiento de fallos como el control de fallos utilizan la redundancia para lograr un nivel de tolerancia a fallos acorde con la aplicación del sistema. Por ello a la tolerancia a fallos y su relación con la redundancia se dedica el apartado A5.4.

A5.2.2.2 Métodos para comprobar y reparar los sistemas de elevada confiabilidad

Los métodos que tienen como objetivo comprobar y reparar los sistemas de elevada confiabilidad pueden ser también de dos tipos:

- Métodos de eliminación de fallos (*Fault avoidance*) que tienen como finalidad reducir el número de fallos y sus consecuencias sobre el sistema. Reciben la denominación de mantenimiento correctivo o a posteriori.
- Métodos de prevención de fallos que tienen por finalidad evitar la aparición de los fallos y reciben la denominación de mantenimiento preventivo o a priori.

Tanto la eliminación como la prevención de fallos están compuestas por tres etapas que son la verificación, el diagnóstico y la corrección:

- La verificación es el proceso mediante el que se comprueba que el sistema cumple un conjunto de condiciones que definen las propiedades del mismo.
- El diagnóstico es el proceso que se realiza si el resultado de la verificación es negativo y tiene como objetivo determinar la naturaleza y causas de los fallos.
- La corrección es el proceso que sigue al diagnóstico y en él se reconfigura el sistema para que el resultado de la verificación sea positivo. La corrección puede dar lugar a la introducción de nuevas partes redundantes y por ello después de realizarla es necesario comprobar que la eliminación de los fallos no tiene consecuencias indeseables.

Es conveniente además resaltar que los métodos para elevar la confiabilidad, descritos en el apartado anterior, y los métodos para comprobar y reparar un sistema son complementarios entre sí y en la práctica se combinan. Esto hace que el estudio de la confiabilidad de los sistemas electrónicos sea un área de la tecnología tremendamente compleja, en la que se necesita una gran dosis de pragmatismo y la aplicación correcta de las reglas de comportamiento que todo tecnólogo debe adoptar para asegurar el éxito en la creación de equipos, sistemas o procesos [MAND 91]. Por ello, un estudio exhaustivo de los diferentes métodos de prevención, tolerancia, eliminación y predicción de fallos sale fuera de los límites de este apéndice y para un estudio más detallado de los mismos se remite al lector interesado a la bibliografía [LEE 90] [JOHN 89]. No obstante la verificación y la tolerancia a fallos se combinan en las técnicas de diseño de sistemas seguros ante averías y por ello a ellas se dedican los apartados A5.3 y A5.4.

A5.2.3 Clasificación de los sistemas de elevada confiabilidad

En función de los atributos que tienen más influencia en los objetivos de diseño, los sistemas de elevada confiabilidad se pueden dividir, en las cuatro categorías siguientes:

- Sistemas de aplicación general de elevadas prestaciones
- Sistemas utilizados en aplicaciones peligrosas
- Sistemas de elevada disponibilidad
- Sistemas de prolongada vida útil

En sucesivos apartados se describe cada una de ellas.

A5.2.3.1 Sistemas de aplicación general de elevadas prestaciones

Son sistemas que trabajan al límite de sus posibilidades lo que los hace susceptibles de que en ellos aparezcan fallos. Para reducir al mínimo dicha posibilidad se suelen realizar con elementos seleccionados con un nivel elevado del valor de sus parámetros característicos. Se

utilizan en aplicaciones en las que se necesitan unas prestaciones elevadas ya sea en velocidad de operación, condiciones ambientales, etc. Son un ejemplo los computadores industriales que se describen en el apartado 10.2.3.4.3 del capítulo 10.

A5.2.3.2 Sistemas utilizados en aplicaciones peligrosas

Se entiende por aplicaciones peligrosas o críticas aquellas en las que se pueden producir daños irreparables al entorno o a los usuarios, o graves perjuicios económicos debido a pérdidas de producción o deterioro de material. El principal atributo de los sistemas electrónicos utilizados en estas aplicaciones es la seguridad ante averías (*Safety*) debido a los riesgos que entraña su mal funcionamiento y por ello están en general sujetos a la validación y aprobación por parte de organismos oficiales. Son ejemplo de aplicaciones que exigen la utilización de sistemas seguros ante averías las siguientes [FRED 90] [GRUH 91] [JOHN 89][KRIS 94]:

- Los procesos de generación y distribución de energía eléctrica.
- Las plantas químicas y farmacéuticas.
- Las instalaciones industriales que incorporan calderas, hornos, etc.
- Las instalaciones que poseen grandes máquinas rotativas (turbinas, compresores, etc).
- Los sistemas de transporte de material y de personas, tanto en instalaciones industriales como en aeronaves.
- Las líneas de producción en las que es necesario prever paradas de emergencia, impedir accesos a determinados elementos de las máquinas, etc.
- Las instalaciones petroquímicas y de gas.

En el capítulo 10 se estudian sistemas electrónicos utilizados en este tipo de aplicaciones.

A5.2.3.3 Sistemas de elevada disponibilidad

Los sistemas de elevada disponibilidad son aquellos cuyos usuarios exigen que la probabilidad de que presten servicio en cualquier instante sea muy alta. Las primeras aplicaciones que exigieron una elevada disponibilidad fueron las bancarias y las de reserva de billetes de las compañías aéreas, así como los sistemas electrónicos de conmutación utilizados en telecomunicaciones. Ello es debido a que estas aplicaciones comportan la transmisión de gran cantidad de datos con restricciones temporales muy exigentes. El gran incremento de la utilización de los sistemas electrónicos de control en las instalaciones industriales ha hecho que en muchas de las aplicaciones la disponibilidad sea un parámetro añadido a la seguridad ante averías porque la no disponibilidad del sistema de control genera una situación peligrosa que es necesario evitar. Por ello los fabricantes de autómatas programables suelen ofrecer a los diseñadores de aplicaciones de control industrial, configuraciones que garantizan una elevada disponibilidad mediante la utilización de la redundancia masiva, tal como se estudia en el apartado 10.3.3.3 del capítulo 10.

A5.2.3.4 Sistemas de prolongada vida útil

Los sistemas de prolongada vida útil son aquellos en los que, debido a la imposibilidad de proceder a su reparación se exige un funcionamiento correcto durante mucho tiempo. Son un

ejemplo de este tipo de sistemas los instalados en naves espaciales no tripuladas. Se caracterizan en general porque admiten estar fuera de servicio durante intervalos de tiempo cortos siempre y cuando sean capaces de recuperar el estado operativo.

A5.3 Verificación de los sistemas

A5.3.1 Introducción

Como se indica en el apartado anterior la verificación es el proceso mediante el cual se comprueba que un sistema cumple un conjunto de condiciones que definen sus propiedades básicas y el grado de cumplimiento de las mismas. La verificación es inherente a la tecnología y su importancia se ha ido elevando con el aumento de la complejidad de los artefactos creados por el hombre. El interés de reducir al máximo los costes de la verificación dio como resultado el concepto de verificabilidad (*Testability*), que mide la calidad de un sistema desde el punto de vista de su facilidad de verificación. La verificabilidad debe ser tomada en cuenta desde el momento en que se inicia la concepción de un producto y por ello, y muy especialmente en electrónica, se ha generado un gran interés en el desarrollo del diseño para la verificabilidad denominado DFT (acrónimo de *Design for Testability*) [MAND 02a] que es el conjunto de técnicas de diseño utilizadas para reducir el coste de la verificación de un producto.

Tal como se indica en el apartado A5.2.1.2.8 la verificabilidad se puede definir como la facilidad para comprobar el funcionamiento de un sistema mediante el aislamiento de fallos en componentes, subconjuntos o subsistemas y para desarrollar una secuencia de pruebas. Para comprobar un sistema es necesario aplicar determinados estímulos en ciertos puntos de entrada del mismo y observar la respuesta obtenida en otros puntos. El número de terminales o puntos de un sistema a los que se tiene acceso desde el exterior está en la práctica siempre limitado, y muy especialmente en cierto tipo de realizaciones físicas como son los circuitos integrados de muy gran y ultra gran escala de integración (VLSI y ULSI) [BENN 84]. Por ello la verificabilidad está relacionada con el número de terminales de entrada y de salida adicionales que, para permitir su verificación, debe tener un sistema por encima de los que necesita para ser operativo y está ligada a la controlabilidad (*Controllability*) y a la observabilidad (*Observability*).

La controlabilidad de un sistema es su capacidad para controlar el estado de cualquier nodo interno a partir de las entradas, es decir, sin necesidad de tener acceso directo a él. La observabilidad de un sistema es su capacidad para conocer el estado de cualquier nodo interno mediante la observación de sus salidas, es decir, sin tener también acceso directo a él. La combinación de ambos conceptos da lugar a la transparencia.

La importancia del diseño para la verificabilidad proviene del hecho de que elevando la verificabilidad se pueden alcanzar entre otros los siguientes logros:

- Mejorar la calidad del diseño.
- Mejorar la calidad del producto, su disponibilidad, y por lo tanto su aceptación.
- Reducir el intervalo de tiempo que va desde la idea hasta la comercialización.
- Disminuir las pruebas de producción, el coste del mantenimiento, y el coste de la simulación de fallos.

- Disminuir la inversión en equipos de prueba automática [*Automatic Test Equipment* (ATE)].
- Disminuir cuellos de botella en las pruebas.
- Realizar sistemas tolerantes a fallos (*Fault Tolerant Systems*) y un caso particular de ellos que son los sistemas seguros ante averías (*Safety or Fail-safe systems*).

Para lograr un elevado nivel de verificabilidad es necesario añadir al sistema recursos que no serían necesarios en caso contrario. La forma de llevar a cabo la verificación depende de las características del sistema a comprobar que impone ciertas condiciones. Para analizar la verificación de los sistemas electrónicos se pueden utilizar dos criterios complementarios:

- La simultaneidad de la verificación con el funcionamiento del sistema.
- La ubicación de los mecanismos de verificación.

De acuerdo con el primer criterio la verificación puede ser estática o dinámica. Según la ubicación de los mecanismos utilizados para llevarla a cabo, la verificación puede ser externa o interna, también denominada autoverificación. A continuación se describe cada una de ellas. La verificación está ligada tanto al enmascaramiento como al control de fallos y por ello es un factor primordial para alcanzar un determinado nivel de tolerancia fallos tal como se indica en el apartado A5.4.

A5.3.2 Verificación estática

La verificación estática, también denominada activa o no concurrente (*Off-Line*), es la que se lleva a cabo con el sistema fuera de servicio y puede ser realizada sobre el propio sistema o sobre un modelo de comportamiento del mismo (simulación). Suele recibir en inglés la denominación de "*Testing*". La verificación estática sobre el propio sistema está ligada a la eliminación de fallos o mantenimiento correctivo. La verificación estática sobre un modelo se utiliza en la fase de diseño de sistemas complejos de los que no resulta posible realizar un prototipo, como por ejemplo en el caso de los circuitos integrados VLSI y ULSI, citados anteriormente.

A5.3.3 Verificación dinámica

La verificación dinámica, también denominada pasiva o concurrente (*On-Line*), es la que se lleva a cabo con el sistema en funcionamiento y está fundamentalmente relacionada con los criterios de elevación de la confiabilidad mediante la tolerancia a fallos que se estudia en el apartado A5.4. Suele recibir en inglés la denominación de "*Checking*" y se puede denominar comprobación en español. En los apartados 10.3.3.1 y 10.3.3.2 del capítulo 10 se analizan ejemplos de este tipo de verificación.

A5.3.4 Verificación externa

La verificación externa, es la que lleva a cabo un equipo independiente del sistema que se está verificando. Este tipo de verificación tiene gran importancia en los circuitos integrados digitales y cada vez se utiliza más en los sistemas realizados con ellos. Para ello se desarrolló la

norma IEEE 1149.1-1990 denominada de exploración periférica (*Boundary Scan Standard*) [IEEE 94] [MAND 02b]. Esta norma comenzó a utilizarse para realizar la verificación estática, pero en la actualidad comienza a utilizarse también para realizar la verificación dinámica.

A5.3.5 Autoverificación

La autoverificación, conocida por las siglas BIST (acrónimo de *Built-In Self Test*), la lleva a cabo una parte del propio sistema, sin necesidad de equipos externos. Este tipo de verificación está ligada en mayor o menor medida a los sistemas que, por su aplicación, deben poseer una elevada confiabilidad. La autoverificación se realiza añadiendo al sistema recursos especialmente orientados a la verificación y por ello está ligada a la redundancia que se estudia en el apartado A5.4.2. En el capítulo 10 se analizan sistemas electrónicos que incluyen numerosos recursos para realizar la autoverificación.

A5.4 TOLERANCIA A FALLOS DE LOS SISTEMAS

A5.4.1 Introducción

La tolerancia a fallos de un sistema es, como se indica en el apartado A5.2.2.1, un procedimiento para elevar su confiabilidad basado en añadir elementos a fin de detectar los fallos que aparezcan en él y evitar que den lugar a averías que produzcan efectos no deseados. La principal razón para introducir tolerancia a fallos en un sistema es limitar los efectos de los errores sobre las salidas que interaccionan con el mundo externo al mismo. Precisamente los sistemas se pueden clasificar de acuerdo con la forma en que sus salidas responden a un error interno [McCL 86] en diversas categorías de las que las más importantes son:

- **Sistemas que pueden producir errores en las salidas**

Son sistemas que pueden ser utilizados en aplicaciones en las que los errores en las variables de salida no son críticos. Son un ejemplo los juegos electrónicos.

- **Sistemas que proporcionan salidas correctas incluso en presencia de determinados errores internos**

Son, en sentido estricto, los verdaderos sistemas tolerantes a fallos y se utilizan en ciertas aplicaciones críticas de control de procesos y productos [AVIZ 71] [WENS 81].

- **Sistemas seguros ante fallos (*Fault secure systems*)**

Son sistemas que proporcionan una salida correcta o dan una indicación de error en el caso de que sea incorrecta. Se utilizan en las aplicaciones en las que se puede recuperar la información, como por ejemplo en las transacciones financieras.

- **Sistemas seguros ante averías (*Safety or fail-safe systems*)**

Son sistemas cuya salida es siempre correcta o se pone en un estado seguro (*Safe value*), que es un estado en el que se garantiza que no se producen daños en el mundo externo relacionado con ellos [TURN 87].

Aunque el concepto de tolerancia a fallos es inherente a la Tecnología, y por lo tanto tan antiguo como ella, su desarrollo y su aplicación práctica datan de la década de 1950, cuando los computadores comenzaron a jugar un papel importante en la sociedad y se hizo necesario paulatinamente elevar su confiabilidad [SIEW 91] [CART 73]. Resulta obvio decir que la tolerancia a fallos está inexorablemente ligada a la redundancia, es decir, a añadir a un sistema elementos que no serían necesarios si se pudiese garantizar la ausencia de fallos. Un sistema que contenga estrictamente los elementos imprescindibles para realizar la tarea para la que fue diseñado, deja de hacerla correctamente en cuanto aparece un error en alguno de sus componentes. En los sistemas cuyo comportamiento depende solamente de su estructura física la redundancia se refiere a elementos físicos. En el caso de los sistemas electrónicos digitales (SED) se añaden circuitos que convierten al sistema en tolerante a fallos, y se logra así una tolerancia física (*Hardware tolerance*). Pero la mayoría de los sistemas electrónicos digitales, como por ejemplo los autómatas programables, son programables (en adelante SEDP), es decir, su función se puede modificar mediante el cambio del contenido de una memoria de acceso aleatorio, y por lo tanto, además de fallos físicos pueden poseer fallos de programa. En los SEDP es posible por lo tanto, realizar la redundancia mediante componentes físicos o mediante secuencias adicionales de instrucciones. A esta última redundancia se la llama redundancia por programa (*Software redundancy*).

De la clasificación de los sistemas tolerantes a fallos realizada anteriormente se deduce que existen muchas maneras de proporcionar redundancia a un SEDP que dan lugar a un nivel de tolerancia a fallos diferente. Por otra parte, tal como se indicó, el nivel de tolerancia necesario depende de la aplicación concreta de que se trate. Es necesario además tener en cuenta que al añadir elementos a un SEDP se eleva su complejidad y por tanto es posible disminuir su fiabilidad. De todo ello se deduce que en la tolerancia a fallos hay tres conceptos básicos:

- Como llevar a cabo la tolerancia es decir el tipo de elementos redundantes utilizados.
- Donde debe ser aplicada la tolerancia.
- Cuanta tolerancia se necesita en cada caso para alcanzar la fiabilidad necesaria.

Se puede por lo tanto concluir que el estudio y la I+D de sistemas tolerantes a fallos implica realizar el análisis de tres factores:

- Los distintos principios básicos de la tolerancia a fallos.
- Las diferentes medidas y mecanismos que permiten llevar a cabo cada principio básico.
- El método adecuadamente estructurado que permita asegurar que la complejidad adicional necesaria para obtener la tolerancia a fallos, produce un aumento de la fiabilidad.

Para realizar el diseño de un sistema electrónico tolerante a fallos es necesario concretar los factores antes citados para la aplicación y el tipo de sistema electrónico de que se trate. El interés práctico de la tolerancia a fallos, unido al progreso de la Microelectrónica, que abarató enormemente el coste de los circuitos electrónicos (*Hardware*), hizo que fuesen numerosos los trabajos realizados en el campo de la tolerancia a fallos de los SEDP en la décadas de 1970 y 1980 [AVIZ 87] [CART 73] [COOK 73] [HOPK 80] [LALA 85] [RAMA 71] [SHOR 71] [SIEW 92] [YU 73], pero la complejidad del tema ha hecho que no exista una teoría universalmente aceptada. El interés por crearla viene dado por la necesidad de formar técnicos que sean capaces de elegir, en un caso práctico concreto, la mejor forma de realizar un SEDP tolerante

a fallos, aplicando métodos de diseño sistemáticos que garanticen los resultados deseados, o elegir el nivel de tolerancia a fallos que debe tener el sistema utilizado para resolver una determinada aplicación de control industrial. A través de la bibliografía analizada y de la experiencia adquirida en la utilización y en el diseño de autómatas programables con un cierto nivel de tolerancia a fallos, se ha realizado un esfuerzo para tratar de establecerla y a su descripción se dedican los apartados siguientes.

A5.4.2 Clasificación de los sistemas tolerantes a fallos de acuerdo con la redundancia

De acuerdo con la redundancia los sistemas tolerantes a fallos se pueden clasificar, tal como se indica en la tabla A5.1, según tres conceptos interrelacionados entre sí que se analizan en sucesivos apartados.

CONCEPTO	TIPOS DE SISTEMAS TOLERANTES A FALLOS	
Tipo de elemento redundante	Redundancia espacial	
	Redundancia por programa	
	Redundancia de información	
	Redundancia temporal	
Cantidad de redundancia	Redundancia masiva	
	Redundancia selectiva	
Estrategia de utilización de la redundancia	Redundancia estática	Modular múltiple
		Codificación con corrección de errores
	Redundancia dinámica	

Tabla A5.1. Clasificación de los sistemas tolerantes a fallos según su redundancia.

A5.4.2.1 Tipo de elemento redundante

Según el tipo de elemento redundante utilizado se pueden tener cuatro tipos de redundancia que se describen a continuación.

- **Redundancia espacial (*Hardware redundancy*)**
Consiste en utilizar algún elemento físico adicional. Recibe también el nombre de redundancia física.
- **Redundancia por programa (*Software redundancy*)**
Consiste en añadir rutinas adicionales (no necesarias desde un punto de vista funcional) que permitan la detección de fallos, y en su caso, la tolerancia a ellos en alguna de las categorías indicadas en el apartado A5.4.1.
- **Redundancia de información (*Information redundancy*)**
Consiste en añadir información adicional a la imprescindiblemente necesaria, para el funcionamiento correcto del sistema. El ejemplo más típico es la utilización de códigos detectores y correctores de errores.

- **Redundancia temporal** (*Temporary redundancy*)

Consiste en utilizar varias veces un único elemento físico (lo cual es redundante en ausencia de fallos). En los procesadores digitales consiste en repetir varias veces los cálculos y comparar los resultados. En general para realizar esa repetición se necesitan elementos físicos adicionales.

Es conveniente indicar que la redundancia espacial y la redundancia por programa plantean una alternativa al diseñador de sistemas de control basados en procesadores digitales secuenciales.

A5.4.2.2 Cantidad de redundancia

Según la cantidad, la redundancia puede ser masiva o selectiva:

- **Redundancia masiva**

La redundancia es masiva si se utilizan dos o más réplicas del sistema completo. Corresponde a la estrategia en la que se busca una máxima fiabilidad.

- **Redundancia selectiva**

La redundancia selectiva consiste en repetir una parte del sistema o en añadir algún elemento específico que permita comprobar si el comportamiento del sistema es o no correcto.

A5.4.2.3 Estrategia de utilización de la redundancia

Según la forma en que se utiliza, la redundancia puede ser estática o dinámica.

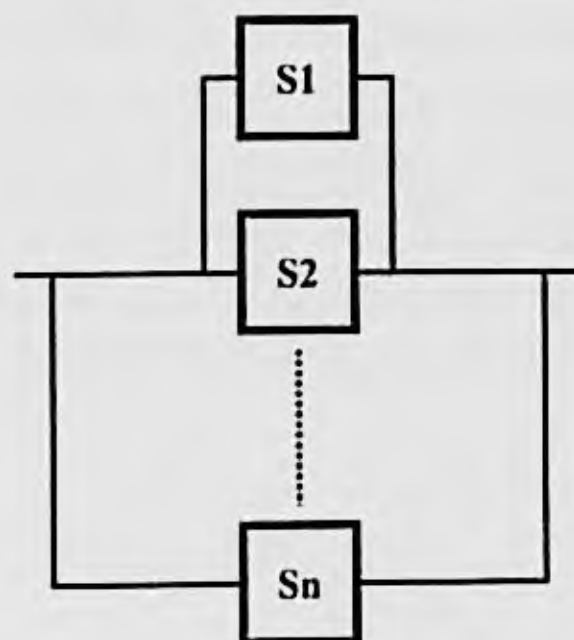


Figura A5.4. Redundancia activa.

Redundancia estática

La redundancia estática se denomina también redundancia por enmascaramiento u ocultación (*Fault masking redundancy*) o redundancia activa. Tiene como principal objetivo lograr que el sistema continúe funcionando sin interrupción y que proporcione el servicio para el cual fue diseñado, en el caso en que se produzca un fallo. Está formada por varios sistemas que funcionan en paralelo (Figura A5.4) de los que al menos uno de debe funcionar correctamente para que el sistema pueda realizar su función.

Este tipo de redundancia se puede llevar a cabo de dos formas:

- **Redundancia modular múltiple**

Suele combinarse con la redundancia masiva y recibe también el nombre de redundancia por votación. En el caso más usual, cuyo diagrama de bloques básico se representa en la figura A5.5, la redundancia es triple. El circuito de votación compara en todo momento las salidas de los tres sistemas idénticos y mientras coinciden hace que en su salida se presente la información proporcionada por uno cualquiera de ellos. Cuando se avería un sistema y proporciona una salida diferente de la de los otros dos el circuito de votación proporciona a su salida la información de los dos que coinciden y avisa de que el tercero está averiado. La tabla A5.2 muestra la salida del sistema de votación para distintos valores de cada uno de los sistemas en paralelo. Para elevar la capacidad de tolerancia de los fallos el circuito de votación se puede también triplicar.

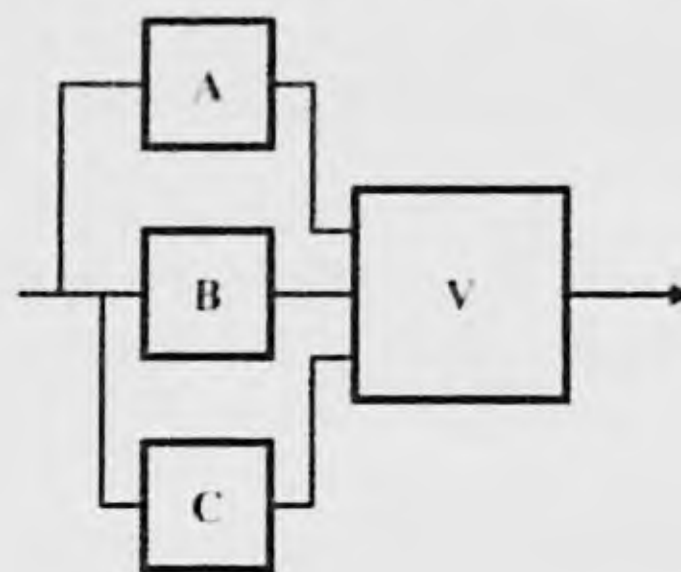


Figura A5.5. Redundancia por mayoría.

- **Redundancia mediante la utilización de códigos correctores de fallos**

Esta técnica se puede utilizar en el diseño de diferentes partes de un sistema como por ejemplo, los códigos de Hamming en la memoria, los códigos de redundancia cíclica (CRC) en los procesadores de comunicaciones, los códigos aritméticos en las unidades aritméticas, la codificación de los estados de un controlador lógico, etc. [BARS 73] [MAIS 71] [MAND 08] [WALK 80] [WIMB 79].

A	B	C	V
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

Tabla A5.2. Salida V de un sistema de votación.

Redundancia dinámica

La redundancia dinámica, también denominada redundancia por compensación (*Fault compensating redundancy*) o redundancia pasiva consiste en la inclusión de elementos

redundantes capaces de detectar la existencia de fallos en el sistema y de realizar, en respuesta a los mismos, las acciones adecuadas para eliminar o reemplazar los componentes averiados. Se basa por lo tanto en las técnicas de control de fallos. La figura A5.6 muestra el diagrama de bloques de un sistema de este tipo formado por tres sistemas en paralelo (S_1 , S_2 y S_3), un sistema de detección de fallos D y un elemento conmutador C que aísla el canal con fallo y activa uno operativo. La cobertura de fallos del sistema debe ser muy elevada y la fiabilidad del elemento detector próxima a la unidad. Este tipo de redundancia se puede combinar con la masiva. Por ejemplo se realizan sistemas tolerantes a fallos utilizando varios sistemas idénticos de los que en cada instante funciona uno sólo y cuando se detecta un fallo en el módulo operativo se le pone fuera de servicio y se le reemplaza. En el apartado 10.3.3.3 del capítulo 10 se analizan autómatas programables que responden a esta arquitectura.

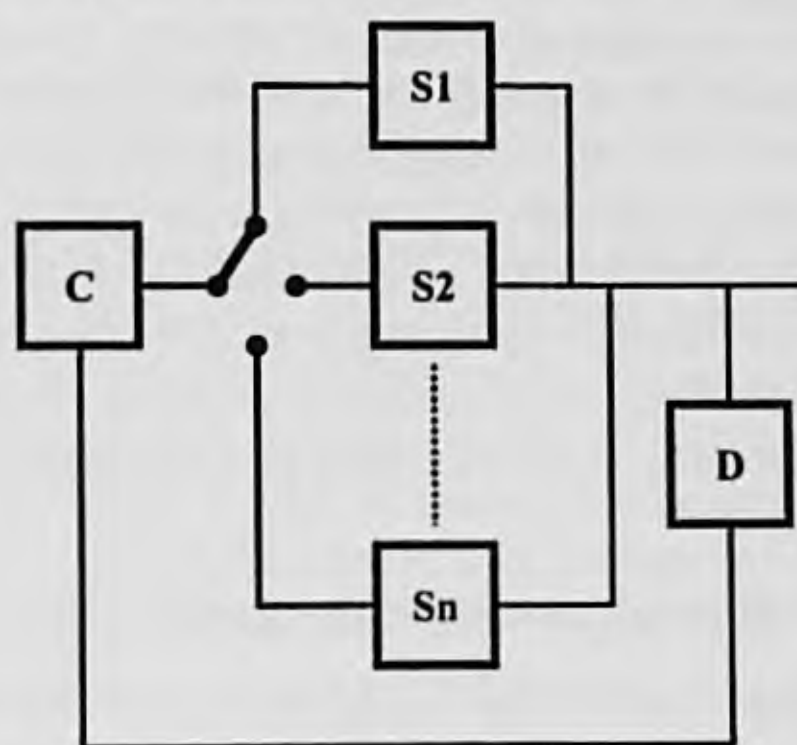


Figura A5.6. Redundancia pasiva.

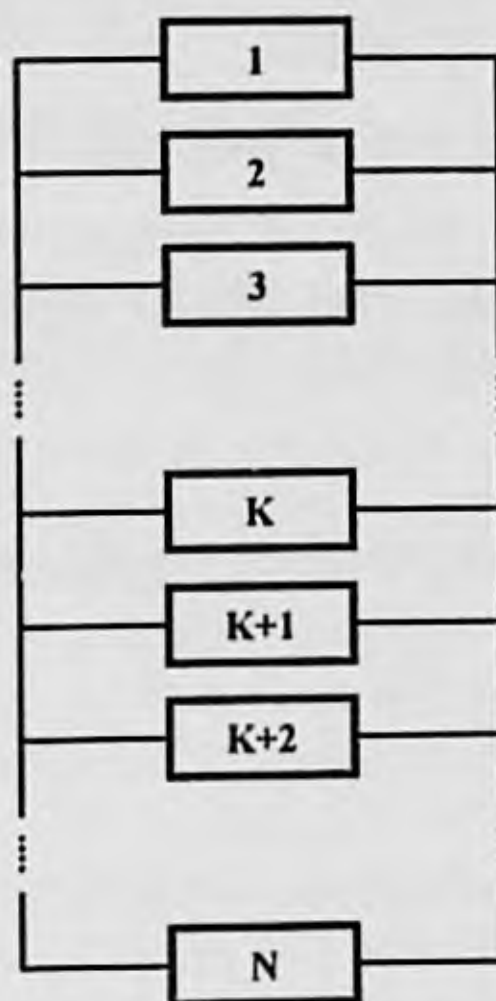


Figura A5.7. Estructura de un sistema redundante formado por N sistemas en paralelo.

También se combina la redundancia dinámica con la masiva para obtener sistemas electrónicos de control seguros ante averías o de elevada disponibilidad. La figura A5.7 muestra

la estructura de un sistema redundante formado por N sistemas en paralelo, K de los cuales deben estar operativos para que se realice función. Por este motivo este sistema en su conjunto se denomina un sistema K de N , [K out of N ($KooN$)]. La combinación de la redundancia dinámica con la selectiva presenta una gran cantidad de variantes según el tipo de elemento redundante utilizado. En el capítulo 10 se describen algunas de las más utilizadas en los autómatas programables.

Redundancia híbrida

La redundancia híbrida combina la estática y la dinámica es decir el enmascaramiento y el control de fallos [SIEW 73a] [SIEW 73b]. Mediante la primera se puede prevenir la aparición de datos erróneos en la salida del sistema y mediante la segunda se puede reconfigurar el sistema tras la aparición de un fallo.

Es conveniente resaltar que los tres conceptos utilizados para clasificar los sistemas redundantes no son excluyentes entre sí lo cual hace que sean muy numerosas las alternativas de que se dispone para diseñar un sistema redundante o para elegir un sistema redundante que proporcione una determinada confiabilidad. En especial la alternativa que se presenta con más frecuencia, en particular en los distintos tipos de procesadores digitales secuenciales, como por ejemplo los autómatas programables, es la hardware-software. Aunque la decisión depende de cada sistema y aplicación concretos, se pueden distinguir dos tipos de situaciones en función de los requisitos temporales:

- **Sistemas en los que el tiempo no es un parámetro crítico**

Constituyen un ejemplo numerosas máquinas con partes en movimiento. En este caso se tiende a minimizar el sistema físico (*Hardware*) del sistema electrónico de control, en especial cuando es un procesador digital secuencial, a costa del tiempo mediante la ejecución periódica de rutinas de verificación. Se incluyen en este caso muchas aplicaciones de los autómatas programables.

- **Sistemas en los que el tiempo es un parámetro crítico**

Suelen recibir el nombre de sistemas de tiempo real y se caracterizan porque no solo es necesaria una elevada confiabilidad sino también una elevada predecibilidad. En este caso se complica el hardware para no elevar el tiempo de respuesta del sistema.

A5.5 Los sistemas electrónicos y la seguridad ante averías (*Safety*)

A5.5.1 Introducción

Tal como se indica en el apartado anterior, recibe el nombre de sistema seguro ante averías (en adelante SSA) (*Safety or Fail-safe system*) el que detecta los fallos y pasa a un estado que garantiza que no se producen daños en el proceso de que forma parte, el entorno del mismo, o a las personas que lo utilizan. Es conveniente distinguirlo del sistema seguro ante fallos (*Fault secure system*) que es aquél que posee la propiedad de que cualquier fallo que se produzca en él hace que la salida no resulte afectada o en el caso de que lo sea, proporciona alguna indicación de dicha circunstancia [SIEW 92] [JOHN 89] [McCL 86].

El interés práctico de los sistemas SSA se ha incrementado considerablemente en los últimos años como consecuencia del gran avance de la microelectrónica que ha abaratado los sistemas electrónicos de control y ha permitido su introducción en numerosos procesos y productos en los que una actuación incorrecta, debida a una avería del equipo electrónico, puede traer consigo consecuencias irreparables.

La seguridad ante averías implica la introducción de elementos redundantes que detecten los fallos y provoquen las acciones adecuadas. Por lo tanto un sistema seguro ante averías es una clase de sistema tolerante a fallos (*Fault tolerant system*) en el que la presencia de un fallo hace que el sistema no siga proporcionando el servicio para el que fue diseñado, sino que pase a un determinado estado elegido por el diseñador, que garantice la seguridad tal como se describe en el párrafo anterior [JOHN 89] [McCL 86]. Por lo tanto cualquier investigación aplicada para desarrollar nuevos métodos de síntesis de sistemas electrónicos de control seguros ante averías implica la realización previa de un análisis de los conceptos inherentes a la tolerancia a fallos, que se describen en el apartado anterior.

Pero además, tal como se indica en el apartado A5.2.1.2., la seguridad de los procesos productivos está relacionada con las averías en las máquinas y las acciones externas incorrectas sobre ellas. Por otra parte el aumento de la complejidad de las máquinas hace que una parte importante de la seguridad de su correcto funcionamiento recaiga en sistemas electrónicos conectados a la misma. Unido todo ello al hecho de que existen numerosas formas de incorporar redundancia a los sistemas electrónicos digitales (ver el apartado A5.4.2) hace que, aunque resulte difícil la clasificación de los sistemas electrónicos en relación con la seguridad ante averías, sea importante llevarla a cabo a fin de proporcionar al diseñador de instalaciones automatizadas un conjunto de pautas que le ayuden a garantizar el resultado de su trabajo.

A5.5.2 Clasificación de los sistemas electrónicos en relación con la seguridad ante averías

A5.5.2.1 Introducción

La existencia de numerosas formas de incorporar redundancia a los sistemas electrónicos digitales (analizada en el apartado A5.4.2) hace que resulte difícil la clasificación de los SSA. No obstante, dado que los niveles de riesgo admisibles varían de unas aplicaciones a otras y que el nivel de seguridad ante averías alcanzado en un sistema depende de las características y la cantidad de redundancia incorporada en él, adquiere gran importancia la realización de dicha clasificación a fin de proporcionar al diseñador de instalaciones automatizadas un conjunto de pautas que le ayuden a garantizar el resultado de su trabajo. Del análisis de los numerosos trabajos de investigación aplicada realizados, por entidades de normalización [IEEE 86], centros de investigación aplicada en temas de seguridad [CHAR 91] [VAUT 83] [PAQU 91] [SCHW 84a] [SCHW 84b], asociaciones y entidades sin fin de lucro [AMER 90] [INST 90] [NPF 88], empresas privadas [BALL 91] [DOMB 91], del estado actual de la tecnología y la normalización existente en este campo, se deduce que los sistemas electrónicos se pueden clasificar en tres categorías en relación con la seguridad ante averías que proporcionan a las instalaciones automatizadas:

- Sistemas electrónicos independientes de seguridad
- Sistemas electrónicos de control seguros ante averías

- Sistemas electrónicos de control seguros ante averías y de elevada disponibilidad

En sucesivos apartados se estudia cada uno de ellos.

A5.5.2.2 Sistemas electrónicos independientes de seguridad

Se define un sistema electrónico independiente de seguridad como un dispositivo o grupo de dispositivos diseñado para detectar una condición límite o fuera de límite, o una secuencia incorrecta de sucesos y poner fuera de servicio el sistema electrónico de control asociado a él, o impedir que actúe en una secuencia incorrecta para evitar situaciones peligrosas y llevar la instalación a una situación segura [DOMB 91]. En la figura A5.8 se representa el diagrama de bloques de una máquina cuya seguridad ante averías está basada en la utilización de un sistema independiente de seguridad ante averías.

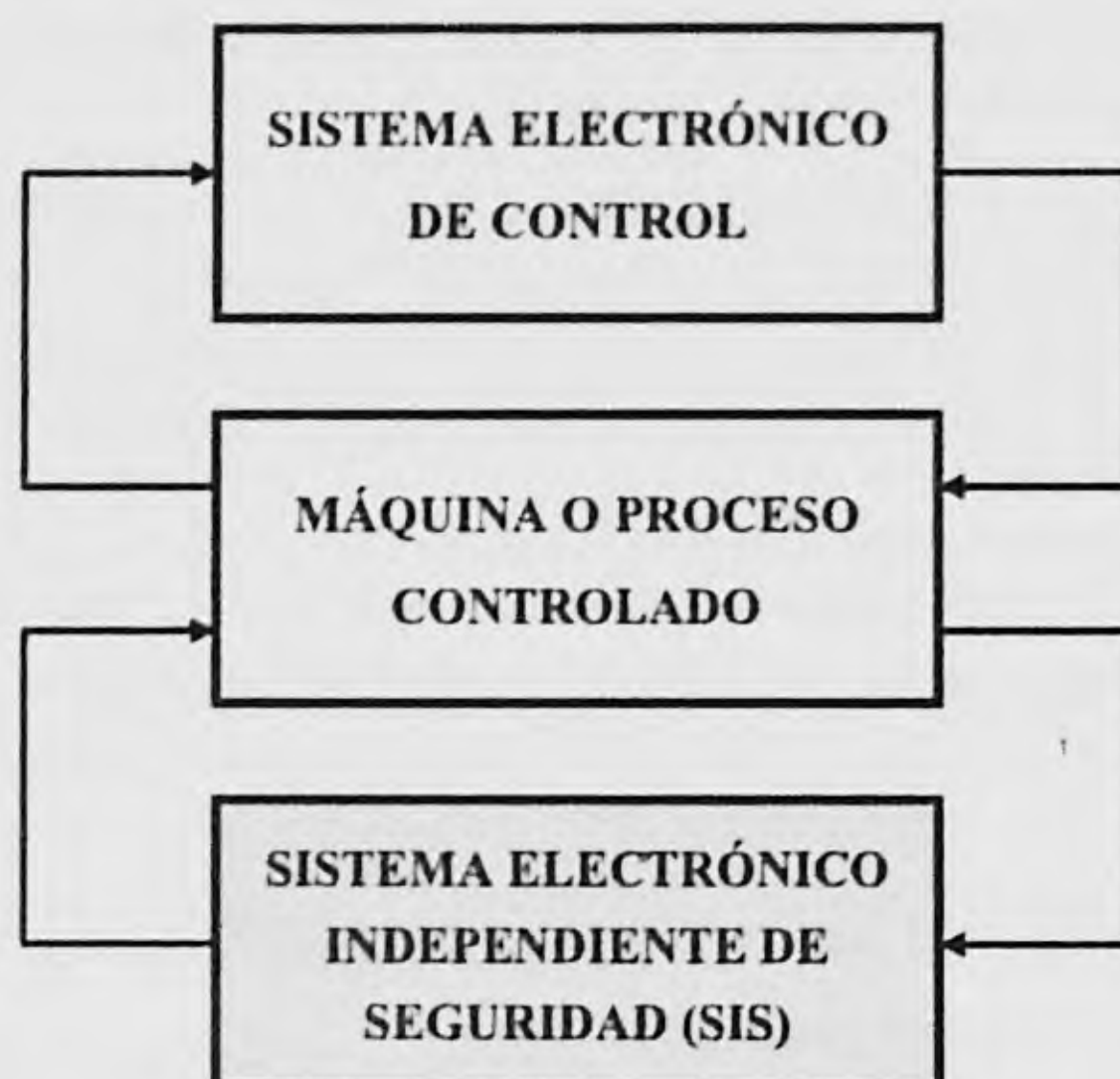


Figura A5.8. *Diagrama de bloques de una máquina cuya seguridad ante averías está basada en la utilización de un sistema independiente de seguridad.*

Tradicionalmente este tipo de sistemas se realizó mediante circuitos digitales implementados con relés y contactores y recibió el nombre de sistema enclavado de seguridad conocido como SIS (acrónimo de *Safety Interlock system*). Pero el avance de la Microelectrónica ha hecho que en la actualidad se implementen mediante circuitos electrónicos y que se definan como un dispositivo o grupo de dispositivos electrónicos diseñado para detectar una condición límite o fuera de límite, o una secuencia incorrecta de sucesos y llevar la instalación a una situación segura.

Diversos organismos internacionales de normalización han elaborado normas relativas a los SIS, como por ejemplo la IEC 61508 y la EN 954-1, que establecen que su estructura está formada por un sistema electrónico que, tal como se indica en la figura A5.9 tiene asociados un conjunto de sensores y actuadores, y por ello en inglés se denominan *Safety Instrumented System* (SIS).

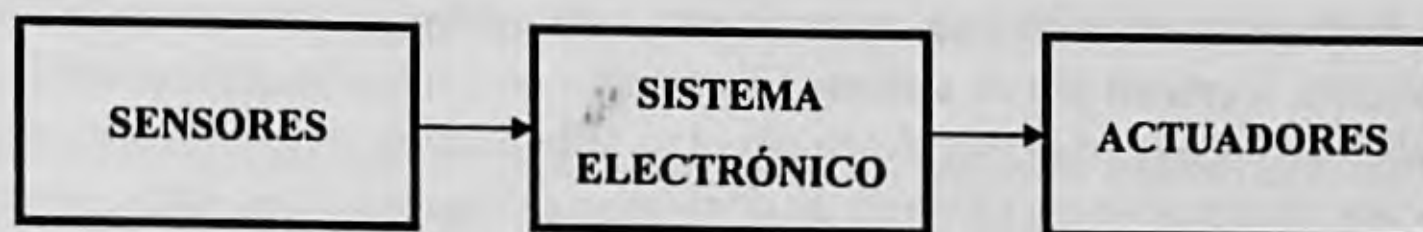


Figura A5.9. Diagrama de bloques de un SIS.

De la definición de SIS se deduce que vigila la operación del proceso y del sistema electrónico de control asociado para asegurar que una avería de cualquiera de ellos no produce una situación peligrosa. Por lo tanto un SIS debe actuar en las situaciones siguientes:

- Una variable crítica rebasa un valor límite.
- Se produce una determinada orden de un operador.
- Se produce una avería en el sistema electrónico de control asociado a él que anula el nivel necesario de protección automática.

A su vez los SIS se pueden dividir en dos tipos:

- SIS no programables por el usuario
- SIS programables por el usuario

SIS no programables por el usuario

Los SIS no programables por el usuario son sistemas que se caracterizan por tener pocas variables de entrada y salida y están especialmente diseñados para su aplicación en máquinas. Ante una situación de peligro estos sistemas toman la decisión de parar la máquina y llevarla al estado seguro. Como su actuación consiste siempre en parar la máquina, el sistema no necesita ser programable por el usuario, y también por ello, se denominan sistemas de parada de emergencia y relés o módulos de seguridad a cuyo estudio se dedica el apartado 10.2.2 del capítulo 10. Estos sistemas no se realizaron mediante dispositivos electrónicos programables, como por ejemplo microcontroladores, hasta épocas muy recientes en las que se han desarrollado estructuras basadas en microcontroladores que alcanzan el nivel de seguridad ante averías exigido, tanto por la normativa aplicable como por los organismos de certificación.

SIS programables por el usuario

Los SIS programables por el usuario son sistemas que, ante una situación peligrosa, también llevan la instalación a un estado seguro. Están especialmente orientados a la seguridad ante averías de grandes instalaciones en las que existen muchas variables críticas. Desde la década de 1980 existen autómatas programables en configuraciones redundantes para este tipo de aplicaciones. Actualmente existen autómatas programables que alcanzan distintos niveles o categorías de seguridad ante averías y están especialmente indicados para implementar SIS. Estos equipos se caracterizan también por incorporar un programa (*Software*) específico desarrollado por el usuario, por lo que se denominan programables por el usuario. En instalaciones en las que existen muchas máquinas que tienen un número reducido de variables de entrada/salida críticas puede ser interesante utilizar un único SIS programable por el usuario, común a todas, en lugar de un SIS no programable en cada máquina. Existen autómatas programables de seguridad que constituyen sistemas SIS programables por el usuario. A ellos se dedica el apartado 10.4.2, del capítulo 10.

Es obvio indicar que todo SIS ha de ser seguro ante averías y que su utilización encarece el coste del conjunto formado por el sistema electrónico de control y el propio SIS. Por ello, su uso solo estaba justificado en el pasado en aquellas aplicaciones en las que un comportamiento incorrecto podía producir una catástrofe de desastrosas consecuencias. Han sido precisamente empresas del sector químico las que han realizado una gran labor de investigación aplicada en este campo y al lector interesado se le remite a la bibliografía [BALL 91] [DOMB 91] [FRED 90] [MAGG 89]. El progreso de la Microelectrónica ha permitido la implementación de sistemas electrónicos de seguridad de aplicación general de bajo coste que se emplean para lograr que las máquinas utilizadas en procesos mecánicos (taladros, prensas, etc.) alcancen el nivel mínimo de seguridad exigido por diversas normas.

A5.5.2.3 Sistemas electrónicos de control seguros ante averías (*Fail-safe systems*)

El interés por los sistemas electrónicos seguros ante averías (SSA) comenzó con el desarrollo de los circuitos electrónicos digitales discretos y se intensificó con el desarrollo de la Microelectrónica que produjo la aparición de los circuitos integrados de pequeña escala de integración (SSI) y de mediana escala de integración (MSI). Diversos investigadores desarrollaron métodos de síntesis de circuitos digitales específicos (contadores, registros de desplazamiento, etc.) seguros ante averías [HILL 62] [TOHM 70] [TOHM 71].

Tal como se indica en el apartado anterior los SIS programables por el usuario pueden actuar como sistemas de seguridad en grandes instalaciones que tienen muchas variables de entrada/salida críticas. Para ello son sistemas redundantes que también controlan las variables no críticas y por lo tanto pueden ser utilizados para realizar las funciones de control y de seguridad ante averías simultáneamente (Figura 5.10). Esto supone un ahorro económico importante para el mismo nivel de seguridad de la instalación, porque solo se necesita un equipo, una sola infraestructura de diseño y mantenimiento, un único proveedor, etc. Este tipo de sistema no es un SIS en el sentido estricto de la palabra porque también ejecuta la tarea de control y es más que un simple sistema de control porque también lleva a cabo la función de seguridad ante averías y por ello se le denomina sistema de control seguro ante averías. Uno de los equipos más ampliamente utilizado actualmente para implementar este tipo de sistemas es el autómata programable de seguridad, a cuyo estudio se dedica el apartado 10.2.3.4 del capítulo 10.

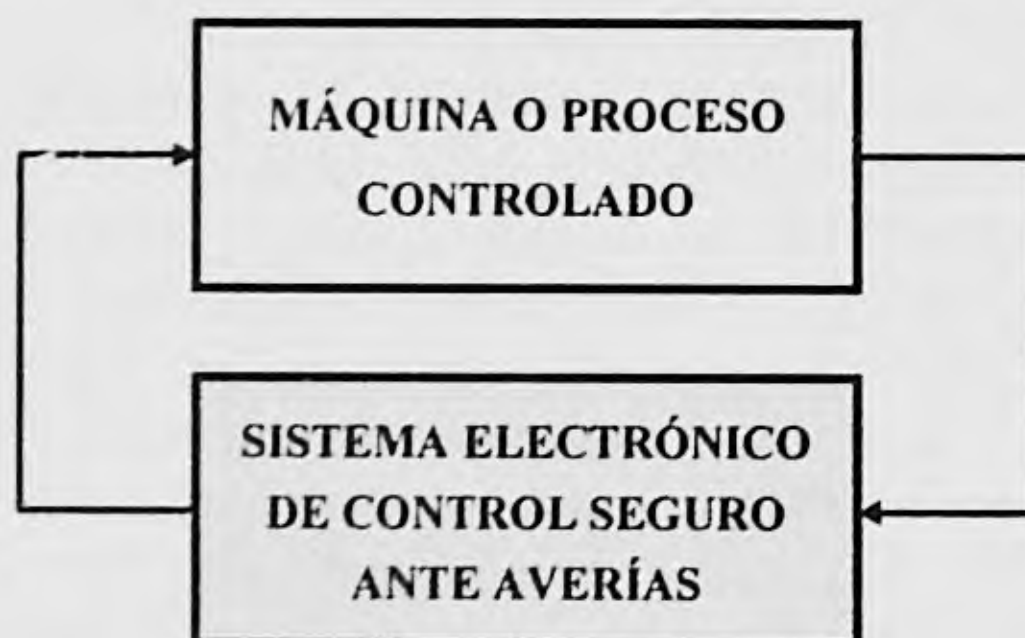


Figura A5.10 Diagrama de bloques de una máquina o proceso controlado por un sistema electrónico seguro ante averías.

A5.5.2.4 Sistemas electrónicos de control seguros ante averías y de elevada disponibilidad

En muchas aplicaciones además de una elevada seguridad ante averías es necesario alcanzar una elevada disponibilidad de la instalación, lo que supone tener que evitar, en la medida de lo posible, paradas seguras que no sean debidas a las variables críticas sino a fallos del sistema electrónico de control. Para ello los fabricantes de sistemas electrónicos de control desarrollan sistemas redundantes que combinan diferentes tipos de redundancia para, por una parte, aumentar la garantía de que la instalación alcance un estado seguro si una variable crítica se sale de rango y, por otra, lograr que se detecten los fallos del propio sistema de control y hacer que la instalación siga funcionando con total garantía. Para ello el propio sistema debe aislar la parte del sistema en la que se produce el fallo y continuar con su operación normal, además de informar al operador para que se lleven a cabo las oportunas tareas de mantenimiento.

Actualmente se comercializan autómatas programables de seguridad y de elevada disponibilidad a cuyo análisis se dedica el apartado 10.3.3.3 del capítulo 10.

