

Fundamentos de Instrumentación Electrónica (Código G1031325)

Grado en Física

Tema 0: Instrumentación Electrónica en Física



Profesores: Víctor Manuel Brea Sánchez, Diego Cabello Ferrer,
Paula López Martínez

Materia de Carácter: Obligatorio

Impartición: 3º Curso, 1º Semestre (4.5 ECTS)

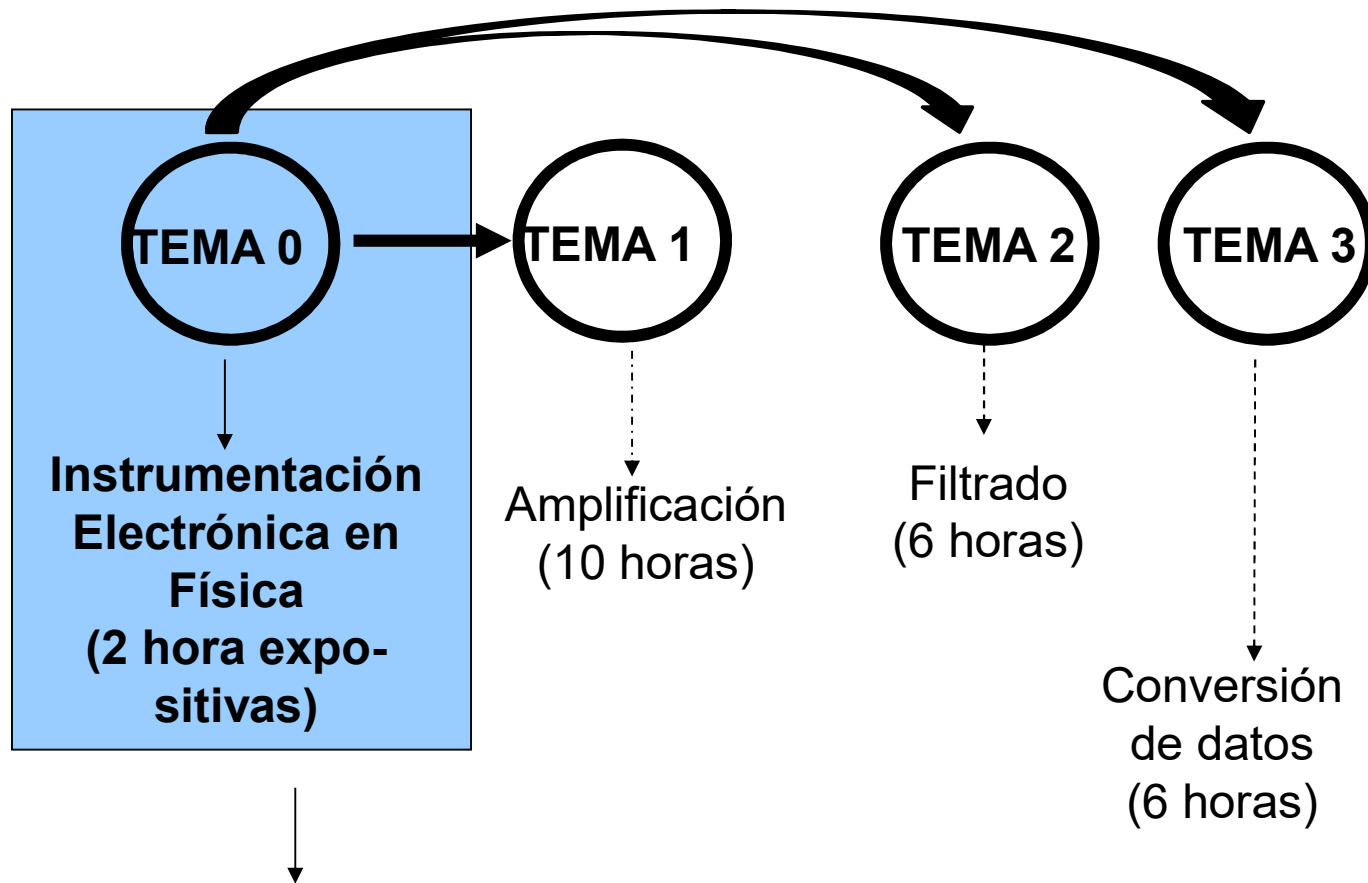
Dpto. Electrónica e Computación

Universidade de Santiago de Compostela

OBJETIVO

- Introducir una serie de conceptos que vamos a usar y desarrollar en profundidad en los restantes temas de la asignatura

Relación con otros Temas de la asignatura

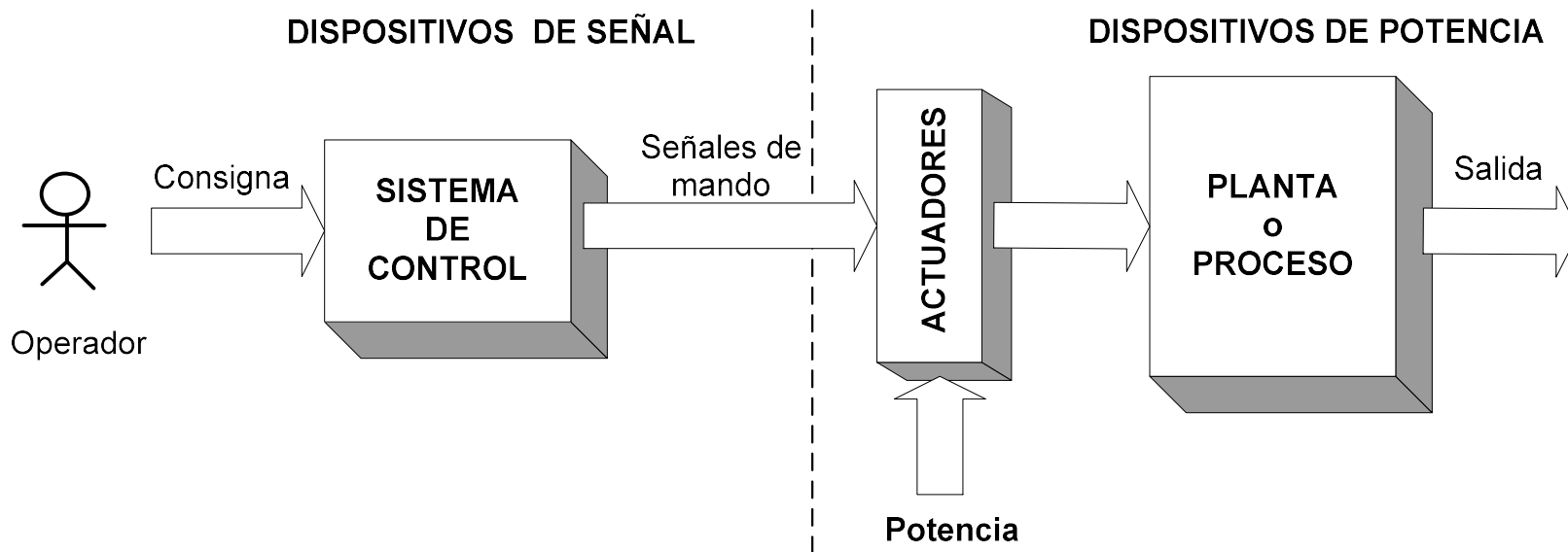
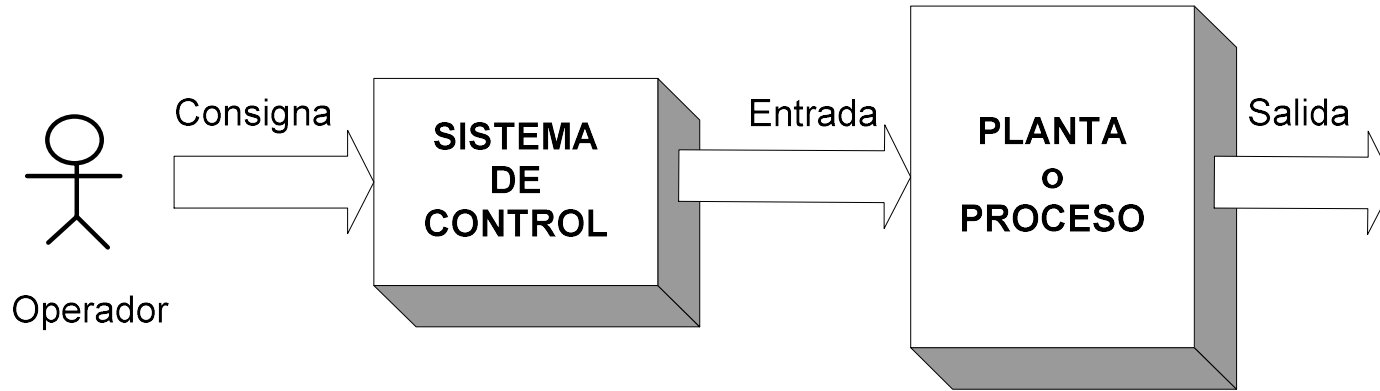


Control de procesos y sistemas de medida
Caracterización del comportamiento de un sistema en situaciones estáticas
Caracterización del comportamiento dinámico de un sistema

CONTENIDOS

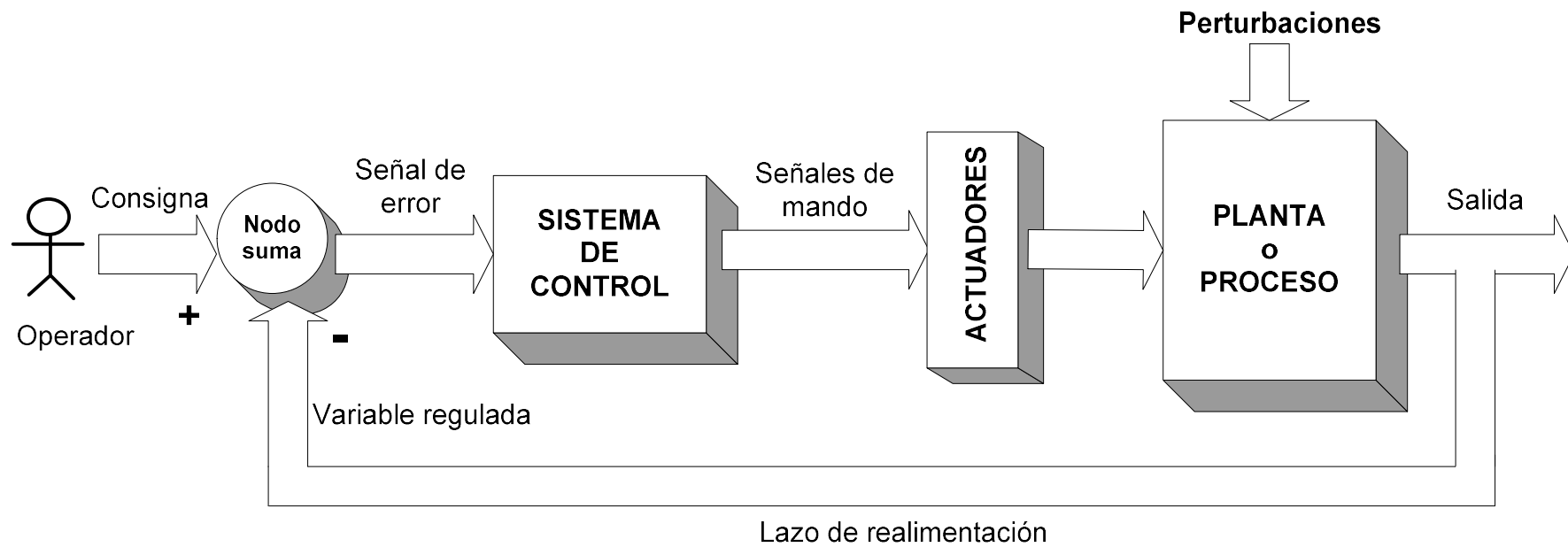
- Control de procesos y sistemas de medida
- Caracterización del comportamiento de un sistema en situaciones estáticas
 - Curva de calibración o función de transferencia estática
- Caracterización del comportamiento dinámico de un sistema
 - Análisis en el dominio transformado
 - Función de transferencia
 - Función de respuesta en frecuencia
 - Análisis en el dominio del tiempo

