

El ingeniero de telecomunicación en el sector de la automatización industrial

Alfredo Rosado Muñoz (alfredo.rosado@uv.es)

Profesor Titular de Universidad y Director del Máster en Diseño, Instalación y Mantenimiento de Sistemas de Automatización Industrial (DIMSAI).

Dpto. de Ingeniería Electrónica. Universitat de València. Burjassot.



Fco. Javier Marqués Pons (fmarques486c@cv.gva.es)

Ingeniero Técnico de Telecomunicación. Máster en Redes Corporativas e Integración de Sistemas.

Profesor Funcionario de Formación Profesional especialidad Instalaciones Electrotécnicas

En la actualidad se ha aproximado al mundo de la automatización industrial una serie de técnicos muy formados en el mundo de la electrónica, la informática y las comunicaciones, pero con poca experiencia en el diseño de sistemas de control y un cierto desconocimiento de las condiciones de entorno en las que debe operar un sistema de automatización industrial. Para este tipo de técnicos, el diseño basado en un ordenador de procesos resulta fácil hasta que llegan a la interfaz con el proceso o la integración en el sistema de los captadores y accionamientos de potencia, para los cuales ciertamente los ordenadores no están preparados y el principal elemento dominante en la actualidad es el Autómata Programable (PLC). En cambio, hoy en día, la introducción de sistemas de comunicaciones a nivel de planta ya sean basadas en buses de campo, ethernet o comunicaciones inalámbricas, es un hecho. Así, además de los tradicionales conocimientos requeridos por un ingeniero especialista en sistemas de automatización industrial, se precisa de conocimientos adicionales en el campo de las comunicaciones.



Cada vez más, los ordenadores PC y los autómatas se entremezclan en sus funciones, pero no tiene sentido plantearse la disyuntiva «Autómata o PC», sino que tanto el autómata como el ordenador son piezas de un conjunto superior que los engloba donde se mezclan y se com-

binan los ordenadores, sistemas de control numérico, robots y redes de autómatas, etc., desempeñando cada uno ciertas funciones para las que están especialmente dotados y donde es necesaria la presencia de personal con conocimientos en un amplio número de campos como son la programación bajo PC, programación de autómatas programables, instalación y configuración de redes de comunicación, instalación y selección de actuadores y sensores (pasivos e inteligentes), planificación e identificación de elementos a implantar, etc. Por ello, aquí se pretende hacer un recorrido por todos aquellos elementos de automatización industrial y proporcionar una visión global de la automatización integral, revisando los diferentes elementos existentes en este tipo de entornos.

1. INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS INDUSTRIALES DISTRIBUIDOS

Las redes de comunicación son hoy en día un elemento habitual en gran par-

te de nuestras actividades, especialmente en tareas de oficina y hogar. En cambio, la introducción de sistemas de intercomunicación digitales en los entornos industriales no es tan amplia, aunque es una tendencia cada vez más generalizada, con una implantación de sistemas creciente dentro de cualquier ámbito industrial. Esta nueva metodología de sistemas de automatización redundante en una mayor eficiencia y optimización de los recursos, pudiendo implantar sistemas distribuidos que van desde meros procesos de fabricación y manufactura a una integración de diferentes áreas dentro de la empresa (fabricación, gestión de producción, almacenaje, control de calidad, ventas, distribución, etc.), permitiendo una mayor eficiencia en los procesos de fabricación y de gestión integral de la empresa.

Por tanto, es preciso analizar las diferentes posibilidades a la hora de implantar nuevos elementos en una fábrica, pues si se desea tender a una gestión integral es necesario que todos y cada uno de los aspectos de la fábrica sean concebidos para su intercomunicación con el resto. De este modo, desde los elementos de automatización (autómatas programables, sensores, actuadores, paneles de visualización, etc.) hasta los elementos de gestión y supervisión de fábrica pasando por dispositivos de control de procesos, deben ser capaces de intercomunicarse a través de redes industriales destinadas a tal efecto.

Desde luego, esta filosofía de implantación debe poder realizarse por etapas, sin pretender cambiar radicalmente sistemas industriales previamente implantados pero teniéndola en cuenta a la hora de instalar o modernizar viejas instalaciones, ya que no siempre es posible una intercomunicación global. Así, el concepto de Sistemas Industriales Distribuidos abarca un campo muy amplio, pues se puede aplicar en diferentes niveles dentro de una fábrica, desde la simple automatización de un proceso aislado a la gestión integral de una fábrica. Este hecho provoca que exista un gran número de posibilidades a la hora de la implantación de nuevas instalaciones, pudiendo recurrir a diferentes elementos y tecnologías dependiendo de las necesidades y el tipo de automatización o intercomunicación que se desee llevar a cabo, hacién-



dose necesario un conocimiento de los diversos elementos y posibilidades para poder tomar decisiones a la hora de implantar las tecnologías y sistemas que mejor se adapten a los requisitos concretos, ya que cada tecnología o sistema de comunicación está orientado a unas aplicaciones determinadas. Por otro lado, a menudo existen tecnologías y sistemas con características similares orientados a un mismo rango de aplicaciones, con escasas diferencias excepto en la empresa que fabrica los elementos de comunicación. Este hecho provoca que no existan estándares completamente adoptados por el conjunto de la industria, ya que cada fabricante intenta diferenciarse del resto mediante el desarrollo de tecnologías y protocolos propietarios que sólo ellos (o un grupo de fabricantes) pueden comercializar. Por tanto, resulta importante poder ser capaces de disponer de suficiente información acerca de los diferentes fabricantes y sus tecnologías para instalar los sistemas óptimos en cada uno de los diferentes niveles de la automatización de procesos industriales.

Desde siempre, el hombre ha intentado hacer su vida más fácil y cómoda. Para ello, a lo largo de la historia ha construido infinidad de sistemas capaces de facilitar las tareas habituales o permitir realizar trabajos nunca antes conseguidos debido a las limitaciones existentes, que en el caso de estar aplicados en la producción o fabricación industrial, se denomina *Sistema de Automatización Industrial* (Figura 1). Este fenómeno es lo que podemos llamar la «evolución tecnológi-

ca» y que en estos últimos siglos ha sido espectacular si comparamos con etapas anteriores. Una posible definición de sistema automatización industrial sería la siguiente:

«El conjunto de técnicas basadas en sistemas capaces de recibir información del medio, sobre el cual actúan y se realizan acciones de análisis, organización y control, con el fin de optimizar los recursos productivos: mecánicos, materiales y humanos».