A5.5.2.5 Normas relativas a los sistemas de seguridad

A5.5.2.5.1 Introducción

La introducción de los sistemas electrónicos de control en numerosos procesos y productos industriales ha generado la necesidad de normalizar diversos aspectos de los sistemas electrónicos seguros ante averías y en particular los relacionados con la evaluación de riesgos, para poder clasificarlos de acuerdo con el nivel de seguridad. Estas normas constituyen una referencia imprescindible no solo para desarrollar sistemas electrónicos seguros ante averías y sistemas electrónicos de seguridad sino también para seleccionar el sistema más adecuado para una aplicación concreta entre los disponibles a nivel comercial.

Han sido numerosos los trabajos realizados en esa dirección [DIN 90] [DOMB 91] [NFP 88] pero entre ellos cabe citar especialmente los realizados por el Comité Europeo de Normalización que elaboró, entre otras, la norma EN 954-1 relativa a la seguridad ante averías de las máquinas, y los realizados por Comité Electrotécnico Internacional (IEC) que elaboró entre otras, la norma IEC 61508 relativa a los sistemas electrónicos de seguridad. Además existen otros organismos de normalización internacionales que han desarrollado trabajos en esta línea.

De forma general se puede decir que estas normas establecen distintas categorías o niveles de seguridad ante averías para los sistemas de control de aplicación en seguridad. El procedimiento a seguir consiste en hacer un análisis de riesgos de la máquina o instalación y obtener a partir de dicho análisis la categoría o nivel del sistema electrónico. Para realizar un análisis de riesgos se necesita analizar todos los posibles fallos de la máquina o instalación, el daño que pueden provocar y la probabilidad de que dicho fallo se produzca. El riesgo se define como el producto del daño que produce por la probabilidad de que ocurra. Por ello, no necesariamente un fallo que puede producir un daño elevado es el de mayor riesgo porque la probabilidad de que ocurra puede ser baja.

Una vez evaluado el riesgo, sin tomar medida alguna, se debe proceder a la reducción del mismo mediante un proceso, representado en la figura A5.11, que combina las medidas en el sistema de control y las externas a él.

En apartados sucesivos se analizan algunas de estas normas.

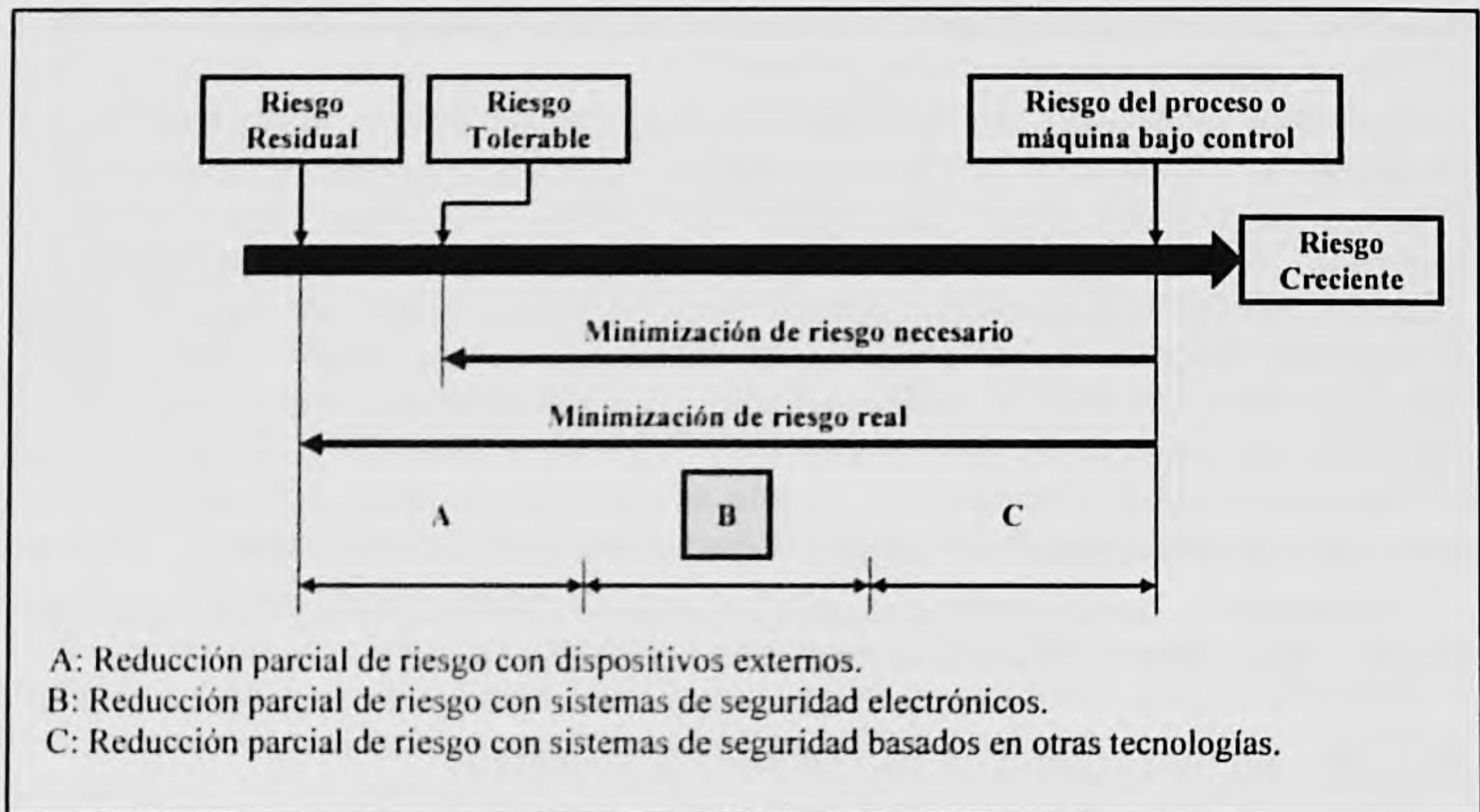


Figura A5.11 Proceso de reducción del riesgo.

A5.5.2.5.2 Norma EN 954-1

La norma EN-954-1, "Seguridad en la máquinas. Partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad", da a los SSA la denominación de "Sistemas de control relacionados con la seguridad ante averías" (*Safety related control systems*) y establece como objetivo general de los mismos proporcionar salidas y funciones de control de tal manera que se cumpla que:

- La máquina controlada sea segura en cualquiera de sus formas de utilización.
- La máquina sea segura ante averías, con el nivel de seguridad previsto en la evaluación de riesgos (que se analiza en la introducción de este apartado), cuando se produzcan fallos en el sistema de control o en la propia máquina.
- La máquina y el sistema de control, incluyendo las partes relacionadas con la seguridad ante averías, sean fáciles de utilizar.

Para alcanzar estos objetivos se debe tener en cuenta la relación entre los factores humanos, el trabajo a realizar, las situaciones anómalas (*Hazards*) que se puedan presentar y el proceso en su totalidad.

Además, la norma EN 954-1 establece un procedimiento para elegir las medidas de seguridad, que debe cumplir un sistema seguro ante averías. Dicho procedimiento, que se representa en la figura A5.12, es iterativo debido a que hay muchas formas de reducir el nivel de riesgo de una máquina y de diseñar un sistema seguro ante averías, según el tipo de elementos redundantes y la cantidad de redundancia descritas en el apartado A5.4.2. Las etapas que lo constituyen son las siguientes:

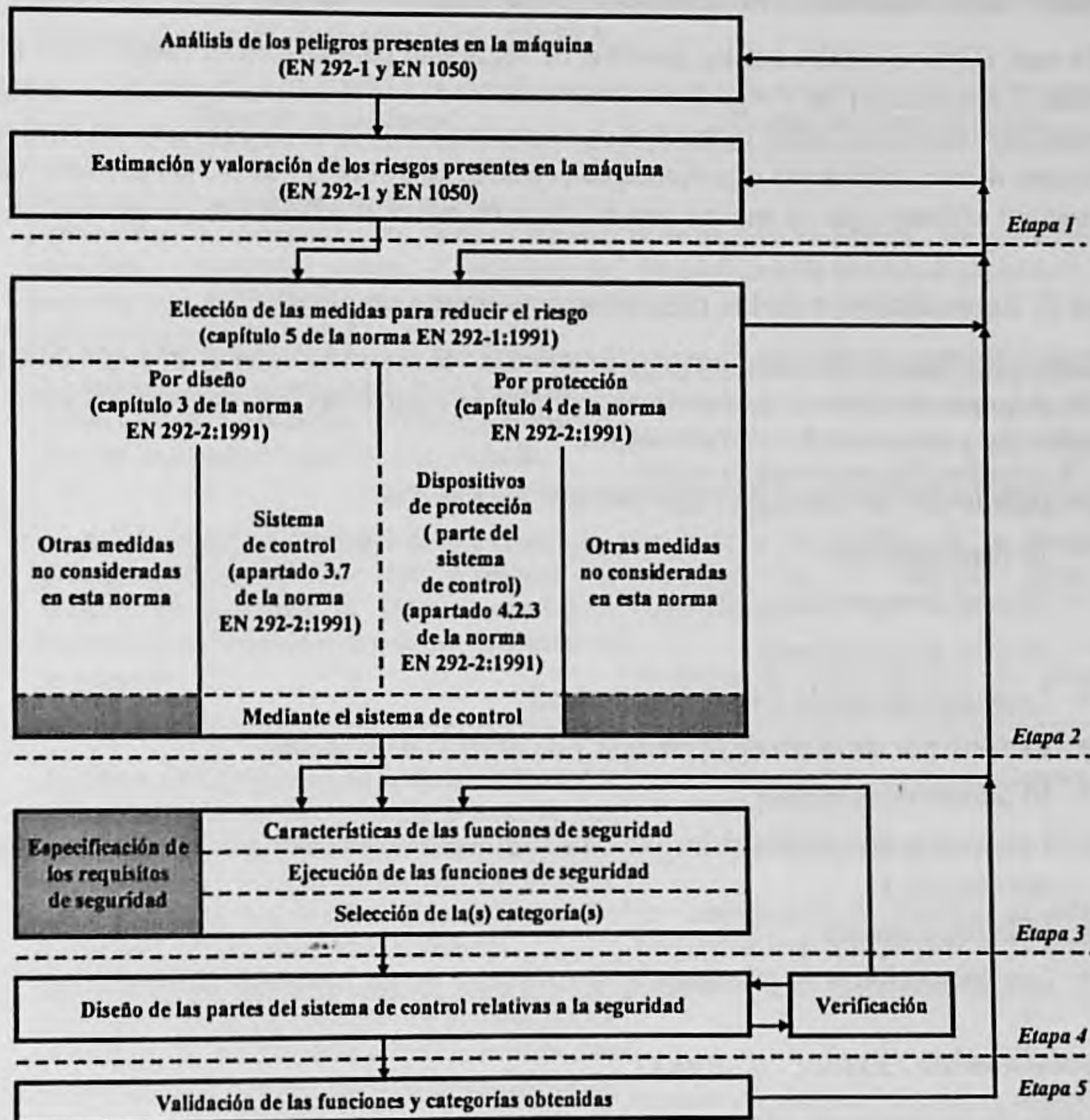


Figura A5.12 Proceso de selección de las medidas de seguridad ante averías que debe cumplir un SSA.

Etapa 1: Análisis de sucesos anómalos (*Hazards*) y evaluación del riesgo.

En esta etapa se realizan las siguientes tareas:

- Identificación de todas las circunstancias anómalas (*Hazards*) que pueden aparecer en la máquina en todos los modos de operación a lo largo de su vida útil, de acuerdo con las reglas establecidas en las normas EN 292-1 y EN 1050.
- Evaluación del riesgo (*Risk assesment*) que se deriva de los sucesos anómalos identificados y decisión sobre el nivel de riesgo admisible para la aplicación concreta, teniendo en cuenta las circunstancias tecnológicas, económicas y sociales. Se define el riesgo como el producto de la probabilidad de que ocurra una circunstancia anómala y de la gravedad de sus consecuencias.

Etapas 2: Especificaciones de seguridad para reducir el riesgo.

En esta etapa se establecen las medidas de seguridad para reducir el riesgo hasta un nivel tolerable. La reducción del riesgo puede realizarse mediante el adecuado diseño de la máquina, por otros métodos (tales como elementos de seguridad o dispositivos de seguridad electrosensibles) o por medio del sistema electrónico de control. La norma EN 292-2 proporciona una guía para reducir el riesgo que se analiza más adelante en relación con las categorías de SSA.

Etapas 3: Especificación de los requisitos que debe cumplir el SSA.

Establecimiento de las características funcionales de seguridad ante averías que debe poseer el SSA. Algunas de dichas características se obtienen a partir del diseño, y otras a partir de los requisitos del sistema electrónico de control.

Las principales funciones de seguridad ante averías son:

- El paro operativo
- El paro de seguridad
- El paro de emergencia
- La puesta en estado inicial de seguridad
- Las órdenes de inicio de operación y de reinicio de la misma
- El tiempo de respuesta
- Los parámetros relacionados con la seguridad ante averías (por ejemplo la velocidad, presión, etc.)
- El control remoto
- Las fluctuaciones, la pérdida y la recuperación de las fuentes de alimentación.

Etapas 4: Diseño.

Diseño de las partes del sistema electrónico de control relacionadas con la seguridad ante averías, de acuerdo con las especificaciones establecidas en la etapa 3 para alcanzar los objetivos indicados anteriormente en este apartado.

Verificación del diseño teniendo en cuenta los fallos previstos en la máquina que se controla (que dependen de la tecnología de la misma).

Etapas 5: Validación.

Validación de las características funcionales de seguridad ante averías obtenidas y de la categoría alcanzada en relación con las especificaciones de la etapa 3 y realización del rediseño si es necesario.

Precisamente el nivel de seguridad ante averías alcanzable por un SSA es función de un conjunto de parámetros que se pueden clasificar en tres categorías:

- La fiabilidad del sistema físico (*Hardware*).
- La arquitectura del sistema, es decir la disposición de los componentes del SSA para evitar, tolerar o detectar fallos.

- La integridad del sistema que hace referencia a los aspectos cualitativos no cuantificables que afectan al comportamiento del SSA.

Cate- goría	Resumen de requisitos	Comportamiento del sistema
B	Las partes del sistema de mando relativas a la seguridad y/o sus dispositivos de protección, así como sus componentes, se deben diseñar, construir, seleccionar, montar y combinar de acuerdo con las normas pertinentes de manera que puedan soportar las influencias esperadas.	Si se produce un defecto, este puede conducir a la pérdida de la función de seguridad.
1	Se deben aplicar los requisitos de B y además se deben utilizar componentes de eficacia probada y principios de seguridad de eficacia probada.	La aparición de un defecto puede conducir a la pérdida de la función de seguridad, pero la probabilidad de que se produzca dicho defecto es menor que en la categoría B.
2	Se deben aplicar los requisitos de B y utilizar los principios de seguridad de eficacia probada. La función de seguridad se debe comprobar a intervalos adecuados por el sistema de mando de la máquina.	La aparición de un defecto puede conducir a la pérdida de la función de seguridad en el intervalo entre dos comprobaciones. Mediante la comprobación se detecta la pérdida de la función de seguridad.
3	Se deben aplicar los requisitos de B y utilizar los principios de seguridad de eficacia probada. Las partes relativas a la seguridad se deben diseñar de manera que: 1) Un solo defecto en cualquiera de ellas no conduzca a la pérdida de la función de seguridad, y 2) Se detecte dicho defecto.	Cuando se produce un solo defecto, la función de seguridad se ejecuta siempre. Algunos defectos se detectan, pero no todos. La acumulación de defectos no detectados puede conducir a la pérdida de la función de seguridad.
4	Se deben aplicar los requisitos de B y utilizar los principios de seguridad de eficacia probada. Las partes relativas a la seguridad se deben diseñar de manera que: 1) Un solo defecto en cualquiera de estas partes no conduzca a la pérdida de la función de seguridad, y 2) Se detecte dicho defecto en el momento de, o antes de que se solicite de nuevo la función de seguridad. Si esto no es posible, una acumulación de defectos no debe conducir a la pérdida de la función de seguridad.	Cuando se produce un solo defecto, la función de seguridad se ejecuta siempre. Algunos defectos se detectan, pero no todos. La acumulación de defectos no detectados puede conducir a la pérdida de la función de seguridad.

Tabla A5.3. Resumen del comportamiento de los SSA de acuerdo con la norma EN 954-1.

De todo ello deriva el interés por crear categorías de los SSA que faciliten el logro de los dos objetivos siguientes:

- La elección para cada aplicación de las características que debe poseer el sistema de control para cubrir la parte del riesgo que le corresponde (Figura A5.12).
- El desarrollo de métodos de diseño sistemáticos que permitan al técnico experto en Electrónica y Automática Industrial establecer la forma de elevar el nivel de seguridad ante averías de cada una de las distintas maneras de implementar los sistemas electrónicos de control (microcontroladores, dispositivos lógicos programables, microcomputa-

dores modulares y abiertos, autómatas programables, etc), así como, de elegir sistemas electrónicos seguros ante averías. Precisamente en el apartado 10.3.2 del capítulo 10 de este libro se describen diferentes métodos utilizados para implementar sistemas secuenciales de control seguros ante averías realizados con autómatas programables de aplicación general que no han sido especialmente diseñados para tener dicho comportamiento y además en el apartado 10.2.3.4 se analizan los autómatas programables de seguridad o seguros ante averías comercializados por algunos fabricantes.

La tabla A5.3 indica las categorías de sistemas de control seguros ante averías que establece esta norma, así como los requisitos y el comportamiento que deben tener los sistemas pertenecientes a cada una de ellas.

En la tabla A5.4 se incluye la guía elaborada por el CEN para seleccionar la categoría adecuada en función del riesgo que se debe cubrir.

SELECCIÓN DE CATEGORÍA SEGÚN LA NORMA EN 954-1								
EVALUACIÓN DE RIESGO				CATEGORÍAS				
				B	1	2	3	4
S ₁ —————→				•	●	○	○	○
S ₂ —————→	F ₁ —————→	P ₁ —————→	•	●	●	○	○	
		P ₂ —————→		•	●	●	○	
	F ₂ —————→	P ₁ —————→		•	•	●	○	
		P ₂ —————→		•	•	•	●	

S - Gravedad del daño

- S₁: Daño leve (normalmente reversible)
- S₂: Daño grave (normalmente irreversible) a una o más personas o fallecimiento de una persona.

F - Frecuencia y/o tiempo de exposición

- F₁: Rara vez hasta a menudo y/o tiempo de exposición corto
- F₂: Frecuente a continuo y/o tiempo de exposición largo

P - Posibilidad de evitar el peligro

- P₁: Posible en ciertas condiciones
- P₂: Difícilmente posible
- Categoría preferente
- Categoría sobredimensionada para la aplicación
- Categoría insuficiente o posible con medidas adicionales

Tabla A5.4 Estimación del riesgo en caso de avería en el SSA y selección de la categoría apropiada.

A5.5.2.5.3 Norma IEC 61508

La norma "IEC 61508: *Functional safety of electrical / electronic / programmable electronic safety -related systems*, se compone de siete partes:

- IEC 61508-1: Seguridad funcional de los sistemas eléctricos/electrónicos/electrónicos programables relativos a la seguridad ante averías. Parte 1: Requisitos generales

- IEC 61508-2: Seguridad funcional de los sistemas eléctricos/electrónicos/electrónicos programables relativos a la seguridad ante averías. Parte 2: Requisitos de los sistemas eléctricos/electrónicos/electrónicos programables relativos a la seguridad ante averías.
- IEC 61508-3: Seguridad funcional de los sistemas eléctricos/electrónicos/electrónicos programables relativos a la seguridad ante averías. Parte 3: Requisitos del software.
- IEC 61508-4: Seguridad funcional de los sistemas eléctricos/electrónicos/electrónicos programables relativos a la seguridad ante averías. Parte 4: Definiciones y abreviaturas.
- IEC 61508-5: Seguridad funcional de los sistemas eléctricos/electrónicos/electrónicos programables relativos a la seguridad ante averías. Parte 5: Ejemplos de métodos de determinación del nivel de seguridad integral ante averías.
- IEC 61508-6: Seguridad funcional de los sistemas eléctricos/electrónicos/electrónicos programables relativos a la seguridad ante averías. Parte 6: Guía para la aplicación de las normas IEC 61508-2 e IEC 61508-3.
- IEC 61508-7: Seguridad funcional de los sistemas eléctricos/electrónicos/electrónicos programables relativos a la seguridad ante averías. Parte 7: Visión general de técnicas y medidas.

Esta norma establece conceptos relativos a la seguridad ante averías, entre los que destacan:

- **Sistema electrónico programable para aplicaciones de seguridad ante averías denominado PES** (abreviatura de *Programmable electronic safety related system*)

Está formado por la unidad de control, las unidades de interfaz de entrada y salida analógicas y digitales, los sensores y actuadores (Figura A5.13), y además los procesadores de comunicaciones cuando las unidades de interfaz se conectan a través de un red de control.



Figura A5.13 Diagrama de bloques de un PES.

- **Seguridad integral ante averías (*Safety integrity*)**
Representa la probabilidad de que un sistema de seguridad realice satisfactoriamente las funciones de seguridad exigidas, bajo todas las condiciones especificadas y durante un determinado período de tiempo.
- **Nivel de seguridad integral ante averías denominado SIL** (acrónimo de *Safety Integrity Level*)
Nivel de seguridad que especifica los requisitos de las funciones de seguridad ante averías que debe alcanzar el sistema. Puede variar entre 1 y 4, de los el nivel 4 es el más exigente.
- **Cobertura del diagnóstico denominada DC** (acrónimo de *Diagnostic Coverage*)
Representa la relación entre la probabilidad de detectar fallos peligrosos λ_{DD} y la probabilidad total de fallos peligrosos λ_{Dtotal} de acuerdo con la expresión:

$$DC = \frac{\sum \lambda_{DD}}{\sum \lambda_{DTotal}}$$

- **Probabilidad de fallo bajo demanda denominada PFD (acrónimo de *Probability of Failure on Demand*)**

Representa la probabilidad de fallo de un sistema de seguridad ante averías cuando se exige su actuación. De acuerdo con la frecuencia con la que se exige al sistema de seguridad que actúe, esta norma considera dos modos de operación, el de baja de manda y el de alta demanda, según que el sistema de seguridad deba actuar menos de una vez al año o más de una vez al año.

En los sistemas electrónicos especialmente diseñados para aplicaciones de seguridad ante averías debe ser muy alta la probabilidad de que lleven la instalación a un estado seguro en caso de peligro (elevado nivel de seguridad ante averías), y debe ser muy baja la probabilidad de que ellos mismos fallen (elevada disponibilidad) y paren la instalación sin que tengan que hacerlo. La primera característica indica que el sistema debe tener una elevada fiabilidad y la segunda que debe serlo su disponibilidad. Estas dos características de seguridad ante averías y disponibilidad caracterizan las estructuras de sistemas electrónicos de control definidos por la norma, que se denominan KooN (*K out of N*) y se describen a continuación.

1oo1

Esta estructura recibe la denominación “uno de uno” (*1 out of 1*), porque el SIS está formado por un único sistema electrónico de control (que en adelante se denomina canal) (Figura A5.14). Esto hace que el SIS tenga las siguientes características:

- Desde el punto de vista de la seguridad ante averías no es tolerante a ningún fallo, porque un único fallo puede hacer que no se ejecute la función de seguridad ante averías al producirse una demanda de la misma.
- Desde el punto de vista de la disponibilidad no es tolerante a ningún fallo, porque un único fallo puede hacer que el sistema pare la instalación sin que haya ninguna variable crítica fuera de rango.

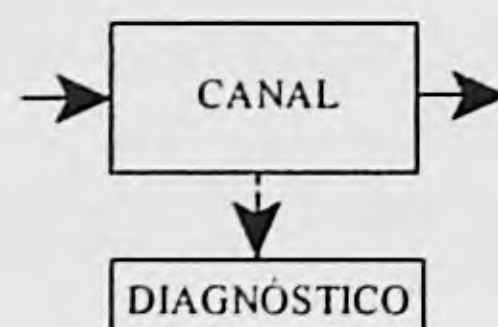


Figura A5.14. Estructura 1oo1.

1oo2

Esta estructura recibe la denominación “uno de dos” (*1 out of 2*), porque el SIS está formado por dos canales (Figura A5.15), de tal manera que cualquiera de ellos puede activar la función de seguridad ante averías. Para que el sistema no realice la función de seguridad ante

averías tienen que fallar ambos canales. En esta estructura existe además un sistema de diagnóstico cuya función es informar al usuario y en ningún caso actúa sobre las salidas o sobre la función de seguridad ante averías. Con relación a la estructura 1oo1, presenta las siguientes características:

- Mayor seguridad ante averías porque es suficiente con que funcione correctamente uno de los dos sistemas para que se realice la función de seguridad ante averías.
- Menor disponibilidad porque el fallo de uno de ellos puede dar lugar a la parada del proceso sin necesidad.

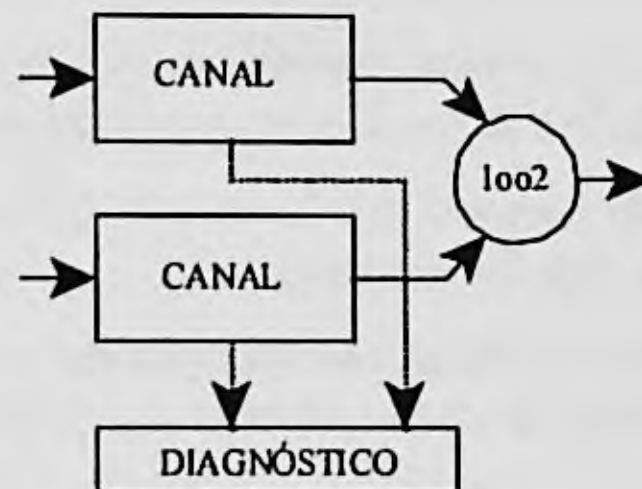


Figura A5.15. Estructura 1oo2.

2oo2

Esta estructura recibe la denominación “dos de dos” (*2 out of 2*), porque el SIS está formado por dos canales (Figura A5.16), de tal manera que la función de seguridad ante averías sólo se realiza si los dos sistemas se activan simultáneamente. El fallo de uno de los canales trae consigo que no se realice la función de seguridad ante averías. El sistema de diagnóstico informa de los fallos existentes en cada uno de los canales, pero tampoco actúa sobre la función de seguridad ante averías. Con relación a la estructura 1oo1, presenta las siguientes características:

- Menor seguridad ante averías porque si falla uno ya no se ejecuta la función de seguridad.
- Mayor disponibilidad porque deben fallar los dos para que se pare la instalación.

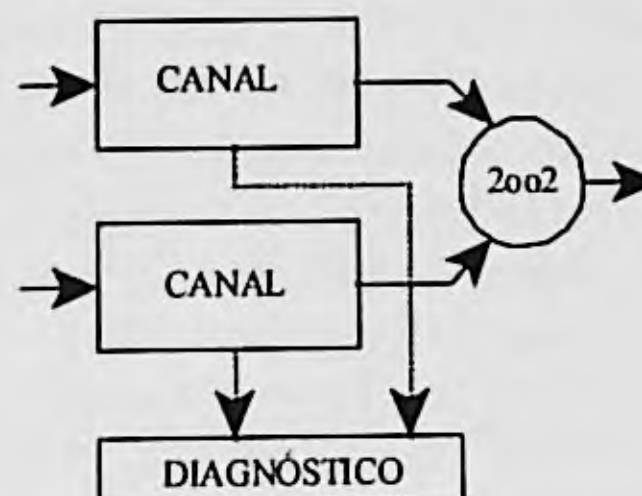


Figura A5.16. Estructura 2oo2.

1oo2D

Esta estructura recibe la denominación “uno de dos con diagnóstico” (*1 out of 2 with diagnostic*), porque el SIS está formado por dos canales y un sistema de diagnóstico de ele-

vada fiabilidad (elevada cobertura de fallos) que actúa sobre la salida. Este sistema está formado por un SIS de dos canales (Figura A5.17), de tal manera que cualquiera de ellos puede activar la función de seguridad ante averías. Se diferencia de la estructura “uno de dos” (1oo2) en que el sistema de diagnóstico puede aislar cualquiera de los canales en el que detecte un fallo, lo que hace que a partir de ese instante el sistema tenga la estructura “uno de uno” (1oo1). Si el sistema de diagnóstico no es capaz de detectar cual de los canales es el que falla o bien si detecta que fallan los dos, actúa directamente sobre la salida para activar la función de seguridad ante averías y llevar la instalación a un estado seguro. Este sistema resulta especialmente adecuado para los autómatas programables de seguridad (analizados en el apartado 10.4.2 del capítulo 10) porque con relación a la estructura 1oo2, presenta las siguientes características:

- Mantiene la seguridad ante averías porque con que funcione uno de los dos canales es suficiente para que se realice la función de seguridad ante averías.
- Aumenta la disponibilidad porque el fallo de uno de los canales se detecta y se aísla, lo que hace que el sistema siga funcionando.

De lo expuesto se deduce que el sistema 1oo2D alcanza el mismo nivel de seguridad ante averías que el 1oo2 y el mismo nivel de disponibilidad que el 2oo2.

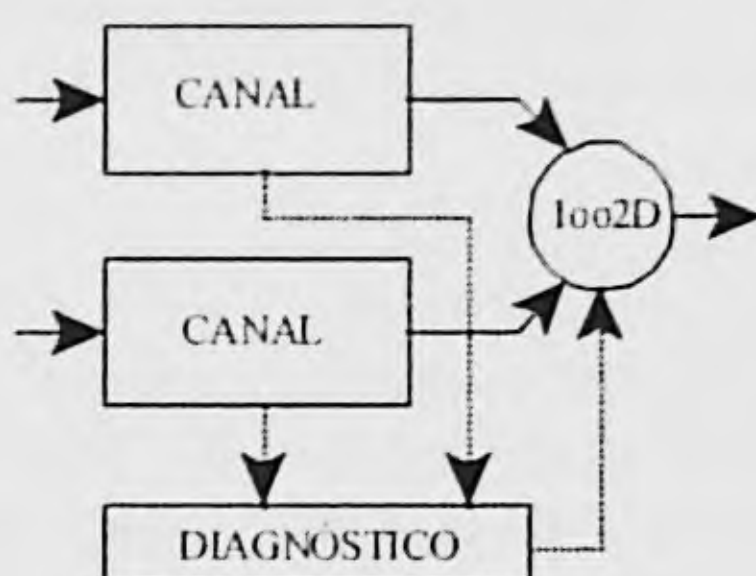


Figura A5.17. Estructura 1oo2D.

2oo3

Esta estructura recibe la denominación “dos de tres” (*2 out of 3*) o modular triple, porque el SIS está formado por tres canales (Figura A5.18). También se denomina TMR (*Triple Modular Redundant*) y se caracteriza porque deben funcionar 2 de los 3 canales existentes. La función de seguridad ante averías se ejecuta si por lo menos dos de los tres canales así lo indican. El circuito de diagnóstico informa de los fallos encontrados en cada uno de los canales pero no actúa sobre ellos ni sobre la función de seguridad.

Con relación a la estructura 1oo1, presenta las siguientes características:

- Mayor seguridad ante averías porque puede fallar uno de los sistemas sin que resulte afectada la seguridad ante averías.
- Mayor disponibilidad porque puede fallar uno de los sistemas sin que resulte afectada la disponibilidad.

Esta configuración hardware resulta mucho más compleja desde el punto de vista tecnológico.

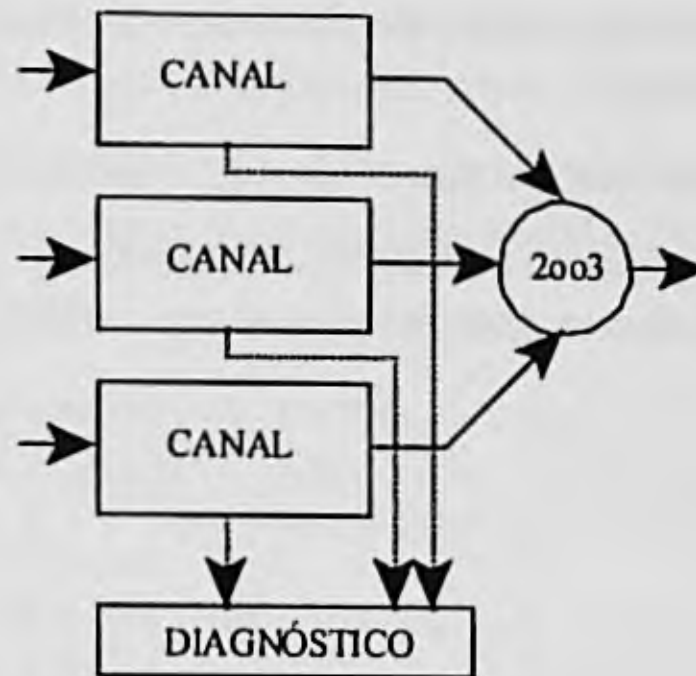


Figura A5.18. Estructura 2oo3.

2oo4D

Esta estructura recibe la denominación “dos de cuatro con diagnóstico” (*2 out of 4 with diagnostic*) o modular cuádruple porque el SIS está formado por cuatro canales (Figura A5.19) y un sistema de diagnóstico de elevada fiabilidad (elevada cobertura de fallos) que actúa sobre la salida. También se denomina QMR (*Quadruple Modular Redundant*) y es tolerante a dos fallos, tanto en lo que se refiere a la seguridad ante averías como en lo que se refiere a la disponibilidad. Con relación a la estructura 1oo1, presenta las siguientes características:

- Aumenta la seguridad ante averías porque aunque se produzca un fallo en dos de los canales el sistema realiza la función de seguridad ante averías.
- Aumenta la disponibilidad porque aunque falle un canal el sistema sigue funcionando correctamente. Si se produce el fallo de dos canales el sistema puede ejecutar la acción de paro de la máquina o llevar la instalación a un estado seguro aunque ninguna variable crítica esté fuera de rango.

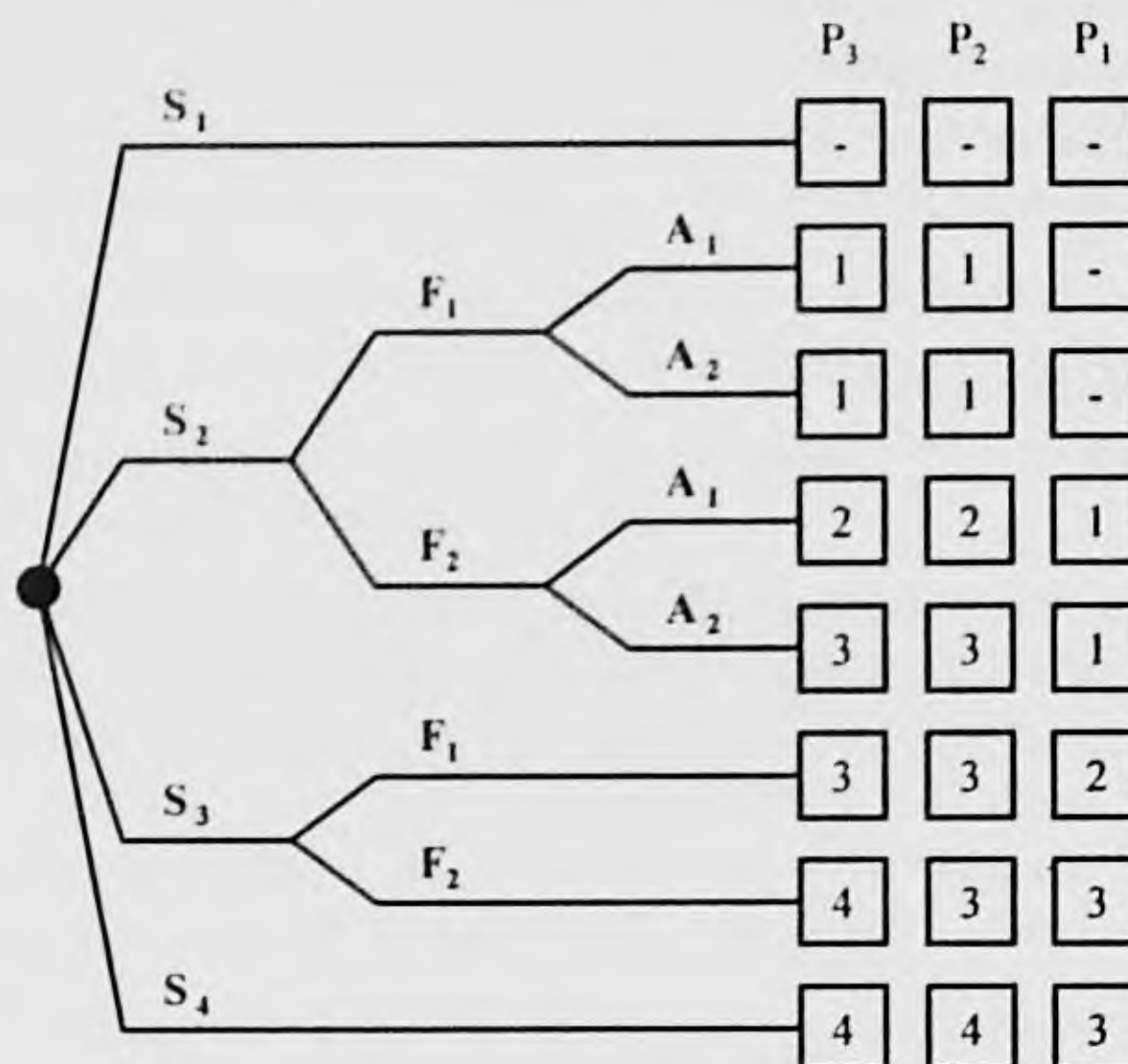
Esta estructura es también muy adecuada para implementar autómatas programables de seguridad porque es tolerante a dos fallos en relación con la seguridad ante averías y a un fallo en relación con la disponibilidad, lo que, en opinión de algunos especialistas, es lo más adecuado para implementar un sistema electrónico de seguridad. Además para evitar fallos de modo común, el sistema está formado normalmente por cuatro canales y se monta en dos módulos independientes. Por otra parte cada módulo tiene internamente una estructura 1oo2 y entre ambos módulos forman una estructura 1oo2D. De esto se deduce que un fallo detectado en un módulo provoca su aislamiento y hace que el sistema pase a depender del otro módulo exclusivamente. En este caso y en el módulo que queda, es suficiente un único canal para ejecutar la función de seguridad ante averías al producirse una demanda (situación de peligro) de la misma. De igual forma un fallo no detectado en uno cualquiera de los canales puede hacer que el sistema tome la decisión de ejecutar la función de seguridad ante averías (llevar la instalación a un estado seguro) cuando realmente no hay ninguna variable crítica fuera de rango. Por ello la pérdida de la función de seguridad ante averías y de la función de disponibilidad se pueden dar en los casos siguientes:

- **Pérdida de la función de seguridad ante averías**

Se refiere a los casos en los que aunque una variable crítica se salga de rango, el sistema no pone la instalación en un estado seguro debido a que, por fallo interno, deja de

ejecutar la función de seguridad ante averías (demanda). Esta situación se puede dar en los casos siguientes:

- Se produce un fallo no detectado en, al menos, 3 de los 4 canales.
- Se detecta un fallo en uno de los dos módulos, que provoca su aislamiento, y se produce un fallo no detectado en el otro módulo.



S: Severidad de lesiones/daños

- S₁: Lesiones pequeñas, daños medioambientales menores.
- S₂: Lesiones serias irreversibles de muchas personas o una muerte daños medioambientales temporales serios.
- S₃: Muerte de muchas personas daños medioambientales serios de larga duración.
- S₄: Resultados catastróficos, muchos muertos.

F: Frecuencia y/o tiempo de exposición al peligro

- F₁: Rara vez a bastante frecuente.
- F₂: Frecuente a continuo.

A: Posibilidad de evitar el peligro

- A₁: Posible.
- A₂: No posible.

P: Probabilidad de que ocurra

- P₁: Muy baja.
- P₂: Baja.
- P₃: Relativamente alta.

Tabla A5.5. Procedimiento para determinar el nivel de seguridad ante averías que debe tener un sistema electrónico de control.

• Pérdida de la función de disponibilidad

Se refiere a los casos en los que ninguna variable crítica se sale de rango pero el sistema para la instalación o la lleva a un estado seguro. Esta situación se puede dar en los siguientes casos:

- Un fallo no detectado en dos de los cuatro canales, lo que puede hacer que tomen la decisión de llevar la instalación al estado seguro.
- Un fallo detectado en un canal de uno de los módulos en combinación con un fallo no detectado en uno de los canales del otro módulo.
- Un fallo no detectado en un canal de ambos módulos.

Esta norma establece un procedimiento para determinar el nivel de seguridad ante averías que debe tener el sistema electrónico de control de una determinada aplicación. Dicho procedimiento se indica en la tabla A5.5.

Esta norma establece cuatro niveles de seguridad ante averías denominados SIL (*Safety Integrity Level*), de los que el menos exigente es el uno y el más exigente el cuatro. También distingue dos modos de funcionamiento del sistema:

- Baja demanda, si la frecuencia con la que se exige al sistema de seguridad ante averías que actúe es menor de una vez al año.
- Alta demanda o funcionamiento continuo, si la frecuencia con la que se exige al sistema de seguridad ante averías que actúe es mayor de una vez al año.

Las tablas A5.6 y A5.7, muestran las tasas de fallo exigidas a los SIS para los modos de funcionamiento de baja y alta demanda, respectivamente.

SIL	Tasa de fallo (Baja demanda)
4	$\geq 10^{-5}$ a 10^{-4}
3	$\geq 10^{-4}$ a 10^{-3}
2	$\geq 10^{-3}$ a 10^{-2}
1	$\geq 10^{-2}$ a 10^{-1}

Tabla A5.6. Tasa de fallo para cada uno de los niveles SIL en baja demanda.

SIL	Tasa de fallo (Alta demanda)
4	$\geq 10^{-9}$ a 10^{-8}
3	$\geq 10^{-8}$ a 10^{-7}
2	$\geq 10^{-7}$ a 10^{-6}
1	$\geq 10^{-6}$ a 10^{-5}

Tabla A5.7. Tasa de fallo para cada uno de los niveles SIL en alta demanda.

A5.5.2.5.4 Norma ANSI/ISA-84.01

La norma “ANSI/ISA-84.01: “*Application of Safety Instrumented Systems for the Process Industries*”, fue elaborada por ISA (*Instrumentation Systems and Automation Society*) para ANSI (*American National Standards Institute*). Esta norma, anterior a la IEC 61508, fue publicada en 1996 y establece también conceptos relativos a la seguridad ante averías entre los que figuran los siguientes:

- **Sistema integral de seguridad ante averías (SIS)**

Sistema de seguridad ante averías formado por sensores, actuadores y unidad de control, figura A5.5. El SIS puede ser un sistema de seguridad ante averías independiente del sistema de control, o puede estar diseñado para realizar ambas funciones, de control y de seguridad.

- **Probabilidad de fallo en demanda (PFD)**

Probabilidad de que el sistema falle cuando se le solicita una actuación.

- **Disponibilidad de la seguridad ante averías**

Disponibilidad del sistema de seguridad ante averías para realizar su función cuando el proceso está operativo. Es igual a uno menos el PFD.

La norma contempla los tres niveles SIL de la norma IEC 61508 y establece una relación entre la disponibilidad de la seguridad ante averías del sistema y su probabilidad de fallo bajo demanda de actuación indicada en la tabla A5.8.

SIL	1	2	3
Requisitos del SIS	Rango de Disponibilidad de la Seguridad		
	0,9÷0,99	0,99÷0,999	0,999÷0,9999
	PFD		
	$10^{-1} - 10^{-2}$	$10^{-2} - 10^{-3}$	$10^{-3} - 10^{-4}$

Tabla A5.8. Requisitos del SIS.

A5.5.2.5.5 Norma MIL-STD-882D

La norma "MIL-STD-882D: *Standard Practice for System Safety*", fue elaborada por el Departamento de Defensa de E.E.U.U. y la última versión de la misma se publicó en el año 2000. Tal como se indica en la tabla A5.9 establece 4 categorías de severidad del daño causado. Además tiene en cuenta cinco niveles de probabilidad de ocurrencia (Tabla A5.10).

Descripción	Categoría	Efectos
Catastrófico	I	Muerte Incapacidad Total Daños > 1M\$ Daño ambiental irreversible
Crítico	II	Incapacidad parcial Enfermedad o lesión 200K\$ < Daños < 1M\$ Daño ambiental reversible
Marginal	III	Enfermedad o lesión 10K\$ < Daños < 200k\$ Daño ambiental leve
Insignificante	IV	Enfermedad o lesión muy leve 2K\$ < Daños < 10K\$ Daño ambiental mínimo

Tabla A5.9. Categorías según el daño causado.

Descripción	Nivel	Probabilidad (P) de ocurrir en la vida
Frecuente	A	$10^{-1} < P$
Probable	B	$10^{-2} < P < 10^{-1}$
Ocasional	C	$10^{-3} < P < 10^{-2}$
Remoto	D	$10^{-3} < P < 10^{-6}$
Improbable	E	$P < 10^{-6}$

Tabla A5.10. Categorías según la probabilidad de ocurrencia.

A5.5.2.5.6 Comparación de las normas IEC 61508 y EN 954-1

Las normas citadas en apartados anteriores son las más utilizadas actualmente para aplicaciones de seguridad ante averías. Entre ellas destacan las normas EN 954-1 (apartado A5.5.2.5.2) e IEC 61508 (apartado A5.5.2.5.3) que establecen categorías o niveles de los sistemas de seguridad ante averías. La tabla A5.11 muestra la equivalencia entre las citadas normas.

IEC 61508	EN 954-1
---	B
SIL 1	1 y 2
SIL 2	3
SIL 3	4
SIL 4	---

Tabla A5.11. Relación entre la norma EN 954-1 y la IEC 61508.

BIBLIOGRAFÍA

- [AMER 90] American Institute of Chemical Engineers. *Drafts Guidelines for Safe Automation of Chemicals Processes*. Center for Chemical Process Safety, Process Control Safety Committee. 1990.
- [AVIZ 71] A. Avizienis, G. C. Gille, F. P. Mathur y otros. *The START (Self-Testing And Repairing) Computer: An investigation of the theory and practice of Fault tolerant computer design*. IEEE Transactions on Computers, Vol.c-20, N°11, November 1971.
- [AVIZ 76] A. Avizienis. *Fault tolerant systems*. IEEE Transaction on Computers, Vol. 25, n° 12, diciembre 1976, pp.1304-1312.
- [AVIZ 87] A. Avizienis, H.Kopetz, J. C. Laprie editors. *The evolution of fault tolerant computing*. Ed. Springer-Verlag.1987.
- [BALL 91] Basil W. Balls, Paul Gruhn. *Design considerations for high-risk Safety systems. Control Safety Systems*. Instrument Society of America Reprints. 1991.
- [BARS 73] F. Barsi and P. Maesrini. *Error correcting properties of redundant residue number systems*. IEEE Transaction on Computers, Vol.C-22, N° 3, March

- 1973.
- [BENN 84] R.G.Bennetts. *Design of testable logic circuits*. Addison-Wesley Publishing Company. 1984.
- [BERG 66] A. I. Berg, N. G. Bruyevich, B. V. Gnedenko, and T. A. Golinkevich. *On the reliability of complex technical systems*. Moscow: Izdat. Sovetskoye Radio. 1966.
- [BERN 81] Robert Bernhard. *Reliability test procedures*. IEEE spectrum, pp 67 a 72. October 1981.
- [CART 73] W. C. Carter. *Fault-Tolerant computing: An introduction and a viewpoint*. IEEE Transaction on Computers, Vol, C-22, N° 3, March 1973.
- [COOK 73] R. W. Cook, W. H. Sisson, T. F. Storey and W. N. Toy. *Design of a self-checking microprogram control*. IEEE Transation on Computers, Vol.C-22, March 1973.
- [CHAR 91] Ph. Charpentier. *Conception d'un dispositif a microprocesseurs sûr de fonctionnement: Regles et methodes*. Institut National de Recherche et de Sécurité. B.P 27. Vandoeuvre. 1991.
- [DIN 90] DIN. *Priciples for computers in safety related computer systems*. Standard 0801. January 1990.
- [DOBR 79] G. M. Dobrov. *La technologie en tant qu'organisation*. Revue Internationale des Sciences Sociales.Vol. XXXI, nº4.1979.
- [DOMB 91] Leon R. Dombrowski, W. H. Johnson & R. McCall. *Separation of Interlocking and Regulatory control in Programmable electronic systems. Control systems Safety*. Instrument Society of America Reprints. 1991.
- [FRED 90] A. Anton Frederickson. *Fault tolerant programmable controllers for Safety systems*. Instrument Society of America Transactions. Vol. 29, N° 2. 1990.
- [GIL 92] Pedro J. Gil. *Sistema tolerante a fallos con procesador de guardia: Validación mediante inyección física de fallos*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. 1992.
- [GILL 78] Bertrand Gille. *Histoires des techniques*. Encyclopedie de la Pleyade. 1978.
- [GRUH 91] P. Gruhn. *The pros and cons of qualitative & cuantitative análisis of safety systems*. Instruments Society of America (ISA) Transactions, vol. 30, nº 4, pp 79-86. 1991.
- [HILL 62] J. Hill. Fail-safe circuits. *Digital Computer Laboratory*. University of Illinois, Urbana. Report 120. June 1962.
- [HOPK 80] A. L. Hopking. *Fault-Tolerant system design: Broad brush and fine print*. IEEE Computer, March 1980.
- [IEEE 86] IEEE. *Standard for Software Verification & Validation*. New York. 1986.
- [IEEE 94] ANSI/IEEE 1149.1-1990: *Standard Test Access Port and Boundary-Scan Architecture* (includes IEEE Std 1149.1a-1993 and IEEE Std 1149.1b-1994). IEEE Standard, Piscataway, N.J. 1994.
- [INST 90] Instrument Society of America. *Draft Programmable Electronic Systems for*

- use in Safety Applications*. SP84 Committee. 1990.
- [JOHN 89] Barry W. Jhonson. *Design and analysis of Fault tolerant digital systems*. Editorial Addison-Wesley Publishing Company. 1989.
- [KRIS 94] C. M. Krishna y Y. H. Lee. *Scanning thr issiue. Real time systems*. Proceedings of the IEEE, vol. 82, nº 1, enero 1994, pp. 3-5.
- [LALA 85] Parag. K. Lala. *Fault tolerant & Fault testable hardware design*. Ed. Prentice Hall International. 1985.
- [LEE 90] P. A. Lee, T. Anderson. *Fault Tolerance: Principles and practice*. Second edition. Springer-Verlag. 1990.
- [LERN 81] E. J. Lerner editor. *Reliable systems: Design and tests*. Modeling techniques. IEEE spectrum, pp. 50 a 55. October 1981.
- [MAGG 89] Victor J. Maggioli. *The Safety matrix - A method for guidelining industrial microcomputers*. IEEE Transactions on Industry Applications. Vol. 25, Nº 3, Mayo/ Junio 1989.
- [MAIS 71] F. P. Maison. *The MECRA: A self-reconfigurable computer for highly reliable process. Short note*. IEEE Transaction on Computers, November 1971.
- [MAND 91] E. Mandado. *Galicia ante el reto tecnológico*. Universidad de Vigo. 1991.
- [MAND 08] E. Mandado & Y. Mandado. *Sistemas electrónicos digitales*. 9ª edición. Editorial Marcombo. 2008.
- [MAND 02a] E. Mandado, L. J. Álvarez, M. D. Valdés. *Dispositivos Lógicos Programables y sus aplicaciones*. Apartado 5.2.4.2. Thomson Learning Paraninfo. 2002.
- [MAND 02b] E. Mandado, L. J. Álvarez, M. D. Valdés. *Dispositivos Lógicos Programables y sus aplicaciones*. Apartado 5.2.4.2.2. Thomson Learning Paraninfo. 2002.
- [MARC 02] J. Marcos. *Tutorial: Las tecnologías RAMS aplicadas a la ingeniería electrónica. IV Jornada de fiabilidad*. Las Palmas de Gran Canaria, 25 - 27 de Septiembre de 2002.
- [MARC 03] J. Marcos. *Fiabilidad de componentes, circuitos y sistemas electrónicos*. Mundo Electrónico, pp. 42-48, Nº 341, Abril de 2003.
- [McCL 86] E. J. McCluskey. *Hardware fault tolerance*. Center for Reliable Computing. Departments of Computer Science and Electrical Engineering. Stanford University. 1986.
- [MIHA 81] J. Mihalasky. *Tools for controlling quality*. IEEE Spectrum, pp.90 a 93. October 1981.
- [MIL 00] Department of Defense of the United States of America. *MIL-STD-882D, Standard Practice for System Safety*. USA, 2000.
- [MUMF 34] Lewis Mumford. *Technics and Civiltation*. 1ª edición. Harcourt, Brace & Word Inc. 1934. Edición en castellano: *Técnica y Civilización*. Alianza Universitaria. 1ª edición 1939. 2ª edición 1977.
- [NPF 88] National Fire Protection Association. *Burner Management System Logic 85D*. 1988.

