



# Sistemas Automáticos

## Tema 1



# Tema 1

## Sistemas Automáticos

- **Introducción**
- Definiciones Básicas
- Concepto general de realimentación
- Tipología de los sistemas de control:
  - sistemas de regulación
  - sistemas de control secuencial
- Automatización de plantas o procesos industriales
  - Tecnologías para la Automatización
  - Esquema típico de la Automatización Industrial
- Ejemplos



# Introducción

- El control aparece en casa, en los coches, en la industria, y en los sistemas de comunicación y transporte.
- Cada vez se convierte en un elemento más crítico si falla.
- Necesario para diseño de material e instrumentación usado en ciencias básicas
- Aparecen principios de control en Economía, Biología y Medicina
- El control es inherentemente multidisciplinario (proceso, técnicas de control, tecnología de sensores y actuadores, ...)
- Implica un corte horizontal a las fronteras tradicionales de los departamentos.



## ¿Por qué un ingeniero debe saber control?

- Prácticamente todos los ingenieros lo van a usar e incluso algunos diseñarán sistemas de control.
- El control es un elemento esencial de prácticamente todos los sistemas de ingeniería.

Si los diseños se basan sólo en el comportamiento estático los resultados pueden ser pobres.

- Permite otorgar grados de libertad extra a los diseñadores.



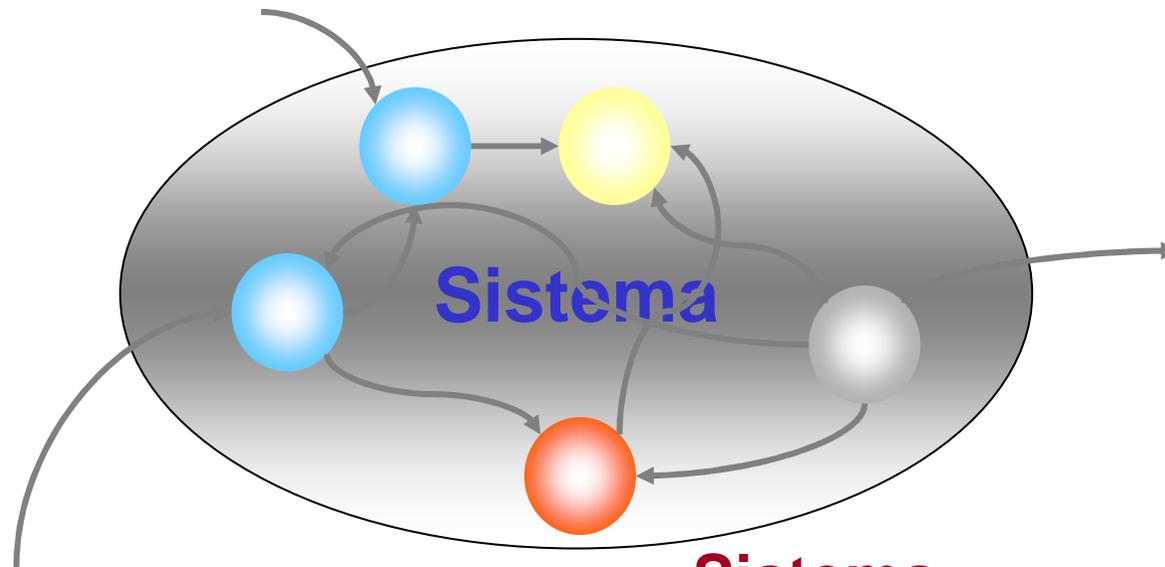
# Tema 1

## Sistemas Automáticos

- Introducción
- **Definiciones Básicas**
- Concepto general de realimentación
- Tipología de los sistemas de control:
  - sistemas de regulación
  - sistemas de control secuencial
- Automatización de plantas o procesos industriales
  - Tecnologías para la Automatización
  - Esquema típico de la Automatización Industrial
- Ejemplos



# La Ingeniería de Sistemas y Automática



## **Sistema**

*Cualquier entidad compleja constituida por un conjunto de elementos que guardan entre sí una relación de influencia, formando un entramado que asocia unos elementos con otros.*



# La Ingeniería de Sistemas y Automática

## Ingeniería

*Aplicación de la ciencia y las matemáticas mediante las cuales la materia, la información y las fuentes de energía en la naturaleza se hacen útiles a la gente.*

## Ingeniería de Sistemas

*Organización e integración de máquinas y elementos funcionales de diferente naturaleza –incluidos los humanos- en unidades operativas eficientes.*

## Automática

*Disciplina que trata de los métodos y procedimientos cuya finalidad es la sustitución del operador humano por un operador artificial en la ejecución de una tarea física o mental previamente programada.*



## Control

Regulación, manual o automática, sobre un sistema

## Automatismo

Dispositivo que se encarga de controlar el funcionamiento del proceso capaz de reaccionar ante las situaciones que se presenten.

## Sistema Automático

Proceso dotado de elementos o dispositivos que se encargan de controlar el funcionamiento del mismo, de forma que pueda operar en cierta medida de forma autónoma, sin intervención humana.

**Sistema Automático = Proceso + Automatismo**



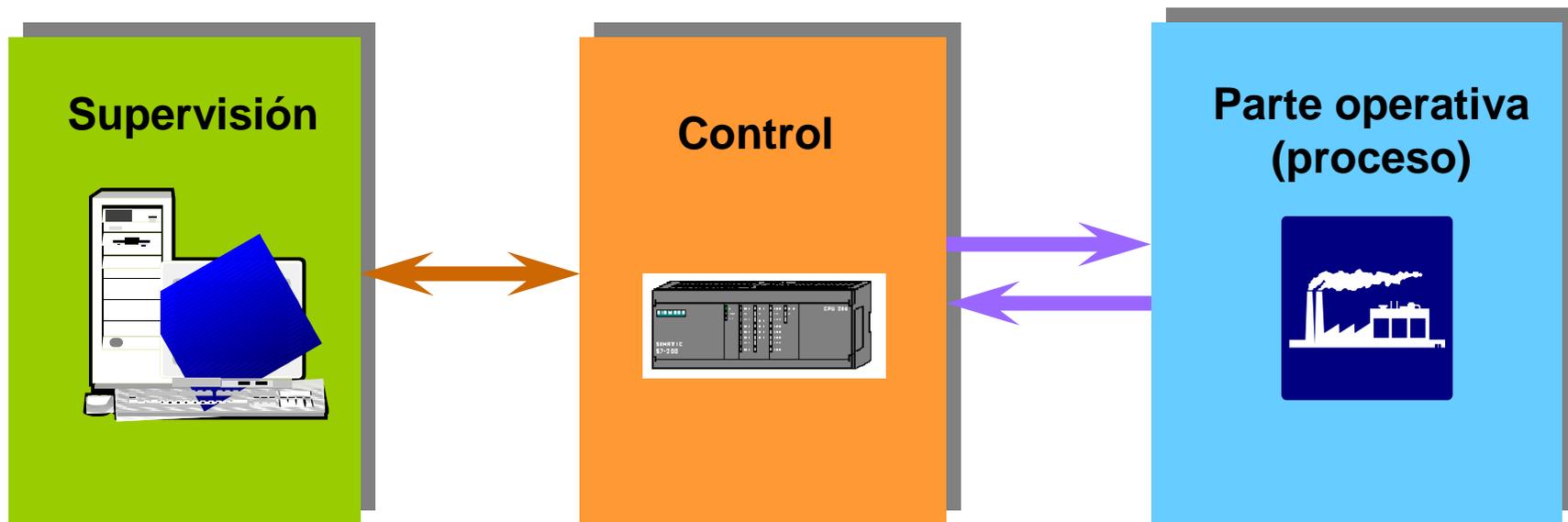
# Tema 1

## Sistemas Automáticos

- Introducción
- Definiciones Básicas
- **Concepto general de realimentación**
- Tipología de los sistemas de control:
  - sistemas de regulación
  - sistemas de control secuencial
- Automatización de plantas o procesos industriales
  - Tecnologías para la Automatización
  - Esquema típico de la Automatización Industrial
- Ejemplos



