

# **Proyecto final: Diseño y análisis de un sistema de control realimentado**

***Modelo de caja negra inestable***

***Profesor a cargo: Helbert Meneses***

***III-2019***

***Autores:***

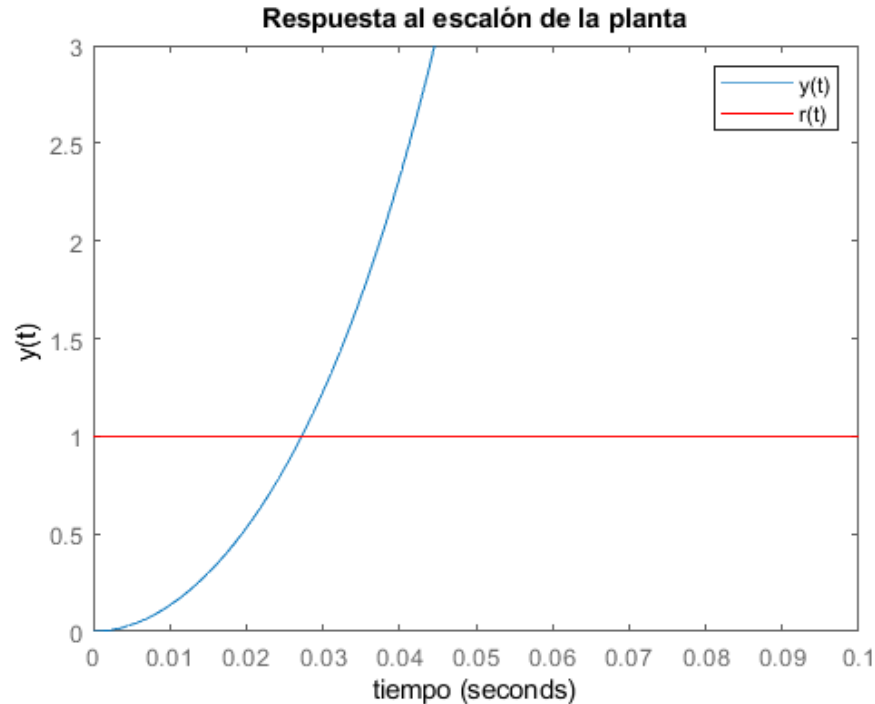
***Ignacio Mora Calderón, B64657***

***Belinda Brown Ramírez, B61254***

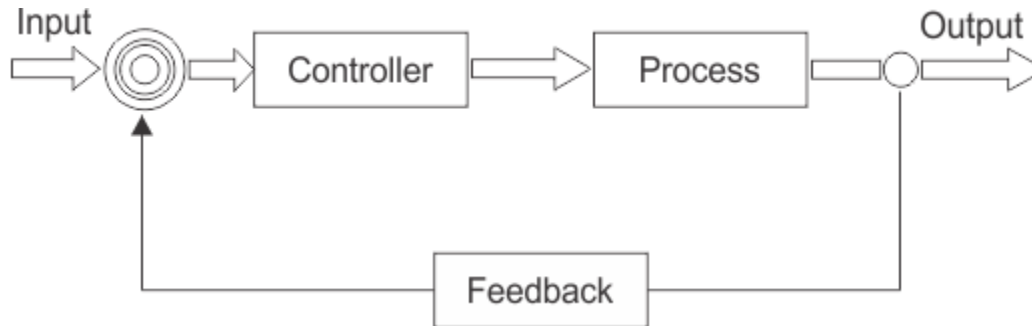
