



**UNCUYO**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE CUYO

# ADQUISICIÓN DE DATOS

## Objetivos:

Introducir los principios, definiciones, y criterios de uso de Sistemas de Adquisición de Datos para automatización/informatización de procesos y ensayos de laboratorio.

Conocer las principales arquitecturas de los Sistemas de Adquisición de Datos.

# Temario – Parte 1

- Aplicaciones de la Adquisición de Datos
- Automatización de un proceso. Lazo de control
- La Producción como un proceso Integral. CIM
  - Datos en que circulan en las diferentes áreas.
  - Control Analógico, Digital, SISO, MIMO
  - Jerarquía CIM
- Componentes de un Sistema de Adquisición de Datos
  - Sensores primarios analógicos y digitales. Características. Ejemplos.
  - Señales analógicas, digitales y pulsantes
  - Muestreo y digitalización de una señal analógica.
  - Muestreo múltiple: multiplexación. Arquitecturas. Ejemplos.

# Adquisición de datos

---

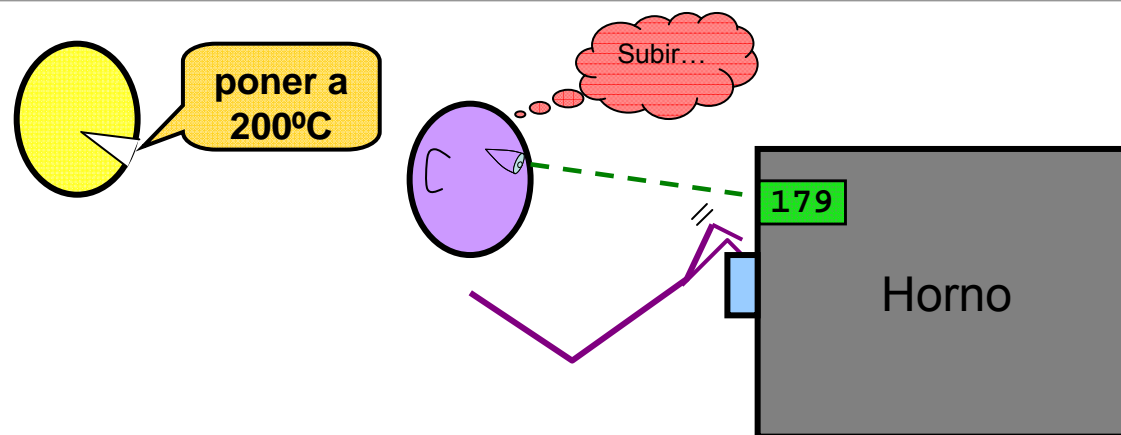
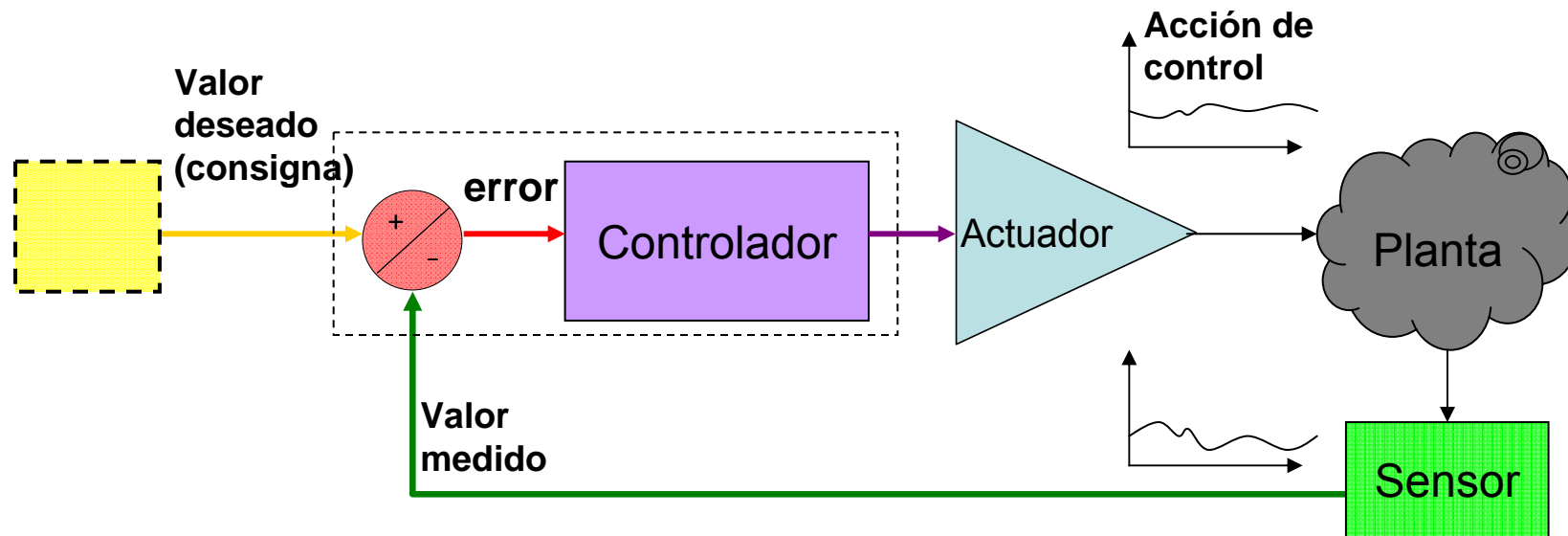
- Automatización de Procesos
  - Integrados en instrumentos
  - Control de proceso
  - Robustez
  - Normalización
  - Integración

Ej. Producción, Transporte,

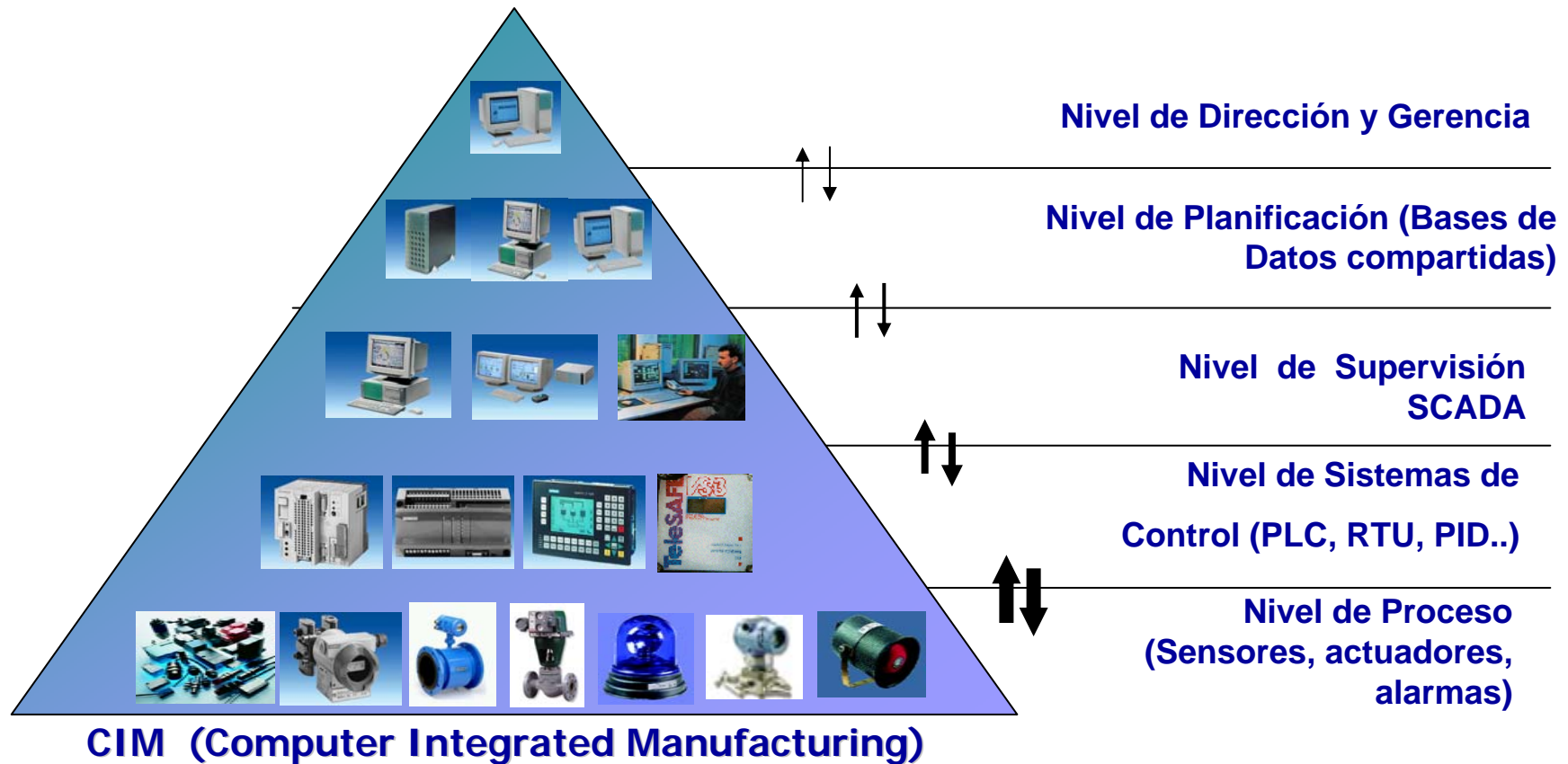
- Mediciones y ensayos de Laboratorio
    - Integrados en placas DAQ
    - Análisis
    - Precisión
    - Flexibilidad
    - Simultaneidad de canales
- Ej. Ensayo Carga/Desplazamiento

- 
- Otras áreas
    - Audio doméstico y profesional
    - Domótica
    - Instrumental de áreas específicas (medicina, navegación)

# Automatización de un proceso



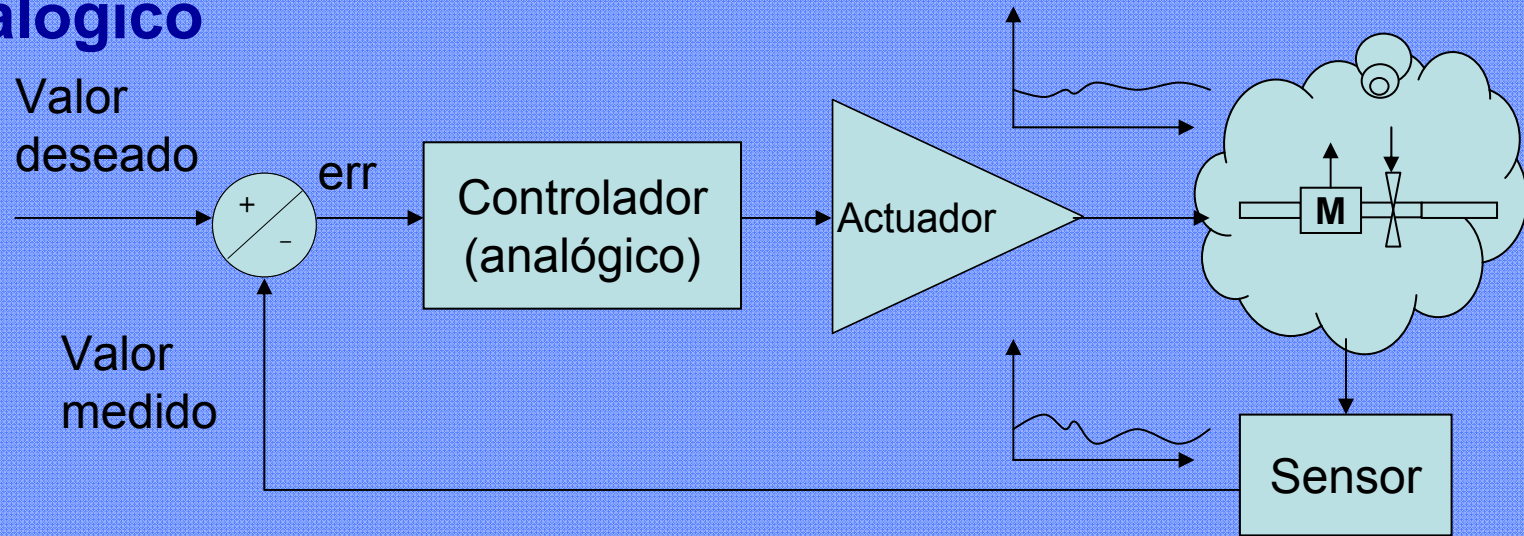
# Control integral de procesos de manufactura (\*) Jerarquía CIM