## Esquema general de un Sistema Automatizado

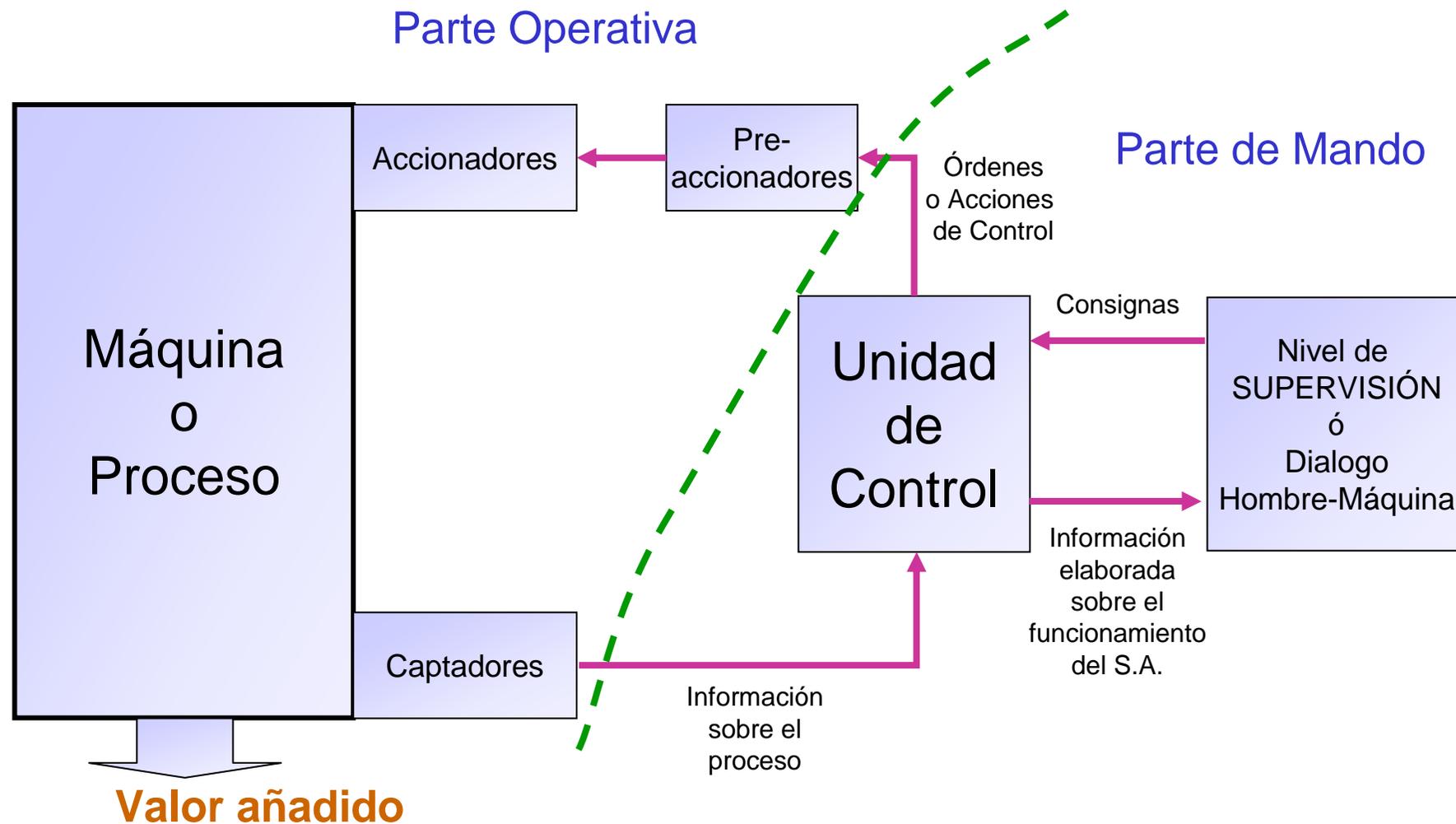




## Esquema general de un Sistema Automatizado



## Sistema Automático: Concepto de Lazo o Bucle





## Sistema Automático: Concepto de Lazo o Bucle

Todo SA, por simple que sea, se basa en la idea de Bucle o Lazo:

### Captadores

Mediante los captadores, percibe la *condición* o *estado* del proceso

### Automatismo o Unidad de Control

En la U.C. existirá algún “algoritmo” o “principio de control” que en función del estado del proceso, calcula acciones de control u órdenes tendentes a llevar dicho proceso al estado deseado de funcionamiento

### Actuadores

Dichas órdenes son traducidas a acciones de control, que son aplicadas al proceso mediante los accionadores o actuadores

### Nivel de Supervisión

El automatismo puede generar también información elaborada del proceso o recibir consignas de funcionamiento hacia o desde un nivel superior de supervisión



## Lazo abierto y Lazo cerrado

### Lazo Abierto

Sin concurrencia de la información del estado del proceso.

La acción de control no es afectada por la salida del sistema.

- Tostadora
- Lavadora automática
- Pedal del acelerador (aunque aquí el lazo lo cierra el conductor)

### Lazo Cerrado

Las acciones de control dependen de la referencia y de la propia salida del sistema

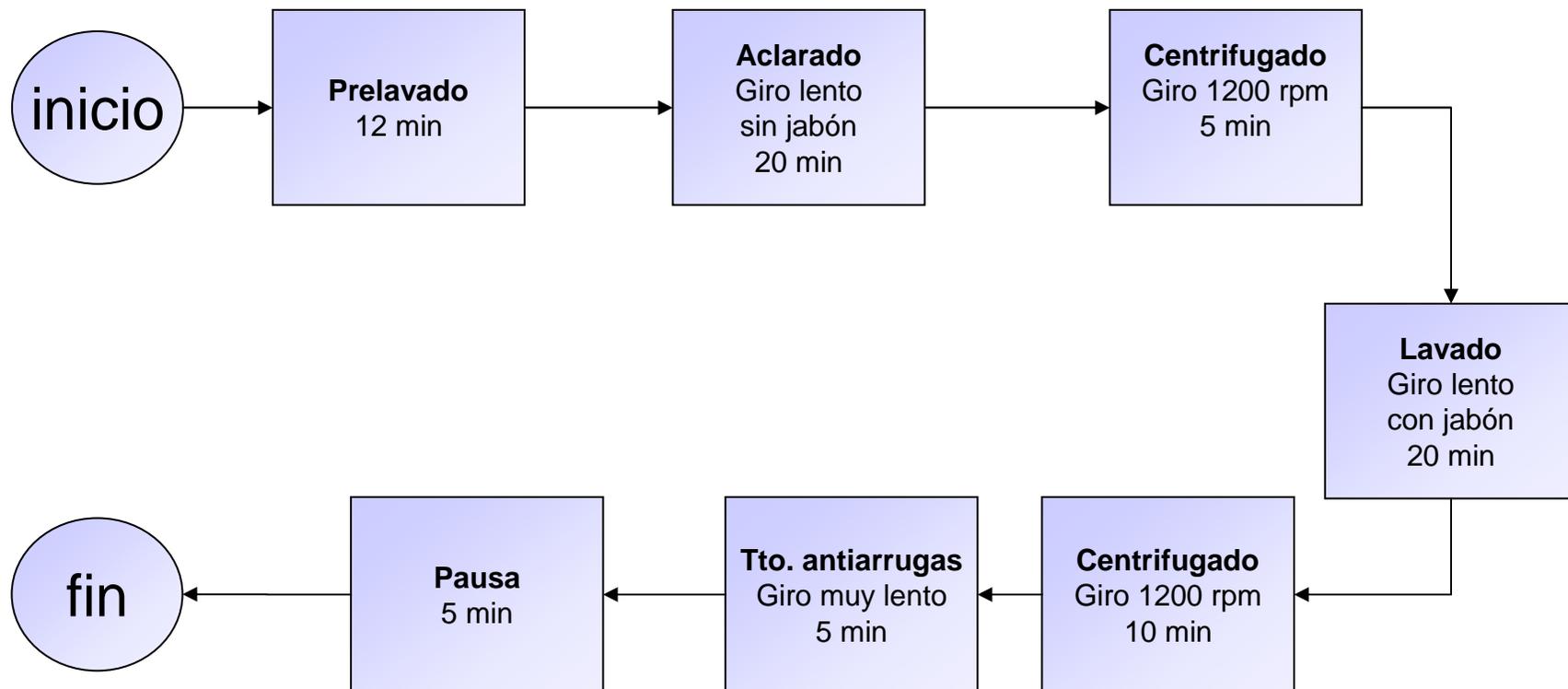
- Piloto automático de un avión
- Ducha
- Termostato
- Sistema de hidratación del cuerpo humano (sed)



## Ejemplo de sistema en Lazo Abierto: Lavadora

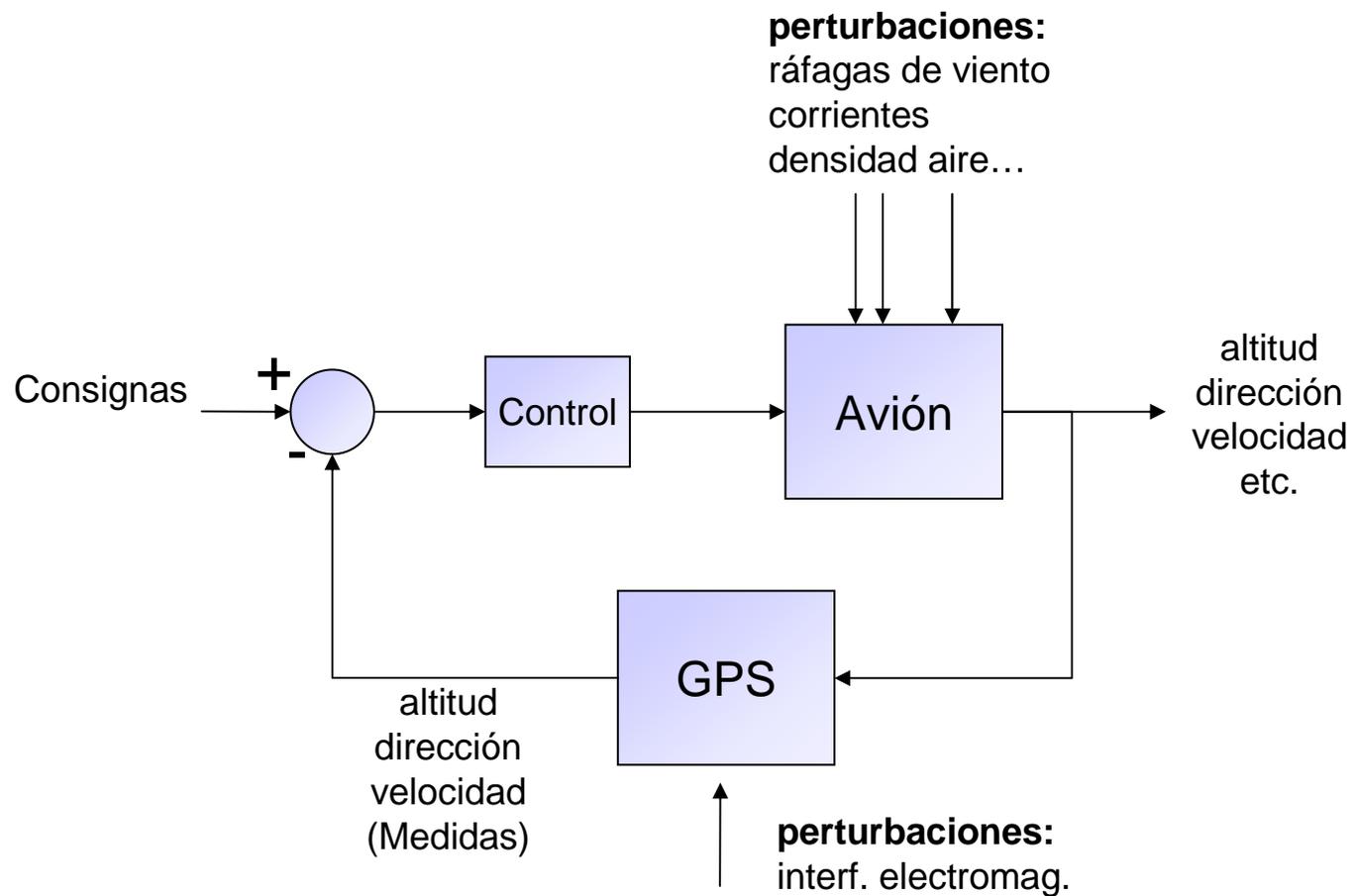
En principio sin concurrencia de sensores