Hasta el siglo XX, el desarrollo tecnológico había venido de la mano de la revolución industrial en la que los sistemas mecánicos eran piezas clave para la industria y el desarrollo de los procesos industriales. Pero es en el siglo XX cuando los sistemas de automatización surgen con más fuerza, potenciados por los sistemas eléctricos basados en relés electromagnéticos en la primera mitad del siglo y de los sistemas electrónicos de estado sólido en su segunda mitad. Así, además de sus objetivos iniciales, el concepto de automatización se extiende a la mejora de producción y calidad, disminución de riesgos laborales, disminución de costes, etcétera.

Los trabajos realizados en el siglo XVIII en el campo de la electricidad y electromagnetismo desde Charles Coulomb y Benjamín Franklin permitieron que William Sturgeon inventara en 1824 la primera bobina, al comprobar que se inducía un campo magnético en el núcleo de ferrita al que se le había enrollado un cable por el que se hacía pasar una corriente. Pero es a Joseph Henry a

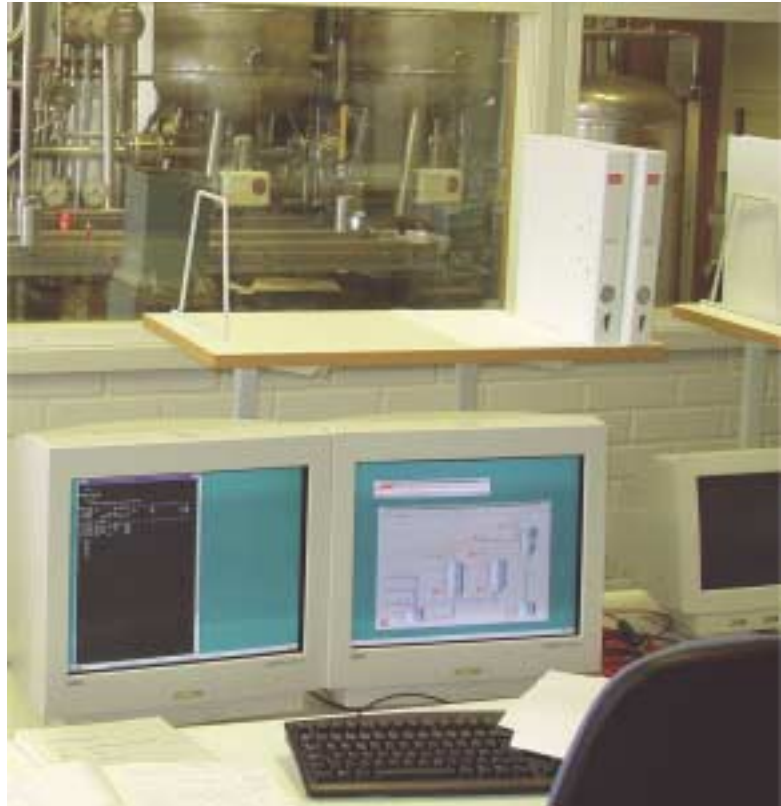
quien se le atribuye el primer relé electromagnético conocido, cuyo dispositivo jugó un papel muy importante en el desarrollo del telégrafo, y posteriormente en el desarrollo de numerosos dispositivos eléctricos en general y en la automatización industrial en particular.

La aparición de los autómatas programables marcó un cambio en la industria de ensamblaje y líneas de producción. El concepto de línea de producción automatizada apareció entonces en la historia de la humanidad como un hecho real. Este pequeño aparato permitió que los procesos industriales fuesen desde entonces más eficientes, precisos, y lo que es más importante, reprogramables, eliminando el gran costo que se producía al reemplazar el complejo sistema de control basado en relés y contactores, tanto por tamaño como vida útil.

En un contexto industrial moderno, la definición anterior podría ser algo como:

«Una tecnología que está relacionada con el empleo de sistemas mecánico-eléctricos basados en computadoras para la operación y control de la producción».

Por tanto, la mejora en los procesos de automatización viene hoy en día de la mano de las redes de comunicación y las computadoras o sistemas microprocesados. La intercomunicación de sistemas y procesos industriales no es un concepto nuevo, pues es ampliamente conocido el uso de sistemas como RS232 y RS485/422 que durante más de 20 años han sido capaces de ofrecer los requerimientos necesarios en las instalaciones de baja y media complejidad en cuanto a las capacidades de intercomunicación se refiere. Este tipo de enlaces entre sistemas se ha empleado esencialmente para sistemas de automatización donde es necesaria una baja tasa de transferencia de datos entre equipos y pocos nodos en la



red, pero que en gran número de casos hoy en día ya no puede responder a las necesidades de intercomunicación que se demandan. Por ello, redes de comunicación como Ethernet (y sus variantes de aplicación industrial) han conseguido ser indispensables en un entorno de trabajo donde cada día es más necesaria la integración global.

En este contexto, resulta necesario aclarar términos habitualmente empleados. *Producir* se refiere a un proceso concreto de creación o transformación de materias primas para obtener un producto con características diferentes a las de las materias primas de las que se origina. En cambio, *fabricar* (o *manufacturar*) es un concepto más amplio que involucra diversos aspectos relacionados con la creación de un producto y que entre ellos incluye la producción del mismo.

