

Asignatura: Sistemas de Control

Alumno/a:

Año: 7°

División:

Profesor: Alejandro Iurato



## Introducción a los Sistemas de Control

### Sobre el estudiante de sistemas de control...

El estudiante de sistemas de control está interesado en el conocimiento y control de una parte de su medio, frecuentemente denominado sistema, con el fin de proporcionar productos útiles para la sociedad. Los objetivos de comprender y controlar son complementarios ya que, para poder controlar más efectivamente, se precisa que los sistemas sean entendidos y modelados.

En el estudio de los sistemas de control se debe considerar que se comienza analizando y comprendiendo básicos sistemas mecánicos de control para luego pasar a sistemas interrelacionados modernos y complejos, tales como los sistemas de control de tráfico, procesos químicos, biológicos, sistemas robóticos y hasta complejos sistemas dinámicos relacionados con la sociedad como los sistemas comerciales, sociales y políticos.

Quizás la cualidad más característica del estudio de los sistemas de control que nos interesa, sea la oportunidad de controlar máquinas y procesos industriales siempre en beneficio de la sociedad.

### Introducción

El estudio de los sistemas de control se basa en los fundamentos de la teoría de realimentación y el análisis de sistemas lineales, e integra los conceptos de las teorías de redes y de comunicación. Por lo tanto, este estudio no está limitado a ninguna disciplina en particular, sino que es igualmente aplicable a todo lo que podamos definir como sistema.

Un **sistema de control** es una interconexión de componentes que forman una configuración del sistema que proporcionará una respuesta deseada. La base para el análisis de un sistema es el fundamento proporcionado de los sistemas lineales que supone una relación causa y efecto para sus componentes. Por lo tanto, un componente o **proceso** que vaya a ser controlado puede representarse mediante un bloque tal como se muestra en la figura 1. La relación entrada-salida representa la relación entre causa y efecto del proceso, que a su vez representa un procesamiento de la señal de entrada para proporcionar una señal de salida, frecuentemente con una amplificación de potencia. Un **sistema de lazo abierto** utiliza un regulador o actuador de control para obtener la respuesta deseada, tal como se muestra en la figura 2. Un sistema en lazo abierto es un sistema sin realimentación.

Un sistema de control en lazo abierto utiliza un dispositivo de actuación para controlar el proceso directamente sin emplear realimentación.

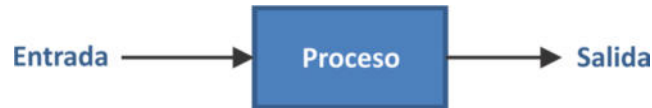


Figura 1: Proceso a controlar



Figura 2: Sistema de Control en lazo abierto (sin realimentación).

En contraste con un sistema de control en lazo abierto, un sistema de control en lazo cerrado utiliza una medida adicional de la salida real, para compararla con la respuesta de la salida deseada. La medida de la salida se denomina **señal de realimentación**. En la figura 3 se muestra un sencillo **sistema de control con realimentación en lazo cerrado**. Un sistema con realimentación es aquel que tiende a mantener una relación predefinida de una variable del sistema con otra, comparando funciones de estas variables y usando la diferencia como un medio de control.

Para controlar un proceso, un sistema de control con realimentación suele emplear una función de una relación prescrita entre la salida y la entrada de referencia. A menudo, la diferencia entre la salida del proceso bajo control y la entrada de referencia se amplifica y se emplea para controlar el proceso, de manera que esta diferencia se reduce continuamente. El concepto de realimentación es el fundamento para el análisis y diseño de sistemas de control.

Un sistema de control en lazo cerrado usa una medida de la salida y la realimentación de ésta señal para compararla con la salida deseada de referencia.

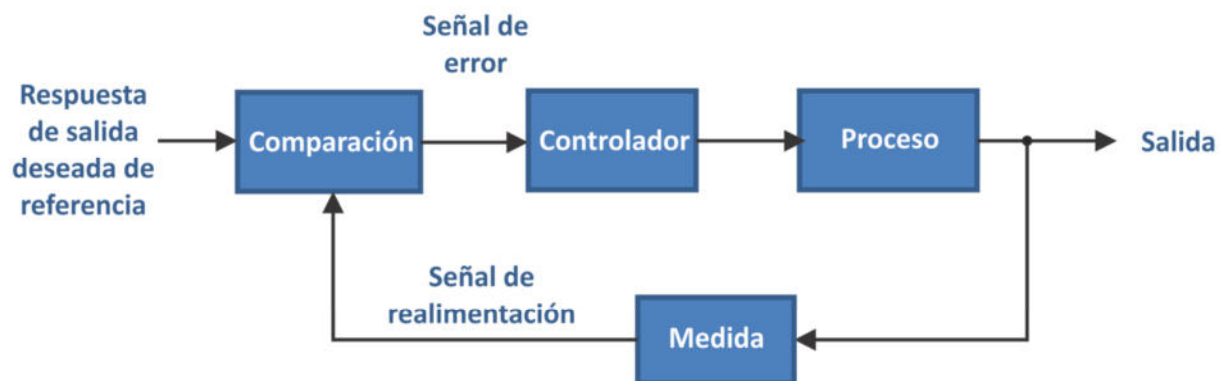


Figura 3: Sistema de control en lazo cerrado (con realimentación).

Debido a la complejidad creciente del sistema bajo control y al interés en obtener comportamiento óptimo ha crecido la importancia del estudio de sistemas de control. A medida que los sistemas se hacen más complejos, deben considerarse en el esquema de control las interrelaciones de muchas variables controladas. En la figura 4 se muestra un diagrama de bloques que representa a un sistema de control multivariable.

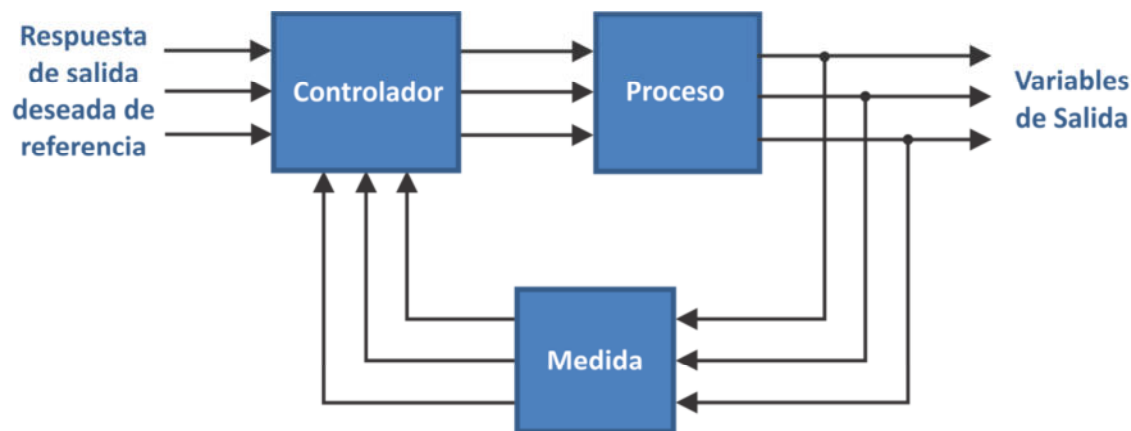


Figura 4: Sistema de control multivariable.

### Ejemplos de sistemas de control en la actualidad

El control por realimentación es un hecho fundamental de la industria y la sociedad modernas. Conducir un automóvil es una tarea agradable cuando el coche responde rápidamente a las órdenes del conductor. Muchos automóviles tienen dirección y frenos asistidos con amplificadores hidráulicos para aumentar la fuerza de los frenos o el volante de la dirección. En la figura 5 (a) se muestra un sencillo diagrama de bloques del sistema de control de la dirección de un automóvil. El rumbo deseado se compara con una medición del rumbo real para generar una medida del error tal como se muestra en la figura 5 (b). Esta medida se obtiene por realimentación visual y táctil (movimiento del cuerpo). Hay una realimentación adicional de la sensación percibida por la mano (sensor) sobre el volante de la dirección. Este sistema de realimentación es una versión familiar del sistema de control de dirección de un barco o los controles de vuelo en un gran avión. En la figura 5 (c) se muestra una típica respuesta de la dirección del viaje.

