

1 Introducción a la Automatización Industrial

La automatización industrial es una materia que arranca con fuerza con la revolución industrial del siglo XIX y que ha experimentado un avance progresivo hasta nuestros días. El punto de importancia en dicho avance lo marca la utilización de la microelectrónica y de los microprocesadores ya que son los principales elementos que posibilitan la automatización actual.

La palabra automatismo procede del griego y significa "obrar espontáneamente por si mismo"; efectivamente, la tecnología "Automática" se define como el conjunto de los métodos y procedimientos cuya finalidad es la de sustituir el operador humano por un operador artificial, generalmente mecánico o electrónico, en la generación de una tarea física o mental previamente programada.

Por extensión y como consecuencia de la definición anterior, puede considerarse la automatización industrial como el estudio y aplicación de la automática al control de procesos industriales. En función del tipo de proceso a controlar y a la forma en que se realice el control, este tipo de operador artificial o sistema de control presentará una configuración y unas características determinadas.

Se puede decir que el cometido principal de la Automática o Control (automático) de Sistemas trata de regular, con la mínima intervención humana, el comportamiento dinámico de un sistema mediante órdenes de mando.

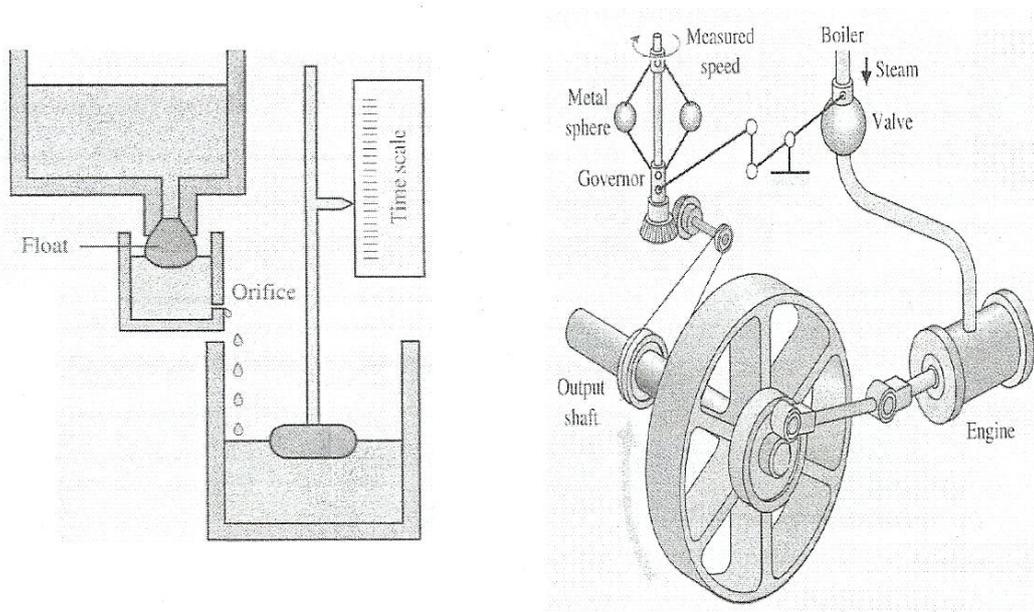
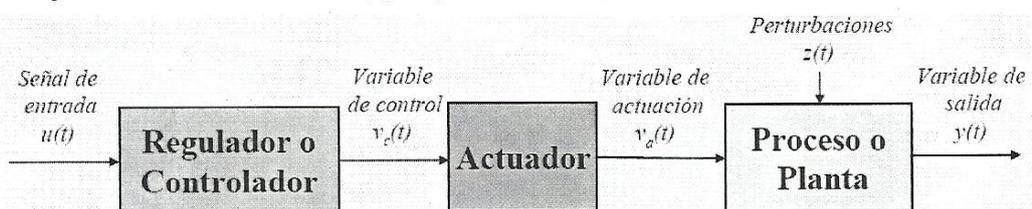


Ilustración 1: Reloj de agua (Ktesibio, 270 a.C.) y regulador automático de velocidad (J. Watt, 1769)

1. Conceptos previos

Antes de nada es conveniente definir algunos conceptos que se utilizarán a lo largo del presente apartado:

