



Conference: Congreso Interdisciplinario de Energías Renovables -
Mantenimiento Industrial - Mecatrónica e Informática

Booklets



RENIECYT
Registro Nacional de Instituciones
y Empresas Científicas y Tecnológicas

2015-20795

CONACYT

RENIECYT - LATINDEX - Research Gate - DULCINEA - CLASE - Sudoc - HISPANA - SHERPA UNIVERSIA - E-Revistas - Google Scholar
DOI - REBID - Mendeley - DIALNET - ROAD - ORCID

Title: Obtención de la función de transferencia de un motor de dc mediante el análisis de la curva de reacción

Author: Ángel VERGARA BETANCOURT

Editorial label ECORFAN: 607-8324
BCIERMIMI Control Number: 2017-02
BCIERMIMI Classification (2017): 270917-0201

Pages: 28
Mail: a.vergara@live.itsz.edu.mx
RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.
244 – 2 Itzopan Street
La Florida, Ecatepec Municipality
Mexico State, 55120 Zipcode
Phone: +52 1 55 6159 2296
Skype: ecorfan-mexico.s.c.
E-mail: contacto@ecorfan.org
Facebook: ECORFAN-México S. C.

Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

Holdings

Bolivia	Honduras	China	Nicaragua
Cameroon	Guatemala	France	Republic of the Congo
El Salvador	Colombia	Ecuador	Dominica
Peru	Spain	Cuba	Haití
Argentina	Paraguay	Costa Rica	Venezuela
Czech Republic			



Resumen

- En este trabajo se reporta la obtención experimental de la función de transferencia de un motor de CC. Se utilizó el método de identificación de sistemas del análisis de la curva de reacción y se determinaron los parámetros que conforman su función de transferencia. La función de transferencias que se obtuvo es representativa de un sistema de segundo orden sobre-amortiguado, el cual puede describirse como un sistema de primer orden con retardo.





Contenido

- Objetivo
- Justificación
- Identificación de sistemas
- Función de Transferencia
- Implementación de un sistema de identificación
- Análisis de la Respuesta Transitoria por medio del método de la Curva de Reacción
- Análisis de Resultados
- Conclusiones





Objetivo

- Obtener a partir del análisis experimental, la función de transferencia de un motor de corriente directa EMG49, con la finalidad de conocer el comportamiento dinámico de esta planta y proponer estrategias de control pertinentes.





Justificación

- A partir de la función de transferencia de los sistemas, es posible determinar el orden del sistema y su comportamiento dinámico ante perturbaciones externas. Por lo tanto, es posible establecer estrategias de control adecuadas a este sistema.





Identificación de sistemas

- Procedimiento experimental (Bueno, 2011), que consiste en determinar el modelo dinámico de un sistema a partir de observar y medir la respuesta de este cuando es sometido a señales externas controladas. El proceso de identificación queda descrito de acuerdo con el esquema de la figura 1 (Ezeta, 2013), (Vallejo, 1997).