- [PAQU 91] Joseph-Jean Paques. *The elements of Safety for using Programmable Controllers. Quebec Research Institute in Occupational Health and Safety. Control systems safety.* Instrument Association of America Reprints. 1991.
- [PEAT 81] G. Peattie. *Quality control for ICs.* IEEE spectrum, pp. 93 a 97. October 1981.
- [RAMA 71] C.V. Ramamoorthy. *Fault tolerant computing: an introduction and overview.* IEEE Transactions on Computers, Vol.C-20, N° 11, November 1971.
- [RUSS 49] Bertrand Russell. *The scientific outlook.* George Allen and Unwin Ltd. London, 1949. Versión española: La perspectiva científica. Ediciones Ariel. 1969.
- [SCHW 84a] A. Schweitzer, J. P. Girardin. *Méthodes permettant d'améliorer le niveau de sécurité des systèmes à logique programmée. Logique programmée et sécurité: Enoncé du problème.* Electronique, Techniques et Industries. (Paris). N° 12, Novembre 1984.
- [SCHW 84b] A. Schweitzer, J. P. Girardin. *Méthodes permettant d'améliorer le niveau de sécurité des systèmes à logique programmée. Logique programmée et sécurité: Les solutions.* Electronique, Techniques et Industries. (Paris). N° 13, Decembre 1984.
- [SHOR 71] R. A. Short, J. Goldberg. *Soviet progress in the design of Fault tolerant digital machines.* IEEE Transactions on Computers, Vol.C-20, N° 11, November 1971.
- [SIEW 73a] D. P. Siewiorek and E. J. McCluskey. *Switch complexity in systems with hybrid redundancy.* IEEE Transaction on Computers, Vol. C-22, N° 3, March 1973.
- [SIEW 73b] D. P. Siewiorek and E. J. McCluskey. *An iterative cell switch design for hybrid redundancy.* IEEE Transaction on Computers, Vol. C-22, N° 3, March 1973.
- [SIEW 91] D. P. Siewiorek. *Architecture of Fault-Tolerant Computers: A historical perspective.* Proceedings of the IEEE. Vol.79, N° 12, pp. 1710 to 1734. December 1991.
- [SIEW 92] D. P. Siewiorek and R. S. Swarz. *Reliable computer systems: design and evaluation.* Digital Press/Prentice-Hall International, 1992.
- [SMIT 01] D. J. Smith. *Reliability Maintainability and Risk. Practical Methods for Engineers.* 6th Edition. Butterworth Heinemann, 2001.
- [TOHM 70] Y. Tohma. *Realization of fail-safe sequential machines using flip-flops.* Proceedings of Kyoto International Conference on circuit and system Theory, E-1-3. September 1970.
- [TOHM 71] Y. Thoma, Y. Ohyama, and R. Sakai. *Realization of fail-safe sequential machines by using a k-out-of-n code.* IEEE Transactions on Computers, Vol. C-20, N° 11, November 1971.
- [TOME 94] L. Tomek, V. Mainkar, R. M. Geist, y K. S. Trivedi. *Reliability modeling of life-critical , real time systems.* Proceedings of the IEEE., vol. 82, n° 1, pp. 108-121. Enero 1994
- [TURI 90] J. Turino. *Design to test.* Editorial Van Nostrand Reinhold. 1990.

- [TURN 87] D. B. Turner, R. D. Burns, H. Hecht. *Designing micro-based systems for fail-safe travel*. IEEE Spectrum, February 1987.
- [VAUT 83] J. P. Vautrin, M. Collier. *Application of dynamic and self-checking functions in the improvement of the safety of logic systems*. Electronique Industrielle N° 60, pp. 89-98, Nov. 1983.
- [WALK 80] G.J. Walker. *Error checking and correcting for your computer*. BYTE publications Inc. May 1980.
- [WENS 81] John H. Wensley. *Fault tolerant computers ensure reliable industrial controls*. Electronic Design. June 25. 1981.
- [WIMB 79] M. Wimble. *Hamming error correcting code*. BYTE publications. February 1979.
- [YU 73] H. Yu-Pang Chang, G. W. Heimbigner, D. J. Senese, and T.L. Smith. *Maintenance techniques of a microprogrammed self-checking control complex of an electronic switching system*. IEEE Transactions on Computers, Vol.C-22. N° 5, May 1973.

APÉNDICE 6

ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS UTILIZADOS EN CONTROL LÓGICO, CONTROL DE PROCESOS, SENSORES INDUSTRIALES, COMUNICACIONES DIGITALES, COMUNICACIONES INDUSTRIALES Y SEGURIDAD

Acrónimo	Significado	Significado en castellano
ABS	<i>Absolute</i>	Absoluto
AC	<i>Alternate Current</i>	Corriente alterna
ACIA	<i>Asynchronous Communication Interface Adapter</i>	Interfaz de comunicaciones asíncronas
ACK	<i>Acknowledgement</i>	Acuse de recibo
A/D	<i>Analog to Digital converter</i>	Convertidor analógico/digital
ADC	<i>Analog to Digital Converter</i>	Convertidor analógico/digital
ADCCP	<i>Advanced Data Communication Control Protocol</i>	Protocolo avanzado de control de la comunicación de datos
ADD	<i>Addition</i>	Suma
ADSL	<i>Asymmetric Digital Subscriber Line modulation</i>	Multiplexado por división en la frecuencia del tipo ADSL
AFC	<i>Automatic Frequency Control</i>	Control automático de frecuencia
AFCET	<i>Association Francaise pour la Cybernetique Economique et Technique</i>	Asociación Francesa para la Cibernética Económica y Técnica
AGND	<i>Analog Ground point</i>	Masa analógica
ALI	<i>Application Layer Interface</i>	Interfaz de la capa de aplicación
ALU	<i>Arithmetic Logic Unit</i>	Unidad aritmética y lógica
AM	<i>Amplitude Modulation</i>	Modulación de amplitud
ANSI	<i>American National Standards Institute</i>	Instituto de Normalización Nacional Americano (de E.E.U.U.)
API	<i>Application Programming Interface</i>	Interfaz de programación de una aplicación
APM	<i>Alternating Pulse Modulation</i>	Modulación de impulsos alternados
APLD	<i>Advanced Programmable Logic Device</i>	Dispositivo lógico programable avanzado

Acrónimo	Significado	Significado en castellano
ARQ	<i>Automatic Retransmission Query</i>	Petición de retransmisión automática
ASCII	<i>American Standard Code for Information Interchange</i>	Código americano normalizado para el intercambio de información
ASIC	<i>Application Specific Integrated Circuit</i>	Circuito integrado de aplicación específica
AS-i	<i>Actuator Sensor-interface</i>	Bus de sensores y actuadores
ASK	<i>Amplitude Shift Keying</i>	Modulación de amplitud
ASM	<i>Algorithmic State Machine</i>	Máquina algorítmica de estados
ASRAM	<i>Asynchronous Static RAM</i>	Memoria de acceso aleatorio activa estática asíncrona
ASSP	<i>Application Specific standard Product</i>	Producto normalizado de aplicación específica
ATE	<i>Automatic Test Equipment</i>	Equipo de verificación automática
ATM	<i>Asynchronous Transfer Mode</i>	Modo de transferencia asíncrona
AWL	<i>Anweisungsliste</i>	Lista de instrucciones
BCC	<i>Block Check Character</i>	Carácter de verificación de bloque
BCD	<i>Binary Coded Decimal</i>	Decimal codificado en binario
BEDO DRAM	<i>Burst Extended Data Output Dynamic RAM</i>	Memoria activa dinámica con salida de datos ampliada en ráfaga (BEDO DRAM)
BER	<i>Bit error rate</i>	Porcentaje de bits erróneos
BGA	<i>Ball-Grid Array</i>	Encapsulado de matriz de bolas
BI	<i>Blanking Input</i>	Entrada de blanqueo
BIOS	<i>Basic input/output system</i>	Sistema básico de entrada/salida
BIS	Biestable de Inhibición de Salida	Biestable de Inhibición de Salida
BIST	<i>Built-In Self Test</i>	Autoverificación
BISYNC	<i>Binary Synchronous Control</i>	Control síncrono binario
BNC	<i>Bayonet Navy Connector</i>	Conector BNC
BPS	<i>Bits Per Second</i>	Bits por segundo
BSC	<i>Binary Synchronous Control</i>	Control síncrono binario
CA	Corriente Alterna	Corriente Alterna
CAD	<i>Computer Aided Design</i>	Diseño asistido por computador
CAE	<i>Computer Aided Engineering</i>	Ingeniería asistida por computador
CAL	<i>CALL</i>	Llamada
CALC	<i>CALL Conditional</i>	Llamada condicional
CAM	<i>Computer Aided Manufacturing</i>	Fabricación asistida por computador
CAM	<i>Content Addressable Memory</i>	Memoria asociativa
CAN	<i>Control Area Network</i>	Red de control CAN
CAPP	<i>Computer Aided Planning Process</i>	Proceso de planificación asistida por computador

Acrónimo	Significado	Significado en castellano
CB	<i>Control Bit</i>	Bit de control
CBA	<i>Component Based Automation</i>	Automatización basada en componentes
CC	<i>Corriente Continua</i>	Corriente Continua
CCD	<i>Charge Coupled Device</i>	Dispositivo de acoplamiento de cargas
CDMA	<i>Code Division Multiple Access</i>	Acceso múltiple por división de código
CE	<i>Clock Enable</i>	Inhibición de la entrada C de control
CE	<i>Count Enable input</i>	Entrada de inhibición de conteo
CE	<i>Chip Enable</i>	Inhibición del circuito
CEN	<i>Comité Europeo de Normalización</i>	Comité Europeo de Normalización
CERDIP	<i>CERamic Dual In line Package</i>	Encapsulado cerámico de doble línea de terminales
CFC	<i>Continuous Function Chart</i>	Diagrama de funciones continuas
CG	<i>Carry Generator</i>	Generador de acarreo
CIM	<i>Computer Integrated Manufacturing</i>	Fabricación integrada por computador
CIP	<i>Common Interface Protocol</i>	Protocolo común de interfaz
CISC	<i>Complex Instruction Set Computer</i>	Computador de juego de instrucciones complejo
CLB	<i>Configurable Logic Block</i>	Bloque lógico configurable
CLK	<i>Clock</i>	Reloj o generador de impulsos
CLR	<i>Clear</i>	Borrar o poner a cero
CMOS	<i>Complementary Metal Oxide Semiconductor</i>	Tecnología CMOS
CMRR	<i>Common Mode Rejection Ratio</i>	Relación de rechazo de modo común
CMV	<i>Common Mode Voltage</i>	Tensión en modo común
CNC	<i>Computer Numerical Control</i>	Control numérico por computador
CNR	<i>Carrier to Noise ratio</i>	Relación ruido-portadora
CP	<i>Carry Propagator</i>	Propagador de acarreo
CP	<i>Communication Processor</i>	Procesador de comunicaciones
CPG	<i>Carry Propagator Generator</i>	Generador-propagador de acarreo
CPLD	<i>Complex Programmable Logic Device</i>	Dispositivo lógico programable complejo
CPU	<i>Central Processing Unit</i>	Unidad central de proceso
CQFP	<i>Ceramic Quad Flat Package</i>	Encapsulado cuadrangular plano
CR	<i>Communication Relationships</i>	Relaciones de comunicación
CRC	<i>Cyclic Redundancy Check</i>	Verificación mediante redundancia cíclica

Acrónimo	Significado	Significado en castellano
CRT	<i>Cathode Ray Tube</i>	Tubo de rayos catódicos
CS	<i>Chip Select</i>	Inhibición del circuito
CSMA	<i>Carrier Sense Multiple Access</i>	Acceso múltiple mediante detección de portadora
CSMA/CD	<i>Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection</i>	Acceso múltiple mediante detección de portadora y detección de colisiones
CTD	<i>Counting down</i>	Conteo o contaje descendente
CTR	<i>CounTeR</i>	Contador
CTS	<i>Clear To Send</i>	Permiso para iniciar la transmisión
CTU	<i>CounTing Up</i>	Conteo o contaje ascendente
CTUD	<i>CounTing Up/Down</i>	Conteo o contaje ascendente/descendente
CU	<i>Control Unit</i>	Unidad de control
CV	<i>Content value</i>	Valor del contenido
CV	<i>Control variable</i>	Variable de control
CV	<i>Controlled variable</i>	Variable controlada
D/A	<i>Digital to analog</i>	Conversión digital/analógica
DA	<i>Destination Address</i>	Dirección de destino
DA	<i>Design Automation</i>	Automatización del diseño
DAC	<i>Digital to Analog Converter</i>	Convertidor analógico digital
DAS	<i>Data Acquisition System</i>	Sistema de adquisición de datos
DB	<i>Data Block</i>	Bloque de datos
DC	<i>Direct Current</i>	Corriente continua
DC	<i>Diagnostic Coverage</i>	Cobertura del diagnóstico
DCS	<i>Distributed Control System</i>	Sistema de control distribuido
DDC	<i>Direct Digital Control</i>	Control digital directo
DDCMP	<i>Digital Data Communications Message Protocol</i>	Protocolo de mensajes de comunicación de datos digitales
DDL	<i>Digital Design Language</i>	Lenguaje de diseño de sistemas digitales
DDS	<i>Direct Digital Synthesis</i>	Síntesis digital directa de señales
DES	<i>Data Encryption Standard</i>	Norma de encriptación de datos
DESINH	DESINHibición	DESINHibición
DFT	<i>Design For Testability</i>	Diseño orientado a la verificabilidad
DIL	<i>Dual In Line</i>	Encapsulado de doble línea
DIP	<i>Dual In Line Package</i>	Encapsulado de doble línea
DIV	<i>Division</i>	División
DLE	<i>Data Link Escape</i>	Caracter especial de enlace de datos

Acrónimo	Significado	Significado en castellano
DLP	Dispositivo lógico Programable	Dispositivo lógico programable
DMA	<i>Direct Memory Access</i>	Acceso directo a memoria
DMM	<i>Digital MultiMeter</i>	Multímetro digital
DMUX	<i>Demultiplexer</i>	Demultiplexor
DNA	<i>Distributed Network Architecture</i>	Arquitectura de red distribuida
DNC	<i>Direct or Distributed Numerical Control</i>	Control numérico distribuido o directo
DNP	<i>Distributed Network Protocol</i>	Protocolo de adquisición de datos distribuidos
DoD	<i>Department of Defense</i>	Departamento de Defensa de EE.UU.
DPDT	<i>Double Pole Double Through</i>	Dos contactos conmutados
DPI	<i>Dots Per Inch</i>	Puntos por pulgada
DPLL	<i>Digital Phase Locked Loop</i>	Bucle digital de fase enclavada
DPST	<i>Double Pole Single Through</i>	Dos contactos no conmutados
DRAM	<i>Dynamic Random Access Memory</i>	Memoria de acceso aleatorio activa dinámica
DSO	<i>Digital Storage Oscilloscope</i>	Osciloscopio de memoria digital
DSP	<i>Digital Signal Processor</i>	Procesador digital de señales
DSR	<i>Data Set Ready</i>	Terminal de datos preparado
DT	<i>Delay Time</i>	Tiempo de retardo
DTL	<i>Diode Transistor Logic</i>	Tecnología DTL
DTR	<i>Data Terminal Ready</i>	Terminal de datos preparado para recibir
DVM	<i>Digital VoltMeter</i>	Voltímetro digital
EB	<i>End Bit</i>	Bit de fin de mensaje
EBCDIC	<i>Extended Binary-Coded Decimal Interchange Code</i>	Código alfanumérico EBCDIC
ECC	<i>Error Correcting Code</i>	Código corrector de errores
EDA	<i>Electronic Design Automation</i>	Diseño electrónico automatizado
EDC	<i>Error Detecting Code</i>	Código detector de errores
EDO DRAM	<i>Extended Data Output Dynamic RAM</i>	Memoria de acceso aleatorio activa dinámica (EDO DRAM)
EDVAC	<i>Electronic Discrete Variable Automatic Computer</i>	Computador automático variable digital y electrónico
EECMOS	<i>Electrically Erasable CMOS</i>	CMOS borrrable eléctricamente
EEPLD	<i>Electrically Erasable Programmable Logic Device</i>	Dispositivo lógico programable borrrable eléctricamente
EEPROM	<i>Electrically Erasable Programmable Read Only Memory</i>	Memoria pasiva programable y borrrable eléctricamente o memoria E ² PROM

Acrónimo	Significado	Significado en castellano
EHF	<i>Extremely High Frequencies</i>	Frecuencias extra elevadas
EIA	<i>Electronic Industries Association</i>	Asociación de Industrias Electrónicas de EE.UU.
ELF	<i>Extremely Low Frequencies</i>	Frecuencias extremadamente bajas
EM	<i>Expansion Module</i>	Módulo de expansión
EMC	<i>ElectroMagnetic Compatibility</i>	Compatibilidad electromagnética
EMI	<i>Electromagnetic Interference</i>	Interferencia electromagnética
ENP	<i>Enable Propagation</i>	Propagación de la inhibición
ENT	<i>Enable Trigger</i>	Inhibición del disparo o del conteo
EOT	<i>End of Text</i>	Fin de texto
EPLD	<i>Erasable Programmable Logic Device</i>	Dispositivo lógico programable y borrrable
EPROM	<i>Erasable Programmable Read Only Memory</i>	Memoria pasiva reprogramable
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>	Planificación de recursos de la empresa
ET	<i>Elapsed time</i>	Tiempo transcurrido
ETB	<i>End of Transmission Block</i>	Bloque de fin de transmisión
ETX	<i>End of Text</i>	Fin de texto
FB	<i>Function Block</i>	Bloque funcional
FB	<i>Functional Block</i>	Bloque funcional
FBD	<i>Function Block Diagram</i>	Diagrama de funciones
FC	<i>Function</i>	Función
FC	<i>Frame Control</i>	Control de trama
FCS	<i>Frame Check Structure</i>	Estructura de comprobación de la trama o del mensaje
FCS	<i>Frame Check Sequence</i>	Secuencia de comprobación de la trama
FDDI	<i>Fiber Distributed Data Interface</i>	Interfaz de datos distribuidos a través de fibra óptica
FDL	<i>Field Data Link Layer</i>	Capa de enlace de datos de un bus de campo
FDM	<i>Frequency Division Multiplexing</i>	Multiplexación por división en la frecuencia
FDMA	<i>Frequency Division Multiple Access</i>	Acceso múltiple por división en la frecuencia
FF	<i>Flip-flop</i>	Biestable sincronizado mediante cambios de nivel o activado por flancos
FIFO	<i>First In First Out</i>	Cola
FM	<i>Frequency Modulation</i>	Modulación de frecuencia

Acrónimo	Significado	Significado en castellano
FMA	<i>Fieldbus Management Administration</i>	Administración de la gestión de un bus de campo
FMC	<i>Flexible Manufacturing Cell</i>	Celda de fabricación flexible
FML	<i>Flexible Manufacturing Line</i>	Línea de fabricación flexible
FMM	<i>Flexible Manufacturing Module</i>	Módulo de fabricación flexible
FMRC	<i>Factory Mutual Research Corporation</i>	
FMS	<i>Flexible Manufacturing System</i>	Sistema de fabricación flexible
FMS	<i>Fieldbus Message Specification</i>	Especificación del mensaje de un bus de campo
FOM	<i>Figure Of Merit</i>	Factor de mérito
FPGA	<i>Field Programmable Gate Array</i>	Conjunto configurable de puertas
FPLA	<i>Field Programmable Logic Array</i>	Matriz lógica programable eléctricamente
FPLD	<i>Field Programmable Logic Device</i>	Dispositivo lógico programable eléctricamente
FPM DRAM	<i>Fast Page Mode Dynamic RAM</i>	Memoria de acceso aleatorio activa dinámica de acceso rápido a la página
FPU	<i>Floating Point Unit</i>	Unidad de coma flotante
FRAM	<i>Ferroelectric Random Access Memory</i>	Memoria ferroeléctrica de acceso aleatorio
FSK	<i>Frequency Shift Keying</i>	Modulación de frecuencia
FSM	<i>Finite State Machine</i>	Máquina de estados finita
FSO	<i>Full Scale Output</i>	Salida a fondo de escala
FTP	<i>File Transfer Protocol</i>	Protocolo de transferencia de ficheros
FUP	<i>FUnktions Plan</i>	Esquema de contactos
GaAs	<i>Gallium Arsenide</i>	Arseniuro de galio
GLSI	<i>Giga Large Scale Integration</i>	Escala de integración gigagrande
GPS	<i>Global Positioning System</i>	Sistema de posicionamiento global
GRAFCET	<i>Graphe de Commande Etapa-Transition</i>	Grafo de control con etapas y transiciones
GSD	<i>GeräteStammDaten</i>	Base de datos de dispositivos
GUI	<i>Graphical User Interface</i>	Interfaz gráfico de usuario
HART	<i>Highway Addressable Remote Transducer</i>	Bus de campo Hart
HCS	<i>Hybrid Control System</i>	Sistema de control híbrido
HDL	<i>Hardware Description Language</i>	Lenguaje de descripción de sistemas digitales

Acrónimo	Significado	Significado en castellano
HDLC	<i>High-level Data Link Control</i>	Control de alto nivel de enlace de datos
HF	<i>High Frequencies</i>	Frecuencias elevadas
HMI	<i>Human Machine Interface</i>	Interfaz usuario máquina
IAE	<i>Integral Absolute Error</i>	Integral del valor absoluto del error
IC	<i>Integrated Circuit</i>	Circuito integrado
ICSP	<i>In Circuit Serial Programming</i>	Programación serie en el circuito
IDE	<i>Integrated Design Environment</i>	Sistema integrado de diseño
IDI	<i>Input Data Image</i>	Imagen de datos de entrada
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>	Comisión Electrotécnica Internacional
IED	<i>Intelligent Electronic Device</i>	Sensor inteligente
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronic Engineers</i>	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
IEEE-FP	<i>IEEE-Floating Point</i>	Formato de coma flotante del IEEE
IFS	<i>Input Full Scale</i>	Amplitud máxima de entrada
I ² C	<i>Inter Integrated Circuit</i>	Bus o red I ² C
IL	<i>Instruction List</i>	Lista de instrucciones
INH CON	INHibición CONdicional	INHibición CONdicional
I/O	<i>Input/Output</i>	Entrada/Salida
IP	<i>Ingress Protection</i>	Grado de protección o grado de sellado
IP	<i>Internet Protocol</i>	Protocolo de internet
IP	<i>Internetworking Protocol</i>	Protocolo de interconexión de redes
IP	<i>Intellectual Property</i>	Módulo patentado
IR-LED	<i>Infrared Light Emitting Diode</i>	Diodo de infrarrojos
IRT	<i>Isochronous Real Time</i>	Comunicación isócrona en tiempo real
ISA	<i>Instrumentation Systems and Automation Society</i>	Sociedad de Sistemas de Automatización e Instrumentación (ISA)
ISD	<i>In-System Debugger</i>	Depurador en el sistema
ISDN	<i>Integrated Services Digital Network</i>	Red Digital de Servicios Integrados
ISE	<i>Integral Square Error</i>	Integral del cuadrado del error
ISO	<i>International Standard Organization</i>	Organización de normas internacionales
ISP	<i>In System Programmable</i>	Programable o configurable en el sistema
ISP	<i>Internet Services Provider</i>	Suministrador de servicios de Internet

Acrónimo	Significado	Significado en castellano
ISP PLD	<i>In System Programmable Logic Device</i>	Dispositivo lógico programable en el sistema
ITAE	<i>Integral Time Absolute Error</i>	Integral del valor absoluto del error por el tiempo
JIT	<i>Just In Time</i>	Justo a tiempo
JMP	<i>Jump</i>	Salto incondicional
JMPC	<i>Conditional Jump</i>	Salto condicional
KooN	<i>K out of N</i>	K de N
K-map	<i>Karnaugh map</i>	Tabla de Karnaugh
KOP	<i>KOntakts Plan</i>	Esquema de contactos
LAB	<i>Logic Array Block</i>	Bloque o conjunto de matrices lógicas
LAD	<i>Ladder Diagram</i>	Esquema de contactos
LAN	<i>Local Area Network</i>	Red de área local
LASCR	<i>Light Activated Silicon Controlled Rectifier</i>	Fototiristor controlado de silicio
LASER	<i>Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation</i>	Láser
LCC	<i>Leaded Chip Carrier</i>	Encapsulado de terminales doblados en los cuatro lados
LCCC	<i>Leadless Ceramic Chip Carrier</i>	Encapsulado cerámico de terminales doblados en los cuatro lados
LCD	<i>Liquid Cristal Display</i>	Visualizador de cristal líquido
LDR	<i>Light Dependent Resistor</i>	Fotorresistencia
LED	<i>Light Emitting Diode</i>	Diodo luminiscente
LF	<i>Low Frequencies</i>	Frecuencias Bajas
LFSR	<i>Linear Feedback Shift Register</i>	Registro de desplazamiento con realimentación lineal
LIFO	<i>Last In First Out memory</i>	Memoria pila
LLC	<i>Logical Link Control</i>	Control del enlace lógico
LLI	<i>Lower Layer Interface</i>	Interfaz de la capa mas baja
LOS	<i>Line Of Sight</i>	Línea de enlace visual
LRC	<i>Longitudinal Redundancy Check</i>	Comprobación mediante redundancia longitudinal
LSB	<i>Least Significant Bit</i>	Bit menos significativo
LSD	<i>Least Significant Digit</i>	Dígito menos significativo
LSTTL	<i>Low Power Schottky TTL</i>	Tecnología TTL Schottky de baja potencia
LUT	<i>Look-up table</i>	Tabla de consulta
LVDT	<i>Linear Variable Differential Transformer</i>	Transformador diferencial variable lineal

Acrónimo	Significado	Significado en castellano
MAC	<i>Medium Access Control</i>	Control de acceso al medio
MAC	<i>Multiplier-Accumulator</i>	Multiplicador-acumulador
MAN	<i>Metropolitan Area Network</i>	Red de área metropolitana
MAP	<i>Manufacturing Automation Protocol</i>	Protocolo de automatización de la producción.
MAP/TOP	<i>Manufacturing Automation Protocol/ Technical and Office Protocol</i>	Protocolo de automatización de la producción/Protocolo de oficina y técnico
MAU	<i>Medium Attachment Unit</i>	Unidad de acoplamiento al medio
MCM	<i>Multichip module</i>	Módulo con varios circuitos integrados
MCR	<i>Master Control Relay</i>	Relé de control principal
MCU	<i>Microcontroller Unit</i>	Microcontrolador
MDT	<i>Maintenance Delay Time</i>	Tiempo medio de mantenimiento
MDX	<i>Multiplexer/Demultiplexer</i>	Multiplexor/Demultiplexor
MEMS	<i>MicroElectroMechanical System</i>	Sistema microelectro-mecánico
MES	<i>Manufacturing Execution System</i>	Sistema de administración de la producción
MF	<i>Medium Frequencies</i>	Frecuencias medias
MIPS	<i>Millions of Instructions Per Second</i>	Millones de instrucciones por segundo
MIS	<i>Management Information System</i>	Sistema de gestión de la información
MISO	<i>Master-In Slave-out</i>	Entrada del principal-Salida del subordinado
MMI	<i>Man Machine Interface</i>	Interfaz máquina-usuario
MMS	<i>Manufacturing Message Specification</i>	Especificación de mensajes de fabricación
MMU	<i>Memory Management Unit</i>	Unidad de gestión de memoria
MODBUS	<i>MODicom BUS</i>	Bus de Modicom
MODEM	<i>Modulator/Demodulator</i>	Modulador/Demodulador
MOSI	<i>Master-Out Slave-In</i>	Salida del principal-Entrada del subordinado
MPGA	<i>Mask Programmable Gate Array</i>	Matriz de puertas programable mediante máscara
MPI	<i>Multipoint Interface</i>	Interfaz multipunto
MSB	<i>Most Significant Bit</i>	Bit más significativo
MSD	<i>Most Significant Digit</i>	Dígito más significativo
MSI	<i>Medium Scale Integration</i>	Escala de integración media
MTBF	<i>Mean Time Between Failures</i>	Tiempo medio entre fallos

Acrónimo	Significado	Significado en castellano
MTBM	<i>Mean Time Between Maintenance</i>	Tiempo medio entre acciones de mantenimiento
MTTF	<i>Mean Time To Failure</i>	Tiempo medio hasta que se produce el primer fallo
MTTR	<i>Mean Time To Repair</i>	Tiempo medio de reparación
MTU	<i>Master Terminal Unit</i>	Unidad principal o central
MUL	<i>Multiplication</i>	Multiplicación
MUX	<i>Multiplexer</i>	Multiplexor
NAK	<i>Negative Acknowledgment</i>	Información recibida errónea
NC	<i>Normally Close</i>	Normalmente cerrado
NC	<i>Numerical Control</i>	Control numérico
NIC	<i>Network Interface Card</i>	Placa de interfaz de red
NMI	<i>Non Maskable Interrupt</i>	Interrupción no enmascarable
NMOS	<i>NMOS logic</i>	Tecnología MOS de canal N
NO	<i>Normally Open</i>	Normalmente abierto
NRE	<i>Non recurrent engineering</i>	Costes de ingeniería no recurrentes o no repetitivos
NRT	<i>Non Real Time (Communication)</i>	Comunicación que no se realiza en tiempo real
NRZ	<i>Non Return to Zero</i>	Código sin retorno a cero
NRZI	<i>Non Return to Zero Inverted</i>	Código invertido sin retorno a cero
NSP	<i>Network Service Provider</i>	Suministrador de servicios de red
NVRAM	<i>Non Volatil RAM</i>	Memoria de acceso aleatorio no volátil
OB	<i>Organization Block</i>	Bloque de organización
OD	<i>Object Dictionary</i>	Diccionario de objetos
OE	<i>Output Enable</i>	Desinhibición de salida
OLAP	<i>On Line Analytical Processing</i>	Proceso analítico de datos en tiempo real
OLE	<i>Object Linking and Embedding</i>	Insertar y vincular objetos
OOP	<i>Object Oriented programming</i>	Programación orientada a objetos
OP	<i>Operation Panel</i>	Panel de operación
OPC	<i>OLE for Process Control</i>	OLE aplicado al control de procesos
OS	<i>Overflow Stored</i>	Bit de rebasamiento memorizado
OSI	<i>Open Systems Interconnection</i>	Interconexión de sistemas abiertos
OTP	<i>One Time Programmable</i>	Programable una sola vez
OV	<i>Overflow</i>	Rebasamiento
P	<i>Proportional control</i>	Control proporcional

Acrónimo	Significado	Significado en castellano
PAC	<i>Process Automation Computer</i>	Computador de control de procesos
PAL	<i>Programmable Array Logic</i>	Matriz lógica Y-programable
PB	<i>Parity bit</i>	Bit de paridad
PC	<i>Personal Computer</i>	Computador personal
PC	<i>Program Counter</i>	Contador de programa
PC-PLC	<i>Personal Computer-Programmable Logic Controller</i>	Computador personal – Autómata programable
PCB	<i>Printed Circuit Board</i>	Placa de circuito impreso
PCM	<i>Pulse Code Modulation</i>	Modulación mediante codificación de impulsos
PCS	<i>Process Controller System</i>	Controlador de procesos
PCS	<i>Process Control System</i>	Sistema de control de procesos
PD	<i>Proportional plus Derivative control</i>	Control proporcional y derivativo
PDA	<i>Personal Data Assistant</i>	Agenda personal
PDP	<i>Power-Delay Product</i>	Producto potencia-retardo o potencia - tiempo de propagación
PDU	<i>Protocol Data Unit</i>	Unidad del protocolo de datos
PES	<i>Programmable Electronic Safety related system</i>	Sistema electrónico de control relacionado con la seguridad
PFD	<i>Probability of Failure on Demand</i>	Probabilidad de fallo bajo demanda
PGA	<i>Programmable Gain Amplifier</i>	Amplificador de ganancia programable
PGA	<i>Programmable Gate Array</i>	Matriz programable de puertas Y
PGA	<i>Pin Grid Array</i>	Encapsulado de matriz de patillas
PI	<i>Proportional plus Integral control</i>	Control proporcional e integral
PIA	<i>Programmable Interconnect Array</i>	Matriz de interconexión programable
PID	<i>Proportional plus Integral plus Derivative control</i>	Control proporcional, integral y derivativo
PIPO	<i>Parallel-in/Parallel-out</i>	Registro de entrada y salida en paralelo
PISO	<i>Parallel-in/Serial-out</i>	Entrada en paralelo y salida en serie
PLA	<i>Programmable Logic Array</i>	Matriz lógica programable
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i>	Autómata programable o Controlador programable
PLCC	<i>Plastic Leaded Chip Carrier</i>	Encapsulado plástico de patillas dobladas
PLD	<i>Programmable Logic Device</i>	Dipositivo lógico programable
PLL	<i>Phase Locked Loop</i>	Bucle de fase enclavada

Acrónimo	Significado	Significado en castellano
PLM	<i>Product Life cycle Management</i>	Gestión del ciclo de vida del producto
PLS	<i>Programmable Logic Sequencer</i>	Secuenciador lógico programable
PM	<i>Phase modulation</i>	Modulación de fase
POR	<i>Power On Reset</i>	Reinicio al alimentar
POS	<i>Product Of Sums</i>	Producto de sumas lógicas
POU	<i>Program Organization Unit</i>	Unidad de organización del programa
PPI	<i>Programmable Peripheral Interface</i>	Interfaz programable de periférico
PRBS	<i>Pseudorandom Binary Sequence</i>	Secuencia binaria pseudoaleatoria
PRBSG	<i>Pseudorandom Binary Sequence Generator</i>	Generador de secuencias binarias pseudoaleatorias
PROFIBUS	<i>PROcess FIEld BUS</i>	Bus de campo PROFIBUS
PROFIBUS DP	<i>PROcess FIEld BUS-Decentralized Periphery</i>	Bus de campo PROFIBUS-DP
PROFIBUS FMS	<i>PROcess FIEld BUS-Fieldbus Message Specification</i>	Bus de campo PROFIBUS-FMS
PROFIBUS PA	<i>PROcess FIEld BUS-Process Automation</i>	Bus de campo PROFIBUS-PA
PROM	<i>Programmable Read Only Memory</i>	Memoria de acceso aleatorio pasiva programable
PSDN	<i>Public Switched Data Network</i>	Red de datos conmutada pública
PSOC	<i>Programmable System-On-a-Chip</i>	Sistema integrado programable o sistema monolítico programable
PSRG	<i>Pseudorandom Generator</i>	Generador pseudoaleatorio
PSW	<i>Program Status Word</i>	Palabra de estado
PT	<i>Preselection time</i>	Tiempo preseleccionado
PV	<i>Preset value</i>	Valor inicial
PV	<i>Process variable</i>	Variable del proceso
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i>	Modulación de anchura de impulsos
QFP	<i>Quad Flat Package</i>	Encapsulado cuadrangular plano
QMR	<i>Quadruple Modular Redundant</i>	Redundancia modular cuádruple
R/W	<i>Read/Write</i>	Escritura/lectura
RAM	<i>Random Access Memory</i>	Memoria de acceso aleatorio activa
RAMS	<i>Reliability-Availability-Maintainability-Safety</i>	Fiabilidad - Disponibilidad - Mantenibilidad - Seguridad
RB	<i>RLO stored</i>	Biestable RLO memorizado
RBI	<i>Ripple Blanking Input</i>	Entrada de propagación del blanqueo
RBO	<i>Ripple Blanking Output</i>	Salida de propagación del blanqueo
RCO	<i>Ripple Carry Output</i>	Salida de propagación del acarreo

Acrónimo	Significado	Significado en castellano
RdP	<i>Red de Petri</i>	Red de Petri
RDSI	<i>Red Digital de Servicios Integrados</i>	Red Digital de Servicios Integrados
RET	<i>Return</i>	Retorno
RETC	<i>Return conditional</i>	Retorno condicional
RF	<i>Radio frequency</i>	Radiofrecuencia
RIP	<i>Routing Information Protocol</i>	Protocolo de la información de enrutado
RISC	<i>Reduced Instruction Set Computer</i>	Computador de juego de instrucciones reducido
RLO	<i>Result of Logic Operation</i>	Biestable del resultado de una operación lógica
RMS	<i>Rout Mean Square value</i>	Valor eficaz
ROM	<i>Read only memory</i>	Memoria totalmente pasiva
RPROM	<i>Reprogrammable Read Only Memory</i>	Memoria pasiva reprogramable
RT	<i>Real Time</i>	Tiempo real
RTC	<i>Real Time Clock</i>	Reloj de tiempo real
RTD	<i>Resistance Temperature Detector</i>	Sensor resistivo de temperatura
RTL	<i>Register Transfer Language</i>	Lenguaje de transferencia de información entre registros
RTL	<i>Resistor Transistor Logic</i>	Tecnología resistencia transistor
RTOS	<i>Real Time Operating System</i>	Sistema operativo en tiempo real
RTS	<i>Ready To Send</i>	Preparado para enviar datos
RTU	<i>Remote Terminal Unit</i>	Unidad terminal remota
S/H	<i>Sample & Hold</i>	Muestreo y retención
SA	<i>Source Address</i>	Dirección del emisor
SAM	<i>Sequential Access Memory</i>	Memoria de acceso secuencial
SARAM	<i>Single Access Random Access Memory</i>	Memoria de acceso aleatorio único o de escritura y lectura no simultáneas
SAP	<i>Service Access Point</i>	Punto de acceso de un servicio
SBSRAM	<i>Synchronous Burst Static RAM</i>	Memoria activa estática de ráfagas síncronas
SCADA	<i>Supervisory Control And Data Acquisition</i>	Sistema de adquisición de datos y supervisión del control
SCI	<i>Serial Communication Interface</i>	Interfaz de comunicación serie
SCL	<i>Structured Control Language</i>	Lenguaje de texto estructurado
SCTP	<i>Stream Control Transmission Protocol</i>	Protocolo de transmisión de control del flujo de datos
SDLC	<i>Synchronous Data Link Control</i>	Control síncrono de enlace de datos
SDRAM	<i>Synchronous Dynamic RAM</i>	Memoria activa dinámica síncrona
SED	<i>Sistema Electrónico Digital</i>	Sistema Electrónico Digital

Acrónimo	Significado	Significado en castellano
SEDP	Sistema Electrónico Digital Programable	Sistema Electrónico Digital Programable
SFC	<i>Sequential Function Chart</i>	Diagrama funcional de secuencias
SFD	<i>Start Frame Delimiter</i>	Delimitador de inicio de la trama
SHF	<i>Super High Frequencies</i>	Frecuencias superelevadas
SIL	<i>Safety Integrity Level</i>	Nivel de seguridad integral
SIMM	<i>Single-In-line Memory Module</i>	Módulo de memorias en una fila
SIPO	<i>Serial-in/Parallel-out</i>	Entrada en serie y salida en paralelo
SIS	<i>Safety Instrumented System</i>	Sistema independiente de seguridad
SIS	<i>Safety Interlock System</i>	Sistema enclavado de seguridad
SISO	<i>Serial-in/Serial-out</i>	Entrada en serie y salida en serie
Slot-PLC	<i>Slot-Programmable Logic Controller</i>	Placa de autómatas programables
SMD	<i>Surface Mounting Device</i>	Dispositivo de montaje superficial
SMP	<i>Surface Mounting Package</i>	Encapsulado de montaje superficial
SMTP	<i>Simple Mail Transfer Protocol</i>	Protocolo de correo electrónico
SMT	<i>Surface Mounting Technology</i>	Tecnología de montaje superficial
Soft-PLC	<i>Software Programmable Logic Controller</i>	Programa informático que emula a un autómata programable
SOC	<i>System-On-a-Chip</i>	Sistema integrado o sistema monolítico
SOIC	<i>Small Outline Integrated Circuit</i>	Encapsulado de doble línea para montaje superficial
SOP	<i>Sum Of Products</i>	Suma de productos lógicos
SP	<i>Set point</i>	Punto de consigna
SPDT	<i>Single Pole Double Through</i>	Contacto único conmutado
SPI	<i>Synchronous Peripheral Interface</i>	Interfaz síncrona de periféricos
SPI	<i>Serial Peripheral Interface</i>	Interfaz serie SPI
SPLD	<i>Simple Programmable Logic Device</i>	Dispositivo lógico programable sencillo
SPST	<i>Single Pole Single Through</i>	Contacto único no conmutado
SPST-NC	<i>Single Pole Single Through Normally Close</i>	Contacto único (no conmutado) normalmente cerrado
SPST-NO	<i>Single Pole Single Through Normally Open</i>	Contacto único (no conmutado) normalmente abierto
SR	<i>Slew Rate</i>	Pendiente de cambio
SR	<i>Status register</i>	Registro de estado
SRAM	<i>Static Random Access Memory</i>	Memoria de acceso aleatorio activa estática
SRG	<i>Shift ReGister</i>	Registro de desplazamiento

Acrónimo	Significado	Significado en castellano
SSA	Sistema Seguro ante Averías	Sistema Seguro ante Averías
SSI	<i>Small Scale Integration</i>	Escala de integración pequeña
SSOP	<i>Shrink Small-Outline Package</i>	Encapsulado de doble línea estrecho para montaje superficial.
SSRAM	<i>Synchronous Static RAM</i>	Memoria de acceso aleatorio activa estática síncrona
ST	<i>Start bit</i>	Bit de inicio
ST	<i>Structured Text</i>	Texto estructurado
<i>Standard ASIC</i>	<i>Application Specific Standard Integrated Circuit</i>	Circuito integrado normalizado de aplicación específica
STL	<i>Statement List Language</i>	Lenguaje de lista de instrucciones
STP	<i>Shielded Twisted Pair</i>	Par trenzado apantallado
STX	<i>Start of Text</i>	Inicio de texto
SUB	<i>Subtraction</i>	Resta
SYNC	<i>Start of text</i>	Inicio de texto
T	<i>Trigger</i>	Disparo
T	<i>Toggle</i>	Cambio de estado
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>	Protocolo de control de la transmisión
TCP/IP	<i>Transmission Control Protocol/Internet Protocol</i>	Protocolo de control de la transmisión/ Protocolo de Internet
TDC	<i>Totally Distributed Control</i>	Control distribuido total
TDM	<i>Time Division Multiplexing</i>	Multiplexado por división en el tiempo
TDMA	<i>Time Division Multiple Access</i>	Acceso múltiple por división en el tiempo
TH	<i>Threshold</i>	Umbral o mínimo valor medible
TIA	<i>Totally Integrated Automation</i>	Automatización integrada total
TMR	<i>Triple Modular Redundant</i>	Redundancia modular triple
TOFF	<i>Timer Off</i>	Retardo a la desconexión
TON	<i>Timer ON</i>	Retardo a la conexión
TOP	<i>Technical and Office Protocol</i>	Protocolo de oficina y técnico
TP	<i>Timer Pulse</i>	Impulso de temporización
TP	<i>Touch Panel</i>	Panel táctil
TRIG	<i>Trigger</i>	Disparo
TSSOP	<i>Thin Shrink Small-Outline Package</i>	Encapsulado de doble línea delgado y estrecho para montaje superficial
TTL	<i>Transistor Transistor Logic</i>	Tecnología transistor transistor
TVSOP	<i>Thin Very Small-Outline Package</i>	Encapsulado de doble línea delgado para montaje superficial

Acrónimo	Significado	Significado en castellano
U	<i>Unavailability</i>	Indisponibilidad
UART	<i>Universal Asynchronous Receiver-Transmitter</i>	Transmisor-Receptor asíncrono universal
UC	<i>Unconditional call</i>	Llamada incondicional
UCP	Unidad Central de Proceso	Unidad Central de Proceso
UDP	<i>User Datagram Protocol</i>	Protocolo de datagramas de usuario
UHF	<i>Ultra High Frequencies</i>	Frecuencias ultra elevadas
UL	Unidad lógica	Unidad lógica
ULSI	<i>Ultra Large Scale Integration</i>	Escala de integración ultra grande
UNE	Unidad de entrada	Unidad de entrada
UNS	Unidad de salida	Unidad de salida
UNS/T	Unidad de salida y temporal	Unidad de salida y temporal
USART	<i>Universal Synchronous-Asynchronous Receiver-Transmitter</i>	Transmisor-receptor síncrono-asíncrono universal
USB	<i>Universal Serial Bus</i>	Bus serie universal
USP	<i>Unshielded twisted-pair cable</i>	Cable de par trenzado no apantallado
USR	<i>Universal Shift Register</i>	Registro de desplazamiento universal
UTP	<i>Unshielded Twisted Pair</i>	Par trenzado sin apantallar
UV EPROM	<i>Ultra Violet EPROM</i>	Memoria EPROM
VCF	<i>Voltage Controlled Frequency</i>	Frecuencia controlada por tensión
VCO	<i>Voltage Controlled Oscillator</i>	Oscilador controlado por tensión
VF	<i>Voice Frequencies</i>	Audiofrecuencias o frecuencias de la voz
VFD	<i>Virtual Field Device</i>	Dispositivo virtual de campo
VHDL	<i>VHSIC Hardware Description Language</i>	Lenguaje VHDL de descripción de sistemas digitales
VHF	<i>Very High Frequencies</i>	Frecuencias muy elevadas
VHSIC	<i>Very High Speed Integrated Circuit</i>	Circuito integrado de velocidad muy elevada
VLF	<i>Very Low Frequencies</i>	Frecuencias muy bajas
VLIW	<i>Very Long Instruction Word</i>	Instrucción de gran tamaño
VLSI	<i>Very Large Scale Integration</i>	Escala de integración muy grande
VRC	<i>Vertical Redundancy Check</i>	Comprobación mediante redundancia vertical o paridad vertical
WAN	<i>Wide Area Network</i>	Red de área extensa
WD	<i>Watchdog</i>	Circuito de vigilancia o perro guardián
WDT	<i>Watchdog timer</i>	Temporizador de vigilancia

APÉNDICE 7

PROPUESTA DE EQUIVALENCIAS ENTRE EL INGLÉS Y EL CASTELLANO DE TÉRMINOS UTILIZADOS EN CONTROL LÓGICO, CONTROL DE PROCESOS, SENSORES INDUSTRIALES, COMUNICACIONES DIGITALES, COMUNICACIONES INDUSTRIALES Y SEGURIDAD

<i>1 out of 1</i>	Uno de uno
<i>1 out of 1 with diagnostic</i>	Uno de uno con capacidad de diagnóstico
<i>1 out of 2</i>	Uno de dos
<i>1 out of 2 with diagnostic</i>	Uno de dos con capacidad de diagnóstico
<i>2 out of 2</i>	Dos de dos
<i>2 out of 3</i>	Dos de tres
<i>2 out of 4 with diagnostic</i>	Dos de cuatro con capacidad de diagnóstico
<i>2-wire switch</i>	Sensor todo-nada de dos hilos
<i>Absolute (ABS)</i>	Absoluto
<i>Absolute error</i>	Error absoluto
<i>Absolute position encoder</i>	Codificador absoluto de posición
<i>Accumulator</i>	Acumulador
<i>Accuracy</i>	Exactitud
<i>Acknowledgement (ACK)</i>	Acuse de recibo
<i>Active pull-up output</i>	Salida con carga activa
<i>Active sensor</i>	Sensor generador o activo
<i>Actuator</i>	Actuador
<i>Actuator Sensor-interface (AS-i)</i>	Bus AS-i de sensores y actuadores
<i>Acyclic</i>	No cíclico o acíclico
<i>Adaptive control</i>	Control adaptativo
<i>Adder</i>	Sumador
<i>ADDition (ADD)</i>	Suma aritmética
<i>Address</i>	Dirección
<i>Address arbitration</i>	Arbitraje de direcciones