- **Sistema:** conjunto de elementos, físicos o abstractos, relacionados entre sí de forma que modificaciones o alteraciones en determinadas magnitudes en uno de ellos pueden influir o ser influidas por los demás.
- **Planta:** equipo con el objetivo de realizar una operación o función determinada. Es cualquier equipo físico que se desea controlar (motor, horno, reactor, caldera,...).
- **Proceso:** cualquier serie de operaciones que se desea controlar con un fin determinado.
- **Perturbación:** señal de comportamiento no previsible que tiende a afectar adversamente al valor de la salida de un sistema.
- **Realimentación:** operación que, en presencia de perturbaciones tiende a reducir la diferencia entre la salida y la entrada de referencia, utilizando la diferencia entre ambas como parámetro de control.
- **Servomecanismo:** sistema de control realimentado en el cual la salida es una magnitud de tipo mecánico (posición, velocidad o aceleración).
- **Sistema de regulación automática:** sistema de control realimentado en el que la entrada de referencia y/o la salida deseada varían lentamente con el tiempo.
- **Control en bucle (lazo) abierto:** sistema de control en el que la salida no tiene efecto sobre la acción del control, el controlador no percibe ninguna información que le permita verificar si las acciones que realiza sobre el proceso, mediante elementos actuadores han surtido efecto alguno o se han ejecutado correctamente (Ejemplo: lavadora, semáforos, ...).

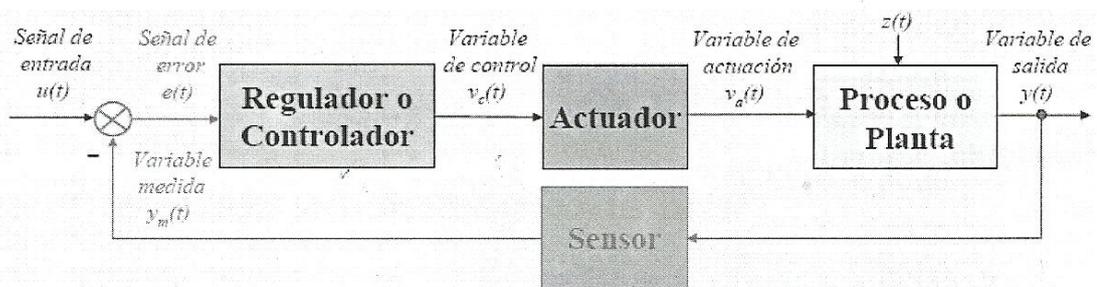


La señal de entrada (o referencia) $u(t)$ actúa directamente sobre el dispositivo de control (Regulador), para producir, por medio del Actuador, el efecto deseado en las variables de salida $y(t)$. El regulador NO comprueba el valor que

toma la salida. Debido a esto este tipo de control es sensible a las perturbaciones que se produzcan sobre la planta.

- **Control en bucle (lazo) cerrado:** aquel en el que la salida tiene un efecto directo sobre la señal de control (utiliza la realimentación para reducir el error).

La salida del sistema se mide por medio de un sensor y se compara con el valor de la entrada de referencia $u(t)$ que se quiere obtener. De manera intuitiva se deduce que, de este modo, el sistema de control puede responder mejor ante las perturbaciones que se produzcan sobre el sistema, es decir puede ajustarse mejor al valor de entrada deseado.



- **Proceso continuo:** se caracteriza por incorporar magnitudes continuas en el tiempo que precisan mantenerse dentro de unos márgenes convenientes. Normalmente este tipo de procesos es el que se trata bajo la teoría de control, dinámica de sistemas, realimentación y bajo el diseño de reguladores monovariantes. En el ámbito de la regulación se les acostumbra a denominar, servosistemas.
- **Proceso discontinuo o discreto:** son aquellos que se caracterizan por realizar un proceso que se puede descomponer en una serie de operaciones consecutivas en un orden prefijado. El conjunto ordenado de dichas operaciones elementales constituye el proceso productivo o una fase del mismo.
- **Operaciones o lógica combinatorial:** en este tipo de automatización no se tiene en cuenta el estado de la propia salida ni del instante de tiempo en el cual ha tenido lugar tal salida. A toda combinación de las variables de entrada le corresponde únicamente una variación de las variables de salida. Un ejemplo elemental es el de un **interruptor** que enciende y apaga una

lámpara. La acción de cerrar el interruptor genera el encendido de la lámpara y la acción de abrir el interruptor genera el apagado de la lámpara.

- **Operaciones o lógica secuencial:** en este tipo de automatización no basta, de cara a dar la salida, con conocer la entrada, sino que además hay que conocer el estado de la salida. Un ejemplo elemental sería el de un **pulsador** (un pulsador no es lo mismo que un interruptor) que controla el encendido y apagado de una lámpara: cada vez que se pulsa, la lámpara se enciende si estaba apagada y se apaga si estaba encendida. Así una misma acción, pulsar da diferentes resultados según el estado de la lámpara.