***Luis González Martínez, B63060***

# Introducción

$$P(s) = \frac{1,131}{(0,016s + 1)(0,025s - 1)}$$



# Identificación de modelos a lazo cerrado

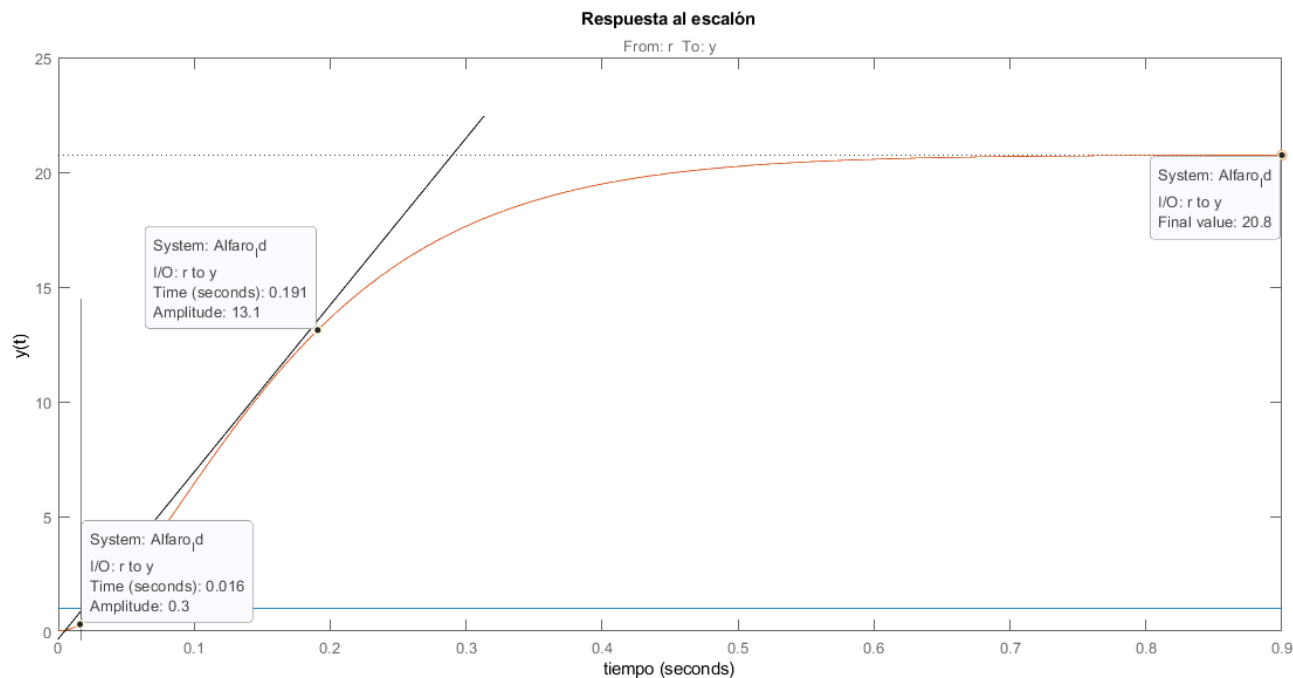


$$P(s) = \frac{K e^{-Ls}}{(Ts - 1)}$$

# Método de Alfaro VM

Valores obtenidos:

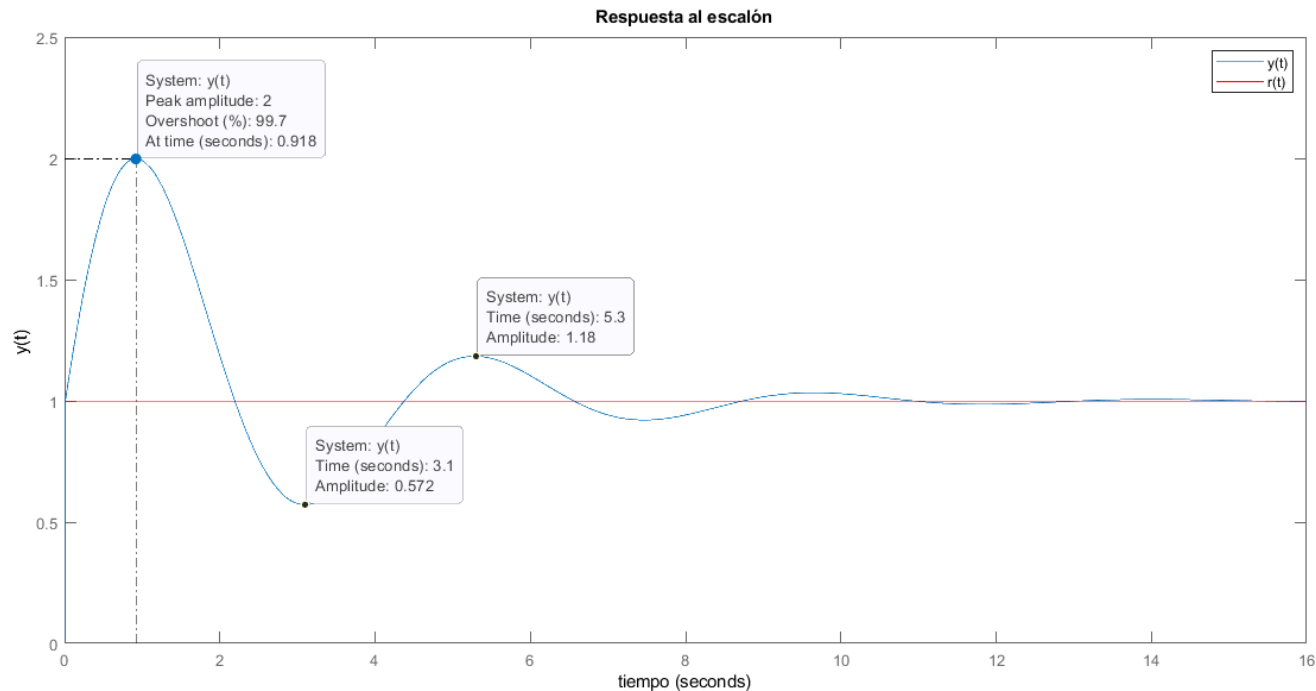
$$K = 1.131 ; T = 0.0264; L = 0.016$$



# Método de Chidambaram y Ananth

Valores obtenidos:

$$K = 1.1331; T = 0.0274; L = 0.020$$

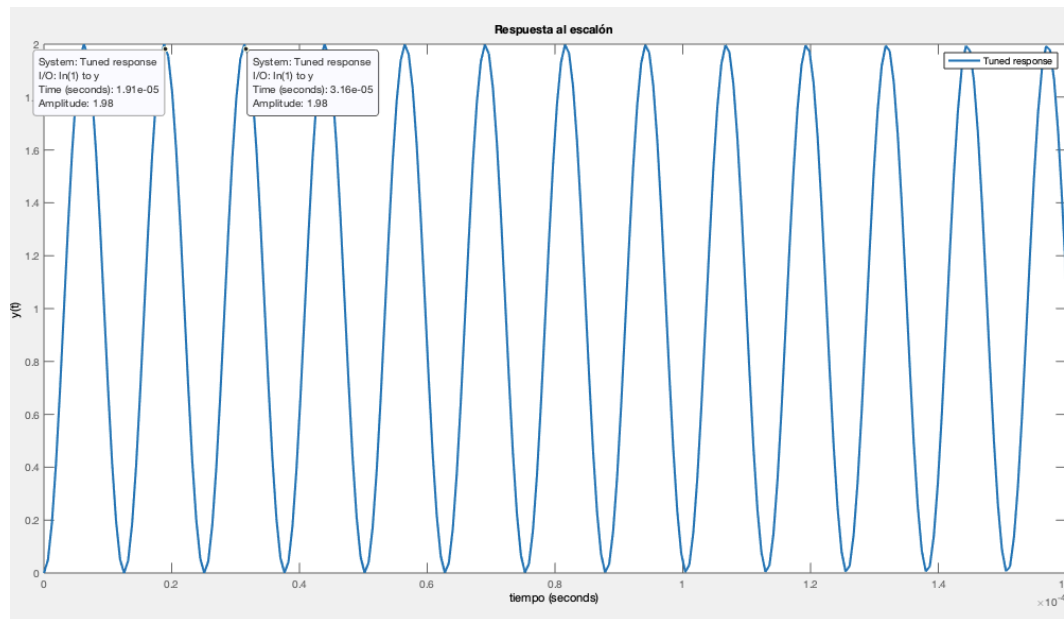


# Método de Ziegler & Nichols

Valores obtenidos:

$K_{pu} = 239126.8795$ ;  $T_u = 0.000125$  s;

$K = 1.1303$ ;  $T = 10.453182$ ;  $L = 0.00006075$



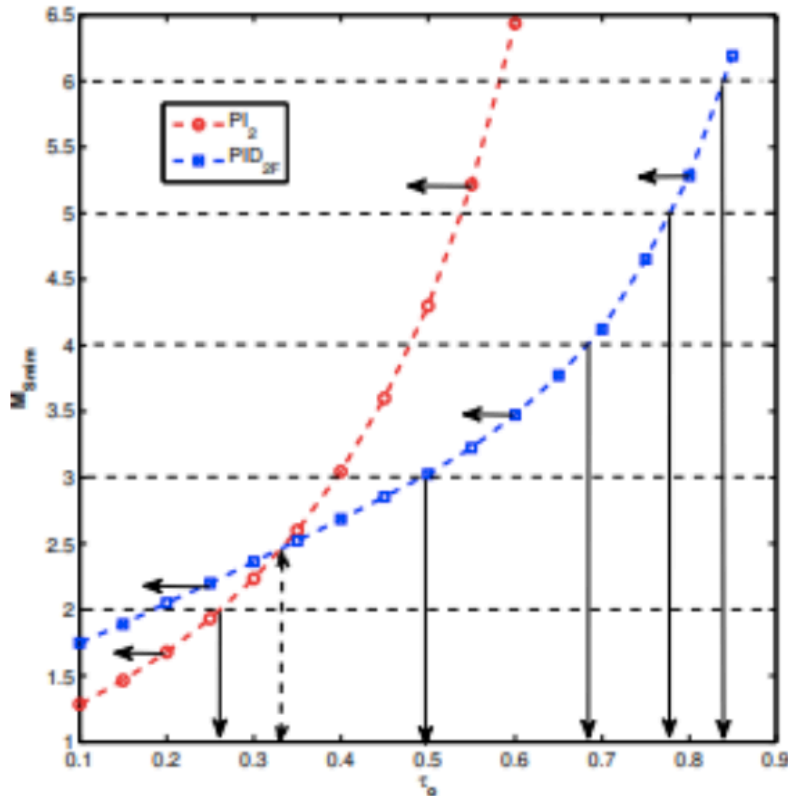
# Criterio de IAE

El IAE (Integral Absolute Error) se utiliza para evaluar el mejor modelo.