Control de Procesos

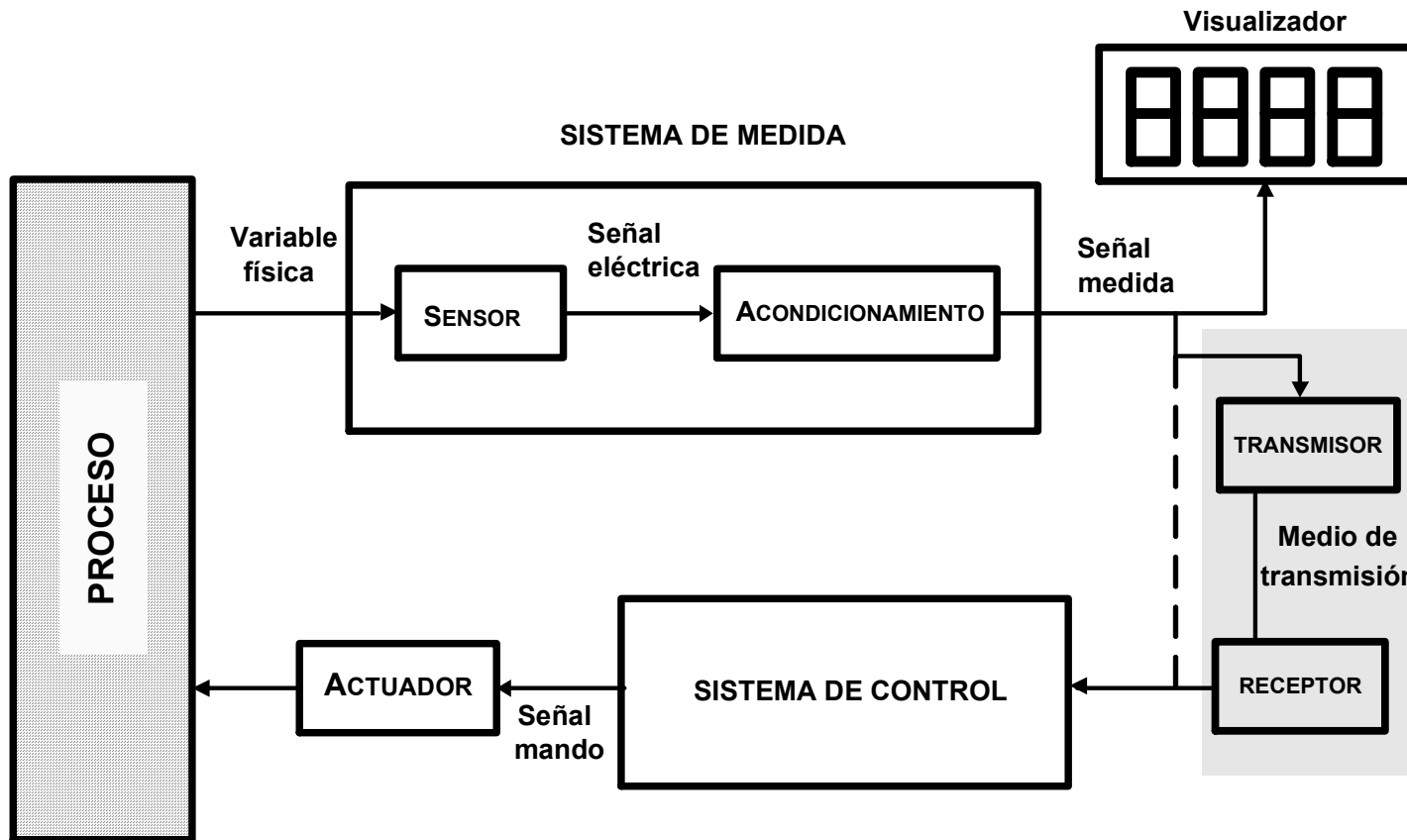


Control de Procesos

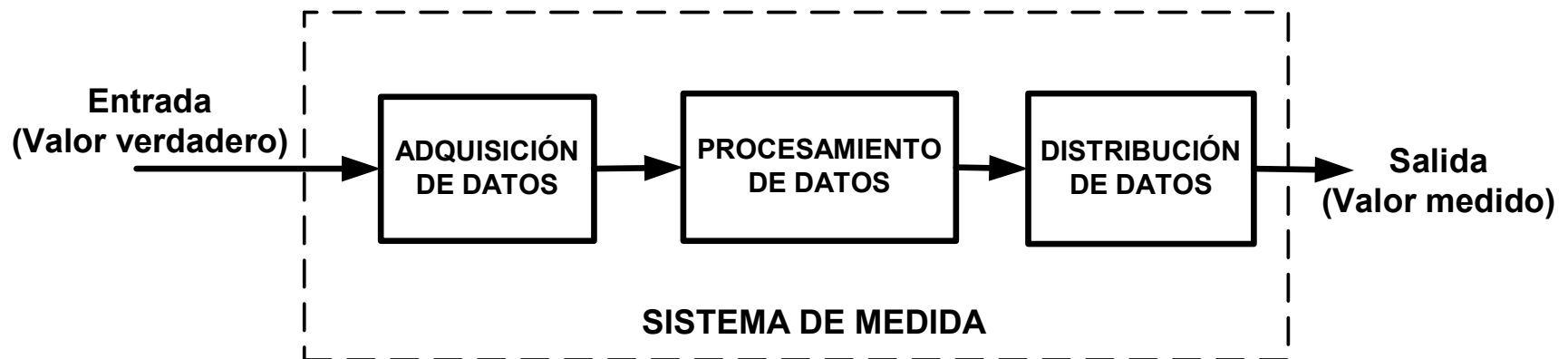
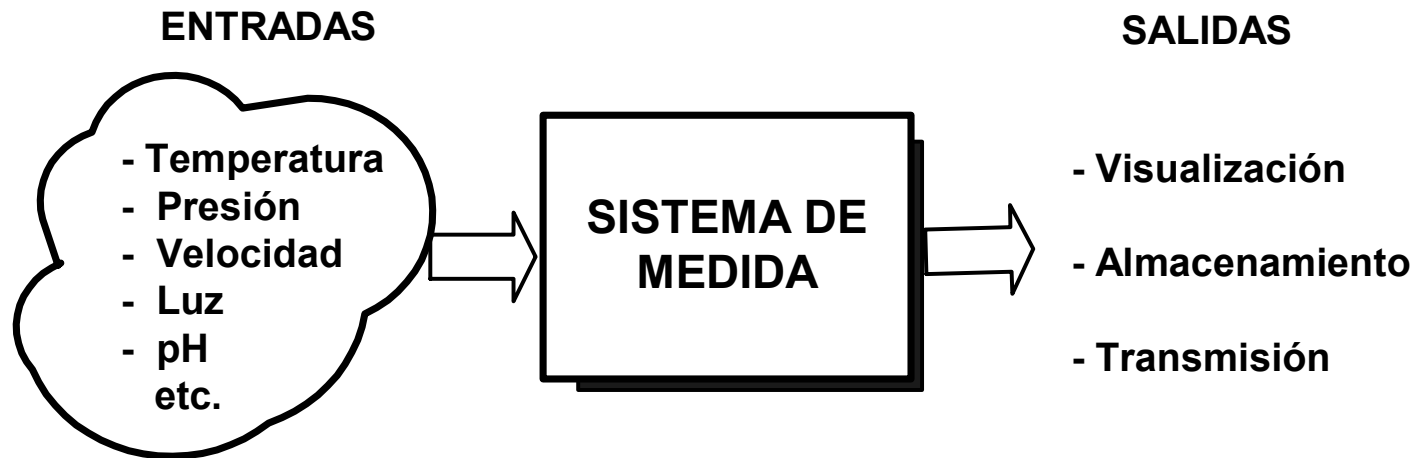
- Sistema en lazo cerrado