Nota: No obstante existen lavadoras que miden nivel de carga y suciedad: eso sería bucle cerrado





## Ejemplo de sistema en Lazo Cerrado: Sistema de Piloto Automático





# Tema 1

## Sistemas Automáticos

- Introducción
- Definiciones Básicas
- Concepto general de realimentación
- **Tipología de los sistemas de control:**
  - sistemas de regulación
  - sistemas de control secuencial
- Automatización de plantas o procesos industriales
  - Tecnologías para la Automatización
  - Esquema típico de la Automatización Industrial
- Ejemplos



## **Dos grandes tipos de Sistemas Automáticos de control:**

Sist. Automáticos de control Secuencial

Sist. Automáticos de Regulación



## Sistemas Automáticos de Control Secuencial

### Evento Discreto:

Ocurrencia de una característica en la evolución de una señal (flanco de subida, paso por un cierto nivel, pulso, llegada de un dato, ...). Suele representarse por un valor booleano  $\{0,1\}$

### Sistemas de eventos discretos:

Sistemas dinámicos que cambian de estado ante la ocurrencia de eventos discretos. Generalmente el estado sólo puede adquirir un conjunto discreto de valores y puede ser representado de forma simbólica en vez de numérica.

### Sistemas Automáticos de Control Secuencial:

Son los sistemas automáticos en los que el proceso a controlar es un sistema de eventos discretos



## Sistemas Automáticos de Regulación

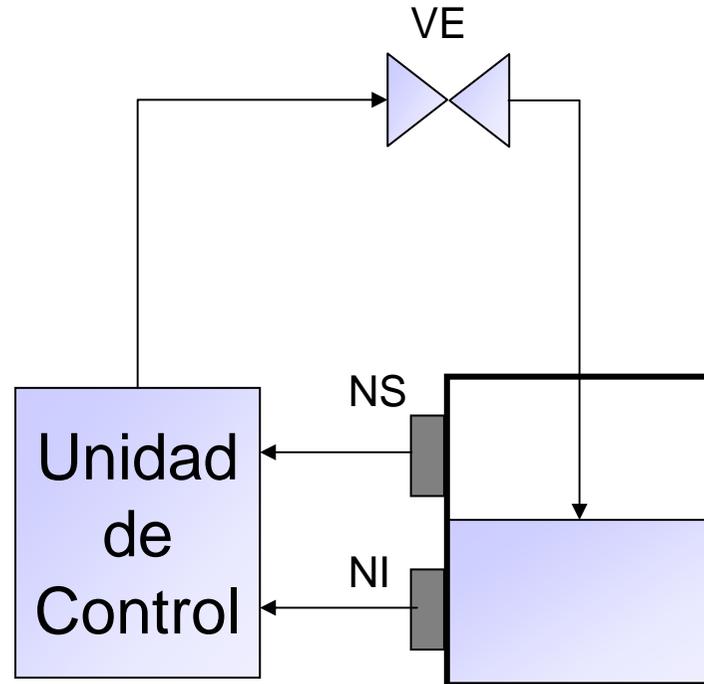
Son los sistemas automáticos en los que el proceso a controlar es continuo.

Habitualmente se persigue que un conjunto de una o varias variables continuas del proceso alcancen valores especificados por otras tantas referencias o consignas.

### Ejemplos:

- Piloto automático de control de altura en un avión
- Sistema biológico de regulación de la presión arterial
- Sistema de control de la posición de un brazo robot
- Sistema de control de posición del cabezal de un disco óptico

## Sist. de control Secuencial



### Automatismo

función lógica:

*si NS=1 entonces VE=0*

*si NI=0 entonces VE = 1*

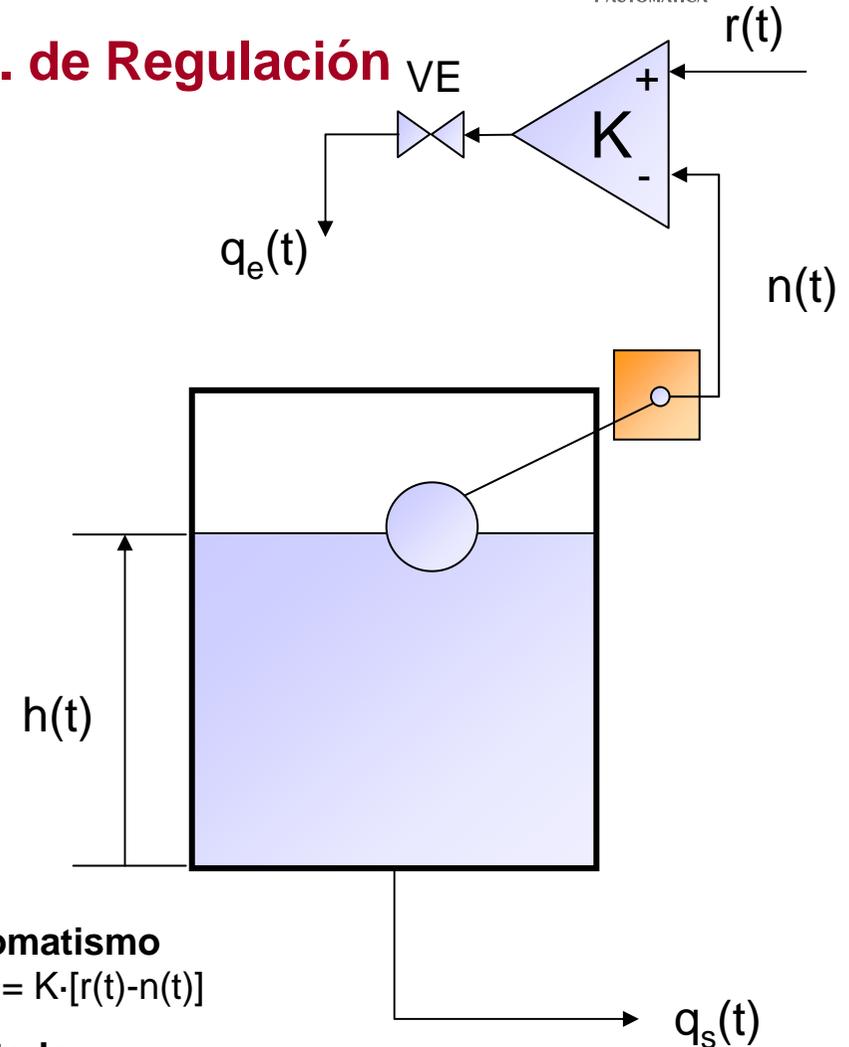
### Captadores

Sensores de nivel NS, NI

### Actuadores

Válvula todo-nada VE

## Sist. de Regulación



### Automatismo

$$q_e(t) = K \cdot [r(t) - n(t)]$$

### Captador

Flotador

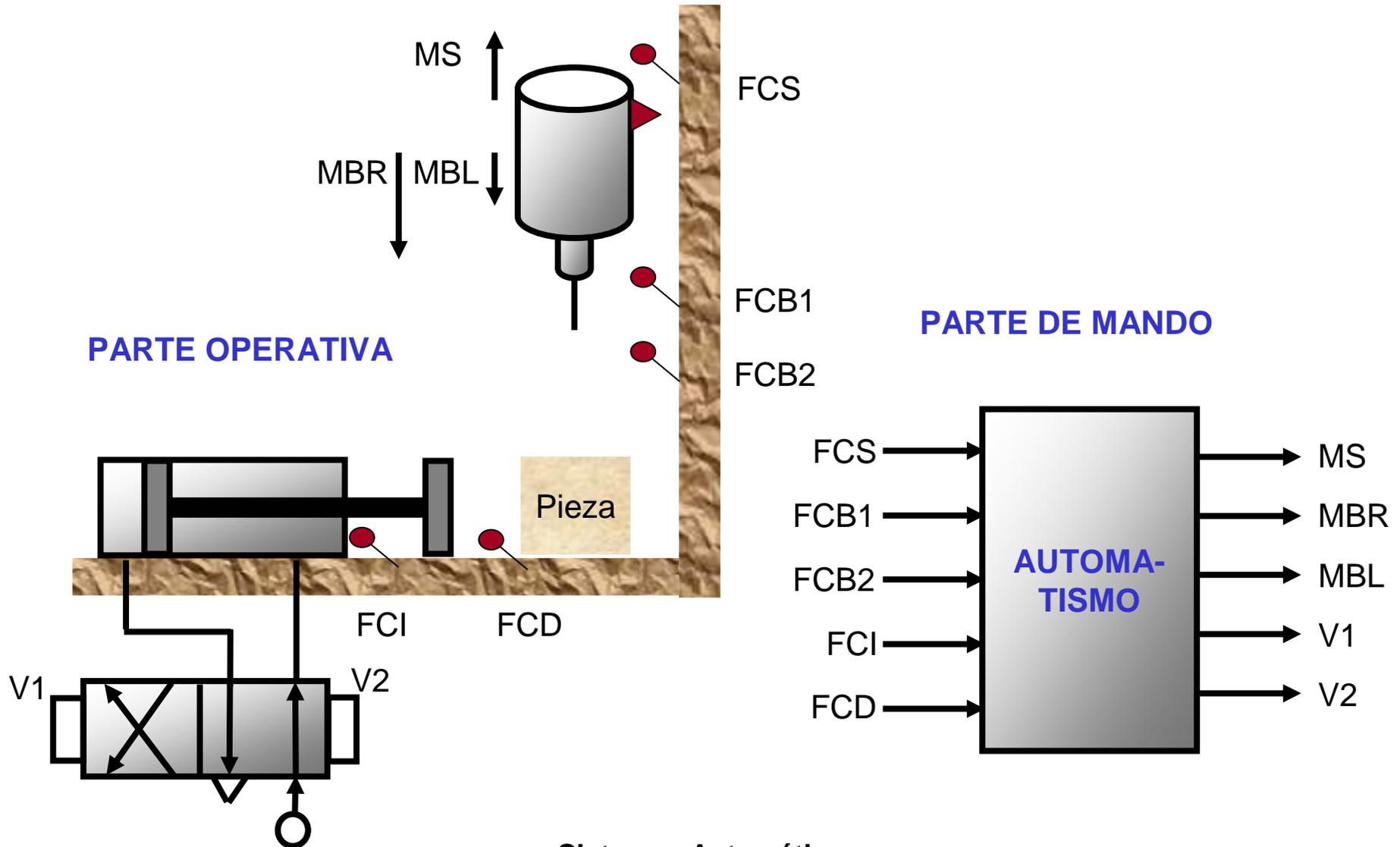
### Actuadores

Válvula proporcional VE

### Referencia

Se da una señal de referencia de forma explícita

# Ejemplo de Sistema Automático de control Secuencial





# Tema 1

## Sistemas Automáticos

- Introducción
- Definiciones Básicas
- Concepto general de realimentación
- Tipología de los sistemas de control:
  - sistemas de regulación
  - sistemas de control secuencial
- **Automatización de plantas o procesos industriales**
  - Tecnologías para la Automatización
  - Esquema típico de la Automatización Industrial
- Ejemplos



# Tecnologías para la Automatización

## Tecnología Cableada

Implementación física de la lógica de la Unidad de Control.