$$f_{IAE} = \int_0^t |e(t)| dt$$

<b>Planta</b>	<b>Alfaro VM</b>	<b>Chidambaram a lazo cerrado</b>	<b>Ziegler &amp; Nichols</b>
0.7898	0.6831	0.7438	3.41

# Regla de Alfaro y Vilanova (2013)



Característica	Valor
$K_c$	1.244917247797333
$T_i$	0.395926857827521
$T_d$	0.006738387160565
$\alpha$	0.027666910161702
$\beta$	0
$\gamma$	0



## Regla de Jhunjhunwala y Chidambaram (2001)

Característica	Valor
$K_c$	1.570602493877289
$T_i$	0.104274715683164
$T_d$	0.0114915000000000

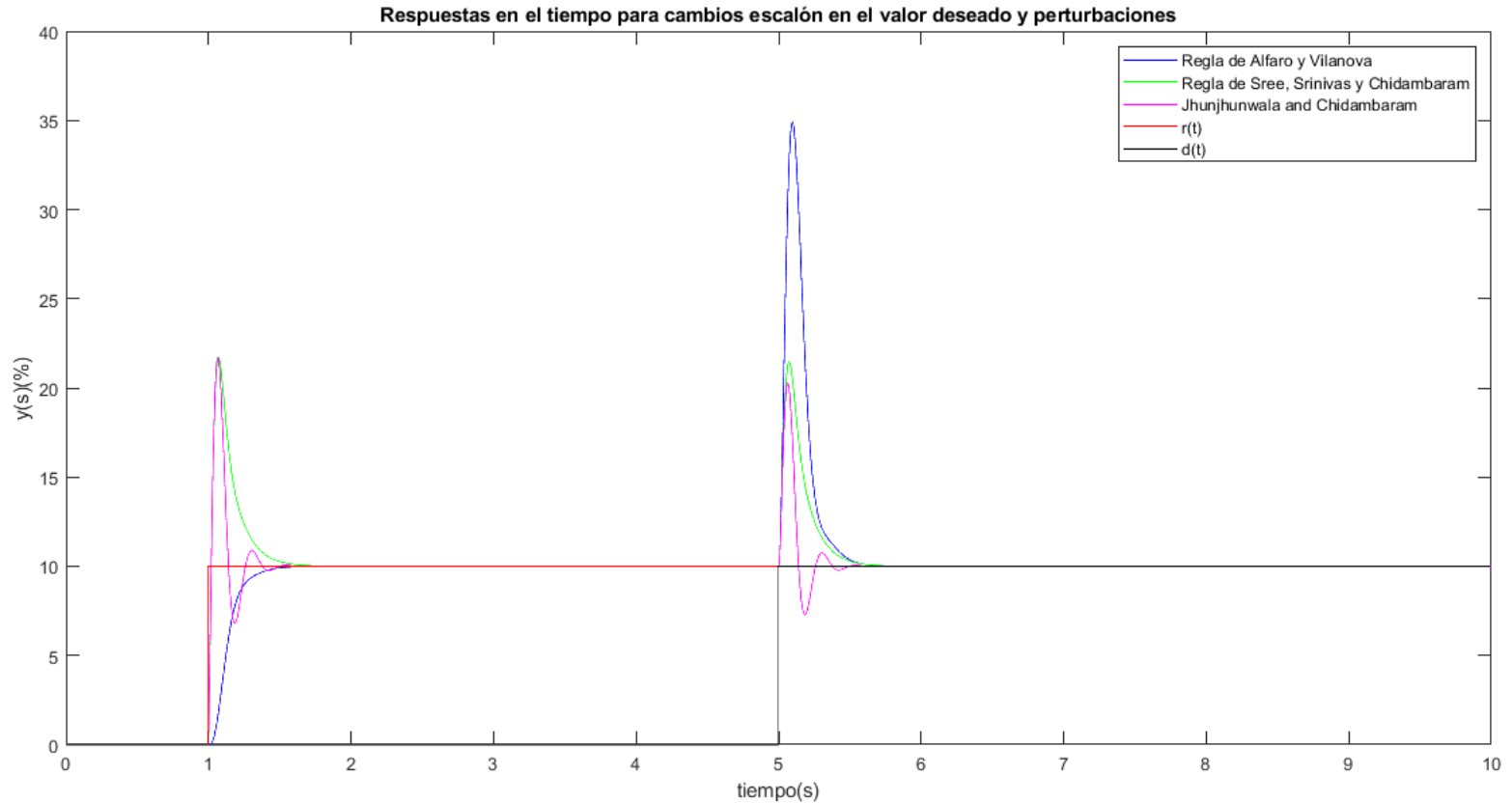
## Regla de Sree, Srinivas y Chidambaram (2004)