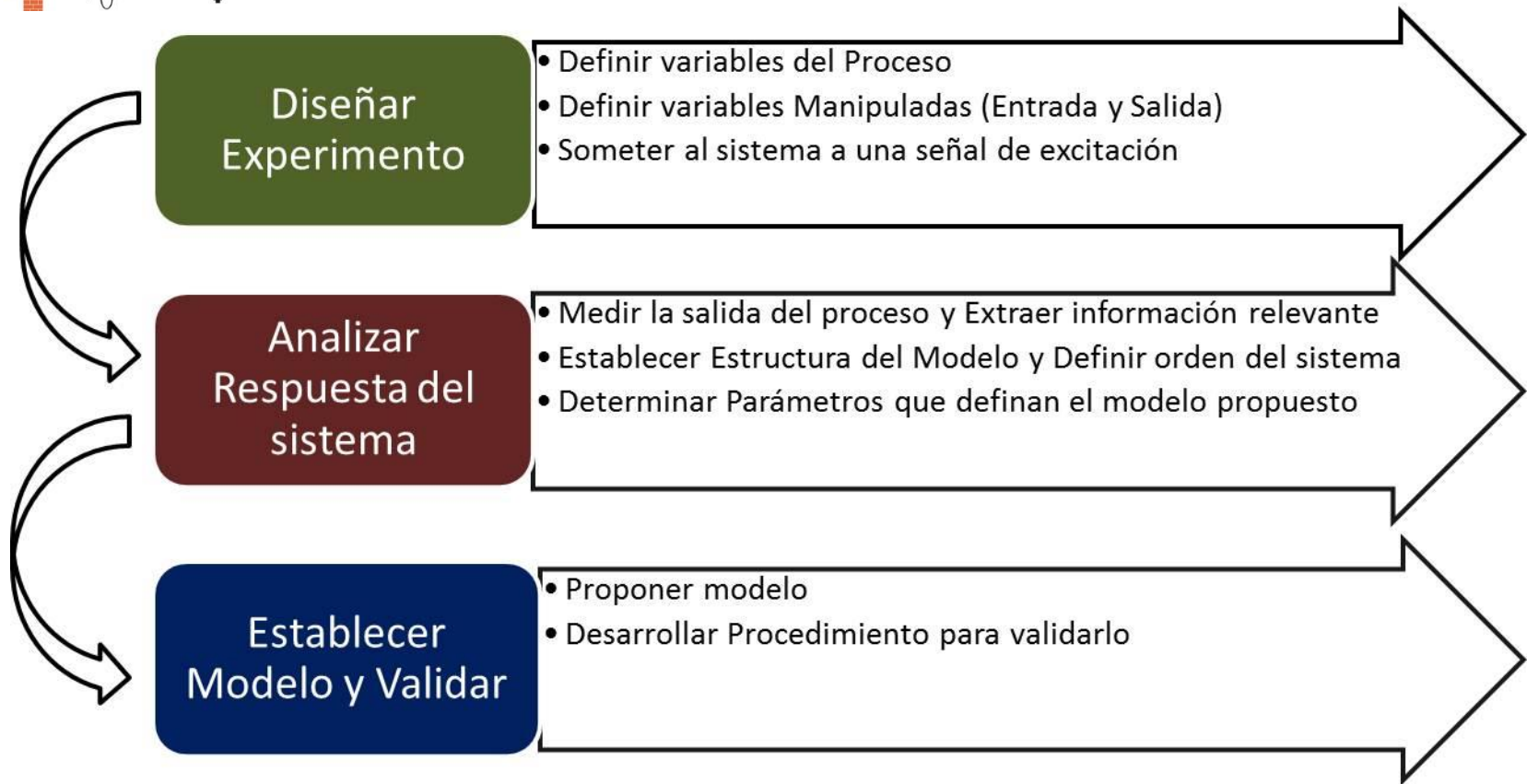


Fig. 1. Proceso de identificación de Sistemas

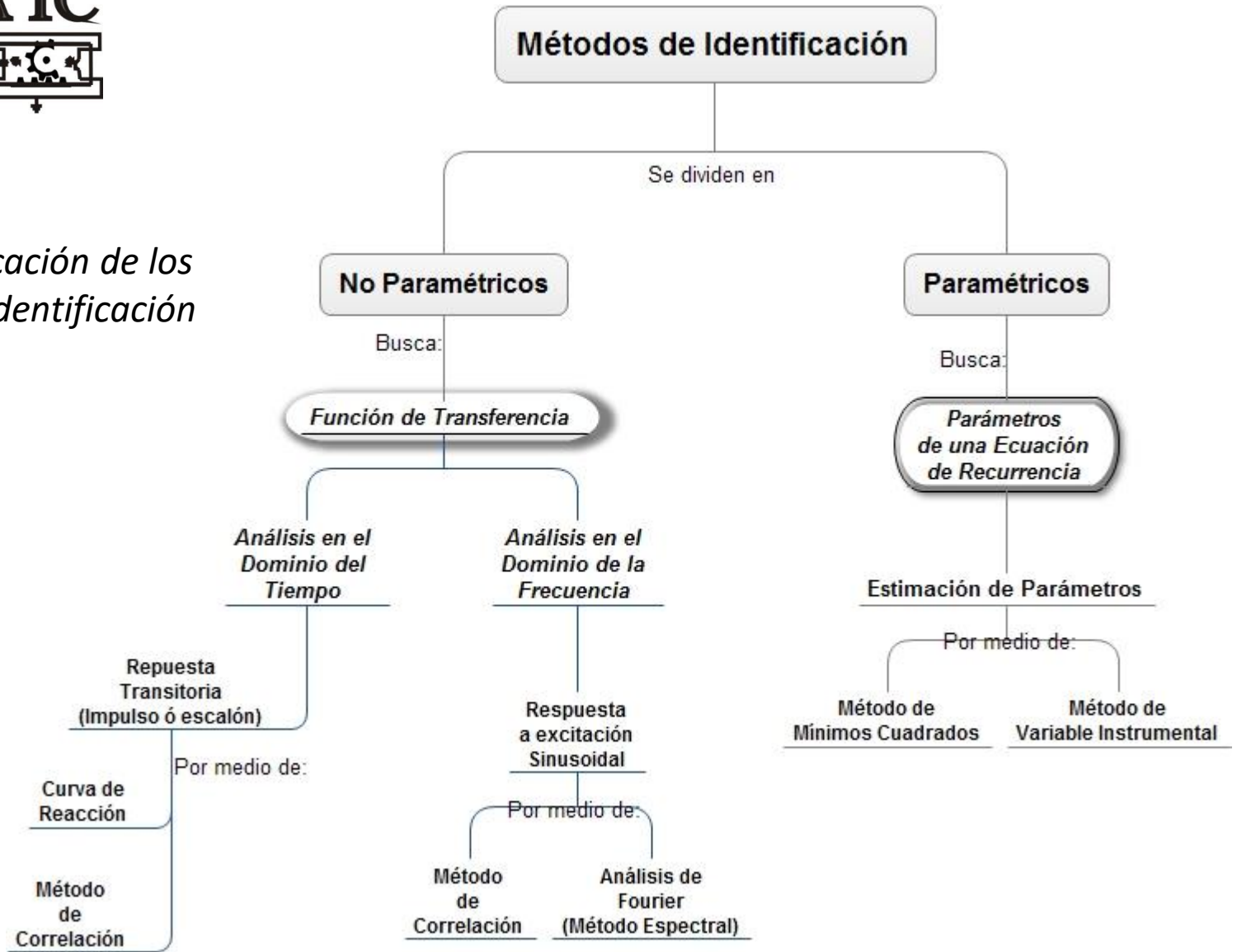


Identificación de sistemas

- Los métodos de identificación, pueden clasificarse (D. Bravo-Montenegro, 2013) en “offline” y “online”. Además la identificación puede realizarse, ya sea en “lazo abierto” o bien en “lazo cerrado”.
- Los métodos de identificación también pueden clasificarse en paramétricos y no paramétricos de acuerdo con la figura 2 (Ljung, 1987), (Lennart Ljung, 1994), (Ezeta, 2013), (Kunusch, 2003).

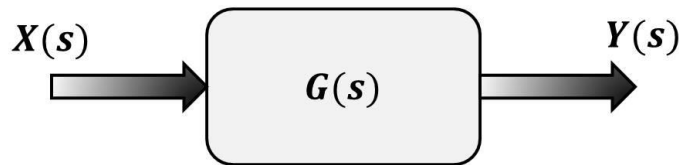


Fig. 2. Clasificación de los métodos de Identificación de Sistemas



Función de transferencia

- Consiste en la relación matemática en el dominio de Laplace, que asocia la variable de salida de un sistema con la variable de entrada al mismo (Ogata, 2010).



$$G(s) = \frac{Y(s)}{X(s)}; \quad (1)$$

Fig. 3. Esquematización de la Función de Transferencia en Lazo Abierto.

$$\frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{b_0s^m + b_1s^{m-1} + \dots + b_{m-1}s + b_m}{a_0s^n + a_1s^{n-1} + \dots + a_{n-1}s + a_n}; \quad (2)$$