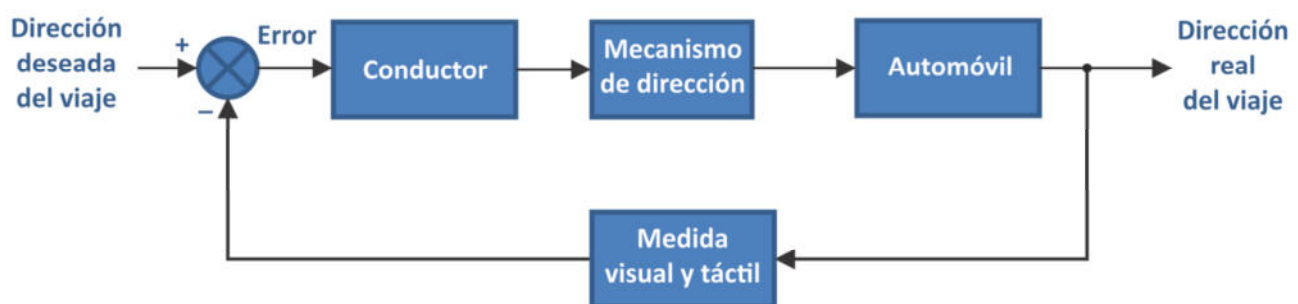
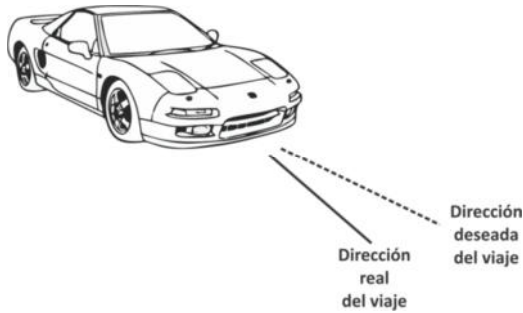
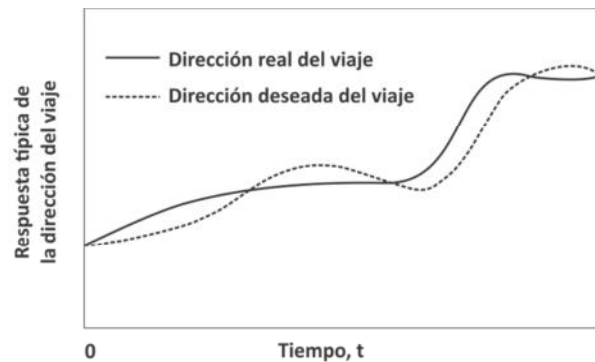


Figura 5: a) Sistema de control de la dirección de un automóvil.



b) El conductor utiliza la diferencia entre la dirección real y la dirección deseada para generar un ajuste controlado del volante.

c) Respuesta típica de la dirección del viaje.



Los sistemas de control operan en una secuencia de lazo cerrado, como la que se muestra en la figura 6. Con un sensor preciso, la salida medida es igual a la salida real del sistema. La diferencia entre las salidas real y deseada es igual al error, que se ajusta por el dispositivo de control (tal como un amplificador). La salida del dispositivo de control hace que el actuador module para reducir el error. La secuencia es tal que si la nave deriva incorrectamente hacia la derecha, se actúa sobre el timón para dirigirla hacia la izquierda. El sistema de la figura 6 es un sistema de control con realimentación negativa, ya que la salida se resta de la entrada y la diferencia se usa como señal de entrada para el amplificador de potencia.

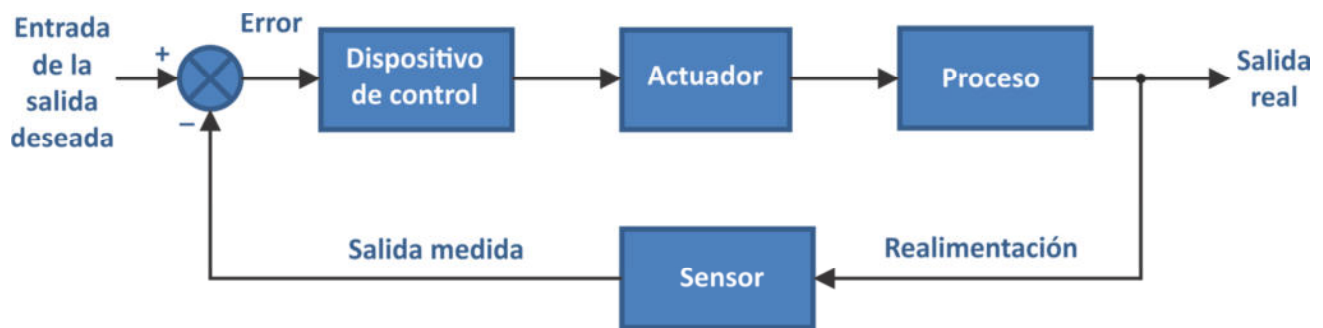


Figura 6: Diagrama en bloque de un sistema con realimentación negativa que representa a un sistema de control básico en lazo cerrado. El dispositivo de control se denomina con frecuencia "controlador".

En la figura 7 se muestra un sistema básico de lazo cerrado de control manual para regular el nivel de líquido en un depósito. La entrada es un nivel de referencia de líquido que debe mantener el operador. (El operador memoriza esa referencia) El amplificador de potencia es el operador y el sensor es visual. El operador compara el nivel real con el deseado y abre o cierra la válvula (actuador) ajustando así la salida de líquido para mantener el nivel deseado.

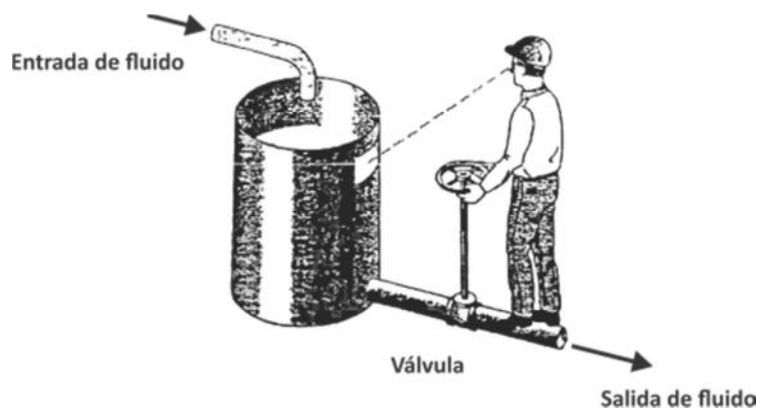


Figura 7: Un sistema de control manual para regular el nivel de líquido en un depósito mediante el ajuste de una válvula de salida. El operador observa el nivel de líquido a través de una mirilla lateral del depósito.

Otros conocidos sistemas de control tienen los mismos elementos básicos del sistema de la figura 6. Un refrigerador tiene un ajuste de temperatura o temperatura deseada, un termostato para medir la temperatura real y el error y un motor compresor para amplificación de potencia. Otros ejemplos en el hogar son los calentadores de agua. En la industria hay controles de velocidad, de presión, temperatura, posición, espesores, composición y calidad, entre muchos otros.

En su concepción moderna, la automatización se puede definir como una tecnología que utiliza órdenes programadas para operar un proceso dado, combinado con realimentación de información para determinar que las órdenes han sido ejecutadas adecuadamente. La automatización se emplea a menudo con procesos que previamente eran operados por humanos. Cuando se automatiza, el proceso puede operar sin ayuda o interferencia humana. De hecho, la mayoría de los sistemas automatizados son capaces de realizar sus funciones con mayor fidelidad y precisión y en menos tiempo que los seres humanos.

Un proceso semi automatizado, es aquel que incorpora tanto seres humanos como robots. Por ejemplo, muchas operaciones en las líneas de montaje de automóviles requieren cooperación entre un operador humano y un robot inteligente.

Un robot es una maquina controlada por una computadora que incorpora una tecnología que está muy asociada con la automatización. La robótica industrial se puede definir como un campo particular de la automatización en el cual la maquina automatizada (esto es, el robot) se diseña para sustituir mano de obra. Así pues, los robots poseen ciertas características propias de los seres humanos. Hoy la característica más común de los seres humanos es un manipulador mecánico que se asemeja algo al brazo y la muñeca humana.

Se conoce que la máquina automática está bien adaptada para algunas tareas (tal como se indica en la tabla 1) y que, en cambio, otras tareas se realizan mucho mejor por los humanos.

Tabla1. Tarea difícil: Humano respecto a máquina automática	
Tareas difíciles para una máquina	Tareas difíciles para un ser humano
Cuidar niños pequeños en una guardería	Inspeccionar un sistema en un ambiente tóxico
Conducir un vehículo por un terreno accidentado	Ensamblar de forma repetitiva un reloj
Identificar las joyas más caras en una bandeja de joyas	Aterrizar un avión de noche con mal tiempo

Otra aplicación muy importante de la tecnología del control está en el control de los automóviles modernos. Se han introducido sistemas de control para la suspensión, dirección y motor. Muchos coches nuevos tienen un sistema de dirección para las cuatro ruedas así como un control antideslizante.

En la figura 8 se muestra un sistema de control de tres ejes para inspeccionar obleas individuales de semiconductores. El sistema emplea un motor específico para mover cada eje a la posición deseada en los ejes x, y, z respectivamente. Este sistema de control es realmente importante para la industria de fabricación de semiconductores.

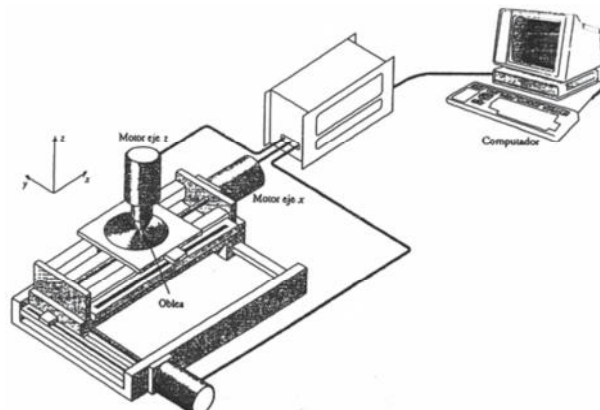


Figura 8: Sistema de control de tres ejes para inspeccionar de forma individual obleas de semiconductor con una cámara de alta sensibilidad.