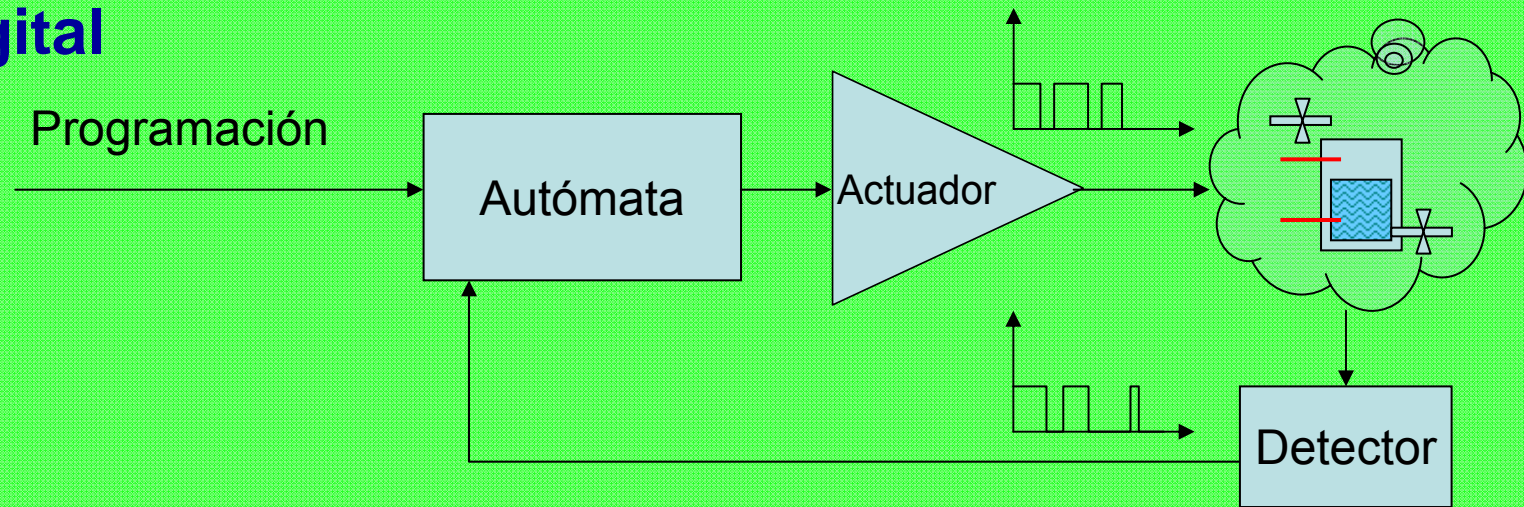
(\*) El modelo puede extenderse a producción de bienes y servicios