### Familias tecnológicas:

- Mecánicos
- Neumáticos
- Hidráulicos
- Eléctricos
- Electrónicos, etc.

### Ventajas:

- Simplicidad
- Adecuadas para problemas sencillos

### Ejemplos:

- Control de nivel de líquido por flotador
- Regulador de Watt
- Cuadros de mando por contactores

### Inconvenientes:

- Ocupa mucho espacio
- Poca flexibilidad
- Mantenimiento costoso
- No adaptados a funciones de control complejas



# Tecnologías para la Automatización

## Tecnología Programada

Utilización de dispositivos capaces de ejecutar algoritmos, dotados de entradas y salidas analógicas y/o digitales

### Familias tecnológicas:

- Microprocesadores (ordenadores de proceso)
- Microcontroladores
- Autómatas Programables (PLC's)
- DSP's

### Inconvenientes:

- Complicados y caros para aplicaciones simples

### Ejemplos:

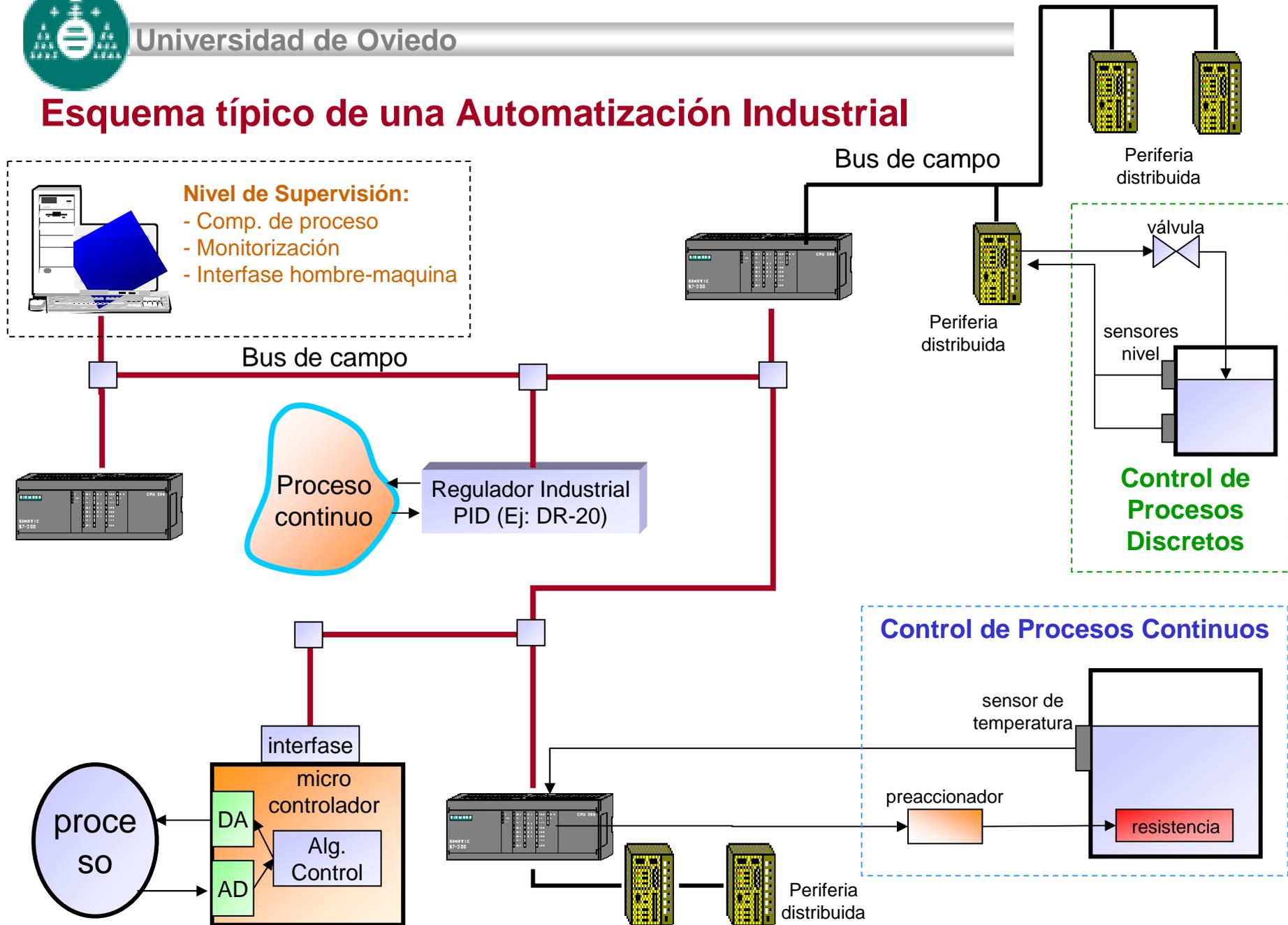
- Automatización industrial con PLC's
- Accionamientos de Control Vectorial basados en DSP's

### Ventajas:

- Flexibilidad
- Ocupan poco espacio
- Coste compensa para aplicaciones de complicación media/alta
- Mantenimiento sencillo