Por tanto, los sistemas de automatización industrial y su funcionamiento distribuido e intercomunicado forman parte de un concepto de mayor entidad encaminado a la optimización global de una fábrica mediante la mejora de los procesos de fabricación, la reducción de costes, incremento en la calidad, mejora de la eficiencia, mayor flexibilidad en los procesos de producción y, en general, todos aquellos factores que permitan adaptarse de manera eficiente a las necesidades del mercado al que está orientado el producto. Todo esto sin perder de vista los principales objetivos de cualquier empresa: ser competitivo, crecer y aumentar las ganancias. Para conseguir estos objetivos, es necesario tener en cuenta los siguientes factores:

- Bajo coste de producción
- Buen diseño de producto
- Altos niveles de calidad con bajo factor de rechazo
- Tiempos de entrega cortos y a tiempo (acorde al plazo comprometido)
- Bajo tiempo de desarrollo de nuevo producto
- Flexibilidad para la admisión de pedidos personalizados
- Flexibilidad en el volumen de producción

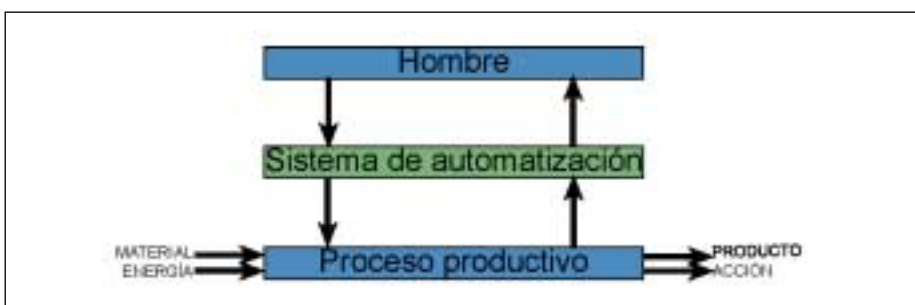


Figura 1. Definición genérica de un sistema de automatización.

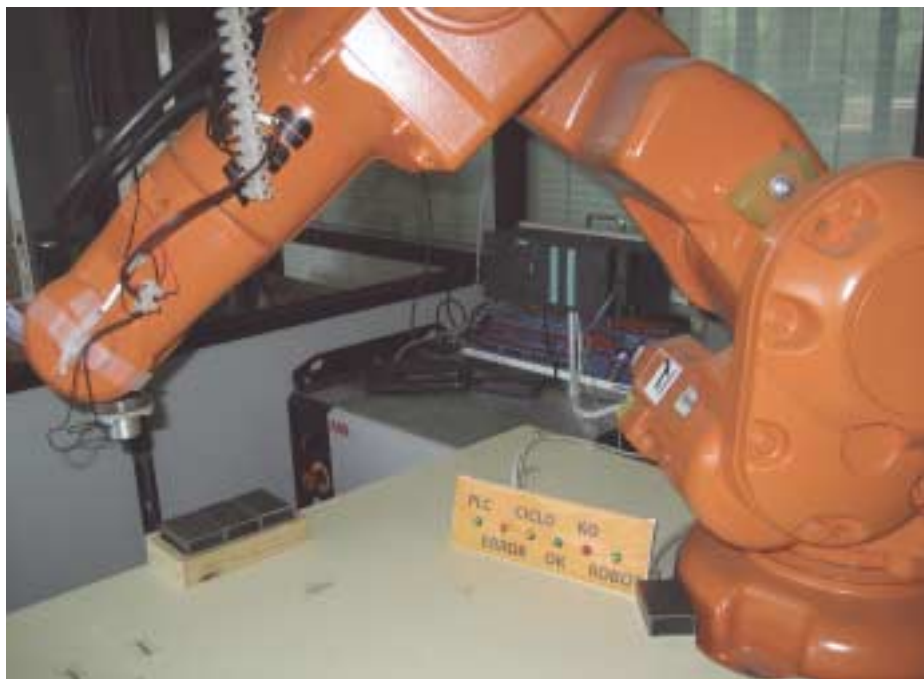
2. SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUCCIÓN: EL CONCEPTO CIM (COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING)

La constante pujanza en los requerimientos de niveles de calidad, rapidez en el desarrollo e introducción de nuevos productos, flexibilidad y adaptabilidad, hace que los fabricantes y productores deban plantearse sus estrategias comerciales y de negocio desde un punto de vista integral, desde que las materias primas entran en la fábrica hasta su acabado final donde el producto está listo para ser distribuido. Con todos estos requerimientos es necesario que el proceso de fabricación sea capaz de aportar información útil al personal gestor y comercial encargado de la venta y envío del producto para poder adaptar la producción de forma rápida y eficaz dependiendo de las necesidades del mercado. De este modo se consigue tener un proceso de fabricación con una organización de la producción adecuada, dinámica y donde la producción es optimizada con criterios globales y no necesariamente técnicos. Todo ello sin perder de vista los requerimientos de calidad y seguridad que se aplican actualmente tales como ISO 9000.

Todo este conglomerado de factores conforma el concepto CIM (*Computer Integrated Manufacturing*), que podríamos traducir como «Sistemas Integrados de Producción». Este término en sí mismo no indica la aplicación de ninguna tecnología o procedimiento en particular sino la aplicación de ciertas técnicas con una visión integradora. Podría definirse como:

«Una metodología de trabajo y una filosofía de diseño de los sistemas de automatización, producción y gestión orientados a la mejora de los niveles de calidad y la optimización en los procesos de fabricación».

Esta concepción de los sistemas de fabricación abarca todas las áreas y no debe ser considerada desde un factor exclusivo del área de ingeniería, a pesar de que ésta debe jugar un papel importante. La «Sociedad Americana de Ingenieros de Procesos Manufactureros» (*Society of Manufacturing Engineers-SME*) realizó



ya en 1985 una aproximación bastante completa de lo que sería una producción integrada y los principales factores que en ella intervienen. Todo ello se muestra en el diagrama de los Sistemas Integrados de Producción o «rueda CIM» de la Figura 2.