<i>Address bus</i>	Bus de direcciones
<i>Address decoding</i>	Decodificación de direcciones
<i>Address variables</i>	Variables de dirección
<i>Addressing</i>	Direccionamiento o direccionar
<i>Adjust and observe tuning method</i>	Método de ajuste por prueba y error
<i>Advanced Data Communication Control Procedure (ADCCP)</i>	Procedimiento avanzado de control de la comunicación de datos
<i>Advanced Programmable Logic Device (APLD)</i>	Dispositivo lógico programable avanzado
<i>Aiken BCD code</i>	Código BCD Aiken
<i>Algorithm</i>	Algoritmo
<i>Algorithmic Behavioural modeling</i>	Modelado algorítmico del comportamiento
<i>Algorithmic State Machine (ASM)</i>	Máquina algorítmica de estados
<i>Aliasing</i>	Distorsión de muestreo
<i>Allocate</i>	Ubicar o asignar
<i>Alphanumeric code</i>	Código alfanumérico
<i>Alternate Current (AC)</i>	Corriente alterna (CA)
<i>Alternating Pulse Modulation (APM)</i>	Modulación de impulsos alternados
<i>Ambient operating temperature</i>	Rango de temperatura ambiente
<i>American National Standards Institute</i>	Instituto de Normalización Nacional Americano de E.E.U.U.
<i>American Standard Code for Information Interchange (ASCII)</i>	Código ASCII
<i>Ammeter</i>	Amperímetro
<i>Amplifier</i>	Amplificador
<i>Amplitude modulation (AM)</i>	Modulación de amplitud
<i>Amplitude Shift Keying (ASK)</i>	Modulación de amplitud
<i>Analog data domain</i>	Dominio analógico de datos
<i>Analog Ground point (AGND)</i>	Masa analógica
<i>Analog sensor</i>	Sensor analógico
<i>Analog signal</i>	Señal eléctrica analógica
<i>Analog to Digital Converter (ADC)</i>	Convertidor analógico-digital
<i>Analog transmission</i>	Transmisión analógica
<i>And function</i>	Función u operación lógica Y
<i>And gate</i>	Puerta Y
<i>And operation</i>	Función u operación lógica Y
<i>Antireset wind-up</i>	Antisaturación del término integral (Control continuo PID)
<i>Application layer</i>	Nivel o capa de aplicación (del modelo OSI)
<i>Application Layer Interface (ALI)</i>	Interfaz de la capa de aplicación

Equivalencia de términos de Electrónica y Automática Industriales

<i>Application note</i>	Nota de aplicación
<i>Application Programming Interface (API)</i>	Interfaz de programación de una aplicación
<i>Application Specific Integrated Circuit (ASIC)</i>	Circuito integrado de aplicación específica
<i>Application specific interface</i>	Interfaz de aplicación específica
<i>Application Specific Standard Integrated Circuit (Standard ASIC)</i>	Circuito integrado normalizado de aplicación específica
<i>Application Specific Standard Product (ASSP)</i>	Producto normalizado de aplicación específica
<i>Arithmetic Logic Unit (ALU)</i>	Unidad aritmético-lógica
<i>Arithmetic operation</i>	Operación aritmética
<i>Arithmetic shifter</i>	Desplazador combinacional
<i>Array data type</i>	Matriz de datos
<i>Assembler</i>	Lenguaje ensamblador
<i>Assembly language</i>	Lenguaje ensamblador
<i>Assignment</i>	Asignación de un valor
<i>Associative memory</i>	Memoria asociativa
<i>Astable</i>	Aestable
<i>Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL)</i>	Multiplexado por división en la frecuencia del tipo ADSL
<i>Asynchronous</i>	Asíncrono
<i>Asynchronous cell</i>	Celda asíncrona
<i>Asynchronous circuit</i>	Circuito asíncrono
<i>Asynchronous Communication Interface Adapter (ACIA)</i>	Interfaz de comunicaciones asíncronas
<i>Asynchronous counter</i>	Contador asíncrono
<i>Asynchronous input</i>	Entrada asíncrona
<i>Asynchronous logic controller</i>	Controlador lógico asíncrono
<i>Asynchronous parallel data inputs</i>	Entradas asíncronas de datos en paralelo
<i>Asynchronous sequential system</i>	Sistema secuencial asíncrono
<i>Asynchronous sequential system using R-S latches</i>	Sistema secuencial asíncrono implementado con biestables R-S
<i>Asynchronous Static RAM (ASRAM)</i>	Memoria de acceso aleatorio activa estática asíncrona (ASRAM)
<i>Asynchronous Transfer Mode (ATM)</i>	Modo de transferencia asíncrona
<i>Asynchronous Transmission</i>	Transmisión asíncrona
<i>Atmosphere</i>	Atmósfera
<i>Attenuation</i>	Atenuación
<i>Attenuation distortion</i>	Distorsión por atenuación
<i>Authentication</i>	Acreditación

<i>Auto Clear</i>	Autoinicialización
<i>Automatic addressing</i>	Direccionamiento automático
<i>Automatic control</i>	Control automático
<i>Automatic Frequency Control (AFC)</i>	Control automático de frecuencia
<i>Automatic reset</i>	Anulación automática (de un sistema de control)
<i>Automatic reset</i>	Inicialización automática (de un procesador)
<i>Automatic reset</i>	Puesta a cero automática de un biestable
<i>Automatic Retransmission Query (ARQ)</i>	Petición de retransmisión automática
<i>Automatic Test Equipment (ATE)</i>	Equipo de verificación automática
<i>Automation</i>	Automatización
<i>Availability</i>	Disponibilidad
<i>Backbone</i>	Canal de comunicaciones
<i>Backplane</i>	Panel posterior
<i>Balanced circuit</i>	Circuito diferencial o balanceado
<i>Ball-Grid Array (BGA)</i>	Encapsulado de matriz de bolas
<i>Bandwidth</i>	Ancho de banda
<i>Barrel shifter</i>	Desplazador combinacional
<i>Baseband</i>	Banda base
<i>Basic input/output system (BIOS)</i>	Sistema básico de entrada/salida
<i>Batch process</i>	Proceso secuencial
<i>Batch production</i>	Fabricación por lotes
<i>Batch transmission</i>	Transmisión de información por lotes
<i>Baud rate</i>	Baudio o bit por segundo
<i>Bayonet Navy Connector (BNC)</i>	Conector BNC
<i>Behavioural description of hardware</i>	Descripción del comportamiento del sistema físico
<i>Behavioural modeling</i>	Descripción funcional o de comportamiento
<i>BiCMOS</i>	Tecnología bipolar-CMOS
<i>Bidirectional port</i>	Puerto bidireccional
<i>Bidirectional shift register</i>	Registro de desplazamiento bidireccional o reversible
<i>Binary addition</i>	Suma binaria
<i>Binary Coded Decimal (BCD) code</i>	Código decimal codificado en BCD natural
<i>Binary encoding</i>	Codificación binaria
<i>Binary number</i>	Número binario
<i>Binary offset code</i>	Código binario natural desplazado
<i>Binary Synchronous Control (BSC)</i>	Control síncrono binario
<i>Bipolar CMOS (BiCMOS)</i>	Tecnología bipolar-CMOS (BiCMOS)
<i>Bit</i>	Bit

Equivalencia de términos de Electrónica y Automática Industriales

<i>Bit Error Rate (BER)</i>	Tasa o porcentaje de bits erróneos
<i>Bit mapping</i>	Asignación de un bit
<i>Bit slice</i>	Expansible
<i>Bit slice processor</i>	Procesador expansible
<i>Bit string</i>	Cadena de bits
<i>Bit width</i>	Número de bits
<i>Bits per second</i>	Bits por segundo
<i>Black Box</i>	Caja negra
<i>Blanking Input (BI)</i>	Entrada de blanqueo
<i>Blind zone</i>	Zona muerta o ciega
<i>Block Check Character (BCC)</i>	Carácter de verificación de bloque
<i>Block diagram</i>	Diagrama o esquema de bloques
<i>Bode plot</i>	Diagrama de Bode
<i>Bonding wire</i>	Hilo de conexión
<i>Boolean</i>	Lógico
<i>Boolean addition</i>	Suma lógica
<i>Boolean algebra</i>	Álgebra lógica o algebra de Boole
<i>Boolean function</i>	Función lógica
<i>Boolean minimization</i>	Minimización lógica
<i>Boolean multiplication</i>	Producto lógico
<i>Borrow</i>	Acarreo de la resta
<i>Bottom-up</i>	Ascendente
<i>Bottom-up design</i>	Diseño ascendente
<i>Bounce</i>	Rebote
<i>Bouncing</i>	Rebotar
<i>Boundary Scan Standard</i>	Norma de exploración periférica
<i>Boundary Scan technique</i>	Técnica de exploración periférica
<i>Branch</i>	Salto o bifurcación
<i>Branch instruction</i>	Instrucción de salto o bifurcación
<i>Breakpoint</i>	Punto de ruptura
<i>Bridge</i>	Puente (Comunicaciones digitales)
<i>Bridged Ethernet</i>	Red Ethernet con puente
<i>Broadband</i>	Banda ancha
<i>Broadcast</i>	Difusión total o a todos los receptores
<i>Buffer</i>	Almacén intermedio
<i>Buffer</i>	Amplificador
<i>Buffer</i>	Memoria temporal o intermedia
<i>Buffer</i>	No inversor
<i>Buffer</i>	Seguidor

<i>Buffer Latch</i>	Registro controlado por niveles
<i>Buffered serial port</i>	Puerto serie con memoria temporal
<i>Built-In Self Test (BIST)</i>	Autoverificación
<i>Burst errors</i>	Ráfaga de errores o errores en ráfaga
<i>Burst mode</i>	Modo de ráfaga
<i>Burst Extended Data Output Dynamic RAM (BEDO DRAM)</i>	Memoria activa dinámica con salida de datos ampliada en ráfaga (BEDO DRAM)
<i>Bus</i>	Bus o barra
<i>Bus arbitration</i>	Arbitraje de bus
<i>Bus driver</i>	Controlador de bus
<i>Bus topology</i>	Topología de bus
<i>Business Process Modeler</i>	Modelizador de los procesos de negocio
<i>Busy</i>	Ocupado
<i>Byte</i>	Octeto
<i>Cache</i>	Oculto
<i>Cache memory</i>	Memoria oculta
<i>CAD tool</i>	Herramienta informática de diseño asistido por computador
<i>Calibration</i>	Calibración
<i>Calibration curve</i>	Curva de calibración
<i>Calibration error</i>	Error de calibración
<i>Call</i>	Llamada
<i>Call conditional</i>	Llamada condicional
<i>Call instruction</i>	Instrucción de llamada
<i>Capacitive proximity sensor</i>	Sensor capacitivo de proximidad
<i>Capture buffer</i>	Memoria temporal de captura
<i>Carrier</i>	Portadora
<i>Carrier frequency</i>	Frecuencia de la portadora
<i>Carrier Sense Multiple Access (CSMA)</i>	Acceso múltiple mediante detección de portadora
<i>Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA-CD)</i>	Acceso múltiple mediante detección de portadora y de colisiones
<i>Carrier to Noise ratio (CNR)</i>	Relación ruido-portadora
<i>Carry</i>	Acarreo
<i>Carry Generator (CG)</i>	Generador de acarreo
<i>Carry lookahead</i>	Acarreo anticipado
<i>Carry lookahead adder</i>	Sumador binario con generación anticipada del acarreo
<i>Carry lookahead output</i>	Salida de propagación anticipada del acarreo.
<i>Carry Propagator (CP)</i>	Propagador de acarreo

Equivalencia de términos de Electrónica y Automática Industriales

<i>Carry Propagator Generator (CPG)</i>	Generador-propagador de acarreo
<i>Cascaded control</i>	Control en cascada
<i>Cascaded counters</i>	Contadores en cascada
<i>Cathode Ray Tube (CRT)</i>	Tubo de rayos catódicos
<i>Cellular wireless network</i>	Red inalámbrica celular
<i>Central Processing Unit (CPU)</i>	Unidad Central de Proceso (UCP)
<i>Ceramic Dual In line Package (CERDIP)</i>	Encapsulado cerámico de doble línea de terminales
<i>Ceramic Quad Flat Package (CQFP)</i>	Encapsulado cuadrangular plano
<i>Channel</i>	Canal
<i>Channel driver</i>	Controlador de canal
<i>Character code</i>	Código alfanumérico
<i>Charge Coupled Device (CCD)</i>	Dispositivo de acoplamiento de cargas
<i>Chart</i>	Gráfico o representación gráfica
<i>Chat</i>	Charla electrónica
<i>Check</i>	Comprobar
<i>Checking</i>	Verificación o comprobación dinámica, pasiva o concurrente
<i>Checksum code</i>	Código de detección de errores mediante suma
<i>Chemical sensor</i>	Sensor químico
<i>Chip</i>	Circuito integrado monolítico sin encapsular
<i>Chip enable (CE)</i>	Inhibición del circuito
<i>Chip-on-board</i>	Circuito integrado montado sin encapsular
<i>Chip Select (CS)</i>	Inhibición del circuito
<i>Circuit switching</i>	Conmutación de circuitos
<i>Circuit switching network</i>	Red de conmutación de circuitos
<i>Circular buffer</i>	Memoria temporal circular
<i>Circular memory</i>	Memoria circular
<i>Cladding</i>	Recubrimiento o corteza (de una fibra óptica)
<i>Class index</i>	Índice de clase
<i>Clear (CLR)</i>	Borrar o poner a cero
<i>Clear Input (CLR)</i>	Entrada de borrado o de puesta a cero
<i>Clear To Send (CTS)</i>	Permiso para iniciar la transmisión
<i>Client/Server</i>	Cliente/Servidor
<i>Clock</i>	Reloj o generador de impulsos
<i>Clock Enable (CE)</i>	Inhibición del reloj
<i>Clock input</i>	Entrada de impulsos o de reloj
<i>Clock skew</i>	Desfase o retardo del reloj
<i>Clocking event</i>	Flanco activo del reloj
<i>Closed loop control system</i>	Sistema de control en bucle cerrado

<i>Closed loop feedback control system</i>	Sistema de control realimentado o de control en bucle cerrado
<i>Closed loop frequency response</i>	Respuesta en frecuencia en bucle cerrado
<i>Closed loop gain</i>	Ganancia en bucle cerrado
<i>Closed loop tuning</i>	Ajuste o sintonía en bucle cerrado
<i>Closed loop transfer function</i>	Función de transferencia en bucle cerrado
<i>Coaxial cable</i>	Cable coaxial
<i>Code</i>	Código
<i>Code converting</i>	Conversión de código
<i>Code Division Multiple Access (CDMA)</i>	Acceso múltiple por división de código
<i>Coincidence function</i>	Función equivalencia
<i>Collision detection</i>	Detección de colisiones
<i>Combinational logic circuit</i>	Circuito digital combinacional
<i>Combinational multiplier</i>	Multiplicador combinacional
<i>Combinational shifter</i>	Desplazador combinacional
<i>Command</i>	Orden
<i>Command module</i>	Módulo de órdenes
<i>Comment</i>	Comentario
<i>Common Interface Protocol (CIP)</i>	Protocolo de interfaz común
<i>Common Mode Rejection ratio (CMRR)</i>	Relación de rechazo de modo común
<i>Common Mode Voltage (CMV)</i>	Tensión de modo común
<i>Common point</i>	Terminal de referencia
<i>Communication architecture</i>	Arquitectura de comunicaciones
<i>Communication channel</i>	Canal de comunicaciones
<i>Communication controller</i>	Procesador de comunicaciones
<i>Communication network topology</i>	Topología de una red de comunicaciones
<i>Communication port</i>	Puerto de comunicaciones
<i>Communication processor (CP)</i>	Procesador de comunicaciones
<i>Communication profile</i>	Perfil de comunicación
<i>Communication protocol</i>	Protocolo de comunicaciones
<i>Communication relationships (CR)</i>	Relaciones de comunicación
<i>Comparator</i>	Comparador
<i>Compare instruction</i>	Instrucción de comparación
<i>Comparison measurement method</i>	Medida por comparación
<i>Compensator</i>	Compensador
<i>Complementary Metal Oxide Semiconductor (CMOS)</i>	MOS complementario (CMOS)
<i>Complex Instruction Set Computer (CISC)</i>	Computador de juego de instrucciones complejo

<i>Complex Programmable Logic Device (CPLD)</i>	Dispositivo Lógico Programable Complejo
<i>Computer</i>	Computador
<i>Computer Aided Design (CAD)</i>	Diseño asistido por computador
<i>Computer Aided Design (CAD) tool</i>	Herramienta de diseño asistido por computador
<i>Computer Aided Engineering (CAE)</i>	Ingeniería asistida por computador
<i>Computer Aided Manufacturing (CAM)</i>	Fabricación asistida por computador
<i>Computer Aided Planning Process (CAPP)</i>	Sistema de planificación asistida por computador
<i>Computer control</i>	Control por computador
<i>Computer Integrated Manufacturing (CIM)</i>	Fabricación integrada por computador
<i>Computer Numerical Control (CNC)</i>	Control numérico o control numérico por computador
<i>Concurrency</i>	Concurrencia
<i>Concurrent processes</i>	Procesos concurrentes, simultáneos o que se ejecutan simultáneamente
<i>Condition code</i>	Biestable de código de condición
<i>Conditional branch</i>	Salto o bifurcación condicional
<i>Conditional call (JMPC)</i>	Llamada condicional
<i>Conditional jump</i>	Salto condicional
<i>Conditional return (RETC)</i>	Retorno condicional
<i>Confidence level</i>	Nivel de confianza
<i>Configurability</i>	Configurabilidad
<i>Configurable Logic Block (CLB)</i>	Bloque lógico configurable
<i>Configuration phase</i>	Proceso de configuración
<i>Connecting device</i>	Elemento o subsistema de interconexión
<i>Connection oriented protocol</i>	Protocolo orientado a la conexión
<i>Connectionless protocol</i>	Protocolo no orientado a la conexión
<i>Connector</i>	Conector
<i>Constraint</i>	Restricción
<i>Contactor</i>	Contactador
<i>Content Addressable Memory (CAM)</i>	Memoria asociativa
<i>Content Value (CV)</i>	Contenido o valor del contenido
<i>Continuous code</i>	Código continuo
<i>Continuous Function Chart (CFC)</i>	Diagrama de funciones continuas
<i>Continuous process</i>	Proceso continuo o proceso
<i>Continuous proportional controller</i>	Controlador continuo proporcional
<i>Control algorithm</i>	Algoritmo de control
<i>Control Area Network (CAN)</i>	Red de control CAN

<i>Control bit (CB)</i>	Bit de control
<i>Control engineering</i>	Ingeniería de control
<i>Control loop</i>	Bucle de control
<i>Control store</i>	Memoria de control
<i>Control system</i>	Sistema de control
<i>Control system response</i>	Respuesta del sistema de control
<i>Control Unit (CU)</i>	Unidad de control
<i>Control Variable (CV)</i>	Variable de control
<i>Control voltage input</i>	Entrada de tensión de control
<i>Controllability</i>	Controlabilidad
<i>Controlled Variable (CV)</i>	Variable controlada
<i>Controller</i>	Controlador
<i>Controller gain</i>	Ganancia del controlador
<i>Controller network</i>	Red de controladores
<i>Conversion</i>	Conversión
<i>Converter</i>	Convertidor
<i>Coprocessor</i>	Coprocesador
<i>Core</i>	Núcleo
<i>Correction</i>	Corrección
<i>Correction of errors</i>	Corrección de errores
<i>Count</i>	Contar
<i>Count Enable input (CE)</i>	Entrada de inhibición del conteo
<i>CounTeR (CTR)</i>	Contador
<i>Counting</i>	Contar
<i>Counting down (CTD)</i>	Conteo o contaje descendente
<i>Counting up (CTU)</i>	Conteo o contaje ascendente
<i>Counting Up/Down (CTUD)</i>	Conteo o contaje reversible
<i>Critical damping</i>	Amortiguamiento crítico
<i>Critically damped</i>	Amortiguamiento crítico
<i>Critical race</i>	Transición crítica
<i>Cross-coupled NAND gates</i>	Biestable R-S asíncrono implementado con puertas NAND
<i>Cross-coupled NOR gates</i>	Biestable R-S asíncrono implementado con puertas NOR
<i>Current dissipation</i>	Potencia disipada
<i>Current sinking</i>	Corriente entrante o de pozo
<i>Current sourcing</i>	Corriente saliente o de fuente
<i>Current state</i>	Estado actual
<i>Custom Integrated Circuit</i>	Circuito integrado a medida

<i>Cycle stealing</i>	Robo de ciclo
<i>Cycle stealing DMA</i>	Acceso directo a memoria mediante robo de ciclos
<i>Cyclic</i>	Cíclico
<i>Cyclic Redundancy Check (CRC)</i>	Verificación mediante redundancia cíclica (CRC)
<i>Cyclical polling</i>	Sondeo periódico o consulta periódica
<i>Damped oscillation</i>	Oscilación amortiguada
<i>Damped response</i>	Respuesta amortiguada
<i>Damping</i>	Amortiguamiento
<i>Damping coefficient</i>	Coefficiente de amortiguamiento
<i>Data</i>	Datos
<i>Data Acquisition System (DAS)</i>	Sistema de adquisición de datos
<i>Data Block (DB)</i>	Bloque de datos
<i>Data bus</i>	Bus de datos
<i>Data Communications</i>	Comunicaciones digitales
<i>Data domain</i>	Dominio de datos
<i>Data Encryption Standard (DES)</i>	Encriptación de datos
<i>Data exchange</i>	Intercambio de datos
<i>Data flow behavioural modeling</i>	Modelado de comportamiento mediante el flujo de datos
<i>Data flow description of hardware</i>	Descripción de un sistema digital mediante el flujo de datos
<i>Data flow mode</i>	Modo de comunicación
<i>Data flow modeling</i>	Modelado mediante el flujo de datos
<i>Data generator</i>	Generador de datos
<i>Data latching</i>	Memorización temporal
<i>Data-link Control layer</i>	Nivel o capa de enlace
<i>Data-link Control protocol</i>	Protocolo del nivel o capa de enlace de datos
<i>Data Link Escape (DLE)</i>	Caracter especial de enlace de datos
<i>Data-link layer</i>	Nivel o capa de enlace de datos
<i>Data mining</i>	Minería de datos
<i>Data network</i>	Red de datos
<i>Data network interconnection</i>	Interconexión entre redes de datos
<i>Data path</i>	Unidad operativa
<i>Data path unit</i>	Unidad operativa
<i>Data selector</i>	Multiplexor o selector de datos
<i>Data Set Ready (DSR)</i>	Terminal de datos preparado
<i>Data setup time</i>	Tiempo de establecimiento
<i>Data sheets</i>	Hojas de características

<i>Data subsystem</i>	Unidad operativa
<i>Data Terminal Ready (DTR)</i>	Terminal de datos preparado para recibir
<i>Data transfer</i>	Transferencia de datos
<i>Data type</i>	Tipo de datos
<i>Data Warehouse</i>	Almacén de datos
<i>Datagram</i>	Datagrama
<i>Datagram network</i>	Red de datagramas
<i>Dead band</i>	Zona muerta
<i>Dead time</i>	Retardo o tiempo muerto
<i>Dead zone</i>	Zona muerta
<i>Debouncing</i>	Eliminación de rebotes
<i>Debug</i>	Eliminar fallos o errores
<i>Debugger</i>	Depurador
<i>Decade counter</i>	Contador en BCD natural
<i>Decentralized Periphery</i>	Periferia descentralizada
<i>Decimal adjust</i>	Ajuste decimal
<i>Decimal decoder</i>	Decodificador decimal
<i>Decimal number</i>	Número decimal
<i>Declaration</i>	Declaración o definición
<i>Declare</i>	Declarar o definir
<i>Decoder</i>	Decodificador
<i>Decoder/demultiplexer</i>	Decodificador/demultiplexor
<i>Decoder driver</i>	Decodificador excitador
<i>Defect</i>	Defecto
<i>Definite Reflective Sensor</i>	Fotocélula de reflexión definida
<i>Deflection sensor</i>	Sensor de deflexión
<i>Delay</i>	Retardo o retraso
<i>Delay distortion</i>	Distorsión por retardo
<i>Delay Time (DT)</i>	Tiempo de retardo o retraso
<i>Demodulator</i>	Demodulador
<i>Demultiplexer (DMUX)</i>	Demultiplexor
<i>Dense encoding</i>	Codificación mínima
<i>Department of Defense (DoD)</i>	Departamento de Defensa de EE.UU.
<i>Dependability</i>	Confiabilidad o garantía de funcionamiento
<i>Design automation (DA)</i>	Automatización del diseño
<i>Design for testability (DFT)</i>	Diseño para la verificabilidad
<i>Destination Address (DA)</i>	Dirección de destino
<i>Destructive read operation</i>	Lectura destructiva
<i>Detailed Production Schedule</i>	Planificador de la producción

Equivalencia de términos de Electrónica y Automática Industriales

<i>Detection of errors</i>	Detección de errores
<i>Detector</i>	Detector
<i>Determinism</i>	Determinismo
<i>Development board</i>	Placa de desarrollo
<i>Development software</i>	Programa de diseño
<i>Development tool</i>	Herramienta de diseño
<i>Device Database</i>	Base de datos de dispositivos
<i>Diagnostic coverage (DC)</i>	Cobertura del diagnóstico
<i>Difference function</i>	Función O-exclusiva
<i>Differential circuit</i>	Circuito diferencial o balanceado
<i>Differential Manchester code</i>	Código Manchester diferencial
<i>Differential movement</i>	Desplazamiento diferencial
<i>Diffuse Reflective Sensor</i>	Fotocélula de reflexión difusa
<i>Digital ammeter</i>	Amperímetro digital
<i>Digital amperimeter</i>	Amperímetro digital
<i>Digital Communications</i>	Comunicaciones digitales
<i>Digital control system</i>	Sistema digital de control
<i>Digital data</i>	Información digital
<i>Digital Data Communications Message Protocol (DDCMP)</i>	Protocolo de mensajes de comunicación de datos digitales
<i>Digital Data domain</i>	Dominio digital de datos
<i>Digital Design Language (DDL)</i>	Lenguaje de diseño de sistemas digitales
<i>Digital display</i>	Visualización o visualizador digital
<i>Digital multimeter (DMM)</i>	Multímetro digital
<i>Digital Phase Locked Loop (DPLL)</i>	Bucle digital de fase enclavada
<i>Digital voltmeter (DVM)</i>	Voltímetro digital
<i>Digital sensor</i>	Sensor digital
<i>Digital signal</i>	Señal digital
<i>Digital Signal Processor (DSP)</i>	Procesador digital de señales
<i>Digital Storage Oscilloscope (DSO)</i>	Osciloscopio de memoria digital
<i>Digital to Analog Converter (DAC)</i>	Convertidor analógico-digital
<i>Digitizer</i>	Digitalizador
<i>Digitizing rate</i>	Frecuencia de muestreo
<i>Diode bridge</i>	Puente de diodos
<i>Diode Transistor Logic (DTL)</i>	Tecnología transistor- diodo o DTL
<i>Direct access memory</i>	Memoria de acceso directo
<i>Direct current (DC)</i>	Corriente continua (CC)
<i>Direct Digital Control (DDC)</i>	Control digital directo
<i>Direct Digital Synthesis (DDS)</i>	Síntesis digital directa de señales

<i>Direct feedback sequential system</i>	Sistema secuencial de realimentación directa
<i>Direct mapping</i>	Asignación directa
<i>Direct measurement</i>	Medida directa
<i>Direct measurement method</i>	Método de medida directa
<i>Direct Memory Access (DMA)</i>	Acceso directo a memoria
<i>Direct Numerical Control (DNC)</i>	Control numérico directo
<i>Disable</i>	Inhibición
<i>Discrete input</i>	Entrada binaria o digital
<i>Discrete output</i>	Salida binaria, digital o todo-nada
<i>Discrete process</i>	Proceso secuencial
<i>Discrete sensor</i>	Sensor discreto o sensor todo-nada
<i>Discrete signal</i>	Señal todo-nada
<i>Displacement direction select input</i>	Entrada de selección del sentido de desplazamiento
<i>Displacement sensor</i>	Sensor de desplazamiento
<i>Display</i>	Visualizador
<i>Distortion</i>	Distorsión
<i>Distributed Control System (DCS)</i>	Sistema de control distribuido
<i>Distributed Network Architecture (DNA)</i>	Arquitectura de red distribuida
<i>Distributed Network Protocol (DNP)</i>	Protocolo de una red distribuida
<i>Distributed Numerical Control (DNC)</i>	Control numérico distribuido
<i>Distributed periphery</i>	Periferia distribuida
<i>Distributed processing</i>	Proceso distribuido
<i>Disturbance</i>	Perturbación
<i>Division (DIV)</i>	División
<i>Domain name server</i>	Servidor de nombres de dominio
<i>Do nothing input</i>	Entrada de inhibición/desinhibición
<i>Don't care</i>	Indiferente
<i>Dots Per Inch (DPI)</i>	Puntos por pulgada
<i>Double Pole Double Through (DPDT)</i>	Contacto doble conmutado
<i>Double Pole Single Through (DPST)</i>	Contacto doble no conmutado
<i>Double Word</i>	Doble palabra (32 bits)
<i>Down counter</i>	Contador descendente
<i>Drift</i>	Deriva
<i>Driver</i>	Amplificador, controlador o excitador
<i>Driving capability</i>	Capacidad de excitación
<i>Dual In Line (DIL)</i>	Encapsulado de doble línea
<i>Dual In line Package (DIP)</i>	Encapsulado de doble línea

Equivalencia de términos de Electrónica y Automática Industriales

<i>Dual Port Memory</i>	Memoria de doble puerto
<i>Dual Port RAM</i>	Memoria de acceso aleatorio de doble puerto
<i>Duty cycle</i>	Ciclo de trabajo
<i>Dynamic characteristics</i>	Características dinámicas de funcionamiento
<i>Dynamic CMOS</i>	Tecnología CMOS dinámica
<i>Dynamic display</i>	Visualizador dinámico
<i>Dynamic hazard</i>	Fenómeno aleatorio dinámico
<i>Dynamic inverter</i>	Inversor dinámico
<i>Dynamic Memory Controller</i>	Controlador de memorias dinámicas (DRAM)
<i>Dynamic Random Access Memory (DRAM)</i>	Memoria de acceso aleatorio activa dinámica
<i>Dynamic response</i>	Respuesta dinámica
<i>Edge</i>	Flanco
<i>Edge-triggered flip-flop</i>	Biestable activado por flancos
<i>Effective operating distance</i>	Distancia de detección real o distancia de conmutación
<i>Effectiveness</i>	Eficacia
<i>Efficiency</i>	Eficiencia
<i>Elapsed Time (ET)</i>	Tiempo transcurrido en la ejecución de una tarea
<i>Electrical characteristics</i>	Características eléctricas
<i>Electrically Erasable CMOS (EECMOS)</i>	CMOS borrrable eléctricamente
<i>Electrically Erasable Programmable Read Only Memory (EEPROM)</i>	Memoria de acceso aleatorio pasiva programable y borrrable eléctricamente, memoria E ² PROM o memoria EEPROM
<i>Electrically Erasable Programmable Logic Device (EEPLD)</i>	Dispositivo lógico programable borrrable eléctricamente
<i>Electrically Programmable Read Only Memory (EPROM)</i>	Memoria pasiva programable eléctricamente
<i>Electromagnetic Compatibility (EMC)</i>	Compatibilidad electromagnética
<i>ElectroMagnetic Interference (EMI)</i>	Interferencia electromagnética
<i>Electromagnetic spectrum</i>	Espectro electromagnético
<i>Electronic commerce</i>	Comercio electrónico
<i>Electronic control system</i>	Sistema electrónico de control
<i>Electronic Data Interchange (EDI)</i>	Intercambio de datos electrónicos
<i>Electronic Design Automation (EDA)</i>	Diseño electrónico automatizado
<i>Electronic device</i>	Dispositivo electrónico
<i>Electronic Discrete Variable Automatic Computer (EDVAC)</i>	Computador automático variable digital discreto y electrónico
<i>Electronic Industries Association (EIA)</i>	Asociación de Industrias Electrónicas de EE.UU.
<i>Electronic mail</i>	Correo electrónico o mensajería electrónica

<i>Embedded automation</i>	Sistema de control empotrado o embebido
<i>Embedded computer</i>	Computador empotrado o embebido
<i>Embedded controller</i>	Controlador empotrado o embebido
<i>Embedded operating System</i>	Sistema operativo embebido
<i>Embedded symbols</i>	Símbolos embebidos
<i>Embedding</i>	Empotrar
<i>Emulator</i>	Emulador
<i>Enable</i>	Desinhibir o habilitar
<i>Enable Propagation (ENP)</i>	Propagación de la inhibición
<i>Enable signal</i>	Señal de inhibición o habilitación
<i>Enable Trigger (ENT)</i>	Inhibición del disparo (conteo)
<i>Encoder</i>	Codificador de posición
<i>Encoding</i>	Codificación
<i>Encryption</i>	Encriptado
<i>Encryption device</i>	Elemento o subsistema de encriptado
<i>End Bit (EB)</i>	Bit de fin de mensaje
<i>End of Text (EOT)</i>	Fin de texto
<i>End of Transmission Block (ETB)</i>	Bloque de fin de transmisión
<i>Enterprise Resource Planning (ERP)</i>	Planificación de recursos de la empresa
<i>Environmental characteristics</i>	Características ambientales
<i>Environmental conditions</i>	Condiciones ambientales
<i>Environmental factors</i>	Factores ambientales
<i>Equipment manager</i>	Gestor de equipos
<i>Equivalence function</i>	Función equivalencia
<i>Erasable Programmable Logic Device (EPLD)</i>	Dispositivo lógico programable y borrrable
<i>Erasable Programmable Read Only Memories (EPROM)</i>	Memoria pasiva programable y borrrable o memoria EPROM
<i>Error</i>	Error
<i>Error Correcting Code (ECC)</i>	Código corrector de errores
<i>Error Detecting Code (EDC)</i>	Código detector de errores
<i>Error detection</i>	Detección de errores
<i>Error detection methods</i>	Métodos de detección de errores
<i>Ethernet</i>	Red Ethernet
<i>Ethernet switch</i>	Conmutador de la red Ethernet
<i>Event</i>	Suceso o evento
<i>Event driven operation</i>	Acción provocada por un suceso o evento (en un sistema de control secuencial)
<i>Event driven process</i>	Proceso secuencial con etapas iniciadas por sucesos
<i>Even parity code</i>	Código de paridad par

<i>Exact value</i>	Valor verdadero o exacto
<i>Excess gain</i>	Exceso de ganancia, ganancia excedente o razón de la ganancia
<i>Exclusive NOR</i>	Función O-exclusiva invertida
<i>Exclusive OR function</i>	Función O-exclusiva
<i>Execute</i>	Ejecutar
<i>Execute cycle</i>	Ciclo de ejecución
<i>Expandability</i>	Ampliabilidad
<i>Expandable</i>	Ampliable
<i>Expansion module (EM)</i>	Módulo de expansión
<i>Exponent</i>	Exponente
<i>Extended Binary-Coded Decimal Interchange Code (EBCDIC)</i>	Código alfanumérico EBCDIC
<i>Extended Data Output Dynamic RAM (EDO DRAM)</i>	Memoria de acceso aleatorio activa dinámica (EDO DRAM)
<i>Extremely High Frequencies (EHF)</i>	Frecuencias extraelevadas
<i>Extremely Low Frequencies (ELF)</i>	Frecuencias extrabajas
<i>Factoring</i>	Sacar factor común
<i>Factory automation</i>	Automatización de la fabricación
<i>Fail-safe system</i>	Sistema seguro ante averías
<i>Failure</i>	Avería
<i>Falling edge</i>	Cambio de uno a cero, flanco de bajada o flanco negativo
<i>False</i>	Cero (nivel)
<i>Fan-in</i>	Cargabilidad de entrada
<i>Fan-out</i>	Cargabilidad de salida
<i>Fast Ethernet</i>	Red Ethernet rápida
<i>Fast Page Mode Dynamic RAM (FPM DRAM)</i>	Memoria de acceso aleatorio activa dinámica de acceso rápido a la página
<i>Fault</i>	Fallo
<i>Fault avoidance</i>	Prevención o evitación de fallos
<i>Fault compensating redundancy</i>	Redundancia dinámica, pasiva o por compensación de fallos
<i>Fault masking</i>	Enmascaramiento de fallos
<i>Fault masking redundancy</i>	Redundancia activa, estática o por enmascaramiento de fallos
<i>Fault secure system</i>	Sistema seguro ante fallos
<i>Fault tolerance</i>	Tolerancia a fallos
<i>Fault tolerant system</i>	Sistema tolerante a fallos
<i>Feedback</i>	Realimentación
<i>Feedback amplifier</i>	Amplificador realimentado

<i>Feedback control system</i>	Sistema de control realimentado
<i>Feedback loop</i>	Bucle de realimentación
<i>Feedback signal</i>	Señal de realimentación
<i>Feedforward control</i>	Realimentación anticipada
<i>Ferroelectric Random Access Memory (FRAM)</i>	Memoria ferroeléctrica de acceso aleatorio
<i>Fetch</i>	Buscar
<i>Fetch cycle</i>	Ciclo de búsqueda
<i>Fiber distributed data interface</i>	Interfaz de datos distribuidos a través de fibra óptica
<i>Fiberoptic cable</i>	Fibra óptica
<i>Fiberoptic sensor</i>	Sensor de fibra óptica
<i>Field</i>	Planta de fabricación
<i>Field bus</i>	Bus de campo
<i>Fieldbus Management Administration (FMA)</i>	Administración de la gestión de un bus de campo
<i>Fieldbus Message Specification (FMS)</i>	Especificación del mensaje de un bus de campo
<i>Field Data Link</i>	Enlace de datos de un bus de campo
<i>Field data Link Layer (FDL)</i>	Capa de enlace de datos de un bus de campo
<i>Field device</i>	Dispositivo de campo
<i>Field Effect Transistor (FET)</i>	Transistor de efecto de campo
<i>Field Programmable Gate Array (FPGA)</i>	Conjunto configurable de puertas
<i>Field Programmable Logic Array (FPLA)</i>	Matriz lógica programable
<i>Field Programmable Logic Device (FPLD)</i>	Dispositivo lógico programable
<i>FIFO buffer</i>	Cola temporal
<i>FIFO memory</i>	Memoria cola
<i>Figure Of Merit (FOM)</i>	Factor de mérito
<i>File</i>	Fichero
<i>File transfer</i>	Transferencia de ficheros
<i>File Transfer Protocol (FTP)</i>	Protocolo de transferencia de ficheros
<i>Filtering</i>	Filtrado
<i>Finite state factoring</i>	Partición de una máquina de estados finitos
<i>Finite State Machine (FSM)</i>	Máquina de estados finita
<i>Finite state partitioning</i>	Partición de una máquina de estados finitos
<i>Firewall</i>	Cortafuegos
<i>Firmware</i>	Programa almacenado en una memoria no volátil
<i>Firmware</i>	Conjunto de rutinas del procesador
<i>First-In First-Out (FIFO) memory</i>	Memoria cola o tubo

<i>Fitting</i>	Modificación o ajuste
<i>Fitting algorithm</i>	Algoritmo de modificación o ajuste
<i>Fixed automation</i>	Automatización fija
<i>Fixed logic</i>	Circuito digital de función fija
<i>Fixed point data path</i>	Unidad operativa de coma fija
<i>Fixed point format</i>	Formato de coma fija
<i>Fixed routing</i>	Enrutado fijo
<i>Flag</i>	Biestable o indicador
<i>FLASH Digital to Analog Converter (DAC)</i>	Convertidor simultáneo de digital a analógico
<i>FLASH memory</i>	Memoria flash
<i>Flexible automation</i>	Automatización flexible
<i>Flexible Manufacturing"Cell (FMC)</i>	Célula de fabricación flexible
<i>Flexible Manufacturing Line (FML)</i>	Línea de fabricación flexible
<i>Flexible Manufacturing Module (FMM)</i>	Módulo de fabricación flexible
<i>Flexible Manufacturing System (FMS)</i>	Sistema de fabricación flexible
<i>Flip-flop (FF)</i>	Biestable sincronizado por flancos o mediante cambios de nivel
<i>Floating controller</i>	Controlador todo-nada multiposición
<i>Floating gate MOS</i>	MOS de puerta flotante
<i>Floating input circuit</i>	Circuito de entrada flotante
<i>Floating output</i>	Salida flotante
<i>Floating output circuit</i>	Circuito de salida flotante
<i>Floating point data path</i>	Unidad operativa de coma flotante
<i>Floating point format</i>	Formato de coma flotante
<i>Floating point unit (FPU)</i>	Unidad de coma flotante
<i>Floorplanning(Integrated Circuit)</i>	Distribución en planta (de los bloques lógicos)
<i>Flow control</i>	Control de flujo
<i>Flow table</i>	Tabla de flujo
<i>Flowchart</i>	Diagrama de flujo
<i>Flywheel diode</i>	Diodo de libre circulación
<i>Follow-up control system</i>	Sistema cuya salida sigue a la entrada
<i>Forwarding packets</i>	Retransmisión de paquetes
<i>Frame</i>	Trama o bloque de información (de una comunicación)
<i>Frame buffer</i>	Memoria temporal de trama
<i>Frame Check Sequence (FCS)</i>	Secuencia de comprobación de trama
<i>Frame Check Structure (FCS)</i>	Estructura de comprobación de trama o mensaje
<i>Frame control</i>	Control de trama

<i>Frame Relay</i>	Retransmisión de tramas
<i>Free position</i>	Posición libre
<i>Frequency counter</i>	Frecuencímetro
<i>Frequency counter/timer</i>	Temporizador /contador
<i>Frequency divider</i>	Divisor de frecuencia
<i>Frequency Division Multiple Access (FDMA)</i>	Acceso múltiple por división en la frecuencia
<i>Frequency Division Multiplexing (FDM)</i>	Multiplexación por división en la frecuencia
<i>Frequency domain</i>	Dominio de la frecuencia
<i>Frequency Modulation (FM)</i>	Frecuencia modulada
<i>Frequency response</i>	Respuesta en frecuencia
<i>Frequency Shift Keying(FSK)</i>	Modulación de frecuencia
<i>Full adder</i>	Sumador total o completo
<i>Full-custom integrated circuit</i>	Circuito integrado totalmente a medida
<i>Full duplex</i>	Comunicación doble simultanea
<i>Full Scale Output (FSO)</i>	Salida a fondo de escala
<i>Function (FC)</i>	Función o bloque funcional
<i>Function (FC)</i>	Bloque de programación
<i>Function Block (FB)</i>	Bloque funcional
<i>Functional Block(FB)</i>	Bloque de función
<i>Function Block Diagram (FBD)</i>	Diagrama de funciones
<i>Function with don't care conditions</i>	Función incompleta
<i>Fuzzy control system</i>	Sistema de control borroso
<i>Gain</i>	Ganancia
<i>Gallium Arsenide (GaAs)</i>	Arseniuro de galio
<i>Gap</i>	Zona muerta
<i>Gate</i>	Puerta o compuerta
<i>Gate delay</i>	Retardo de una puerta
<i>Gated latch</i>	Biestable sincronizado por niveles
<i>Gated R-S latch</i>	Biestable R-S sincronizado por niveles
<i>Gateway</i>	Pasarela
<i>General purpose</i>	Aplicación general
<i>General purpose computer</i>	Computador de aplicación general
<i>General purpose interface</i>	Interfaz de aplicación general
<i>General purpose register</i>	Registro de aplicación general
<i>General purpose synchronous sequential system</i>	Sistema secuencial síncrono de aplicación general
<i>Generating sensor</i>	Sensor generador o activo

Equivalencia de términos de Electrónica y Automática Industriales

<i>Giga Large Scale Integration (GLSI)</i>	Escala de integración gigagrande
<i>Gigabit Ethernet</i>	Red Ethernet ultra rápida
<i>Glitch</i>	Impulso transitorio o espurio
<i>Global Positioning System (GPS)</i>	Sistema de posicionamiento global
<i>Graded index multimode optical fiber</i>	Fibra óptica multimodo de índice de variación gradual
<i>Graphic Configuration Tool</i>	Herramienta de configuración gráfica
<i>Graphical User Interface (GUI)</i>	Interfaz gráfico de usuario
<i>Gray code</i>	Código Gray
<i>Ground</i>	Tierra
<i>Ground</i>	Masa
<i>Ground loop</i>	Bucle de masa
<i>Grounded input circuit</i>	Circuito de entrada puesta a masa o a tierra
<i>Grounded output</i>	Salida puesta a masa o a tierra
<i>Grounded output circuit</i>	Circuito de salida puesta a masa o a tierra
<i>Group technology</i>	Tecnología de grupos
<i>Groupware</i>	Trabajo en grupo
<i>Guaranteed operating distance</i>	Distancia de conmutación o detección de trabajo
<i>Guided transmission media</i>	Medio de comunicación guiado
<i>H type open circuit output</i>	Salida de emisor o fuente abiertos
<i>Half adder</i>	Semisumador
<i>Half duplex</i>	Comunicación doble no simultanea
<i>Halt</i>	Paro o detención
<i>Hamming code</i>	Código Hamming
<i>Handshake</i>	Saludo o reconocimiento entre sistemas informáticos
<i>Handshake protocol</i>	Protocolo de saludo o reconocimiento entre sistemas informáticos
<i>Hard macro</i>	Macro física
<i>Hard-wired control unit</i>	Unidad de control cableada
<i>Hard-wired digital circuit</i>	Circuito digital cableado
<i>Hard-wired sequential synchronous system</i>	Sistema secuencial síncrono cableado
<i>Hardware</i>	(Sustantivo): Placa electrónica, sistema físico, circuito electrónico, módulo, o periférico,
<i>Hardware</i>	(Adjetivo): Electrónico o físico
<i>Hardware Description Language (HDL)</i>	Lenguaje de descripción de sistemas digitales
<i>Hardware redundancy</i>	Redundancia física
<i>Hardware-Software codesign</i>	Codiseño físico-lógico

<i>Harvard architecture</i>	Arquitectura Harvard
<i>Hazard</i>	Fenómeno aleatorio, suceso anómalo o situación anómala
<i>Header</i>	Cabecera
<i>Heuristic design guidelines</i>	Reglas empíricas de diseño
<i>Heuristic method</i>	Método empírico
<i>Hexadecimal number system</i>	Sistema hexadecimal de numeración
<i>High availability</i>	Elevada disponibilidad
<i>High driving capability</i>	Gran capacidad de excitación o elevada corriente de salida
<i>High frequencies</i>	Frecuencias altas
<i>High-level Data Link Control (HDLC)</i>	Control de enlace de datos de alto nivel
<i>High level language</i>	Lenguaje de alto nivel
<i>Highway Addressable Remote Transducer (HART)</i>	Bus de campo Hart
<i>High-voltage driver</i>	Amplificador, controlador o excitador de tensión elevada
<i>Historian</i>	Histórico
<i>Hold input</i>	Entrada de retención
<i>Hold off time</i>	Tiempo de inhibición del disparo
<i>Hold time</i>	Tiempo de retención
<i>Horizontal parity</i>	Paridad horizontal
<i>Host</i>	Computador principal
<i>Host ID</i>	Identificador del computador
<i>Host to Host communication</i>	Comunicación entre computadores
<i>Host to Host layer</i>	Capa de enlace entre computadores (de DoD)
<i>Hot word</i>	Palabra activa
<i>Hub</i>	Concentrador
<i>Human Machine Interface (HMI)</i>	Interfaz usuario-máquina o ser humano-máquina
<i>Hybrid Control System(HCS)</i>	Sistema de control híbrido
<i>Hybrid system</i>	Sistema híbrido
<i>Hybrid topology</i>	Topología híbrida
<i>Hysteresis</i>	Histéresis
<i>Ideal value</i>	Valor verdadero o exacto
<i>Identification</i>	Identificación
<i>Identity comparator</i>	Detector de identidad
<i>Idle</i>	Desocupado u ocioso
<i>Idle Mode</i>	Estado de funcionamiento de bajo consumo
<i>IEEE-Floating Point (IEEE-FP)</i>	Formato de coma flotante del IEEE

Equivalencia de términos de Electrónica y Automática Industriales

<i>Implementation</i>	Implementación
<i>In circuit emulator</i>	Emulador
<i>In Circuit Serial Programming (ICSP)</i>	Programación serie en el circuito
<i>In-System Debugger (ISD)</i>	Depurador en el sistema
<i>In System Programmable (ISP)</i>	Programable o configurable en el sistema
<i>In System Programmable Logic Device (ISPLD)</i>	Dispositivo lógico programable en el sistema
<i>Incompletely specified function</i>	Función incompleta
<i>Incremental position encoder</i>	Codificador incremental de posición
<i>Index of refraction</i>	Índice de refracción
<i>Indicating instrument</i>	Instrumento indicador
<i>Indirect measurement</i>	Medida indirecta
<i>Indirect measurement method</i>	Método de medida indirecta
<i>Inductive proximity detector</i>	Sensor inductivo de proximidad
<i>Inductive sensor</i>	Sensor inductivo
<i>Industrial Communications</i>	Comunicaciones Industriales
<i>Industrial Ethernet</i>	Red Ethernet industrial
<i>Industrial Network</i>	Redes de datos industriales
<i>Industrial Sensor</i>	Sensor industrial
<i>Information redundancy</i>	Redundancia de información
<i>Infrared</i>	Infrarrojo
<i>Infrared diode (IR-LED)</i>	Diodo de infrarrojos
<i>Infrared LAN</i>	Red de área local inalámbrica de infrarrojos
<i>Infrared waves</i>	Rayos infrarrojos u ondas de infrarrojos
<i>Ingress Protection (IP)</i>	Grado de sellado o de protección ambiental
<i>Input</i>	Entrada
<i>Input Data Image (IDI)</i>	Imagen de los datos de entrada
<i>Input Full Scale</i>	Alcance o amplitud máxima de entrada
<i>Input Gated Latch</i>	Biestable sincronizado mediante niveles
<i>Input instruction</i>	Instrucción de entrada o de carga
<i>Input/Output (I/O)</i>	Entrada/Salida
<i>Input/Output instruction</i>	Instrucción de entrada/salida
<i>Input port</i>	Puerto o interfaz de entrada
<i>Input signal</i>	Señal de entrada
<i>Instability</i>	Inestabilidad
<i>Instantiate</i>	Repetir o reutilizar
<i>Instantiation process</i>	Proceso de reutilización
<i>Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE)</i>	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos