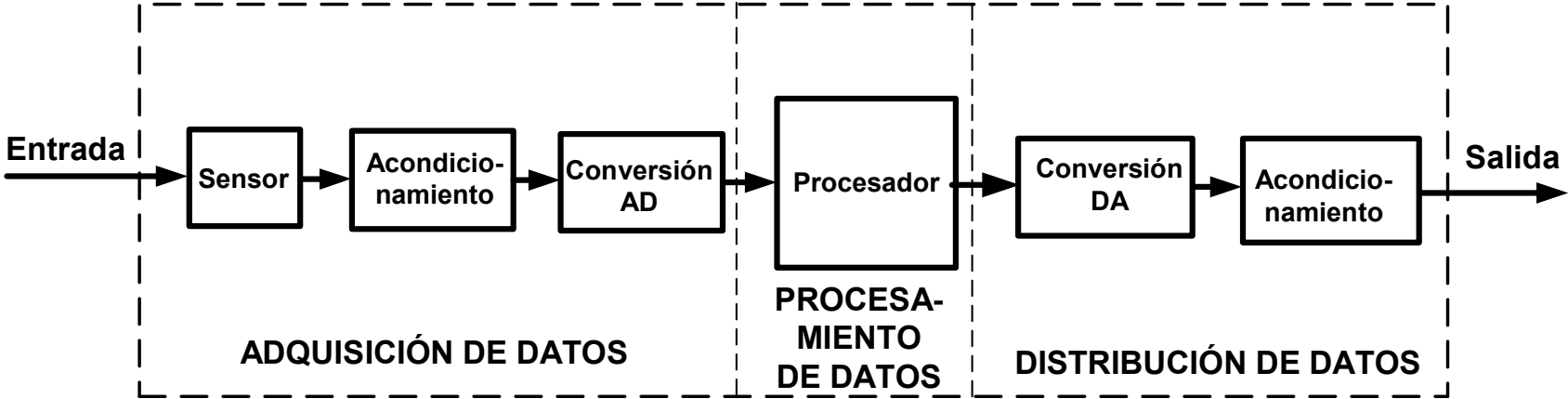
Control de Procesos



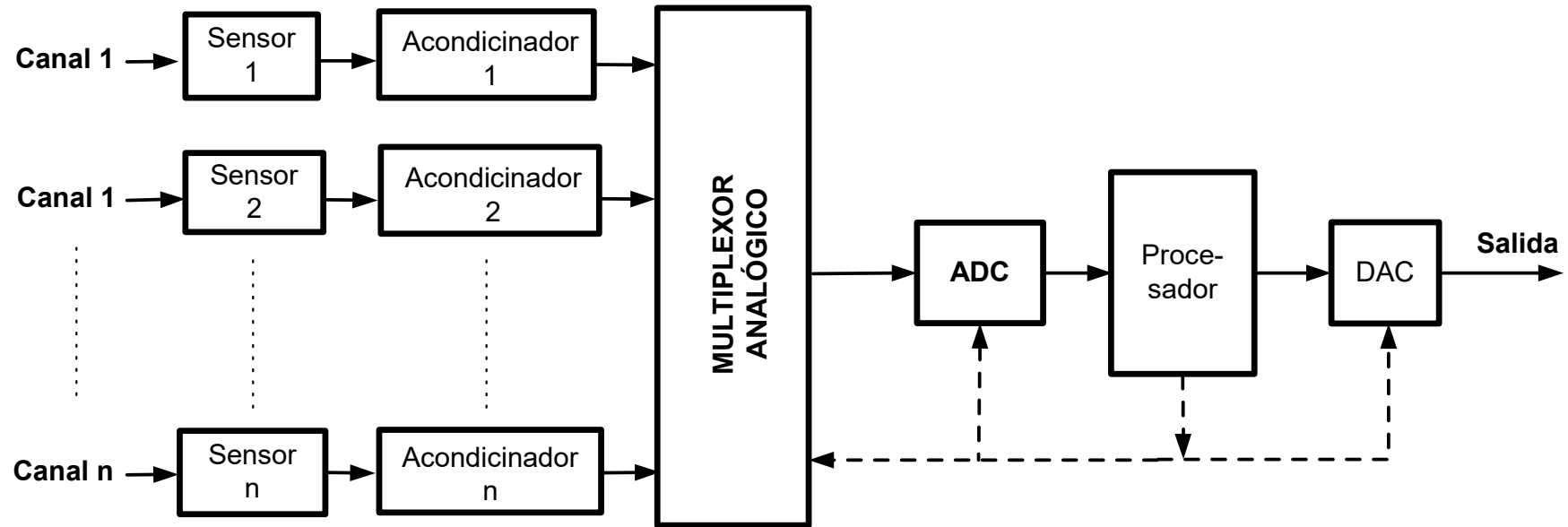
Sistemas de Medida



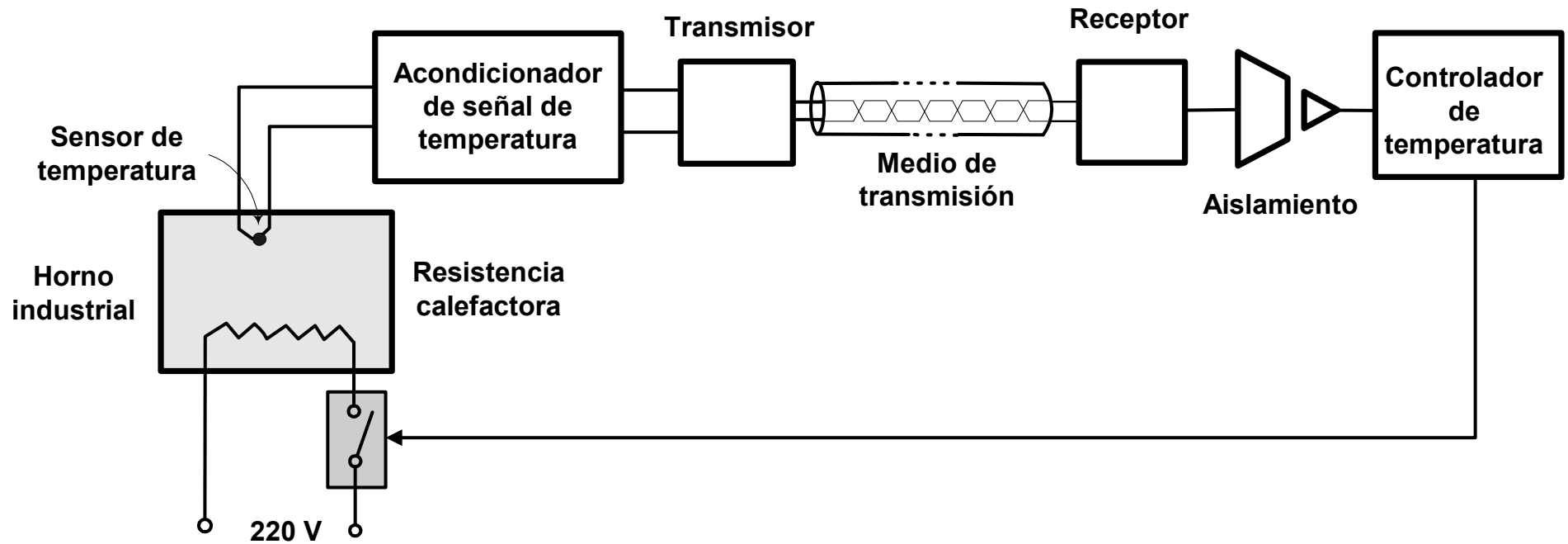
Sistemas de Medida



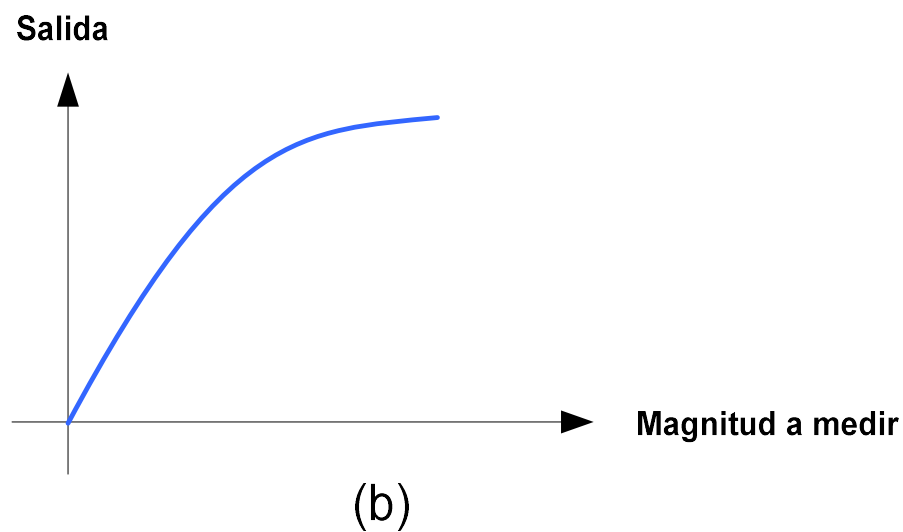
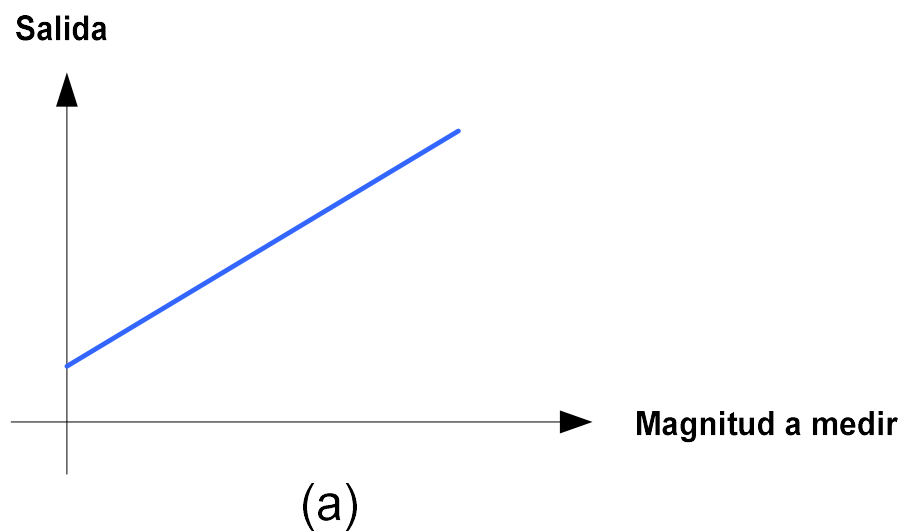
Sistemas de Medida



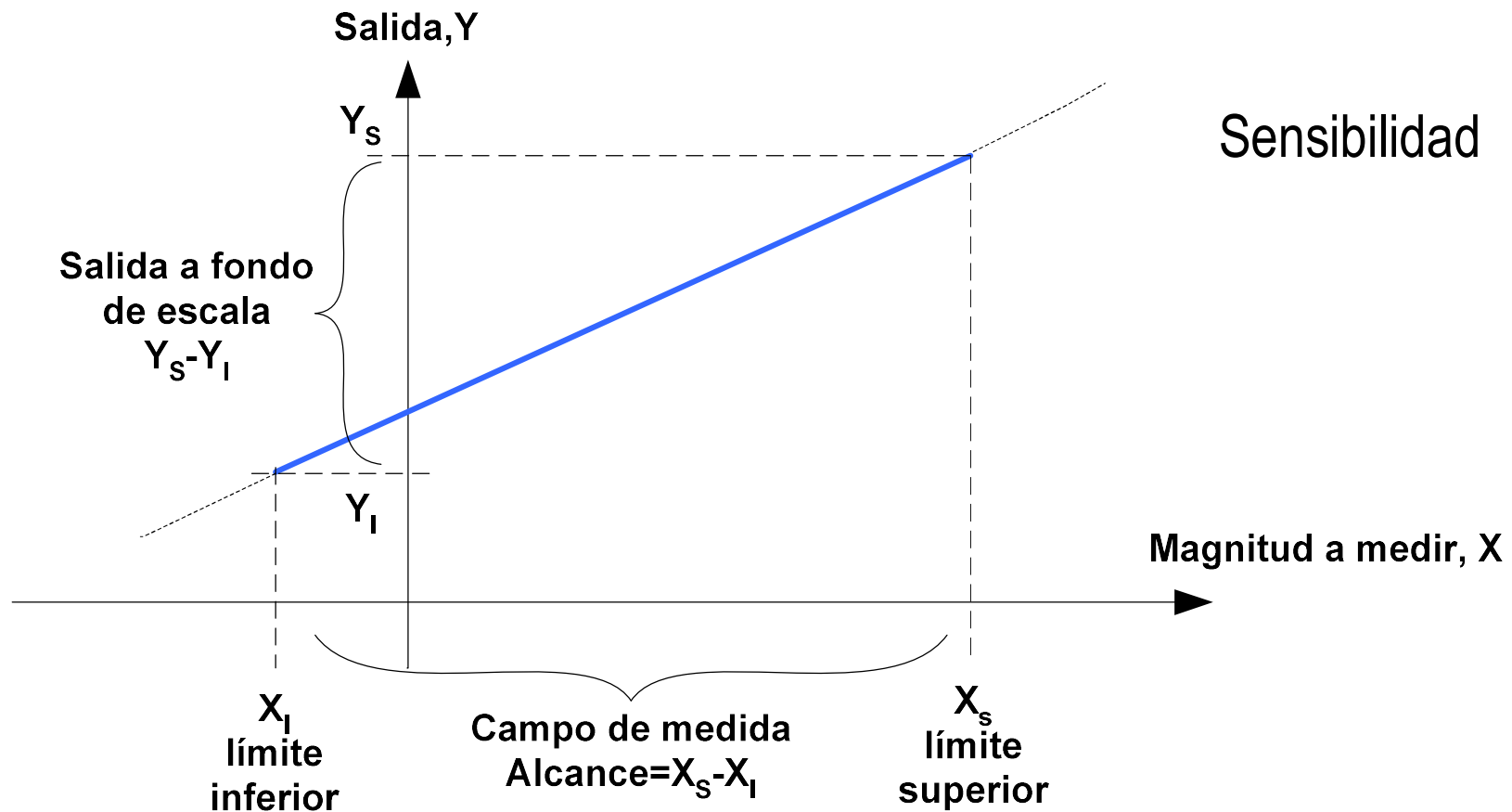
Ejemplo de Sistema de Medida



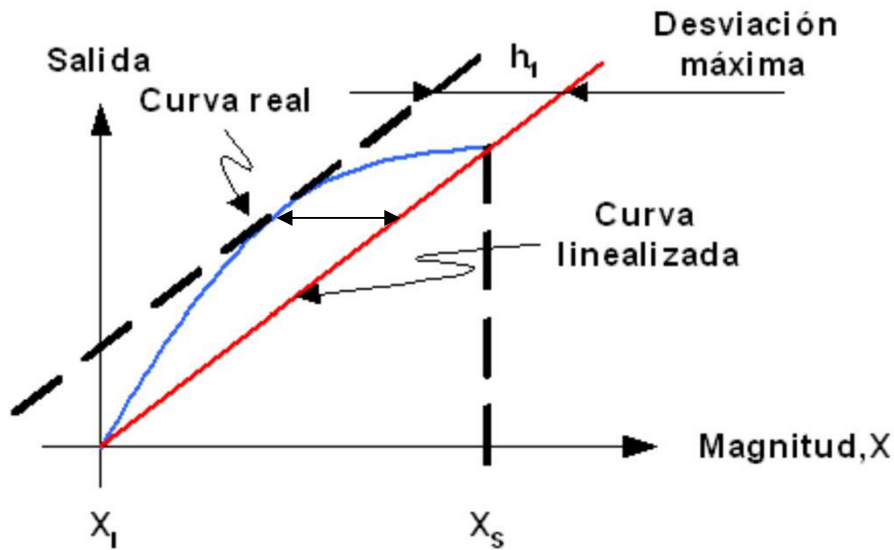
Características estáticas. Curva de calibración



Características estáticas. Curva de calibración: límites

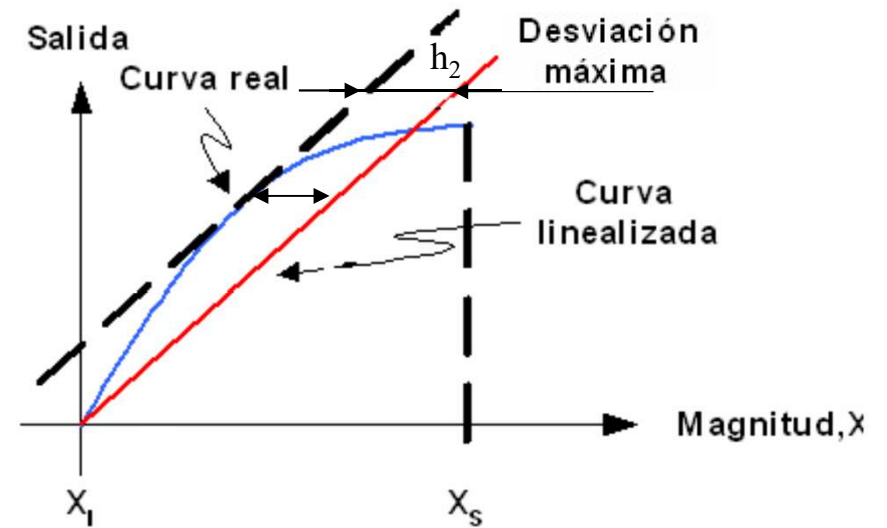


No linealidad



(a)