Característica	Valor
$K_c$	1.669391377923877
$T_i$	0.319241868613139
$T_d$	0.009834000000000

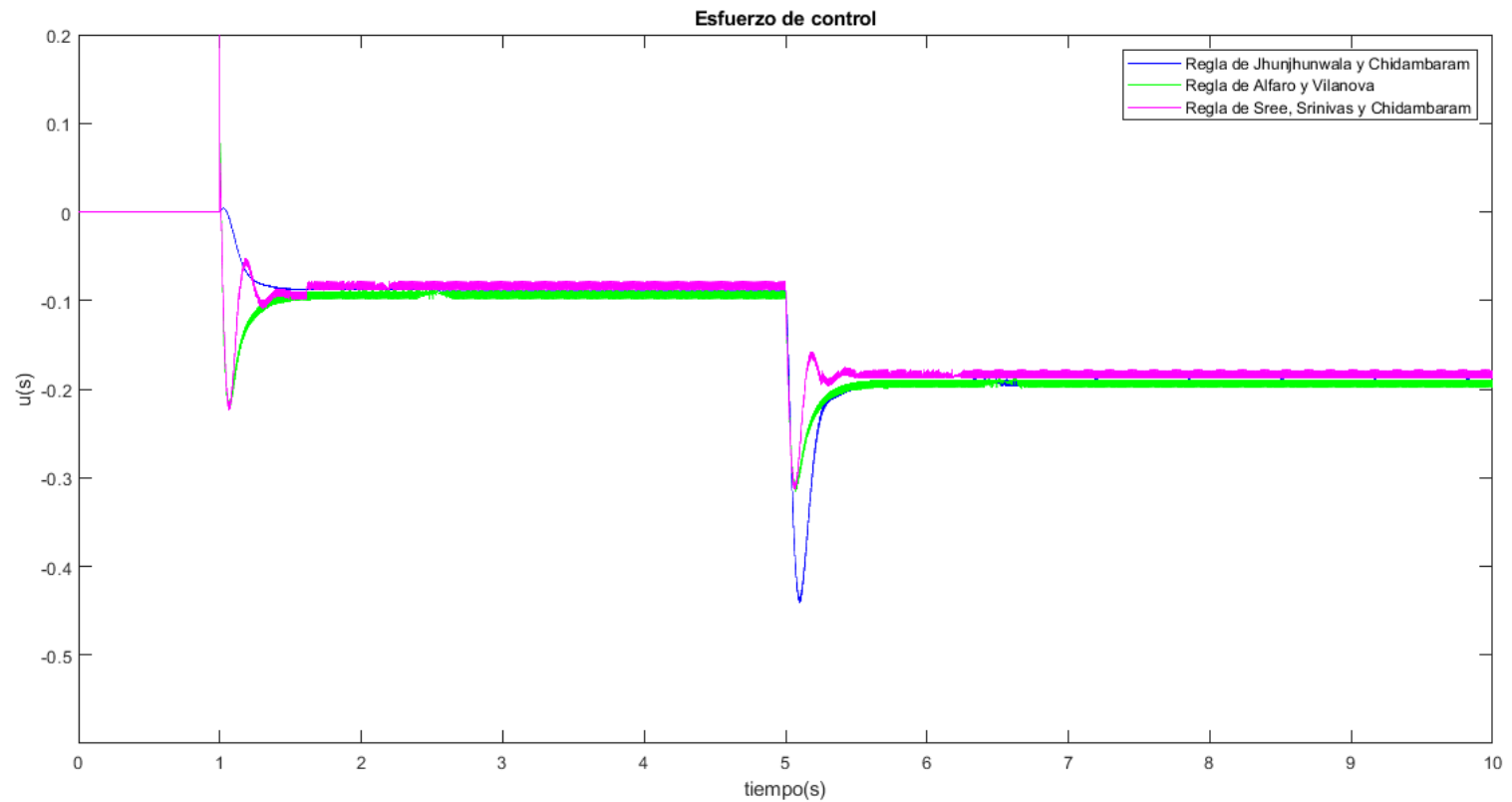
## Integral del error absoluto (IAE) para las sintonizaciones

	IAE servocontrol	IAE regulatorio
Alfaro y Vilanova	0.01428	0.03958
Jhunjhunwala y Chidambaram	0.01277	0.01089
Sree, Srinivas y Chidambaram	0.01887	0.01712