Se aprecia que el aspecto de la producción propiamente dicha, es decir, la fabricación del producto en cuestión, es simplemente una parte más de todo el entramado de gestión, planificación y abastecimiento que lleva consigo cualquier proceso de fabricación. El núcleo central enlaza los diferentes aspectos de un pro-

ceso industrial mediante los sistemas de comunicación que permiten la interrelación entre ellos. En la parte intermedia se encuadran todas las tareas que permiten que se desarrolle la labor de fabricación o manufactura del producto, desde el diseño inicial del producto en sí como el diseño de los procesos de fabricación necesarios, pasando por la gestión de materias primas y producto final, almacenaje, recepción y salida de material, control de calidad, etc. La parte exterior del diagrama corresponde a los aspectos de gestión empresarial y de negocio relacionados con la producción. Esta parte exterior

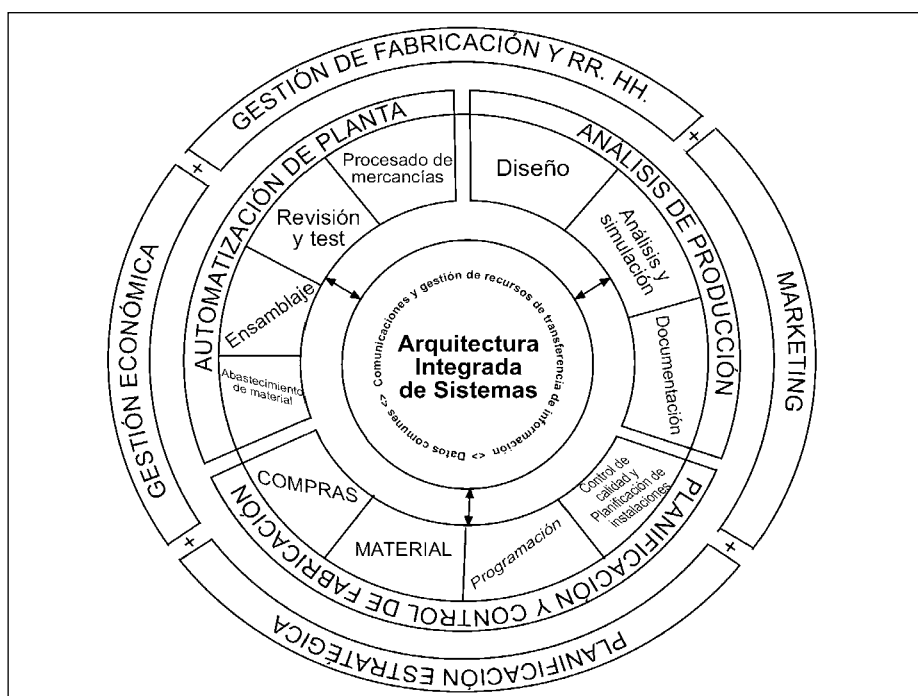


Figura 2. Diagrama genérico aplicable a los Sistemas Integrados de Producción. Rueda CIM.

contiene en su interior el resto de procesos de fabricación dado que son los aspectos de negocio aquellos que influyen de manera directa en la fabricación del producto, ya sean por cuestiones económicas, de marketing, o por demanda específica de los clientes.

Por tanto, los sistemas de automatización industrial se deben considerar siempre dentro de un entorno más amplio donde debe existir una integración entre ellos y el resto de elementos de producción y gestión. De un modo simplificado, el diagrama de la Figura 3 muestra las relaciones básicas dentro de cualquier proceso productivo y la necesidad de estar orientado siempre según las necesidades del mercado. Así, el mercado debe ser el encargado de modificar las condiciones de fabricación, aunque estas modificaciones deben regirse desde la dirección que es quien toma las decisiones, pero siempre respaldado por las áreas de diseño y producción de producto, dado que son éstas quienes conocen hasta qué punto es posible acomodar las instalaciones a los posibles nuevos productos, las inversiones a realizar, tiempos de diseño, etcétera.

De un modo más completo, dentro de la empresa se diferencian diversas áreas mostradas en la Figura 4. En esta figura se desglosa con más detalle las tareas más relacionadas con la ingeniería, tanto a nivel de diseño de producto como a nivel de automatización del proceso productivo. Como se ve, en primer lugar se comienza por el área de diseño de producto mediante los sistemas de diseño asistido por computador (CAD) que definen las herramientas y maquinaria a emplear en el proceso de producción. La siguiente etapa consiste en la planificación de procesos dentro del proceso productivo mediante técnicas asistidas por computador (CAPP: *Computer Aided Process Planning*), consistente en herramientas software usadas durante el desa-



rollo del producto para ayudar al diseñador a evaluar los niveles de complejidad que tendrá el producto a la hora de ser manufacturado. Sin estas herramientas, esta complejidad no sería evaluada hasta después de que el diseño estuviera en producción y se analizaran sus problemas, lo que redundaría en gran ahorro de tiempo y costes evitando posibles errores.

El siguiente paso hasta llegar al proceso productivo en sí consiste en la planificación de los sistemas de producción (PPS: *Planning Production System*), donde se realiza un estudio concreto de los sistemas de producción con el objetivo de la optimización de las tareas y procesos a realizar mediante la planificación de los recursos humanos y maquinaria, compra de materias primas y programación del trabajo (tiempo de utilización efectivo de la maquinaria, ordenación en la ejecución de tareas, etc.). Como soporte a esta tarea, se pueden distinguir dos aspectos, el primero es la planificación adicional (*aggregate planning*), que analiza aquellos factores que pueden afectar la producción a medio plazo y que no están directamente relacionados con el proceso productivo, para de este modo poder hacer frente a las posibles demandas y evitar sobrecarga o tiempos muertos en

ciertas partes de la cadena de producción, tomando decisiones acerca de las compras a realizar, distribución de las horas de trabajo, etc. En segundo lugar, se tiene el factor denominado Planificación de los Requerimientos de Materiales (MRP: *Material Requirement Planning*), muy enlazado con el concepto de planificación adicional para disponer de las materias primas necesarias de modo eficiente y realizar una gestión de almacén sin necesidad de grandes niveles de almacenaje. Acercándonos más al nivel de planta, entra en juego ahora el diseño de los procesos de fabricación y mecanizado asistidos por ordenador (CAM: *Computer Aided Manufacturing*) donde se implantan equipos y sistemas encargados de gestionar y desarrollar la producción en contacto directo con la fabricación de planta. Por tanto, en este nivel, se introducen elementos tales como los sistemas de control de planta (SFC: *Shop Floor Control*), utilizando los datos de ésta para mantener y comunicar la situación de los pedidos en planta y en los centros de trabajo en tiempo real. El llamado Círculo de Calidad (QC: *Quality Circle*), o grupo de trabajo que actúa como unidad para mejorar la calidad y reducir costes en cualquier proceso. Gestión de la producción asistido por computador (CAPC: *Computer-Aided Production Control* ó CAPM: *computer-aided production management*), de tal modo que existe una supervisión de los procesos productivos para analizar sus necesidades y ser capaces de reaccionar antes de que disminuya el ritmo de producción o sus niveles de calidad. Del mismo modo, los sistemas de gestión logística (TMS: *Transportation Management System*), permiten informar al control de planta acerca de la situación de las mercancías preparadas para comercializarse así como gestionar su almacenaje y envío a través de la preparación de los lotes apropiados. Todos estos sistemas de información están implementados por entornos software ayudados por sistemas de marcaje como etiquetado con código de barras, bandas magnéticas, etcétera.

