



E.U.I.T. Industrial

Cartagena99

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID  
Escuela Universitaria de  
Ingeniería Técnica Industrial

## IDENTIFICACION Y MODELADO DE SISTEMAS

DR. BASIL M. AL-HADITHI

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
--  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



ESCUELA UNIVERSITARIA DE  
INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

## Identificación y Modelado

- Modelo a través de la respuesta al escalón:
  - La dinámica del sistema (modelo) se puede obtener a través de la respuesta ante entrada escalón, rampa, impulso, etc.
  - El sistema ha de partir de una situación de reposo.
  - La entrada escalón es la señal habitual para la obtención del modelo del sistema.
- Modelo en frecuencia (puntos del diagrama de Nyquist)
- Métodos de diseño parten de la información obtenida del ensayo ante entrada escalón o de modelos frecuenciales.

2



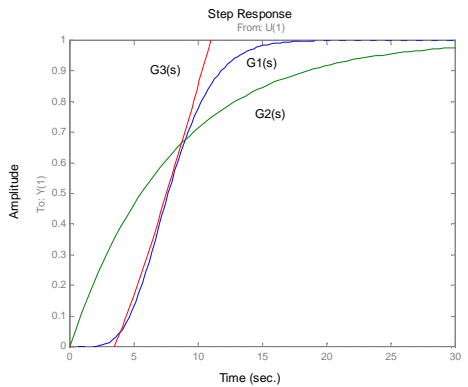


### Ejemplo

$$G_1(s) = \frac{1}{(s+1)^8} \quad (\text{sist. real})$$

$$G_2(s) = \frac{1}{(8s+1)}$$

$$G_3(s) = \frac{0.64}{4.3s} \cdot e^{-4.3s}$$



G2 ofrece buena descripción para tiempos largos. La ganancia es correcta y la respuesta es próxima a la respuesta correcta para tiempos largos

G3 aproxima la respuesta muy bien en el intervalo  $5 \leq t \leq 9$ , pero la aproximación esta muy mal para tiempos largos

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

### Modelo de 2 parámetros

Modelo: integrador + tiempo muerto

$$Y(s) = \frac{a}{s \cdot L} e^{-sL} \quad \text{siendo } a = \frac{K \cdot L}{T}$$

La variación respecto a la entrada.

5



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVIÁ WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



### Modelo de 3 parámetros

- Otro modelo de mejor aproximación:

$$G(s) = \frac{K}{(1+Ts)^2} \cdot e^{-sL}$$

- K y L se determinan igual que en el caso anterior
- T resolviendo la ecuación en el tiempo conocido el valor de la salida en un instante determinado:

$$y(t) = K \left( 1 - \left( 1 + \frac{t-L}{T} \right) \cdot e^{-(t-L)/T} \right)$$

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

### Modelo de 3 parámetros

con 3 modelos

$$y = \frac{K}{1+Ts} \cdot e^{-sL}$$

ganancia K

- = AB (mejor)
- = AC (ofrece T grande)

la curva en el punto de máx pendiente.

normalizado:

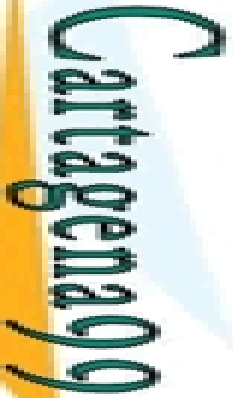
control

control

control puro

$$\tau = \frac{L}{L+T} \quad 0 < \tau < 1$$

7



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

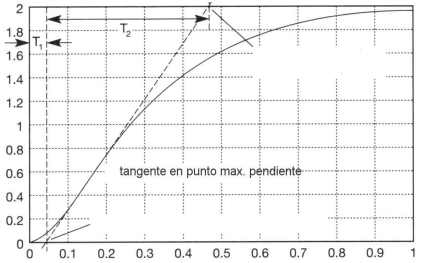


### Modelo de 3 parámetros

- Sin necesidad de determinar parámetros de forma analítica. Todos se obtienen de la gráfica de la respuesta.

$$G(s) = \frac{K}{(1 + sT_1)(1 + sT_2)}$$

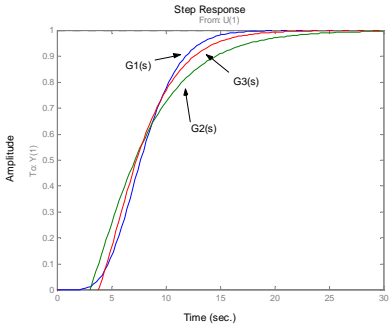
- K ganancia estática; T1 y T2 se obtienen a través de la tangente en el punto de máx. pendiente.
- Respuesta con forma en S.



### Modelo de 3 parámetros

muy empleado en ajuste de controladores PID, aunque ante un proceso de control real.

proxima  
esta se  
S típica  
comunes.