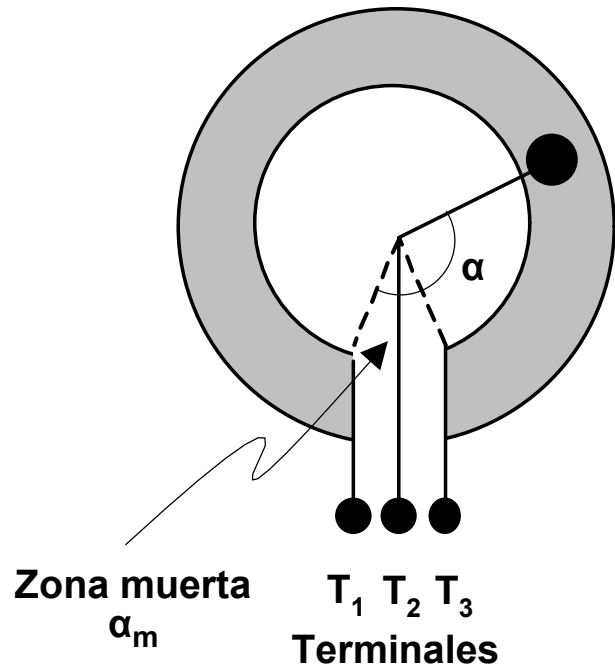
$$N.L. = \frac{h_1}{X_s - X_1} * 100$$



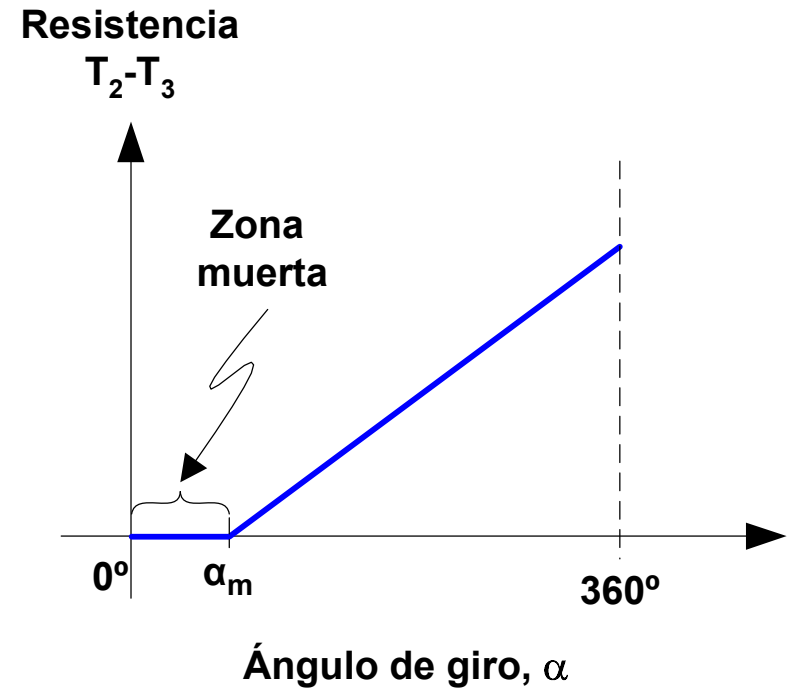
(b)

$$N.L. = \frac{h_2}{X_s - X_1} * 100$$

Zona muerta



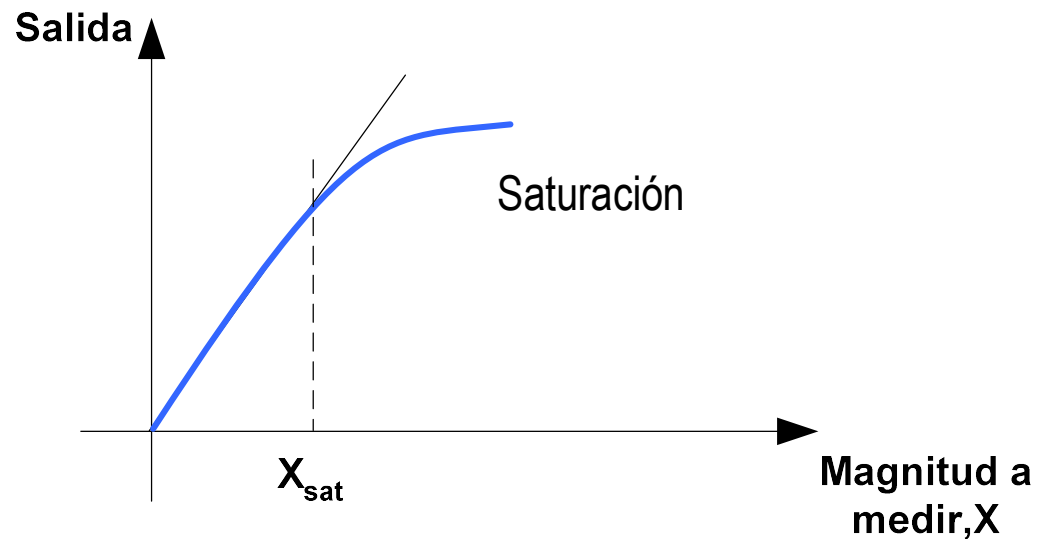
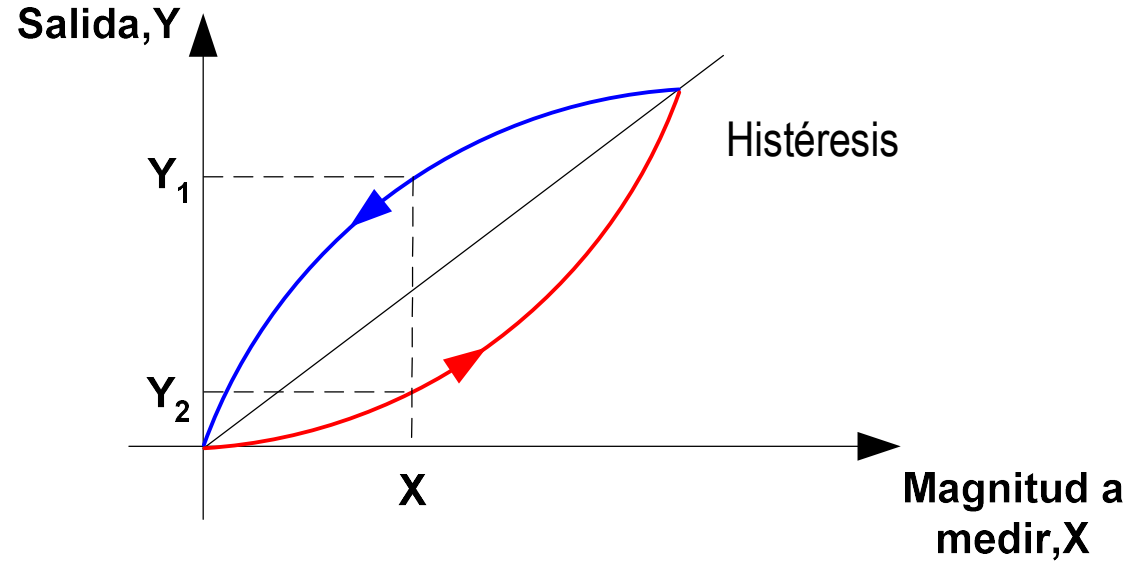
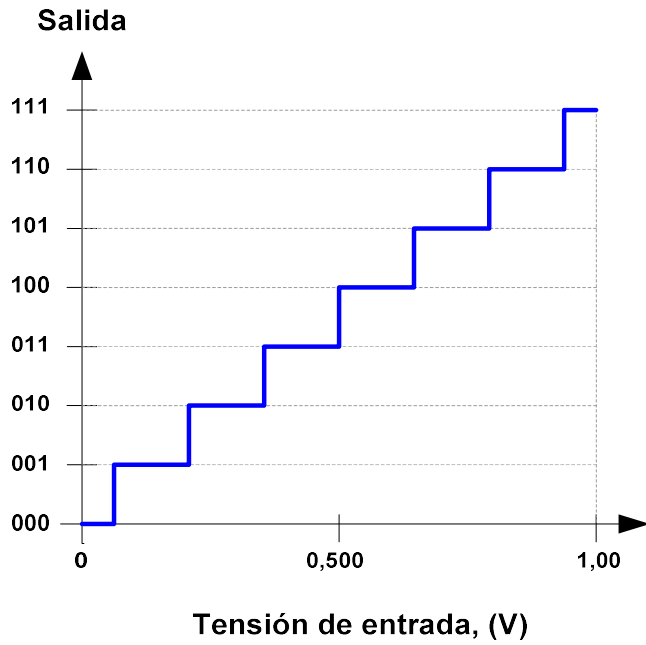
(a)



(b)

Resolución, histéresis, saturación

Resolución



Errores

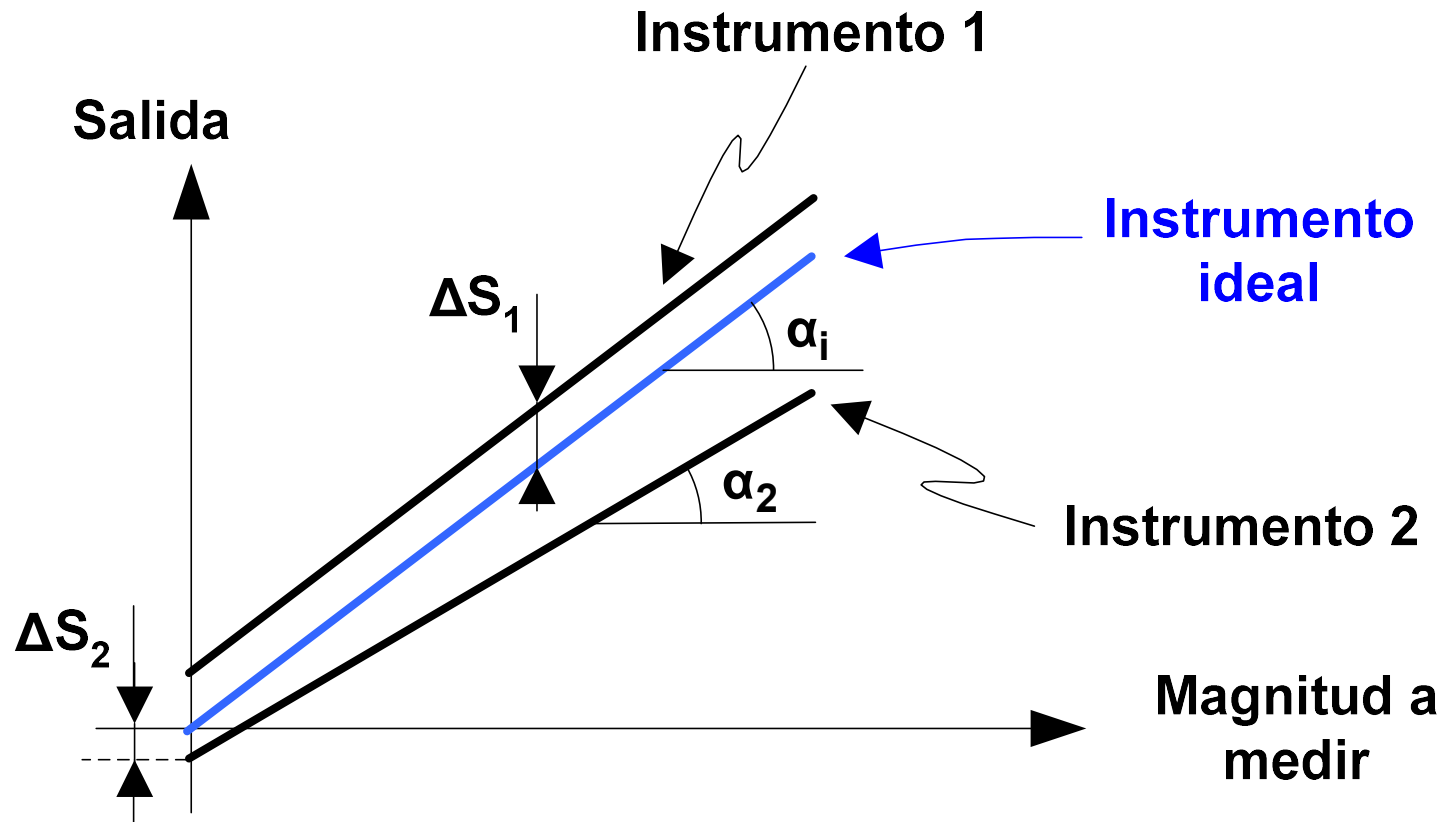
$$|\textit{Valor medido} - \textit{Valor exacto}|$$

$$\frac{|\textit{Valor medido} - \textit{Valor exacto}|}{\textit{Valor exacto}}$$