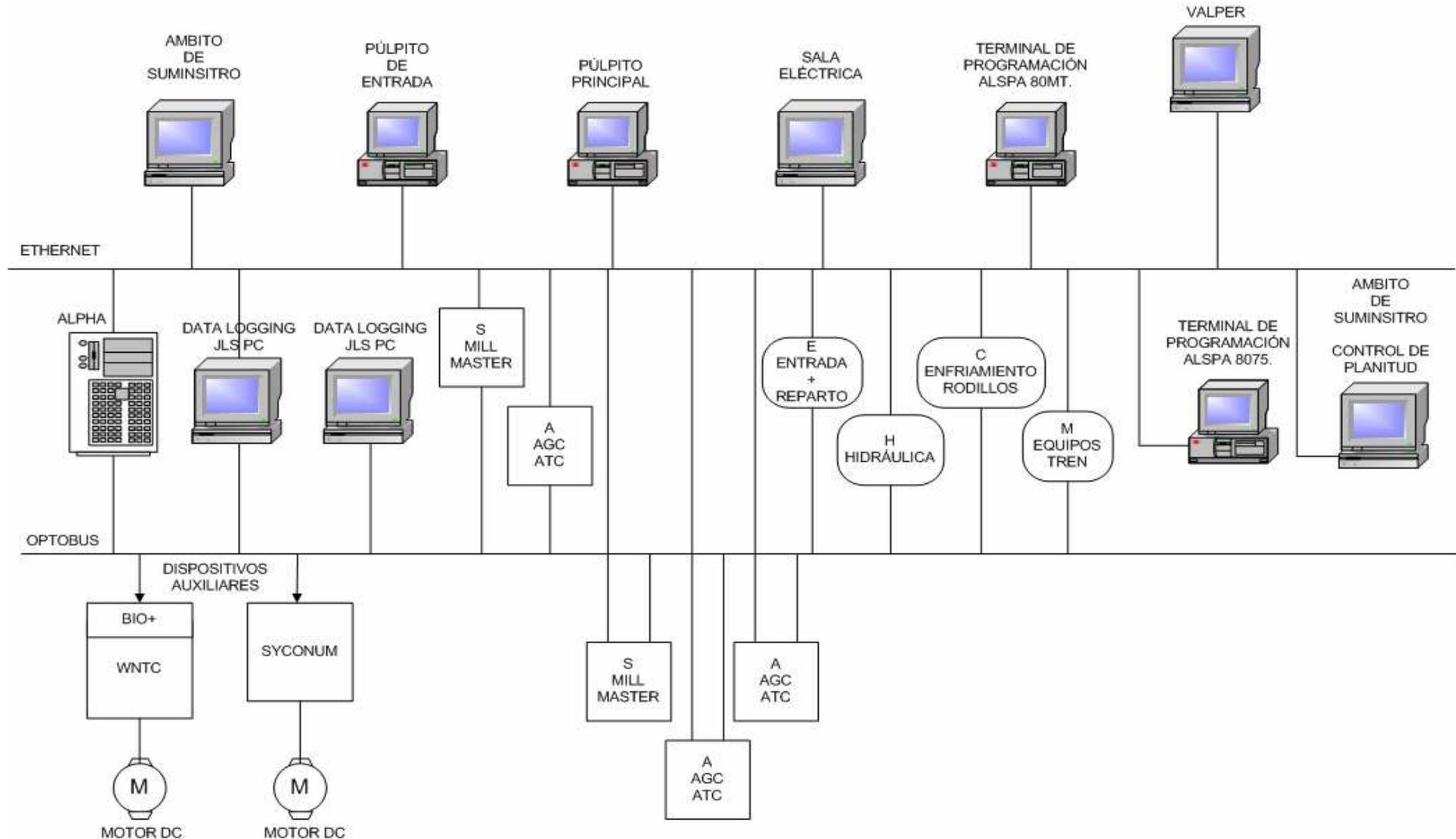


# Esquema típico de una Automatización Industrial





# Ejemplo: Automatización de un tren de Laminación en Frío





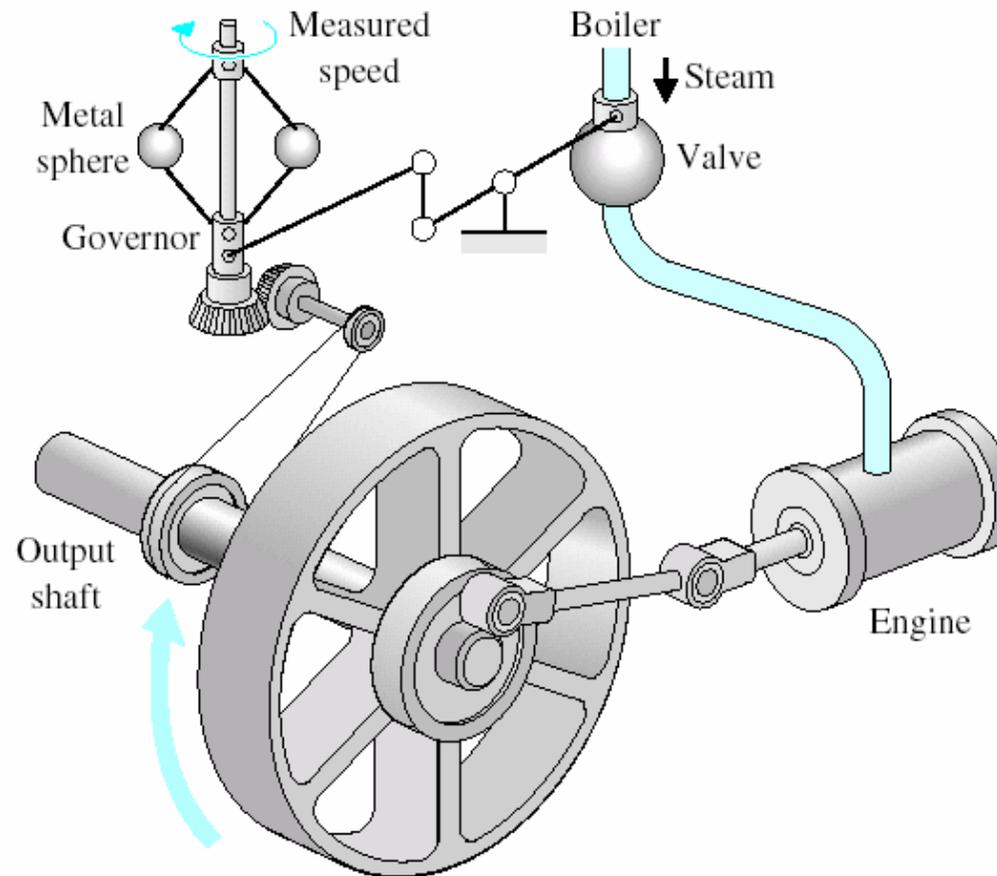
# Tema 1

## Sistemas Automáticos

- Introducción
- Definiciones Básicas
- **Concepto general de realimentación**
- **Tipología de los sistemas de control:**
  - sistemas de regulación
  - sistemas de control secuencial
- Automatización de plantas o procesos industriales
  - Tecnologías para la Automatización
  - Esquema típico de la Automatización Industrial
- **Ejemplos**

# Sistemas que utilizan control

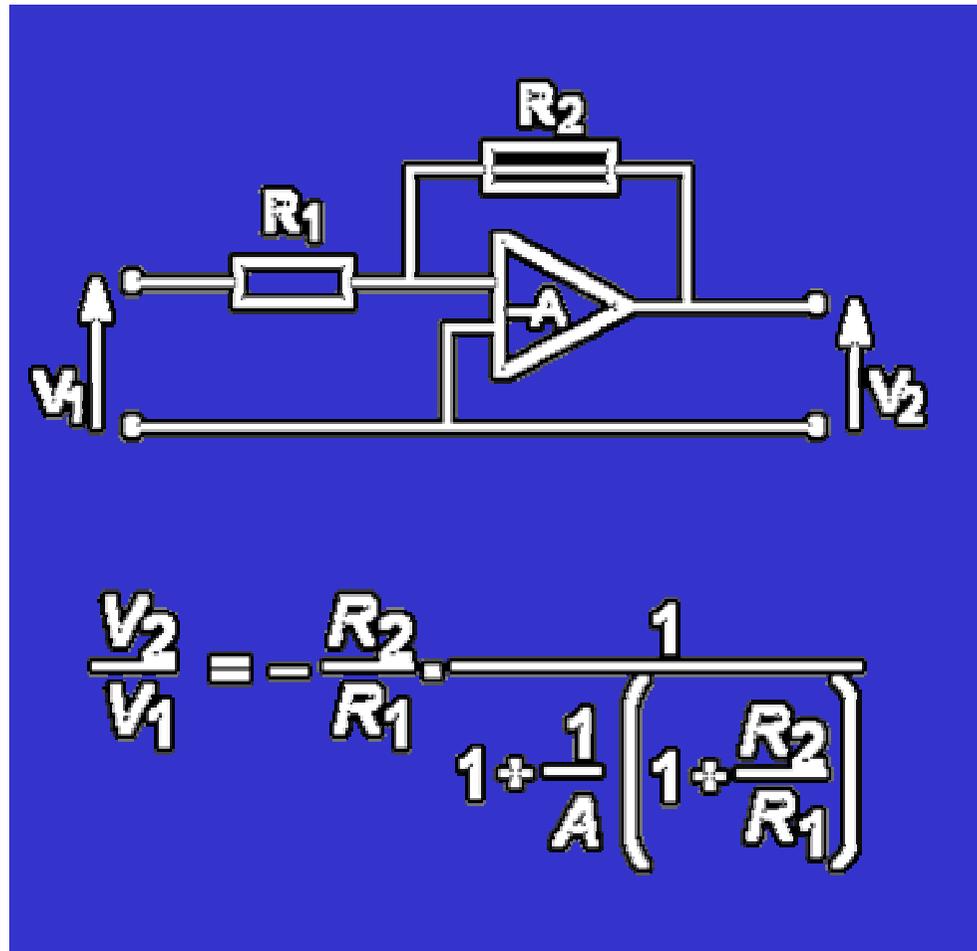
Regulador de bolas de Watt → [Dorf01]





# Sistemas que utilizan control

Electrónica/Telecomunicaciones → [Astrom03]





# Sistemas que utilizan control

Aviación → [Astrom03]

Hermanos Wright 1903

Piloto automático Sperry 1912

Robert Lee (transoceánico) 1947

V1 and V2 (A4) 1942

Sputnik 1957

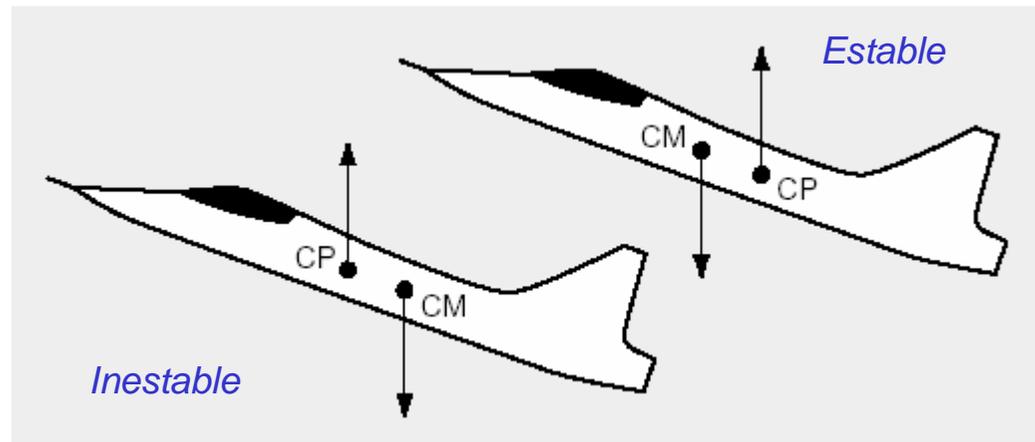
Apollo 1969

Mars Pathfinder 1997



# Sistemas que utilizan control

Aeronáutica → [Astrom03]



+Estabilidad → -Maniobrabilidad

- Diseño deliberadamente inestable*
- El control estabiliza → se gana en maniobrabilidad*
- El control se tiene en cuenta a nivel de diseño*
- El control es crítico (sistema falla si control falla)*