Función de transferencia

- Las funciones de transferencia (F. T.) más comunes, son aquellas que representan sistemas:

– Orden cero

$$G(s) = K; \quad (3)$$

– Primer orden

$$G(s) = \frac{K}{\alpha s + 1}; \quad (4)$$

– Segundo orden

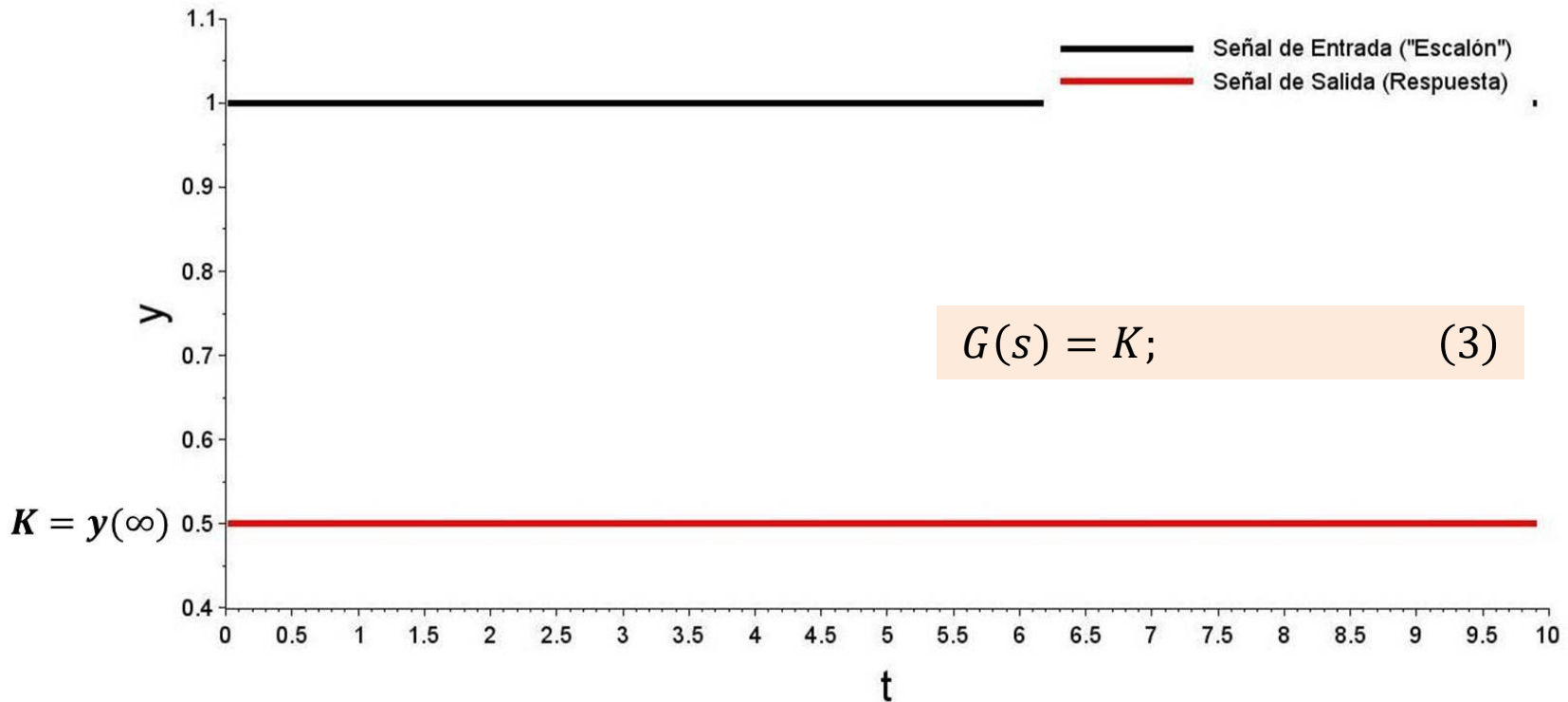
$$G(s) = \frac{\omega_0^2}{s^2 + 2\zeta\omega_0s + \omega_0^2}; \quad (5)$$