Finalmente, dentro de la planta de fabricación llegamos al proceso productivo propiamente dicho, es decir, a todos aquellos elementos encargados de producir, mecanizar y conformar el producto

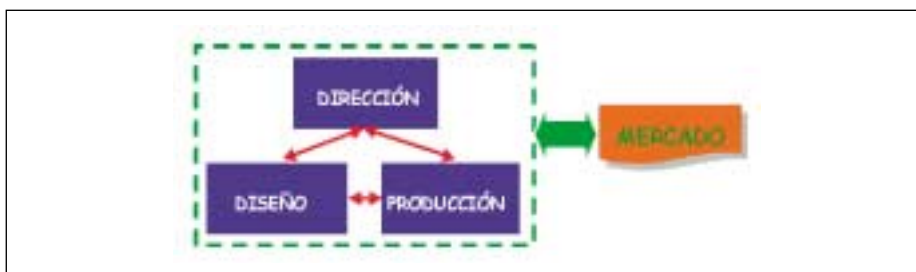


Figura 3. Relaciones principales dentro de una empresa.



Figura 4. Relación integrada de las principales áreas dentro de la empresa necesarias para realizar la fabricación de un producto.

que se desea comercializar así como aquellos elementos que los asisten en su tarea. Básicamente, en la planta de fabricación se distinguen tres tipos de elementos principales como son los elementos de proceso, de transporte y de almacenaje. Por lo que respecta a los elementos de proceso, se tienen como elemento base los autómatas programables (PLC), actuando en conjunción con sistemas basados en PC para monitorización y adquisición de datos (SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition), paneles de operador, sistemas de control numérico (CNC), robots, etc., encargados de realizar el mecanizado y ensamblaje del producto ayudados por motores, sen-

sores, actuadores, y complementado por el personal de planta. Otros elementos de proceso a tener en cuenta son los sistemas automáticos de inspección de calidad que cada vez con más frecuencia se añaden a la línea de producción. En cuanto a los elementos de transporte, éstos permiten el abastecimiento de materias primas y facilitan la tarea de trasladar el producto finalizado a su lugar de almacenaje. En este sector podemos destacar los vehículos de conducción automática (AGV: Automatic Guided Vehicle) y el transporte de palets mediante carretillas. Respecto a los sistemas de almacenaje, los Sistemas de Almacenamiento y Recuperación Automáticos (AS/RS: Automa-

ted Storage and Retrieval System) permiten emplazar grandes cantidades de mercancía de manera automática y ordenada con tiempos de acceso comparativamente reducidos (respecto de los sistemas tradicionales).

3. SISTEMAS INDUSTRIALES DE CONTROL

Pero todo este entramado de procesos no sería posible coordinarlos sin la existencia de los sistemas físicos capaces de captar, distribuir y almacenar toda la información generada. Es por ello que se hace necesaria la infraestructura de comunicaciones capaz de realizar la integración de los sistemas industriales. Este es un hecho que ahora parece ser asumido por la mayoría de industrias, pero no siempre ha sido así.

Tradicionalmente, las instalaciones han estado conformadas por las «islas de automatización» donde un único elemento de control es el encargado de realizar todas las tareas de una parte del proceso de producción. Así, enlazando las diferentes «islas», se consigue completar el proceso de fabricación. Conforme las necesidades de producción han requerido mayor complejidad, una tendencia ha sido la de emplear elementos de control más complejos y potentes, manteniendo en un único elemento de control todo el proceso, con la complejidad que ello supone ya que se hace necesario hacer llegar todas las señales de sensores y cablear todos los actuadores allá donde se encuentren. Como ventajas de esta metodología, no es necesario planificar un sistema de intercomunicación entre procesos ya que todas las señales están gestionadas por el mismo sistema, por otro lado, para sistemas poco complejos posee un menor coste económico. En cambio, posee numerosas desventajas ya que si el sistema falla, toda la instalación queda paralizada, siendo necesario un sistema redundante para evitar estas situaciones. También se hace necesario el empleo de unidades de control (generalmente autómatas programables) de mayor capacidad de proceso dada la complejidad de los problemas que debe abordar y con las restricciones de tiempo límite que son habituales en los procesos



industriales debido a la sincronización necesaria; pueden existir problemas de tiempos de ciclo en el caso de procesos muy complejos. Por otro lado, el cableado puede aumentar notablemente debido a las mayores distancias que pueden existir entre los sensores, actuadores y la unidad de control, aunque este problema se pueda simplificar en cierta medida debido al uso de buses de campo.

Para evitar las desventajas anteriores, se emplea la opción de control distribuido, que requiere que puedan considerarse procesos, grupos de procesos o áreas funcionales susceptibles de ser definidas por un algoritmo de control a realizarse de forma autónoma. A cada unidad se destinará un autómatas (o elemento de control) dimensionado de acuerdo con los requerimientos del proceso considerado. Debido a la interdependencia que existe entre las operaciones que tienen lugar en cada proceso, hay que tener en cuenta que es necesario interconectar los autómatas entre sí mediante entradas y salidas digitales o a través de una red de comunicaciones para intercambio de datos y estados; por tanto, el autómatas o elemento de control evaluado debe permitir las comunicaciones. Con esta metodología de control es posible que cada unidad funcional consista en un proceso relativamente sencillo comparado con el proceso global, reduciendo la posibilidad de errores en la programación y permitiendo el empleo de unidades de control (autómatas programables principalmente) más sencillas y por tanto, más económicas. Al mismo tiempo, la existencia de fallos en otras unidades de control no implica necesariamente la paralización de todos los procesos que se llevan a cabo en la planta. Como desventaja, es necesario realizar un estudio de implantación previo, ya que se deben identificar los procesos autónomos, asignar elementos a cada proceso y diseñar el modelo de intercomunicación para responder a las necesidades del proceso planteado.