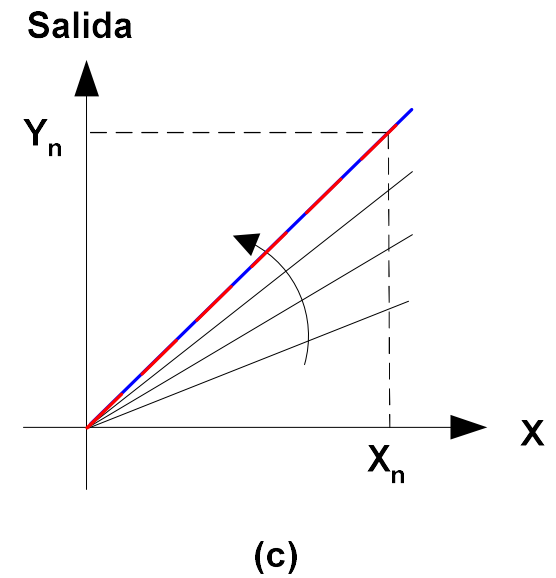
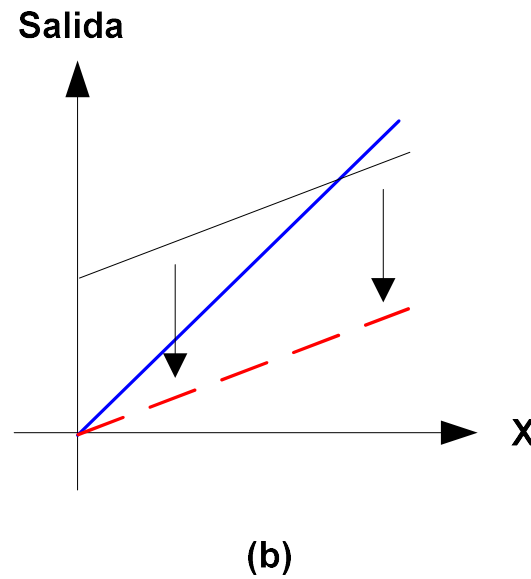
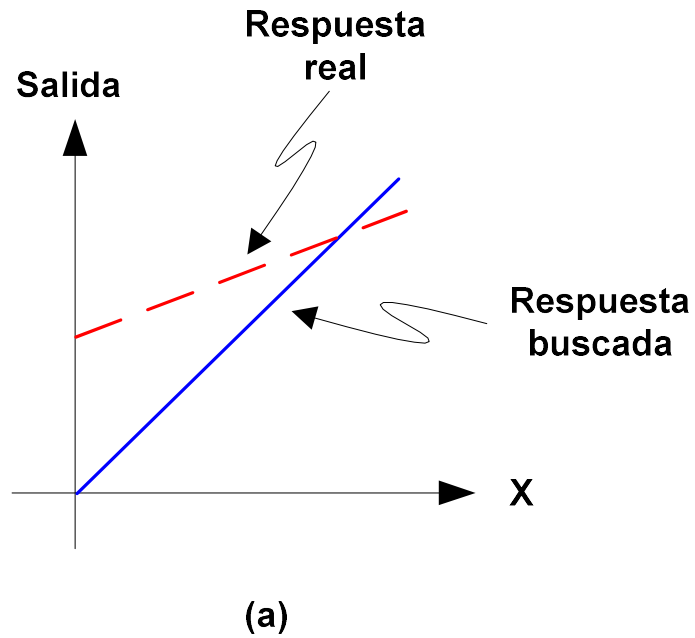
Propagación de errores

Operación		Resultado	Resultado corregido
Suma	$(a \pm k_1 a) + (b \pm k_2 b)$	$(a + b) \pm (k_1 a + k_2 b)$	$(a + b) \pm \sqrt{(k_1 a)^2 + (k_2 b)^2}$
Diferencia	$(a \pm k_1 a) - (b \pm k_2 b)$	$(a - b) \pm (k_1 a + k_2 b)$	$(a - b) \pm \sqrt{(k_1 a)^2 + (k_2 b)^2}$
Producto*	$(a \pm k_1 a) \cdot (b \pm k_2 b)$	$ab \pm ab(k_1 + k_2)$	$ab \pm ab\sqrt{k_1^2 + k_2^2}$
Cociente*	$\frac{a \pm k_1 a}{b \pm k_2 b}$	$\frac{a}{b} \pm \frac{a}{b}(k_1 + k_2)$	$\frac{a}{b} \pm \frac{a}{b}\sqrt{k_1^2 + k_2^2}$

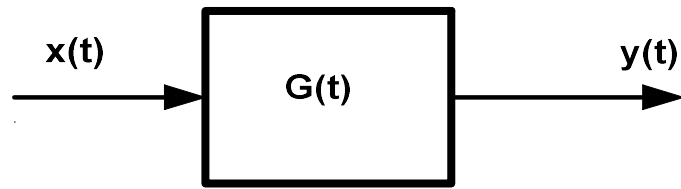
Calibración



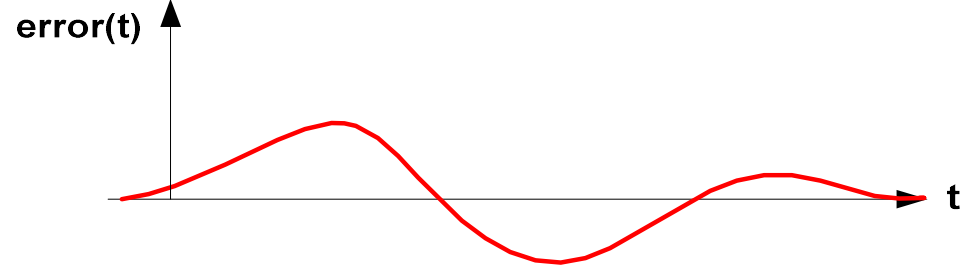
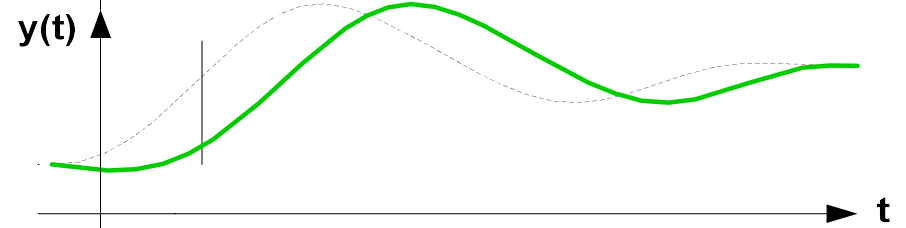
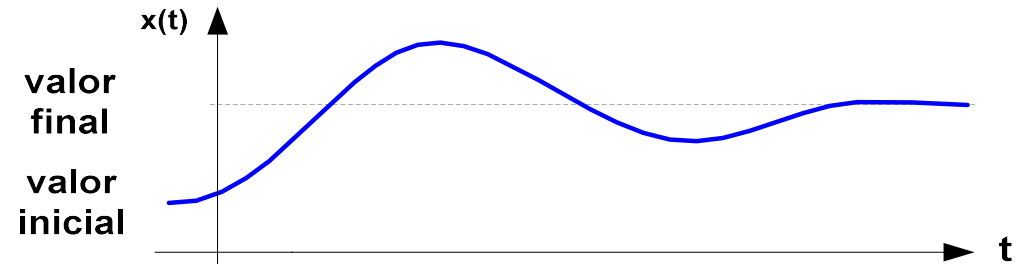
Calibración



Características dinámicas

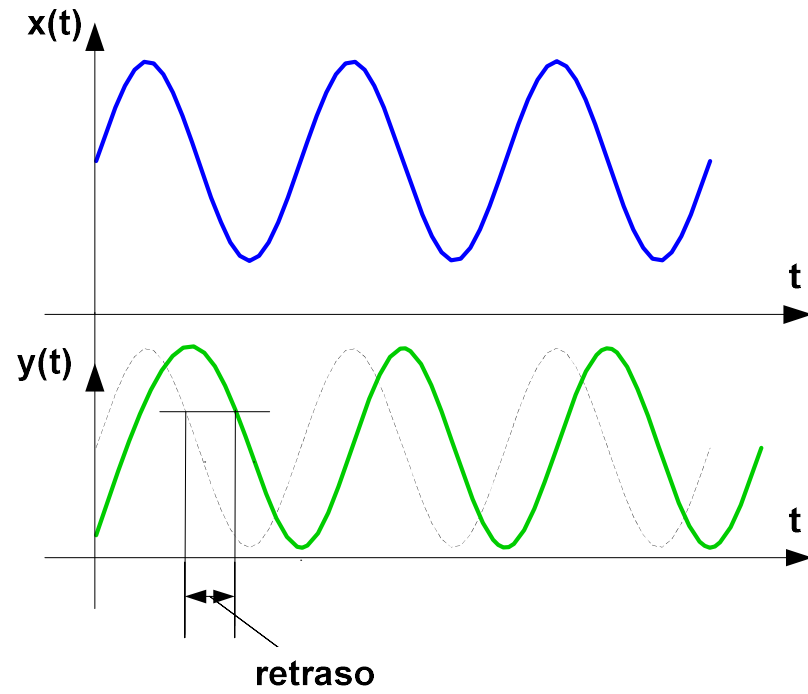


(a)

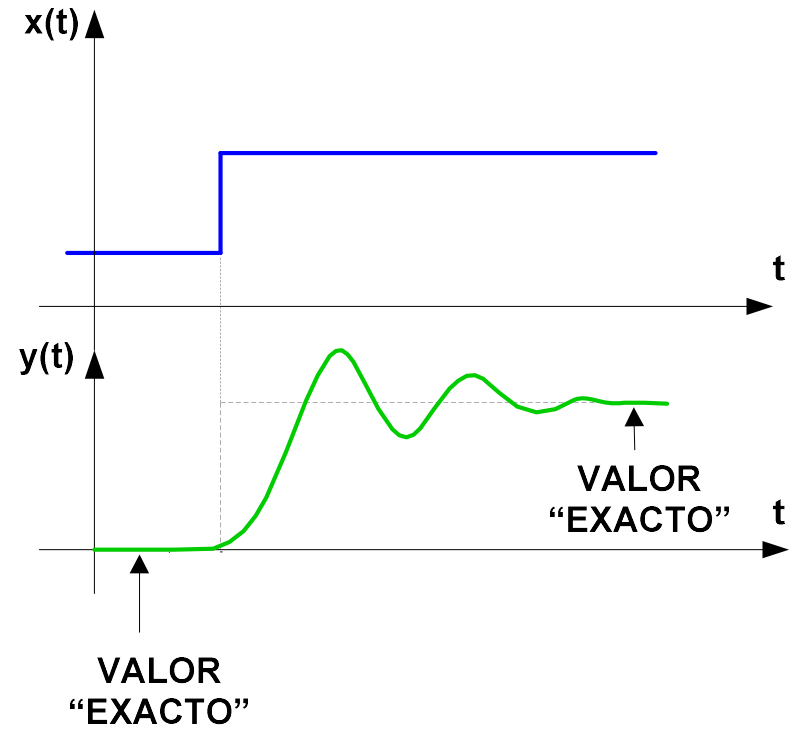


(b)

Características dinámicas



(a)



(b)

Características dinámicas

Modelos matemáticos

- Sistemas lineales invariantes en el tiempo:
 - **Dominio temporal:** Ecuación diferencial lineal con coeficientes constantes de orden “ n ”

$$\frac{d^n y(t)}{dt^n} + a_{m-1} \frac{d^{n-1} y(t)}{dt^{n-1}} + \dots + a_1 \frac{dy(t)}{dt} + a_0 y(t) =$$
$$b_m \frac{d^m x(t)}{dt^m} + b_{m-1} \frac{d^{m-1} x(t)}{dt^{m-1}} + \dots + b_1 \frac{dx(t)}{dt} + b_0 x(t)$$

Características dinámicas

Modelos matemáticos

- Sistemas lineales invariantes en el tiempo:
 - Dominio transformado: plano “s”
 $s = \sigma + j\omega$
 - Transformada de Laplace con c.i. nulas

$$\begin{aligned} s^n Y(s) + a_{n-1} s^{n-1} Y(s) + \cdots + a_1 s Y(s) + a_0 Y(s) \\ = b_m s^m X(s) + b_{m-1} s^{m-1} X(s) + \cdots + b_1 s X(s) \\ + b_0 X(s) \end{aligned}$$