# Automatización (clásica) de un proceso...

## Analógico

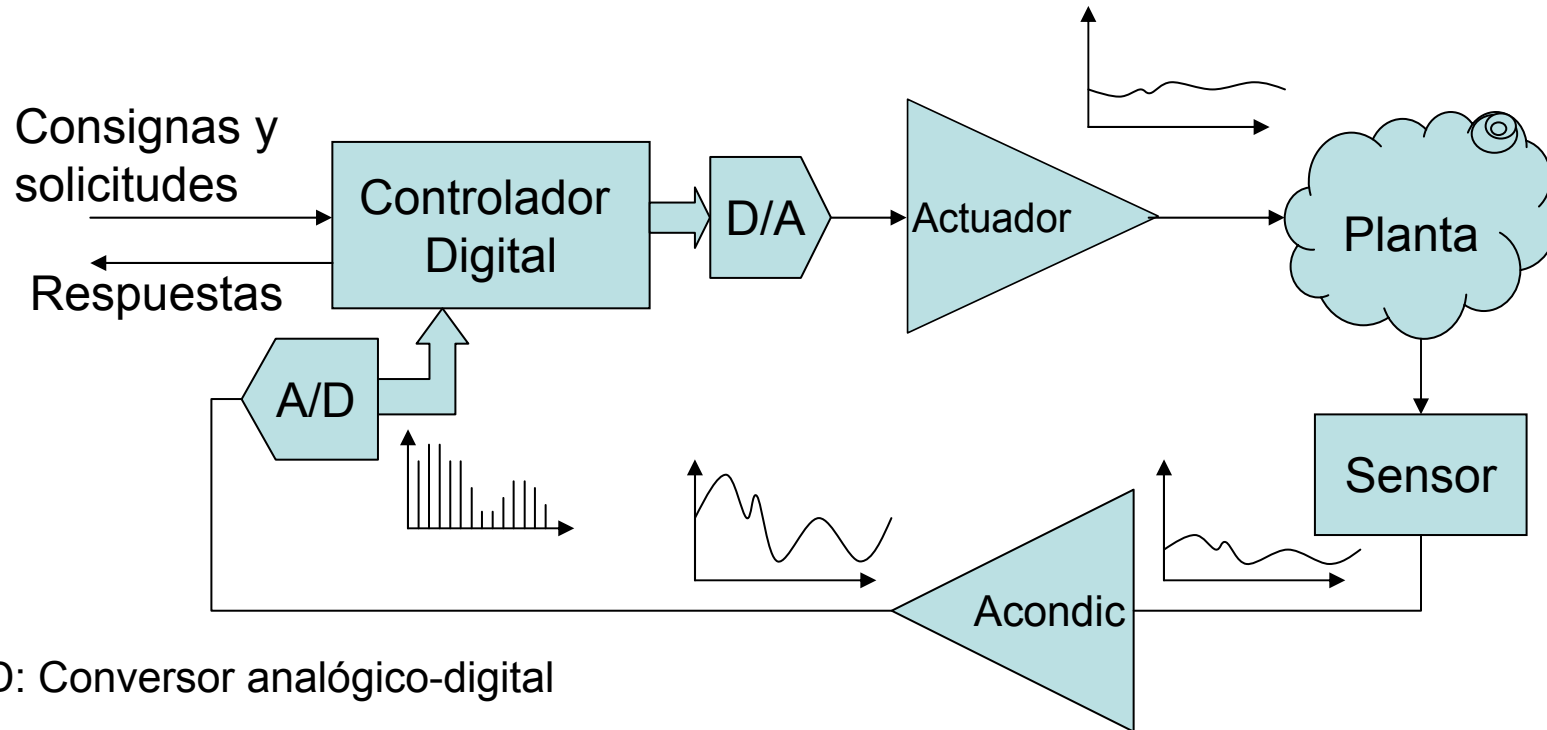


## Digital





# Automatización digital de un proceso SISO



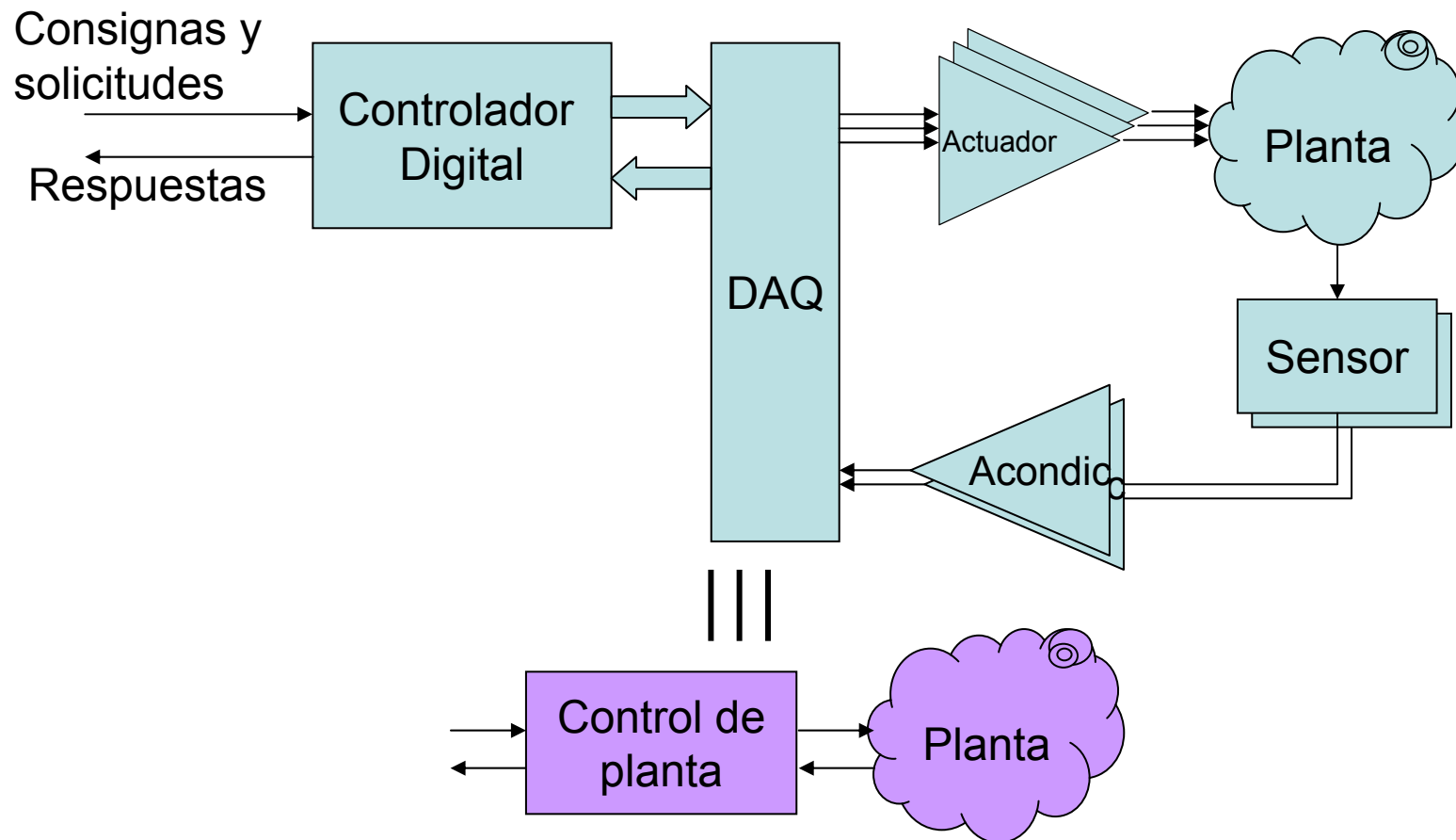
A/D: Conversor analógico-digital

D/A: Conversor digital-analógico

*SISO: Single Input, Single Output*

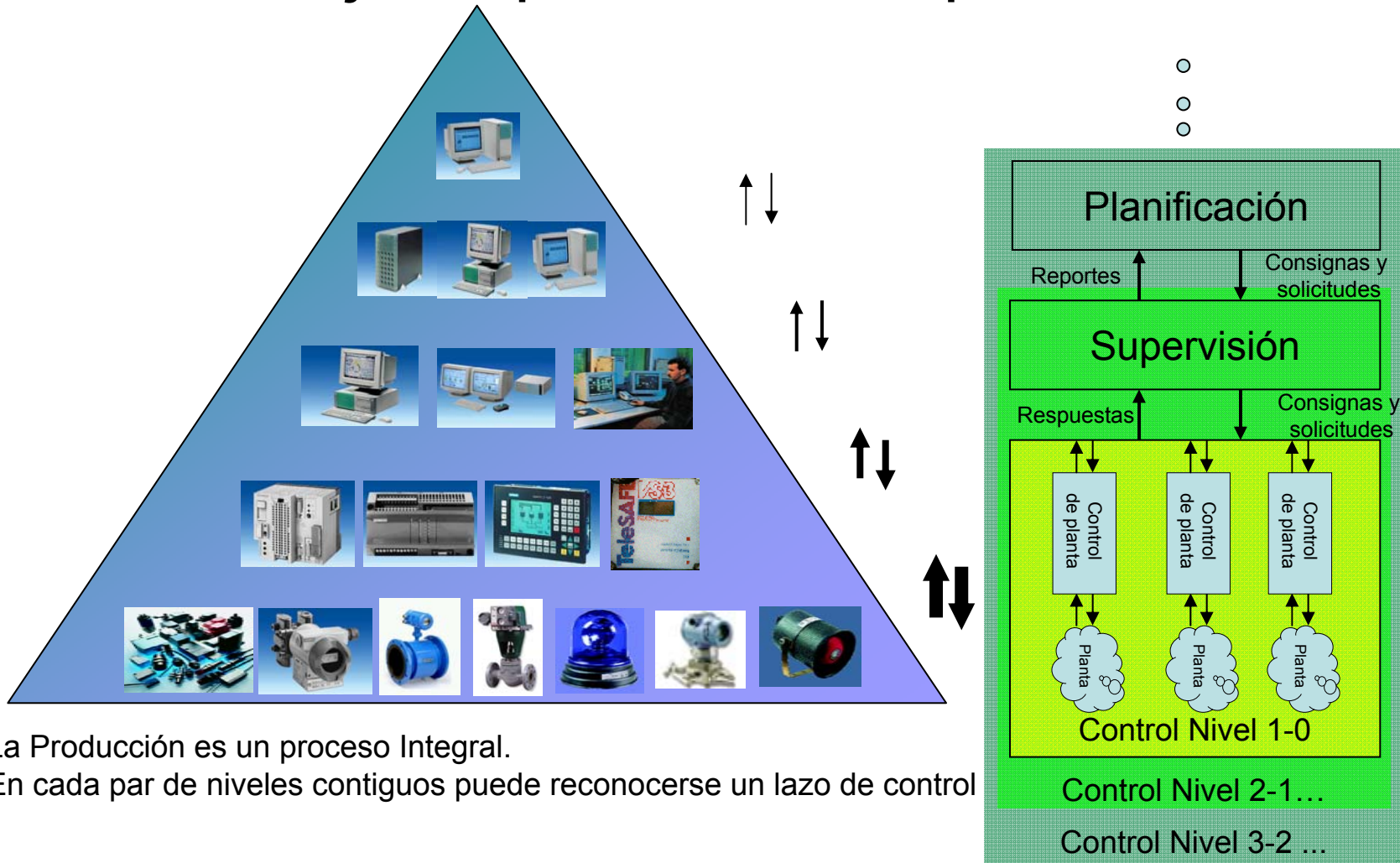


# Automatización digital de un proceso MIMO



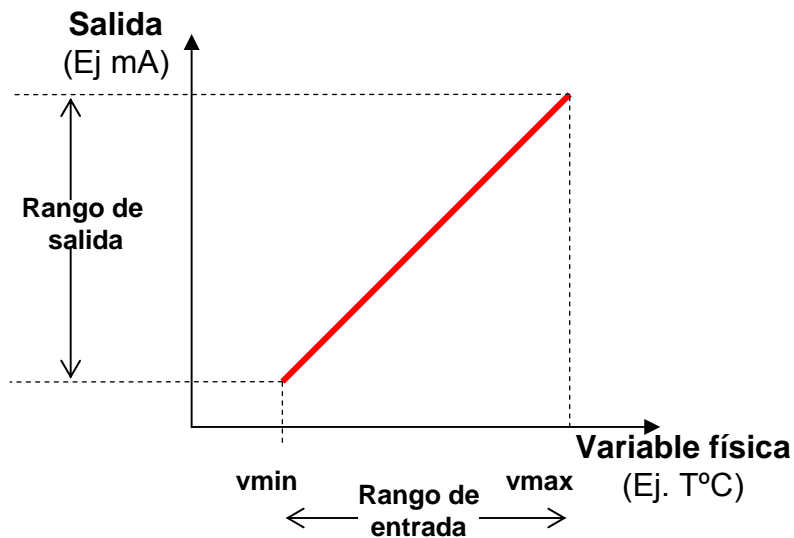
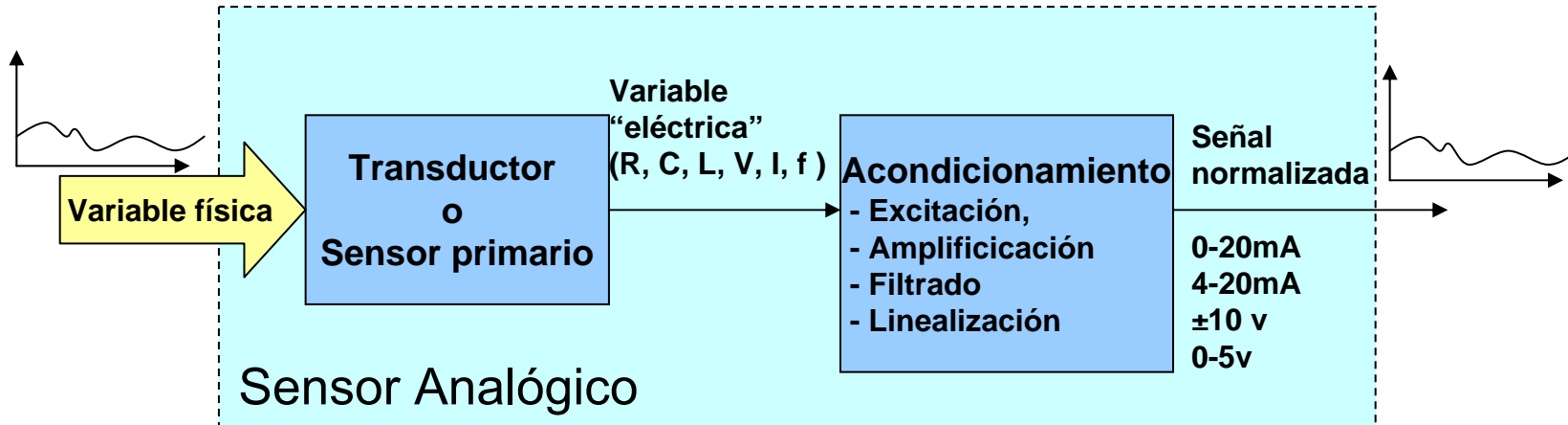
*MIMO: Multiple Input, Multiple Output*

# El control jerárquico de la arquitectura CIM



La Producción es un proceso Integral.  
En cada par de niveles contiguos puede reconocerse un lazo de control

# Sensor Primario Analógico....



**Ej: Sensor de temperatura**

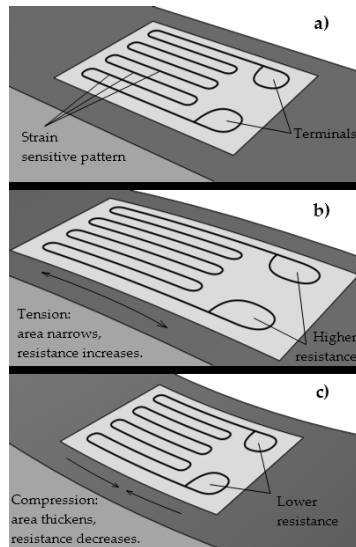
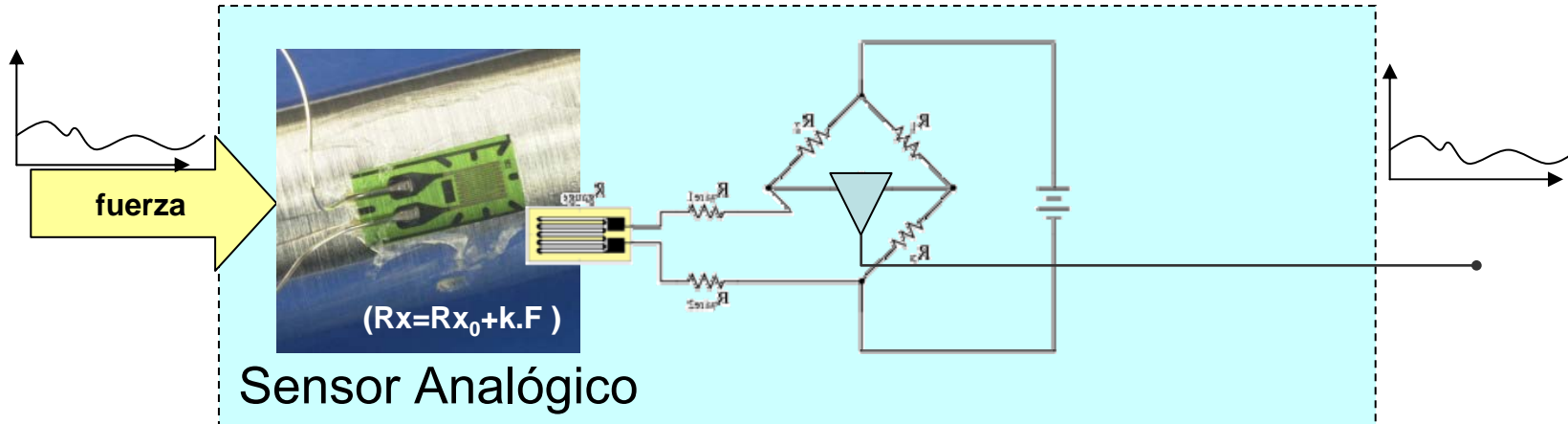
Rango de Temp 0 a 200°C