La industria de energía eléctrica, tiene como principal interés la conversión, control y distribución de energía. El control por computadoras se aplica cada vez más en este tipo de industrias para mejorar el uso eficiente de los recursos energéticos. Las centrales modernas generadoras de electricidad requieren de un sistema de control automático que considere la interrelación de las variables de proceso y la producción óptima de potencia con la mínima emisión de residuos contaminantes. Es común manejar hasta 100 variables en un control coordinado. En la figura 9 se muestra un modelo simplificado con algunas de las variables importantes de control en un sistema generador de energía eléctrica de caldera. Este es un ejemplo de la importancia de medir múltiples variables, tales como presión y oxígeno, con el fin de proporcionar información a la computadora para los cálculos de control.

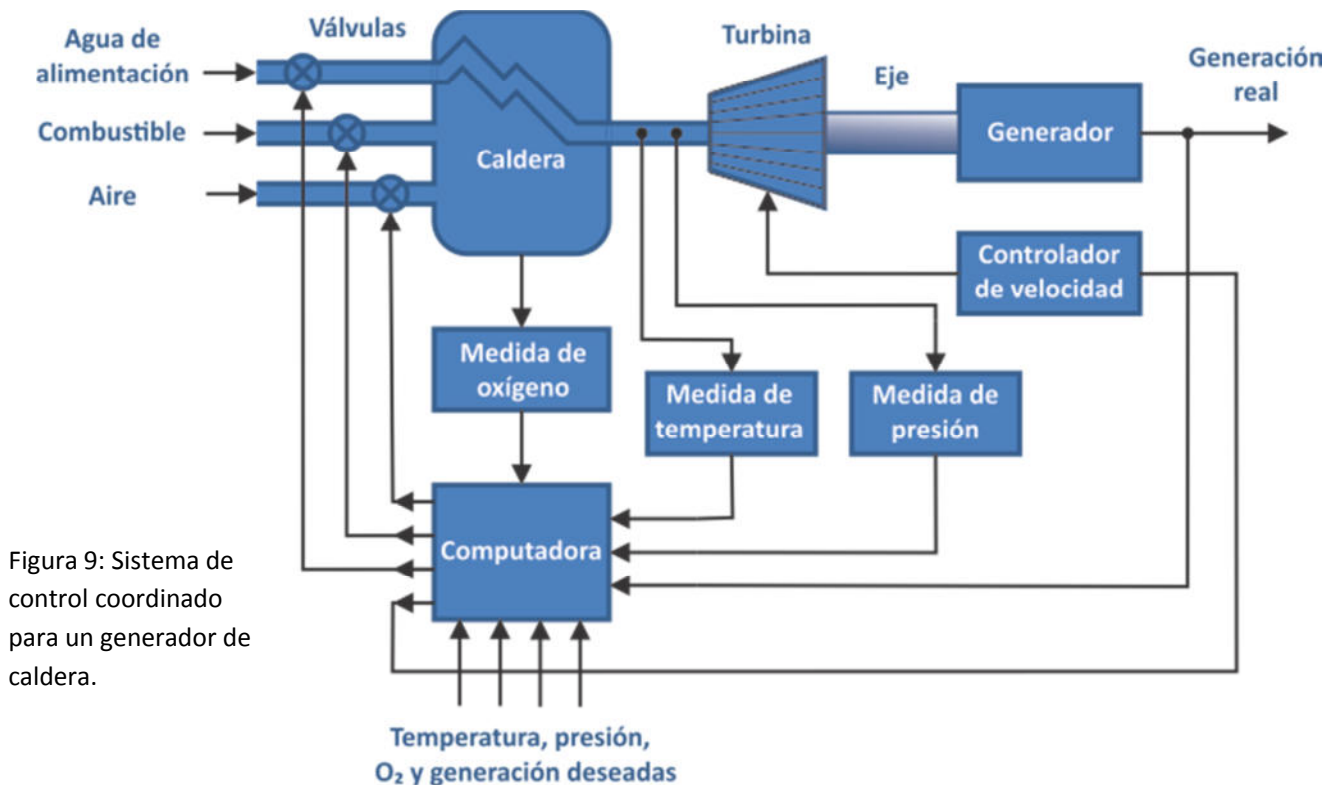


Figura 9: Sistema de control coordinado para un generador de caldera.

En la figura 10 se muestra el diagrama de un sistema de control por computadora. En este caso la computadora es el controlador, es decir el dispositivo de control. En la industria de procesos el factor que frena el avance con respecto a las aplicaciones es la falta de instrumentación para medir todas las variables importantes del proceso, incluidas la calidad y composición del producto. Cuando se tengan disponibles estos instrumentos, se incrementaran considerablemente las aplicaciones de la teoría moderna del control a los sistemas industriales.

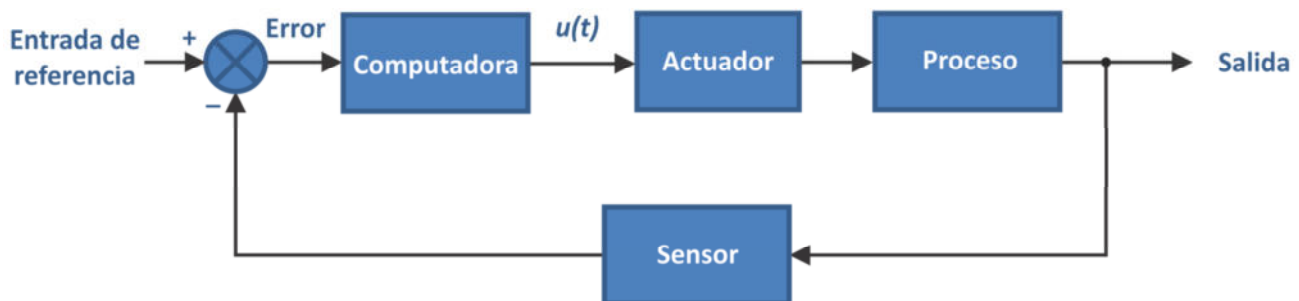


Figura 10: Sistema de control por computador.

Otra industria importante, la metalúrgica, ha tenido considerables éxitos a la hora de controlar automáticamente sus procesos, donde las aplicaciones prácticas de control están más adelantadas que la teoría, por ejemplo, en una laminadora de acero caliente se controlan la temperatura, la anchura, el espesor y la calidad de la chapa.

El aumento del precio de la energía, junto con las amenazas de una reducción en la disponibilidad de ésta, ha dado como resultado nuevos esfuerzos para una gestión automática de energía más eficiente. Se emplea control por computadoras para regular el uso de la energía en la industria, y así estabilizar y conectar uniformemente las cargas para economizar combustible.

Estos conceptos de control por realimentación también se aplican en el desarrollo de nuevos sistemas para controlar automáticamente el almacenamiento e inventario de productos. Además, el interés por el control automático de los sistemas agrícolas va en aumento ya que hay un importante desarrollo en tractores y silos controlados automáticamente.

El control automático de generadores de turbina eólica, de sistemas solares de calor y frío, y del comportamiento de los motores en los automóviles, son importante ejemplos de la actualidad.

Así mismo hay mucho desarrollo en aplicaciones de la teoría de sistemas de control a la experimentación biomédica, el diagnóstico, la prótesis, y los sistemas de control biológicos. Los sistemas de control considerados abarcan desde el nivel celular hasta el sistema nervioso central e incluyen regulación de temperatura y control neurológico, respiratorio y cardiovascular. La mayoría de los sistemas de control fisiológico son sistemas de lazo cerrado, sin embargo no se trata de un regulador sino más bien de una red de control dentro de otra, formando una jerarquía de sistemas. El modelado de la estructura de los procesos biológicos plantea al analista un modelo complejo de orden elevado.

Existen prótesis que auxilian a disminuidos físicos las cuales están controladas automáticamente y se diseñan para proporcionar los medios de ayuda al discapacitado. Este tipo de prótesis emplea señales de fuerza con realimentación y se controla por las señales de control bioeléctrico del muñón, que se reconocen como señales electromiográficas. En la figura 11 se muestra un modelo avanzado de una mano artificial. En el caso que la mano antropomórfica se emplee en una máquina, puede controlarse a través de una comunicación RS-485.



Figura 11: La mano antropomórfica de 5 dedos SVH de SCHUNK es capaz de agarrar casi con la misma perfección que una mano humana.

Intentar modelar los procesos de realimentación esenciales en las esferas social, económica y política es un enfoque que esta poco desarrollado en la actualidad, pero parece tener un futuro interesante. La sociedad, por supuesto, está constituida por muchos sistemas de realimentación y estructuras de regulación que son controladores que ejercen fuerzas necesarias en la sociedad con el objeto mantener una salida deseada.