Características dinámicas

Modelos matemáticos

- Sistemas lineales invariantes en el tiempo:
 - Dominio transformado: plano “s”
 - Función de transferencia $G(s)$:

$$G(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{b_m s^m + b_{m-1} s^{m-1} + \dots + b_1 s + b_0}{s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \dots + a_1 s + a_0}$$

$$n \geq m$$

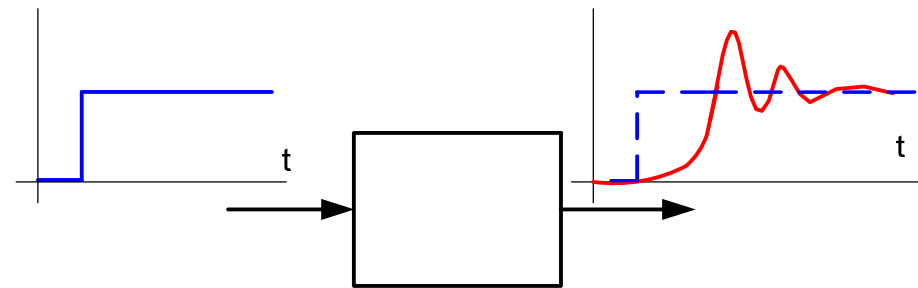
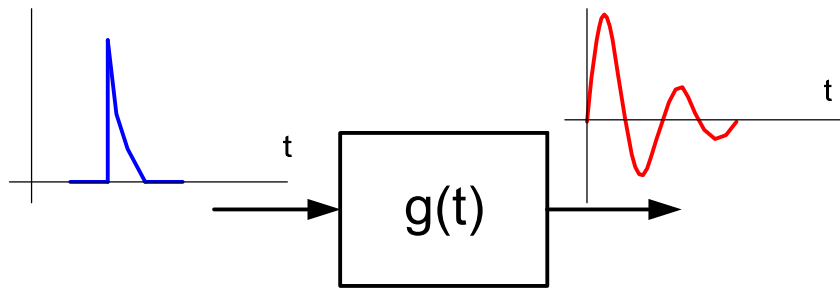
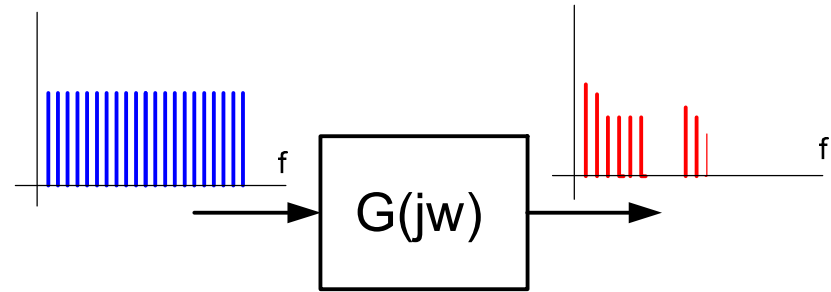
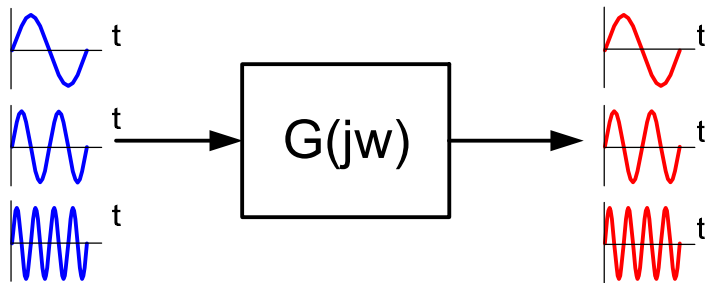
Características dinámicas

Modelos matemáticos

- Sistemas lineales invariantes en el tiempo:
 - Dominio de la frecuencia: $s=j\omega$
 - Régimen sinusoidal permanente
 - Función de respuesta en frecuencia $G(j\omega)$:

$$G(j\omega) = \frac{Y(j\omega)}{X(j\omega)}$$

Características dinámicas

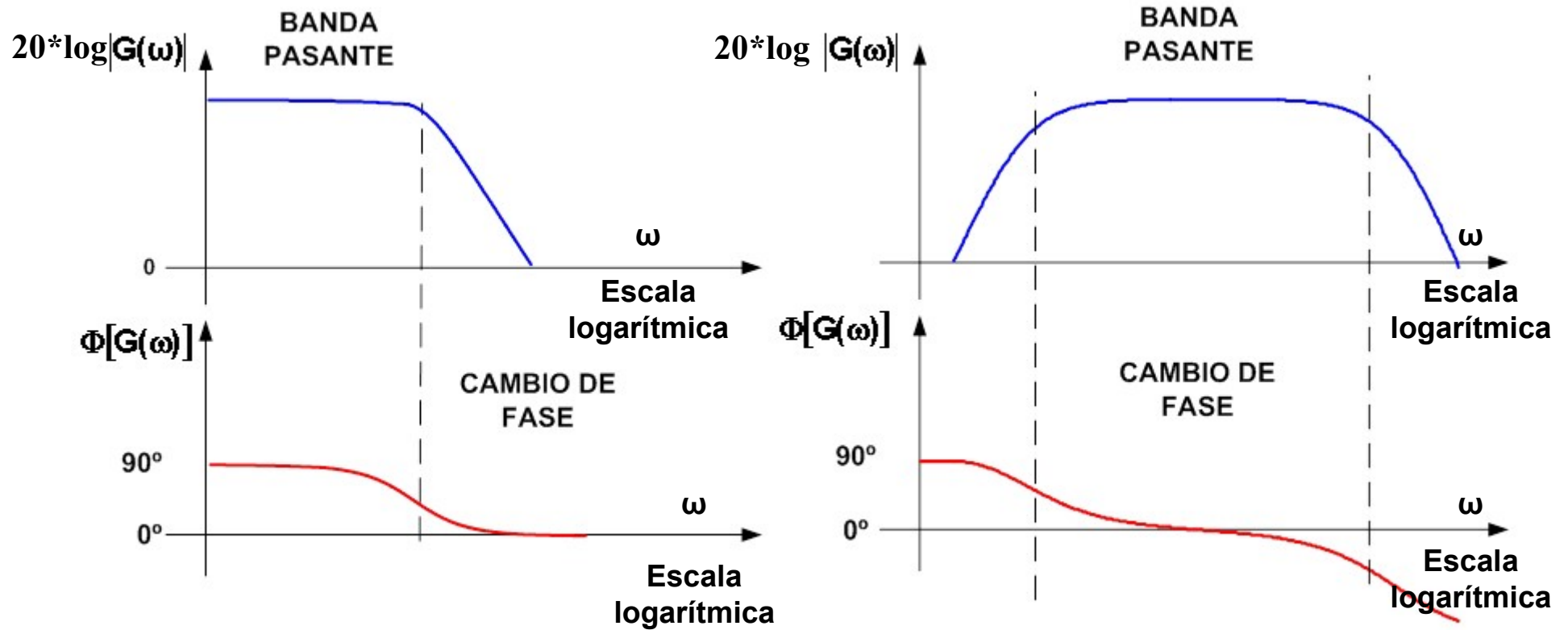


$$g(t) = L^{-1}[G(s)]$$

$$y(t) = L^{-1}[G(s) \cdot X(s)]$$

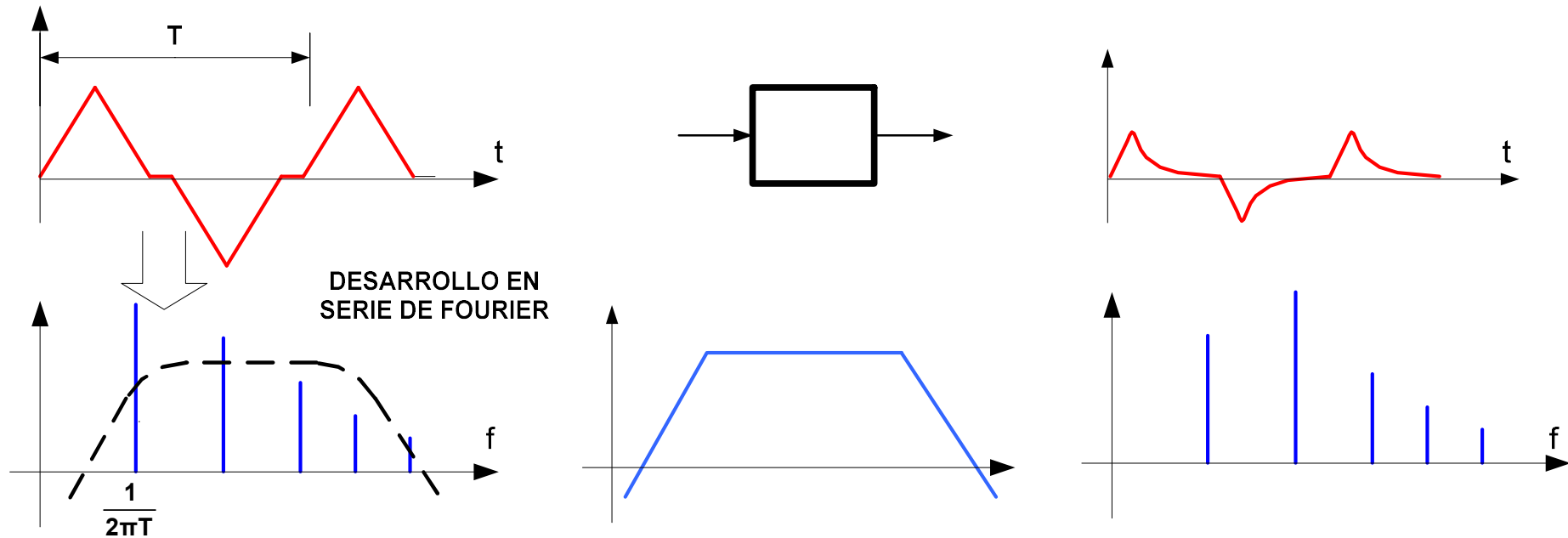
$$y(t) = x(t) * g(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(u) g(t - u) du$$

Características dinámicas



Características dinámicas

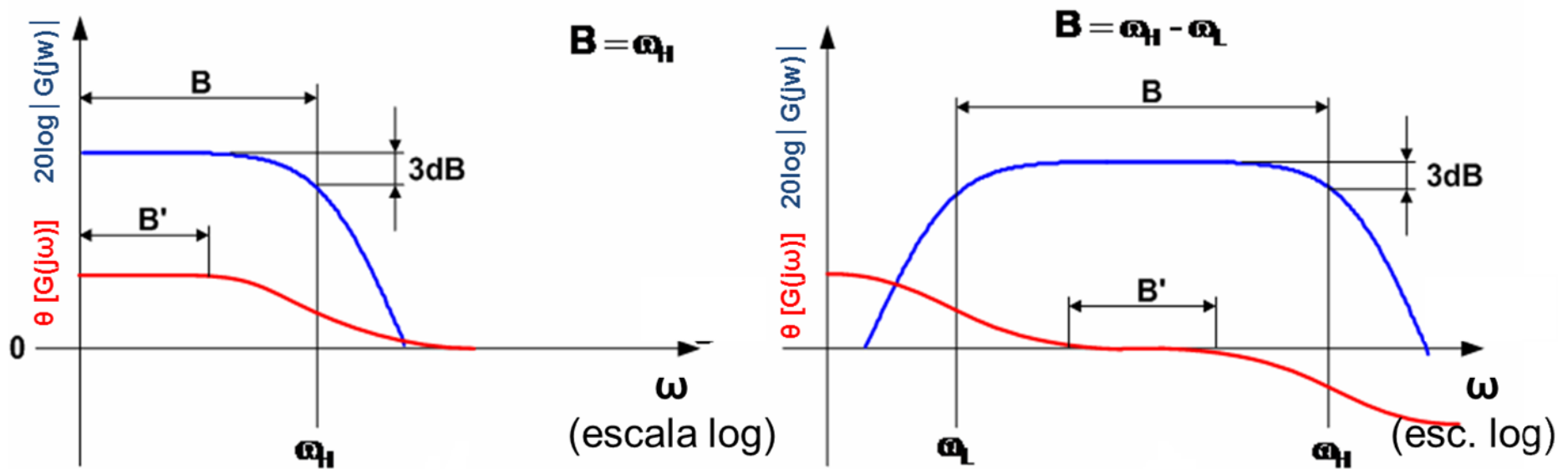
- Sistema lineal



- Sistema no lineal: creación de nuevos armónicos

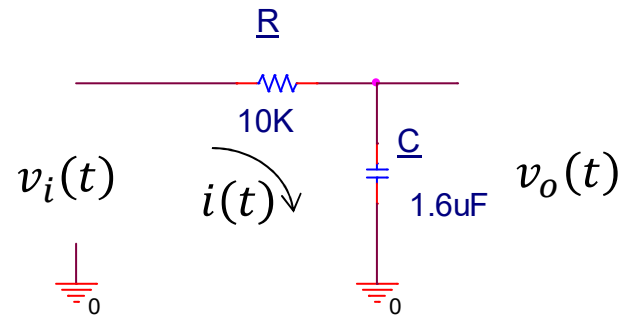
$$\text{THD}(\%) = \frac{\sqrt{V_1^2 + V_2^2 + \dots + V_n^2}}{V_f} 100$$