Salida 4-20 mA

Offset: 4 mA

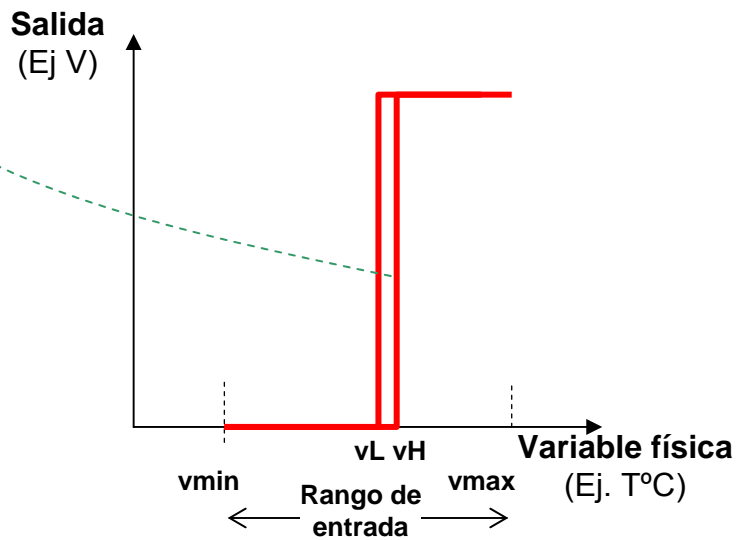
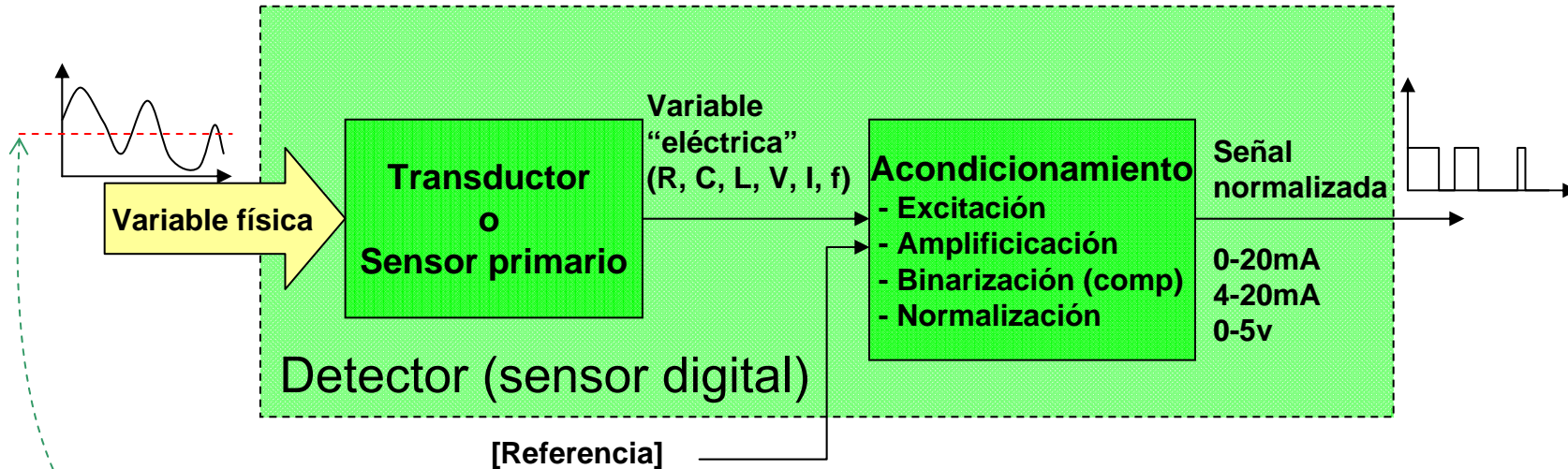
kEscala:  $(20-4)/(200-0) = 0,08 \text{ mA/}^\circ\text{C}$

# Sensor Primario Analógico....



**Ej: Strain Gauge (galga extensiométrica)**

# Sensor Primario Digital



**Ej: Termostato**

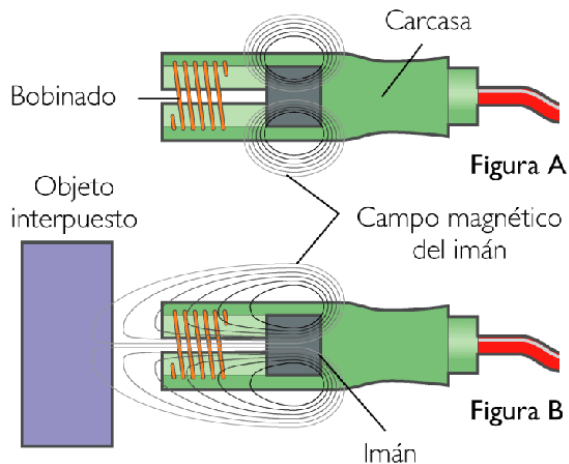
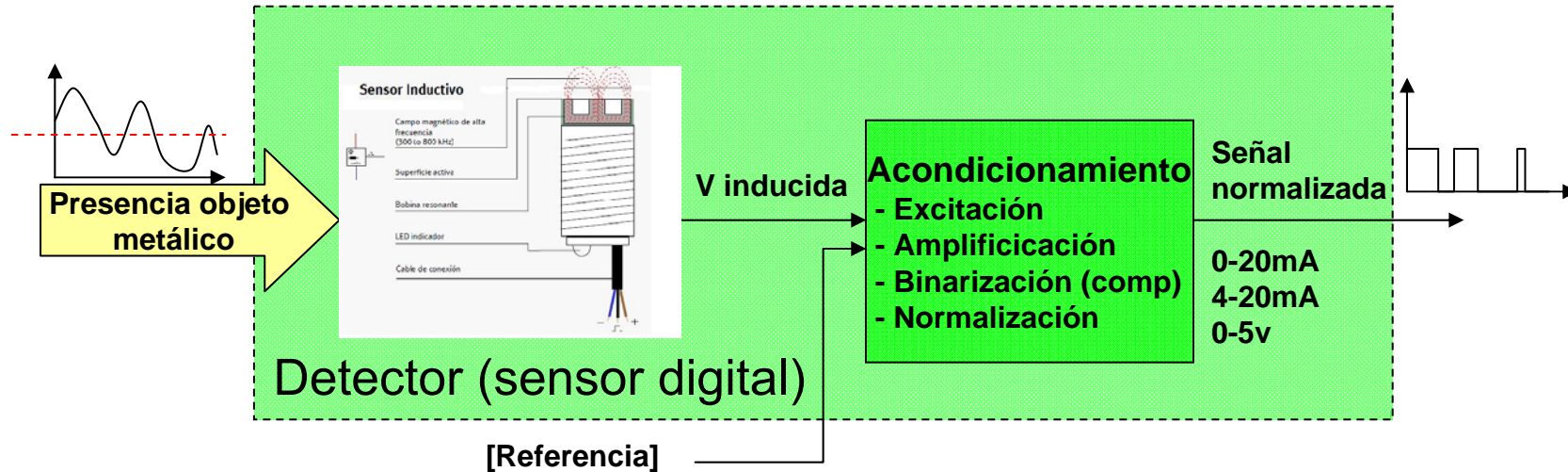
Rango de Temp 0 a 200°C

Salida 0-5 volts

Puntos de conmutación vL 105 °C, vH 115 °C

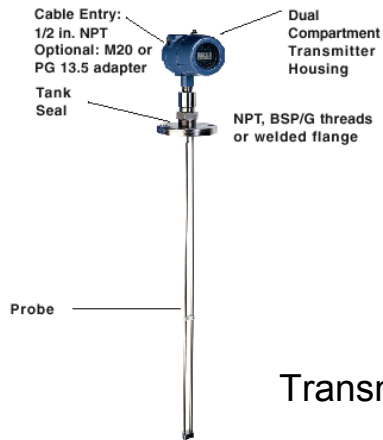
Histéresis: vH-vL= 10°C

# Sensor Primario Digital



**Ej: Sensor de proximidad inductivo**

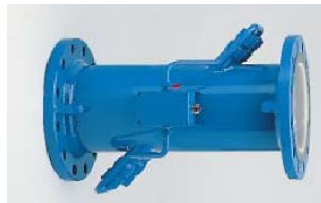
# Sensores y transmisores industriales



Transmisor de Nivel



Caudalímetro másico



Caudalímetro por ultrasonido



Caudalímetro por electromagnetismo



# Características de los sensores

- ANALÓGICO

- Repetibilidad
- Ancho de banda
- Sensibilidad
- Sensitividad
- Linealidad
- Rango dinámico



- DIGITAL

- Histéresis
- Tiempo de respuesta
- Sensitividad
- Rango de detección

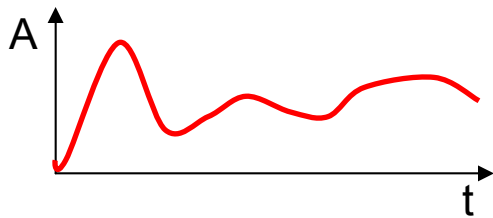


Se denominan también “transmisores”, especialmente a los sensores con salidas 0-20 mA y 4-20 mA.

## Características de las señales provenientes de sensores

- **ANALÓGICA**

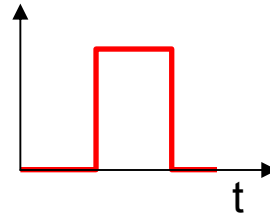
- Amplitud
- Ancho de banda
- SNR



La información está en la amplitud, y en cada instante puede ser representada por un número real

- **DIGITAL**

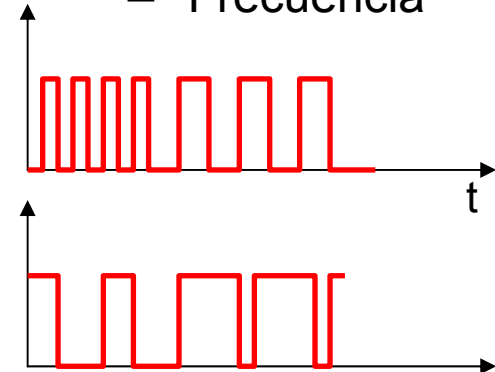
- Niveles H-L
- Frecuencia



La información está en el nivel, y en cada instante puede ser representada por un bit

- **PULSANTE (modulada)**

- Niveles H-L
- Frecuencia



La información está en un parámetro temporal  
Frecuencia  $f$   
Período  $T$   
Duty Cycle:  $T_{on}/(T_{on}+T_{off})$   
Este valor se obtiene al cabo de al menos un período

# Muestreo y digitalización de una señal analógica

# Muestreo y digitalización de una señal analógica

Para que un sistema digital (PC, microcontrolador, etc) pueda almacenar, transmitir o procesar una señal analógica, la misma debe sufrir dos procesos: **Muestreo y Digitalización**.

En ambos procesos la señal **puede perder información**.