<i>Instruction</i>	Instrucción
<i>Instruction cycle</i>	Ciclo de instrucción
<i>Instruction decoding</i>	Decodificación de la instrucción
<i>Instruction List (IL)</i>	Lenguaje de lista de instrucciones
<i>Instruction register</i>	Registro de instrucciones
<i>Integer</i>	Entero
<i>Integral Absolute Error (IAE)</i>	Integral del valor absoluto del error
<i>Integral Square Error (ISE)</i>	Integral del cuadrado del error
<i>Integral Time Absolute Error (ITAE)</i>	Integral del valor absoluto del error por el tiempo
<i>Integral operator</i>	Operador integral
<i>Integral wind-up</i>	Saturación del término integral (Control continuo PID)
<i>Integrated automation</i>	Automatización integrada
<i>Integrated Circuit (IC)</i>	Circuito integrado
<i>Integrated Design Environment (IDE)</i>	Sistema integrado de diseño
<i>Integrated industrial network</i>	Red industrial integrada
<i>Integrated sensor</i>	Sensor integrado
<i>Integrated Services Digital Network (ISDN)</i>	Red Digital de Servicios Integrados
<i>Integrator</i>	Integrador
<i>Intellectual Property (IP)</i>	Módulo patentado
<i>Intelligent Electronic Device (IED)</i>	Sensor/actuador inteligente
<i>Intelligent hub</i>	Concentrador inteligente
<i>Intelligent sensor</i>	Sensor inteligente
<i>Inter Integrated Circuit (I²C)</i>	Red I ² C
<i>Interface</i>	Interfaz o circuito de interfaz
<i>Interface between layers</i>	Interfaz entre niveles o capas
<i>Interference</i>	Interferencia
<i>Interference error</i>	Error de interferencia
<i>Interlock</i>	Enclavamiento
<i>Interlocked signals</i>	Señales enclavadas
<i>Intermittent controller</i>	Controlador intermitente
<i>International Electrotechnical Commission (IEC)</i>	Comisión Electrotécnica Internacional
<i>International Standard Organization (ISO)</i>	Organización Internacional de Normalización
<i>Internet layer</i>	Capa de red de DoD
<i>Internet Protocol (IP)</i>	Protocolo de Internet
<i>Internet Services Provider (ISP)</i>	Suministrador de servicios de Internet

<i>Internetworking</i>	Interconexión entre redes
<i>Internetworking protocol (IP)</i>	Protocolo de interconexión entre redes
<i>Interrupt</i>	Interrupción
<i>Interrupt controller</i>	Controlador de interrupciones
<i>Interrupt enable</i>	Desinhibición de la interrupción
<i>Inverter</i>	Inversor
<i>I/O code</i>	Código de entrada/salida
<i>I/O port</i>	Puerto de entrada/salida o interfaz de entrada/salida
<i>IP address</i>	Dirección IP
<i>Isochronous transmission</i>	Transmisión isócrona
<i>Isochronous Ethernet</i>	Red Ethernet isócrona
<i>Isolation capacitance</i>	Capacidad de aislamiento
<i>Isolation impedance</i>	Impedancia de aislamiento
<i>Isolation resistance</i>	Resistencia de aislamiento
<i>Jacket</i>	Funda o recubrimiento externo (de una fibra óptica)
<i>Jam</i>	Combinación de colisión
<i>Jitter</i>	Desviación máxima o desviación a corto plazo
<i>Johnson code</i>	Código Johnson
<i>Johnson counter</i>	Contador Johnson
<i>Jump(JMP)</i>	Salto
<i>Jump(JMP) instruction</i>	Instrucción de salto
<i>Jumper</i>	Puente
<i>Just In Time (JIT)</i>	Justo a tiempo
<i>K out of N (KooN)</i>	K de N
<i>Karnaugh map (K-map)</i>	Tabla de Karnaugh
<i>Kernel</i>	Núcleo
<i>Keyboard</i>	Teclado
<i>Keyboard interface</i>	Interfaz de teclado
<i>Know how</i>	Propiedad intelectual
<i>L type open circuit output</i>	Salida de colector o drenador abierto
<i>Label</i>	Etiqueta de identificación
<i>Ladder diagram (LAD)</i>	Lenguaje de esquema de contactos
<i>Ladder logic</i>	Lenguaje de esquema de contactos
<i>Lag algorithm</i>	Algoritmo de retardo de fase
<i>Lag circuit</i>	Circuito de retardo de fase
<i>Lag compensation</i>	Filtro paso-bajo
<i>Lag-lead circuit</i>	Circuito de retardo y adelanto de fase

<i>Lag-lead compensation</i>	Compensación mediante retardo y adelanto de fase
<i>Lamp Test (LT)</i>	Prueba de iluminación
<i>LAN</i>	Red de área local
<i>LAN access protocol</i>	Protocolo de una red de área local
<i>LAN hub</i>	Concentrador de una red de área local
<i>LAN switch</i>	Conmutador de una red de área local
<i>Large Scale Integration (LSI)</i>	Escala de integración grande
<i>Last In First Out (LIFO) memory</i>	Memoria pila
<i>Latch</i>	Cerrojo
<i>Latch</i>	Biestable asíncrono
<i>Latch</i>	Enclavar
<i>Latch or latch register</i>	Registro controlado por niveles
<i>Latch-up</i>	Realimentación o retención parásita
<i>Latch with Control</i>	Biestable sincronizado por niveles
<i>Latch with Enable</i>	Biestable sincronizado por niveles
<i>Latency time</i>	Tiempo de respuesta o de latencia
<i>Layer 2 switch</i>	Conmutador de la capa o nivel 2 de ISO
<i>Layer 3 switch</i>	Conmutador de la capa o nivel 3 de ISO
<i>Layout (Integrated circuit)</i>	Trazado geométrico
<i>Lead algorithm</i>	Algoritmo de avance o adelanto de fase
<i>Lead circuit</i>	Circuito de avance o adelanto de fase
<i>Lead-lag algorithm</i>	Algoritmo de adelanto y retardo de fase
<i>Lead-lag circuit</i>	Circuito de adelanto y retardo de fase
<i>Leaded Chip Carrier (LCC)</i>	Encapsulado de terminales doblados en los cuatro lados
<i>Leadless Ceramic Chip Carrier (LCCC)</i>	Encapsulado cerámico de terminales doblados en los cuatro lados
<i>Leakage current</i>	Corriente de fuga
<i>Least Significant Bit (LSB)</i>	Bit menos significativo
<i>Least Significant Digit (LSD)</i>	Dígito menos significativo
<i>Length</i>	Longitud
<i>Library</i>	Biblioteca
<i>Light Activated Silicon Controlled Rectifier (LASCR)</i>	Fototiristor controlado de silicio
<i>Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (LASER)</i>	Láser
<i>Light Dependent Resistor (LDR)</i>	Fotorresistencia
<i>Light Emitting Diode (LED)</i>	Diodo luminiscente
<i>Limit switch</i>	Final de carrera
<i>Line Of Sight (LOS)</i>	Línea de enlace visual

<i>Line Of Sight propagation</i>	Propagación visual de una onda electromagnética
<i>Linear control system</i>	Sistema de control lineal
<i>Linear Feedback Shift Register (LFSR)</i>	Registro de desplazamiento con realimentación lineal
<i>Linear power supply</i>	Fuente de alimentación lineal
<i>Linear Variable Differential Transformer (LVDT)</i>	Transformador diferencial variable lineal
<i>Linearity</i>	Linealidad
<i>Linearization</i>	Linealización
<i>Linear system</i>	Sistema lineal
<i>Link protocol</i>	Protocolo de enlace
<i>Link layer</i>	Nivel o capa de enlace (del modelo OSI)
<i>Linking</i>	Enlazar o vincular
<i>Liquid Crystal Display (LCD)</i>	Visualizador de cristal líquido
<i>Load</i>	Cargar
<i>Load instruction</i>	Instrucción de entrada o de carga
<i>Local Area Network (LAN)</i>	Red de área local
<i>Log on/Log off</i>	Proceso de conexión/desconexión
<i>Logging</i>	Registrar
<i>Logic analyzer</i>	Analizador lógico
<i>Logic Array Block (LAB)</i>	Bloque o conjunto de matrices lógicas
<i>Logic controller</i>	Controlador lógico
<i>Logic function</i>	Función lógica
<i>Logic gate</i>	Puerta digital o lógica
<i>Logic module</i>	Bloque o módulo lógico
<i>Logic symbol</i>	Símbolo lógico
<i>Logical instruction</i>	Instrucción lógica
<i>Logical Link Control (LLC)</i>	Control de enlace lógico
<i>Long word</i>	Doble palabra (32 bits)
<i>Longitudinal Redundancy check (LRC)</i>	Comprobación mediante redundancia longitudinal
<i>Loop</i>	Bucle
<i>Loop instruction</i>	Instrucción de bucle
<i>Loop gain</i>	Ganancia del bucle
<i>Loop stability</i>	Estabilidad del bucle (sistema de control)
<i>Look-up table (LUT)</i>	Tabla de consulta
<i>Loss</i>	Pérdida
<i>Loosely coupled systems</i>	Sistemas acoplados débilmente
<i>Lower Layer Interface (LLI)</i>	Interfaz de la capa más baja
<i>Low Power Schottky TTL (LSTTL)</i>	Tecnología TTL Schottky de baja potencia
<i>Machine language</i>	Lenguaje máquina

<i>Macro</i>	Macro, componente o módulo
<i>Macrocell</i>	Macrocela
<i>Magnetic sensor</i>	Sensor magnético
<i>Maintainability</i>	Mantenibilidad
<i>Maintenance Delay Time (MDT)</i>	Tiempo medio de mantenimiento
<i>Man Machine Interface (MMI)</i>	Interfaz hombre-máquina
<i>Management Information System (MIS)</i>	Sistema de gestión de la información
<i>Manchester code</i>	Código Manchester
<i>Manhattan architecture</i>	Arquitectura cuadrangular o cuadriculada
<i>Manipulated variable</i>	Variable manipulada que establece el valor de la variable de control
<i>Mantissa</i>	Mantisa
<i>Manual control system</i>	Sistema de control manual
<i>Manufacturability</i>	Facilidad de fabricación
<i>Manufacturing</i>	Fabricación
<i>Manufacturing Automation Protocol (MAP)</i>	Protocolo de automatización de la fabricación
<i>Manufacturing Execution System (MES)</i>	Herramienta informática que facilita la administración de la producción en línea
<i>Manufacturing Message Specification (MMS)</i>	Protocolo de mensajes de fabricación
<i>Manufacturing process</i>	Proceso de fabricación
<i>Manufacturing system</i>	Sistema de fabricación
<i>Mapping</i>	Asignación
<i>Mask</i>	Máscara
<i>Mask Programmable Gate Array (MPGA)</i>	Matriz de puertas programable mediante máscara
<i>Master</i>	Principal
<i>Master Control Relay</i>	Módulo de seguridad, dispositivo de paro de emergencia o relé de seguridad
<i>Master Control Relay instruction</i>	Instrucción de control de la ejecución de un grupo de instrucciones
<i>Master-In Slave-out (MISO)</i>	Entrada del principal-Salida del subordinado
<i>Master-Out Slave-in (MOSI)</i>	Salida del principal-Entrada del subordinado
<i>Master reset</i>	Puesta a cero global
<i>Master-Slave</i>	Principal-subordinado
<i>Master-slave protocol</i>	Protocolo principal-subordinado
<i>Master station</i>	Procesador principal
<i>Master Terminal Unit (MTU)</i>	Estación principal o unidad central
<i>Match</i>	Coincidencia

<i>Material Manager</i>	Gestor de materiales
<i>Maximum load current</i>	Corriente de carga máxima
<i>Mealy finite state machine</i>	Sistema secuencial tipo Mealy
<i>Mean Time Between Failures (MTBF)</i>	Tiempo medio entre fallos
<i>Mean Time Between Maintenance (MTBM)</i>	Tiempo medio entre acciones de mantenimiento
<i>Mean Time To Failure (MTTF)</i>	Tiempo medio hasta el fallo
<i>Mean Time To Repair (MTTR)</i>	Tiempo medio de reparación
<i>Measurand</i>	Mensurando
<i>Measurement</i>	Medida
<i>Measurement chain</i>	Cadena de medida
<i>Measurement compatibility</i>	Medidas compatibles
<i>Measurement method</i>	Método de medida
<i>Measurement procedure</i>	Procedimiento de medida
<i>Measurement range</i>	Rango de medida
<i>Measurement sensor</i>	Sensor de medida
<i>Measurement standard</i>	Patrón de medida
<i>Mechanical characteristics</i>	Características mecánicas
<i>Mechanical sensor</i>	Sensor mecánico
<i>Medium Access Control (MAC)</i>	Control de acceso al medio
<i>Medium Attachment Unit (MAU)</i>	Unidad de acoplamiento al medio
<i>Medium Frequencies (MF)</i>	Frecuencias medias
<i>Medium Scale Integration (MSI)</i>	Escala de integración media
<i>Memory</i>	Memoria
<i>Memory cell</i>	Celda de memoria
<i>Memory cycle time</i>	Tiempo de ciclo de memoria
<i>Memory element</i>	Celda de memoria
<i>Memory length</i>	Longitud de registro
<i>Memory Management Unit (MMU)</i>	Unidad de gestión de memoria
<i>Memory mapped I/O</i>	Entrada/salida asignada a posiciones de memoria
<i>Mesh topology</i>	Topología de malla
<i>Message</i>	Mensaje
<i>Message acknowledgment</i>	Aviso de recepción de mensaje
<i>Message switching</i>	Conmutación de mensajes
<i>Metastability</i>	Metaestabilidad
<i>Metastable state</i>	Estado metaestable
<i>Metropolitan Area Network (MAN)</i>	Red de área metropolitana
<i>Microcomputer</i>	Microcomputador
<i>Microcontroller</i>	Microcontrolador

<i>Microcontroller Unit (MCU)</i>	Microcontrolador
<i>MicroElectroMechanical System (MEMS)</i>	Sistema microelectro-mecánico
<i>Microinstruction</i>	Microinstrucción
<i>Microprocessor</i>	Microprocesador
<i>Microswitch</i>	Microinterruptor
<i>Microsystem</i>	Microsistema
<i>Microwave frequencies</i>	Frecuencias de las microondas
<i>Microwave</i>	Microondas
<i>Microwave link</i>	Enlace de microondas
<i>Millions of Instructions per Second (MIPS)</i>	Millones de instrucciones por segundo
<i>Minicomputer</i>	Minicomputador
<i>Minimization</i>	Minimización
<i>Minterm</i>	Producto canónico
<i>Mixed topology</i>	Topología híbrida
<i>Mnemonics</i>	Simbólico
<i>Mode select input</i>	Entrada de selección de modo (de funcionamiento)
<i>MODicom BUS (MODBUS)</i>	Bus de Modicom
<i>Modulating sensor</i>	Sensor pasivo o modulador
<i>Modulator</i>	Modulador
<i>Modulator/Demodulator (MODEM)</i>	Modulador/Demodulador
<i>Module driver</i>	Módulo controlador de dispositivo
<i>Monolithic Integrated Circuit</i>	Circuito integrado monolítico
<i>Monomode optical fiber</i>	Fibra óptica monomodo
<i>Monostable</i>	Monoestable
<i>Moore finite state machine</i>	Sistema secuencial tipo Moore
<i>MOS transistor</i>	Transistor metal-óxido-semiconductor (MOS) o transistor MOS
<i>Most Significant Bit (MSB)</i>	Bit más significativo
<i>Most Significant Digit (MSD)</i>	Dígito más significativo
<i>Motherboard</i>	Placa base
<i>Motion control</i>	Control de movimiento
<i>Mounting errors</i>	Errores de montaje o de instalación
<i>Mounting precautions</i>	Reglas de montaje o de instalación
<i>Multicast</i>	Difusión parcial o a varios receptores
<i>Multichip module (MCM)</i>	Módulo con varios circuitos integrados
<i>Multicomputer</i>	Multicomputador
<i>Multidrop</i>	Multipunto
<i>Multilevel function</i>	Función lógica multinivel

<i>Multilevel logic</i>	Circuito combinacional multinivel
<i>Multilevel logic circuit</i>	Circuito combinacional multinivel
<i>Multiloop control system</i>	Sistema de control multibucle
<i>Multimaster</i>	Multiprincipal
<i>Multimaster network</i>	Red con varios nodos principales
<i>Multimedia</i>	Multimedia
<i>Multimode optical fiber</i>	Fibra óptica multimodo
<i>Multipanel</i>	Multipanel
<i>Multipath</i>	Múltiples caminos (de comunicación)
<i>Multipath interferences</i>	Interferencias por comunicación a través de múltiples caminos
<i>Multiple array matrix</i>	Matriz de interconexión múltiple
<i>Multiple-output function</i>	Multifunción
<i>Multiple port SRAM</i>	Memoria de acceso aleatorio activa estática de acceso múltiple
<i>Multiplexer (MUX)</i>	Multiplexor
<i>Multiplexer based FPGA</i>	FPGA implementada con multiplexores
<i>Multiplexer/Demultiplexer (MDX)</i>	Multiplexor/Demultiplexor
<i>Multiplication (MUL)</i>	Multiplicación
<i>Multiplier</i>	Multiplicador
<i>Multiplier-Accumulator (MAC)</i>	Multiplicador-acumulador
<i>Multipoint</i>	Multipunto
<i>Multipoint interface</i>	Interfaz multipunto
<i>Multipoint link</i>	Enlace (de comunicación) multipunto
<i>Multipoint memory</i>	Memoria de acceso múltiple
<i>Multiposition on-off controller</i>	Controlador todo-nada multiposición
<i>Multiprocessing</i>	Multiproceso
<i>Multitasking</i>	Multitarea
<i>Multiuser</i>	Multiusuario
<i>NAND gate</i>	Puerta NO-Y o puerta NAND
<i>NAND operation</i>	Operación Y invertida
<i>Negate</i>	Inversión
<i>Negative Acknowledgment (NAK)</i>	Información recibida errónea
<i>Negative edge triggered flip-flop</i>	Biestable activado por flancos de bajada
<i>Negative numbers</i>	Números negativos
<i>Negative transition</i>	Flanco de bajada
<i>Nested subroutine</i>	Subrutina anidada
<i>Net ID</i>	Identificador de la red
<i>Netlist</i>	Lista de conexiones

<i>Network</i>	Red
<i>Network Access layer</i>	Capa de acceso a red
<i>Network board</i>	Interfaz de red
<i>Network Interface Card (NIC)</i>	Placa o tarjeta de interfaz de red
<i>Network layer</i>	Nivel o capa de red
<i>Network management</i>	Gestión de red
<i>Network security</i>	Seguridad de una red
<i>Network Service Provider (NSP)</i>	Suministrador de servicios de red
<i>Networking</i>	Interconexión
<i>Neural network</i>	Red neuronal
<i>Neural network control</i>	Control mediante una red neuronal
<i>Nibble</i>	Cuarteto
<i>NMOS logic (NMOS)</i>	Tecnología MOS de canal N
<i>Node</i>	Nodo
<i>Noise</i>	Ruido
<i>Noise margin</i>	Margen de ruido
<i>Non critical race</i>	Transición vectorial no crítica
<i>Non linear system</i>	Sistema no lineal
<i>Non Maskable Interrupt (NMI)</i>	Interrupción no enmascarable
<i>Non recurrent engineering (NRE)</i>	(Costes de) ingeniería no recurrentes o no repetitivos
<i>Non retriggerable monostable</i>	Monoestable no redisparable
<i>Non return to zero (NRZ) code</i>	Código sin retorno a cero (NRZ)
<i>Non return to zero (NRZ) inverted code</i>	Código sin retorno a cero invertido (NRZ invertido)
<i>Non volatile RAM memory (NVRAM)</i>	Memoria de acceso aleatorio activa no volátil
<i>Non weighted BCD codes</i>	Códigos BCD no ponderados
<i>Nonlinear control system</i>	Sistema de control no lineal
<i>Nonlinearity</i>	No linealidad
<i>NOR gate</i>	Puerta NO-O o NOR
<i>NOR operation</i>	Operación O invertida
<i>Normally close (NC)</i>	Normalmente cerrado
<i>Normally open (NO)</i>	Normalmente cerrado
<i>Not operation</i>	Operación inversión
<i>Null measurement method</i>	Método de medida por detección de cero
<i>Null-type sensor</i>	Sensor de comparación
<i>Number system</i>	Sistema de numeración
<i>Numerical Control (NC)</i>	Control numérico
<i>Numerical Control Module</i>	Módulo de control numérico
<i>Object Dictionary (OD)</i>	Diccionario de objetos

<i>Object Linking and Embedding (OLE)</i>	Insertar y vincular objetos
<i>Object Oriented programming (OOP)</i>	Programación orientada a objetos
<i>Observability</i>	Observabilidad
<i>Octal number system</i>	Sistema octal de numeración
<i>Odd parity code</i>	Código de paridad impar
<i>Off-delay timer</i>	Temporizador con retardo a la desconexión
<i>Off-line</i>	No concurrente o fuera de línea
<i>Off-state leakage current</i>	Corriente residual en estado de corte
<i>Offset</i>	Asimetría
<i>Offset error</i>	Error en régimen permanente
<i>Ohmic isolation</i>	Aislamiento óhmico
<i>OLE for Process Control (OPC)</i>	OLE aplicado al control de procesos
<i>On-delay timer</i>	Temporizador con retardo a la conexión
<i>On-line</i>	Concurrente o en línea
<i>On Line Analytical Processing (OLAP)</i>	Proceso analítico de datos en tiempo real
<i>On-off</i>	Todo-nada
<i>On-off control</i>	Control todo-nada
<i>On-Off controller with hysteresis</i>	Controlador todo-nada con histéresis
<i>On-Off controller with dead zone</i>	Controlador todo-nada con zona muerta
<i>On-off sensor</i>	Sensor todo/nada
<i>On-off signal</i>	Señal todo/nada
<i>On-off variable</i>	Variable todo/nada
<i>One hot (1-out-of-n) code</i>	Código uno solo entre n
<i>One's complement</i>	Complemento a uno
<i>One's complement of the sum</i>	Complemento a uno de la suma
<i>One shot</i>	Monoestable
<i>One Time Programmable (OTP)</i>	Programable una sola vez
<i>Open collector gate</i>	Puerta de colector abierto
<i>Open collector output</i>	Salida de colector abierto
<i>Open circuit</i>	Circuito abierto
<i>Open drain</i>	Drenador abierto
<i>Open emitter</i>	Emisor abierto
<i>Open loop</i>	Bucle abierto
<i>Open loop control system</i>	Sistema de control en bucle abierto
<i>Open loop gain</i>	Ganancia en bucle abierto
<i>Open loop transfer function</i>	Función de transferencia en bucle abierto
<i>Open source</i>	Fuente abierta

<i>Open Systems Interconnection (OSI)</i>	Modelo OSI de la conexión de sistemas informáticos abiertos
<i>Operand</i>	Operando
<i>Operating force</i>	Fuerza de activación
<i>Operating position</i>	Posición de activación u operación
<i>Operating system</i>	Sistema operativo
<i>Operating voltage</i>	Tensión de funcionamiento
<i>Operation Mode (M)</i>	Modo de operación
<i>Operation Panel (OP)</i>	Panel de operación
<i>Optical fiber</i>	Fibra óptica
<i>Optical proximity sensor</i>	Sensor de proximidad óptico
<i>Optimize Manufacturability</i>	Optimización de la fabricación
<i>Optocoupler</i>	Optoacoplador
<i>Optoelectronic detector</i>	Detector optoelectrónico
<i>OR gate</i>	Puerta O
<i>OR function</i>	Función u operación lógica O
<i>OR operation</i>	Función u operación lógica O
<i>Organization Block (OB)</i>	Bloque de organización
<i>OSI model</i>	Modelo OSI
<i>Output</i>	Salida
<i>Output data Image</i>	Imagen de los datos de salida
<i>Output Enable (OE)</i>	Desinhibición de salida
<i>Output impedance</i>	Impedancia de salida
<i>Output instruction</i>	Instrucción de salida o de memorización
<i>Output port</i>	Puerto o interfaz de salida
<i>Output signal</i>	Señal de salida
<i>Output table</i>	Tabla de salida
<i>Overdamped</i>	Sobreamortiguado
<i>Overdamped response</i>	Respuesta sobreamortiguada
<i>Overflow (OV)</i>	Rebasamiento
<i>Overflow stored (OS)</i>	Rebasamiento memorizado
<i>Overhead</i>	Información adicional (no aprovechable)
<i>Overload</i>	Sobrecarga
<i>Over sampling</i>	Sobremuestreo
<i>Overshoot</i>	Sobreoscilación o sobrepasamiento
<i>Package</i>	Encapsulado
<i>Packet</i>	Paquete
<i>Packet switching network</i>	Red de conmutación de paquetes
<i>Pad</i>	Terminal interno (de un circuito integrado)

Equivalencia de términos de Electrónica y Automática Industriales

<i>PAL based digital system</i>	Sistema digital implementado con una matriz PAL
<i>Parallel binary adder</i>	Sumador binario en paralelo
<i>Parallel/Displacement select input</i>	Entrada de selección paralelo-desplazamiento
<i>Parallel-in/Parallel-out (PIPO) register</i>	Registro de entrada y salida en paralelo
<i>Parallel-in/Serial-out (PISO) shift register</i>	Registro de desplazamiento con entrada en paralelo y salida en serie
<i>Parallel I/O register</i>	Registro de entrada y salida en paralelo
<i>Parallel inputs</i>	Entradas (de información) en paralelo
<i>Parallel input port</i>	Puerto o interfaz de entrada en paralelo
<i>Parallel load</i>	Carga en paralelo
<i>Parallel operation</i>	Operación en paralelo
<i>Parallel outputs</i>	Salidas (de información) en paralelo
<i>Parallel output port</i>	Puerto o interfaz de salida en paralelo
<i>Parallel port</i>	Puerto o interfaz paralelo
<i>Parallel to serial conversion</i>	Conversión de paralelo a serie
<i>Parallel transmission</i>	Transmisión en paralelo
<i>Parameter</i>	Parámetro
<i>Parity</i>	Paridad
<i>Parity bit (PB)</i>	Bit de paridad
<i>Parity checker</i>	Detector de paridad
<i>Parity checking</i>	Detección de paridad
<i>Parity checking/generator</i>	Detector/generador de paridad
<i>Parity generator</i>	Generador de paridad
<i>Partitioning</i>	Particionar
<i>Passive pull-down output</i>	Salida con carga pasiva en el emisor o surtidor
<i>Passive pull-up output</i>	Salida con carga pasiva en el colector o drenador
<i>Passive sensor</i>	Sensor pasivo o modulador
<i>Password</i>	Palabra de paso
<i>PC-PLC architecture</i>	Arquitectura PC - PLC
<i>Peer to peer</i>	Igual a igual
<i>Performability</i>	Nivel de comportamiento
<i>Performance</i>	Prestaciones, nivel de los parámetros o rendimiento
<i>Peripheral</i>	Periférico
<i>Peripheral interface</i>	Interfaz de periférico
<i>Personal Computer (PC)</i>	Computador personal
<i>Personal Computer-Programmable Logic Controller (PC-PLC)</i>	Computador personal-Autómata programable
<i>Personal Data Assistant (PDA)</i>	Agenda personal

<i>Personnel Manager</i>	Gestor de personal
<i>Petri Net</i>	Red de Petri
<i>Phase Locked Loop (PLL)</i>	Bucle enganchado o enclavado en fase
<i>Phase modulation</i>	Modulación de fase
<i>Photocell</i>	Fotocélula
<i>Photodarlington</i>	Fotodarlington
<i>Photodiode</i>	Fotodiodo
<i>Photoelectric effect</i>	Efecto fotoeléctrico
<i>Photoelectric switch</i>	Fotocélula
<i>Phototransistor</i>	Fototransistor
<i>Physical description</i>	Descripción física o geométrica
<i>Physical layer</i>	Nivel o capa física (del modelo OSI)
<i>PID algorithm</i>	Algoritmo PID
<i>PID controller tuning</i>	Sintonía o ajuste de un controlador PID
<i>Piezoelectric effect</i>	Efecto piezoeléctrico
<i>Pin</i>	Patilla, borne o terminal
<i>Pin Grid Array (PGA)</i>	Encapsulado de matriz de patillas
<i>Pipeline</i>	Segmentación (de una unidad operativa)
<i>Pipeline</i>	Solapamiento (de una unidad de control)
<i>Pipeline operation unit</i>	Unidad operativa segmentada
<i>Pipeline register</i>	Registro de segmentación o solapamiento
<i>PLA based digital system</i>	Sistema digital implementado con una matriz PLA
<i>Place</i>	Ubicar o colocar
<i>Place and route</i>	Ubicar o colocar e interconectar
<i>Placement</i>	Ubicación (de celdas, elementos lógicos o módulos) e interconexiones
<i>Plastic Leaded Chip Carrier (PLCC)</i>	Encapsulado plástico de patillas dobladas
<i>Plug & Play</i>	Ubicación o configuración automática
<i>Point to Point</i>	Punto a punto
<i>Pointer</i>	Puntero
<i>Polled communication</i>	Comunicación controlada por consulta
<i>Polling</i>	Consulta cíclica o periódica
<i>Port</i>	Puerto (de un procesador)
<i>Port latch</i>	Puerto (de salida) controlado por niveles
<i>Position encoder</i>	Codificador de posición
<i>Position switch</i>	Final de carrera
<i>Positional number system</i>	Sistema posicional de numeración
<i>Positive transition</i>	Flanco de subida
<i>Power consumption</i>	Potencia disipada

<i>Personnel Manager</i>	Gestor de personal
<i>Petri Net</i>	Red de Petri
<i>Phase Locked Loop (PLL)</i>	Bucle enganchado o enclavado en fase
<i>Phase modulation</i>	Modulación de fase
<i>Photocell</i>	Fotocélula
<i>Photodarlington</i>	Fotodarlington
<i>Photodiode</i>	Fotodiodo
<i>Photoelectric effect</i>	Efecto fotoeléctrico
<i>Photoelectric switch</i>	Fotocélula
<i>Phototransistor</i>	Fototransistor
<i>Physical description</i>	Descripción física o geométrica
<i>Physical layer</i>	Nivel o capa física (del modelo OSI)
<i>PID algorithm</i>	Algoritmo PID
<i>PID controller tuning</i>	Sintonía o ajuste de un controlador PID
<i>Piezoelectric effect</i>	Efecto piezoeléctrico
<i>Pin</i>	Patilla, borne o terminal
<i>Pin Grid Array (PGA)</i>	Encapsulado de matriz de patillas
<i>Pipeline</i>	Segmentación (de una unidad operativa)
<i>Pipeline</i>	Solapamiento (de una unidad de control)
<i>Pipeline operation unit</i>	Unidad operativa segmentada
<i>Pipeline register</i>	Registro de segmentación o solapamiento
<i>PLA based digital system</i>	Sistema digital implementado con una matriz PLA
<i>Place</i>	Ubicar o colocar
<i>Place and route</i>	Ubicar o colocar e interconectar
<i>Placement</i>	Ubicación (de celdas, elementos lógicos o módulos) e interconexiones
<i>Plastic Leaded Chip Carrier (PLCC)</i>	Encapsulado plástico de patillas dobladas
<i>Plug & Play</i>	Ubicación o configuración automática
<i>Point to Point</i>	Punto a punto
<i>Pointer</i>	Puntero
<i>Polled communication</i>	Comunicación controlada por consulta
<i>Polling</i>	Consulta cíclica o periódica
<i>Port</i>	Puerto (de un procesador)
<i>Port latch</i>	Puerto (de salida) controlado por niveles
<i>Position encoder</i>	Codificador de posición
<i>Position switch</i>	Final de carrera
<i>Positional number system</i>	Sistema posicional de numeración
<i>Positive transition</i>	Flanco de subida
<i>Power consumption</i>	Potencia disipada

<i>Power-Delay Product (PDP)</i>	Producto potencia-retardo
<i>Power dissipation</i>	Potencia disipada
<i>Power On</i>	Alimentar
<i>Power On Reset (POR)</i>	Reinicio al alimentar
<i>Power Supply</i>	Fuente de alimentación
<i>Preamble</i>	Preámbulo
<i>Precision</i>	Precisión
<i>Predictability</i>	Predecibilidad
<i>Prescaler</i>	Predvisor (de frecuencia)
<i>Preselection Time (PT)</i>	Tiempo preseleccionado
<i>Presentation layer</i>	Nivel o capa de presentación (del modelo OSI)
<i>Prescaler</i>	Predvisor
<i>Preset</i>	Poner a uno
<i>Preset Value (PV)</i>	Valor inicial
<i>Prime implicant</i>	Término primo
<i>Printed Circuit Board (PCB)</i>	Placa de circuito impreso
<i>Printed wiring board</i>	Placa de circuito impreso
<i>Priority encoder</i>	Codificador con prioridad
<i>Probability</i>	Probabilidad
<i>Probability of Failure on Demand (PFD)</i>	Probabilidad de fallo bajo demanda
<i>Probe</i>	Sonda
<i>Process</i>	Proceso continuo de fabricación
<i>Process Automation</i>	Automatización o control de procesos
<i>Process Automation Computer (PAC)</i>	Computador de control de procesos
<i>Process control</i>	Control de procesos continuos
<i>Process control analog system</i>	Sistema analógico de control de procesos
<i>Process control digital system</i>	Sistema digital de control de procesos
<i>Process Control System (PCS)</i>	Controlador de procesos
<i>Process Controller System (PCS)</i>	Sistema controlador o de control de procesos
<i>PROcess FIeld BUS (PROFIBUS)</i>	Bus de campo PROFIBUS
<i>PROcess FIeld BUS-Decentralized Periphery (PROFIBUS DP)</i>	Bus de campo PROFIBUS DP
<i>PROcess FIeld BUS-Fieldbus Message Specification (PROFIBUS FMS)</i>	Bus de campo PROFIBUS FMS
<i>PROcess FIeld BUS-Process Automation (PROFIBUS PA)</i>	Bus de campo PROFIBUS PA
<i>Process gain</i>	Ganancia del proceso
<i>Processor memory</i>	Memoria de un procesador
<i>Processor module</i>	Unidad Central (de un autómata programable)
<i>Processor operating system</i>	Sistema operativo

<i>Process to process communication</i>	Comunicación entre procesos
<i>Process Variable (PV)</i>	Variable del proceso
<i>Processor Status Word (PSW)</i>	Palabra de estado del procesador
<i>Producer-consumer</i>	Productor-consumidor
<i>Product Life cycle Management (PLM)</i>	Gestión del ciclo de vida del producto
<i>Product Of Sums (POS)</i>	Producto de sumas lógicas
<i>Product term</i>	Producto lógico
<i>Production Operation Recorder</i>	Registrador de las operaciones de fabricación
<i>Production Order Manager</i>	Gestor de órdenes de fabricación
<i>Production Suite Components</i>	Conjunto de componentes de producción
<i>PROFIBUS</i>	Red Profibus
<i>Profinet</i>	Red Profinet
<i>Program</i>	Programa
<i>Program Counter (PC)</i>	Contador de programa
<i>Program Organization Unit (POU)</i>	Unidad de organización del programa
<i>Program Status Word (PSW)</i>	Palabra de estado
<i>Programmable Array Logic (PAL)</i>	Matriz lógica Y-programable
<i>Programmable automation</i>	Automatización programable
<i>Programmable Automation Computer (PAC)</i>	Computador para automatización programable
<i>Programmable decoder</i>	Decodificador programable
<i>Programmable Electronic Safety related system (PES)</i>	Sistema electrónico programable relacionado con la seguridad ante averías
<i>Programmable Gain Amplifier (PGA)</i>	Amplificador de ganancia programable
<i>Programmable Gate Array (PGA)</i>	Matriz programable de puertas Y
<i>Programmable Interconnect Array (PIA)</i>	Matriz de interconexión programable
<i>Programmable Logic</i>	Circuito lógico configurable
<i>Programmable Logic Array (PLA)</i>	Matriz lógica programable
<i>Programmable Logic Controller (PLC)</i>	Autómata programable
<i>Programmable Logic Device (PLD)</i>	Dispositivo lógico programable
<i>Programmable Logic Sequencer (PLS)</i>	Secuenciador lógico programable
<i>Programmable Peripheral Interface (PPI)</i>	Interf. z programable de periférico
<i>Programmable Read Only Memory (PROM)</i>	Memoria pasiva programable
<i>Programmable System-On-a-Chip (PSOC)</i>	Sistema integrado o monolítico programable
<i>Programmed I/O</i>	Entrada/Salida programada

Equivalencia de términos de Electrónica y Automática Industriales

<i>Programmer</i>	Programador
<i>Programming environment</i>	Sistema de programación
<i>Programming tool</i>	Herramienta de programación
<i>Propagation delay time</i>	Retardo o retraso de propagación.
<i>Proportional band</i>	Banda proporcional
<i>Proportional control</i>	Control proporcional
<i>Proportional plus Derivative control (PD)</i>	Control proporcional y derivativo
<i>Proportional plus Integral control (PI)</i>	Control proporcional e integral
<i>Proportional plus Integral and Derivative control (PID)</i>	Control proporcional, integral y derivativo
<i>Protoboard</i>	Placa de prototipos
<i>Protocol</i>	Protocolo
<i>Protocol architecture</i>	Arquitectura del protocolo
<i>Protocol Data Unit (PDU)</i>	Unidad de datos del protocolo
<i>Protocol layering</i>	División en niveles o capas del protocolo de diálogo entre dos equipos informáticos
<i>Provider-consumer</i>	Proveedor-consumidor
<i>Proximity capacitive sensor</i>	Sensor o detector capacitivo de proximidad
<i>Proximity detector</i>	Sensor o detector de proximidad
<i>Proximity inductive sensor</i>	Sensor o detector inductivo de proximidad
<i>Proximity photoelectric detector</i>	Detector fotoeléctrico de proximidad
<i>Proximity sensor</i>	Sensor de proximidad
<i>Proximity switch</i>	Sensor de proximidad
<i>Proximity ultrasonic sensor</i>	Sensor o detector ultrasónico de proximidad
<i>Pseudorandom Binary Sequence (PRBS)</i>	Secuencia binaria pseudoaleatoria
<i>PseudoRandom Binary Sequence Generator (PRBSG)</i>	Generador de secuencias binarias pseudoaleatorias
<i>PSeudoRandom Generator (PSRG)</i>	Generador pseudoaleatorio
<i>Public Switched Data Network (PSDN)</i>	Red de datos conmutada pública
<i>Pull-down resistor</i>	Resistencia en el emisor o en la fuente
<i>Pull-up resistor</i>	Resistencia en el colector o en el drenador
<i>Pulse Code Modulation (PCM)</i>	Modulación mediante codificación de impulsos
<i>Pulse duration</i>	Duración de un impulso
<i>Pulse generator</i>	Generador de impulsos
<i>Pulse-triggered flip-flop</i>	Biestable activado por impulsos
<i>Pulse Width Modulation (PWM)</i>	Modulación de anchura de impulsos
<i>Pulse Width Modulation controller</i>	Controlador intermitente proporcional en el tiempo
<i>Purpose</i>	Aplicación

Equivalencia de términos de Electrónica y Automática Industriales

<i>Programmer</i>	Programador
<i>Programming environment</i>	Sistema de programación
<i>Programming tool</i>	Herramienta de programación
<i>Propagation delay time</i>	Retardo o retraso de propagación.
<i>Proportional band</i>	Banda proporcional
<i>Proportional control</i>	Control proporcional
<i>Proportional plus Derivative control (PD)</i>	Control proporcional y derivativo
<i>Proportional plus Integral control (PI)</i>	Control proporcional e integral
<i>Proportional plus Integral and Derivative control (PID)</i>	Control proporcional, integral y derivativo
<i>Protoboard</i>	Placa de prototipos
<i>Protocol</i>	Protocolo
<i>Protocol architecture</i>	Arquitectura del protocolo
<i>Protocol Data Unit (PDU)</i>	Unidad de datos del protocolo
<i>Protocol layering</i>	División en niveles o capas del protocolo de diálogo entre dos equipos informáticos
<i>Provider-consumer</i>	Proveedor-consumidor
<i>Proximity capacitive sensor</i>	Sensor o detector capacitivo de proximidad
<i>Proximity detector</i>	Sensor o detector de proximidad
<i>Proximity inductive sensor</i>	Sensor o detector inductivo de proximidad
<i>Proximity photoelectric detector</i>	Detector fotoeléctrico de proximidad
<i>Proximity sensor</i>	Sensor de proximidad
<i>Proximity switch</i>	Sensor de proximidad
<i>Proximity ultrasonic sensor</i>	Sensor o detector ultrasónico de proximidad
<i>Pseudorandom Binary Sequence (PRBS)</i>	Secuencia binaria pseudoaleatoria
<i>PseudoRandom Binary Sequence Generator (PRBSG)</i>	Generador de secuencias binarias pseudoaleatorias
<i>PSeudoRandom Generator (PSRG)</i>	Generador pseudoaleatorio
<i>Public Switched Data Network (PSDN)</i>	Red de datos conmutada pública
<i>Pull-down resistor</i>	Resistencia en el emisor o en la fuente
<i>Pull-up resistor</i>	Resistencia en el colector o en el drenador
<i>Pulse Code Modulation (PCM)</i>	Modulación mediante codificación de impulsos
<i>Pulse duration</i>	Duración de un impulso
<i>Pulse generator</i>	Generador de impulsos
<i>Pulse-triggered flip-flop</i>	Biestable activado por impulsos
<i>Pulse Width Modulation (PWM)</i>	Modulación de anchura de impulsos
<i>Pulse Width Modulation controller</i>	Controlador intermitente proporcional en el tiempo
<i>Purpose</i>	Aplicación

<i>Push-button</i>	Pulsador
<i>Push-pull output</i>	Salida en contrafase
<i>Quad Flat Package (QFP)</i>	Encapsulado cuadrangular plano
<i>Quad word</i>	Palabra cuádruple (64 bits)
<i>Quadruple Modular Redundant (QMR)</i>	Redundancia modular cuádruple o dos de cuatro con diagnóstico
<i>Quality of use</i>	Calidad o facilidad de utilización
<i>Quantization interval</i>	Intervalo de cuantificación
<i>Quantizing</i>	Cuantificación
<i>Quasi-bidirectional port</i>	Puerto cuasi-bidireccional
<i>Radio frequency</i>	Radiofrecuencia
<i>Radio waves</i>	Ondas de radio
<i>Random Access Memory (RAM)</i>	Memoria de acceso aleatorio activa
<i>Random Error</i>	Error aleatorio
<i>Random logic</i>	Circuito lógico cableado
<i>Random sampling</i>	Muestreo aleatorio
<i>Range of measurement</i>	Rango de medida
<i>Rapid prototyping</i>	Prototipado rápido o implementación rápida del prototipo
<i>Rated current</i>	Corriente nominal
<i>Rated voltage</i>	Tensión nominal
<i>Ratio of damping</i>	Relación de amortiguamiento
<i>Read cycle time</i>	Tiempo del ciclo de lectura
<i>Read Only Memory (ROM)</i>	Memoria de acceso aleatorio totalmente pasiva
<i>Read while write RAM memory</i>	Memoria de acceso aleatorio activa de escritura y lectura simultáneas
<i>Read/Write memory (R/W)</i>	Memoria de acceso aleatorio activa o de escritura/lectura
<i>Reading</i>	Lectura
<i>Ready</i>	Preparado
<i>Ready To Send (RTS)</i>	Preparado para transmitir
<i>Real time</i>	Tiempo real
<i>Real Time Clock (RTC)</i>	Reloj de tiempo real
<i>Real time control system</i>	Sistema de control en tiempo real
<i>Real Time Operating System (RTOS)</i>	Sistema operativo en tiempo real
<i>Real Time Transmission</i>	Transmisión en tiempo real
<i>Receiver</i>	Receptor (de comunicaciones)
<i>Receiver</i>	Captador (de una señal)
<i>Record length</i>	Longitud de registro

Equivalencia de términos de Electrónica y Automática Industriales

<i>Reduced Instruction Set Computer (RISC)</i>	Computador de juego de instrucciones reducido
<i>Reduction</i>	Minimización
<i>Redundant</i>	Redundante
<i>Reed relay</i>	Relé de láminas
<i>Reflection</i>	Reflexión
<i>Refraction</i>	Refracción
<i>Refraction or refractive index</i>	Índice de refracción
<i>Refreshing</i>	Regrabado o reescritura
<i>Reflex photocell</i>	Fotocélula de reflexión
<i>Register</i>	Registro
<i>Register bank</i>	Conjunto o banco de registros
<i>Register file</i>	Conjunto o banco de registros
<i>Register Transfer Language (RTL)</i>	Lenguaje de transferencia entre registros
<i>Register Transfer Language (RTL) modeling</i>	Modelado mediante un lenguaje de transferencia entre registros
<i>Registered PAL</i>	Secuenciador lógico programable o matriz lógica Y-programable con registro
<i>Regulator</i>	Regulador
<i>Relative error</i>	Error relativo
<i>Relay</i>	Relé
<i>Reliability</i>	Fiabilidad
<i>Reliability-Availability-Maintainability-Safety (RAMS)</i>	Fiabilidad - Disponibilidad - Mantenibilidad - Seguridad
<i>Reliability characteristics</i>	Características de fiabilidad
<i>Relocatable</i>	Reubicable
<i>Remote Terminal Unit (RTU)</i>	Unidad de entrada/salida remota o estación remota
<i>Repeatability</i>	Repetibilidad
<i>Repeater</i>	Repetidor
<i>Report</i>	Informe
<i>Report Manager</i>	Gestor de informes
<i>Reproducibility</i>	Capacidad de repetición
<i>Reprogrammable Read Only Memory (RROM)</i>	Memoria pasiva reprogramable
<i>Require</i>	Necesitar
<i>Requirement</i>	Requisito o especificación
<i>Reset (flip-flop)</i>	Poner a cero o borrar (Biestable)
<i>Reset (Processor)</i>	Inicializar (Procesador)
<i>Reset input</i>	Entrada de borrado o entrada de puesta a cero (Biestable)
<i>Reset input</i>	Entrada de inicialización (Procesador)

<i>Reset time</i>	Tiempo de anulación del error (Control continuo PID)
<i>Reset wind-up</i>	Saturación del término integral (Control continuo PID)
<i>Resistance Temperature Detector</i>	Sensor resistivo de temperatura
<i>Resistor pull-down</i>	Resistencia en el emisor o en la fuente
<i>Resistor pull-up</i>	Resistencia en el colector o en el drenador
<i>Resistor Transistor Logic (RTL)</i>	Tecnología resistencia transistor
<i>Resolution</i>	Resolución
<i>Resonance measurement method</i>	Método de medida por resonancia
<i>Response time</i>	Tiempo de respuesta
<i>Result</i>	Resultado
<i>Result of Logic Operation (RLO)</i>	Biestable de resultado de una operación lógica
<i>Result of Logic Operation (RLO) Stored</i>	Biestable de resultado de una operación lógica memorizada
<i>Retriggerable monostable</i>	Monoestable redisparable
<i>Retriggerable timer</i>	Temporizador redisparable
<i>Retroreflective optical sensor</i>	Fotocélula de reflexión directa
<i>Retroreflective photocell</i>	Fotocélula de reflexión directa
<i>Return</i>	Retorno
<i>Return force</i>	Fuerza de desactivación o retorno
<i>Return instruction (RET)</i>	Instrucción de retorno
<i>Return position</i>	Posición de desactivación o retorno
<i>Return to zero code</i>	Código con retorno a cero
<i>Reusability</i>	Reutilización o capacidad de reutilización
<i>Reverse biased</i>	Polarizado inversamente
<i>Reverse engineering</i>	Ingeniería inversa
<i>Ring counter</i>	Contador en anillo
<i>Ring counter with self correction</i>	Contador en anillo con autoinicio, reinicio automático o autocorrección
<i>Ring topology</i>	Topología en anillo
<i>Ripple</i>	Rizado u ondulación residual
<i>Ripple BCD binary counter</i>	Contador binario asíncrono en BCD natural
<i>Ripple binary up counter</i>	Contador asíncrono ascendente en binario natural
<i>Ripple Blanking Input (RBI)</i>	Entrada de propagación del blanqueo
<i>Ripple Blanking Output (RBO)</i>	Salida de propagación del blanqueo
<i>Ripple carry adder</i>	Sumador con propagación del acarreo en serie
<i>Ripple Carry Output (RCO)</i>	Salida de propagación del acarreo
<i>Ripple counter</i>	Contador asíncrono
<i>Rise time</i>	Tiempo de subida

<i>Rising edge</i>	Cambio de cero a uno, flanco de subida o flanco positivo
<i>Risk assessment</i>	Evaluación del riesgo
<i>Rotate instruction</i>	Instrucción de rotación
<i>Rout Mean Square value(RMS)</i>	Valor eficaz
<i>Route</i>	Interconectar o enrutar
<i>Router</i>	Enrutador o encaminador
<i>Routine</i>	Rutina
<i>Routing</i>	Interconexión o enrutado
<i>Routing Information Protocol (RIP)</i>	Protocolo de la información de enrutado
<i>Routing Protocol (RIP)</i>	Protocolo de la información de enrutado
<i>Row Address Strobe (RAS)</i>	Muestreo de la dirección de filas
<i>R-S flip-flop</i>	Biestable R-S sincronizado por flancos
<i>R-S Latch</i>	Biestable R-S asíncrono
<i>Run</i>	Estado de ejecución
<i>Safe value</i>	Estado seguro
<i>Safety</i>	Seguridad ante averías
<i>Safety Instrumented System (SIS)</i>	Sistema independiente de seguridad
<i>Safety integrity</i>	Seguridad integral
<i>Safety integrity level (SIL)</i>	Nivel de seguridad
<i>Safety Interlock System (SIS)</i>	Sistema enclavado de seguridad
<i>Safety related control system</i>	Sistema de control relacionado con la seguridad
<i>Safety system</i>	Sistema seguro ante averías
<i>Sample & Hold (S&H) circuit</i>	Circuito de muestreo y retención
<i>Sample time</i>	Tiempo de muestreo
<i>Sampling</i>	Muestreo
<i>Sampling interval</i>	Intervalo de muestreo
<i>Sampling rate</i>	Frecuencia de muestreo
<i>Sampling time</i>	Tiempo de muestreo
<i>Satisfaction</i>	Satisfacción
<i>Saturation</i>	Saturación
<i>SCADA software package</i>	Herramienta SCADA
<i>Scalability</i>	Modularidad o ampliabilidad
<i>Scaler</i>	Divisor de frecuencia
<i>Scan cycle</i>	Ciclo de exploración o de barrido
<i>Scan operation</i>	Exploración o barrido
<i>Scan time</i>	Tiempo de ciclo
<i>Scheduling</i>	Planificación
<i>Schematic</i>	Esquema