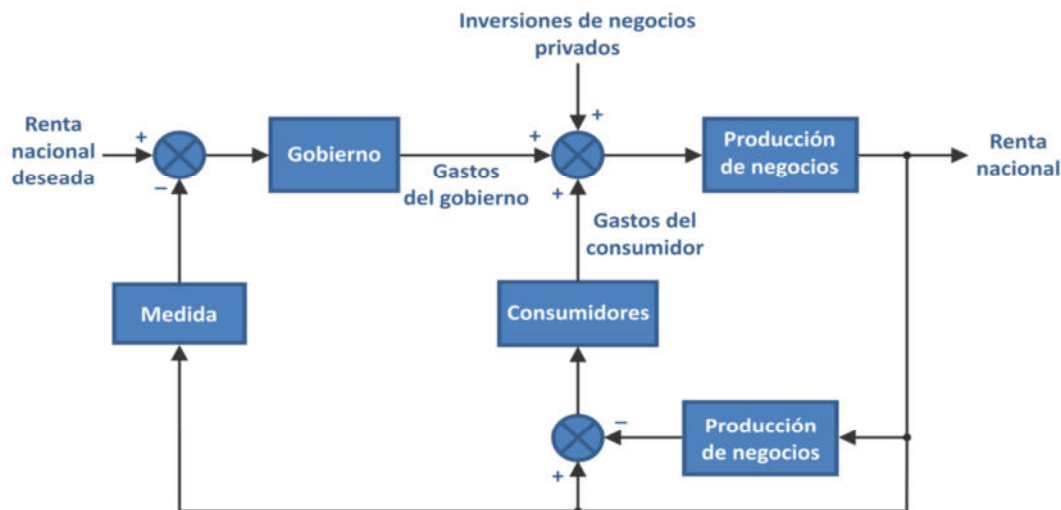


Figura 12: Un modelo de sistema de control con realimentación de la renta nacional.



En la figura 12 se muestra un modelo de parámetros concentrados sencillo del sistema de control de la renta nacional. Este tipo de modelos con realimentación político o social aunque generalmente no es riguroso, sí proporciona información y conocimiento.

### Ensamblaje automático y robots

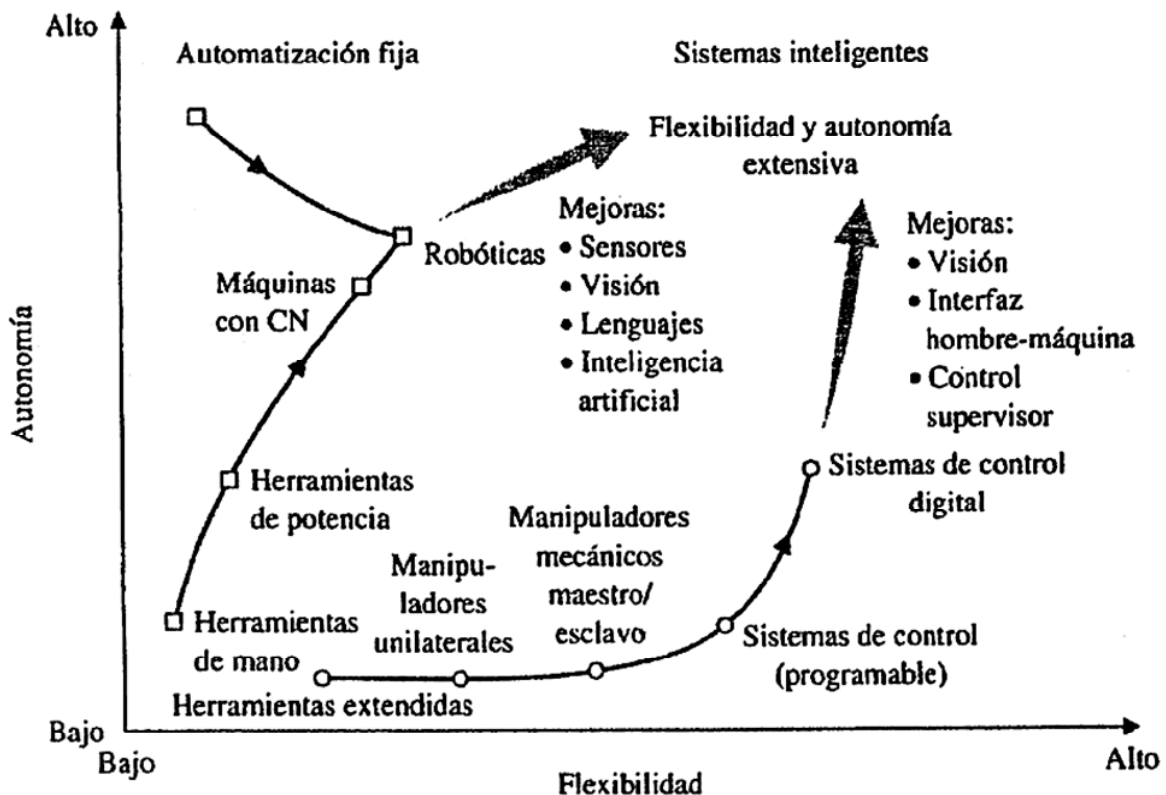
En la actualidad se utilizan miles de robots industriales y de laboratorio. Éstos pueden agarrar objetos pesados, manipularlos, trasladarlos y depositarlos con una precisión casi exacta. Los equipos de manejo automático resultan particularmente útiles para tareas peligrosas, repetitivas, tediosas o sencillas. En la industria se emplean máquinas que automáticamente cargan y descargan, cortan, sueldan o moldean obteniendo en su uso precisión, seguridad, economía y productividad.

El uso de computadoras integradas a las máquinas automáticas que realizan tareas como un trabajador humano fue previsto por varios autores en sus obras futuristas. El termino robot deriva de la palabra *robota* que significa trabajo pesado en el idioma checo.

Como se ha dicho anteriormente los robots son computadoras programables integradas a máquinas que sustituyen con frecuencia a trabajadores humanos en tareas específicas que se repiten. Algunos dispositivos incluso tienen mecanismos antropomórficos, incluyendo aquellos que se podrían reconocer como brazos mecánicos, muñecas y manos.

### La evolución de los sistemas de control

El objetivo continuado de los sistemas de control es proporcionar una gran **flexibilidad** y un elevado nivel de **autonomía**. Tomando como punto de partida estos dos conceptos (flexibilidad y autonomía) podemos aproximarnos al objetivo deseado de lograr sistemas inteligentes desde diferentes caminos de evolución.





Los robots industriales de hoy en día se perciben como bastante autónomos, una vez programados normalmente no requieren ninguna otra intervención. Debido a sus limitaciones sensoriales, estos sistemas robóticos tienen una flexibilidad limitada para adaptarse a cambios en el entorno de trabajo que es la motivación de la investigación de visión por computadora. El sistema de control es muy adaptable, pero descansa en la supervisión humana.

Los sistemas robóticos avanzados están intentando conseguir la adaptabilidad a sus tareas a través de una realimentación sensorial mejorada. Las áreas de investigación se concentran en inteligencia artificial, integración sensorial, visión por computadora y programación CAD/CAM (diseño asistido por computadora/fabricación asistida por computadora) fuera de línea haciendo los sistemas más universales y económicos. Los sistemas de control están avanzando hacia operaciones autónomas como una mejora al control humano. Para reducir la carga de los operarios se llevan a cabo investigaciones en control de supervisor y en el desarrollo de interfaces hombre máquina y con el fin de mejorar la eficiencia del operador humano se aborda la gestión de bases de datos. Muchas actividades de investigación son comunes a la robótica y a los sistemas de control y están orientadas a reducir los costos de implementación y a ampliar el dominio de aplicación. Éstos incluyen métodos de comunicación mejorados y lenguajes de programación avanzados.

### **La práctica en el estudio del control automático**

El estudio de control trata el análisis y diseño de sistemas orientados por objetivos. Como consecuencia se ha incrementado la mecanización de planes de acción dirigidos por objetivo hasta establecer una jerarquía de sistemas de control orientados a un objetivo. La teoría de control moderna tiene que ver con sistemas que poseen características de auto organización, de adaptación, de aprendizaje y precisión.

El control de un proceso industrial (fabricación, producción y otros) por medios automáticos en vez de manuales se suele conocer como automatización. La automatización es frecuente en las industrias químicas, de generación de electricidad, papeleras, automotrices y siderúrgicas entre otras. El concepto de automatización es central para nuestra sociedad industrial. Las máquinas automáticas se usan para aumentar la producción de una planta por trabajador, a fin de compensar los salarios crecientes y los costos inflacionarios. Por esta razón, las industrias están interesadas en la productividad de sus plantas por trabajador. La productividad se define como la relación entre la salida física y la entrada física. En este caso se refiere a la productividad del trabajo, que es la producción real por hora de trabajo. Además la industria busca proporcionar productos que son cada vez más precisos, fiables, exactos, y robustos. Por ejemplo, el control preciso y fiable del comportamiento de un automóvil ha mejorado notablemente desde las décadas pasadas.

La suavización del trabajo humano que ha provocado la tecnología, proceso que comenzó en la prehistoria, siempre está entrando en una nueva etapa. La aceleración del ritmo de la innovación tecnológica, iniciada por la revolución industrial, ha dado como resultado principal hasta no hace mucho el desplazamiento de la fuerza muscular humana de las tareas de producción. La actual revolución en la tecnología computacional está causando un cambio social igualmente importante: la expansión y procesamiento de información a medida que las computadoras extienden el alcance del cerebro humano.