**Muestrear** una señal es tomar valores de la misma en ciertos instantes. Para capturar el valor en un instante determinado (para luego digitalizarlo) se utiliza un circuito denominado *Seguidor-Retenedor*, *Sample&Hold* o simplemente *S&H*.

En aplicaciones en las que se quiere un **registro continuo**, se suele utilizar el **muestreo Periódico o Uniforme**, que consiste en tomar valores a **intervalos regulares de tiempo**,  $T_m$ , denominado *Período de Muestreo*. También se puede hablar de Tasa de Muestreo o *Frecuencia de Muestreo*  $f_m = 1/T_m$ .

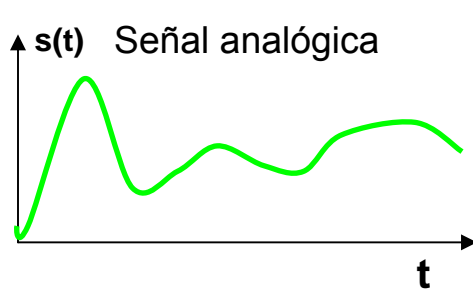
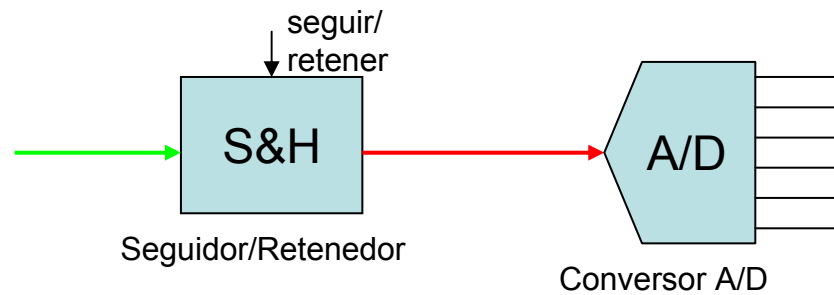
Es razonable pensar que mientras menor sea  $T_m$ , mejor se preserva la información. Sin embargo hay límites prácticos, dados por la velocidad de los circuitos para procesar estas muestras, la capacidad de memoria para almacenarlas, el ancho de banda de los canales para transmitir las etc.

Debe entonces establecerse criterios para elegir la **Frecuencia de Muestreo** adecuada a cada aplicación, que depende del Ancho de Banda BW de la señal a muestrear. El Teorema de Nyquist establece esta relación.

La **digitalización** es un proceso posterior al muestreo, y consiste en convertir el valor de amplitud de la señal analógica, en una representación numérica de dicha amplitud, normalmente binario natural, con un cierto número de bits. El dispositivo electrónico capaz de realizar esta digitalización se denomina *Convertidor Analógico/Digital*, o simplemente *A/D*. Mientras más bits se utilicen para representar la amplitud, más resolución tendrá esta representación. Razones prácticas (tecnológicas, económicas) imponen límites a la cantidad de bits de un A/D, luego habrá un cierto **error de cuantización**. Hay que evaluar en cada aplicación qué **Resolución** es requerida, es decir qué error de cuantización es admisible.

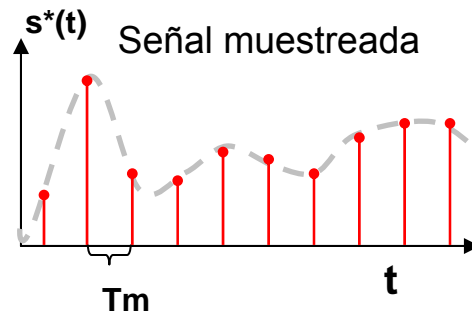
Son habituales A/D de 10-12-16 bits en la industria, 16 a 24 en instrumentos de laboratorio etc.

# Muestreo y digitalización de una señal analógica



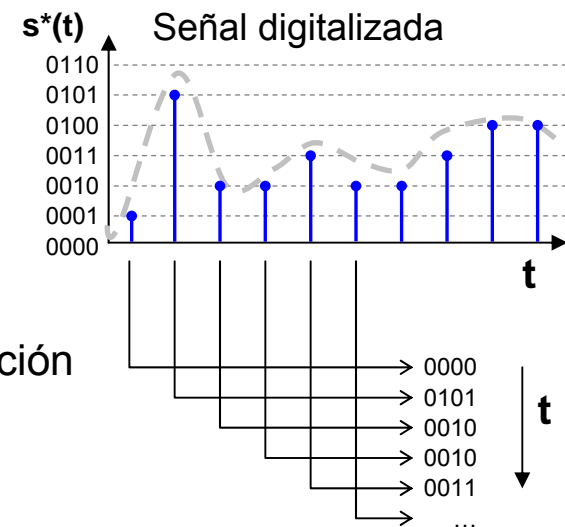
$s(t)$  Señal analógica

Muestreo



$s^*(t)$  Señal muestreada

Digitalización



$s^*(t)$  Señal digitalizada

# Muestreo de una señal analógica

---

Una señal analógica contiene toda su información de interés en un cierto Rango de Frecuencias. Por ejemplo, una señal de audio de alta calidad ocupa un rango de 20 Hz a 20 kHz, una señal de audio apropiada para de telefonía puede ir de 300 Hz a 3kHz. Este rango se denomina *Ancho de Banda* o BW (en inglés *Bandwidth*).

El **Teorema de Nyquist** establece que la **Frecuencia de Muestreo  $f_m$  mínima necesaria** para muestrear una señal que ocupa un *Ancho de Banda* BW debe exceder al doble de dicho BW:

$$f_m > 2 \cdot BW$$

Por ejemplo, para audio de alta calidad (BW=20kHz), debe ser  $f_m > 40\text{kHz}$ .

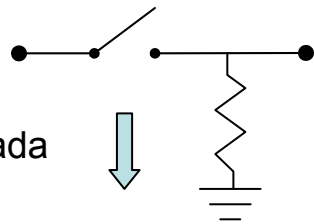
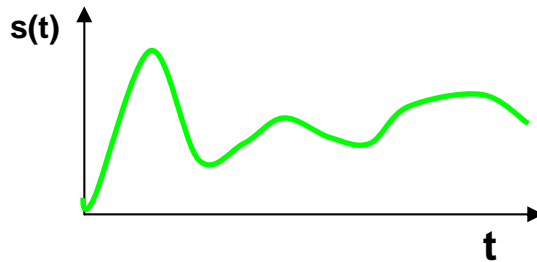
Razones prácticas que exceden la asignatura hacen que  $f_m$  deba ser en realidad entre 3 y 5 veces BW.

La demostración del teorema se puede apreciar claramente en el dominio de la frecuencia...

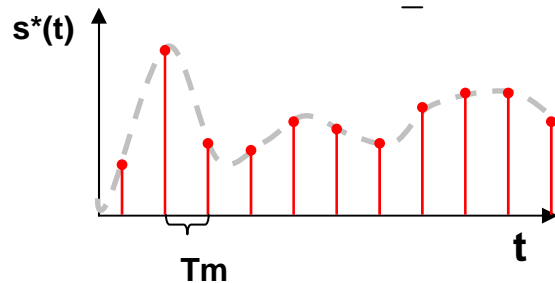
# Muestreo de una señal analógica

Dominio del tiempo

Señal analógica original

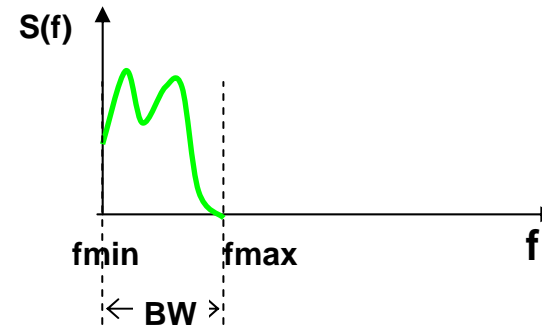


Señal muestreada

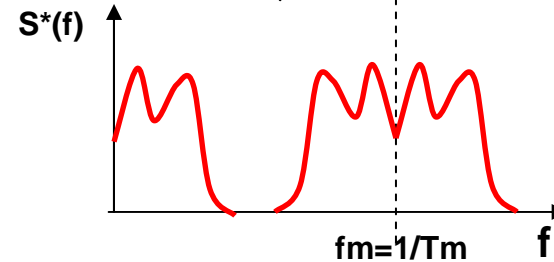


Dominio de la frecuencia

Espectro de amplitud de la señal original



Espectro de amplitud de la señal muestreada



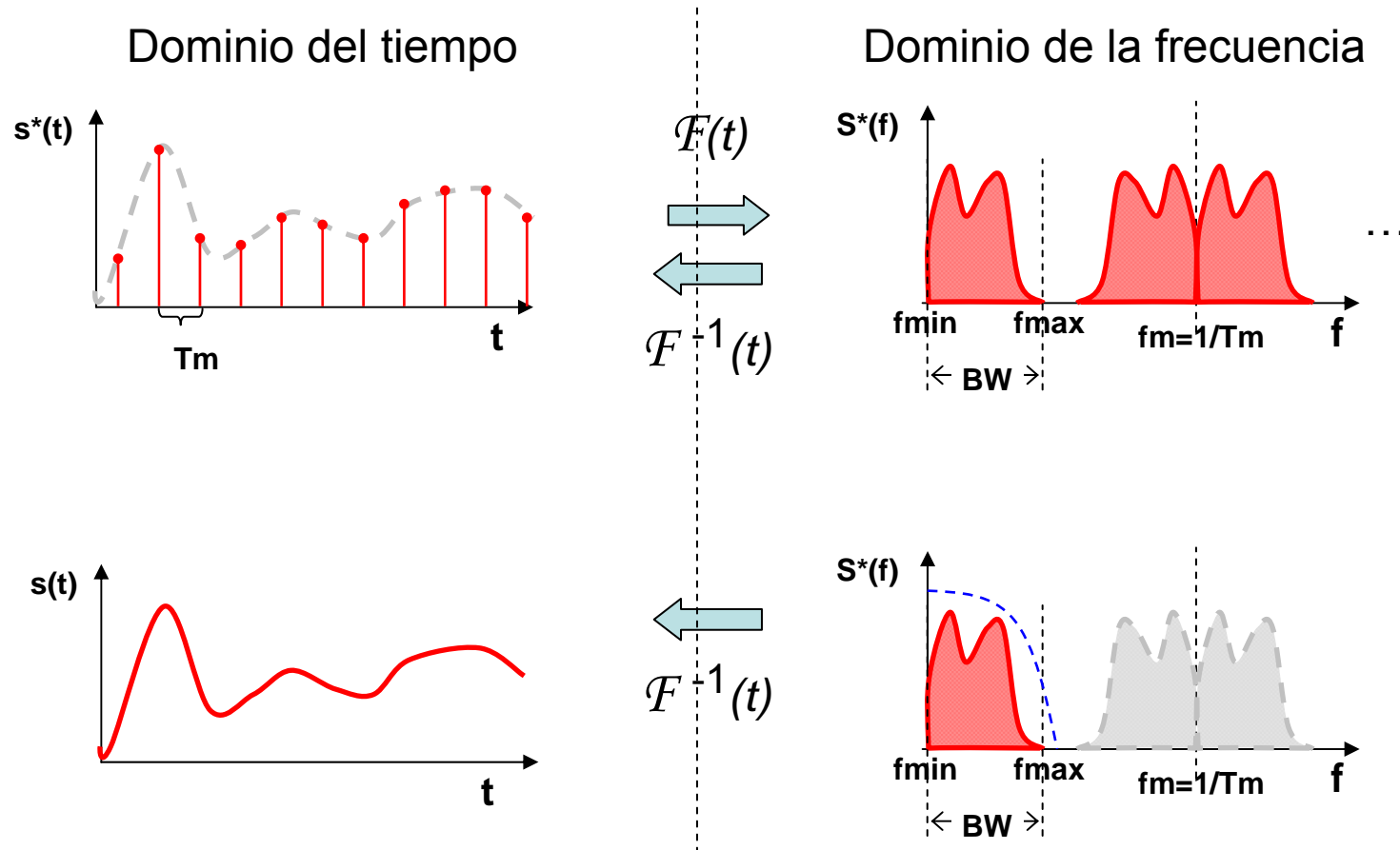
$\mathcal{F}(t)$   
 $\mathcal{F}^{-1}(t)$

El paso entre dominios se realiza mediante las operaciones  $\mathcal{F}(t)$ : (*Transformada de Fourier*), y  $\mathcal{F}^{-1}(t)$  (*Transformada Inversa de Fourier*).