# Respuesta en el tiempo al escalón



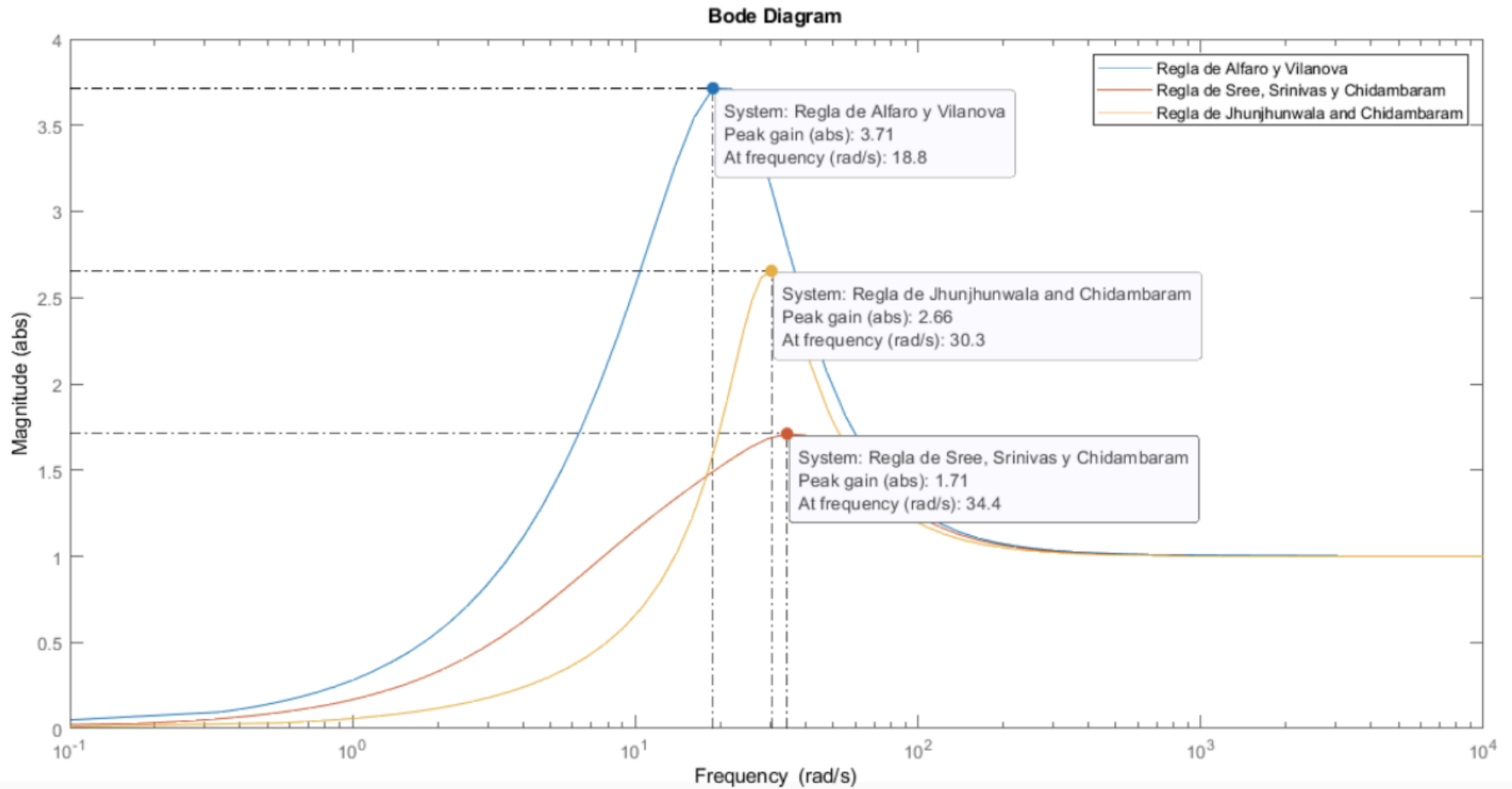
# Esfuerzo de control



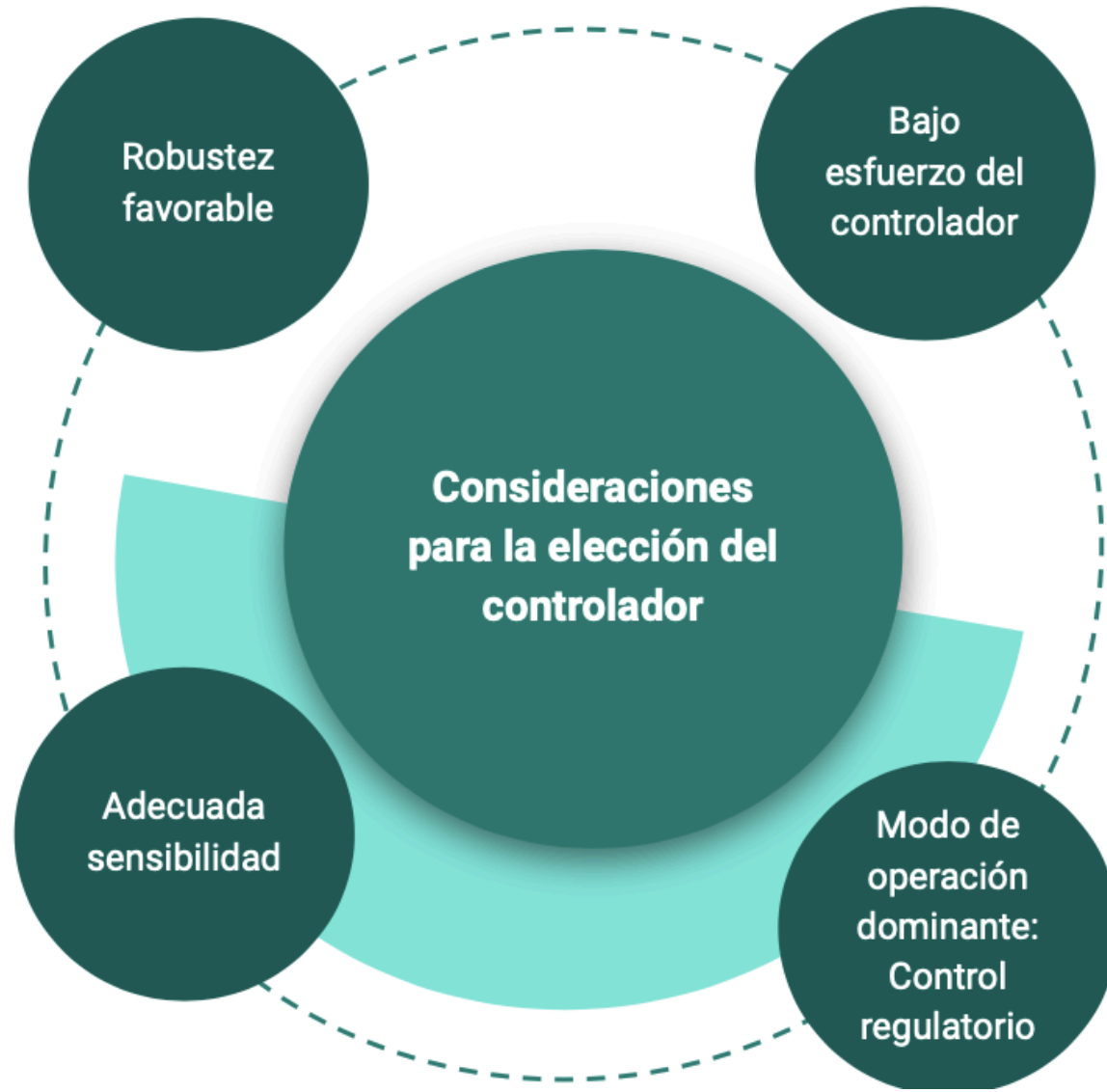
## Sensibilidad del controlador de 1 grado y 2 grados de libertad

$$S(jw) = \frac{1}{1 + C_y(jw)P(jw)}$$

Regla	Valor
Alfaro y Vilanova	3.71
Jhunjhunwala y Chidambaram	2.66
Sree, Srinivas y Chidambaram	1.77



# Conclusiones





## Elección del controlador para un proceso inestable

### Identificación del modelo



Alfaro VM

Chidambaram ✓

Ziegler & Nichols

### Métodos de sintonización



Alfaro y Vilanova  
(2013)

Jhunjunwala &  
Chidambaram  
(2001)

Sree, Srinivas &  
Chidambaram (2004)