Los sistemas de control se emplean para conseguir: (1) Un incremento de la productividad y (2) Un mejor comportamiento de un dispositivo o sistema. La automatización se emplea para mejorar la productividad y obtener productos de alta calidad. La automatización es ella operación o el control automático de un proceso, dispositivo o sistema. El control automático de máquinas y procesos se emplea para fabricar productos dentro de ciertas tolerancias especificadas y lograr alta precisión.

El termino automatización se popularizo en primer lugar en la industria del automóvil. Se acoplaron líneas de transferencia con máquinas de herramienta automáticas para crear largas líneas de maquinaria que podían producir componentes de motores, como el bloque de cilindros, casi sin la intervención del operador. En la fabricación de elementos de la carrocería se acoplaron mecanismos de alimentación automática con prensas de estampado de alta velocidad para incrementar la productividad en el troquelado de chapa metálica.

En muchas otras áreas en las que los diseños permanecían relativamente estables, como la producción de radiadores, las líneas totalmente automatizadas reemplazaron las operaciones manuales. Con la demanda de una producción flexible, ha crecido la necesidad de una automatización flexible y de la robótica. La teoría, práctica y aplicación de los sistemas de control es una disciplina muy amplia, interesante y muy útil. Quizás por esto es fácil de comprender la motivación para el estudio de los sistemas de control automáticos.

## Diseño de sistemas de control

El diseño de sistemas de control es un proceso complejo en el que la creatividad y el análisis desempeñan un papel fundamental. El diseño es la tarea central del estudiante de sistemas.

**Diseño, es el proceso de concebir o inventar las formas, partes y detalles de un sistema para lograr un objetivo específico.**

El diseño de sistemas de control es un ejemplo específico de diseño tecnológico. Otra vez, el objetivo del diseño en técnicas de control es obtener la configuración, especificaciones e identificación de los parámetros claves de un sistema propuesto para satisfacer una necesidad real.

El primer paso en el proceso de diseño consiste en establecer los objetivos del sistema. Por ejemplo, se puede decir que el objetivo es controlar la velocidad de un motor de manera precisa. El segundo paso es identificar las variables que se desean controlar (por ejemplo, la velocidad del motor). El tercer paso es escribir las especificaciones en función de la precisión que se debe alcanzar. Esta precisión de control requerida conducirá entonces a la identificación de un sensor para medir la variable controlada. Como diseñadores, hay que proceder al primer intento para configurar un sistema que tenga el comportamiento de control deseado. La configuración del sistema normalmente consistirá en un sensor, el proceso bajo control, un actuador y un controlador, tal como se muestra en la figura 6. El siguiente paso consiste en identificar un candidato para el actuador. Esto dependerá, por supuesto, del proceso, pero la actuación seleccionada debe ser capaz de ajustar de forma efectiva el comportamiento del proceso. Por ejemplo, si se desea controlar la velocidad de rotación de un volante, se seleccionará un motor como el actuador. El sensor, en este caso, deberá ser capaz de medir de manera precisa la velocidad. Se obtiene entonces un modelo para cada uno de estos elementos.

El paso siguiente es la selección de un controlador, que con frecuencia consiste en un amplificador de suma que comparará la respuesta deseada y la respuesta real, para luego transferir esta señal de medida del error a un amplificador.

El paso final en el proceso de diseño es el ajuste de los parámetros del sistema con el fin de lograr el comportamiento deseado. Si se puede conseguir el comportamiento deseado ajustando los parámetros se finalizará el diseño y se procederá a documentar los resultados. Si no es así, se necesitará establecer una nueva configuración del sistema y quizás seleccionar un actuador y un sensor mejores. A continuación se repetirán los pasos del diseño hasta que se cumplan las especificaciones o hasta que se decida que éstas son demasiado exigentes y deberían relajarse. En la figura 13 se resume el proceso de diseño del sistema de control.

Las especificaciones de comportamiento describirán cómo debería funcionar el sistema en lazo cerrado e incluirán (1) Buena regulación frente a las perturbaciones, (2) Respuesta deseable a las órdenes de entrada, (3) Señales realistas del actuador, (4) Baja sensibilidad y (5) Robustez.

El proceso de diseño se ha visto notablemente afectado por la aparición de versátiles computadoras y por un software eficaz para el análisis y diseño de sistemas de control. Por ejemplo, el Boeing 777, que incorpora los más avanzados sistemas de vuelo de cualquier avión comercial en Estados Unidos, fue casi enteramente diseñado con herramientas de diseño asistido por computadora. La verificación de los diseños finales con simulaciones virtuales de alta fidelidad resulta esencial. En muchas aplicaciones, la certificación de los sistemas de control en simulaciones realistas representa un costo importante en tiempo y dinero. Los pilotos de prueba del Boeing 777 volaron alrededor de 2400 vuelos en simulaciones de alta fidelidad antes de que se construyese el primer avión.

En lo que refiere específicamente al **controlador** el problema de su diseño consiste en lo siguiente: Dado un modelo del sistema que se desea controlar (incluyendo sus sensores y actuadores) y un conjunto de objetivos de diseño, encontrar un controlador apropiado o determinar si no existe ninguno.

Como sucede con la mayoría de los diseños, el diseño de un sistema de control con realimentación es un proceso iterativo y no lineal. Un buen diseñador debe considerar los fundamentos físicos de la planta que está bajo control, la estrategia de diseño de control, la arquitectura del controlador (esto es que tipo de controlador se va a utilizar) y estrategias eficaces para la sintonía del controlador.

Una vez finalizado el diseño, el controlador se implementa con frecuencia en hardware, por lo que pueden aparecer problemas de comunicación con dicho hardware. Cuando se consideran conjuntamente estas diferentes fases del diseño de los sistemas de control la tarea de diseñar e implementar un sistema de control resulta bastante ardua y compleja.

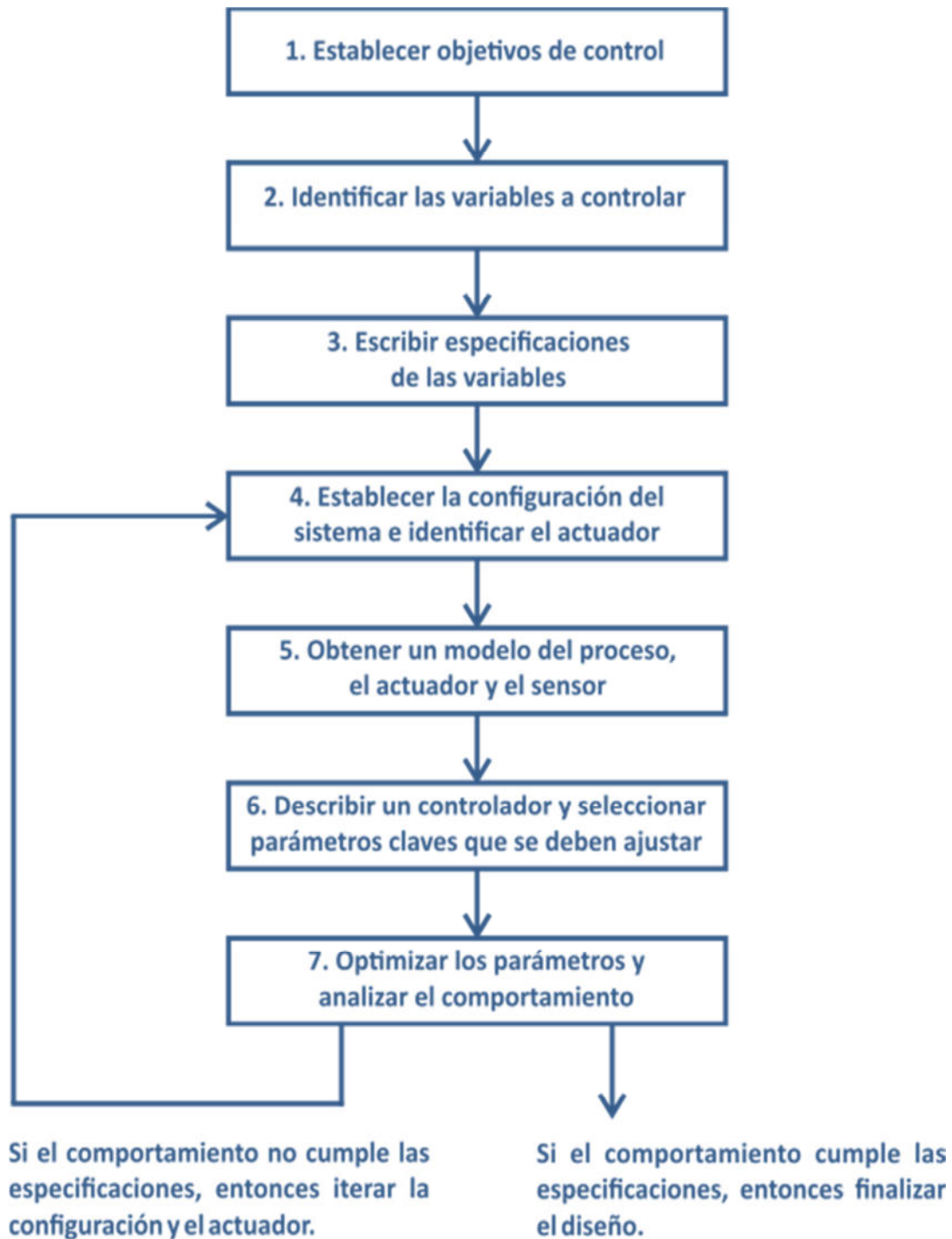


Figura 13: Proceso de diseño de un sistema de control.