# Muestreo de una señal analógica

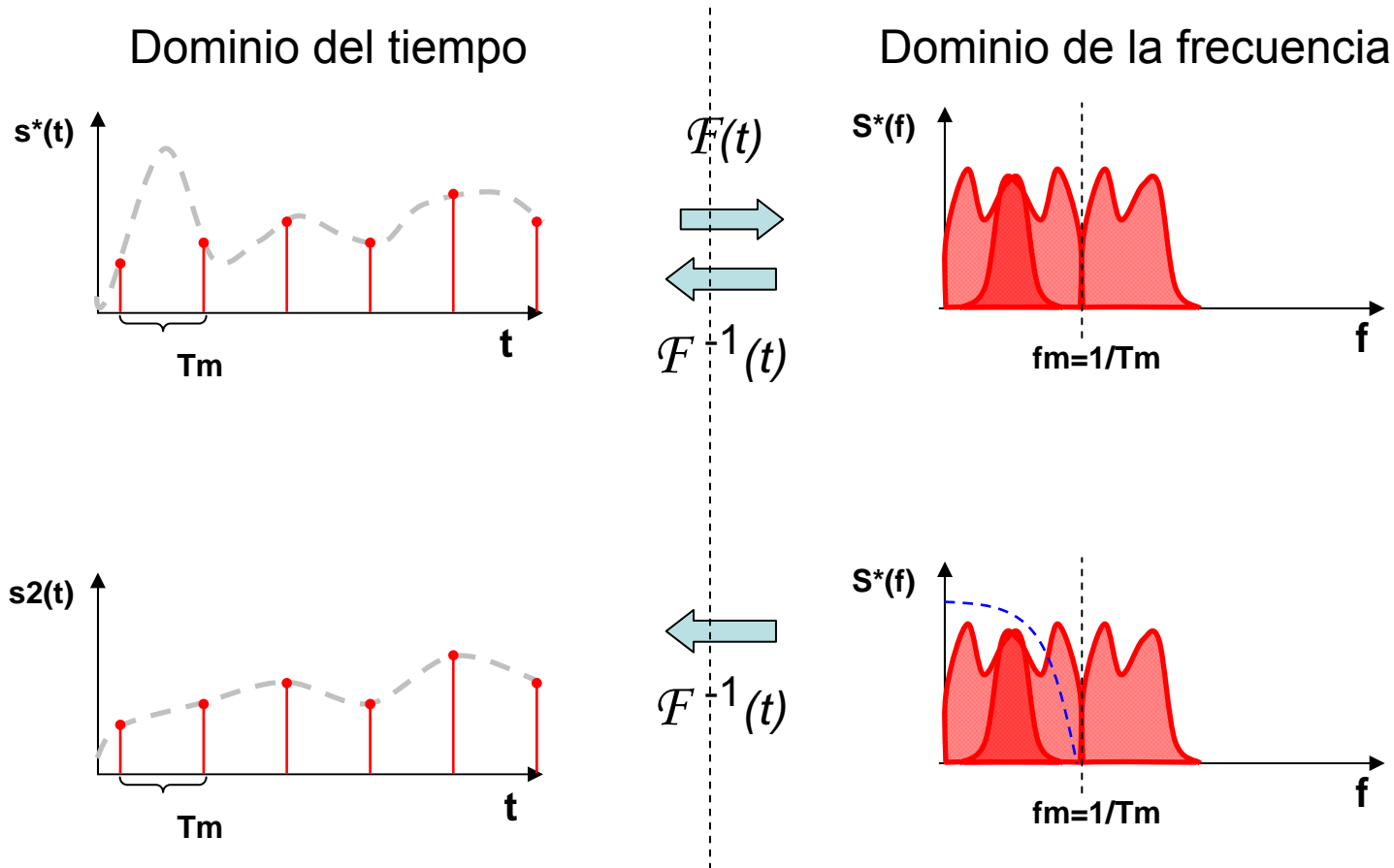
## Caso $f_m > 2.BW$



Si se descartan o filtran las componentes superiores del espectro (en gris), vemos que nos queda un espectro idéntico al de la señal original, es decir, en este caso desde la señal muestreada se puede recuperar la señal original.

# Muestreo de una señal analógica

## Caso $f_m < 2.BW$ : ALIASING



En este caso, con  $T_m$  demasiado grande ( $f_m$  menor que  $2.BW$ ), no se puede recuperar la señal original

# Muestreo de una señal analógica

---

## Muestreo (*sampling*)

Tiempo de  
conversión

(ns,  $\mu$ s, ms):

Frecuencia de muestreo

(Sps, kSps, MSps, GSps):

*Sps: Samples per second*

### **Velocidades usuales**

Controlador industrial: 1Sps –  $10^4$  Sps

Laboratorio/otros: 0.1 Sps –  $10^{10}$  Sps

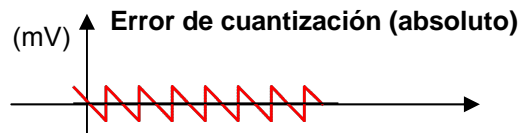
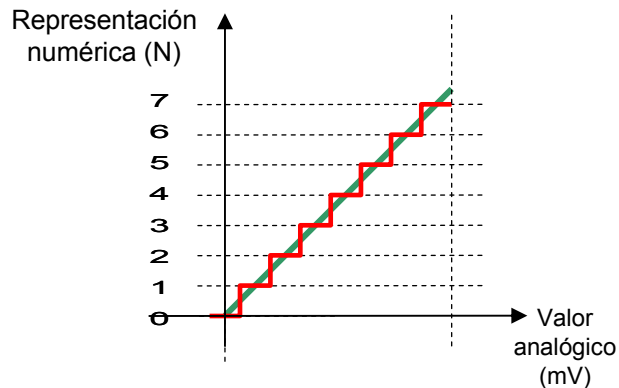
# Digitalización: Conversión A/D

El *Convertor Analógico/Digital* convierte un valor de voltaje en un número proporcional a dicho voltaje. El A/D acepta voltajes desde un mínimo  $V_{min}$  a un máximo  $V_{max}$ , y se denomina Rango (o Rango Estático) a la diferencia  $V_{max}-V_{min}$ . El número es un binario de **n bits de resolución**, por lo que la representación de salida es en realidad **escalonada**. La diferencia entre el valor analógico real y su correspondiente representación se denomina error de cuantización, y se expresa habitualmente en milivolts.

Mientras **más bits** de salida posea el A/D, se dice que tiene **mayor resolución**, que equivale a decir **menor error de cuantización**. Según cómo convierta el A/D, el error de cuantización puede tener el tamaño de medio escalón ( $\pm 1/2$  LSB) o un escalón ( $-1$  LSB). (**LSB: Least significant Bit**, bit menos significativo, es el **mínimo incremento que puede detectarse**)

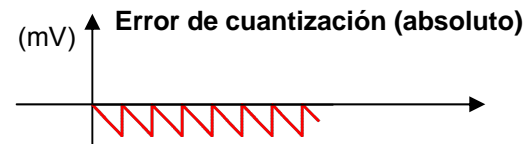
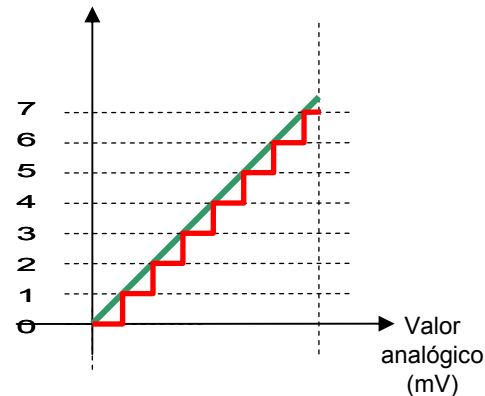
**Convertor A/D de 3 bits, error  $\pm 1/2$  LSB**

Curva de transferencia

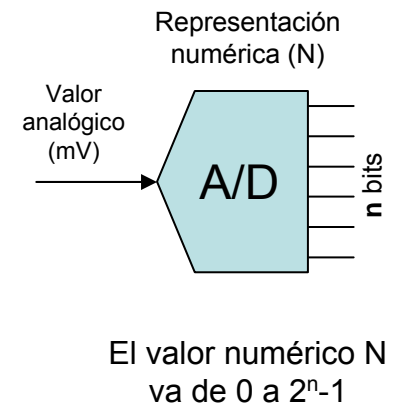


**Convertor A/D de 3 bits, error -1 LSB**

Curva de transferencia



Estos dos A/D son de igual resolución, pero es mejor el de  $1/2$  LSB



## Digitalización: Conversión A/D

---

### Algunas definiciones sobre Digitalización

Resolución:

$$R = 2^n$$

Rango:

$$Ra = V_{\max} - V_{\min} \leftarrow \text{(usualmente 0)}$$

Error de cuantización absoluto  
(tamaño del escalón)

$$E_{ca} = \frac{\text{Rango}}{2^{n-1}}$$

Error de cuantización (relativo)