<i>Schematic capture</i>	Edición de esquemas
<i>Schmitt trigger</i>	Disparador de Schmitt
<i>Schottky transistor</i>	Transistor Schottky
<i>Schottky TTL</i>	Tecnología TTL Schottky
<i>Scratch pad memory</i>	Banco de registros
<i>Sea of gates</i>	Mar de puertas
<i>Security</i>	Seguridad ante sabotajes o ante intentos de copia no autorizada
<i>Security system</i>	Sistema seguro ante sabotajes
<i>Segment</i>	Paquete
<i>Segmented memory</i>	Memoria segmentada
<i>Self-clocking code</i>	Código autosincronizado
<i>Self generating sensor</i>	Sensor activo o sensor generador
<i>Self-starting</i>	Autoinicializable
<i>Self-timed circuit</i>	Circuito autotemporizado
<i>Self-tuning</i>	Autoajuste
<i>Semicustom integrated circuit</i>	Circuito integrado semimedida
<i>Sense input</i>	Entrada medida de la tensión
<i>Sensing distance</i>	Distancia de conmutación o detección nominal
<i>Sensing range</i>	Rango de operación o campo de trabajo
<i>Sensitivity</i>	Sensibilidad
<i>Sensitivity thermal drift</i>	Deriva térmica de la sensibilidad
<i>Sensor</i>	Sensor
<i>Sensor system</i>	Sistema sensor
<i>Sequencer</i>	Secuenciador
<i>Sequential Access Memory (SAM)</i>	Memoria de acceso secuencial
<i>Sequential control system</i>	Sistema de control secuencial
<i>Sequential Function Chart (SFC)</i>	Diagrama funcional de secuencias
<i>Sequential logic circuit</i>	Circuito lógico secuencial
<i>Sequential process</i>	Proceso secuencial
<i>Serial binary adder</i>	Sumador binario en serie
<i>Serial Communication Interface (SCI)</i>	Interfaz de comunicación serie
<i>Serial data input</i>	Entrada serie de datos
<i>Serial data output</i>	Salida serie de datos
<i>Serial EEPROM</i>	Memoria EEPROM serie
<i>Serial flash memory</i>	Memoria flash serie
<i>Serial FRAM memory</i>	Memoria FRAM serie
<i>Serial-in/Parallel-out (SIPO) shift register</i>	Registro de desplazamiento con entrada en serie y salida en paralelo

<i>Serial-in/Serial-out (SISO) shift register</i>	Registro de desplazamiento con entrada en serie y salida en serie
<i>Serial interface</i>	Interfaz serie
<i>Serial left data input</i>	Entrada serie de datos hacia la izquierda
<i>Serial left data output</i>	Salida serie de datos hacia la izquierda
<i>Serial output</i>	Salida serie
<i>Serial Peripheral Interface (SPI)</i>	Interfaz serie SPI
<i>Serial port</i>	Puerto o interfaz serie
<i>Serial right data input</i>	Entrada serie hacia la derecha
<i>Serial right data output</i>	Salida serie hacia la derecha
<i>Serial to parallel conversion</i>	Conversión de serie a paralelo
<i>Serial transmission</i>	Transmisión en serie
<i>Server</i>	Servidor
<i>Service</i>	Servicio
<i>Service Access Point</i>	Punto de acceso de un servicio
<i>Servomechanism</i>	Servomecanismo
<i>Session layer</i>	Nivel o capa de sesión (del modelo OSI)
<i>Set</i>	Poner a uno
<i>Set input</i>	Entrada de puesta a uno
<i>Set point (SP)</i>	Punto de consigna
<i>Set up time</i>	Tiempo de establecimiento
<i>Settling time</i>	Tiempo de establecimiento o duración del régimen Transitorio (Control continuo)
<i>Seven segment decoder driver</i>	Convertidor excitador de BCD natural a siete segmentos
<i>Seven segment display</i>	Visualizador de siete segmentos
<i>Shadow register</i>	Registro de solapamiento
<i>Shield</i>	Blindaje
<i>Shielded proximity sensor</i>	Sensor de proximidad enrasable
<i>Shielded twisted-pair cable (STP)</i>	Cable de par trenzado apantallado
<i>Shift ReGister (SRG)</i>	Registro de desplazamiento
<i>Short circuit</i>	Cortocircuito
<i>Shrink Small-Outline Package (SSOP)</i>	Encapsulado de doble línea estrecho para montaje superficial.
<i>Sign bit</i>	Bit de signo
<i>Signal</i>	Señal
<i>Signal amplification</i>	Amplificación de señales
<i>Signal conditioner</i>	Acondicionador de señal
<i>Signal conditioning</i>	Acondicionamiento de una señal
<i>Signal processing</i>	Procesado de señales

<i>Signaling modes</i>	Modos de transmisión de las señales
<i>Signed-Magnitude representation</i>	Representación signo-magnitud
<i>Simple Mail Transfer Protocol (SMTP)</i>	Protocolo de correo electrónico
<i>Simple Programmable Logic Device (SPLD)</i>	Dispositivo lógico programable simple
<i>Simultaneous access memory</i>	Memoria de acceso múltiple
<i>Single Access Random Access Memory (SARAM)</i>	Memoria de acceso aleatorio único
<i>Single ended</i>	Salida única
<i>Single ended input</i>	Entrada asimétrica
<i>Single ended output</i>	Salida asimétrica
<i>Single-In-line Memory Module (SIMM)</i>	Módulo de memorias en una fila
<i>Single mode transmission (of an optical fiber)</i>	Propagación monomodo (de una fibra óptica)
<i>Single Pole Double Through (SPDT)</i>	Contacto único de doble vía
<i>Single Pole Single Through (SPST)</i>	Contacto único (no conmutado)
<i>Single Pole Single Through-Normally Close (SPST-NC)</i>	Contacto único (no conmutado) normalmente cerrado
<i>Single Pole Single Through-Normally Open (SPST-NO)</i>	Contacto único (no conmutado) normalmente abierto
<i>Single shot</i>	Monoestable
<i>Sinking current</i>	Corriente de pozo o entrante
<i>Skew</i>	Desfase
<i>Skin effect</i>	Efecto pelicular
<i>Skip</i>	Salto simple
<i>Slave</i>	Subordinado
<i>Sleep Mode</i>	Estado dormido
<i>Slew Rate (SR)</i>	Pendiente de cambio
<i>Slot</i>	Ranura o conector
<i>Slot-PLC</i>	Computador industrial y placa de autómata programable
<i>Small Outline Integrated Circuit (SOIC)</i>	Encapsulado de doble línea para montaje superficial
<i>Small Scale Integration (SSI)</i>	Escala de integración pequeña
<i>Smart instrument</i>	Instrumento inteligente
<i>Smart sensor</i>	Sensor inteligente
<i>Soft macro</i>	Módulo o macro de programa
<i>Software Programmable Logic Controller (Soft-PLC)</i>	Programa informático que emula a un autómata programable

<i>Software</i>	Sustantivo: herramienta (informática), paquete (informático), aplicación (informática), programa, rutina
<i>Software</i>	Adjetivo: Informático o lógico
<i>Software redundancy</i>	Redundancia por programa
<i>Software Tool</i>	Herramienta informática
<i>Software versus hardware</i>	Relación programa/sistema físico
<i>Solderless protoboard</i>	Placa de prototipos sin soldadura
<i>Sonar proximity switch</i>	Sensor o detector ultrasónico de proximidad
<i>Source</i>	Fuente
<i>Source Address (SA)</i>	Dirección del emisor
<i>Source current</i>	Corriente saliente
<i>Span</i>	Campo, rango o intervalo de medida
<i>Spandable</i>	Ampliable
<i>Specification</i>	Especificación
<i>Speed-power product</i>	Producto potencia-velocidad
<i>Stability</i>	Estabilidad
<i>Stability of feedback loop</i>	Estabilidad de un bucle de realimentación
<i>Stack</i>	Pila
<i>Stack pointer</i>	Puntero de pila
<i>Standard Application Specific Integrated Circuit</i>	Véase Standard ASIC
<i>Standard ASIC</i>	Circuito integrado normalizado de aplicación específica
<i>Standard Cell</i>	Celda normalizada
<i>Standard Ethernet</i>	Red Ethernet normalizada o estándar
<i>Standard off-the-shelf integrated circuit</i>	Circuito integrado normalizado
<i>Start bit (ST)</i>	Bit de inicio
<i>Start Frame Delimiter (SFD)</i>	Delimitador de inicio de la trama
<i>Start of text (STX)</i>	Inicio de texto
<i>Star topology</i>	Topología en estrella
<i>Start-up</i>	Inicializar (un procesador)
<i>Start-up circuit</i>	Circuito de inicialización
<i>Starting state</i>	Estado inicial
<i>State assignment</i>	Asignación de estados
<i>State diagram</i>	Diagrama de estados
<i>State encoding</i>	Codificación de estados
<i>State Machine</i>	Máquina de estados
<i>State minimization</i>	Minimización de estados

<i>State table</i>	Tabla de estados
<i>State transition</i>	Transición entre estados
<i>Statement List (STL)</i>	Lista de instrucciones
<i>Static characteristics</i>	Características de funcionamiento estáticas
<i>Static CMOS</i>	Tecnología CMOS estática
<i>Static display</i>	Visualizador estático
<i>Static-0 hazard</i>	Fenómeno aleatorio estático de tipo cero
<i>Static-1 hazard</i>	Fenómeno aleatorio estático de tipo uno
<i>Static inverter</i>	Inversor estático
<i>Static Random Access Memory (SRAM)</i>	Memoria de acceso aleatorio activa estática (SRAM)
<i>Statistical time division multiplexing</i>	Multiplexado estadístico por división en el tiempo
<i>Status flag</i>	Biestable de estado
<i>Status register (SR)</i>	Registro de estado
<i>Status word</i>	Palabra de estado
<i>Steering logic circuit</i>	Tecnología de puertas de transmisión
<i>Step index multimode optical fiber</i>	Fibra óptica multimodo de salto de índice
<i>Step response</i>	Respuesta a un escalón
<i>Stochastic control</i>	Control estocástico
<i>Stop</i>	Estado de paro
<i>Stop bit</i>	Bit de finalización
<i>Store</i>	Memorizar o almacenar
<i>Store instruction</i>	Instrucción de memorización o de salida
<i>Stored overflow</i>	Rebasamiento memorizado
<i>Strain gage</i>	Galga extensiométrico o célula de carga
<i>Stream Control Transmission Protocol (SCTP)</i>	Protocolo de transmisión de control de flujo
<i>String</i>	Secuencia o cadena de caracteres
<i>Strobe</i>	Muestrear
<i>Structural modeling</i>	Descripción estructural
<i>Structural specification of hardware</i>	Descripción estructural del sistema físico
<i>Structured Control Language (SCL)</i>	Lenguaje de texto estructurado
<i>Structured data type</i>	Registro
<i>Structured Text (ST)</i>	Lenguaje de texto estructurado
<i>Subroutine</i>	Subrutina
<i>Subtraction (SUB)</i>	Resta, sustracción
<i>Sum Of Products (SOP)</i>	Suma de productos lógicos
<i>Super High Frequencies (SHF)</i>	Frecuencias superelevadas

<i>Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA)</i>	Adquisición de datos y supervisión del control (SCADA)
<i>Supply current</i>	Corriente de alimentación
<i>Supply voltage</i>	Tensión de alimentación
<i>Surface Mounting Device (SMD)</i>	Dispositivo de montaje superficial
<i>Surface Mounting Package</i>	Encapsulado de montaje superficial
<i>Surface Mounting Technology (SMT)</i>	Tecnología de montaje superficial
<i>Swap instruction</i>	Instrucción de intercambio
<i>Sweep generator</i>	Generador de barrido
<i>Sweep rate</i>	Velocidad de barrido
<i>Switch</i>	Interruptor o contacto
<i>Switch bounce</i>	Rebote de un contacto
<i>Switch debouncing</i>	Eliminar rebotes
<i>Switch mode power supply</i>	Fuente de alimentación conmutada
<i>Switch tail counter</i>	Contador Johnson
<i>Switched Ethernet</i>	Red Ethernet conmutada
<i>Switching</i>	Conmutación
<i>Switching algebra</i>	Álgebra de conmutación o álgebra de Boole
<i>Switching hub</i>	Concentrador conmutador o concentrador con capacidad de conmutación
<i>Synchronism</i>	Inicio de transmisión síncrona
<i>Synchronization modes</i>	Modos de sincronización
<i>Synchronous Burst Static RAM(SBSRAM)</i>	Memoria activa estática de ráfagas síncronas
<i>Synchronous counter</i>	Contador síncrono
<i>Synchronous Data-Link Protocol (SDLC)</i>	Protocolo síncrono de enlace de datos
<i>Synchronous Dynamic RAM(SDRAM)</i>	Memoria activa dinámica síncrona
<i>Synchronous finite State Machine (FSM)</i>	Máquina de estados finita y síncrona
<i>Synchronous inputs</i>	Entradas síncronas
<i>Synchronous logic controller</i>	Controlador lógico síncrono
<i>Synchronous parallel data inputs</i>	Entradas de datos en paralelo síncronas
<i>Synchronous Peripheral Interface (SPI)</i>	Interfaz síncrono de periféricos
<i>Synchronous register</i>	Registro síncrono
<i>Synchronous sequential system</i>	Sistema secuencial síncrono
<i>Synchronous Static RAM (SSRAM)</i>	Memoria de acceso aleatorio activa estática síncrona (SSRAM)
<i>Synchronous system</i>	Sistema síncrono

<i>Synchronous time division multiplexing</i>	Multiplexado síncrono por división en el tiempo
<i>Synchronous transmission</i>	Transmisión síncrona
<i>Synthesis</i>	Síntesis
<i>Synthesis tool</i>	Herramienta de síntesis
<i>System-On-a-Chip (SOC)</i>	Sistema integrado o monolítico
<i>Systematic error</i>	Error sistemático
<i>T flip-flop</i>	Biestable síncrono tipo T
<i>Tag</i>	Etiqueta
<i>Target</i>	Objeto
<i>Task</i>	Tarea
<i>Technical and Office Protocol (TOP)</i>	Protocolo de oficina y técnico
<i>Temporary redundancy</i>	Redundancia temporal
<i>Terraced architecture</i>	Arquitectura terraza
<i>Test</i>	Prueba, verificación o comprobación
<i>Test bench</i>	Banco de pruebas
<i>Testability</i>	Verificabilidad
<i>Testing</i>	Probar, verificar o comprobar
<i>Testing</i>	Verificación estática, activa o no concurrente
<i>Testing vector</i>	Vector de prueba
<i>Thermal error</i>	Error de temperatura
<i>Thermal sensor</i>	Sensor de temperatura
<i>Thermocouple</i>	Termopar
<i>Thick film hybrid circuits</i>	Circuitos híbridos de capa gruesa
<i>Three-layer switch</i>	Conmutador de la capa de red o de la capa tres
<i>Three state output</i>	Salida triestado
<i>Threshold (TH)</i>	Umbral (transistor MOS)
<i>Threshold (TH)</i>	Mínimo valor medible
<i>Threshold input</i>	Entrada de umbral
<i>Threshold voltage</i>	Tensión umbral
<i>Through-beam photocell</i>	Fotocélula de barrera de luz
<i>Through-beam optical sensor</i>	Sensor de barrera de luz
<i>Through-beam ultrasonic sensor</i>	Sensor ultrasónico de barrera
<i>Throughput</i>	Caudal (binario)
<i>Thumbwheel</i>	Codificador o conmutador rotativo
<i>Tick</i>	Flanco
<i>Time base</i>	Base de tiempos
<i>Time constant</i>	Constante de tiempo
<i>Time data domain</i>	Dominio temporal de datos

<i>Time Division Multiple Access (TDMA)</i>	Multiplexado por división en el tiempo
<i>Time Division Multiplexing (TDM)</i>	Multiplexado por división en el tiempo
<i>Time domain</i>	Dominio temporal o del tiempo
<i>Time driven operation</i>	Operación iniciada o terminada en un determinado instante (en un sistema de control secuencial)
<i>Time response</i>	Respuesta temporal
<i>Time to market</i>	Tiempo de desarrollo
<i>Timer</i>	Temporizador
<i>Timer/Counter</i>	Temporizador/Contador
<i>Timer Off (TOFF)</i>	Retardo a la desconexión
<i>Timer ON (TON)</i>	Retardo a la conexión
<i>Timer pulse (TP)</i>	Impulso de temporización
<i>Timing</i>	Temporización
<i>Timing circuit</i>	Circuito de sincronismo
<i>Timing circuit</i>	Temporizador o circuito de memoria temporal
<i>Timing diagram</i>	Cronograma
<i>Timing driven process</i>	Proceso secuencial con etapas iniciadas en instantes determinados o después de transcurrido un determinado tiempo
<i>Timing functional block</i>	Bloque funcional temporizador
<i>Timing waveform</i>	Cronograma
<i>Toggle (T)</i>	Cambiar de estado
<i>Token bus</i>	Bus con testigo
<i>Token ring</i>	Anillo con testigo
<i>Tools</i>	Herramientas
<i>Top-down</i>	Descendente
<i>Top-down design</i>	Diseño descendente
<i>Topology</i>	Topología
<i>Total force</i>	Fuerza total
<i>Total travel position</i>	Posición final
<i>Totally Distributed Control (TDC)</i>	Control distribuido total
<i>Totally Integrated Automation (TIA)</i>	Fabricación integrada por computador o automatización totalmente integrada
<i>Totem-pole output</i>	Salida con carga activa
<i>Touch panel (TP)</i>	Panel táctil
<i>Traceability</i>	Trazabilidad
<i>Trade-off</i>	Alternativa
<i>Transceiver</i>	Transceptor
<i>Transducer</i>	Transductor

<i>Transfer function</i>	Función de transferencia
<i>Transfer machine</i>	Máquina de transferencia
<i>Transfer Operation</i>	Operación de transferencia
<i>Transistor Transistor Logic (TTL)</i>	Tecnología TTL
<i>Transition table</i>	Tabla de transiciones
<i>Translating bridge</i>	Puente traductor
<i>Transmission gate</i>	Interruptor electrónico o puerta de transmisión
<i>Transmission Control Protocol (TCP)</i>	Protocolo de control de la transmisión
<i>Transmission media</i>	Medios de transmisión
<i>Transmission medium</i>	Medio de transmisión
<i>Transmitter</i>	Transmisor
<i>Transmitter buffer</i>	Memoria temporal del transmisor
<i>Transparent bridge</i>	Puente transparente
<i>Transparent output</i>	Salida transparente
<i>Transport layer</i>	Nivel o capa de transporte (del model OSI)
<i>Tree topology</i>	Topología en árbol
<i>Trend</i>	Evolución histórica
<i>Triac</i>	Triac
<i>Tri-state gate</i>	Puerta triestado
<i>Tri-state output</i>	Salida triestado
<i>Trigger (TRIG)</i>	Disparo
<i>Trigger input (T)</i>	Entrada de disparo
<i>Trigger Schmitt</i>	Disparador de Schmitt
<i>Trigger uncertainty</i>	Incertidumbre de disparo
<i>Triple Modular Redundant (TMR)</i>	Redundancia modular triple o dos de tres
<i>Troubleshooting</i>	Reparación de averías
<i>True</i>	Verdadero
<i>True RMS value</i>	Verdadero valor eficaz
<i>True value</i>	Valor verdadero o exacto
<i>Truth table</i>	Tabla de verdad
<i>Tuning</i>	Sintonía o ajuste de un controlador PID
<i>Twisted-pair cable</i>	Cable de par trenzado
<i>Two layer switch</i>	Conmutador de la capa dos
<i>Two-level combinational circuit</i>	Circuito combinacional de dos niveles
<i>Two-level logic</i>	Circuito combinacional de dos niveles
<i>Two position on-off controller</i>	Controlador todo-nada de dos posiciones
<i>Two's complement</i>	Complemento a dos
<i>Ultra High Frequencies (UHF)</i>	Frecuencias ultra elevadas

<i>Ultra Large Scale Integration (ULSI)</i>	Escala de integración ultra grande
<i>Ultra Violet EPROM (UV EPROM)</i>	Memoria EPROM
<i>Ultrasonic distance measurement sensors</i>	Sensores ultrasónicos de tipo eco o de medida de distancias
<i>Ultrasonic proximity sensor</i>	Sensor ultrasónico de proximidad
<i>Ultrasonic sensor</i>	Sensor ultrasónico
<i>Ultrasonic waves</i>	Ultrasonidos
<i>Unavailability (U)</i>	Indisponibilidad
<i>Uncertainty</i>	Incertidumbre
<i>Unclocked latch</i>	Biestable asíncrono
<i>Unconditional branch</i>	Bifurcación incondicional
<i>Unconditional call</i>	Llamada incondicional
<i>Unconditional jump (UC)</i>	Salto incondicional
<i>Underdamped</i>	Subamortiguado
<i>Underdamped response</i>	Respuesta subamortiguada
<i>Underflow</i>	Rebasamiento inferior
<i>Unguided media</i>	Medio inalámbrico o no guiado
<i>Unicast</i>	Comunicación punto a punto o transmisión a un único receptor
<i>Universal Asynchronous Receiver Transmitter (UART)</i>	Transmisor-receptor asíncrono universal
<i>Universal industrial network</i>	Red industrial universal
<i>Universal Serial Bus (USB)</i>	Bus serie universal (USB)
<i>Universal Shift Register (USR)</i>	Registro de desplazamiento universal
<i>Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (USART)</i>	Transmisor-receptor síncrono-asíncrono universal
<i>Unshielded proximity sensor</i>	Sensor de proximidad no enrasable
<i>UnShielded twisted-Pair cable (UTP)</i>	Cable de par trenzado no apantallado
<i>Unsigned</i>	Sin signo
<i>Unstable</i>	Inestable
<i>Unstable control system</i>	Sistema de control inestable
<i>Up Counter</i>	Contador ascendente
<i>Up-Down Counter</i>	Contador reversible
<i>Update</i>	Actualizar
<i>Update rate</i>	Velocidad de actualización
<i>Usability</i>	Facilidad de utilización
<i>Useful switching distance</i>	Distancia de conmutación o detección útil
<i>User Datagram Protocol (UDP)</i>	Protocolo de datagramas de usuario
<i>Utility</i>	Programa de aplicación general

<i>Variable</i>	<i>Variable</i>
<i>Vertical parity</i>	Comprobación mediante redundancia vertical o paridad vertical
<i>Vertical Redundancy Check (VRC)</i>	Comprobación mediante redundancia vertical o paridad vertical
<i>Very High Frequencies (VHF)</i>	Frecuencias muy elevadas
<i>Very High Speed Integrated Circuit(VHSIC)</i>	Circuito integrado de muy elevada velocidad
<i>Very Large Scale Integration (VLSI)</i>	Escala de integración muy grande
<i>Very Low Frequencies (VLF)</i>	Frecuencias muy bajas
<i>Very Long Instruction Word (VLIW)</i>	Instrucción de gran tamaño
<i>Virtual-circuit network</i>	Red de circuitos virtuales
<i>Virtual Field Device (VFD)</i>	Dispositivo virtual de campo
<i>VHSIC Hardware Description Language (VHDL)</i>	Lenguaje VHDL de descripción de sistemas digitales
<i>Voice Frequencies(VF)</i>	Audiofrecuencias o frecuencias de la voz
<i>Volatile memory</i>	Memoria volátil
<i>Volatile RAM</i>	Memoria activa volátil
<i>Voltage Controlled Frequency (VCF)</i>	Frecuencia controlada en tensión
<i>Voltage Controlled Oscillator (VCO)</i>	Oscilador controlado en tensión
<i>Voltage divider</i>	Divisor de tensión
<i>Voltage drop</i>	Tensión residual
<i>Von Neumann architecture</i>	Arquitectura Von Neumann
<i>Warm-up time</i>	Tiempo de calentamiento
<i>Watch-dog (WD)</i>	Perro guardián o circuito de vigilancia
<i>Watchdog timer (WDT)</i>	Temporizador de vigilancia
<i>Wavelength</i>	Longitud de onda
<i>Wavelength division multiplexing</i>	Multiplexado por división de la longitud de onda
<i>Weighted BCD codes</i>	Códigos BCD ponderados
<i>Wide Area Network (WAN)</i>	Red de área extensa
<i>Wired and</i>	Y cableada o Y por conexión
<i>Wired logic controller</i>	Controlador lógico cableado
<i>Wireless</i>	Inalámbrico
<i>Wireless communication</i>	Comunicación inalámbrica
<i>Wireless communication system</i>	Sistema de comunicaciones inalámbricas
<i>Wireless LAN</i>	Red de área local inalámbrica
<i>Wire wrap</i>	Conexión enrollada
<i>Word</i>	Palabra (16 bits)

<i>Working point</i>	Punto de trabajo
<i>Worst case design</i>	Diseño según el caso más desfavorable
<i>Write cycle</i>	Ciclo de escritura
<i>Yield</i>	Rendimiento
<i>Zero thermal drift</i>	Deriva térmica del cero

ÍNDICE ALFABÉTICO EN INGLÉS Y CASTELLANO

A

- Absolute position encoder*, véase Codificador de posición absoluto
- Abstract Syntax Notation-One*, véase Red MAP
- Acción del lenguaje S7-GRAH:
asociada a etapas, 335
asociada a eventos, 337
condicionada, 336
estándar, 335
interlock, véase condicionada
para activar y desactivar otras etapas, 338
- Accuracy*, véase Exactitud
- ACIA, 768
- Acondicionador de señal, 430, 440, 442, 624
- Acondicionamiento de señal,
circuito de, 430, 435, 441:
amplificación de la señal, 429, 632
corrección, 429
correction, véase corrección
conversión, 429, 449, 624, 632
conversion, véase conversión
filtering, véase filtrado
filtrado, 429
signal amplification, véase amplificación de la señal
- Actuación y visualización, equipo de, 636
- Actuador, 373, 591, 596, 620, 682
- Actuador de un final de carrera, 481
- Actuator sensor interface*, véase AS-i
- Acumulador, 131, 132, 223, 224
- Accumulator*, véase Acumulador
- Adaptive control system*, véase Sistema electrónico de control de procesos adaptativo
- ADCCP, 773
- Administración de la gestión de un bus de campo, 880, 895
- Administración de un proyecto, 282
- Advanced Data Communication Control Procedure*, véase Procedimiento de control de comunicación avanzada de datos y ADCCP
- AFCET, 104, 203, 205, 258, 325
- Agenda personal, 675
- Aislamiento galvánico, 595, 599
- Algoritmo de control lógico, 18, 36, 106, 209, 273:
compacto de emulación de un grafo de estados, 309
de partición en fases, 315
que detecta un flanco de bajada, 128
que detecta un flanco de subida, 128, 235
- ALI, véase PROFIBUS-FMS
- Almacén:
de datos, 831
intermedio, 684
- Alternating Pulse Modulation*, véase AS-i
- Amortiguamiento, 396, 404, 473
- Ampliable, véase Modularidad
- Amplificación, 429, 632
- Amplificador de instrumentación, 624
- Analog sensor*, véase Sensor analógico

Analog signal, véase Señal eléctrica analógica
Analog to Digital Converter (ADC), véase
Convertidor analógico-digital

Ancho de banda, 526, 697, 779, 807

Anchura de banda, véase Ancho de banda

Anillo con paso de testigo, 814

API, 881

APM, véase AS-i

Application Layer Interface, véase
Profibus-FMS y ALI

Application Programming Interface, véase
Interfaz de programa de aplicación y API

Application Specific Integrated Circuit,
véase Circuito integrado de aplicación
específica y ASIC

Arquitectura PC-PLC, véase PC-PLC

AS-i, 837 :

alternating pulse modulation, véase APM
APM, 842

autocicatrizante, 841

cable de conexión, 840

cable plano, 840

capa de aplicación, 853

capa de enlace, 843

circuito integrado AS-i, 858

código de entrada/salida, 845

código de identificación, 845

conexión vampiro, 841

control de acceso al medio, 843

control lógico, 844

cyclical polling, véase sondeo periódico
dirección, 845, 847

etapa de comienzo de operación, 847

etapa de funcionamiento cíclico normal, 848

etapa de inicialización, 847

formato de los mensajes, 849

fuelle de alimentación, 856

ID code, véase código de identificación

IO code, véase código de entrada/salida

método de conexión, 841

modo de configuración, 847

modo protegido, 847

módulo de conexión, 856

módulo de usuario, 857

módulo pasarela, 860

módulo principal, 859

módulo subordinado, véase

módulo de usuario

órdenes de protocolo de enlace, 850

perfil de comunicación, 845

procesador de comunicaciones

principal, 846

sondeo periódico, 839

tablas de datos de configuración, 854

tabla de datos de configuración

permanente, 855

tabla de indicadores de estado, 855

tablas de datos de usuario, 853

ASIC, 825, 858, 896, 902

Asignación, instrucción de, 115

Asignación, símbolo de, 115, 172, 190

Asíncrono:

modo de sincronización, véase Modo de
sincronización asíncrono

sistema secuencial, 12

Asistido/a por computador:

diseño, 34, 281, 592, 635, 653, 657, 695

enseñanza, 832

fabricación, 97, 639, 654

ingeniería, 654

planificación de los productos, 658

simulación, 654, 678

ASN.1, véase red MAP

*Asynchronous Communication Interface
Adapter*, véase Interfaz de comunicaciones
asíncronas y ACIA

Asynchronous logic controller, véase
Controlador lógico secuencial asíncrono

Atenuación, 439, 779

Atmósfera, 760, 777, 782, 808

Autocicatrizante, véase AS-i

Autocomprobación:

de las interfaces de entrada, 741

de sistemas digitales complejos, 748

Autómata programable, 36, 38, 67

Autómata programable basado en computador,
67, 269:

- capacidad de entradas y salidas digitales, 85
- capacidad de interrupción, *véase* Interrupción de un autómata programable
- capacidad de memoria de programa/datos, 82
- circuito de vigilancia, 97, 735, 747, 884
- compacto, 89
- confiabilidad de, 734
- CPU, *véase* unidad central
- de aplicación general, 734
- de elevada confiabilidad, 734, 745
- de elevada disponibilidad, 734, 752
- de seguridad, *véase* Autómata programable de seguridad
- diagrama de bloques, *véase* esquema de bloques
- EEPROM, 77
- EPROM, 76
- esquema de bloques, 75, 79
- firmware*, *véase* programa ejecutivo
- flash, 77
- HMI, 93, 638
- human machine interface*, *véase* interfaz máquina-usuario
- interfaz máquina-usuario, 93, 638
- lenguajes de programación, 99, 103, 205
- Man machine interface*, *véase* interfaz máquina-usuario
- memoria de datos, 79
- memoria de programa, 78
- MMI, *véase* HMI
- modularidad con configuración automática, 88
- modularidad de entradas y salidas, 86
- módulos específicos de entrada/salida, 89
- no modular, *véase* compacto
- NVRAM, 77, 79
- OTP, 77, 78
- procesador de comunicaciones, 74, 78, 88, 97, 757
- programa de control, 78
- programa ejecutivo, 78
- programa monitor, *véase* programa ejecutivo
- programación, 103
- protección de la propiedad intelectual, 97, 929
- RAM, 76
- recursos de comunicaciones, 97
- ROM, 76
- seguridad de un, 97
- seguridad ante averías, 97, 734, 748
- seguridad ante sabotajes, 97, 745, 929
- seguro ante averías, *véase* Autómata programable de seguridad
- semimodular, 88
- sistema de programación, 103, 205
- sistema operativo de, *véase* programa ejecutivo
- totalmente modular, 86
- unidad central, 82
- unidad de entrada, 75, 78
- unidad de entrada/salida especial, 78, 89
- unidad de salida, 75, 78
- watch dog*, *véase* circuito de vigilancia
- Autómata programable con unidad lógica, 38:
 - ciclo de ejecución del programa, 54
 - con instrucciones de actuación condicional, 53
 - con instrucciones de carga y memorización, 45
 - con instrucciones de inhibición y desinhibición, 50
 - con instrucciones de salto condicional, 50
 - con unidad de memoria, 53
 - unidad central de, 42
 - unidad de entrada de, 40
 - unidad de salida de, 42
- Autómata programable de seguridad, 748:
 - fiabilidad del *hardware*, 735, 749
 - fiabilidad del *software*, 749
 - módulo de entrada/salida de seguridad, 751
- Automatic addressing*, *véase* Configuración automática
- Automation*, *véase* Automatización
- Automatización, 271, 353, 650, 655, 683, 688:
 - clases de, 655
 - de la fabricación, 653
 - de la producción, 654
 - de procesos, 271, 353, 667, 709
 - del diseño, 653
 - fija, 655
 - flexible, 657
 - industrial, 654

integrada, 657

integrada de la producción, 684

integrada total, 443

programable, 656

Autosincronizado, véase Código autosincronizado

Autoverificabilidad, 930

Availability, véase Disponibilidad

Avería, 918

AWL, 104

B

Banda ancha, 760, 762

Banda base, 760:

analógica, 760

digital, 760

Bandwidth, véase Ancho de banda

Barrera de luz, 501, 503, 509

Base de datos, 654, 831, 885

Baseband, véase Banda base

Batería, 77, 78, 737

BCD, 141

Biestable, 12:

RLO, 40, 44, 53, 112, 214

Biestable síncrono, 13

Binary Synchronous Control, véase Control
síncrono binario, BSC y BISYNC

BIST, 748

BISYNC, 773

Black box, véase Caja negra

Bloque:

de datos, 106, 170

de datos de instancia en S7-GGRAPH, 344

de información, véase Trama

de organización, 105

funcional, véase Bloque funcional

Bloque funcional, 106, 170, 209,

233, 252, 286, 410:

contador, 156, 239

de detección de flanco, 235

de memorización, 233

de usuario, 242

normalizado, 209

temporizador, 144, 236

Bluetooth, 714

Boundary Scan Standard, véase Exploración
periférica

Bridge, véase Interconexión de redes

Broadband, véase Banda ancha

Broadcast, véase Difusión total

BSC, 773

Bucle:

abierto, 4, 266, 630, 663

cerrado, 4, 266, 373, 632, 663

de corriente, 785

instrucción de, 164

Buffer, 684

Built In Self Test, véase BIST

Bus de campo, 443, 594, 627, 702

AS-i, 444, 837

CAN, 706

ControlNet, 704, 709, 713

DeviceNet, 705, 709

FIPIO, 860

PROFIBUS, 628, 863

HART, 444, 628

Interbus-S, 588, 705

Bus con paso de testigo, 703, 799, 814

Bus serie universal, 790, 791, 823

Búsqueda, estado de, 68

Byte, véase Octeto

C

Cable coaxial, 780

Cable plano AS-i, véase AS-i

CAD, 270, 592, 653, 657, 678

CAD tool, véase Herramienta informática

Cadena de caracteres, 104

funciones de operación con, 260

longitud de, 260

Cadena secuencial de S7-GGRAPH, 325, 328:

evolución de, 334, 340

fin de, 328

- integración de, 343
- modo de operación automático, 344
- modo de operación de pulsación, 345
- modo de operación manual, 344
- saltos de , 328
- CAE, 653, 654, 657, 699
- Caja negra, 106, 209
- Calibración, 468, 469
- Calibration*, véase Calibración
- Calibration curve*, véase Curva de calibración
- CAM, 639, 653, 654, 657, 678, 699
- Campo de medida, véase Rango de medida
- Canal de comunicación, 646, 695, 764, 802, 837
- Capa de enlace de datos de un bus de campo, 866
- Capacidad de un autómata programable,
 - de entradas y salidas digitales, 85
 - de memoria de programa/datos, 81, 82
 - de reutilización, 653
- Capacidad de transición, 18
 - de cambio de nivel de una variable, 59
 - de cambio de nivel de una variable por el nivel de otras, 58
 - de cambio de nivel de un vector de entrada, 60
- Capacidad de un condensador, 545
- Capacitive proximity sensor*, véase Sensor capacitivo de proximidad
- CAPP, 659
- Captador, 429
- Características ambientales de un sensor, 473:
 - deriva térmica de la sensibilidad, 473
 - deriva térmica del cero, 473
 - efectos de la aceleración, 474
 - efectos de la presión ambiental, 475
 - efectos de las perturbaciones eléctricas, 475
 - efectos de las vibraciones, 474, 488
 - efectos del montaje, 476
 - efectos térmicos, 473
 - error de aceleración, 474
 - error de montaje, 476
 - error de presión ambiental, 475
 - error de temperatura, 473
 - error de vibración, 474
 - rango de temperatura, 473
 - temperatura máxima, 473
- Características de aislamiento de un sensor, 464:
 - resistencia de aislamiento, 464
 - rigidez dieléctrica, 464
 - tensión de ruptura, véase rigidez dieléctrica
- Características de alimentación de un sensor, 463:
 - consumo en vacío, 463
 - impedancia de entrada a la fuente, 463
 - impedancia de la fuente, 463
 - ondulación residual, 463
 - tensión de alimentación, 463
- Características de las señales de entrada de un sensor:
 - datos aleatorios, 448
 - datos dinámicos, 448
 - datos estáticos, 448
 - datos transitorios, 448
- Características eléctricas de salida de un sensor, 448:
 - deriva térmica de cero, 474
 - salida analógica, véase Sensor de salida analógica
 - salida todo-nada, véase Sensor de salida todo-nada
- Características dinámicas de un sensor, 471
- Características estáticas de un sensor, 466:
 - calibración, 468
 - categoría, 467
 - categoría de seguridad, 951, 960
 - clase, véase categoría
 - curva de calibración, 468
 - error de conformidad, 469
 - exactitud, 467
 - histéresis, 469
 - linealidad, 469
 - mínimo valor medible, 470
 - precisión, 467
 - repetibilidad, 467, 476
 - reproducibilidad, 468
 - resolución, 470, 578
 - sensibilidad, 470
 - umbral, véase mínimo valor medible
- Características de fiabilidad de un sensor, 476
- Características mecánicas de un sensor, 464, 488
- Carga :
 - eléctrica inductiva, 454, 491
 - eléctrica tipo lámpara, 454, 491

- instrucción de, 215
- Categoría de un sensor, 467
- CDMA, 808
- Célula de fabricación, 689
- Célula de fabricación flexible (FMC), 684
- Central Processing Unit*, véase Unidad central de proceso y CPU
- CFC, 104, 411
- Checking*, véase Prueba
- Chip*, véase Circuito integrado
- Ciclo de un autómata programable:
 - de entrada-salida, 55, 78, 91
 - de proceso, 55, 78
- Ciclo de proceso de un producto, 652
- CIM, 97, 658, 688, 690, 695, 697
- Circuito:
 - de acondicionamiento, véase Acondicionamiento de señal
 - de comprobación de la batería, 737
 - de diagnóstico, 735, 747, 956
 - de vigilancia, 97, 735, 884
 - integrado, 29, 34, 73, 859, 902
 - integrado AS-i, véase AS-i
 - integrado de aplicación específica, 858, 903
- Clase de automatización, véase Automatización
- Clase de un sensor; véase Categoría de un sensor
- Clock*, véase Reloj y Generador de impulsos
- Closed loop control system*, véase Sistema electrónico de control en bucle cerrado
- CNC, 661:
 - de capacidad reducida, 663
 - de control en bucle abierto, 663
 - de control en bucle cerrado, 663
 - de gran capacidad, 661
 - sistema, 663
- CO, véase PROFIBUS-FMS
- Coaxial cable*, véase Cable coaxial
- Cobertura,
 - de fallos, 930, 941, 953, 956
 - del diagnóstico, 953
- Codificador angular, 268, 583, 629
- Codificador de posición, 583:
 - absoluto, 436, 583
 - incremental bidireccional, 274, 439, 585, 661, 677
 - incremental unidireccional, 585
- Código,
 - aritmético, 940
 - ASCII, 776
 - autosincronizado, 770, 771
 - BCD natural, 146, 150, 157
 - binario natural, 141, 157, 621
 - corrector de errores, 931, 938
 - corrector de fallos, 940
 - de barras, 712
 - de condición, 163
 - de entrada/salida, véase AS-i
 - de Gray, 584
 - de Hamming, 881, 940
 - de identificación, véase AS-i
 - de operación, 37, 43, 44
 - de redundancia cíclica, 776, 940
 - de rector de errores, 776, 938
 - I/O code*, véase código de entrada/salida
 - Manchester, 771
 - Manchester diferencial, 771
 - NRZ, 769, 771, 871
 - octal, 48
 - paridad constante, 776, 850
 - self-clocking*, véase autosincronizado
- Comercio electrónico, 831
- Comisión Electrotécnica Internacional, véase IEC
- Command module*, véase módulo de órdenes de un CNC
- Communication controller*, véase Procesador de comunicaciones
- Communication object*, véase PROFIBUS-FMS
- Communication processor*, véase Procesador de comunicaciones
- Communication profile*, véase Perfil de comunicación
- Communication Relationship*, véase Relaciones de comunicación
- Communication Relationship List*, véase PROFIBUS-FMS
- Comparador, 40
- Comprobación de la batería, circuito de, 737

- Computador, 37, 68, 271
 central, véase principal
clock, véase reloj y generador de impulsos
 contador de programa, 69
 de aplicación general, 271, 667
 empotrado, 273
 generador de impulsos, 69
 industrial, véase Computador industrial
instruction register, véase registro de instrucción
 integrado, véase Microcontrolador
 orientado al control de procesos, 272
 palabra de estado (PSW), 69
 para automatización de procesos, 271
 personal, 667
 principal, 646, 663, 682
program counter, véase contador de programa
program status word (PSW), véase palabra de estado
 registro de instrucción, 69
 reloj, 69
 terminal remoto, 651, 757
- Computador industrial:
computer Aided Design, véase Diseño asistido por computador y CAD
computer Aided Engineering, véase Ingeniería asistida por computador y CAE
computer Aided Manufacturing, véase Fabricación asistida por computador y CAM
computer Aided Planning Process, véase Proceso de planificación de productos y CAPP
computer Integrated Manufacturing, véase Fabricación integrada por computador y CIM
computer Numerical Control, véase Control numérico por computador y CNC
 con autómata programable independiente (PC-PLC), 273, 669
 con placa de autómata programable (*Slot PLC*), 95, 642, 669
 con sistema operativo en tiempo real, 273, 672
 con *software* de autómata programable (*Soft PLC*), 95, 273, 669, 674
 empotrado, véase Computador industrial empotrado que emula un autómata programable (*Soft PLC*), 95, 273, 642, 674
Soft PLC, 674
Slot PLC, 669
- Computador industrial empotrado, 273, 669, 672:
 de arquitectura abierta, 95, 642
 de arquitectura cerrada, 95, 642
- Comunicación:
 a distancia, 650
 canal de, 695, 702, 760, 766, 826, 837
 capacidad de, 97, 643, 650, 709
 cíclica, 844
 compartición de canales, 695
 con el operador, véase HMI
 de los sistemas electrónicos de control, 695
 determinista, 699, 702, 711
 digital, véase Comunicación digital
 en tiempo real, 701
 inalámbrica, 762, 774
 industrial, véase Comunicación industrial
 multipunto, véase Multipunto
 punto a punto, 758, 764, 796, 800
- Comunicación en banda base analógica, 760
- Comunicación digital, 650, 757:
 AS-i, véase AS-i
 asíncrona, 766
 características eléctricas de las conexiones, 784
 características mecánicas de las conexiones, 783
communication processor, véase Procesador de comunicaciones
cyclical polling, véase por sondeo periódico
 detección de errores, véase Detección de errores
 doble simultánea, véase Modo de comunicación
 en banda ancha, véase Modos de transmisión
 en banda base, véase Modos de transmisión
 en banda base analógica, véase Modos de transmisión
 en banda base digital, véase Modos de transmisión
 entre computadores, 792
 ethernet industrial, , véase Red Ethernet Industrial
 inalámbrica, 762, 777, 782, 818
 interfaz de, 74, 593, 789, 806
 interrupción de, 93

- medios de, *véase* Medios de transmisión
- modos de, *véase* Modos de comunicación
- multidrop*, *véase* multipunto
- multiport*, *véase* multipunto
- multipunto, 702, 758, 800
- normas de, *véase* Normas de comunicación
- perfil de, 705
- point to point*, *véase* punto a punto
- por sondeo periódico, 839
- procesador de, *véase*
 - Procesador de comunicaciones
- PROFIBUS, *véase* PROFIBUS
- Profinet, *véase* Red Profinet
- protocolo de, *véase* Protocolo de comunicaciones
- punto a punto, 758, 764, 785, 800
- redundante, 706
- semisimultánea, *véase* Modos de comunicación
- serie asíncrona, *véase* Modos de sincronización
- serie síncrona, *véase* Modos de sincronización
- servicios de, 704, 818, 821, 877, 901
- simple, *véase* Modos de comunicación
- síncrona, *véase* Modos de sincronización
- trama de, *véase* Trama
- Comunicación de datos, *véase* Red de datos
- Comunicación Industrial, 695, 901:
 - familias de redes de, 698, 706
 - red AS-i, *véase* Red AS-i
 - red de célula, 699
 - red de control, 697, 701, 798
 - red de controladores, 702, 704
 - red de datos, 698, 700, 706
 - red de empresa y fábrica, 698
 - red de periferia distribuida, 704
 - red de sensores-actuadores, 702, 704, 706
 - red de sensores-actuadores de capacidad funcional elevada, 705
 - red de sensores-actuadores de capacidad funcional limitada, 705
 - red Ethernet industrial, 698, 706, 709, 775, 813, 901
 - red PROFIBUS, *véase* Red PROFIBUS
 - red Profinet, *véase* Red Profinet
- Concentrador, *véase* Interconexión de redes
- Concurrente, *véase* Sistema secuencial concurrente de control
- Conductores:
 - par trenzado blindado, *véase* Medios de transmisión
 - par trenzado sin blindar, *véase* Medios de transmisión
 - shielded Twisted Pair*, *véase* par trenzado blindado y STP
 - STP, *véase* Medios de transmisión
 - unshielded Twisted Pair*, *véase* par trenzado sin blindar y UTP
 - UTP, *véase* Medios de transmisión
- Conector, 669, 784, 787, 870
- Conexión:
 - autómata programable-usuario, 592
 - con el proceso, 268
 - de bloques, lenguaje de, 104, 411
 - multipunto, 702, 758, 800
 - punto a punto, 443, 695, 785
- Confiabilidad, 5, 723:
 - atributos de la, 918, 919, 930
 - conceptos básicos, 918
 - imperfecciones, 918
- Confiabilidad de un automático programable:
 - recursos externos de diagnóstico, *véase* Recursos externos de diagnóstico
 - recursos internos de diagnóstico, *véase* Recursos internos de diagnóstico
 - seguridad ante sabotajes, *véase* Seguridad ante sabotajes
 - seguridad ante averías, *véase* Seguridad ante averías
- Configuración automática, 88
- Configurador de hardware, programa, 284
- Conmutación de circuitos, 816
- Conmutación de paquetes, 817
- Conmutador, *véase* Interconexión de redes
- Connector*, *véase* Conector
- Constante de tiempo, 473:
 - de integración, 385
 - derivativa, 388
- Constante dieléctrica, 546

Consulta cíclica, *véase* Sondeo periódico

Contacto:

conmutado, 452

doble conmutado, 452

doble no conmutado, 452

double pole double through, *véase*
doble conmutado

double pole single through, *véase*
doble no conmutado

DPDT, 452

DPST, 452

no conmutado, 452

normally close, *véase*
normalmente cerrado

normally open, *véase*
normalmente abierto

normalmente abierto, 452

normalmente cerrado, 452

single pole double through,
véase único conmutado

single pole single through,
véase único no conmutado

SPDT, 452

SPST-NC, 452

SPST-NO, 452

único conmutado, 452

único no conmutado, 452

Contador:

circuito, 13, 38, 69, 92

de bucles, 164

de programa, 69

por programa (*Software*), *véase* Contador
por programa

síncrono, 38

Contador por programa:

ascendente, 209, 239

ascendente-descendente, *véase* reversible

bloque funcional, 156, 209, 258

descendente, 240

reversible, 156, 188, 202, 241, 258

Continuous process, *véase* Proceso continuo

Control de acceso al medio (MAC), 796,
806, 808, 843

Control de alto nivel de enlace
de datos (HDLC), 774

Control de fallos, 931

Control de posición, 268, 660, 663

Control del enlace lógico (LLC), 796, 806, 814

Control distribuido, 272, 276, 412, 629, 646, 714

Control en bucle abierto, 4, 266, 270, 373, 630, 663

Control en bucle cerrado, 4, 267, 270, 373, 629, 663

Control en tiempo real, *véase* Tiempo real

Control lineal continuo de procesos:

acción de control derivativa, 388

acción de control integral, 385

acción de control derivativa, integral
y proporcional, 391

acción de control proporcional, 380

ajuste basado en modelos matemáticos
de un controlador PID, 405

ajuste empírico de un controlador PID, 394

ajuste empírico de un controlador PID
con identificación en bucle abierto, 395

ajuste empírico de un controlador PID
con identificación en bucle cerrado, 403

elección del algoritmo, 392

inestabilidad, 383, 403

instability, *véase* inestabilidad

overdamped, *véase* sobreamortiguado

PID, 268, 383, 392, 394

sobreamortiguado, 473

subamortiguado, 387, 473

Underdamped, *véase* subamortiguado

Control lógico concurrente, 345

Control numérico:

distribuido (DNC), 663

por computador (CNC), 661

Control síncrono binario, *véase* BISYNC o BSC

Controlabilidad, 934

Controlador de procesos, 272:

bloques funcionales (FB) PID, 410

continuo derivativo, 388

continuo integral, 385

continuo proporcional, 380

continuo proporcional, integral
y derivativo (PID), 391

- descrito en el lenguaje CFC, *véase* Lenguaje de descripción de sistemas continuos de control (CFC)
 - en cascada, 392
 - intermitente proporcional en el tiempo, 379
 - lineal continuo, implementado
 - mediante un módulo, 408, 634
 - lineal continuo, implementado
 - mediante un programa, 407, 633
 - multibucle, *véase* en cascada
 - no lineal intermitente, 375
 - PID, 268, 383, 392, 394
 - PID, implementado mediante un autómata
 - programable con módulo de regulación, 634
 - PID, implementado mediante un autómata
 - programable que ejecuta un programa de control, 633
 - todo-nada básico, 375
 - todo-nada de dos posiciones, 376
 - todo-nada con histéresis, 376
 - todo-nada con zona muerta, 378
 - todo-nada multiposición, 378
- Controlador lógico, 4:
- asíncrono, 12
 - asynchronous*, *véase* asíncrono
 - basado en computador, 75
 - cableado, 6, 16, 25, 269
 - combinacional cableado, 6
 - combinacional programable, 9
 - con unidad lógica, 38
 - con unidad operativa, 36
 - de arquitectura fija, 28
 - en bucle abierto, 4
 - en bucle cerrado, 4
 - especificación mediante flancos
 - de las variables de entrada, 18
 - especificación mediante niveles
 - de las variables de entrada de, 16
 - programable, *véase* Autómata
 - programable y PLC
 - secuencial, 11
 - secuencial asíncrono, 12
 - secuencial síncrono, 12
 - secuencial síncrono cableado, 25
 - secuencial síncrono programable
 - de arquitectura configurable, 34
 - secuencial síncrono programable
 - de arquitectura fija, 28
 - síncrono, 12
 - synchronous*, *véase* síncrono
- Controllability*, *véase* Controlabilidad
- Controller*:
- continuous derivative*, *véase* Controlador de procesos continuo derivativo
 - continuous integral*, *véase* Controlador de procesos continuo integral
 - continuous proportional*, *véase* Controlador de procesos continuo proporcional
 - floating*, *véase* Controlador de procesos todo-nada multiposición
 - on-off*, *véase* Controlador de procesos todo-nada básico
 - on-off multiposition*, *véase* Controlador de procesos todo-nada multiposición
 - on-off with dead zone*, *véase* Controlador de procesos todo-nada con zona muerta
 - on-off with hysteresis*, *véase* Controlador de procesos todo-nada con histéresis
 - PID*, *véase* Controlador de procesos PID
 - PWM*, *véase* Controlador de procesos intermitente proporcional en el tiempo,
 - two position*, *véase* Controlador de procesos todo-nada de dos posiciones
- Controller network*, *véase* Red de controladores
- ControlNet, 704, 709, 713
- Convertidor:
- analógico-digital, 436
 - digital-analógico, 408, 620, 634, 660
- Correo electrónico, 798, 799, 818, 831
- Corriente de un sensor todo-nada:
- de carga máxima, 451
 - de carga mínima, 460
 - residual, 460
- Cortafuegos, 820
- Cortina fotoeléctrica, *véase* Sensores de seguridad