## Sistemas mecatrónicos

En la actualidad, una etapa natural del proceso evolutivo del diseño se encuadra en el área conocida como mecatrónica. Mecatrónica, es la integración sinérgica de sistemas mecánicos, eléctricos y computadores, y ha evolucionado dando lugar a una nueva familia de productos inteligentes. El control por realimentación es un aspecto integral de los sistemas mecatrónicos modernos. Se puede comprender la extensión que la mecatrónica alcanza en las diferentes disciplinas considerando los componentes que constituyen la mecatrónica. Los elementos claves de la mecatrónica son: 1) modelado de los sistemas físicos, 2) sensores y actuadores, 3) señales y sistemas, 4) software y adquisición de datos, 5) computadoras y sistemas lógicos.

El control por realimentación contiene aspectos de los cinco elementos claves de la mecatrónica, pero se asocia en primer lugar con los elementos de señales y sistemas, tal como se ilustra en la figura 14.

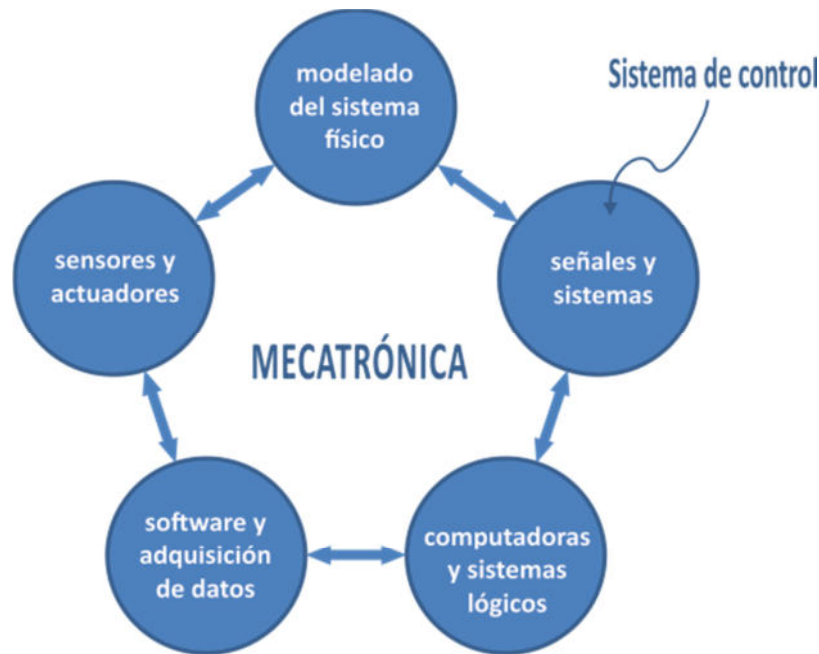


Figura 14: Los elementos claves de la mecatrónica.

Un área importante para el desarrollo de los sistemas mecatrónicos en los cuales los sistemas de control desempeñan un papel muy significativo es el campo de la producción y utilización de energías alternativas.

La filosofía del diseño mecatrónico se puede ilustrar de forma efectiva con el ejemplo de la evolución del automóvil. Antes, la radio era el único dispositivo electrónico significativo en un automóvil. Hoy los automóviles tienen microcontroladores, actuadores como motores electrónicos, multitud de sensores y miles de líneas de código de programación. Un automóvil moderno ya no puede clasificarse como una máquina estrictamente mecánica, ya que ha sido transformado en un sistema mecatrónico muy amplio.

## Ejemplo de diseño: Control de velocidad de una mesa giratoria

Muchos dispositivos modernos utilizan una mesa giratoria para rotar un disco a velocidad constante. Por ejemplo, Un reproductor de CD, una unidad de disco de una computadora y un tocadiscos requieren de una velocidad constante de rotación a pesar del desgaste, las variaciones del motor y otros cambios de sus componentes.

El objetivo es diseñar un sistema para el control de velocidad de una mesa giratoria que asegure que la velocidad real de rotación este dentro de un porcentaje especificado de la velocidad deseada. Se considerara un sistema sin realimentación y un sistema con realimentación.

Para obtener la rotación del disco, se seleccionara un motor de cc como el actuador, ya que proporciona una velocidad proporcional al voltaje aplicado al motor. Para voltaje de entrada al motor se seleccionará un amplificador que pueda proporcionar la potencia requerida.

En la figura 15(a) se muestra el sistema en lazo abierto (sin realimentación). El sistema emplea una batería para proporcionar una tensión que es proporcional a la velocidad deseada. Este voltaje se amplifica y se aplica al motor.

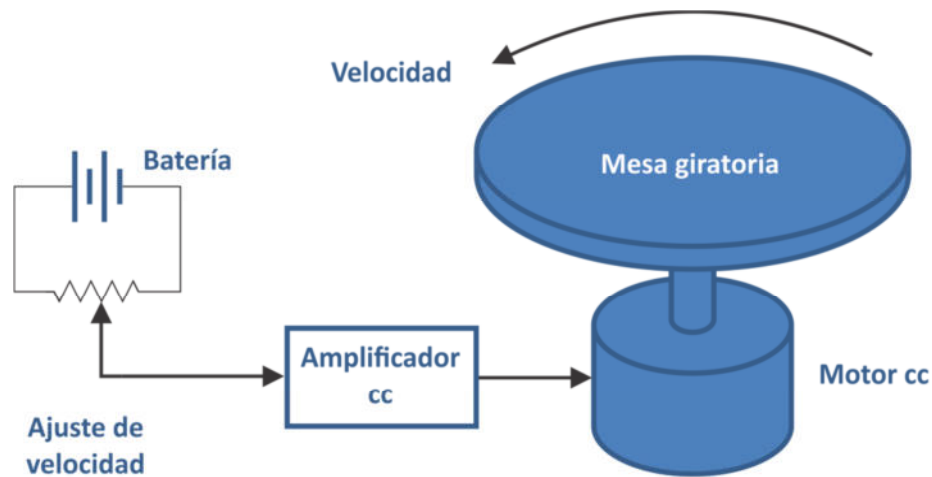
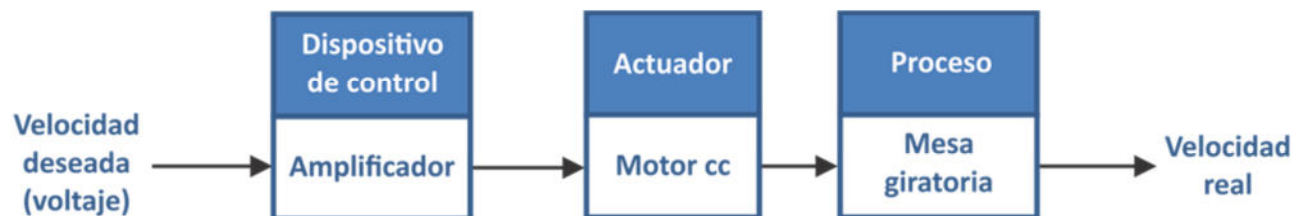


Figura 15. a) Control de velocidad en lazo abierto (sin realimentación) de una mesa giratoria.



b) Diagrama de bloques.

### Resumen: Sistema de lazo abierto

En cierta situación, por ejemplo si no hay perturbaciones o la salida es difícil de medir, puede ser deseable utilizar un sistema de control de lazo abierto. Por lo tanto, es conveniente resumir las ventajas y desventajas de utilizar un sistema de control de lazo abierto.

#### Ventajas más importantes:

1. Construcción simple y facilidad de mantenimiento.
2. Menos costosos que el correspondiente sistema en lazo cerrado.
3. No hay problema de estabilidad.
4. Conveniente cuando la salida es difícil de medir o económicamente no viable (lavarropas).

#### Desventajas más importantes:

1. Las perturbaciones y los cambios en la calibración originan errores, y la salida puede ser diferente de lo que se desea.
2. Para mantener la calidad requerida en la salida, es necesaria la recalibración periódica del sistema.

En la figura 15(b) se muestra el diagrama en bloques del sistema en lazo abierto identificando el dispositivo de control, el actuador y el proceso.

Para obtener un sistema realimentado con la forma general de la figura 6, se necesitará seleccionar un sensor. Un sensor útil para esta aplicación es un tacómetro que suministra un voltaje de salida proporcional a la velocidad de su eje. Así, el sistema con realimentación en lazo cerrado toma la forma que se muestra en la figura 16 (a). En la figura 16 (b) se muestra el diagrama de bloques del sistema con realimentación. El voltaje de error se genera por la diferencia entre el voltaje de entrada y el voltaje del tacómetro.