$$E_{cr} = \frac{E_{ca}}{\text{Rango}} = \frac{1}{2^{n-1}}$$

Resoluciones usuales

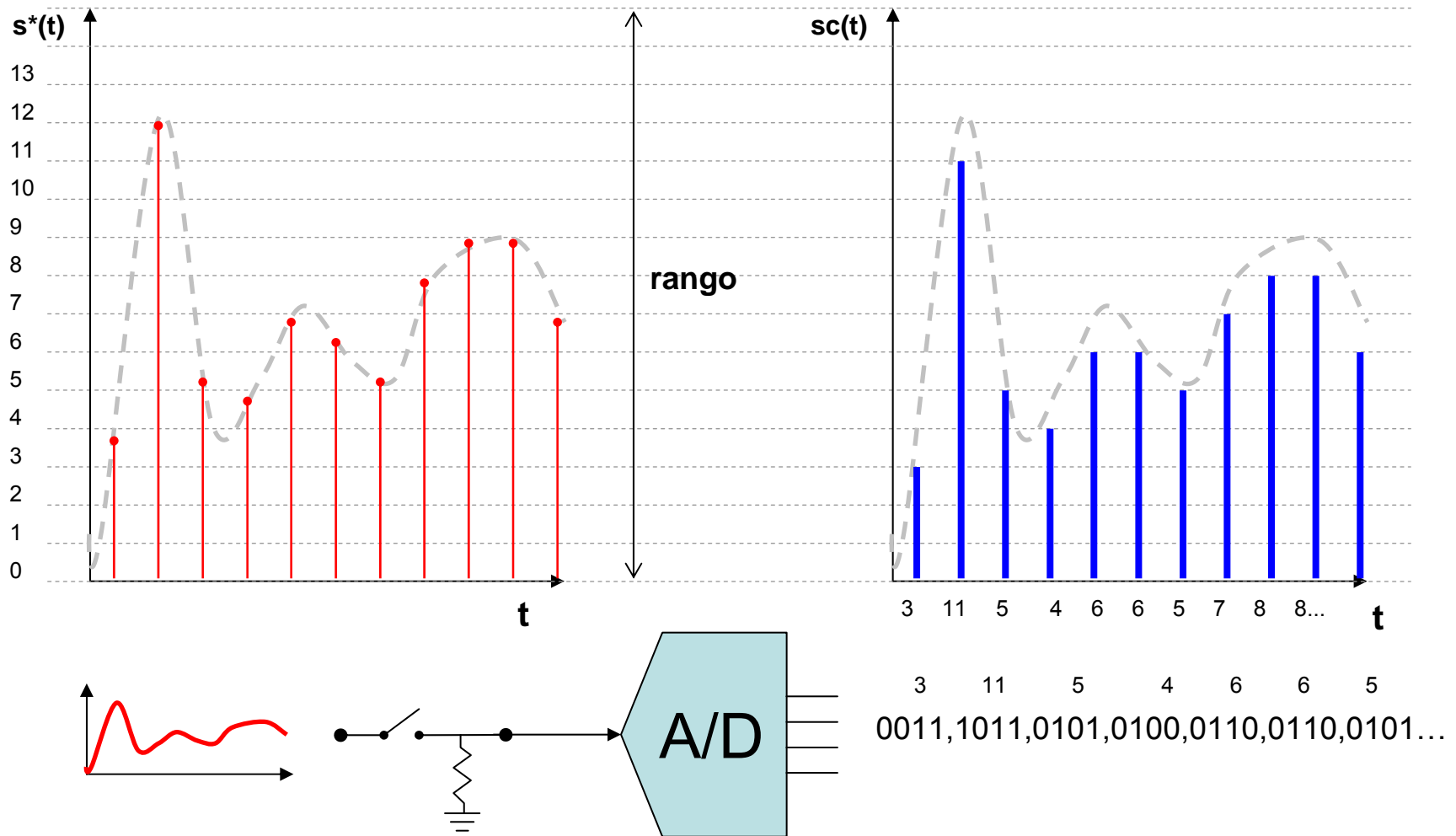
Industria:  $2^{10} - 2^{12}$

Laboratorio:  $2^{16} - 2^{24}$

Otros:  $2^8 - 2^{18}$

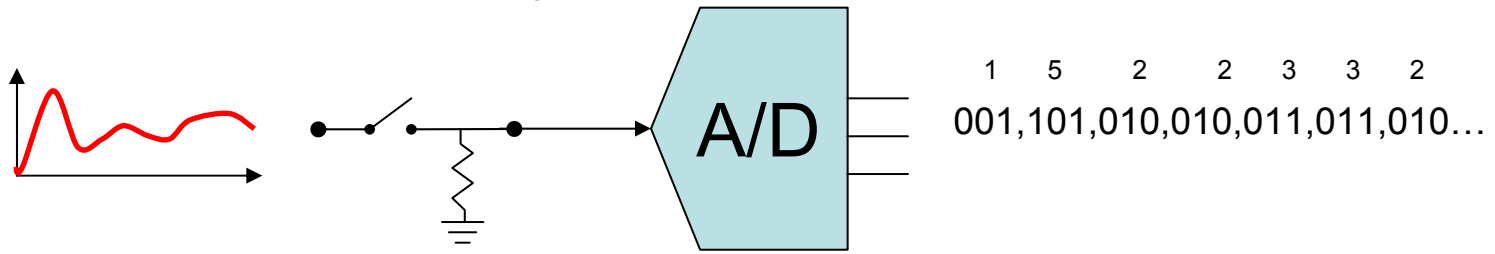
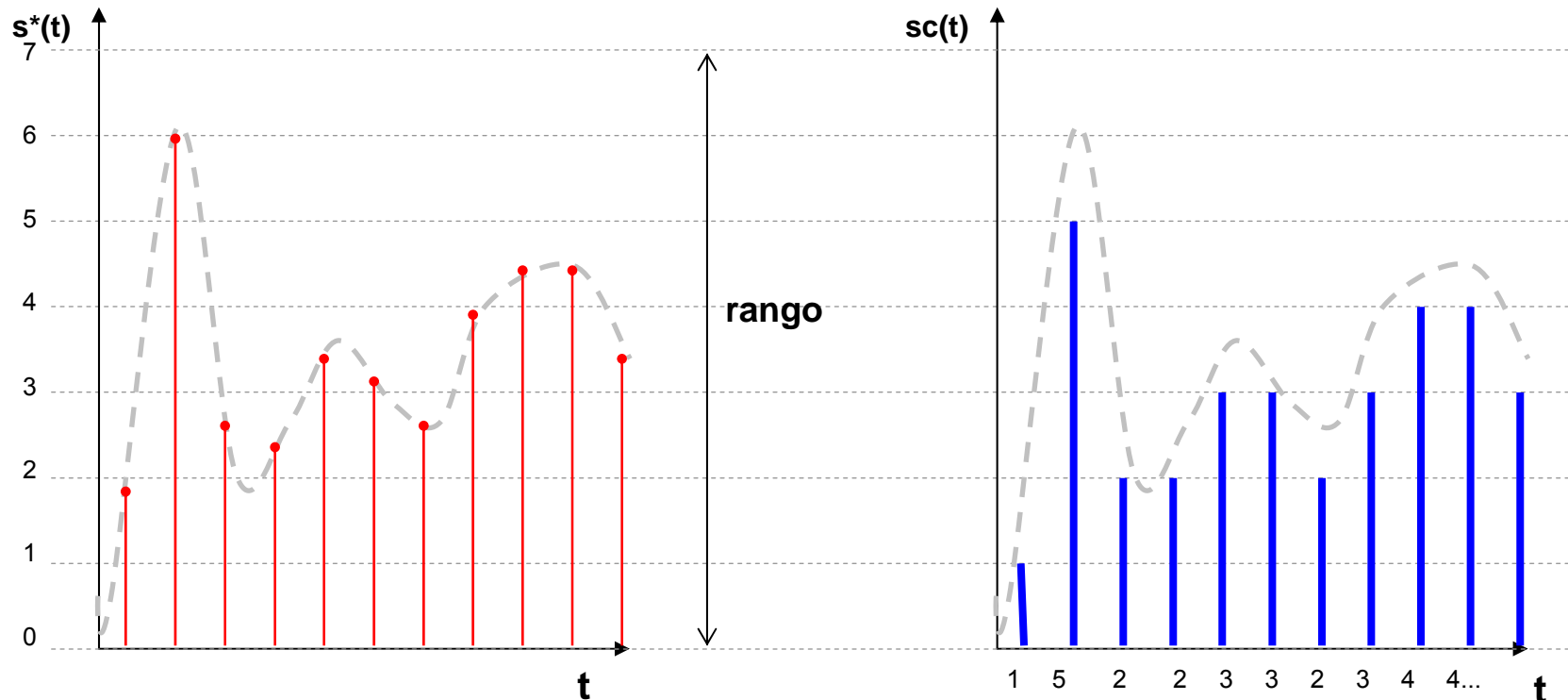
# Digitalización: Conversión A/D