Sistemas de orden cero

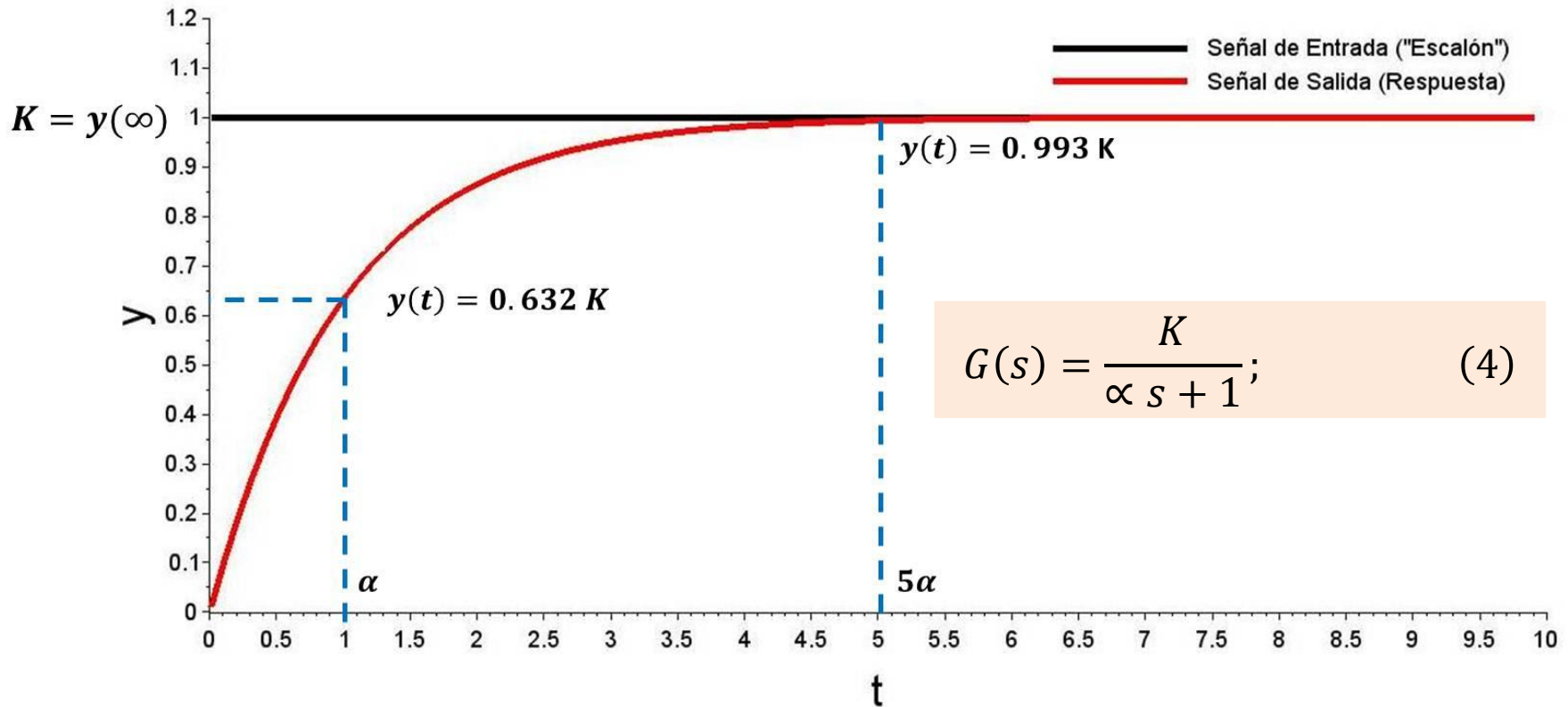
- La función de transferencia no presenta polos. La respuesta del sistema ante una entrada escalón ($R(s) = 1/s$), es un valor constante para todo tiempo t .