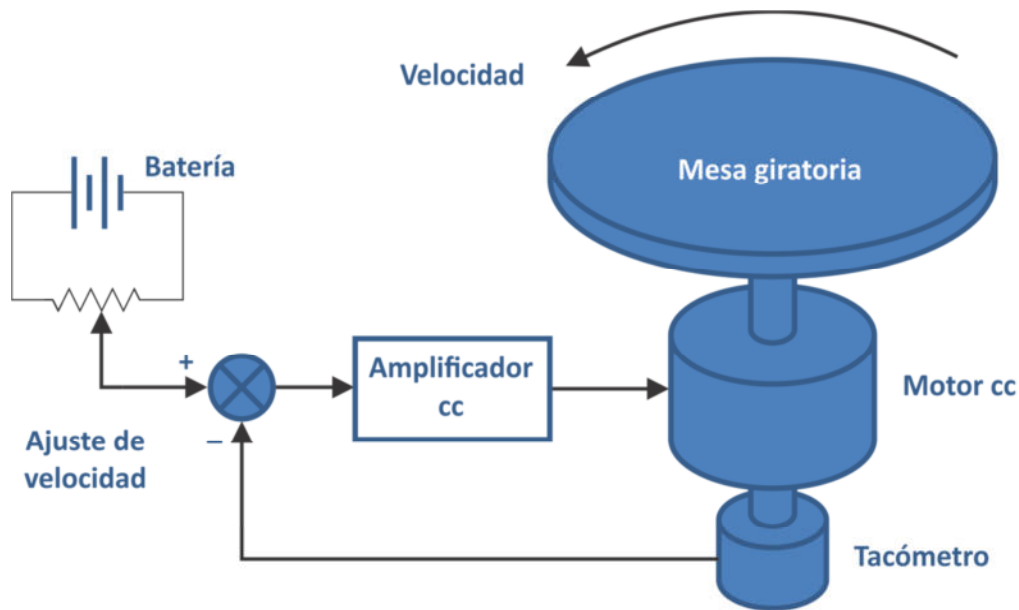
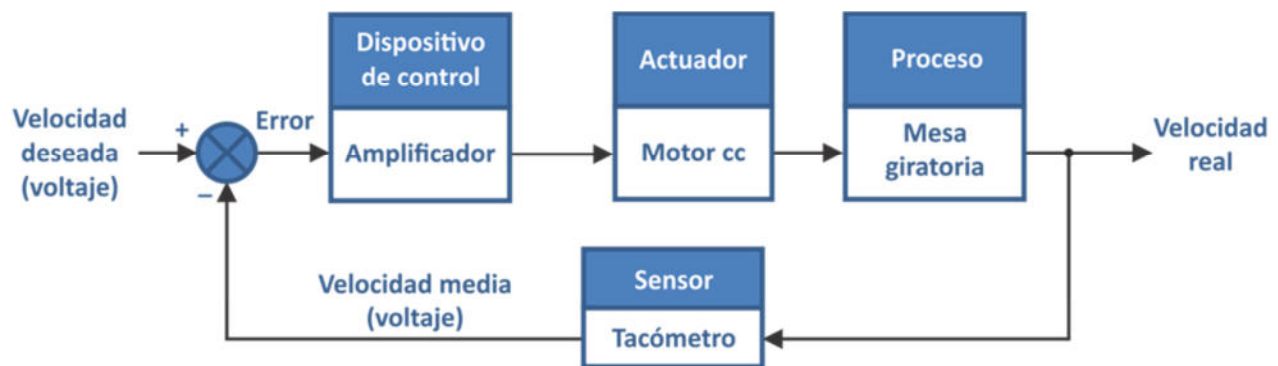


Figura 16. a) Control de velocidad en lazo cerrado de una mesa giratoria.

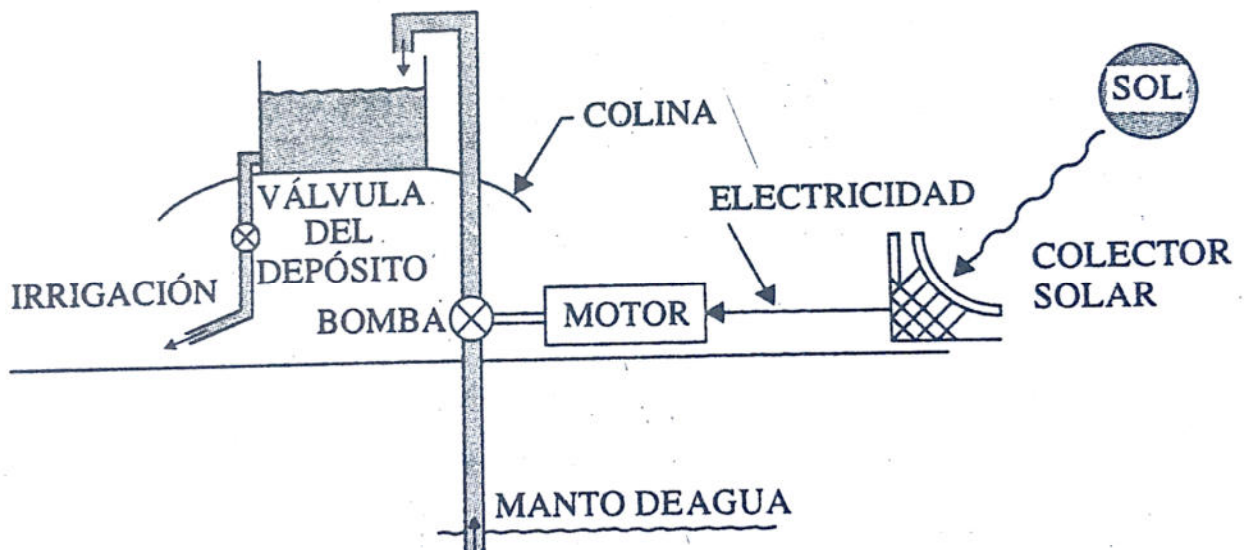


b) Diagrama de bloques.

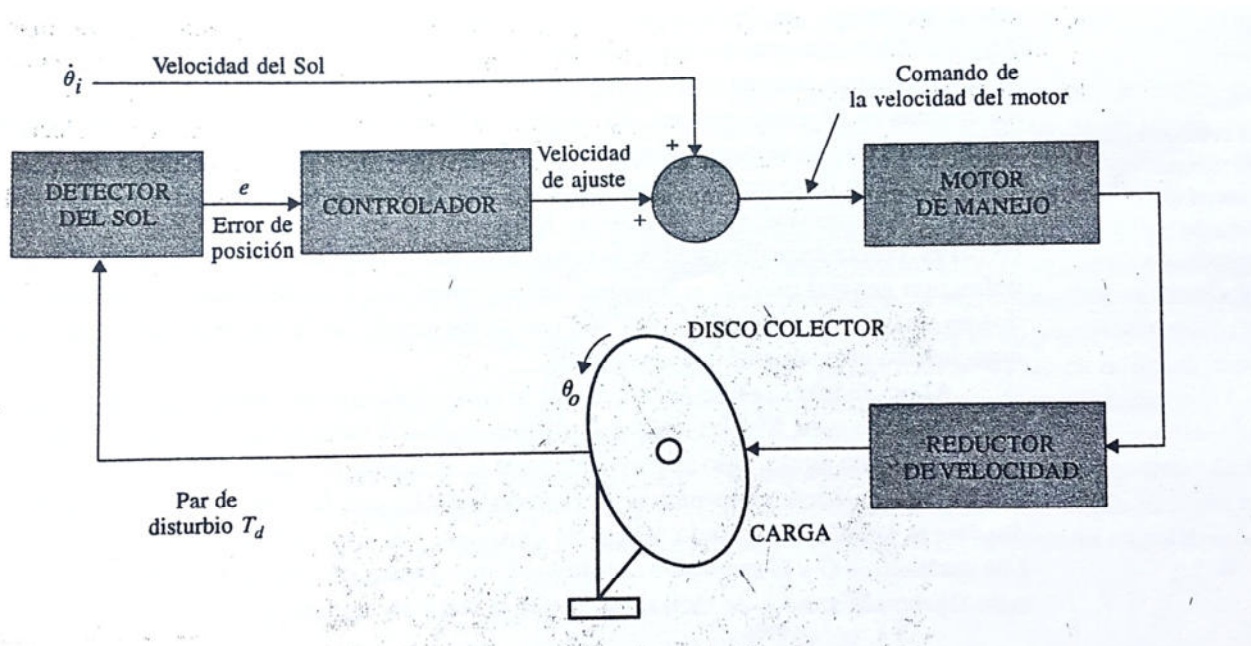
Se espera que el sistema con realimentación de la figura 16 sea superior al sistema en lazo abierto de la figura 15 ya que el sistema en lazo cerrado responderá a los errores y operará para reducirlos. Con componentes de precisión, se podría conseguir reducir el error del sistema con realimentación a una centésima del error del sistema en lazo abierto.