# Sistemas que utilizan control

## Orientación y posicionamiento de Satélites

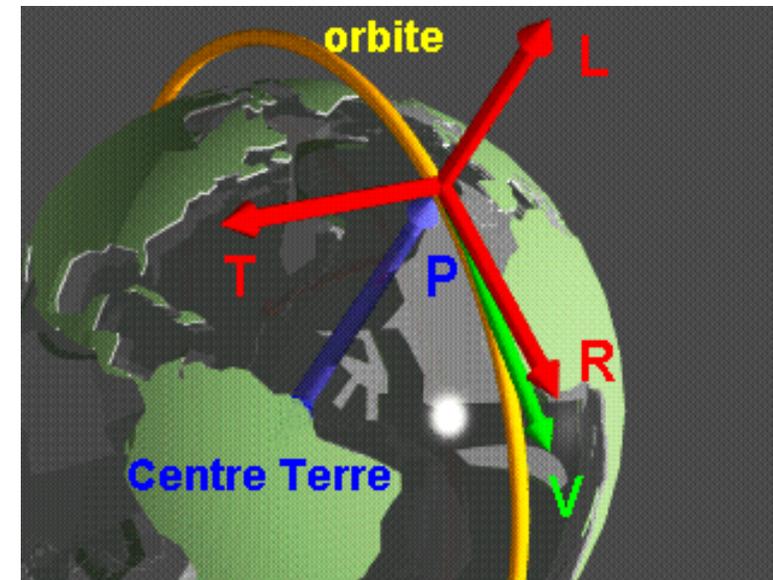
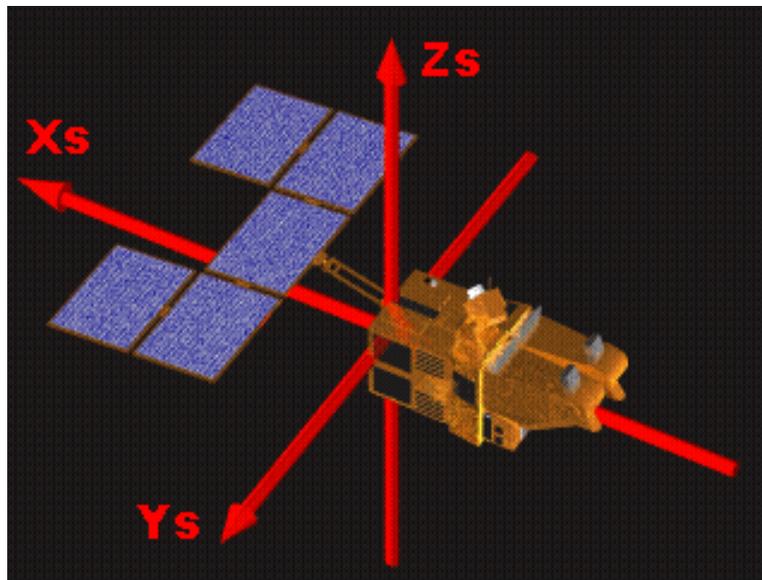
Sensores



Actuadores



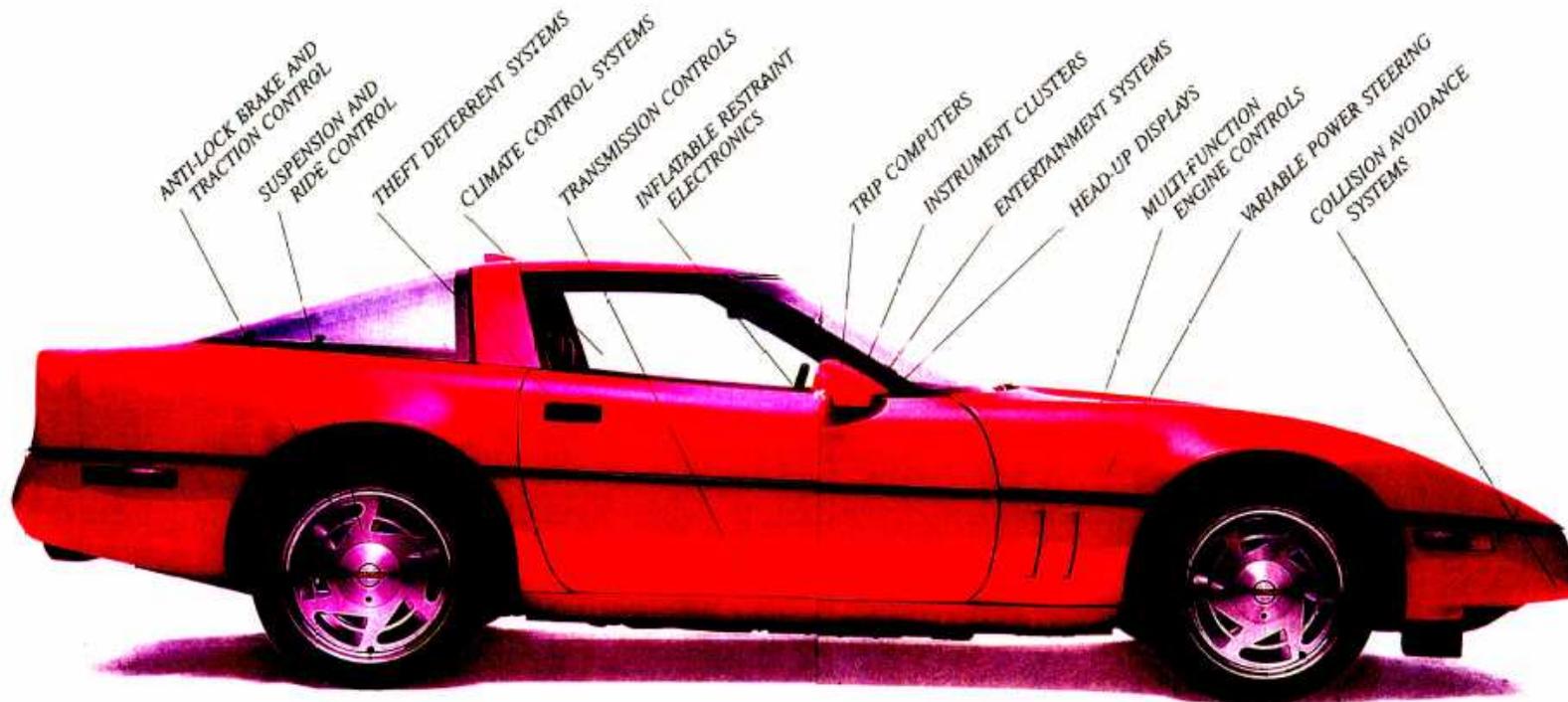
[http://spot4.cnes.fr/spot4\\_gb/attitude.htm](http://spot4.cnes.fr/spot4_gb/attitude.htm)

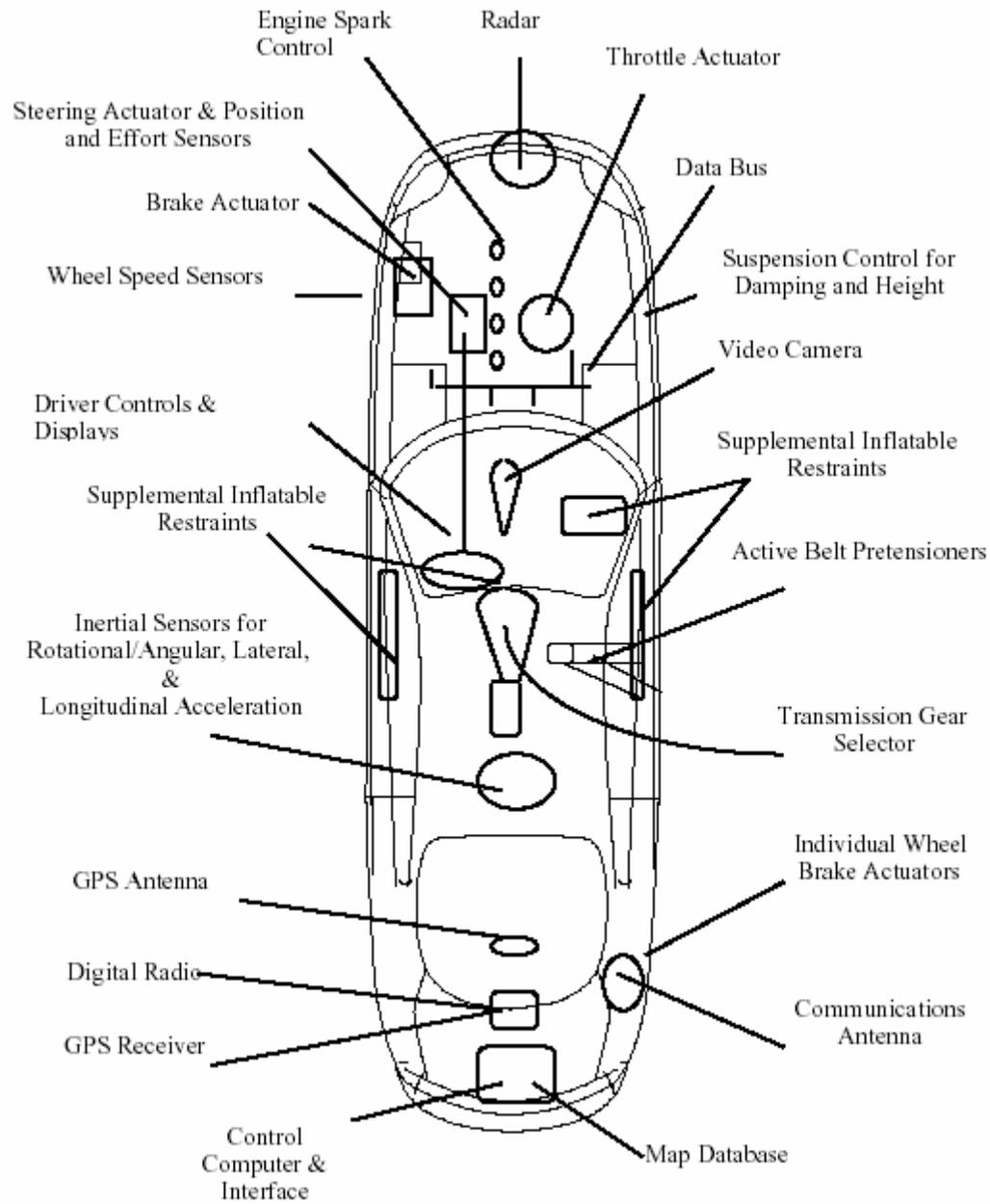




# Sistemas que utilizan control

Automoción → [Astrom03]