Características dinámicas



Características dinámicas

Ejemplo: circuito RC



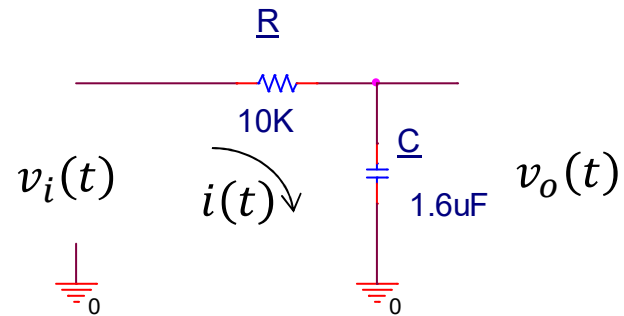
- Análisis en el dominio del tiempo: ecuación diferencial

$$\left. \begin{aligned} v_i(t) - v_o(t) &= i(t) R \\ i(t) &= C \frac{dv_o(t)}{dt} \end{aligned} \right\} v_i(t) = v_o(t) + RC \frac{dv_o(t)}{dt}$$

$$\tau = RC = 0,016 \text{ s}$$

Características dinámicas

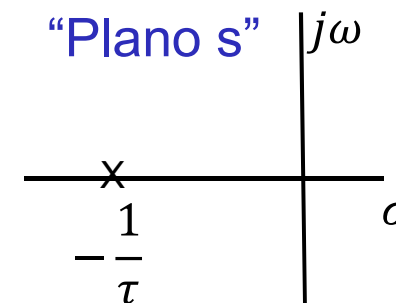
Ejemplo: circuito RC



- Modelo en el dominio transformado: función de transferencia

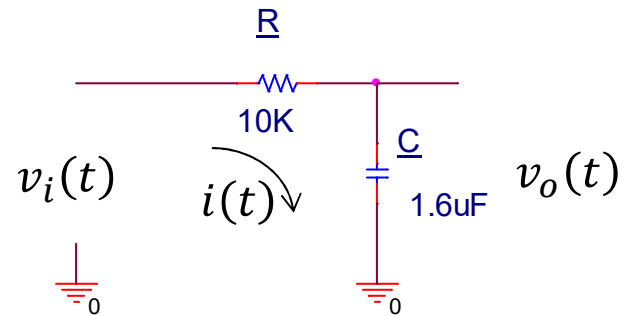
$$V_i(s) = V_o(s) + \tau s V_o(s)$$

$$G(s) = \frac{V_o(s)}{V_i(s)} = \frac{1}{1 + \tau s}$$



Características dinámicas

Ejemplo: circuito RC



- Modelo en el dominio de la frecuencia: función de respuesta en frecuencia

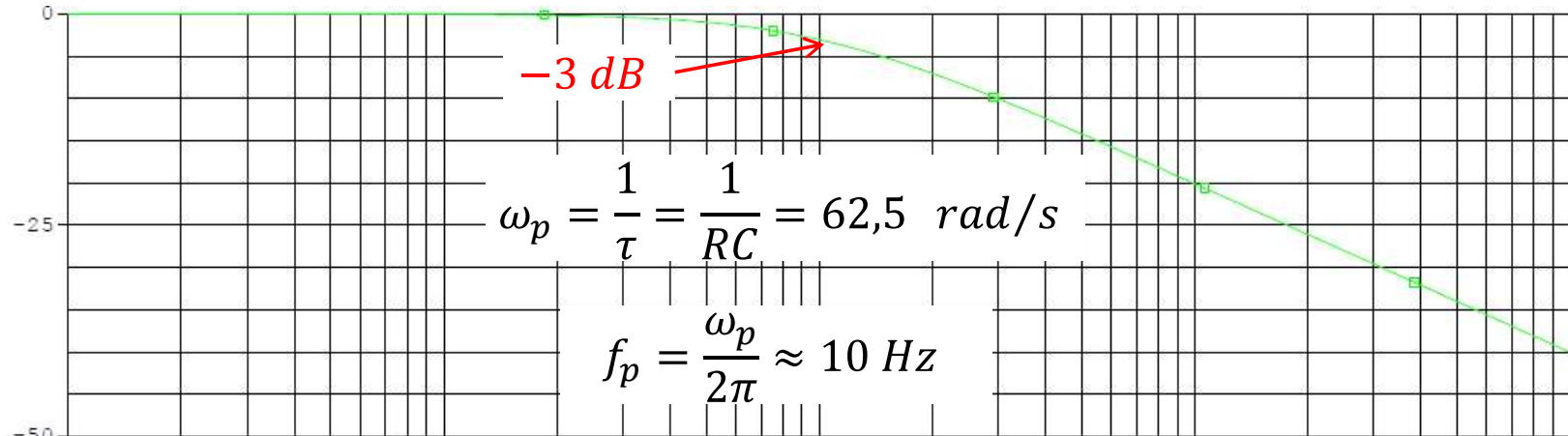
$$G(j\omega) = \frac{V_o(j\omega)}{V_i(j\omega)} = \frac{1}{1 + j\tau\omega} \left\{ \begin{array}{l} |G(j\omega)|_{dB} = -20 \log \sqrt{1 + (\tau\omega)^2} \\ \theta(j\omega) = -\tan^{-1}(\tau\omega) \end{array} \right.$$