# Elección final del controlador

01

Regla de Alfaro y Villanova

- Mejor respuesta en servocontrol.
- Mejor esfuerzo de control
- Peor robustez

02

Regla de Jhunjhunwala y Chidambaram

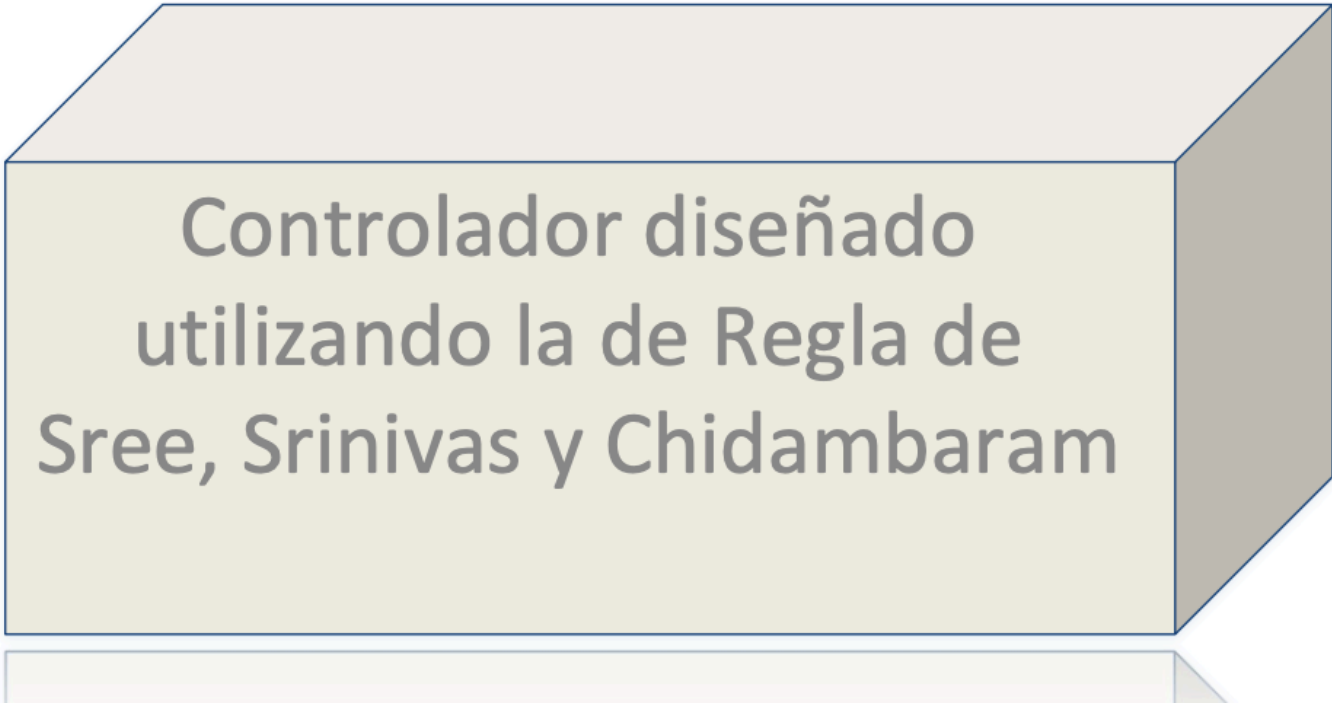
- Mejor respuesta en regulatorio
- Mediana robustez
- Peor esfuerzo de control

03

Regla de Sree, Srinivas y Chidambaram

- Respuesta en regulatorio mejor que servocontrol
- Esfuerzo de control aceptable
- Mejor robustez

# Controlador elegido



Controlador diseñado  
utilizando la de Regla de  
Sree, Srinivas y Chidambaram

## Referencias Bibliográficas

- [1] Instructivo - IE0431 (2019), Sistemas de Control: Proyecto Final: Diseño y Análisis de un Sistema de Control Realimentado, Versión 03.2019, Universidad de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Eléctrica.
- [2] V. M. Alfaro, Identificación de modelos de orden reducido a partir de La curva de reacción del proceso, Departamento de Automática. Escuela de Ingeniería Eléctrica Universidad de Costa Rica. 2060 Costa Rica, 2006, Obtenido el día 17 de febrero del 2020 de: <http://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/14623/2647-4127-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [3] A. Chidambaram, Closed-loop identification of transfer function model for unstable systems, Journal of the Franklin Institute, no. 336, pp. 1055- 1061, 1999.
- [4] V. Alfaro, Evaluación de los modelos utilizados en los estudios del control PID, Ingeniería: Revista de la Universidad de Costa Rica, ISSN 1409-2441, Vol. 17, No. 4, pp. 117-129, 2011.
- [5] C. Sankar & M. Chidambaram, Subspace Identification of Unstable Transfer Function Model for a Magnetic Levitation System. IFAC Proceedings Volumes, Vol. 47, No. 1, pp. 394-399, 2014, Obtenido el día 17 de febrero del 2020 de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474667016326866>
- [6] A. O'Dwyer, Handbook of PI and PID controller tuning rules, 3rd ed, Londres: Imperial College Press, pp. 440-480, 2017.
- [7] Manoj K. Jhunjhunwala & M. Chidambaram (2001) PID Controller tuning for unstable systems by optimization method, Chemical Engineering Communications, 185:1, 91-113, DOI: 10.1080/00986440108912857
- [8] V. M. Alfaro & R. Vilanova, Robust tuning of 2DoF PID controllers with filter for unstable first-order plus dead-time processes", 2013 IEEE 18th Conference on Emerging Technologies & Factory Automation (ETFA), Cagliari, 2013, pp. 1-8.
- [9] R. PadmaSree, M. N. Srinivas & M. Chidambaram, "A simple method of tuning PID controllers for stable and unstable FOPTD systems", Computers and Chemical Engineering 28, Madras, 2004, pp. 2201-2218.
- [10] Ziegler, J.B. y N.B. Nichols – Optimum Settings for Automatic Controls", ASME Transactions (EUA), Vol. 64, pág. 759- 768, 1942.