El empleo de computadores y autómatas programables como herramienta esencial de tratamiento de la información es ya un hecho, y la implantación de redes de comunicación internas, imprescindible en cualquier instalación de mediana o alta complejidad. Desde el punto de vista de los sistemas físicos que deben soportar toda la funcionalidad necesaria, la Figura 5,

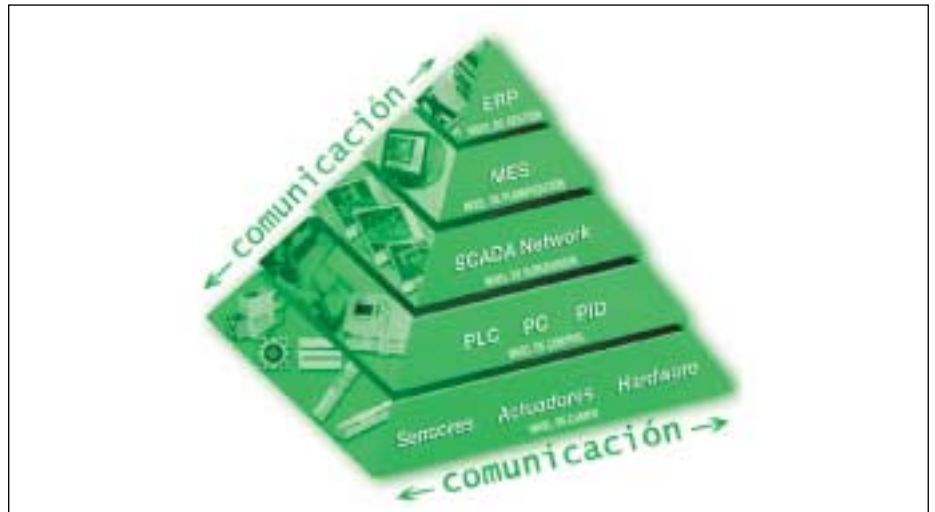


Figura 5. Pirámide de automatización.

denominada «pirámide de automatización», muestra de manera genérica estas interrelaciones y su división en diferentes niveles según la ubicación en planta y el tipo de comunicación necesaria.

El nivel de campo está formado por los elementos de medida (sensores) y mando (actuadores) distribuidos en una línea de producción. Son los elementos más directamente relacionados con el proceso productivo ya que los actuadores son los encargados de ejecutar las órdenes de los elementos de control para modificar el proceso productivo (por ejemplo, un motor de mezcla, mover una cinta, activar un indicador, etc.) y los sensores miden variables en el proceso de producción (por ejemplo, temperatura, fin de carrera, alineamiento de objetos, etc.). Podríamos subdividir el nivel de campo en elementos de control digital o analógico. Así, sensores analógicos son aquellos que permiten medir nivel de líquidos, caudal, temperatura, presión, posición, etc. Como ejemplos de actuadores se tienen los motores, válvulas, calentadores, taladros, cizallas, etc. Como característica adicional, los sensores y actuadores suelen ser dispositivos que necesitan ser controlados por otros elementos y la cantidad de información que envían y reciben es pequeña (unos pocos bits) aunque debe ser manejada con gran velocidad para atender los procesos en tiempo real, dado que al estar directamente en contacto con el proceso a realizar, la sincronización y temporización es muy exigente, siendo necesarios tiempos de transmisión de información muy cortos (del orden de unos pocos milisegundos). Tradicionalmente, estos ele-

mentos se cablean directamente a la unidad de control, lo que ocasiona grandes problemas en el trazado de los cables (gran cantidad de cables), gran tiempo de instalación, y complejidad en la reconfigurabilidad. Por ello se emplean buses de comunicación destinados específicamente para el nivel de campo, donde el intercambio de información es muy rápido, las distancias con el controlador no son muy largas (decenas de metros), y el número de nodos en la red no es muy elevado (menor de 50 nodos), consiguiendo que con un solo cable la unidad de control pueda recibir y enviar toda la información, reduciendo enormemente el tiempo de instalación y el coste del cableado.

En el nivel de control se sitúan los elementos tales como autómatas programables, PC o equipos de aplicación específica como robots, controladores inteligentes de proceso, máquinas herramienta o controladores de motor. Asimismo, cada uno de estos procesos que ayudados por un subconjunto de actuadores y sensores realizan una labor específica, es necesario comunicarlos con el resto de los elementos de control para compartir información y sincronizar acciones. Los dispositivos de este nivel de control junto con los del nivel inferior poseen entidad suficiente como para realizar procesos productivos por sí mismos. De hecho, gran cantidad de procesos industriales están basados exclusivamente en estos dos niveles, de tal modo que un proceso productivo completo se desglosa en subprocesos de este tipo sin que exista un intercambio de información entre ellos (excepto algunas señales de control para

sincronizar el fin de un proceso con el inicio del siguiente).