Características dinámicas

Ejemplo: circuito RC

Diagramas de Bode

$|G(jf)|_{dB}$



$\theta(jf)$

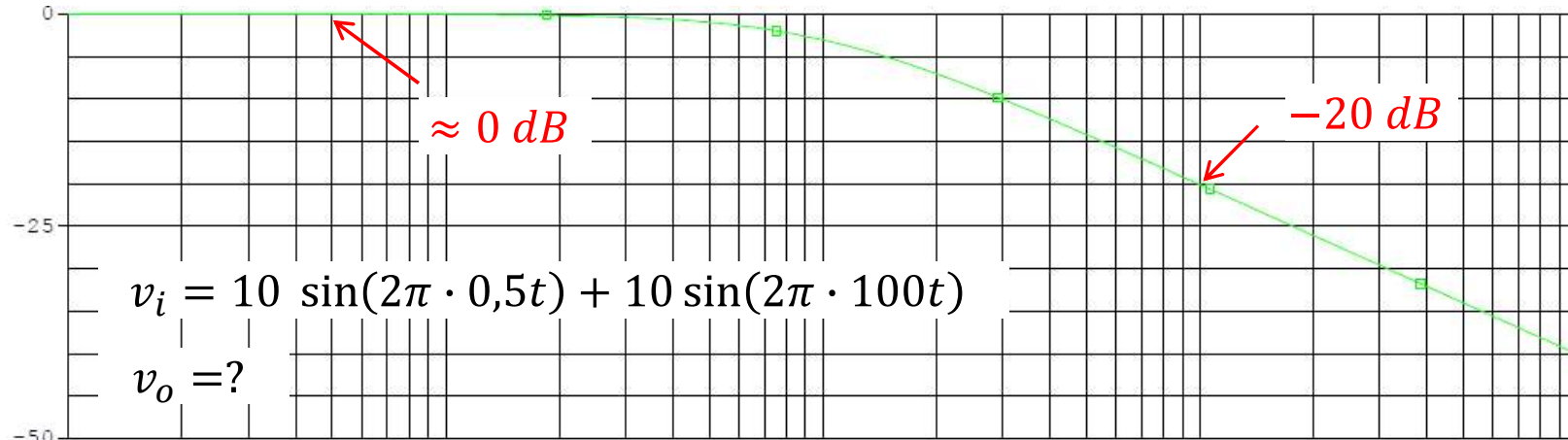


Características dinámicas

Ejemplo: circuito RC

Diagramas de Bode

$|G(jf)|_{dB}$



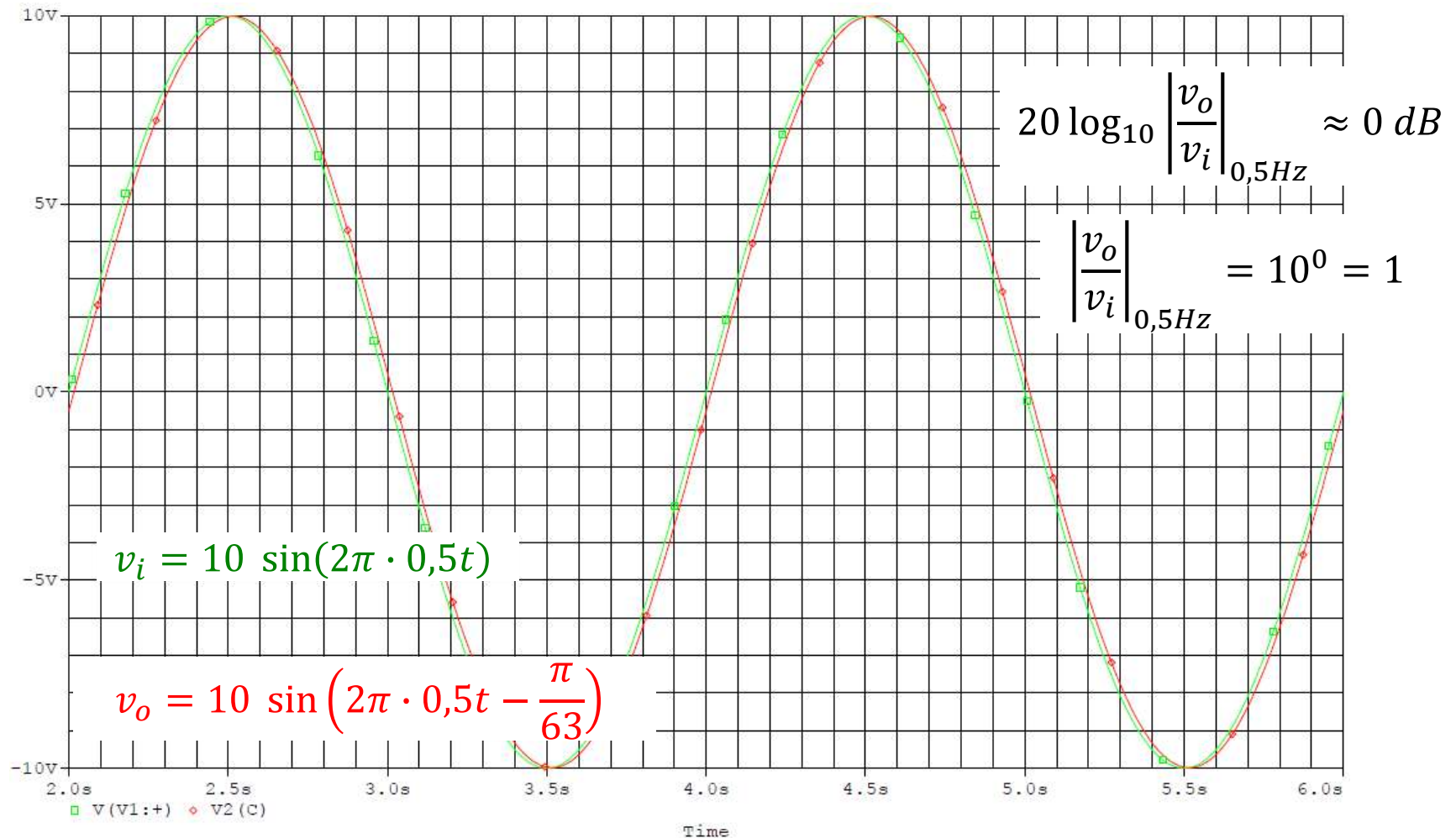
$\theta(jf)$



Características dinámicas

Ejemplo: circuito RC

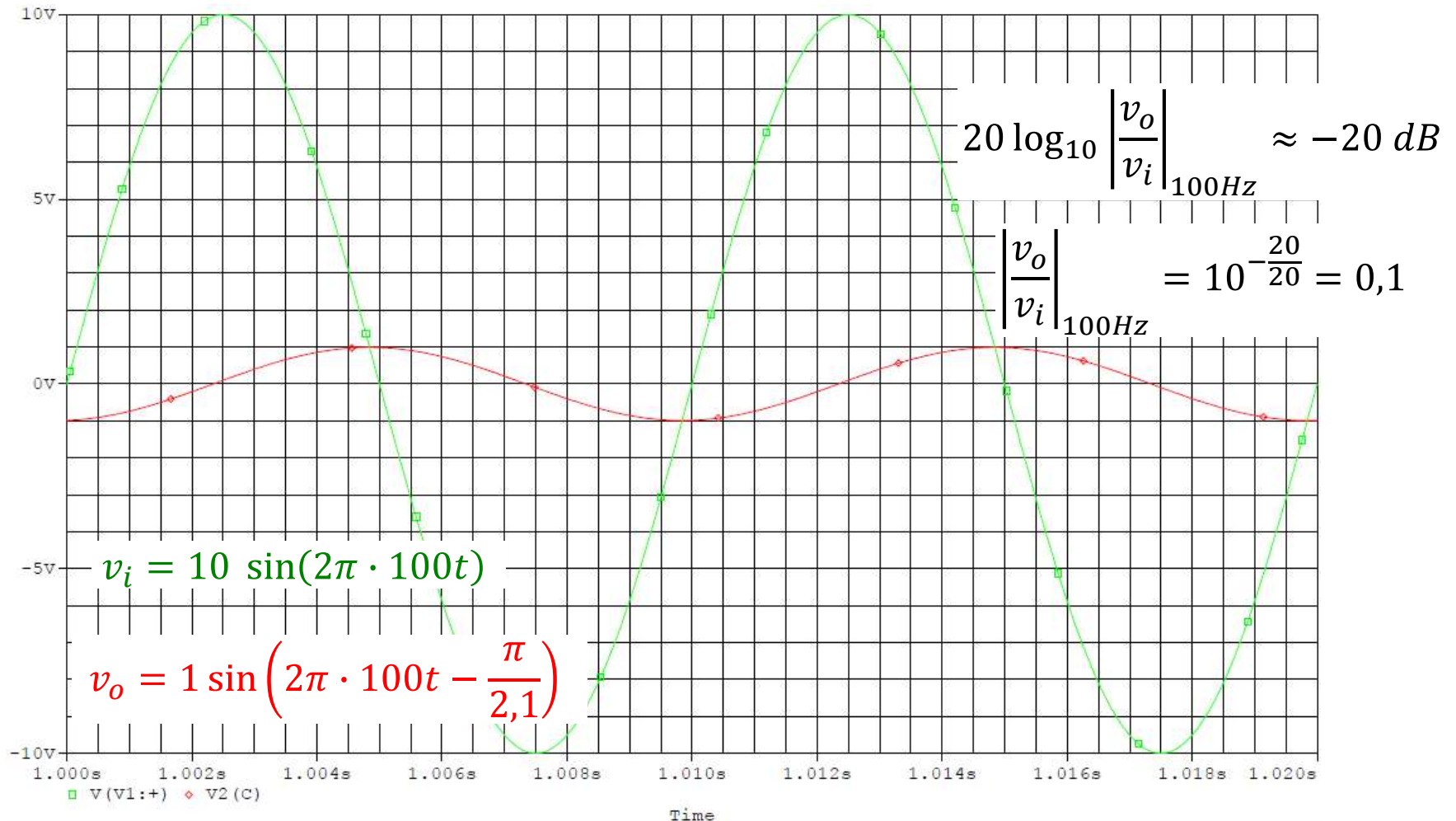
Señales en el dominio del tiempo



Características dinámicas

Ejemplo: circuito RC

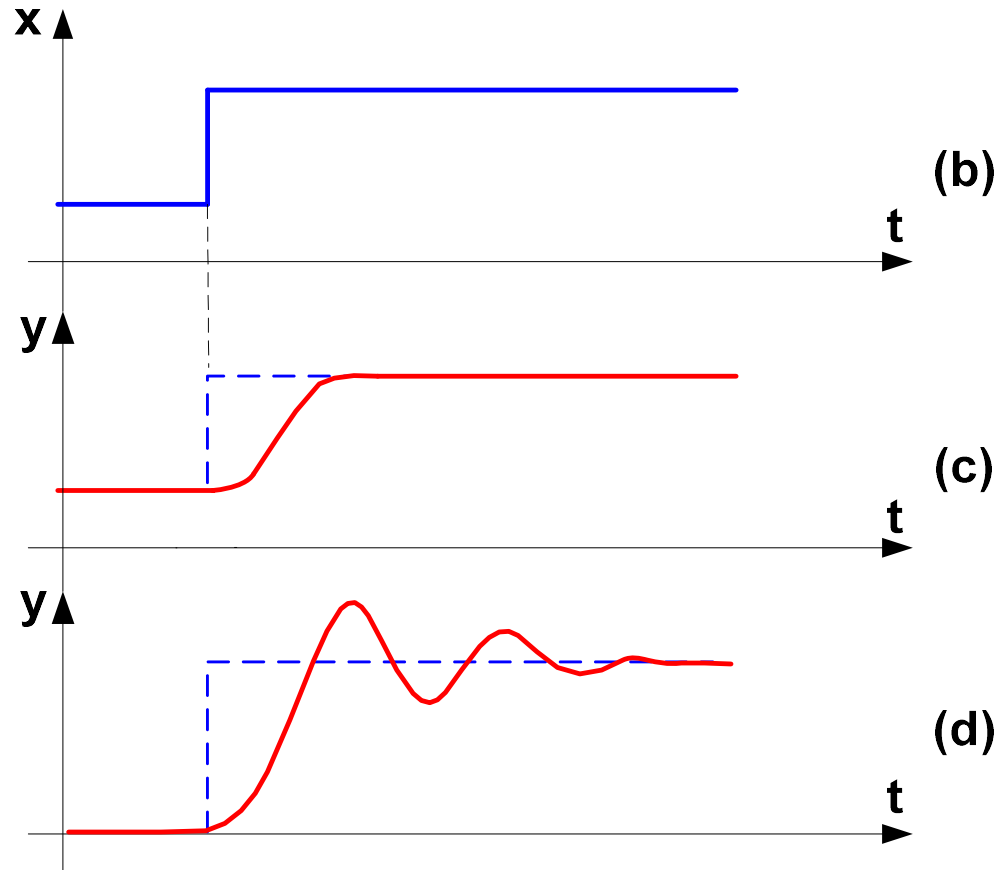
Señales en el dominio del tiempo



Características dinámicas

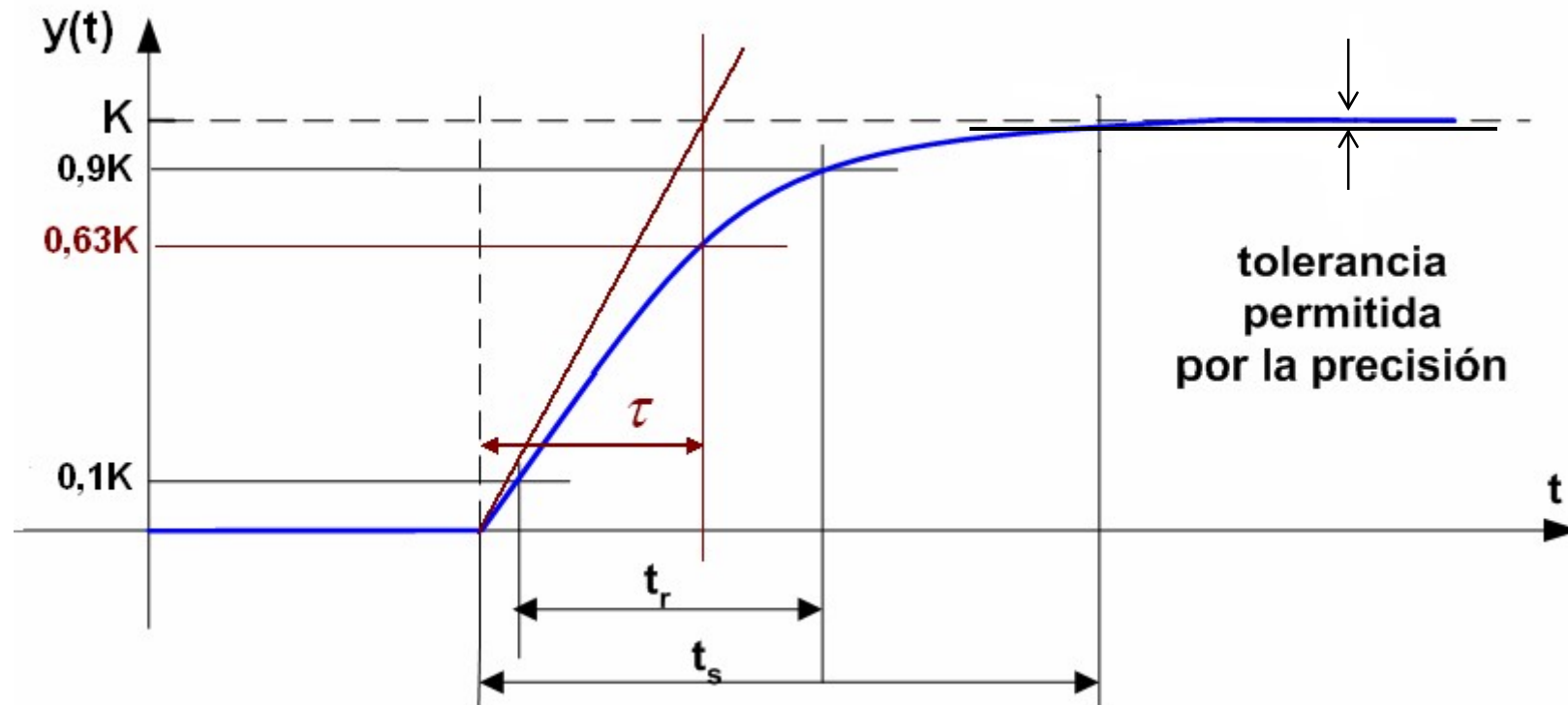


(a)

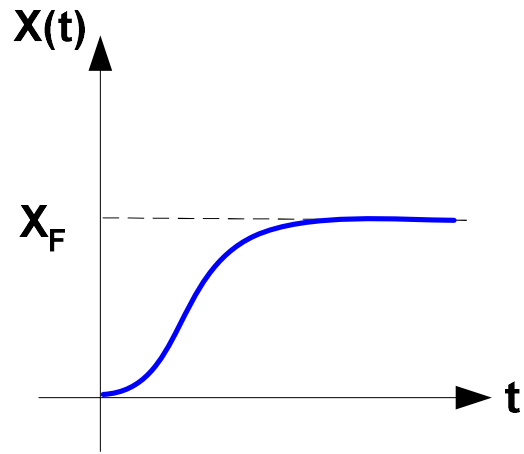


Sistemas de primer orden

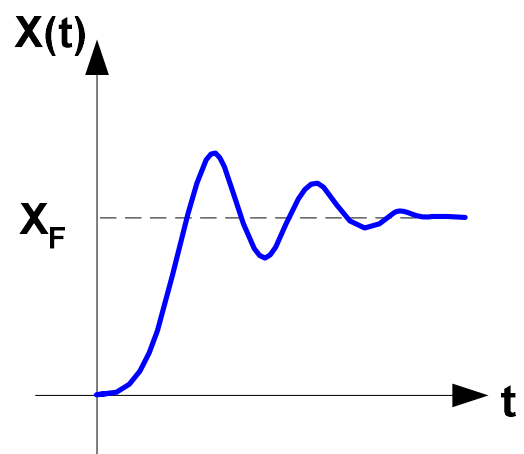
$$x(t) = K \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$



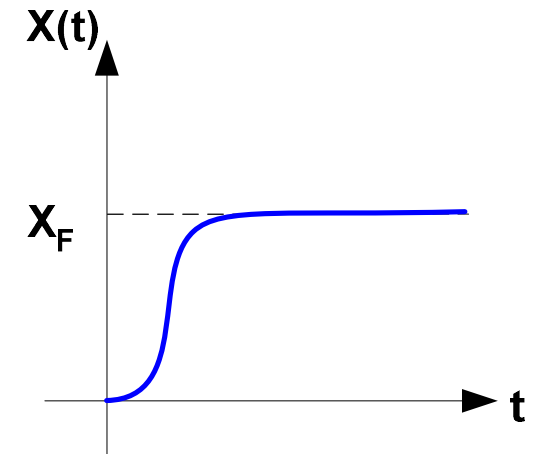
Sistemas de segundo orden



(a)



(b)



(c)