Counter, véase Contador
 CPU, 38, 67, 71
 CR, véase PROFIBUS-FMS
 CRC, 776, 812
 CRL, véase PROFIBUS-FMS
 CSMA/CD, 699, 799, 809, 812
 Curva de calibración, 468, 469, 474
Cyclic redundancy check, véase
 Comprobación o verificación mediante
 redundancia cíclica y CRC
Cyclical polling, véase Consulta cíclica
 y Sondeo periódico

D

Data block, véase Bloque de datos
Data Communications, véase Comunicación
 de datos y Comunicación digital
Data domain, véase Dominio de datos
Data mining, véase Minería de datos
Data network communications, véase
 Red de datos:
 LAN, 800, 805, 811
local area network, véase Red de área local
 y LAN
 MAN, 800, 806, 816
metropolitan area network, véase
 Red de área metropolitana y MAN
 WAN, 800
wide area network, véase Red de área extensa
 y WAN
Data warehouse, véase Almacén de datos
 Datos de un sensor:
 aleatorios, 448
 dinámicos, 448
 estáticos, 448
 transitorios, 448
 DB, véase Bloque de datos
 DDCMP, 773
 DDLM, véase PROFIBUS-DP
Decentralised periphery, véase
 Periferia distribuida

Declaration, véase Definición de variables
 Decodificador, 40
Defect, véase Defecto
 Defecto, 918
 Definición de variables, 110, 212
Dependability, véase Confiabilidad
 Desinhibición:
 de un contador, 157, 159
 de un decodificador, 40
 de un temporizador, 146, 150
 del tercer estado, 47
 Desbordamiento, 618 y véase Rebasamiento
 Desplazamiento de un sensor:
 de sensibilidad, 477
 del cero, 476
 Detección de errores:
 CRC, 776, 777, 812
Cyclic redundancy check, véase verificación
 de un sistema mediante redundancia
 cíclica y CRC
 en la transmisión asíncrona, 776
 en la transmisión síncrona, 776
horizontal parity, véase paridad horizontal
 mediante redundancia cíclica, véase CRC
 paridad horizontal, 776
 paridad vertical, 776
 verificación mediante redundancia cíclica,
 véase CRC
vertical parity, véase paridad vertical
 Detector (Sensor), 429
Detector, véase Detector
 Determinista, comportamiento, 673, 694,
 703, 711, 826
Device, véase dispositivo
Device data base, véase PROFIBUS-DP
 Diagnóstico:
 circuito de, véase Circuito de diagnóstico
 cobertura de, 953
 funciones de, 881
 recursos externos de, 737
 recursos internos de, 735
 sistema de, 752
 tiempo de, 924

- Diagrama de estados, 16, 63, 309
- Diagrama de flujo, *véase* Diagrama de estados
- Diagrama funcional de secuencias de STEP7, *véase* Lenguaje S7-GRAPH
- Diagrama de funciones de IEC 1131-3, *véase* Lenguaje de diagrama de funciones de IEC 1131-3
- Diagrama de funciones de STEP7, *véase* Lenguaje de diagrama de funciones de STEP7
- Diagrama de partición en fases, 315
- Diagrama de transición de estados S7-HiGraph, 104
- Diamagnético, material, 530
- Diccionario local de objetos, *véase* PROFIBUS-FMS
- Difusión:
- a uno solo (*Unicast*), 802
 - parcial o a varios (*Multicast*), 802, 873, 878
 - total o a todos (*Broadcast*), 802, 873, 878
- Digital Communications*, *véase* Comunicación Digital
- Digital Data Communications Message Protocol*, *véase* Protocolo de mensaje de comunicación de datos digitales y DDCMP
- Digital sensor*, *véase* Sensor digital:
- parallel output*, *véase* salida en paralelo
 - salida en paralelo, 436
 - salida en serie, 436
 - serial output*, *véase* salida en serie
- Digital signal*, *véase* Señal eléctrica digital
- DIN 19245, 863
- Dínamo, 651
- Diodo:
- de infrarrojos, 503
 - de libre circulación, 454, 609
 - de protección, 456, 599
 - luminiscente, 503, 584, 598
 - rectificador, 456, 599, 613, 614
 - zéner, 456, 613, 614
- Dirección AS-i, *véase* AS-i
- Direccionamiento automático, *véase* configuración automática
- Direct Data Link Mapper*, *véase* PROFIBUS-DP
- Direct Digital Control*, *véase* Sistema electrónico de control digital directo
- Direct numerical Control*, *véase* Control numérico distribuido y DNC
- Diseño asistido por computador (CAD), 270, 592, 653, 657, 678
- Diseño del programa de un controlador lógico programable:
- basado en el diagrama funcional de secuencias, *véase* Lenguaje S7-GRAPH
 - de un controlador lógico combinacional, 287
 - de un controlador lógico secuencial que emula biestables R-S, 292
 - del algoritmo compacto de emulación del diagrama de estados, 309
 - de partición del algoritmo en fases, 315
- Disparo, 12
- Display*, *véase* Visualizador
- Disponibilidad:
- sistemas seguros y de elevada disponibilidad, 947
 - sistemas de elevada disponibilidad, 933
- Dispositivo:
- actuador, 596, 701, 704, 895
 - de campo, 644, 690, 702, 705, 709, 737, 837, 845, 864, 912
 - de campo inteligente (IED), 442, 644
 - de conmutación, 596, 607, 613, 615
 - de paro de emergencia, 726
 - de potencia, 596
 - de seguridad, 725, 726, 950,
 - de sujeción y agarre, 679, 682
 - electrónico, 454, 503, 599, 608, 611, 781, 783, 944
 - electrónico inteligente, 430
 - lógico programable, 34, 825
 - mecánico, 523, 679, 682
 - optoacoplador, 599
 - optoelectrónico, 731, 733
 - sensor, 3, 429, 701, 704, 895
 - todo-nada, 705, 839
 - virtual de campo, 889
- Distributed Control System (DCS)*, *véase* Sistema electrónico de control distribuido (DCS)

Distributed Numerical Control, véase

Control numérico distribuido y DNC

Distributed periphery, véase

Periferia distribuida

DNC, 663

Doble palabra (DW), 110, 111, 131, 138, 212

Dominio de datos, 432

Double Word, véase Doble palabra

DP-PA segment coupler, véase

PROFIBUS-FMS

Dual-port RAM, véase

Memoria de acceso aleatorio de doble puerto

Duración de un impulso, 147, 236, 438

DW, 110, 111, 131, 138, 212

E

EDVAC, 68

EEPROM, 71, 77

E²PROM, *véase* EEPROM

Efecto piezoeléctrico, 431, 558, 569,

EHF, 778

EIA, 712

Ejecución, estado de, 68

Electrically Erasable Programmable

Read Only Memory, véase EEPROM

Electrically Programmable Read

Only Memory, véase EPROM

Electronic control system, véase

Sistema electrónico de control

Electronic Discrete Variable Automatic

Computer, véase EDVAC

Electronics Industries Association,

véase EIA

ELF, 778

Embedded automation, véase

Computador industrial empotrado

Embedded computer, véase

Computador empotrado

Embedded microcomputer, véase

Microcontrolador

Embedded operating system, véase

Sistema operativo empotrado

Emulación:

de un autómata programable, 273

de un biestable R-S, 222, 292

de un diagrama de estados, 309, 314

Emulador de autómata programable (*Soft PLC*),

95, 273

EN 292-1, 928, 949

EN 292-2, 928, 950

EN 298, 928

EN 954-1, 928, 948, 961

EN 1050, 949

EN 1088, 730

EN 5501, 842

EN 50126, 755

EN 50170, 863

EN 50250, 863

EN 50295, 837

EN 60204-1, 729

EN 60825-1, 733

EN 61496-1, 731, 733

Encoder, véase Codificador de posición

Enmascaramiento de fallos, 931, 935, 939, 942

Enrutador, *véase* Interconexión de redes

Ensamblador, 104

Enterprise Resource Planning, véase

Planificación de recursos de la empresa y ERP

Entrada:

analógica, 75, 89, 597, 626

digital, 75, 86, 412

unidad de, 38, 40

de desinhibición (EN), 40, 44

de seguridad, 737

interfaz de, 593, 594, 597

EPROM, 38, 44, 53, 71, 76, 78

Equipo de visualización, *véase*

interfaz máquina-usuario y HMI

ERP, 699

Error, 314, 376, 918

Error de supervisión, 337

Error de un sensor:

de aceleración, 474

de conformidad, 469

de interferencia, 475

- de montaje, 476
- de presión ambiental, 475
- de repetibilidad, 467
- de temperatura, 473
- de vibración, 474
- nulo, 468
- total, 466, 468
- Escala de integración, 37, 38:
 - media (MSI), 36, 271, 946
 - grande (LSI), 271
 - pequeña (SSI), 946
 - muy grande (VLSI), 272, 934
 - ultra grande (ULSI), 934
- Escáner láser, 733
- Especificación de mensajes de fabricación, 700, 865
- Especificación de un controlador lógico:
 - mediante flancos de las variables de entrada, 18, 57
 - mediante niveles de las variables de entrada, 16
- Esquema de contactos:
 - de IEC 1131-3, *véase* Lenguaje de esquema de contactos de IEC 1131-3
 - de STEP7, *véase* Lenguaje de esquema de contactos de STEP7
- Estación, nivel de, 689
- Etapas de S7-GGRAPH, 325:
 - de espera, *véase* Sincronización entre cadenas secuenciales de S7-GGRAPH
 - de sincronización, 340
 - simultáneas, 331
- Ethernet:
 - conmutada, 699, 813, 827
 - fast*, *véase* rápida
 - gigabit*, *véase* ultrarrápida
 - IEEE 802.3, 811, 826
 - industrial, 698, 706, 712, 775
 - isochronous*, *véase* isócrona
 - isócrona, 813
 - rápida, 813
 - switched*, *véase* conmutada
 - ultrarrápida, 813
- Etiqueta, 110, 164, 213, 227
- Evento de S7-GGRAPH, 337, 338
- Evolución en S7-GGRAPH, 325, 326

- Exact value*, *véase* valor exacto
- Exactitud, 467
- Execute*, *véase* Ejecución, estado de
- Exploración periférica, 748, 936
- Extremely high frequencies*, *véase* Frecuencias ultraaltas y EHF
- Extremely low frequencies*, *véase* Frecuencias ultrabajas y ELF

F

- Fabricación asistida por computador, 639, 653, 654, 657, 678, 699
- Fabricación flexible, 683, 684:
 - célula de, 684
 - línea de, 686
 - módulo de, 684
 - sistema de, 683, 687, 689, 907
 - Taller de, 686
- Fabricación integrada por computador, 97, 658, 688, 690, 695, 697
 - manufacturing execution system*, *véase* sistema de ejecución de la fabricación y MES
- MES, 690, 699
 - nivel de área, 689
 - nivel de célula, 689
 - nivel de empresa, 690
 - nivel de estación, 689
 - nivel de fábrica, 689
 - nivel de proceso, 689
 - sistema de ejecución de la fabricación (MES), 690, 699
- Fail-safe*, *véase* Seguro ante averías
- Fail-safe electronic system*, *véase* Sistema electrónico seguro ante averías
- Failure*, *véase* Avería
- Fallo, 725:
 - aislamiento del, 930, 934
 - bajo demanda, 954
 - cobertura de, 930
 - códigos correctores de, 940
 - control de, 931
 - de las entradas de un autómata programable, 739

- de las salidas de un autómata programable, 612
- de supervisión en S7-GGRAPH, 337
- de un autómata programable, 737
- de una máquina, 919
- detección de, 735, 926, 938
- diagnóstico de, 932
- duración media de, 925
- eliminación de, 932
- enmascaramiento de, 931
- inyección de, 930
- predicción de, 932
- prevención de, 932
- probabilidad de, 920
- simulación de, 930, 934
- sistemas seguros ante, 942
- tasa de, 921
- tasa instantánea de, 921
- tasa media de, 920
- tiempo medio entre fallos, 921
- tiempo medio hasta el fallo, 921
- Familia de autómatas programables, 81
- Familia de productos, 658
- Familia de redes industriales, 698
- Fases excluyentes de S7-GGRAPH, 321, 324
- Fases simultáneas de S7-GGRAPH, 331, 370
- Fault*, véase fallo
- Fault avoidance*, véase Prevención de fallos
- Fault intolerance*, véase *Fault avoidance*
- Fault masking*, véase Enmascaramiento de fallos
- Fault secure system*, véase Sistema seguro ante fallos
- Fault tolerant system*, véase Sistema tolerante a fallos
- FB, véase Bloque funcional
- FBD, véase Diagrama de funciones de IEC 1131-3 y STEP7
- FC, véase Función
- FDL, véase PROFIBUS y PROFIBUS-DP
- FDM, 760
- FDMA, 816
- Feedback*, véase Realimentación
- Feedback control system*, véase Sistema electrónico de control realimentado
- Ferromagnético, material, 530, 586
- Fetch*, véase Búsqueda
- Fiabilidad, 723, 919:
 - de un sensor, 476
 - del programa (*Software*), 749
 - del sistema físico (*Hardware*), 749
 - tasa instantánea de fallos, 921
 - tasa media de fallos, 920
 - tiempo medio entre fallos, 921
 - tiempo medio hasta el fallo, 921
 - vida media, 922
- Fibra óptica, 525:
 - de índice gradual, 526
 - de salto de índice, 526
 - monomodo, 527
 - multimodo, 527
- Field Data Link Layer*, véase Capa de enlace de datos de un bus de campo
- Fieldbus*, véase Bus de campo
- Fieldbus Management Administration*, véase Administración de la gestión de un bus de campo
- Fieldbus Message Specification*, véase Especificación de los mensajes de un bus de campo y FMS
- Fin de cadena de S7-GGRAPH, 328, 333
- Final de carrera, 480:
 - de seguridad, 730
- Firewall*, véase Cortafuegos
- Firewire*, 713
- Firmware*, véase Memoria de programa
- Flash, véase Memoria flash
- Flexible Manufacturing Cell*, véase Célula de fabricación flexible FMC
- Flexible Manufacturing Module*, véase Módulo de fabricación flexible y FMM
- Flexible Manufacturing System*, véase Sistema de fabricación flexible y FMS
- Flip-flop*, véase Biestable síncrono
- Flujo magnético, 530
- FMA, véase PROFIBUS-DP
- FMC (*Flexible Manufacturing Cell*), 684
- FMM (*Flexible Manufacturing Module*), 684

FMS (*Fieldbus Message Specification*),
865, 899

FMS (*Flexible Manufacturing System*),
276, 686

Formato de una señal eléctrica:

- analógico, 433
- digital paralelo, 436
- digital serie, 436
- temporal, 437

Fotocélula:

- de barrera de luz, 501
- de fibra óptica, 525
- de herradura, 509
- de reflexión definida, 521
- de reflexión difusa, 501, 519

Fototransistor, 599

Frame, véase Bloque de información y trama

Frecuencias, 778:

- altas (HF), 78
- bajas (LF), 778
- de voz (VF), 778, 782, 816, 821, 829
- extraaltas (EHF), 778
- infrarrojo, 503, 527, 778
- luz visible, 778
- medias (MF), 778
- muy altas (VHF), 778
- muy bajas (HF), 778
- superaltas (SHF), 778
- ultraaltas (UHF), 778
- ultrabajas (ELF), 778
- ultravioleta, 76, 778

Frequencies, véase Frecuencias

Frequency Division Multiplexing, véase
Multiplexación por división en
frecuencia y FDM

Frequency modulation, véase
Modulación en frecuencia

Frequency Shift Keying, véase Modulación
en frecuencia y FSK

FSK, 760

Fuente de alimentación:

- conmutada, 275
- lineal, 273, 275

Full Duplex, véase

Comunicación digital doble simultánea

Función, 106, 169, 208, 230

Función de transferencia, 441:

- de orden cero, 441
- de orden dos, 441
- de orden uno, 441

Función lógica, véase Operación lógica

Function, véase Función y FC

Function Block, véase Bloque funcional y FB

Function Block Diagram, véase FBD

FUP, véase Lenguaje de diagrama

de funciones de STEP7

Fuzzy control system, véase

Sistema electrónico de control
borroso de procesos

G

Garantía de funcionamiento, véase Confiabilidad

Gateway, véase Pasarela

Generador de impulsos, 12, 38, 69

General Purpose Computer, véase
Computador de aplicación general

Gestión, 673, 694:

- de documentos (OLE), 644
- de la producción, 668
- de la empresa industrial, 657
- de los sistemas de ejecución de
la fabricación (MES), 690
- de red, 797
- del ciclo de vida de un producto, 653
- del mantenimiento, 691

Grado de protección ambiental, véase
grado de sellado

Grado de sellado, 465

GRAFCET, 104, 205, 258, 325

Graph, véase S7-GRAPH

Groupware, véase Trabajo en grupo

GSD, fichero, véase PROFIBUS-DP

H

Habilitación, véase Desinhibición

Half-duplex, véase Comunicación digital
semisimultánea o semidoble

Hamming:

código de, 881

distancia mínima de, 881

Hardware, 5, 44

Hardware Description Language, véase HDL

HART, 444, 628

HCS, 273

HDL, 36

HDLC, 774

Herramienta, 263

Herramienta de programación:

CFC, 412

de STEP7, 259, 284

Herramienta informática, 270, 643, 698

HF, 782, 786

High Addressable Remote Transducer, véase
HART

High frequencies, véase Frecuencias altas y HF

HiGraph, véase S7-HiGraph

High-level Data Link Control, véase

Control de alto nivel del enlace
de datos y HDLC

Histéresis, 376, 378, 469

HMI, véase Interfaz máquina-usuario

Horizontal parity, véase Paridad horizontal

Host, véase Computador central o principal

Hub, véase Concentrador

Human Machine Interface, véase

Intefaz máquina-usuario y HMI

HW config, véase

Configurador de hardware de STEP7

Hybrid control system, véase HCS

Variable de un autómata programable

IEC, 103

IEC 144, 465

IEC 848, 258, 325

IEC 1131-3, 205:

bloque funcional, 209

función, 208

function block, véase bloque funcional

lenguajes de programación, véase Lenguajes
de programación de IEC 1131-3

subprogramas, 207

tipos de datos, 206

unidades de organización del programa, 206

variables definidas por el usuario, 210

variables predefinidas, 210

IEC 1158-2, 865

IEC 9506-1, 701, 865

IEC 9506-2, 701

IEC 60947-5-1, 730

IEC 61158, 863

IEC 61158-2, 717, 863, 886, 900

IEC 61508, 928, 952, 961

IEC 61511, 928

IED, 430, 647

IEEE 802.5, 700

IEEE 802.49, 700

IEEE-FP, 137

Igual a igual, véase Red de comunicaciones

IL, 205, 211, 259

Imagen del proceso:

de las entradas, 53, 55, 132, 286, 853

de las salidas, 55, 132, 286, 853

Impedancia:

acústica, 566

de carga, 623

de entrada, 449, 463, 597, 618

de la fuente, 463

de los cables, 449

de medida, 621

de salida, 449, 597, 618

Imperfecciones:

avería, 918

defect, véase defecto

I

ID code, véase AS-i

Ideal value, véase Valor exacto

Identificación de variables, véase

- defecto, 918
- error, 918
- error*, véase error
- failure*, véase avería
- fallo, 918
- fault*, véase fallo
- Incremental position encoder*, véase Codificador de posición incremental
- Indisponibilidad, 923
- Inductive proximity detector*, véase Sensor inductivo de proximidad
- Industrial Communications*, véase Comunicación Industrial
- Industrial Ethernet*, véase Red Ethernet Industrial
- Industrial Network*, véase Red Industrial
- Industrial sensor*, véase Sensor industrial
- Infiabilidad, 920
- Infocomunicaciones, 829, 833
- Ingeniería asistida por computador (CAE), 653, 654, 657, 699
- Ingress protection*, véase Grado de sellado
- Instrucción:
 - AND, 216
 - AND(, 220
 - ANDN, 217
 - ANDN(, 221
 - AND(N, 220
 - aritmética de de dos operandos, 135, 225
 - aritmética de de un operando, 137
 - con paréntesis, 117, 220
 - conditional branch*, véase salto condicional
 - conditional jump*, véase salto condicional
 - de bucle, 164
 - de carga, 55, 132, 217
 - de comparación, 138, 224
 - de contaje, 156
 - de control de bloque, 169
 - de control de la ejecución de un grupo de instrucciones (MCR), 172, 726
 - de control del programa, 162
 - de conversión, 141,
 - de desinhibición, 50
 - de desplazamiento, 141
 - de entrada, 55
 - de finalización de bloque, 171
 - de inhibición, 50
 - de llamada de bloque, 169, 170
 - de llamada de módulo, 228
 - de memorización, 55, 221
 - de operación lógica, 114, 214
 - de retorno de módulo, 229
 - de rotación, 141
 - de salida, 55, 115, 215
 - de selección, 113, 114, 223
 - de temporización, 144, 257, 341
 - de transferencia, 132
 - de un computador, 69
 - load*, véase de carga o de entrada
 - lógica con combinaciones binarias,
 - master control relay*, véase de control de la ejecución de un grupo de instrucciones (MCR)
 - MCR, 172, 726
 - O, 114
 - ON, 114
 - OR, 216
 - ORN, 216
 - output*, véase de salida o memorización
 - que opera con combinaciones binarias, 131, 223
 - que opera con flancos, 124, 222
 - que opera con variables lógicas, 104, 190
 - salto condicional, 50, 165, 227
 - salto incondicional, 164, 227
 - salto independiente de los biestables, 164
 - salto múltiple, 164
 - sin paréntesis, 113, 215
 - store*, véase de salida o memorización
 - U, 113
 - U(, 119
 - UN, 113
 - X, 117
 - XN, 118
 - XOR, 218
 - XORN, 218
 - XOR(, 221

- XORN(, 221
- XOR(N, 221
- Instruction list*, véase Lista de instrucciones de IEC 1131-3 e IL
- Instruction register*, véase Registro de instrucción
- Integración:
 - mediante la cinemática, 651
 - mediante la electricidad, 651
 - mediante la información, 651
- Integrated industrial network*, véase Red Ethernet industrial integrada
- Intelligent electronic device*, véase Dispositivo electrónico inteligente
- Interbus-S,
- Interconexión de redes, 822:
 - bridge*, véase puente
 - concentrador, 823, 824
 - conmutador de la capa dos, 824
 - conmutador de la capa tres, 825
 - enrutador, 825
 - gateway*, véase pasarela
 - hub*, véase concentrador
 - pasarela, 826
 - puente, 708, 824
 - repeater*, véase repetidor
 - repetidor, 823
 - router*, véase enrutador
 - switch*, véase conmutador
- Interface*, véase interfaz
- Interfaz, 3, 73:
 - autómata-usuario, 635
 - de aplicación específica, 593
 - de aplicación general, 592, 594
 - de comunicaciones, 74
 - de comunicaciones asíncronas, 766, 788
 - de conexión con el proceso, 268, 591, 624
 - de control de posición en bucle abierto, 663
 - de control de posición en bucle cerrado, 663
 - de entrada analógica, 78
 - de entrada analógica de corriente, 597, 618
 - de entrada analógica de tensión, 597, 618
 - de entrada de contaje, 626
 - de entrada de seguridad, 737
 - de entrada digital, 78
 - de entrada todo-nada, 594
 - de entrada todo-nada con aislamiento galvánico, 595
 - de entrada todo-nada con alimentación en alterna, 607
 - de entrada todo-nada sin aislamiento galvánico, 595
 - de entrada/salida concentrada, véase entrada/salida local
 - de entrada/salida local, 593
 - de entrada/salida remota, 593
 - de la capa de aplicación, véase PROFIBUS-FMS
 - de medida de temperatura, 624
 - del programa de aplicación, 881
 - de red, 806, 903
 - de regulación, 632
 - de salida analógica por corriente, 623
 - de salida analógica por tensión, 621
 - de salida de posicionamiento, 629
 - de salida de regulación, 632
 - de salida de seguridad, 749
 - de salida digital, 78
 - de salida todo-nada, 607
 - de salida todo-nada de tipo NPN, 609
 - de salida todo-nada de tipo PNP, 611
 - de salida todo-nada de tipo relé, 608
 - de salida todo-nada de tipo tiristor, 611
 - de salida todo-nada de tipo triac, 611
 - de sensor todo-nada con salida de tipo contacto, 599
 - de sensor todo-nada con salida de dos hilos, 603
 - de sensor todo-nada con salida de tres hilos, 603
 - máquina-usuario (HMI), véase Interfaz máquina-usuario
- Interfaz máquina-usuario (HMI), 636:
 - panel con computador industrial embebido, 95, 641
 - panel de operación, 93, 639
 - panel táctil, 93, 639
- Interferencias electromagnéticas, 475, 545, 594 599, 618, 706, 779

Interlock, véase

Acciones del lenguaje S7GRAPH

International Standard Organisation,

véase Organización Internacional
de Normalización e ISO

Internet, 699, 818, 820, 821

Interrupción de autómatas programables, 91:

capacidad de, 91

de borne, *véase* de terminal

de comunicación, 93

de contador, 92

de reloj, 91

de terminal, 93

temporizada, 92

Interruptor de posición, *véase*

Final de carrera de seguridad

IO code, véase AS-i

IP, 465

IRT, 901

Isla de automatización, 650, 713

ISO, 696, 792

ISO 8824, 701

ISO 9241, 642, 647

ISO/IEC 9506-1, 701

ISO/IEC 9506-2, 701

J

JIT, 684

Juego de parámetros de S7-GRAPH, *véase*
parámetros de S7-GRAPH

Jump, véase Instrucción de salto,

Just In Time, véase Justo a tiempo y JIT

Justo a tiempo, 684

K

Karnaugh, 8, 26, 31

KOP, *véase* Esquema de contactos de STEP7

L

LAD, *véase* Esquema de contactos

Ladder diagram, véase

Esquema de contactos de STEP7

LAN, *véase* Red de área local

LASER, *véase* Láser

Láser, 527, 733

LD, *véase* Lenguaje de esquema de
contactos de IEC 1131-3

LED, 503, 598

Lenguaje de descripción de sistemas

continuos de control (CFC), 104, 411

Lenguaje de descripción de sistemas digitales, 36

Lenguaje de diagrama de funciones (FBD) de IEC
1131-3, 254:

bloque funcional contador, 258

bloque funcional temporizador, 257

identificación de variables, 255

operaciones lógicas, 255

Lenguaje de diagrama de funciones (FUP) de
STEP7, 190 :

identificación de variables, 190

operaciones con flancos, 198, 199

operaciones de conteo, 202

operaciones de memorización, 196

operaciones de temporización, 200

operaciones lógicas, 190

Lenguaje de diagrama funcional de secuencias

(SFC) de IEC 1131-3, 104, 205, 258, 325

Lenguaje de diagrama funcional de secuencias

(SFC) de STEP7, *véase* Lenguaje S7-GRAPH

Lenguaje de esquema de contactos (LD) de IEC
1131-3, 243:

bloque funcional contador, 253

bloque funcional temporizador, 252

funciones, 254

identificación de variables, 245

operaciones con contactos, 245

operaciones con flancos, 249

operaciones de memorización, 249

operaciones lógicas, 246

Lenguaje de esquema de contactos (KOP)
de STEP7, 173:

- identificación de variables, 173
- operaciones con contactos, 175
- operaciones con flancos, 183, 185
- operaciones de contaje, 188
- operaciones de memorización, 181
- operaciones de temporización, 186
- operaciones lógicas, 177
- Lenguaje de lista de instrucciones (IL)
 - de IEC 1131-3, 211:
 - bloque funcional contador, 239
 - bloque funcional de
 - detección de flanco, 235
 - bloque funcional de memorización, 233
 - bloque funcional de usuario, 242
 - bloque funcional temporizador, 236
 - funciones, 230
 - identificación de variables, 212
 - instrucciones AND, 216
 - instrucciones AND(, 220
 - instrucciones ANDN, 217
 - instrucciones ANDN(, 221
 - instrucciones AND(N, 220
 - instrucciones aritméticas, 223
 - instrucciones con paréntesis, 218
 - instrucciones de carga, 215
 - instrucciones de comparación, 224
 - instrucciones de control del programa, 227
 - instrucciones de entrada, 214
 - instrucciones de llamada de módulo, 228
 - instrucciones de memorización, 221
 - instrucciones de retorno de módulo, 228
 - instrucciones de salida, 214
 - instrucciones de salto, 227
 - instrucciones de selección, 214, 223
 - instrucciones LD, 215
 - instrucciones LDN, 215
 - instrucciones lógicas con
 - combinaciones binarias, 225
 - instrucciones OR, 216
 - instrucciones OR(, 218
 - instrucciones ORN, 216
 - instrucciones ORN(, 220
 - instrucciones OR(N, 219

- instrucciones que operan
 - con combinaciones binarias, 223
- instrucciones que operan
 - con flancos, 222
- instrucciones que operan
 - con variables lógicas, 214
- instrucciones sin paréntesis, 215
- instrucciones ST, 215
- instrucciones STN, 215
- instrucciones XOR, 218
- instrucciones XOR(, 221
- instrucciones XORN, 218
- instrucciones XORN(, 221
- instrucciones XOR(N, 221
- Lenguaje de lista de instrucciones
 - (AWL) de STEP7, 108:
 - identificación de variables, 108
 - instrucciones aritméticas de dos operandos, 135
 - instrucciones aritméticas de un operando, 137
 - instrucciones con paréntesis, 118
 - instrucciones de asignación, 115
 - instrucciones de carga, 132
 - instrucciones de comparación, 138
 - instrucciones de contaje, 156
 - instrucciones de control de bloque, 169
 - instrucciones de control de la ejecución de
 - un grupo de instrucciones, 127
 - instrucciones de control del programa, 162
 - instrucciones de conversión, 141
 - instrucciones de desplazamiento, 141
 - instrucciones de entrada, 113
 - instrucciones de finalización de bloque, 171
 - instrucciones de llamada de bloque, 170
 - instrucciones de memorización, 124
 - instrucciones de rotación, 141
 - instrucciones de salida, 113
 - instrucciones de salto, 163
 - instrucciones de salto condicional, 165
 - instrucciones de salto incondicional, 164
 - instrucciones de salto múltiple, 164
 - instrucciones de temporización, 144
 - instrucciones de transferencia, 132
 - instrucciones lógicas con

- combinaciones binarias, 142
- instrucciones MCR, 172
- instrucciones O, 114
- instrucciones O(, 118
- instrucciones ON, 114
- instrucciones ON(, 119
- instrucciones que operan con
 - combinaciones binarias, 131
- instrucciones que operan con flancos, 127
- instrucciones que operan con
 - variables lógicas, 112
- instrucciones sin paréntesis, 113
- instrucciones U, 113
- instrucciones U(, 119
- instrucciones UN, 113
- instrucciones UN(, 120
- instrucciones X, 117
- instrucciones X(, 120
- instrucciones XN, 118
- instrucciones XN(, 120
- RLO, 112
- variables no predefinidas, 110
- variables predefinidas, 109
- Lenguajes de programación de IEC 1131-3:
 - de diagrama de funciones (FBD), 205, 254
 - de diagrama funcional de secuencias (SFC), 205, 258
 - de esquema de contactos (LD), 205, 243
 - de lista de instrucciones (IL), 205, 211
 - de texto estructurado (ST), 205
 - FBD, 205, 254
 - function block diagram*, véase de diagrama de funciones y FBD
 - gráficos, 205
 - IL, 205, 211
 - Instruction list*, véase de lista de instrucciones e IL
 - ladder diagram*, véase de esquema de contactos y LD
 - LD, 205, 243
 - lista de instrucciones, 205, 211
 - literales, 205
 - sequential function chart*, véase de diagrama funcional de secuencias y SFC
- de diagrama funcional de secuencias y SFC
- SFC, 205, 258
- ST, 205
- structured text*, véase de texto estructurado y ST
- Lenguajes de programación de STEP7:
 - AWL, 104, 108
 - CFC, 104, 411
 - de conexión de bloques (CFC), 104
 - de diagrama de funciones (FUP), 104, 190
 - de diagrama funcional de secuencias (S7-GRAPH), 104, 203
 - de esquema de contactos (KOP), 104, 173
 - de lista de instrucciones (AWL), 104, 108
 - de texto estructurado (SCL), 104
 - de transición de estados (S7-HiGraph), 104
 - function block diagram*, véase de diagrama de funciones y FUP
 - FUP, 104, 190
 - gráficos, 104
 - KOP, 104, 173
 - LAD, véase KOP
 - ladder diagram*, véase de esquema de contactos y LAD
 - literales, 103
 - S7-GRAPH, véase lenguaje S7-GRAPH
 - S7-HiGraph, 104
 - SCL, 104
 - sequential function chart*, véase de diagrama funcional de secuencias, SFC y S7-GRAPH
 - SFC, 104
 - Statement list*, véase de lista de instrucciones y AWL
 - STL, véase AWL
 - structured control language*, véase de texto estructurado y SCL
- Lenguaje de transferencia de información entre registros (RTL), 47, 112, 214
- Lenguaje S7-GRAPH, 104, 203:
 - acción, 335
 - acción asociada a etapa, 335
 - acción asociada a evento, 337
 - acción condicionada, 336

acción estándar, 335
 acción para activar o desactivar etapas, 338
 acción condicionada, 336
 cadena secuencial, 325
 cadena secuencial, integración de, 343
 condición de enclavamiento, 336, 339
 contadores, 341
 ejemplos de diseño, 345
 error de programación, 333
 error de supervisión, 337
 etapas, 326
 etapas, denominación de, 334
 evento, 337
 evolución, 326
 fin de cadena, 328
 integración de cadenas secuenciales, 343
interlock, véase acción condicionada
 marca, 333
 modo de operación automático, 344
 modo de operación manual, 344
 modo de operación pulsación, véase
 modo paso a paso
 modo paso a paso, 345
 operación, véase acción
 operación permanente, 333
 operaciones aritméticas, 343
 parámetros de los bloques funcionales, 343
 ramas alternativas, 327
 ramas simultáneas, 331
 reglas de evolución, 327
 salto, 328
 supervisión de la evolución, 336
 temporizadores, 341
 transición, 326
 transición condicionada por etapas, 339
 LF, 786
Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, véase Láser
Light Emitting Diode, véase
 Diodo luminiscente y LED
 Línea de fabricación flexible, 686, 689
 Linealidad, 469

Linear control system, véase Sistema
 electrónico de control lineal
Linear Power Supply, véase
 Fuente de alimentación lineal
Linear Variable Differential Transformer, véase Transformador
 diferencial variable lineal
 Lista de consulta, véase PROFIBUS-DP
 Lista de instrucciones,
 Lista de instrucciones de IEC 1131-3, véase
 Lenguaje de lista de instrucciones de IEC 1131-3
 Lista de instrucciones de STEP7, véase Lenguaje
 de lista de instrucciones de STEP7
 Lista de relaciones de comunicación, véase
 PROFIBUS-FMS
 LLC, 796, 806, 814
 LLI, véase PROFIBUS-FMS
Load, véase carga
Local Area Network, véase
 Red de área local y LAN
Logic controller, véase Controlador lógico
Logical Link control, véase
 Control del enlace lógico y LLC
Loop, véase Instrucción de bucle
Low frequencies, véase Frecuencias bajas y LF
Lower layer interface, véase
 PROFIBUS-FMS
 LVDT, 586

M

MAC, 796, 806, 808, 812, 843
Maintainability, véase Mantenibilidad
 MAN, 699, 800, 806
Man Machine Interface, véase Interfaz
 máquina-usuario y MMI
 Mantenibilidad, 917, 919, 923:
 tasa de reparación, 925
 tiempo de retardo (DT), 925
 tiempo medio de mantenimiento (MDT), 925
 tiempo medio de reparación (MTTR), 924
 Mantenimiento:
 correctivo, 923

- predictivo, 924
- preventivo, 924
- Manufacturing Automation Protocol*, véase MAP
- Manufacturing Executing System*, véase Sistema de ejecución de la producción y MES
- Manufacturing Message Specification*, véase Especificación de mensajes de fabricación y MMS
- Manufacturing process*, véase Proceso de fabricación
- Manutención, 672, 684, 837
- MAP, 700, 704
- MAP/TOP, 700
- Máquina:
 - de transferencia, 679
 - de vapor, 651
 - eléctrica, 651
- Máquina-herramienta, 660, 684
- Marca (variable lógica interna), 110
- Marca de flanco, 127
- Marca, imagen de, 82
- Marca de impulso, 127
- Marca, nombre de, 444
- Marca en S7-GRAPH, véase lenguaje S7-GRAPH
- Master Control Relay*, véase MCR
- Master processor*, véase Procesador de comunicaciones principal
- Master-Slave*, véase Principal-subordinado
- Matriz lógica Y-Programable, véase PAL
- MCR, instrucción de, 172, 737
- MCR, módulo de seguridad, 726
- MDT, 923, 925
- Measurement sensor*, véase Sensor de medida
- Medios de transmisión:
 - ancho de banda, 526, 697, 779, 807
 - atenuación, 439, 779
 - guiados, véase Medios de transmisión guiados
 - interferencias electromagnéticas, 775, 779, 930
 - no guiados, véase Medios de transmisión no guiados
- Medios de transmisión guiados:
 - cable coaxial, 780
 - fibra óptica, 525
 - número de receptores, 779
 - par trenzado, 779
 - par trenzado blindado (STP), 779
 - par trenzado sin blindar (UTP), 779
 - shielded twisted pair*, véase par trenzado blindado y STP
 - STP, 779
 - unshielded twisted pair*, véase par trenzado sin blindar y UTP
 - UTP, 779
- Medios de transmisión no guiados:
 - atmósfera, 760, 777, 782, 808
 - mediante infrarrojos, 783
 - mediante microondas, 783
- Medium Access Control*, véase Control de acceso al medio y MAC
- Médium frequencies*, véase Frecuencias medias y MF
- Memoria:
 - activa, 53, 71
 - capacidad de, 82
 - de acceso aleatorio, 69
 - de acceso aleatorio activa (RAM), 53, 71
 - de acceso aleatorio no volátil, 38, 77
 - de acceso aleatorio de doble puerto, 79, 620
 - de acceso aleatorio pasiva, 74
 - de datos, 69, 79
 - de lectura y escritura, véase activa
 - de programa, 78, 82
 - EEPROM, 77
 - Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*, véase EEPROM
 - Electrically Programmable Read Only Memory*, véase EPROM
 - EPROM, 76
 - flash, 77
 - mapa de, 80
 - no volátil, véase pasiva
 - non volatile RAM*, véase no volátil
 - NVRAM, véase de acceso aleatorio no volátil
 - one time programmable*, véase OTP
 - OTP, 77

- pasiva, 74, 76
- PROM, 74
- RAM, *véase* activa
- read only memory*, *véase* ROM
- read/write memory*, *véase* de acceso aleatorio activa
- ROM, 74, 76
- RPROM, 74
- volátil, *véase* activa
- Memoria de paréntesis de STEP7, 121
- MES, 690:
 - gestor de especificaciones, 693
 - gestor de materiales, 692
 - gestor de ordenes de fabricación, 692
 - gestor de personal, 692
 - histórico, 692
 - laboratorio, 693
 - SAP, 693, 892
- Mesh topology*, *véase* Topología de malla
- Meta, 164
- Métodos de detección de errores, *véase* Detección de errores
- Metropolitan Area Network*, *véase* Red de área metropolitana y MAN
- MF, 786
- Microautómata programable, 82
- Microcomputador, 73
- Microcontrolador, 6, 272
- Microcontroller*, *véase* Microcontrolador
- Microelectrónica, 9
- Microondas, 778, 783, 808
- Microprocesador, 272:
 - juego de instrucciones, 272
 - sistema físico (*Hardware*), 272
- Microprocessor*, *véase* Microprocesador
- Microrruptor, 492
- Minería de datos, 831, 833
- Miniautómata programable, 82
- Minicomputador, 271
- Minicomputer*, *véase* Minicomputador
- Mínimo valor medible, *véase* Umbral
- MMI, *véase* HMI
- MMS, 700, 865
- Modbus, 713
- Modbus/TCP, 706
- Modelo de interconexión de sistemas informáticos:
 - DoD, 798, 818
 - OSI, 696, 703, 792, 798
- Modelo de interconexión de sistemas informáticos abiertos (OSI), *véase* OSI
- Modelo OSI de ISO, *véase* OSI
- MODEM, *véase* Modulador-demodulador
- Modos de comunicación, 764:
 - doble simultánea, 765
 - full duplex*, *véase* doble simultánea
 - half duplex*, *véase* semidoble
 - semidoble, *véase* semisimultánea
 - semisimultánea, 765
 - simple, 764
 - simplex*, *véase* simple
- Modos de operación en S7-GGRAPH:
 - automático, 344
 - manual, 344
 - pulsación, 345
- Modos de sincronización:
 - asíncrono, 766, 776, 787, 788
 - isócrono, 774, 813, 910
 - síncrono, 769, 760, 774
- Modos de transmisión:
 - banda ancha, 760, 762
 - banda base, 760
 - banda base analógica, 760
 - banda base digital, 760
- Modulación:
 - APM, *véase* AS-i
 - de anchura de impulsos, 439
 - en frecuencia, 439
- Modularidad, 40, 86
- Modularidad de un autómata programable:
 - compacto, 89
 - no modular, *véase* compacto
 - semimodular, 88
 - totalmente modular, 86
- Módulo:
 - de autómata programable, *véase* Módulo de autómata programable

- de entradas, 40
- de fabricación flexible (FMM), 684
- de órdenes de CNC, 661
- de salidas, 42
- de seguridad, 726
- específico de entrada/salida, 626, 634
- Módulo de autómatas programables:
 - de conteo, 626
 - de medida de temperatura, 624
 - de regulación, 632
 - de variables de entrada analógicas, 89, 617
 - de variables de entrada todo-nada, 599
 - de variables de salida analógicas, 620
 - de variables de salida todo-nada, 607
- Módulo de control:
 - de posición en bucle abierto, 630
 - de posición en bucle cerrado, 629
- Motor eléctrico:
 - de alterna, 682
 - de continua, 270
 - paso a paso, 630, 663
 - servomotor, 663
- MDT, 923
- MPI, 713
- MSI, 36, 38, 271
- MTBF, 921
- MTBM, 923
- MTTF, 921
- MTTR, 924
- Muestreo y retención, 616, 620
- Multicast*, véase Difusión parcial
- Multidrop connection*, véase *Multipoint connection*
- Multimaster network*, véase Red de área local principal-subordinado
- Multiplexación:
 - en el tiempo (TDM), 760
 - en la frecuencia (FDM), 76
- Multiplexor, 647:
 - analógico, 616, 625
 - digital, 40
- Multipoint connection*, véase Comunicación multipunto

Multipunto, 702, 758, 800

N

Nanoautómata programable, 82

Negative temperature coefficient, véase NTC

Network interface card, véase Placa de interfaz de red y NIC

Neural network control system, véase Sistema electrónico de control de procesos mediante redes neuronales

NIC, 806, 904

Nivel de seguridad, 173, 738, 948

Nivel de seguridad integral (SIL), 953, 959

Nodo de una red de sistemas informáticos, 696, 837:

- de la red AS-i, véase Red AS-i
- emisor, 795
- principal, 703, 705
- receptor, 795
- subordinado, 703

Non linear control system, véase Sistema electrónico de control de procesos no lineal

Non return to zero, véase Código NRZ

Non Volatile RAM, véase Memoria no volátil y NVRAM

Normas de comunicación punto a punto:

- bucle de corriente, 785
- bus serie universal, 790, 791
- RS-232, 712, 787
- RS-422, 790
- RS-423, 790
- RS-485, 791
- universal serial bus*, véase bus serie universal y USB
- USB, 790, 791

Normas de Comunicaciones Industriales:

- DIN 19245, 888
- EN 50170, 863
- EN 50250, 863
- IEC 61158, 863
- IEC 61158-2, 863

ISO 8824, 701
 ISO/IEC 9506-1, 701, 865
 ISO/IEC 9506-2, 701

Normas de seguridad:

ANSI/ISA-84.01, 957
 EN 1088, 730
 EN 292, 730
 EN 60204-1, 729
 EN 60825-1, 733
 EN 61496-1, 733
 EN 61496-3, 733
 EN 954-1, 731
 IEC 61508, 747, 952
 MIL-STD-882D, 960

Norma ISO 9241, 642

NRZ, 769, 771, 871

NTC, 441

Numerical control, véase

Sistema de control numérico

NVRAM, 77, 79

O

OB, *véase* Bloque de organización

Object Dictionary, véase PROFIBUS-FMS

Objetos de comunicación, *véase* PROFIBUS-FMS

Observabilidad, 934

Observability, véase observabilidad

Octeto, 141, 164, 223, 320, 811

O-exclusiva, 117, 192, 215

O-exclusiva invertida, 118, 215, 225

O lógica, 114, 218

O lógica invertida, 114, 218

OLE, 644, 646

OLE for control process, véase OPC

On-off, 4, 269

On-off controller, véase

Controlador de procesos todo-nada

On-off sensor, véase Sensor todo-nada

One-hot, 58

One Time Programmable, véase

Programable una sola vez y OTP

OP, 93, 639

OPC, 645, 648, 912

Open loop control system, véase

Sistema electrónico de control en bucle abierto

Open System Interconnection, véase Sistema de interconexión abierto y OSI

Operación lógica:

con contactos, 175, 247

con flancos, 127, 224, 251

de contaje, 156

de inversión, 114, 217

de memorización, 124, 251

de temporización, 144

lógica O, 114, 217

lógica O de operaciones Y, 118, 219

lógica O-exclusiva, 117, 223

lógica Y, 113, 222

lógica Y de operaciones O, 119, 219

permanente en S7-GRAPH, 333

Operation Panel, véase

Panel de operación y OP

Optimización de:

la fabricación, 654

controlador PID, 396

Optimized manufacturability, véase

Optimizar la fabricación

Optoacoplador, 599, 605, 611

Organigrama del funcionamiento cíclico

de un autómata programable, 54, 286

Organización Internacional de Normalización (ISO), *véase* ISO

Organization block, véase

Bloque de organización y OB

OS (*Overflow Stored*), 167

Oscilador controlado en tensión, 439

OSI, 696, 703, 792, 798:

application layer, véase

nivel de aplicación, control de acceso al medio (MAC), 796, 806, 808, 812

control del enlace lógico (LLC), 796, 806, 814

link layer, véase

control del enlace lógico y LLC

LLC, 796, 806, 814

MAC, 796, 806, 808, 812
medium access control, véase
control de acceso al medio y MAC
network layer, véase nivel de red
nivel de aplicación, 805
nivel de enlace, 804
nivel de presentación, 805
nivel de red, 805
nivel de sesión, 805
nivel de transporte, 805
nivel físico, 804
physical layer, véase nivel físico
presentation layer, véase
nivel de presentación
session layer, véase nivel de sesión
transport layer, véase nivel de transporte
OTP, 77, 78
OV, 167
Overflow, véase Rebasamiento y OV
Overflow stored, véase OS
Overrun, véase Rebasamiento

P

PAC, véase HCS
PAL, 9
Palabra, 110, 132, 212
Palabra de estado, 69, 163, 165
Panel con computador industrial embebido
y arquitectura abierta, 95, 642
Panel con computador industrial embebido
y arquitectura cerrada, 95, 642
Panel de operación, 93, 639
Panel inteligente de operador, 661
Panel táctil, 93, 639
Par trenzado, 779, 807:
apantallado, véase blindado
blindado, 779, 868
sin apantallar, véase sin blindar
sin blindar, 779
Paramagnético, material, 531
Parámetros de S7-GRAPH, 343

Paridad, 767:
horizontal, 776
vertical, 776
Paro:
de emergencia, 726, 982
de seguridad, 726, 982
operativo, 106, 284
Partición del algoritmo en fases, 315, 363
Pasarela, véase Interconexión de redes
Pascal, 104, 674
PC, 667, 829
PC-PLC, 671
PDA, 675
PDU, 701, 796
Peer to peer, véase Igual a igual
Perfil de comunicación, 705, 888
Perfil de comunicación AS-i, véase AS-i
Periferia de seguridad, 749
Periferia descentralizada, véase Periferia distribuida
Periferia distribuida, 627, 628
Periféricos, 73, 272, 783, 791, 823
Permeabilidad magnética, 530
Permitividad, de un material, véase
Constante dieléctrica
Personal Computer (PC), véase Computador
personal y PC
*Personal Computer- Programmable
Logic Controller*, véase PC-PLC
Personal Data Assistant, véase
agenda personal y PDA
PES, 953
PFD, 954, 960
Physical layer, véase modelo OSI
Picoautómata programable, 82
PID, 383
Piezoelectric effect, véase
Efecto piezoeléctrico
Pirámide CIM, 97, 688, 697, 707
Pirámide de fabricación, véase Pirámide CIM
Placa de autómata programable, 95, 642, 669, 671
Placa de interfaz de red (NIC), 806
Planificación de recursos de la empresa (ERP), 693
Plataforma multifuncional, 668