En el nivel de supervisión, todos los dispositivos de control existentes en planta es posible monitorizarlos si existe un sistema de comunicación adecuado capaz de comunicar estos elementos con otro tipo de dispositivos no dedicados al control sino para la gestión y supervisión, y que habitualmente están constituidos por computadores o sistemas de visualización tales como pantallas industriales. En este nivel es posible visualizar cómo se están llevando a cabo los procesos de planta, y a través de entornos SCADA (*Supervisión, Control y Adquisición de Datos*) poseer una «imagen virtual de la planta» de modo que ésta se puede recorrer de manera detallada, o bien mediante pantallas de resumen ser capaces de disponer de un «panel virtual» donde se muestren las posibles alarmas, fallos o alteraciones en cualquiera de los procesos que se llevan a cabo. Mediante este tipo de acciones resulta inmediato para un operario disponer de acceso a cada uno de los sectores de la planta desde un único puesto. Para ello, resulta imprescindible la conexión con el nivel de control mediante buses de campo de altas prestaciones, pues a veces resulta necesaria la transmisión de importantes cantidades de datos y la conexión con un gran número de elementos de control. En este caso, la velocidad requerida para el intercambio de información ya no es tan crítica, pues ya no se interviene directamente sobre el proceso productivo. Por ejemplo, en una fábrica de galletas se desea supervisar el proceso de fabricación, con lo que es necesario recibir información de cada uno de los autómatas de control encargados de mezclar la masa, colocar y cortar la masa de la galleta, aplicar una serigrafía, hornear la galleta, enfriarla y prepararla para ser envasada (Figura 6). Para estas tareas se utilizan uno o varios autómatas programables, por lo que un sistema de supervisión debe ser capaz de acceder al estado de cada uno de ellos, visualizar el proceso que lleva a cabo, y de manera global, tener información de cómo está trabajando cada uno de ellos, así como poder acceder a informes generados por el autómata tales como cantidad de ingredientes empleados, galletas producidas, etc. Eventualmente, también es posi-

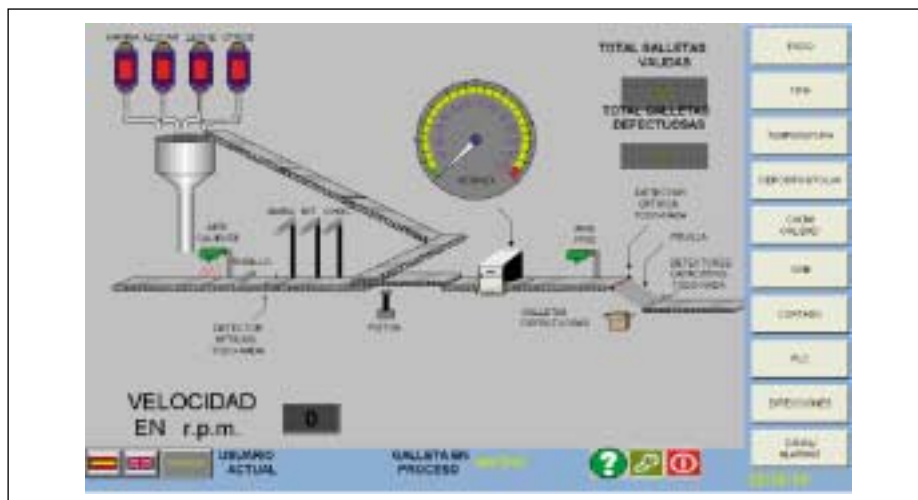


Figura 6. Pantalla típica de un sistema SCADA de monitorización industrial.

ble modificar los procesos productivos desde los computadores de supervisión.

Por último, los niveles de planificación y gestión están constituidos principalmente por computadores ya que se encuentran más alejado de los procesos productivos. De hecho, en este nivel no es relevante el estado y la supervisión de los procesos de planta, en cambio, sí adquiere importancia toda la información relativa a la producción y su gestión asociada, es decir, a través del nivel de supervisión es posible obtener información de todos los niveles inferiores de una o varias plantas. Un ejemplo de la utilidad de la comunicación de los niveles inferiores con el nivel de gestión es la obtención de información en este nivel acerca de las materias primas consumidas, la producción realizada, los tiempos de producción, niveles de almacenado de productos finales, etc. Con esta información, los gestores de la empresa pueden extraer estadísticas acerca de los costes de fabricación, rendimiento de la planta, estrategias de ventas para liberar posibles excesos de producto almacenado, introducir órdenes de fabricación, y en general, disponer de datos que permitan a los niveles directivos la toma de decisiones conducentes a una mejor optimización en el funcionamiento de la planta, todo ello de una manera rápida y flexible dada la rapidez del acceso a los datos de fabricación. Las comunicaciones con este nivel de la pirámide industrial ya no necesitan ser de tipo estrictamente industrial, es decir, muy robustas, de corto tiempo de acceso, etc. sino que ahora los datos que se transmiten son informes que pueden tener un tamaño medio-grande, por lo que

habitualmente se emplean redes de comunicación menos costosas como redes Ethernet que se adaptan mejor al tipo de datos que se desean transmitir y además permiten la comunicación eficaz entre los diferentes computadores del mismo nivel de gestión (compras, departamento comercial, recursos humanos, dirección, diseño, etc.) sin importar demasiado el tiempo que ello pueda demorar.

4. EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN

Dada la implantación de numerosos sistemas de control así como de diferentes sistemas de comunicaciones, la evolución en los sistemas de automatización basados en redes industriales es constante. Así, existen diferentes planteamientos a la hora de realizar una instalación industrial, dependiendo de las necesidades de transmisión de datos, de control en tiempo crítico, de la tecnología a emplear, y del tipo de concepción en el diseño de la planta.

En los años 90 se implantó de manera general un tipo de instalación completamente jerárquica, tal y como la pirámide de automatización propone, existiendo diferentes tipos de buses dependiendo del nivel de la pirámide en que nos encontremos. En cambio, en esta década del 2000, nuevas aproximaciones se van imponiendo. La tendencia principal es la de disminuir el número de tipos de redes industriales implantadas, pudiendo así reducir costes y simplificar la instalación y el

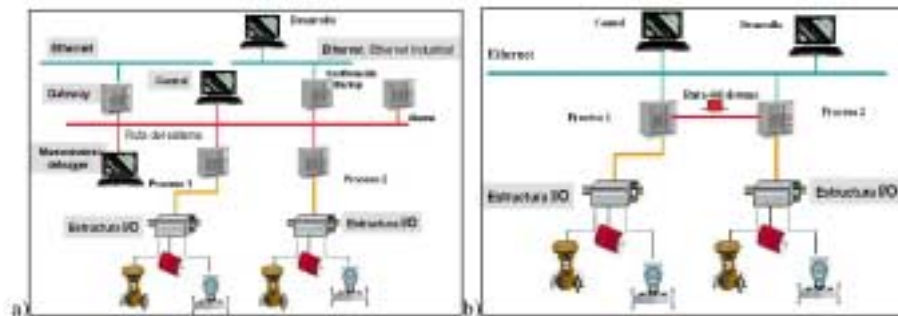


Figura 7. Instalaciones industriales: a) en los años 90, b) inicios del siglo XXI.

mantenimiento. Por otro lado, las redes basadas en Ethernet industrial son cada vez más comunes dado que los dispositivos existentes han aumentado su fiabilidad y rapidez de actuación, por lo que en muchos casos es posible situar ciertos elementos de la planta de producción dentro de la red Ethernet, dejando una red de bus de campo más reducida y orientada casi exclusivamente a la transmisión de datos de tiempo crítico entre controladores, eso sí, manteniendo el nivel de campo en los dispositivos de planta (Figura 7).