En todo automatismo, se reconoce que es secuencial si algunas salidas de ese automatismo son también entradas de circuitos precedentes a lo que suministra las propias señales de salida. Eso son las realimentaciones y de alguna forma indican la presencia de memoria en el circuito, con lo que puede retenerse su historia.

2. Objetivos de la automatización

La competición económica que soportan los productos en la actualidad impone a la industria la necesidad de producir en calidad y en cantidad para responder a la demanda en un entorno muy competitivo. En términos de los objetivos, se trata:

- Producir con una calidad constante.
- Manufacturar las cantidades adecuadas a cada momento.
- Incrementar la productividad.
- Proporcionar flexibilidad en el producto.
- Disminuir los costes.
- Mantener el mercado basándose en el crecimiento tecnológico.
- Mejorar las condiciones de trabajo, liberando física y mentalmente al hombre de dicha labor.
- Posibilitar el reciclaje del personal hacia tareas menos mecánicas y más creativas.

Dicho de otra manera, es importante tener un mercado, pero también lo es poder seguir su evolución.

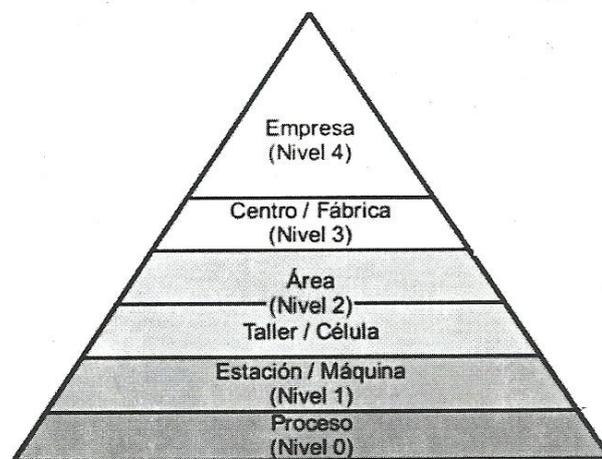
3. Grados de automatización

Antes de entrar a definir los distintos grados de automatización existentes es conveniente indicar los distintos niveles funcionales en los que se puede dividir un sistema de fabricación, estos son:

- **Nivel de proceso:** es un nivel de sensado puesto que se adquieren datos del proceso mediante sensores situados en él y se actúa mediante actuadores. La información de los sensores se transfiere a los sistemas de control que forman parte del nivel de estación para que ejecuten los algoritmos de control y que, teniendo en cuenta los resultados obtenidos, envíen las órdenes oportunas a los actuadores. Por lo tanto, este nivel es el encargado de la comunicación de los diferentes controladores del nivel de estación con los dispositivos de campo.
- **Nivel de máquina:** es un nivel de control ya que en este nivel se elabora la información procedente de los dispositivos del nivel inferior y se informa al usuario de la situación de las variables y alarmas. Forman parte de él los diferentes sistemas electrónicos de control utilizados en cada máquina (PLC's, CNC's, robots, computadores...), que reciben el nombre genérico de controladores de máquinas.
- **Nivel de célula:** en este nivel, también de control, se realiza la coordinación de las máquinas pertenecientes a la célula de fabricación. Las tareas generadas en el nivel superior de área o de fábrica se descomponen en un conjunto de operaciones más sencillas que se trasladan, de forma sincronizada, hacia los subprocesos del nivel inferior (almacenamiento y transporte, fabricación, ensamblado, control de calidad, etc.)
- **Nivel de área:** en este nivel se coordinan entre sí las diferentes células que conforman una línea de fabricación. Sólo existen en instalaciones de un elevado nivel de complejidad.

- **Nivel de fábrica:** en este nivel se realiza el secuenciamiento de tareas y la administración de los recursos. Suele ser el responsable de la gestión de una planta o fábrica concreta. Las principales actividades se centran en la planificación y el control de la producción. En él se diseñan y definen los procesos de fabricación y su secuencia concreta, se gestiona el material y los recursos (máquinas, programas, etc.) necesarios para la obtención del producto final, se planifican las labores de mantenimiento, etc.
- **Nivel de empresa:** en este nivel se lleva a cabo la gestión e integración de los niveles inferiores. En él se consideran principalmente los aspectos de la empresa desde el punto de vista de su gestión global: compras, ventas, comercialización, investigación, objetivos estratégicos, planificación a medio y largo plazo.