- PLC, 36, 269
- PLD, 34
- PLM, 653, 654
- PLS, 29
- Plug and play*, véase Configuración automática
- Point to point communication*, véase
 - Comunicación punto a punto
- Point to point connection*, véase
 - Conexión punto a punto
- Polling*, véase Consulta cíclica
- Posicionamiento, unidad de:
 - en bucle abierto, 630
 - en bucle cerrado, 629
- Position encoder*, véase
 - Codificador de posición
- POU, 207
- PPI, 713
- Precisión, 394, 467, 579, 929
- Precision*, véase Precisión
- Predecibilidad, 929, 942
- Predicción de fallos, 932
- Predictability*, véase Predecibilidad
- Prevención de fallos, 930, 932
- Primera consulta, 113, 114, 117, 164, 171
- Principal-subordinado, 703, 704, 755, 810, 814, 840, 880
- Probabilidad de fallo, 920, 954, 960
- Procedimiento de control de comunicación
 - avanzada de datos, véase ADCCP
- Procesador de comunicaciones, 74, 75, 78, 82, 97, 436:
 - principal, 791, 810, 837, 843, 844, 846, 880
 - subordinado, 810, 837, 843
- Proceso, 264
- Proceso continuo, 264
- Proceso de producción, 655, 672, 688
- Proceso de fabricación, 264
- Proceso de planificación de productos, 659
- Proceso distribuido, 757, 806
- Proceso industrial, 5
- Proceso industrial híbrido, 272
- Proceso productivo, 3, 429, 649, 666, 689, 714, 724:
 - ciclo completo, 652
 - continuo, 264
 - discreto, véase Proceso de fabricación
- Process automation*, véase
 - Automatización de procesos
- Process automation computer*, véase
 - Computador para automatización de procesos
- Process control analog system*, véase
 - Sistema analógico de control de procesos
- Process Control digital system*, véase
 - Sistema digital de control de procesos
- Process Control System (PCS)*, véase
 - Sistema de control de procesos
- Processor operating system*, véase
 - Sistema Operativo de un autómata programable
- Product Life cycle Management (PLM)*, véase
 - PLM
- Producto industrial, 5
- PROFIBUS, 863:
 - capa de enlace de datos, 866
 - capa física, 866
 - FDL, 866
 - field data link layer*, véase
 - capa de enlace de datos y FDL
 - master*, véase procesador principal
 - de comunicaciones
 - módulo de enlace, 898
 - módulo pasarela, 898
 - módulo principal, 896
 - procesador principal de comunicaciones, 866
 - procesador subordinado de comunicaciones, 866
 - repetidor, 898
 - sensor/actuador con recursos
 - de comunicación, 896
 - slave*, véase procesador subordinado
 - de comunicaciones
 - unidad de entrada/salida remota, 895
- PROFIBUS DP, 864, 867:
 - API, 881
 - application programming interface*, véase
 - interfaz de programa de aplicación y API
 - archivo de base de datos, 885
 - capa de aplicación, 881
 - capa de enlace de datos, 871

- capa física, 868
- características de la señal, 868, 870
- configuración de la red, 802
- DDML, 881
- device database*, véase GSD y archivo de base de datos
- direct data link mapper*, véase DDLM
- distancia de transmisión, 869, 870
- DP master*, véase procesador principal de comunicaciones
- DP slave*, véase procesador subordinado de comunicaciones
- FDL, 866
- field bus management administration*, véase FMA
- field data link layer*, véase capa de enlace de datos y FDL
- FMA, 880, 895
- GSD, 885
- interfaz de programa de aplicación (DDLM), 881
- lista de consulta, 878
- medio físico, 869, 870
- método de conexión, 870
- número de procesadores, 870
- poll list*, véase lista de consulta
- procesador principal de comunicaciones (DPM), 867, 879
- procesador subordinado de comunicaciones (DPS), 868, 878
- servicios acíclicos de transferencia de datos, 877
- servicios cíclicos de transferencia de datos, 877
- topología, 868, 870
- transmisión mediante señales eléctricas, 868
- transmisión mediante señales ópticas, 870
- velocidad de transmisión, 869
- PROFIBUS-FMS, 865:
 - ALI, 889
 - application layer interface*, véase ALI CO, 889
 - communication object*, véase objeto de comunicación y CO
 - communication relationship list*, véase lista de relaciones de comunicación y CRL
- communication relationship*, véase relaciones de comunicación y CR
- CR, 889, 891
- CRL, 891
- diccionario local de objetos, 889
- dispositivo virtual de campo, 889, 893, 897
- field message specification*, véase FMS
- FMS, 888
- interfaz de la capa de aplicación (ALI), 889
- interfaz de la capa inferior (LLI), 888, 895
- lista de relaciones de comunicación, 891
- lower layer interface*, véase interfaz de la capa inferior y LLI
- LLI, 888, 895
- Object dictionary*, véase diccionario local de objetos
- objeto de comunicación, 889
- punto de acceso de servicio, 892
- relaciones de comunicación, 889, 891
- SAP, 892
- service access point*, véase punto de acceso de servicio y SAP
- servicios primarios de aplicación, 893
- VFD, 889, 893, 897
- Virtual field device*, véase dispositivo virtual de campo y VFD
- PROFIBUS PA, 864:
 - límites eléctricos, 886
 - seguridad intrínseca, 886
- Profinet, 901:
 - ASIC, 902
 - conmutadores inalámbricos, 904
 - módulos conmutadores, 904
 - procesadores de comunicaciones, 904
 - topología árbol 907
 - topología estrella, 907
 - topología lineal, 908
- Profinet CBA, 913
- Profinet IO, 910
- Program counter*, véase Contador de programa
- Program Organization Unit*, véase Unidad

- de organización del programa y POU
- Program Status Word*, véase
- Palabra de estado y PSW
- Programa:
 - de ejecución de la fabricación (MES), véase MES
 - de emulación de automata programable
(*Soft PLC*), 95, 273, 669, 674
 - de planificación de los recursos de la empresa
(ERP), 674, véase ERP
- Programable una sola vez, 77
- Programación, unidad de, 635
- Programmable Array Logic*, véase Matriz lógica
- Y-programable y PAL
- Programmable Automation Computer*,
véase PAC
- Programmable Logic Controller*, véase PLC
- Programmable Logic Device*, véase
 - Dispositivo lógico programable y PLD
- Programmable Logic Sequencer*, véase
 - Secuenciador lógico programable y PLS
- Programming tool*, véase Herramienta
de programación
- Protección de la propiedad intelectual, 97, 723, 929
- Protección de salida con:
 - diodo rectificador en antiparalelo, 613
 - diodo rectificador y zener, 614
 - diodo zener, 613
 - circuito R-C, 615
- Protocolo (de comunicaciones):
 - ADCCP, 773
 - advanced data communication control
procedure*, véase ADCCP
 - binary synchronous control*, véase
BISYNC y BSC
 - BISYNC, 773
 - BSC, 773
 - DDCMP, 773
 - de mensaje de comunicación de datos digitales,
773
 - digital data communication message
protocol*, véase síncrono orientado al contaje
de octetos y DDCMP
 - HDLC, 774
 - high level data link control*, véase
HDLC
 - MMS, véase PROFIBUS-FMS
 - SDLC, 773
 - síncrono, 771
 - síncrono orientado al bit, 773
 - síncrono orientado al carácter, 772
 - síncrono orientado al contaje de octetos, 773
 - synchronous data link control*, véase
SDLC
 - Protocol Data Unit*, véase PDU
- Protocolo de oficina y técnico (TOP), 700
- Protocolos normalizados de Comunicaciones
 - Industriales:
 - AS-i, véase AS-i
 - CANopen, 706
 - ControlNet, 704
 - DeviceNet, 705
 - Hart, 628
 - Interbus, 705
 - PROFIBUS, véase PROFIBUS
 - Profinet, véase Profinet
 - WorldFIP, 713
- Protocolos propietarios
 - de Comunicaciones Industriales:
 - MPI, 713
 - PPI, 713
 - USS, 713
- Proximity sensor*, véase Sensor de proximidad
- Prueba y error, 314, 383, 403
- PSW, 69
- Pt 100, 624
- Pt 200, 624
- Pt 500, 624
- Pt 1000, 624
- Puente, véase Interconexión de redes
- Puerta con salida de tres estados, 34, 40, 47
- Puerto de comunicaciones, 715
- Puerto serie, 712, 765, 824
- Pulsación, modo de operación en S7-GRAPH, 345
- Pulse duration*, véase Duración de un impulso
- Punto a punto, 758, 760, 785, 800
- Punto de acceso de servicio (SAP), 892

Punto de consigna (SP), 373, 376, 380, 632
PWM, 379, 438

Q

QMR, 955
Quadruple Module Redundant, véase
Redundancia modular cuádruple y QMR

R

RAM, 53, 74, 76, 77
Ramas de S7-GRAH:
 alternativas, 327
 simultáneas, 331
RAMS, 919
Random Access Memory, véase Memoria
 de acceso aleatorio y RAM
Rango:
 de medida, 446, 467
 de seguridad, 749
 de temperatura, 473, 624
 de valores, 439
Ranura, 669
Rayos infrarrojos, 500, 503, 527, 783
RB, 124, 167
RDSI, 817
Read Only Memory, véase ROM
Real Time Operating System, véase
 sistema operativo en tiempo real y RTOS
Realimentación, 373, 381
Rebasamiento, 69, 141, 167, 618, 881
Rebasamiento memorizado, 167
Receiver (sensor), véase Captador
Receptor-transmisor asíncrono, véase UART
Recursos de programación de
 un autómata programable, 80
Recursos externos de diagnóstico:
 seguridad de las entradas, véase
 Seguridad de las entradas
 seguridad de las salidas, véase
 Seguridad de las salidas
Recursos físicos de un autómata programable, 80
Recursos internos de diagnóstico:

 circuito de comprobación de batería, 737
 circuito de vigilancia, 735
 entradas de seguridad, 737
 instrucciones de acceso la periferia, 737
 instrucciones del tipo MCR, 737
Red de área extensa (WAN), 816:
 circuit switching network, véase
 conmutación de circuitos
 conmutación de circuitos, 816
 conmutación de paquetes, 817
 packet switching network, véase
 conmutación de paquetes
 TC/IP, véase Red TC/IP
Red de área local, 806:
 acceso aleatorio, véase CSMA/CD
 acceso controlado con paso de testigo, 810
 acceso priorizado, 810
 anillo con paso de testigo, 814
 bus con paso de testigo, 814
 con varios procesadores principales, 810
 conmutada, 826
 CSMA/CD, 809
 descentralizada, 811
 ethernet, 811
 ethernet conmutada, 699, 812, 827
 ethernet industrial, 698, 706, 712, 775
 ethernet isócrona, 813
 ethernet rápida, 813
 ethernet ultrarrápida, 813
 mecanismo de acceso al medio, 808
 medio físico de transmisión, 807
 modo de transmisión de las señales, 807
 principal-subordinado, 810
 TCP/IP, véase red TCP/IP
 token bus, véase bus con paso de testigo
 token ring, véase anillo con paso de testigo
 topología, 807
Red de área metropolitana, 800, 806
Red de campo, véase Bus de campo
Red de célula:
 MAP, 700
 Mini-MAP, 700
 protocolo MMS, 700

Red de comunicaciones:

- de área extensa, 806
- de área local, 805
- de área metropolitana, 806
- de campo, 701
- de célula, 699
- de control, 701
- de controladores, *véase* Red de controladores
- de datos, *véase* Red de datos
- de empresa, 698
- de fábrica, 698
- de igual a igual, 703, 811
- de sensores-actuadores de capacidad funcional elevada, 705
- de sensores-actuadores de capacidad funcional limitada, 705
- digitales, *véase* Red de datos
- industriales, *véase* Comunicación industrial
- informática, *véase* Red de datos
- ofimática, *véase* Red de datos
- TCP/IP, *véase* Red TCP/IP

Red de controladores, 704:

- ControlNet, 704
- master-slave*, *véase* principal-subordinado
- principal-subordinado, 704, 810
- producer-consumer*, *véase* productor/consumidor
- productor/consumidor, 704, 810
- PROFIBUS-FMS, *véase* Red PROFIBUS-FMS

Red de datos:

- extensión de una red de datos, 800, 805
- industrial, *véase* Comunicación Industrial
- LAN, *véase* Red de área local
- MAN, 806
- modelo DoD, 798
- modelo OSI, *véase* OSI
- TCP/IP, *véase* Red TCP/IP
- topología de, *véase* Topología de una red de datos
- WAN, *véase* Red de área extensa

Red Ethernet Industrial, 707:

- red industrial integrada, 708
- red industrial universal, 707

Integrated industrial network, *véase*

Red industrial integrada

Profinet, *véase* Red Profinet

Universal industrial network, *véase*

Red industrial universal

Red Industrial, *véase* Red Ethernet Industrial

Red informática, *véase* Red de datos

Red MAP, 700:

abstract syntax notation-one, *véase*

reglas de codificación ASN.1

especificación de los mensajes de fabricación, 700

manufacturing message specification, *véase* MMS

Mini-MAP, 701

MMS, 700, 865

Red ofimática, 697, 714

Red Profinet, 901:

CBA, 913

conexión con PROFIBUS DP, 914

IO, 910

módulos conmutadores, 904

topología, 902

topología árbol, 907

topología estrella, 907

topología lineal, 908

Red TCP/IP:

application process, *véase*

nivel de aplicación

capa de red, 818

capa de transporte, 818

conexión de usuarios individuales, 821

cortafuegos, 820

datagrama, 819

domain name server, *véase* servidor

de nombres de dominio

firewall, *véase* cortafuegos

integración de la voz, 821

internet protocol, *véase* protocolo IP

internetwork layer, *véase* capa de red

intranet, 820

nivel de aplicación, 818

protocolo IP, 819

protocolo TCP, 819

- servidor de nombres de dominio, 821
- transmission control protocol*, véase protocoloTCP
- Redundancia, 937:
 - activa, véase estática
 - cantidad de, 939
 - cíclica, 776, 940
 - de información, 938
 - dinámica, 940
 - espacial, 738, 937, 938
 - estática, 939
 - fault compensating redundancy*, véase espacial
 - fault masking redundancy*, véase por enmascaramiento
 - física, véase espacial
 - hardware redundancy*, véase espacial
 - híbrida, 942
 - masiva, 726, 734, 752, 933, 939, 940
 - mediante códigos correctores de fallos, 940
 - modular cuádruple (QMR), 957
 - modular múltiple, 931, 940
 - modular triple (TMR), 956
 - pasiva, véase dinámica
 - por compensación, véase dinámica
 - por enmascaramiento, 931, 939
 - por programa, 738, 937, 938
 - por votación, véase modular múltiple
 - QMR, 957
 - selectiva, 738, 939
 - software redundancy*, véase por programa
 - temporal, 738, 741, 938
 - temporary redundancy*, véase temporal
 - TMR, 956
- Register Transfer Language*, véase Lenguaje de transferencias de información entre registros y RTL
- Registro de codificación ASN.1, 701
- Registro de estado, 69
- Registro de instrucción, 69
- Registro síncrono de entrada y salida en paralelo, 13
- Reglas de evolución de S7-GGRAPH, 327
- Regulación, unidad de, 632
- Regulador PID, 383
- Rejilla fotoeléctrica, 733
- Relaciones de comunicación, 700
- Relé, 174, 244, 452
- Relé de seguridad, 726
- Relé estático, 666
- Reliability*, véase Fiabilidad
- Reluctancia magnética, 530
- Reloj, 12, 69
- Repeatability*, véase Repetibilidad
- Repeater*, véase repetidor
- Repetibilidad, 467, 658
- Repetidor, 801, 823
- Repetidores AS-i, véase AS-i
- Reproducibilidad, 468
- Reproducibility*, véase Reproducibilidad
- Resolución, 470, 578:
 - infinita, véase infinitesimal
 - infinitesimal, 470
- Respuesta de un regulador, 383, 386, 392
- Respuesta de un sensor:
 - en frecuencia, 471
 - tiempo de, 471
 - transitoria, 472
- Result of Logic Operation*, véase Resultado lógico y RLO
- Resultado lógico, 44, 53
- Reusability*, véase Capacidad de reutilización
- Riesgos:
 - análisis de, 927
 - estimación de, 984
 - evaluación de, 949
 - factores de, 927
 - niveles de, 276, 948
 - reducción de, 950
- Rigidez dieléctrica, 464, 487
- RLO, 44, 53, 112
- RLO stored*, véase RB
- Robot:
 - articulado, 682
 - cartesiano, 682
 - cilíndrico, 682
 - combinado, 682

- servidor de nombres de dominio, 821
 - transmission control protocol*, véase protocoloTCP
- Redundancia, 937:
 - activa, véase estática
 - cantidad de, 939
 - cíclica, 776, 940
 - de información, 938
 - dinámica, 940
 - espacial, 738, 937, 938
 - estática, 939
 - fault compensating redundancy*, véase espacial
 - fault masking redundancy*, véase por enmascaramiento
 - física, véase espacial
 - hardware redundancy*, véase espacial
 - híbrida, 942
 - masiva, 726, 734, 752, 933, 939, 940
 - mediante códigos correctores de fallos, 940
 - modular cuádruple (QMR), 957
 - modular múltiple, 931, 940
 - modular triple (TMR), 956
 - pasiva, véase dinámica
 - por compensación, véase dinámica
 - por enmascaramiento, 931, 939
 - por programa, 738, 937, 938
 - por votación, véase modular múltiple
- QMR, 957
- selectiva, 738, 939
- software redundancy*, véase por programa
- temporal, 738, 741, 938
 - temporary redundancy*, véase temporal
- TMR, 956
- Register Transfer Language*, véase Lenguaje de transferencias de información entre registros y RTL
- Registro de codificación ASN.1, 701
- Registro de estado, 69
- Registro de instrucción, 69
- Registro síncrono de entrada y salida en paralelo, 13
- Reglas de evolución de S7-GRAPH, 327
- Regulación, unidad de, 632
- Regulador PID, 383
- Rejilla fotoeléctrica, 733
- Relaciones de comunicación, 700
- Relé, 174, 244, 452
- Relé de seguridad, 726
- Relé estático, 666
- Reliability*, véase Fiabilidad
- Reluctancia magnética, 530
- Reloj, 12, 69
- Repeatability*, véase Repetibilidad
- Repeater*, véase repetidor
- Repetibilidad, 467, 658
- Repetidor, 801, 823
- Repetidores AS-i, véase AS-i
- Reproducibilidad, 468
- Reproducibility*, véase Reproducibilidad
- Resolución, 470, 578:
 - infinita, véase infinitesimal
 - infinitesimal, 470
- Respuesta de un regulador, 383, 386, 392
- Respuesta de un sensor:
 - en frecuencia, 471
 - tiempo de, 471
 - transitoria, 472
- Result of Logic Operation*, véase Resultado lógico y RLO
- Resultado lógico, 44, 53
- Reusability*, véase Capacidad de reutilización
- Riesgos:
 - análisis de, 927
 - estimación de, 984
 - evaluación de, 949
 - factores de, 927
 - niveles de, 276, 948
 - reducción de, 950
- Rigidez dieléctrica, 464, 487
- RLO, 44, 53, 112
- RLO stored*, véase RB
- Robot:
 - articulado, 682
 - cartesiano, 682
 - cilíndrico, 682
 - combinado, 682

dispositivo de sujeción y agarre de un, 682
 esférico, 682
 fijo, 682
 móvil, 682
 polar, 682
 rectangular, 682
 scara, 682
 sensores, 683
 sistema electrónico de control, 682
 sistema mecánico dinámico, 682
 sistema motriz, 682
 ROM, 38, 71, 76, 77
 Router, véase Enrutador
 RROM, 74
 RS-232, 787
 RS-422, 790
 RS-423, 790
 RS-485, 791
 RTL, 47
 RTOS, 273, 672

S

S7-GRAPH, 104, 203, 258, 325
 S7-Higraph, 104
 S95, 692
 Safety, véase Seguridad ante averías
 Safety Instrumented System, véase
 Sistema de instrumentación de seguridad integral y SIL
 Safety integrity, véase Seguridad integral
 Safety integrity level, véase
 Nivel de seguridad integral y SIL
 Safety Interlock System, véase
 Sistema enclavado de seguridad
 Safety system, véase
 Sistema seguro ante averías
 Salida de un sensor analógico:
 analógica de corriente, 597
 analógica de tensión, 597
 impedancia de, 449
 Salida de un sensor digital:
 cargabilidad de, 450

con transistor NPN y colector abierto, 450
 con transistor NPN y resistencia de carga, 450
 Salida de un sensor todo-nada:
 con transistor NPN, 456
 con transistor PNP, 456
 corriente de carga máxima, 451
 de cuatro hilos, 460
 de dos hilos, 454
 de tres hilos, 456
 normalmente abierta, 454
 normalmente cerrada, 454
 tipo relé, 452
 Salida de un sensor temporal, 462
 Salto, véase Instrucción de salto
 Salto en S7-GRAPH, 328
 SAP, véase MES
 SAP, véase PROFIBUS-FMS
 SCADA, 95, 643
 Scalability, véase Modularidad
 SCL, 104
 SDLC, 773
 Secuenciador lógico programable, 29
 Secuencial síncrono, sistema, 13
 Secuencias simultáneas en S7-GRAPH, 331
 Security, véase Seguridad ante sabotajes
 Seguridad ante averías, 5, 926:
 análisis de riesgos, 927, 949
 cobertura del diagnóstico, 953
 de las entradas, véase Seguridad de las entradas
 de las salidas, véase Seguridad de las salidas
 diagnostic coverage, véase
 cobertura del diagnóstico
 disponibilidad de la, 960
 elementos de, 480, 950
 especificación de los requisitos, 950
 funciones de, 737, 747, 946, 950, 954, 957
 integral, 953
 K de N (KooN), 954
 medidas de, 948, 950
 módulos de, 726, 917, 945
 nivel de, 173, 723
 nivel de seguridad integral, 953, 959
 paro de, 950

- probabilidad de fallo bajo demanda (PFD), 954, 960
- probability of failure on demand*, véase probabilidad de fallo bajo demanda
- safety integrity*, véase Seguridad integral
- safety integrity level*, véase nivel de seguridad integral
- SIL, 957
- sistema de, 97
- sistema integral de (SIS), 960
- Seguridad ante sabotajes, 5, 97, 745:
 - acceso en lectura, 745
 - acceso libre, 745
 - bloqueo total, 745
- Seguridad de las entradas, 738:
 - autocomprobación de las interfaces
 - de entrada, 741
 - duplicación de sensores y unidades
 - de entrada, 738
 - triplicación de sensores y unidades de entrada, 739
- Seguridad de las salidas, 742
- Seguridad integral, 747, 953
- Seguridad intrínseca, 864, 886
- Self clocking code*, véase Código autosincronizado
- Sellado, grado de, 465
- Sensibilidad, 470:
 - deriva térmica de la, 473
 - desplazamiento de la, 477
- Sensor*, véase Sensor
- Sensor, 3:
 - active*, véase activo
 - activo, 431
 - analógico, 433
 - campo de medida de, véase rango de medida
 - capacitivo de proximidad, véase Sensor capacitivo de proximidad
 - características de aislamiento, véase Características de aislamiento de un sensor
 - características de alimentación, véase Características de alimentación de un sensor
 - características de entrada, véase Características de entrada de un sensor
 - características de fiabilidad, véase Características de fiabilidad de un sensor
 - características de funcionamiento, véase Características de funcionamiento de un sensor
 - características dinámicas, véase Características dinámicas de un sensor
 - características eléctricas de salida, véase Características eléctricas de salida de un sensor
 - características estáticas, véase Características estáticas de un sensor
 - características mecánicas, véase Características mecánicas de un sensor
 - con contacto, 479
 - conectable a un bus de campo, 443, 444
 - consumo de, 462
 - de actuación mecánica, 480, 729
 - de medida, 439
 - de medida de distancia, 479, 568
 - de salida analógica, véase Sensor de de salida analógica
 - de salida digital, véase Sensor de salida digital
 - de salida temporal, véase Sensor de salida temporal
 - de salida todo-nada, véase Sensor de salida todo-nada
 - de seguridad, véase Sensor de seguridad digital, 435
 - digital de salida en paralelo, 436
 - digital de salida serie, 436
 - discrete*, véase discreto
 - discreto, 442
 - dynamic characteristics*, véase características dinámicas
 - full scale output (FSO)*, véase salida a fondo de escala
 - incremental de posición, 585
 - inductivo de proximidad, véase Sensor inductivo de proximidad
 - industrial, 430
 - integrado, 442
 - inteligente, 442
 - intelligent*, véase inteligente
 - magnético de proximidad, 529

- magnitud de entrada, *véase* Variación
 - de la magnitud de entrada de un sensor
- measurement range*, *véase* campo o rango de medida
- modulating*, *véase* pasivo
- on-off*, *véase* todo-nada
- optoelectrónico detector de objetos, 479
- pasivo, 431
- passive*, *véase* pasivo
- precisión, 467
- proximidad, 479
- rango de medida, 446
- salida a fondo de escala, 447
- self generating*, *véase* activo
- smart*, *véase* inteligente
- sobrerango, 447
- span*, *véase* rango de medida
- static characteristics*, *véase* características estáticas
- temporal, 437
- tipo de variable física medida, 445
- todo-nada, *véase* Sensor de salida todo-nada
- transformador diferencial variable lineal, 586
- ultrasónico de proximidad, *véase* Sensor ultrasónico de proximidad
- Sensor capacitivo de proximidad, 545:
 - campo de trabajo, 550
 - distancia de detección, 554
 - enrasable, 548
 - interferencias mutuas, 555
 - no enrasable, 549
 - normas de instalación, 555
 - objeto aislante, 552
 - objeto metálico conectado a masa, 551
 - objeto metálico flotante, 551
 - objetos circundantes, 556
- Sensor de proximidad con contacto, 479:
 - final de carrera, 480
 - microrruptor, 492
- Sensor de salida analógica, 449:
 - impedancia de salida,
 - salida por corriente, 449, 597, 621
 - salida por tensión, 449, 597, 623
- Sensor de salida digital, 450:
 - con transistor NPN y colector abierto, 450
 - con transistor NPN y resistencia de carga, 450
 - corriente de carga máxima, 450
- Sensor de salida temporal, 462
- Sensor de salida todo-nada, 451:
 - alimentado en alterna, 459
 - alimentado en continua, 454
 - con salida de cuatro hilos, *véase* Sensor todo-nada con salida de cuatro hilos
 - con salida de dos hilos, *véase* Sensor todo-nada con salida de dos hilos
 - con salida de tres hilos, *véase* Sensor todo-nada con salida de tres hilos
 - con salida electrónica, 454
 - con salida tipo relé, *véase* Sensor todo-nada con salida tipo relé
 - configuración de salida, 452
 - consumo, 462
 - corriente máxima de carga, 451
 - corriente mínima de carga, 460
 - corriente residual de un, 460
 - maximum load current*, *véase* corriente máxima de carga
 - supply voltage*, *véase* tensión de alimentación
 - tensión de alimentación, 451
 - tensión residual, 460
- Sensor de seguridad, 729:
 - barrera fotoeléctrica, 734
 - cortina fotoeléctrica, 731
 - de actuación mecánica, 729
 - escáner (explorador) láser, 733
 - magnético de posición, 730
 - optoelectrónico detector de objetos, 731
 - rejilla fotoeléctrica, 733
- Sensor inductivo de proximidad, 530:
 - campo de trabajo, 535
 - distancia de detección, 539
 - distancia entre objetos consecutivos, 540
 - enrasable, 534
 - histéresis, 542
 - interferencias electromagnéticas, 545

- interferencias mutuas, 544
- metales circundantes, 545
- velocidad del objeto, 543
- Sensor magnético de proximidad, 529
- Sensor optoelectrónico de proximidad, *véase*
 - Fotocélula
- Sensor todo-nada con salida de cuatro hilos, 460
- Sensor todo-nada con salida de dos hilos, 454:
 - alimentado en continua, 456
 - alimentado en alterna, 456
 - Normalmente abierto (NO), 453
 - Normalmente cerrado (NC), 453
- Sensor todo-nada con salida de tres hilos, 456:
 - con transistor NPN, 458
 - con transistor PNP, 458
- Sensor todo-nada con salida de tipo relé, 452:
 - contacto doble no conmutado (DPST), 452
 - contacto doble conmutado (DPDT), 452
 - contacto único normalmente abierto (SPST-NO), 452
 - contacto único normalmente cerrado (SPDT_NC), 452
 - normally close*, *véase*
 - normalmente cerrado
 - normally open*, *véase*
 - normalmente abierto (NO), 452
 - normalmente cerrado (NC), 452
 - normalmente abierto
- Sensor ultrasónico de proximidad, 556:
 - blind zone*, *véase* zona muerta
 - campo de trabajo, 569
 - características técnicas, 578
 - cono de radiación, 560
 - de barrera, 566
 - detector de eco, 568
 - influencia de las condiciones ambientales, 577
 - influencia de la temperatura, 573
 - influencia del objeto, 570
 - normas de instalación, 579
 - sensing range*, *véase* campo de trabajo
 - tipo de variables de salida, 579
 - zona muerta, 569
- Señal eléctrica:
 - analógica, 269
 - analógica bipolar, 434
 - analógica continua, 433
 - analógica de corriente, 597, 616
 - analógica de tensión, 597, 616
 - analógica unipolar, 434
 - analógica variable, 433
 - digital, 435
 - digital en paralelo, 436
 - digital en serie, 436
 - pulse width modulation*, *véase*
 - cuadrada modulada en anchura y PWM
 - PWM, 438
 - temporal, 437
 - temporal cuadrada modulada en anchura (PWM), 438
 - temporal cuadrada modulada en frecuencia, 439
 - temporal senoidal, 437
 - todo-nada, 269, 440
 - Sequential control system*, *véase*
 - Sistema de control lógico
 - Sequential Function Chart*, *véase*
 - Lenguaje de diagrama funcional de secuencias y SFC
 - Service Access Point*, *véase* Punto de acceso de servicio y SAP
 - Servomotor, *véase* Rotor
 - Set point*, *véase* Punto de consigna
 - SFC, 205, 258
 - SHF, 778
 - Shielded Twisted Pair*, *véase*
 - Par trenzado blindado,
 - Signal conditioner*, *véase*
 - Acondicionador de señal
 - SIL, 953, 959
 - SIMATIC C, 667
 - SIMATIC IT, 692
 - SIMATIC NET, 715
 - SIMATIC S3, 710
 - SIMATIC S7, 82, 410, 674
 - Simplex*, *véase* Comunicación digital en modo simple

Simulación asistida por computador, 654, 678, 935
 Simulación gráfica, 663
 Sincronización entre cadenas
 secuenciales de S7-GRAPH, 340
 Síncrono, 12:
 controlador lógico, 13
 modo de sincronización, 766
 registro, 13
 sistema secuencial, 13
 SIS 725, 944:
 no programable por el usuario, 945
 programable por el usuario, 945
 Sistema:
 analógico de control de procesos, 272
 CAD/CAM, 678
 combinacional, 6
 concurrente, 363
 de clasificación y codificación de productos, 658
 de control, véase Sistema electrónico de control
 de control digital directo, 271
 de control lógico, 4, 269
 de control de procesos, 269
 de control de seguridad, 276
 de detección de fallos, 941
 de diagnóstico, 752
 de ejecución de la fabricación, 690
 de elevada confiabilidad, 930
 de elevada disponibilidad, 933, 947
 de fabricación flexible, 276
 de instrumentación, 865
 de instrumentación de seguridad integral, 944
 de interconexión abierto, véase OSI
 de mando, 644
 de manipulación de elementos, 679
 de mantenimiento y transporte, 684
 de prolongada vida útil, 933
 de seguridad, 97, 942
 de votación, 940
 digital de control de procesos, 273
 digital de control lógico, véase Sistema de control lógico
 Sistema de control lógico
 digital de control híbrido, 272
 electrónico digital directo, 271

electrónico digital de control de procesos, 273
 electrónico programable, 667
 electrónico de seguridad, 97, 942
 electrónico independiente de seguridad, 944
 enclavado de seguridad ante averías, 725, 944
 independiente de seguridad, 944
 informático, 757
 informático abierto, 792
 integral de seguridad, véase Seguridad
 ante averías integral
 ofimático, 757
 redundante, 735, 898, 942, 947
 secuencial caracterizado por flancos, 57
 secuencial de control concurrente, 363, 370
 secuencial síncrono, 13
 seguro ante averías, véase Sistema electrónico
 de control seguro ante averías
 seguro ante fallos, 936
 tolerante a fallos, véase Tolerancia
 a fallos de un sistema
 Sistema de control lógico, 4:
 en bucle abierto abierto, 4, 269
 en bucle cerrado, 4, 269
 Sistema de ejecución de la producción (MES), 690
 Sistema de elevada confiabilidad:
 control de fallos, 931
 corrección, 932
 diagnóstico, 932
 eliminación de fallos, 932
 enmascaramiento de fallos, 931
 prevención de fallos, 930
 sistema de aplicación general
 de elevadas prestaciones, 932
 sistema de elevada disponibilidad, 933
 sistema de prolongada vida útil, 933
 sistema para aplicaciones peligrosas, 933
 verificación, 934
 Sistema de fabricación flexible, 683:
 célula de fabricación flexible, 684
 línea de fabricación flexible, 686
 módulo de fabricación flexible, 684
 niveles de un, 687
 taller flexible, 686

- Sistema de interconexión abierto, 793
- Sistemas de programación autómatas programables:
 - normalizado IEEE 1131-3, véase Sistema de programación normalizado IEEE 1131-3
 - propietario, 99, 101
 - STEP7, véase STEP7
- Sistema de programación normalizado IEEE 1131-3:
 - program organization unit*, véase unidad de organización del programa RLO, 214
 - tipos de datos, 206
 - unidad de organización del programa, 207
 - variables no predefinidas, 210
 - variables predefinidas, 210
- Sistema de supervision y adquisición de datos, 95, 643:
 - módulo de comunicaciones, 644
 - módulo de configuración, 644
 - módulo de gestión y archivo de datos, 644
 - módulo de interfaz gráfica de usuario, 644
 - módulo de proceso, 644
 - OLE, 644
 - OPC, 645
- Sistema electrónico:
 - analógico, 660, 676
 - de comunicaciones, 694, 792
 - de comunicaciones industriales, 671, 863
 - de control, véase Sistema electrónico de control especializado o específico, 89, 867
 - programable para aplicaciones de seguridad, 953
 - programmable electronic safety related system*, véase programable para aplicaciones de seguridad
- Sistema electrónico de control:
 - analógico, 660, 676
 - autómata programable, véase Autómata programable
 - computador industrial, véase Computador industrial
 - controlador programable para automatización (PAC), 273
 - de aplicación específica, véase especializado
 - de procesos, véase Sistema electrónico de control de procesos
 - digital directo, 271, 637
 - hibrido (HCS), 273
 - lineal, 273
 - distribuido (DCS), 276
 - en bucle abierto, 266
 - en bucle cerrado, 267
 - en tiempo real, 91, 660
 - especializado, 624
 - numérico, 660
 - numérico distribuido directo, 663
 - realimentado, 373, 381
 - secuencial, 281
 - seguro ante averías, 936, 946
 - seguro ante averías y de elevada disponibilidad, 947
 - seguro ante fallos, 936
- Sistema electrónico de control de procesos:
 - adaptativo, 275
 - borroso, 275
 - distribuido (DCS), 276
 - distribuido total, 272
 - estocástico, 275
 - lineal, 273
 - no lineal, 275
 - mediante redes neuronales, 275
 - multibucle, 272
- Sistema electrónico de control
 - distribuido (DCS), 646:
 - unidad terminal principal (MTU), 646
 - unidades distribuidas (RTU), 646
 - conjunto de sensores y actuadores inteligentes (IED), 647
- Sistema electrónico independiente
 - de seguridad ante averías, 725:
 - no programable por el usuario, 726
 - programable por el usuario, 734
- Sistema electrónico seguro ante averías, 97, 724, 726, 942, 948
- Sistema operativo, 85:
 - de aplicación general, 95
 - de autómata programable, 78, 283
 - de libre distribución, 673
 - de tiempo real, 672
 - empotrado, 675

Slave processor, véase Procesador de comunicaciones subordinado
Slot, véase Ranura
Slot-PLC, véase Computador industrial y Placa de automata programable
Smart sensor, véase Sensor inteligente
Soft-PLC, véase Computador industrial y programa (Software) de automata programable
Software Programmable Logic Controller, véase *Soft-PLC*
Sonar proximity switch, véase Sensor ultrasónico de proximidad
 Sondeo periódico, 839
 SPI, 770
 SSA, 942, 946, 948, 950
 SSI, 946
 ST, 205
 STL, 104
Statement List Language, véase Lista de instrucciones y STL
 STEP7:
 bloques de organización, 105
 bloques funcionales, 106
 funciones, 106
 lenguajes de programación, véase Lenguajes de programación de STEP7
 tipos de datos, 104
 unidades de organización del programa, 105
 variables definidas por el usuario, 108
 variables predefinidas, 108
 STL, 104
Stochastic control, véase Sistema electrónico de control de procesos estocástico
 STP, 779
String, véase Cadena de caracteres
Structured Control Language, véase Texto estructurado y ST
Structured text, véase Texto estructurado y ST
 Subordinado, procesador de comunicaciones
 Subprograma, 143, 315
Super High Frequencies, véase frecuencias superaltas y SHF

Supervisión en S7-GRAF, 336
 Supervisión y adquisición de datos, 95, 643
Supervisory Control And Data Acquisition, véase Supervisión y adquisición de datos y SCADA
Switch, véase Conmutador
Switch mode power supply, véase Fuente de alimentación conmutada
Synchronous Data Link protocol, véase Protocolo síncrono de enlace de datos y SDLC
Synchronous logic controller, véase Controlador lógico síncrono,
Synchronous Peripheral Interface, véase Interfaz síncrono de periféricos y SPI
Synchronous register, véase Registro síncrono de entrada y salida en paralelo

T

Tabla de indicadores de estado, véase AS-i
 Taller flexible, 686
 Tareas:
 de control, 667, 673, 694, 833
 de gestión, 694
 de gestión de la producción, 668
 de gestión de los procesos de fabricación, 672
 de producción, 652, 688
 Tasa:
 de fallos de comunicación, 899
 de reparación, 925
 instantánea de fallos, 921
 media de fallos, 920
 TCP, véase Red TCP/IP,
 TCP/IP, véase Red TCP/IP
 TDM, 760, 764, 808, 817
Technical and Office Protocol, véase Protocolo de oficina y técnico y TOP
 Tecnología de grupos, véase Proceso de planificación de productos
 Telemática, 757
 Teleproceso, 757
 Temporizador por programa, 145, 239:
 bloque funcional, 236

- de impulso (SI), 147
- de impulso prolongado (SV), 148
- de impulsos (TP), 236
- de retardo a la conexión (SE), 148
- de retardo a la conexión (TON), 237
- de retardo a la conexión con memoria (SS), 149
- de retardo a la desconexión (SA), 149
- de retardo a la desconexión (TOFF), 238
- SA, 149
- SE, 148
- SI, 147
- SS, 149
- SV, 148
- TOFF, 238
- TON, 218
- TP, 236
- Tensión residual, 460
- Termistor*, véase NTC
- Termopar, 625, 634
- Termorresistencia, 593, 624, 634
- Testability*, véase Verificabilidad
- Texto estructurado, 104, 205
- Through-beam ultrasonic sensor*,
véase Sensor ultrasónico de barrera
- TIA, 443, 658, 709
- Tiempo:
 - constante de, véase Constante de tiempo
 - de anulación del error, 385
 - de ciclo de un autómata programable, 128
 - de desarrollo, 653
 - de ejecución de instrucciones, 82
 - de establecimiento, 382
 - de integración, 385
 - de lectura y escritura de una memoria, 76
 - de respuesta, 386, 403, 471, 473, 508, 694, 706
 - de retardo (DT), 874, 925
 - de subida, 472
 - derivativo, 390
 - medio de mantenimiento, 925
 - medio de reparación, 924
 - medio entre fallos, 921
 - medio hasta el fallo, 921
 - real, 67, 91, 901
- Time constant*, véase Constante de tiempo
- Time Division Multiplexing*, véase TDM
- Time to market*, véase Tiempo de desarrollo
- Timing sensor*, véase Sensor temporal
- Timing signal*, véase Señal eléctrica temporal
- Tipos de datos, 104, 206
- Tipos de datos elementales, 259
- Tipos de datos complejos, 259
- TMR, 956
- Todo-nada:
 - actuador, véase Actuador
 - actuación, 375, 376, 378
 - sensor, 440, 451
 - señal, 269, 569
 - variable, 4
- Token bus*, véase Bus con paso de testigo,
- Token ring*, véase Anillo con paso de testigo,
- Tolerancia a fallos de un sistema, 936:
 - fail-safe systems*, véase sistemas
seguros ante averías
 - fault secure systems*, véase sistemas
seguros ante fallos
 - sistemas que proporcionan salidas correctas
en presencia de errores internos, 936
 - sistemas que pueden producir errores
en las salidas, 936
 - sistemas seguros ante averías, 97, 936, 946
 - sistemas seguros ante fallos, 936
- TOP, 700
- Topología de una red de datos, 800:
 - de canales independientes, 800
 - de malla, 800
 - en anillo, 774, 804
 - en árbol, 802
 - en bus, 701, 802
 - en estrella, 699, 801, 802
 - híbrida, 805
- Totally Integrated Automation*, véase
Automatización integrada total y TIA
- Touch Panel*, véase Panel táctil y TP
- TP, 93
- Trabajo en grupo, 699
- Trama, 766, 768, 773, 774, 810

Transceiver, véase Transceptor
 Transceptor, 812
Transducer, véase Transductor
 Transductor, 429
Transfer, véase Instrucción de transferencia
Transfer machine, véase
 Máquina de transferencia
 Transformador diferencial variable lineal, 586
 Transición condicionada por
 etapas en S7-GRAPH, 339
 Transición de estados, diagrama de,
 véase Lenguaje S7-HiGraph
 Transición de S7-GRAPH, 326, 328
 Transmisión:
 asíncrona, 766
 baseband, véase en banda base
 de datos, 757
 en banda ancha, 760
 en banda base, 760
 en banda base analógica, 760
 en banda base digital, 760
 inalámbrica, 777, 782
 isochronous, véase isócrona
 isócrona, 774
 por corriente, 449
 por tensión, 449
 síncrona, véase Transmisión síncrona
 Time Division Multiplexing, véase
 TDM
 TDM, 760
 Wireless, véase inalámbrica
 Transmisión síncrona:
 binary synchronous control, véase
 BISYNC
 BISYNC, 773
 código autosincronizado, 770
 código Manchester, 771
 código Manchester diferencial, 771
 DDCMP, 773
 *Digital data communication message
 protocol*, véase DDCMP
 HDLC, 773
 High-level Data Link Control, véase

 HDLC
 protocolo síncrono, 771
 protocolo síncrono orientado al bit, 773
 protocolo síncrono orientado al carácter, 772
 protocolo síncrono orientado al contaje
 de octetos, 773
 SDLC, 773
 self-clocking codes, véase Códigos
 autosincronizados
 synchronous data-link control, véase
 SDLC
 synchronous data-link protocol, véase
 protocolo síncrono
 Transmisor (Sensor), 429
 Transmisor-receptor asíncrono, 768, 789, 875, 881
Transmitter (sensor), véase Transmisor
Trigger, véase Disparo
Triple Modular Redundant, véase
 Redundancia modular triple
 Triplicación de sensores, 739
 TTL, 36, 271
True value, véase Valor verdadero
Twisted pair, véase Par trenzado

U

UART, 768, 789, 875, 881
 Ubicación automática, véase
 Configuración automática
 UCP, véase Unidad central de proceso
 UHF, 778, 782
Ultra High Frequencies, véase
 Frecuencias ultra altas y UHF
Ultrasonic distance measurement sensor,
 véase Sensor ultrasónico detector de eco
Ultrasonic proximity sensor, véase
 Sensor ultrasónico de proximidad
Ultrasonic waves, véase Ultrasonidos
 Ultrasonidos, 557:
 atenuación en el aire, 564
 atenuación por absorción, 564
 atenuación por expansión, 565

generación de, 558
reflexión, 566
ruido de fondo, 566
velocidad de, 562
Umbral, 470, 507
Unavailability, véase Indisponibilidad
Unicast, véase Difusión a uno solo
Unidad central:
 de un autómata programable con unidad lógica, 42
 de un autómata programable basado
 en computador, 82
 de proceso, 38, 67, 71, 82
Unidad de acoplamiento, véase Interfaz
Unidad de datos del protocolo, 701
Unidad de entrada modular, 42
Unidad de entrada/salida digital y analógica, véase Interfaz
Unidad de entrada/salida especial, 78
Unidad de control de un autómata programable, 38
Unidad de control de un computador, 68
Unidad de organización del programa, 105, 206
Unidad de programación, 78, 284, 635, 654, 668
Unidad de salida modular, 42
Unidad lógica, 37, 38, 42, 53, 272
Universal Asynchronous Receiver-Transmitter, véase transmisor-receptor asíncrono y UART
Universal industrial network, véase Red Industrial Universal
Universal Serial Bus, véase Bus serie universal y USB
Uno entre n , 58
Unshielded Twisted Pair, véase Par trenzado blindado y UTP
USB, 790, 791, 823
USS, 713
UTP, 779

V

Validación, 933, 950
Valor exacto o verdadero, 467
Vampiro, conexión, véase AS-i

Variable de un autómata programable:
 de entrada, 109, 212
 de salida, 110, 212
 de salida interna, 110, 212
 definida por el usuario, 110, 212
 doble palabra, 110, 212
 identificación de, 108, 212
 lógica, 110, 212
 marca, 110, 212
 no predefinida, 110, 212
 octeto, 110, 212
 palabra, 110, 212
 predefinida, 109, 212
Variable de un sistema de control de procesos:
 de control (CV), 373, 375, 379, 380, 382, 410
 del proceso (PV), 373, 377, 380, 383, 391, 397
 manipulada (MN), 373, 413
Variable eléctrica, véase Señal eléctrica
Variación de la magnitud de entrada de un sensor:
 variables aleatorias, 448
 variables dinámicas, 448
 variables estáticas, 448
 variables transitorias, 448
Variadores de velocidad de motores de corriente alterna, 705
VDI 2221, 314
Verificabilidad, 929, 934
Verificación de un sistema, 735, 934:
 activa, véase estática
 autoverificación, 936
 BIST, 748
 built in self test, véase autoverificación y BIST
 checking, véase dinámica
 concurrente, véase dinámica
 dinámica, 935
 estática, 935
 externa, 935
 mediante redundancia cíclica, 776
 no concurrente, véase estática
 off-line, véase estática
 on-line, véase dinámica
 pasiva, véase dinámica

testing, véase *estática*
Vertical parity, véase *Paridad vertical*
Very High Frequencies, véase
 frecuencias muy altas y VHF
Very Low Frequencies, véase
 frecuencias muy bajas y VLF
 VF, 778
 VFD, véase PROFIBUS-FMS
 VHF, 778, 782
 Vida media, 922
 Vigilancia, circuito de, 97, 735, 884
Virtual Field Device, véase
 Dispositivo de campo virtual y VFD
 Visualizador, 160, 470
 VLF, 778
Voice frequencies, véase
 frecuencias de voz y VF
Voltage Controlled Oscillator (VCO), véase
 Oscilador controlado en tensión

W

WAN, 699, 800, 806, 816
Watchdog, véase *Circuito de vigilancia*
Wide area network, véase
 Red de área extensa
 Wi-Fi, 714
Wired logic controller, véase *Controlador*
 lógico secuencial síncrono cableado
Wireless Communication, véase
 Comunicación inalámbrica
Word, véase *Palabra*
 WorldFip, 713

X

X, 117
 X(, 120
 XN, 118
 XN(, 120
 XOR, 218
 XORN, 218

XOR(, 221
 XORN(, 221
 XOR(N, 221

Y

Y lógica, función, 113, 216
 Y lógica invertida, función, 113, 217

Z

Zener, 456, 614

AUTÓMATAS PROGRAMABLES Y SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN

Este libro pretende transmitir al lector los conceptos tecnológicos ligados a los autómatas programables y su utilización para implementar sistemas de automatización. Para ello los autores, basándose en su experiencia en el diseño de sistemas de control y en la enseñanza de los mismos, han organizado el libro en cinco partes, además de en capítulos, para estructurar mejor los innumerables conceptos ligados a los sistemas de automatización.

En el capítulo 1 de la parte 1 se estudian los conceptos generales asociados a los controladores lógicos y en la parte 2, formada por los capítulos 2 y 3, se describen el sistema de programación STEP7 y el sistema IEC1131-3, respectivamente.

La parte 3 está formada por los capítulos 4, 5 y 6. El capítulo 4 analiza los principales conceptos de los sistemas electrónicos de control, como introducción al capítulo 5, dedicado a los métodos de diseño de sistemas de control lógico, y al capítulo 6 en el que se describen los sistemas de control de procesos continuos.

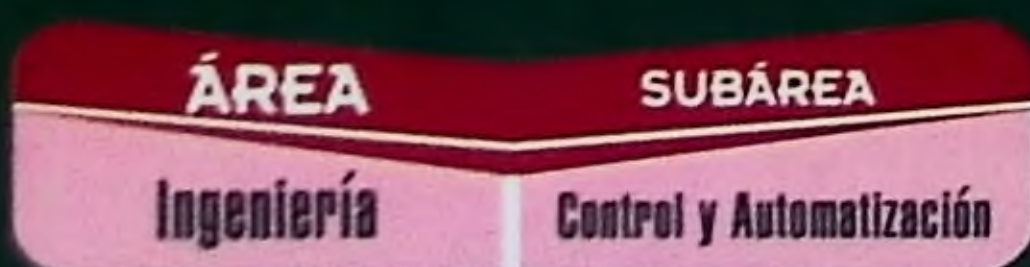
La parte 4, formada por los capítulos 7, 8 y 9, está dedicada al entorno de los autómatas programables del que forman parte los sensores industriales, los interfaces de conexión con el proceso y el usuario, y las Comunicaciones Industriales.

La parte 5 incluye el capítulo 10, dedicado a estudiar la confiabilidad de los sistemas electrónicos de control en general y la de los autómatas programables en particular.

Hay que resaltar también que, para que el libro sea autocontenido, se incluyen en él siete apéndices. En el apéndice 1 se estudian los conceptos de las Comunicaciones Digitales necesarios para comprender las Comunicaciones Industriales. En los apéndices 3, 4 y 5 se describen, respectivamente, la red de sensores y actuadores AS-i, la red de control PROFIBUS y la red Ethernet Industrial Profinet. En el apéndice 5 se analizan los principales conceptos asociados a la garantía de funcionamiento o confiabilidad de los sistemas electrónicos en general, necesarios para comprender los sistemas electrónicos de control seguros ante averías y de elevada disponibilidad. Los apéndices 6 y 7 y el índice alfabético están tanto en español como en inglés.



Incluye DVD con licencia temporal
de STEP 7 Professional



ÁREA

SUBÁREA

Ingeniería

Control y Automatización

ISBN 978-607-7686-73-6



9 786077 686736

"Te acerca al conocimiento"



Alfaomega Grupo Editor