## Ejemplo: Cuantización a 4 bits



# Digitalización: Conversión A/D

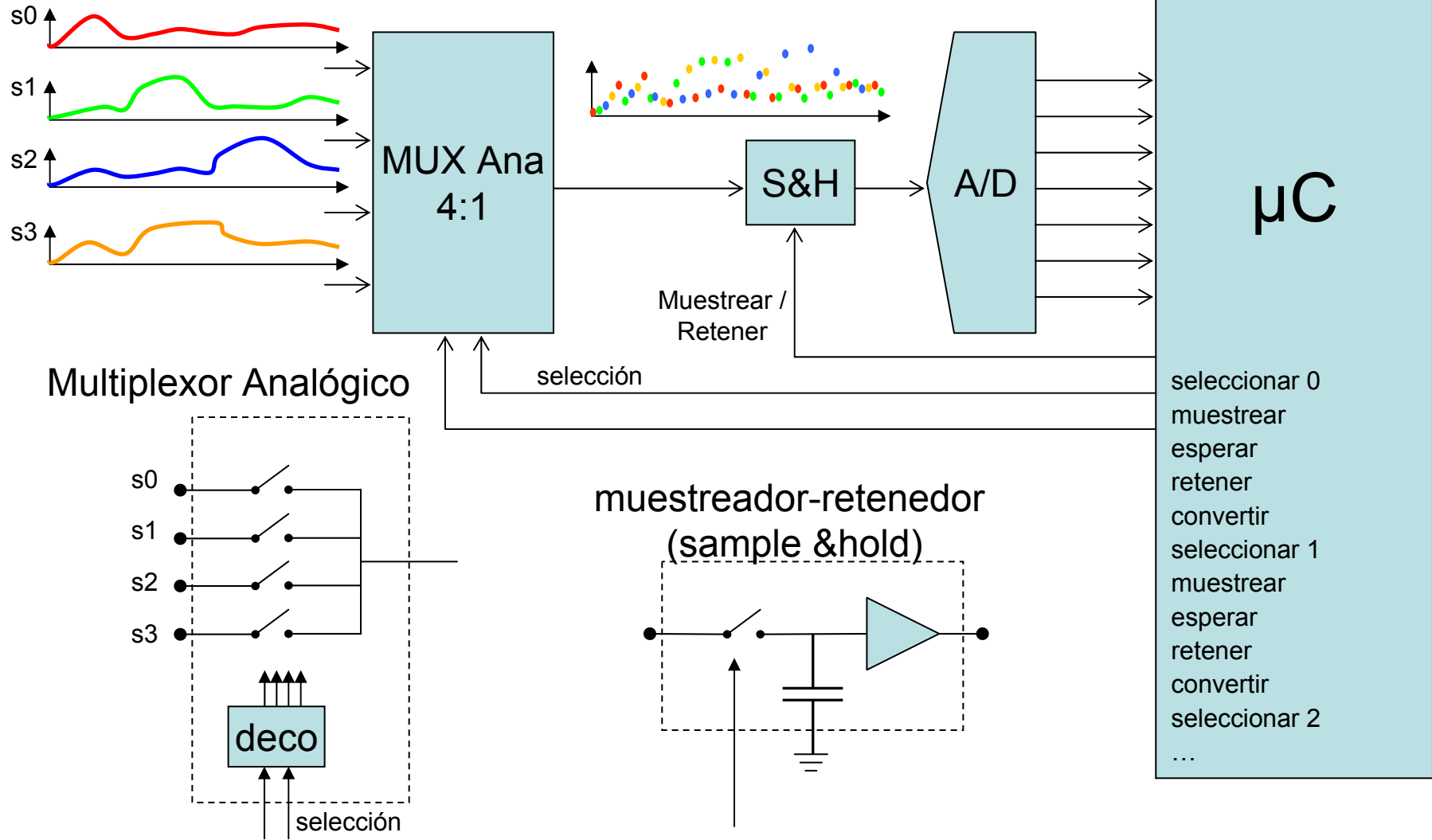
## Ejemplo: Cuantización a 3 bits



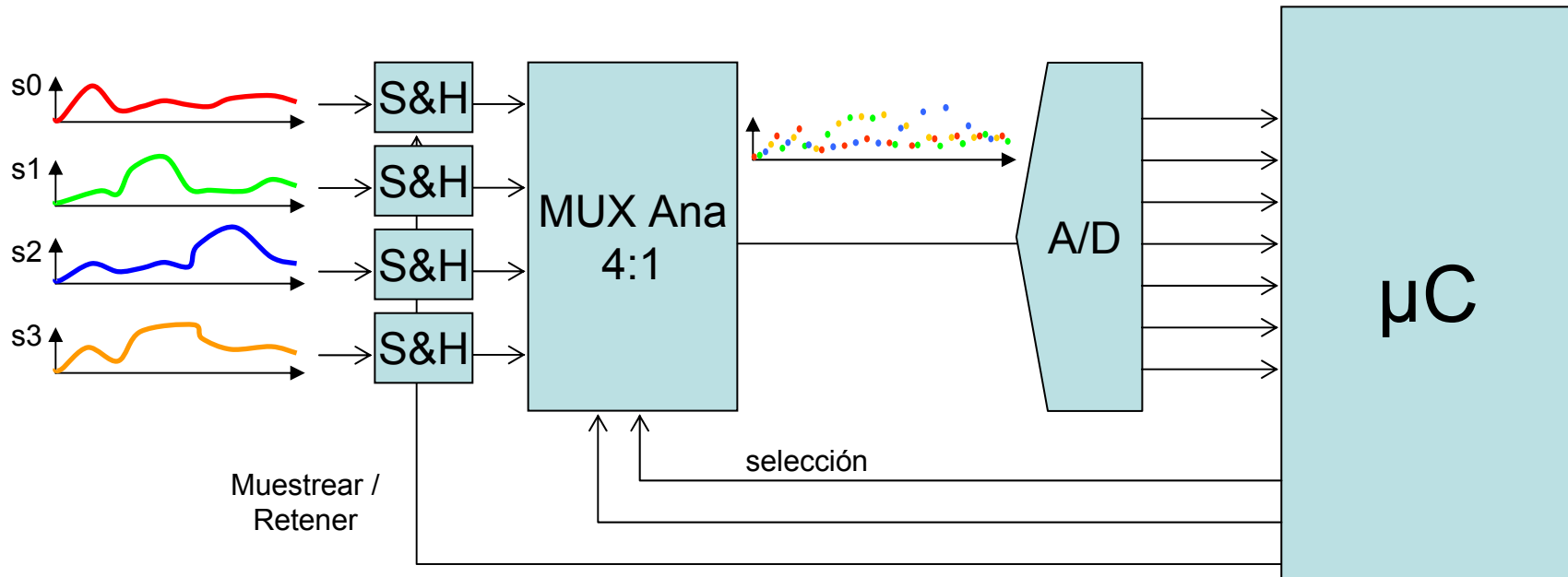


# Muestreo múltiple: Multiplexación

## MUESTREO SECUENCIAL

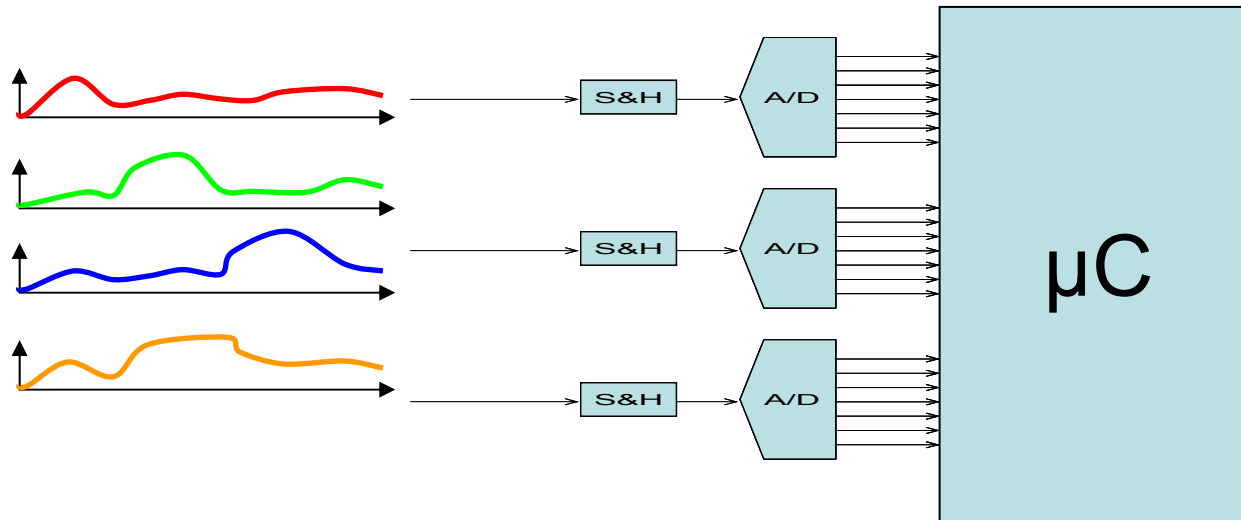


# Muestreo múltiple: Multiplexación MUESTREO SIMULTÁNEO



## Muestreo múltiple: Multiplexación

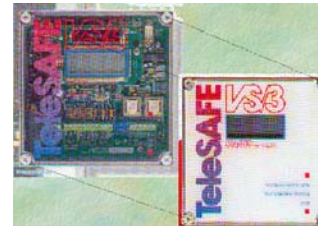
# MUESTREO SIMULTÁNEO 2



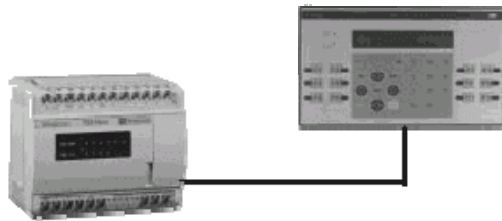
## Instrumentos y dispositivos de adquisición y control



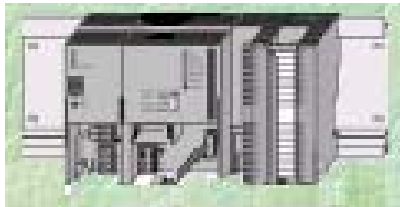
**PID**



**RTU**



**DATALOGGER**

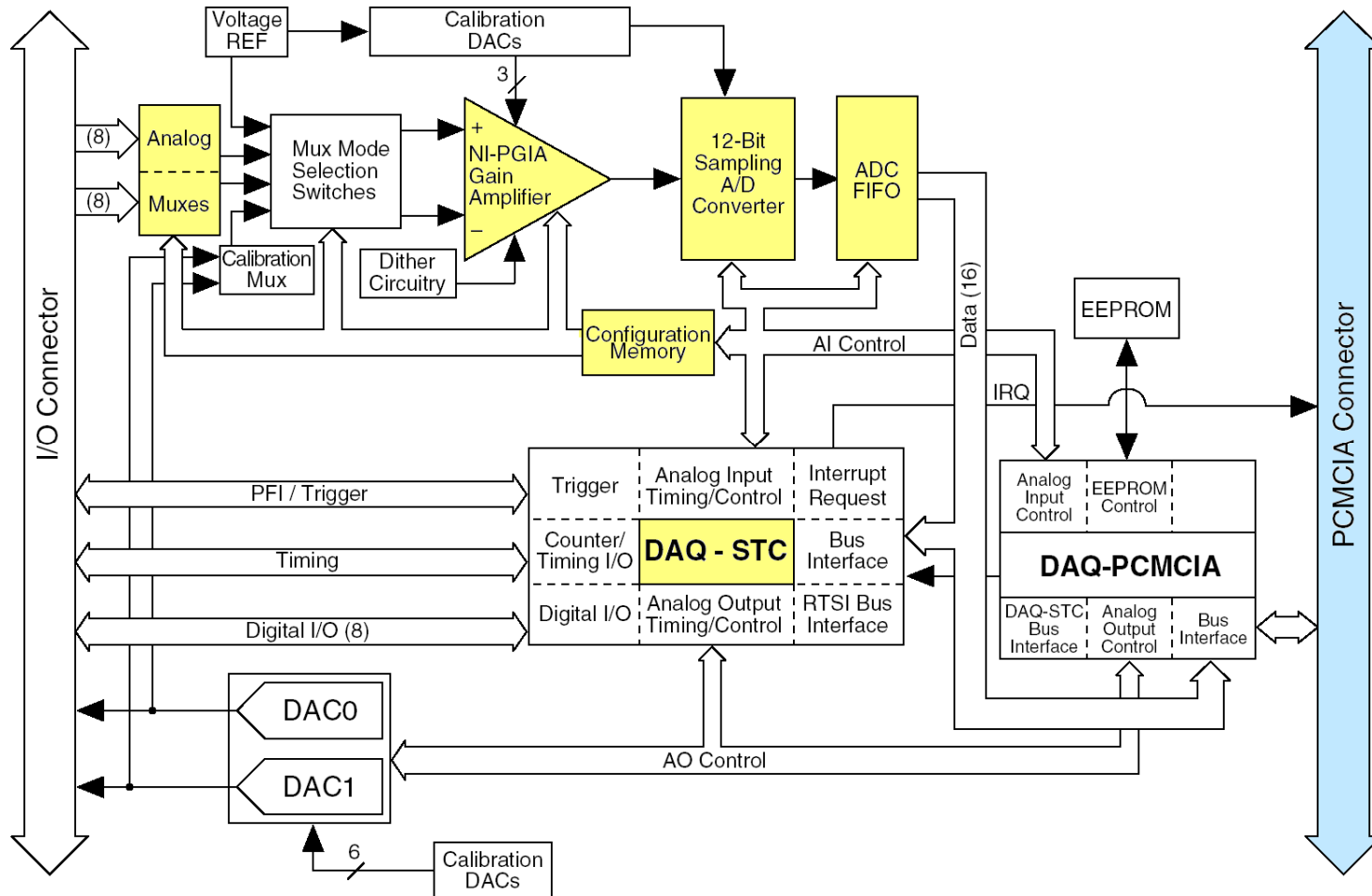


**PLC ( Autómata Programable)**



**PC INDUSTRIAL**

# PLACA DAQ (*data acquisition*) para PC



# Microcontrolador con A/D D/A Integrado