Los anteriores niveles se pueden representar en según se muestra en la siguiente pirámide.



Respecto a los grados de automatización se pueden distinguir los siguientes:

- **Grado C.I.M:** se trata de integrar los procesos de producción (diseño, ingeniería y fabricación) con los de gestión de la empresa. Se obtiene así la denominada fabricación integrada por computador, también conocida como CIM (Computer Integrated Manufacturing). En este nivel se encuentran integrados en mayor o menor medida todos los niveles de fabricación anteriormente definidos.

- **Grado Superior:** hace referencia a la automatización completa de un proceso o de la máquina. Estarían coordinados los niveles de proceso, máquina y célula.
- **Grado Intermedio:** sería un piso superior al del nivel elemental y formaría un automatismo más complejo o bien un grupo de automatismos sencillos.
- **Grado elemental:** se tiene un automatismo sencillo o una parte integrante autónoma o semiautónoma de un automatismo complejo. Normalmente lleva a cabo funciones de seguridad, de encadenamiento de tareas, de vigilancia de calidad o tiempos muertos de las piezas o productos que una máquina trate, etc.

4. Clases de automatización

Se pueden distinguir las siguientes clases de automatización:

Se puede entender a la automatización como una combinación de las tecnologías mecánica, eléctrica, electrónica a través de las cuales se controlan los sistemas de producción de una forma lo más autónoma posible, es decir con la mínima intervención de operarios. Dependiendo del grado de intervención del operario las máquinas pueden ser:

- **Manuales:** están directamente supervisadas por un operario. La máquina proporciona la fuerza y la energía, y el trabajador proporciona el control.
- **Semiautomáticas:** un programa en la máquina ocupa una parte del ciclo y el operario la otra parte del ciclo.
- **Automáticas:** las máquinas operan largos periodos de tiempo sin intervención del operario. No obstante se requiere su vigilancia cada cierto número de ciclos.

En relación con el control de los procesos de fabricación, su automatización se puede clasificar en cuatro grandes grupos: fija, programable, flexible e integrada

- **Automatización Fija:** se da en sistemas de fabricación en el que la secuencia de las operaciones está fijada por la configuración de los equipos que lo forman. Se caracteriza porque está constituida por una secuencia sencilla de operaciones, necesita una inversión elevada en equipos

especializados, posee elevados ritmos de producción y en general es muy inflexible para adaptarse a los cambios de los productos.

- **Automatización Programable:** es sistema de fabricación en el que los equipos de producción están diseñados para cambiar la secuencia de operaciones a fin de adaptarse a la fabricación de productos diferentes. Se inició con las máquinas-herramienta con control numérico (conocidas como CNC) y los robots industriales. se caracteriza porque requiere cambiar el programa y/o, aunque en menor medida la disposición física de los elementos para cada lote de producción.
- **Automatización Flexible:** es una extensión de la automatización programable que da como resultado sistemas de fabricación en los que no sólo se pueden cambiar los programas sino que además se puede cambiar la relación entre los diferentes elementos que los constituyen.
- **Automatización Integrada:** es un sistema de fabricación que integra el diseño asistido por computador (CAD), la ingeniería o simulación asistida por computador (CAE) y la fabricación asistida por computador (CAM) con la verificación, la comercialización y la distribución. La automatización integrada suele recibir el nombre de CIM (Computer Integrated Manufacturing). Dado que en ella se automatizan, de forma coordinada, todas las tareas que forman parte del ciclo completo de proceso del producto, se la conoce también por las siglas TIA (Totally Integrated Automation)

5. Equipos para la automatización industrial

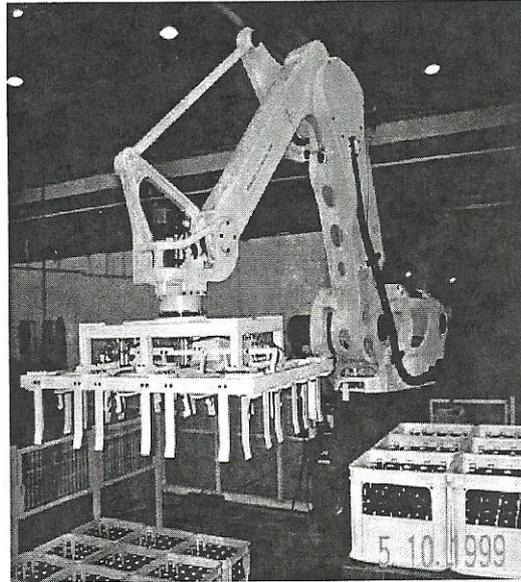
Los equipos cuyo cometido es el control automático del proceso de fabricación de un determinado producto son los siguientes:

- **Sistemas de control numérico:** Conocidos por las siglas NC (Numerical Control), son sistemas electrónicos programables que controlan los movimientos de una máquina-herramienta. La unión de ambos da lugar a una unidad autónoma de mecanizado, que es un conjunto mecánico con

accionamiento propio que, por sí solo o en unión de otros conjuntos similares, realiza operaciones de mecanizado (tornos CNC, fresadoras CNC, prensas CNC, corte por laser, corte por plasma).

- **Autómatas programables:** Equipo electrónico programable diseñado para controlar, en tiempo real y en un ambiente industrial, procesos de ámbito eminentemente secuencial.
- **Ordenadores industriales:** Los Computadores Industriales son sistemas electrónicos de control constituidos por un computador de propósito general adecuadamente diseñado y montado para poder trabajar en el entorno de un proceso industrial continuo o discreto y soportar las condiciones ambientales adversas (polvo, temperatura, interferencias EM, ...). Aquellos cuyo sistema físico (hardware) es equivalente al del computador personal conocido como "PC" (IBM, 1981) han gozado en los últimos años de una gran aceptación. Actualmente, su aplicación se está trasladando de forma paulatina a las plantas industriales más tradicionales para llevar a cabo la integración de los procesos de gestión con las tareas de control realizadas tradicionalmente por otros sistemas electrónicos de control. Una de las aplicaciones que más está impulsando la utilización de PC en la industria es la denominada como SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) que permiten, interconectando el computador a uno o varios equipos de control, llevar a cabo tareas avanzadas de IHM y/o gestión de procesos.
- **Controladores de procesos continuos:** Los procesos continuos son aquellos cuyo producto final, en lugar de estar formado por un conjunto de elementos separados, está constituido por un material que fluye de forma continua (productos químicos, mezclas de sólidos, etc). Este tipo de procesos se caracterizan por que en ellos es necesario medir (caudalímetros, sensores de presión, etc.) y controlar elementos (electroválvulas proporcionales, motores, etc.) mediante variables analógicas.
- **Robots industriales:** manipulador automático servo-controlado, reprogramable, polivalente, capaz de posicionar y orientar piezas, útiles o dispositivos especiales, siguiendo trayectoria variables reprogramables, para la ejecución de tareas variadas. Normalmente tiene la forma de uno o varios brazos terminados en una muñeca. Su unidad de control incluye un dispositivo de memoria y ocasionalmente de percepción del entorno.

Normalmente su uso es el de realizar una tarea de manera cíclica, pudiéndose adaptar a otra sin cambios permanentes en su material, simplemente cambiando el elemento terminal (garra o herramienta).



RECUERDA

- La automatización industrial es una materia que arranca con fuerza con la revolución industrial del siglo XIX y que ha experimentado un avance progresivo hasta nuestros días.
- La palabra automatismo procede del griego y significa "obrar espontáneamente por si mismo".
- Los objetivos de la automatización son:
 - Producir con una calidad constante.
 - Manufacturar las cantidades adecuadas a cada momento.
 - Incrementar la productividad.
 - Proporcionar flexibilidad en el producto.
 - Disminuir los costes.
 - Mantener el mercado basándose en el crecimiento tecnológico.
 - Mejorar las condiciones de trabajo, liberando física y mentalmente al hombre de dicha labor.
 - Posibilitar el reciclaje del personal hacia tareas menos mecánicas y más creativas.
- Los distintos niveles funcionales en los que se puede dividir un sistema de fabricación son: de proceso, de máquina, de célula, de área, de fábrica, y de empresa.
- Existen cuatro grados de automatización: grado CIM, grado superior, grado intermedio y grado elemental.
- Dependiendo del grado de intervención del operario las máquinas pueden ser: manuales, semiautomáticas y automáticas.
- La automatización del control de los procesos de fabricación se puede clasificar en cuatro grandes grupos: fija, programable, flexible e integrada.
- Los equipos cuyo cometido es el control automático del proceso de fabricación de un determinado producto son los siguientes: sistemas de control numérico, autómatas programables, ordenadores industriales, controladores de procesos continuos, y los robots industriales.