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



### Modelos integradores

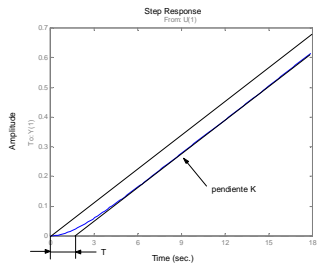
- Sistemas que no alcanzan un estado final de reposo.
- Modelo impreciso para procesos estables en altas frecuencias y mejor para bajas frecuencias

$$G(s) = \frac{a}{s \cdot L} \cdot e^{-sL}$$

- Modelo óptimo:  $G(s) = \frac{K}{s(1+Ts)} \cdot e^{-sL}$   
Hay que resolver numéricamente para obtener L y T.

- Modelo intermedio:  $G(s) = \frac{K}{s(1+Ts)}$

K es la pendiente de la recta (ojo, afectada de la amplitud del escalón de entrada).  
T el punto de corte con abcisa.



### Modelo de 4 parámetros

Partiendo del modelo de 3 parámetros anterior:

$$G(s) = \frac{K}{(1+sT_1)(1+sT_2)} \cdot e^{-sL}$$

Este modelo mejor aproxima los procesos reales. Los parámetros se calculan resolviendo numéricamente, midiendo el tiempo de los constantes de tiempo:

$$y(t) = K \left( 1 + \frac{T_2 e^{-(t-L)/T_2} - T_1 e^{-(t-L)/T_1}}{T_1 - T_2} \right)$$



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



## Modelado en frecuencia

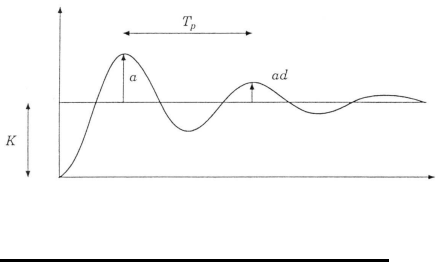
- Llevar al sistema a un estado de permanente oscilación y medir puntos interesantes (del diagrama de Nyquist).
- Métodos:
  - Ensayo Ziegler-Nichols.
  - Ensayo con relé.

## Modelos oscilatorios

de 2º orden

subamortiguamiento  
oscilación no amortiguada

$$G(s) = \frac{K \omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2}$$



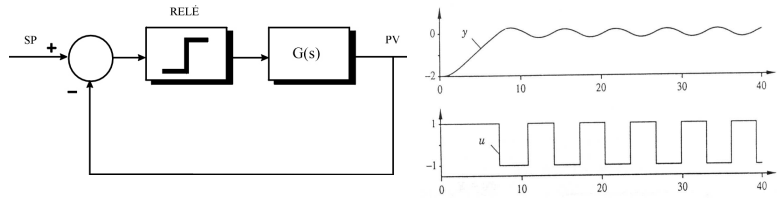
# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



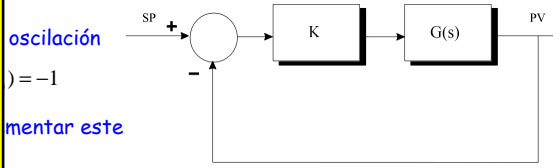
### Ensayo Relé

- Obtener la oscilación sostenida mediante la adición de un relé en la cadena directa.
- Se cumple que:  $G(j\omega_0) = \frac{-\pi a}{4d}$  a, amplitud de la oscilación de la salida d, amplitud del relé



### Ensayo Ziegler-Nichols

En la figura, aumentando K hasta obtener una oscilación sostenida. La salida (Y) y su entrada (U) son senoides desfasadas 180°.



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70





ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

## Perturbaciones del modelo

- Perturbaciones usuales en el sistema:
  - Cambios de referencia (SP), suelen ser predecibles pues corresponde a cambios realizados por el usuario para modificar el funcionamiento del sistema. Es medible, puede tratarse, filtrarse, acotarse, etc.
  - Perturbaciones de carga, son importantes ya que están ligadas al proceso, bien a su entrada o a su salida (ejemplo: variaciones de flujo de entrada, de la potencia de una máquina, etc). Suelen ser de baja frecuencia.

18

ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

## Perturbaciones del modelo

sobre el sistema modifican su funcionamiento. Si el sistema está en estado estable y de reposo, las perturbaciones pueden ser:

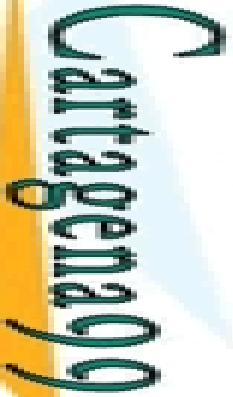
- *es necesario control.*
- perturbaciones impredecibles.
- escalón, rampa, senoide
- combinaciones de los anteriores
- perturbaciones de difícil modelado
- perturbaciones de difícil modelado

funciones de transferencia de las perturbaciones:

- rampa  $z(s)=1/s^2$
- senoide  $z(s)=\omega^2/(s^2+ \omega^2)$

17

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70





UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID  
E.U.I.T. INDUSTRIAL

### Perturbaciones del modelo

...to de funcionamiento porque corrompe la señal de ...les, las que proceden de los sensores. Suele ser de alta ...e filtrar antes de diseñar control.

19



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
-- --  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70