## Otros ejemplos de sistemas de control

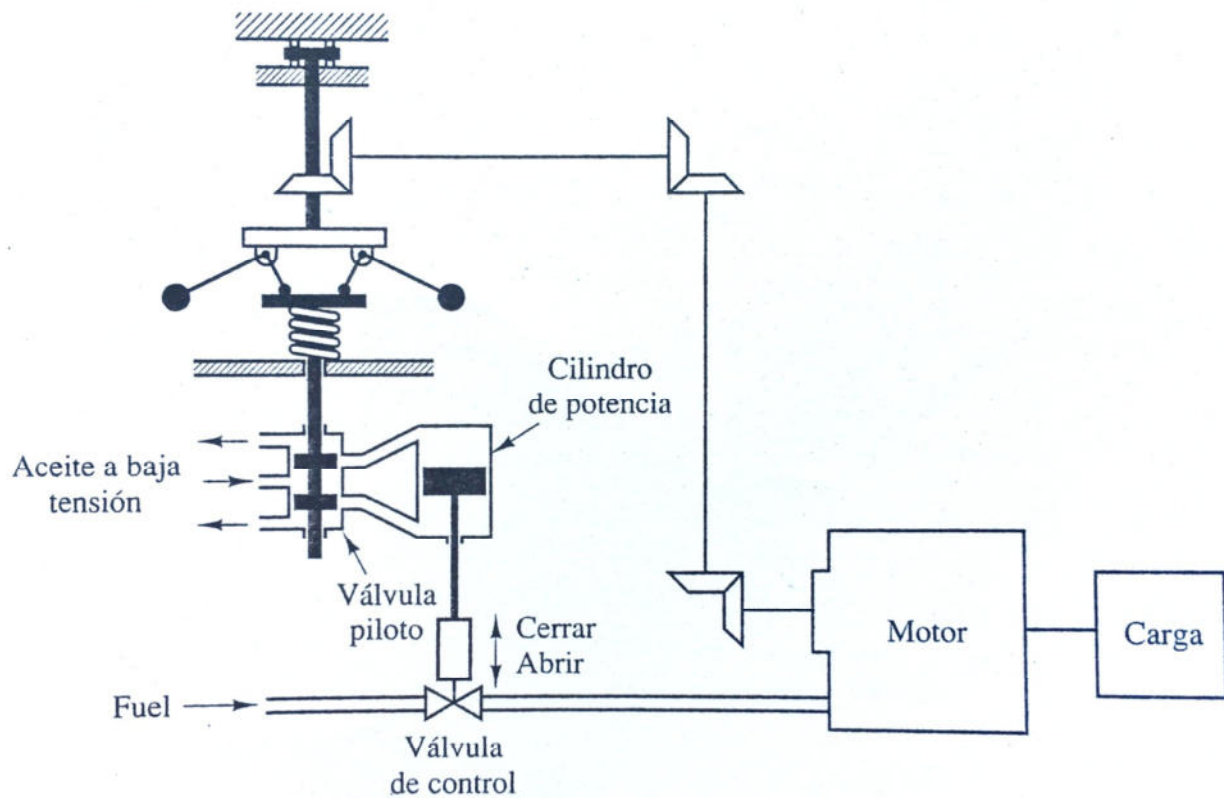


Ejemplo 1. Método conceptual para la extracción eficiente de agua que emplea energía solar.

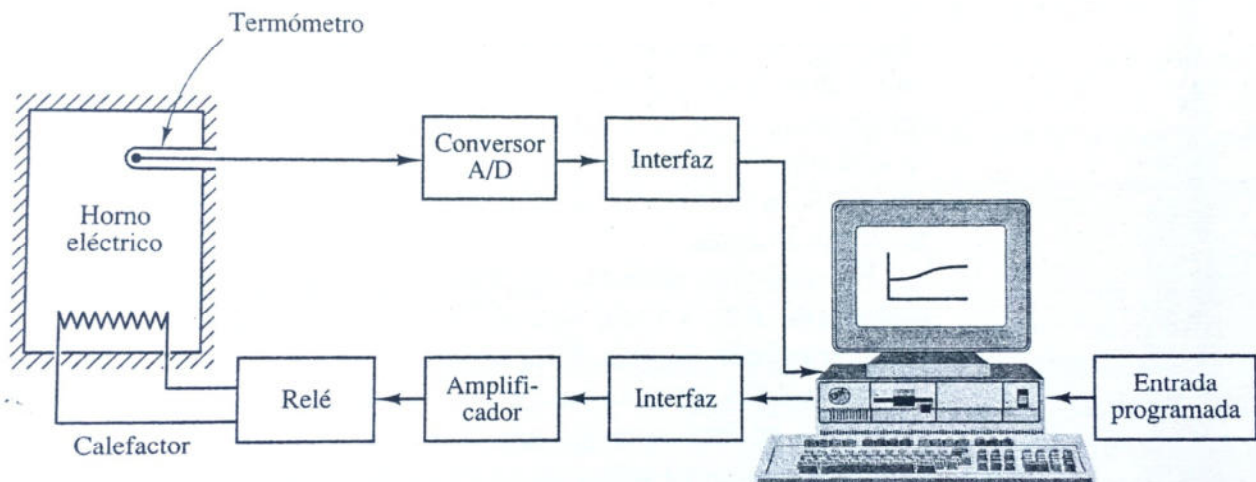


Ejemplo 2. Componentes importantes del sistema de control seguidor del sol.

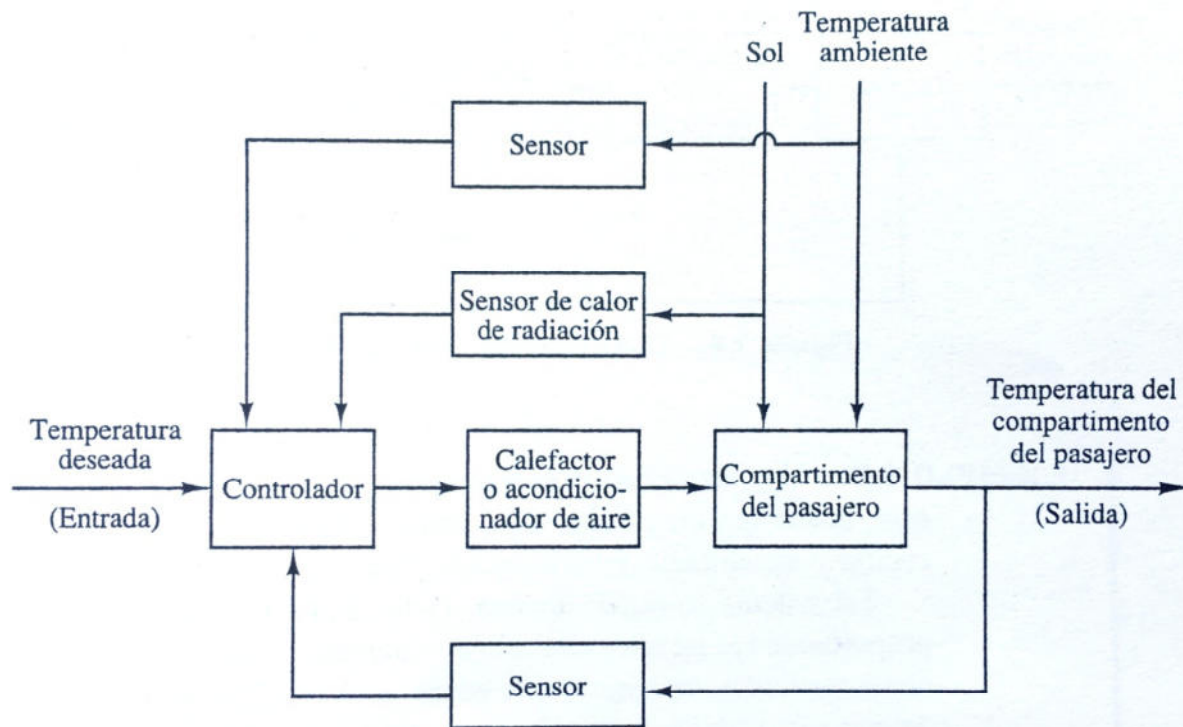




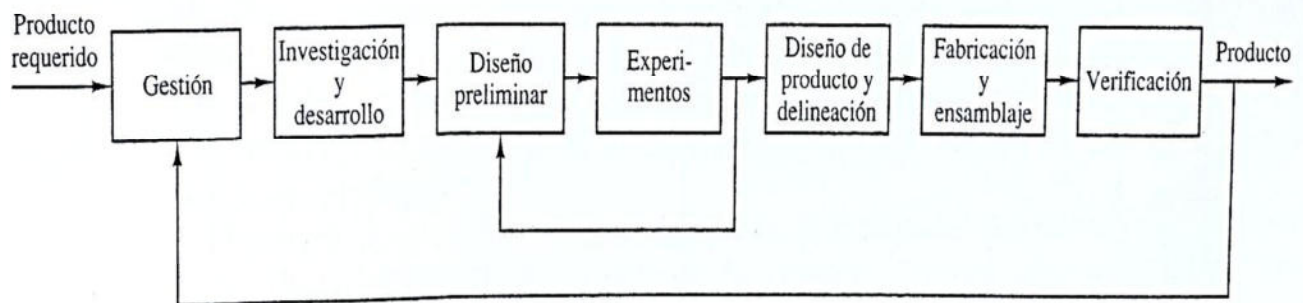
### Ejemplo 3. Sistema de control de Velocidad.



#### Ejemplo 4. Sistema de control de temperatura.



**Ejemplo 5. Control de temperatura del compartimento de pasajeros de un coche.**



**Ejemplo 6. Diagrama de bloques de un sistema de organización en ingeniería.**