Existen actualmente otras tendencias que intentan cada vez más refundir todas las redes industriales en una sola. Las propuestas que se barajan abarcan desde la total utilización de Ethernet como comunicación entre los sistemas de control y los elementos actuadores/sensores hasta una implementación basada en sistemas con diferentes tipos de buses dependiendo del tipo de sensores y actuadores de los que se disponga. De cualquier modo, el denominador común de todas estas nuevas propuestas radica en que los dispositivos de control se encuentran ubica-

dos en el mismo nivel que los elementos de gestión y supervisión (es decir, en una red Ethernet), desapareciendo ya el nivel jerárquico (Figura 8).

5. EL INGENIERO DE TELECOMUNICACIÓN EN EL SECTOR DE LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

Tras este recorrido por las diferentes tecnologías en el diseño e instalación de sistemas de automatización, se puede apreciar claramente la creciente importancia de las comunicaciones en este sector, siendo necesaria la presencia de profesionales como los ingenieros de telecomunicación que posibiliten una mejor instalación y configuración de los equipos, pudiendo solucionar de forma más eficaz posibles problemas típicos en estas instalaciones: configuración de nodos, direccionamiento o presencia de ruido *EMI* (*Electro Magnetic Interferences*) especial-

mente importante en el ámbito industrial por las condiciones de contorno en las que se encuentran estas redes de comunicación. Adicionalmente, un ingeniero de telecomunicación posee buenos conocimientos en el manejo y programación de computadores PC, cada vez más habituales en las instalaciones debido al uso de los sistemas de monitorización, sistemas de adquisición de datos, sistemas de visión artificial e incluso robots industriales, lo que le puede facilitar una fácil y rápida adaptación a un entorno laboral de este tipo. Como único factor en contra, mencionar la falta de familiarización con otros elementos típicamente empleados en las instalaciones industriales como son todos los relacionados con el nivel de contacto entre la planta y el proceso productivo en sí, es decir, la instalación y configuración de sensores y actuadores industriales, la programación de autómatas programables, el diseño y la instalación eléctrica de todos los sistemas (redacción y lectura de planos eléctricos), protecciones eléctricas, sistemas neumáticos (muy habituales en plantas industriales) o control de motores (variadores y/o arrancadores).

Por ello, se considera que el ingeniero técnico de telecomunicación puede ser un buen candidato a este tipo de actividad laboral y profesional, bien realizando una formación adecuada durante su periodo universitario mediante la elección de asignaturas optativas relacionadas con este ámbito si su universidad las oferta, o bien mediante un periodo de especialización posterior cursando algún Máster de especialización en el sector industrial.

Desde la Universidad de Valencia se ha venido apostando por este tipo de especialización, ofertando diferentes asignaturas a lo largo de la titulación de Ingeniero Técnico de Telecomunicación, especialidad de Sistemas Electrónicos, tales como «Introducción a los autómatas programables» y «Sistemas Industriales Distribuidos», dado que consideramos que complementan muy apropiadamente el resto de formación ofrecida en la titulación para que un titulado pueda optar a puestos de trabajo relacionados con el sector de la automatización industrial. Adicionalmente, desde la Universidad de Valencia también se oferta el «Máster en Diseño, Instalación y Mantenimiento de Sistemas de Automatización Industrial (DIMSAI)». ●

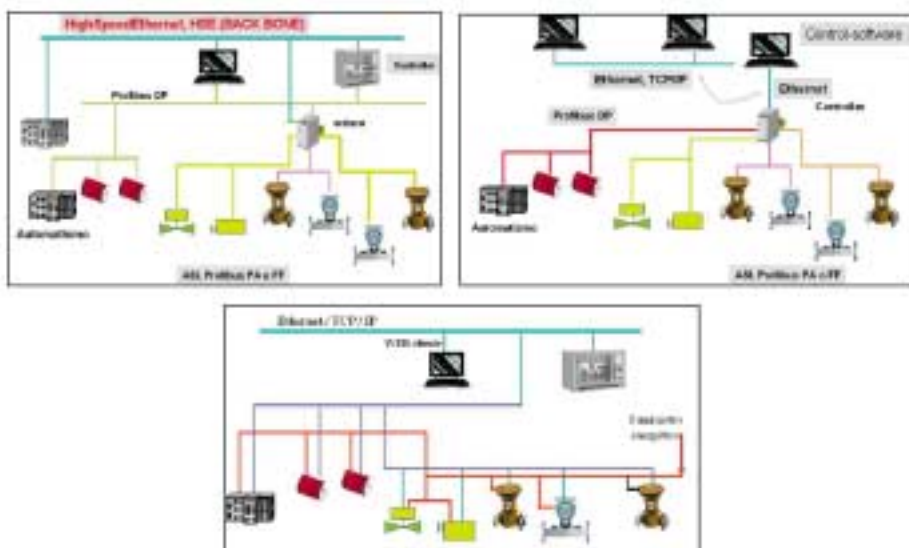


Figura 8. Instalaciones industriales: Posibilidades actuales y futuras.

Creamos Tecnología

en Telecomunic@ciones

Televés



Llevamos más de 40 años
desarrollando producto

para la captación y distribución
de señales de televisión

adaptándonos a las nuevas tecnologías
y participando en proyectos europeos

**para el desarrollo de las
Telecomunicaciones del Futuro**

Televés