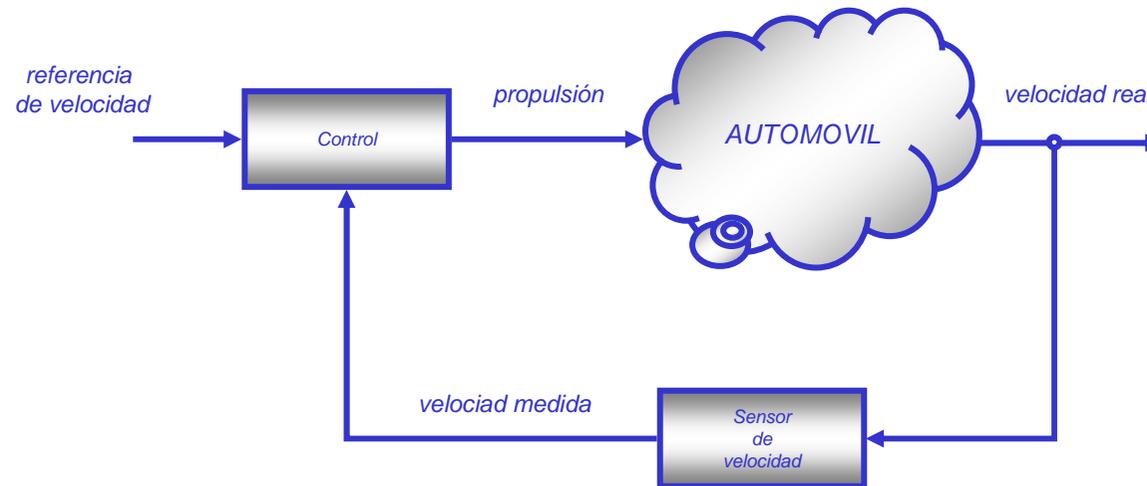






# Sistemas que utilizan control

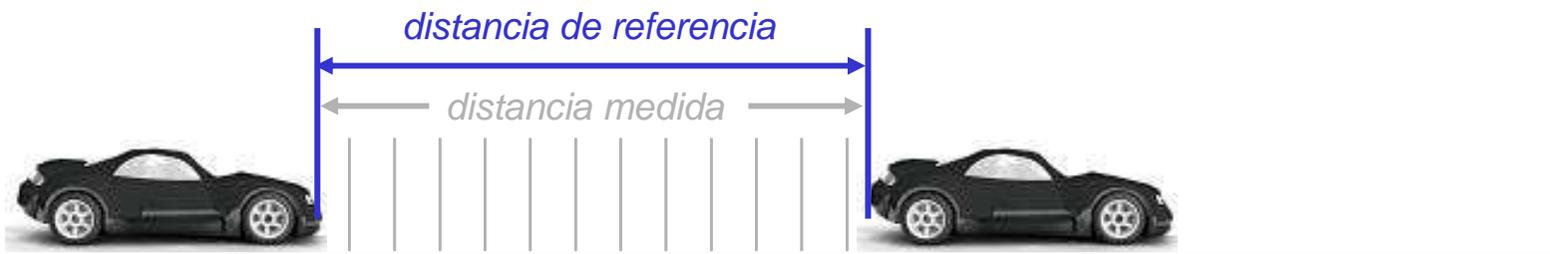
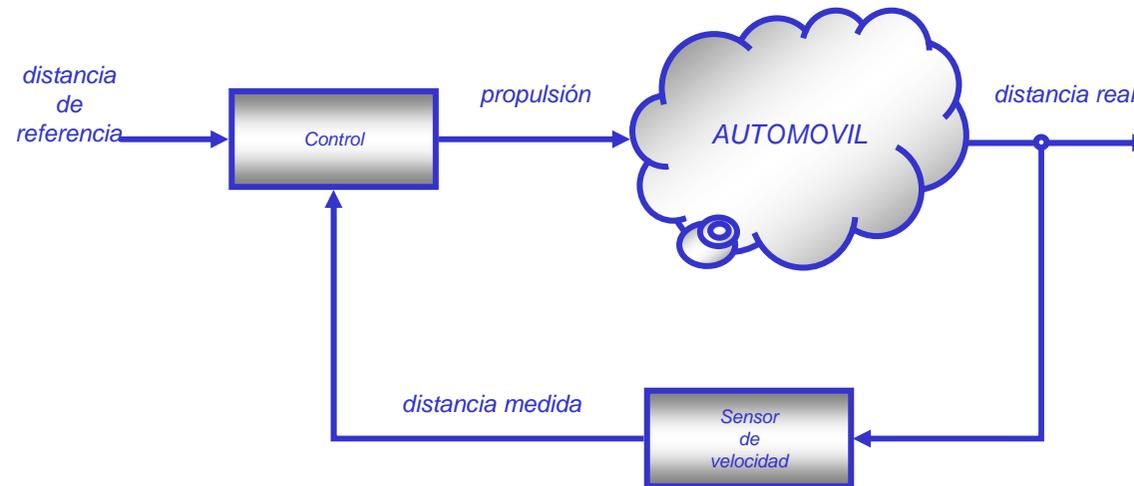
## Automoción. Control de velocidad de crucero





# Sistemas que utilizan control

## Automoción. Sistemas anticolidión





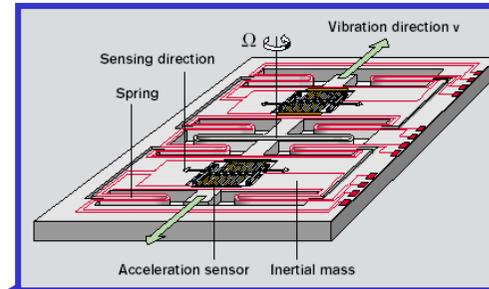
# Sistemas que utilizan control Automoción. Control de estabilidad ESP

## Fuentes:

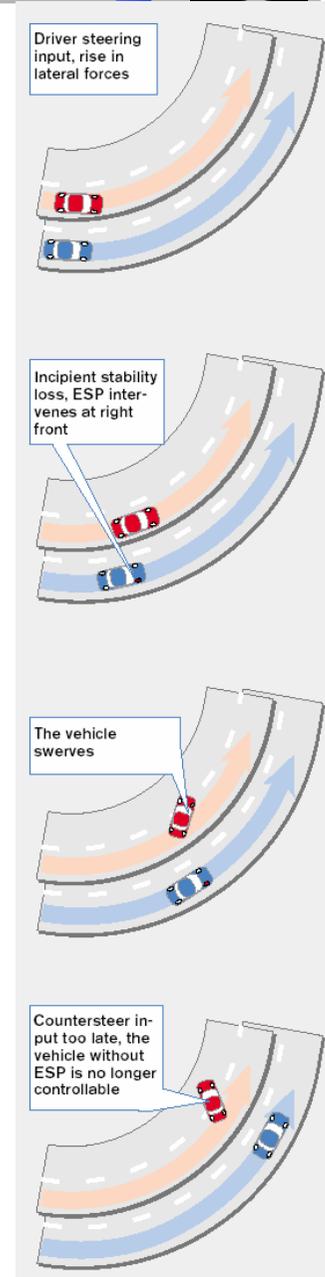
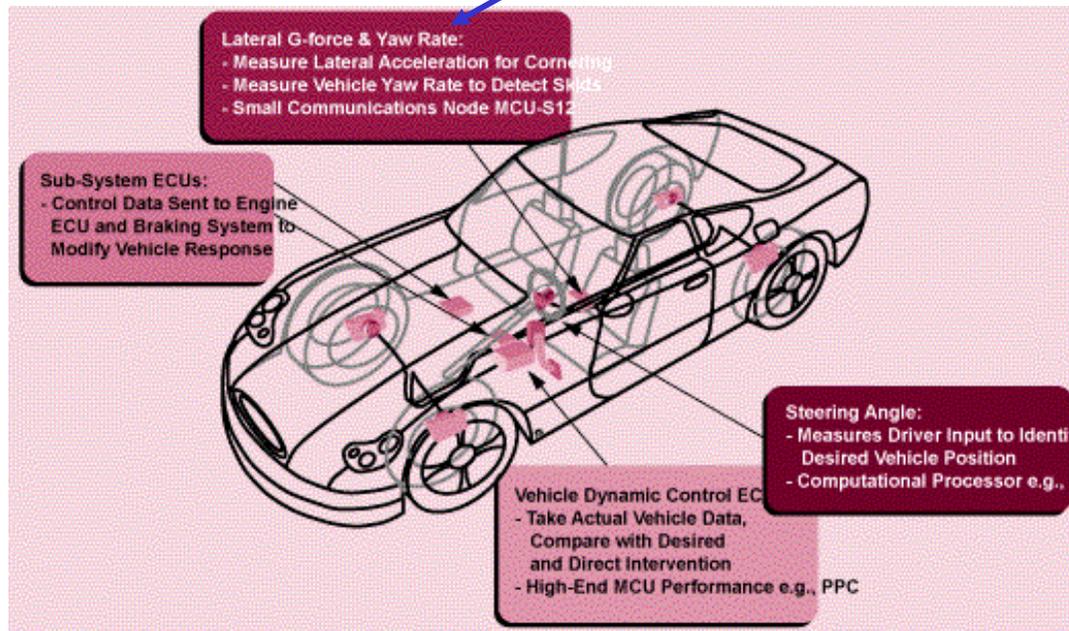
[http://www.bosch.co.jp/automotive/en/products/pdf/36\\_37.pdf](http://www.bosch.co.jp/automotive/en/products/pdf/36_37.pdf)

<http://e-www.motorola.com/webapp/sps/site/application.jsp?nodeId=04J71V07jSLbtv>

Sensor micromecánico

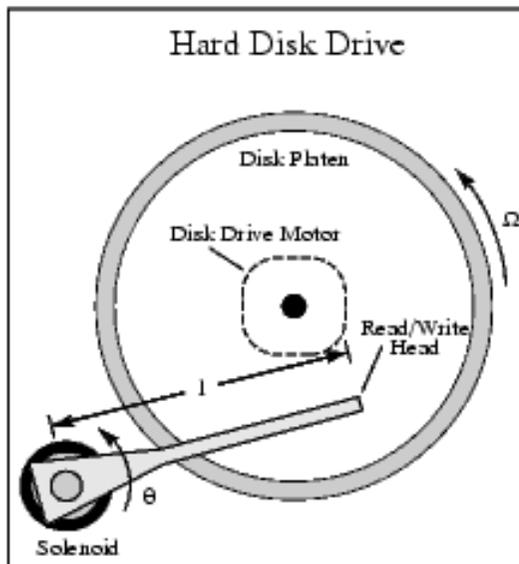


Esquema del ESP



# Sistemas que utilizan control

Posicionamiento de cabezal en sistemas de almacenamiento de datos



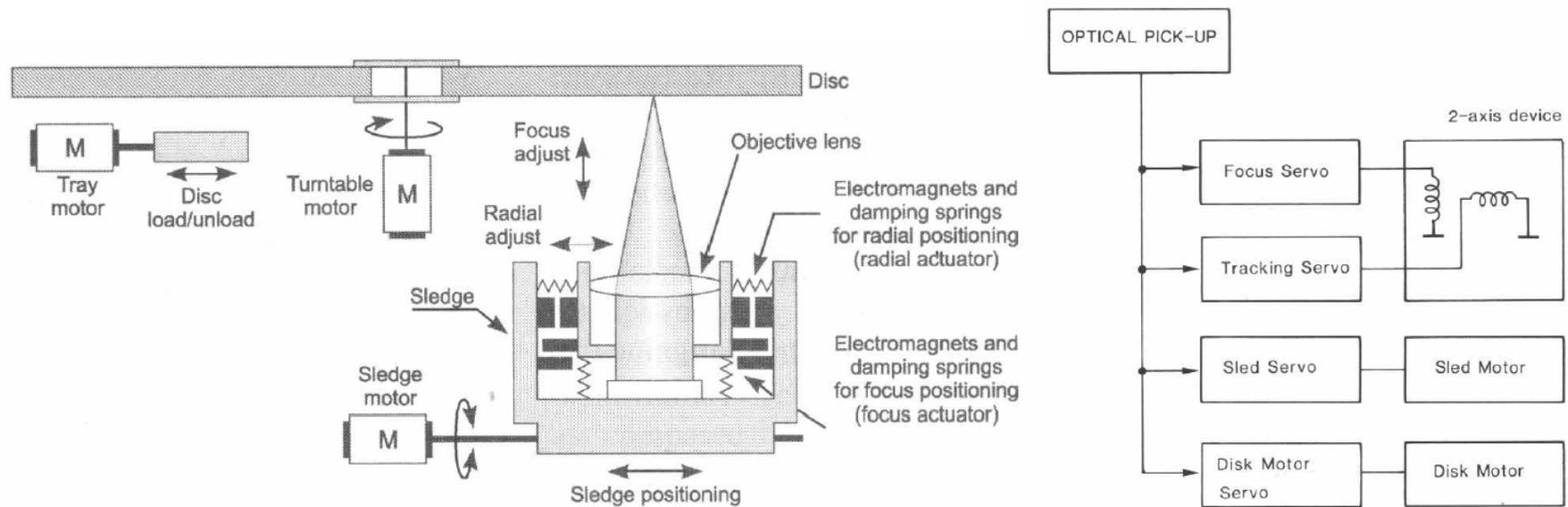
2006



# Sistemas que utilizan control

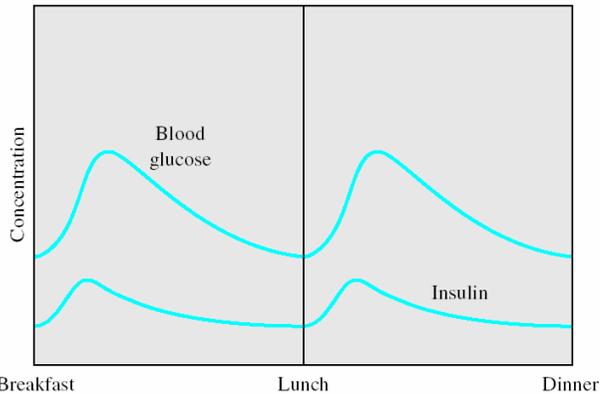
Posicionamiento de cabezal en un lector de CD → [Astrom03]

Diagrama esquemático de un lector de CD

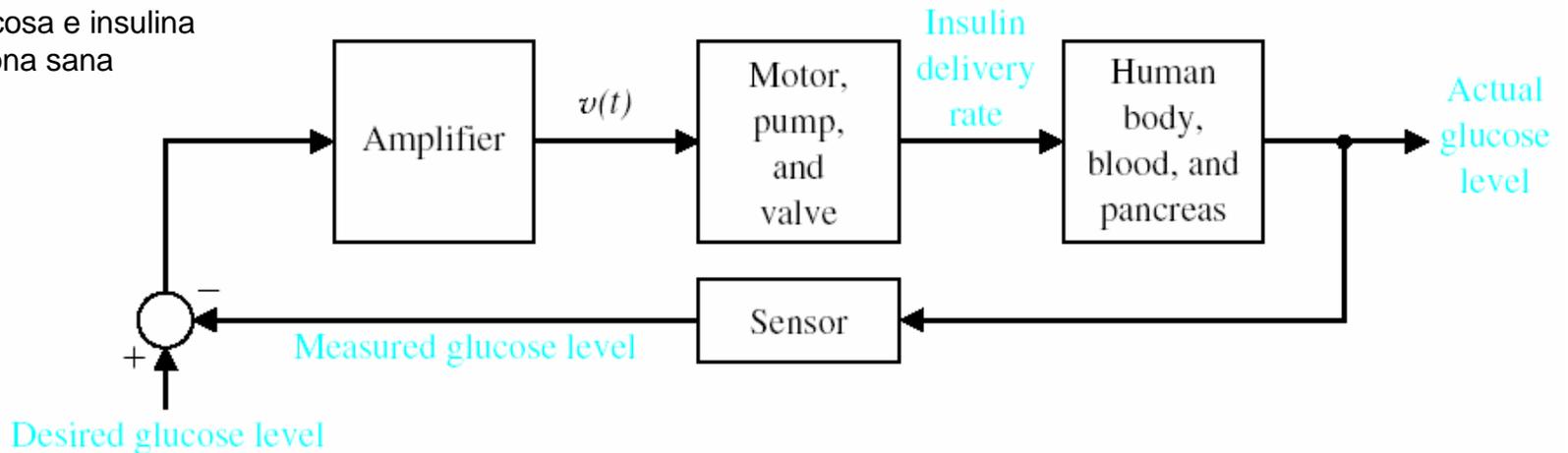
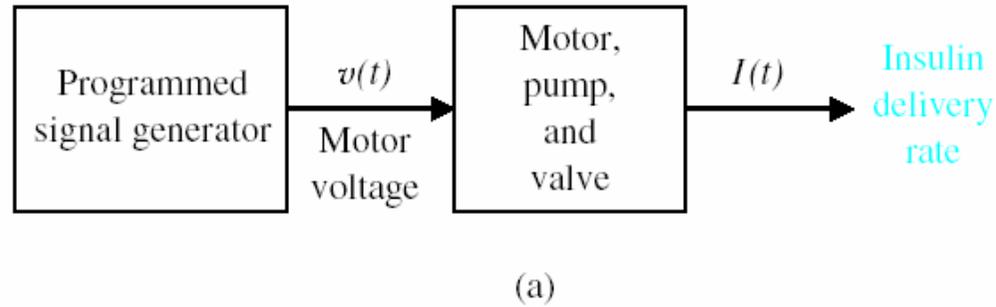


# Control de glucemia en diabéticos

Seguimiento de nivel de glucosa → [Dorf01]



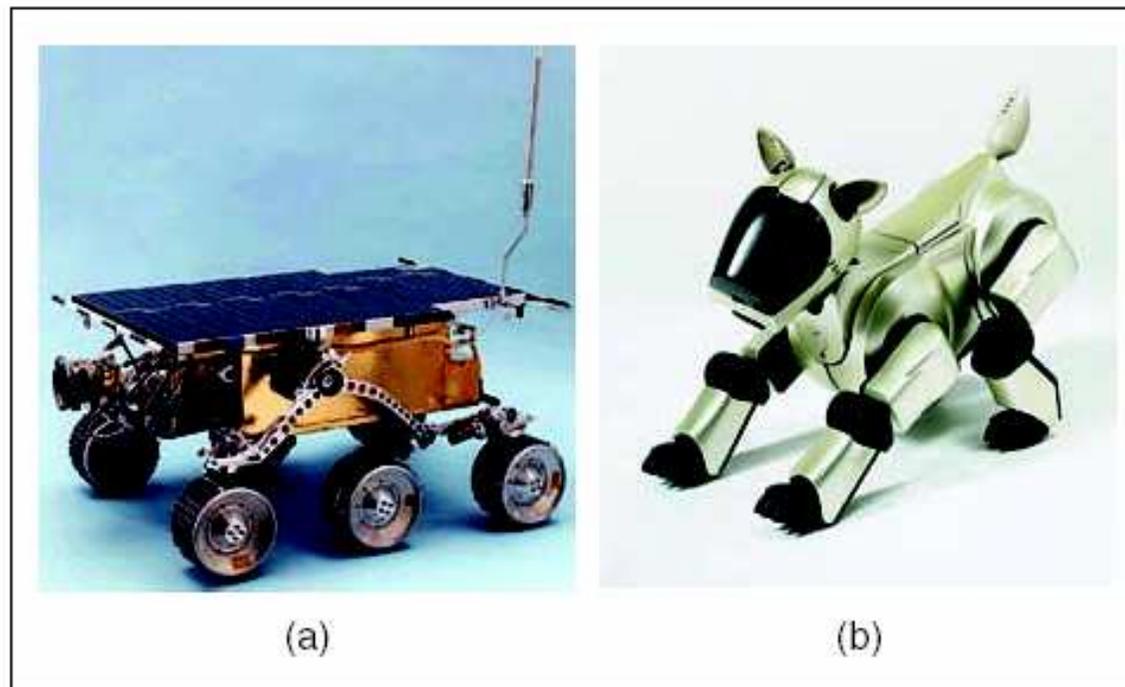
Niveles de glucosa e insulina para una persona sana





# Sistemas que utilizan control

Robótica → [Murray03]



**Figure 6.** (a) The Mars Sojourner rover and (b) Sony AIBO Entertainment Robot. (Photographs courtesy of Jet Propulsion Laboratory and Sony Electronics Inc.)



## Bibliografía

- Franklin, G.F. et al. *“Feedback Control of Dynamic Systems”*, 4ª edición, Prentice-Hall, 2002.
- Dorf, R.C. et al. *“Modern Control Systems”*, 9ª edición, Prentice-Hall, 2001.
- [Murray03]  
<http://www.cds.caltech.edu/~murray/cdspanel/report/cdspanel-15aug02.pdf>
- [Astrom02]  
<http://www.cds.caltech.edu/~murray/courses/cds101/fa02/caltech/astrom-ch1.pdf>