Sistemas de primer orden

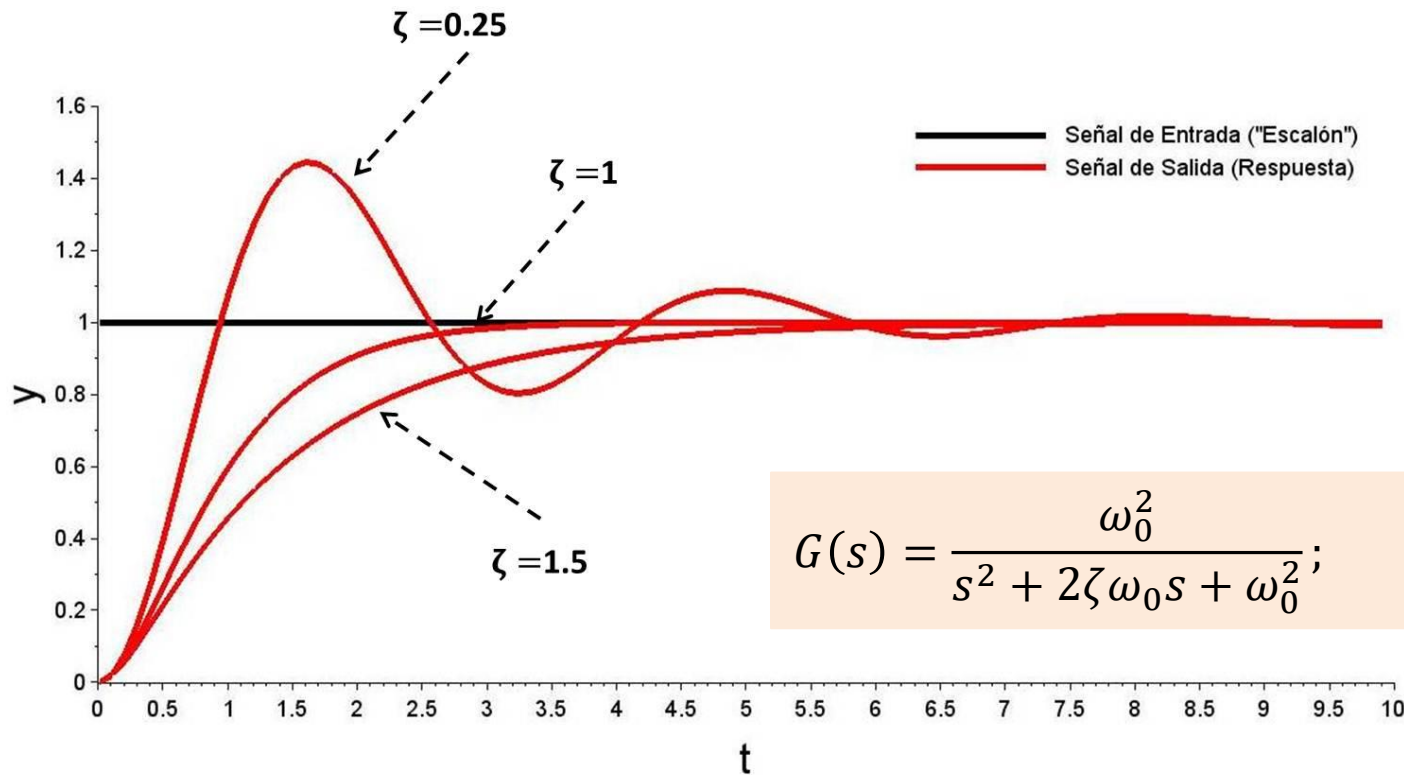
- La F.T. presenta un solo polo en el denominador. K , es el valor de la ganancia del sistema y α es la constante de tiempo (63.2% de la ganancia total K).





Sistemas de segundo orden

- La F.T. presenta dos polos en el denominador. Dependiendo si son polos reales imaginarios, la respuesta del sistema a la función escalón presenta oscilaciones o retardos en su respuesta.



$$G(s) = \frac{\omega_0^2}{s^2 + 2\zeta\omega_0s + \omega_0^2}; \quad (5)$$





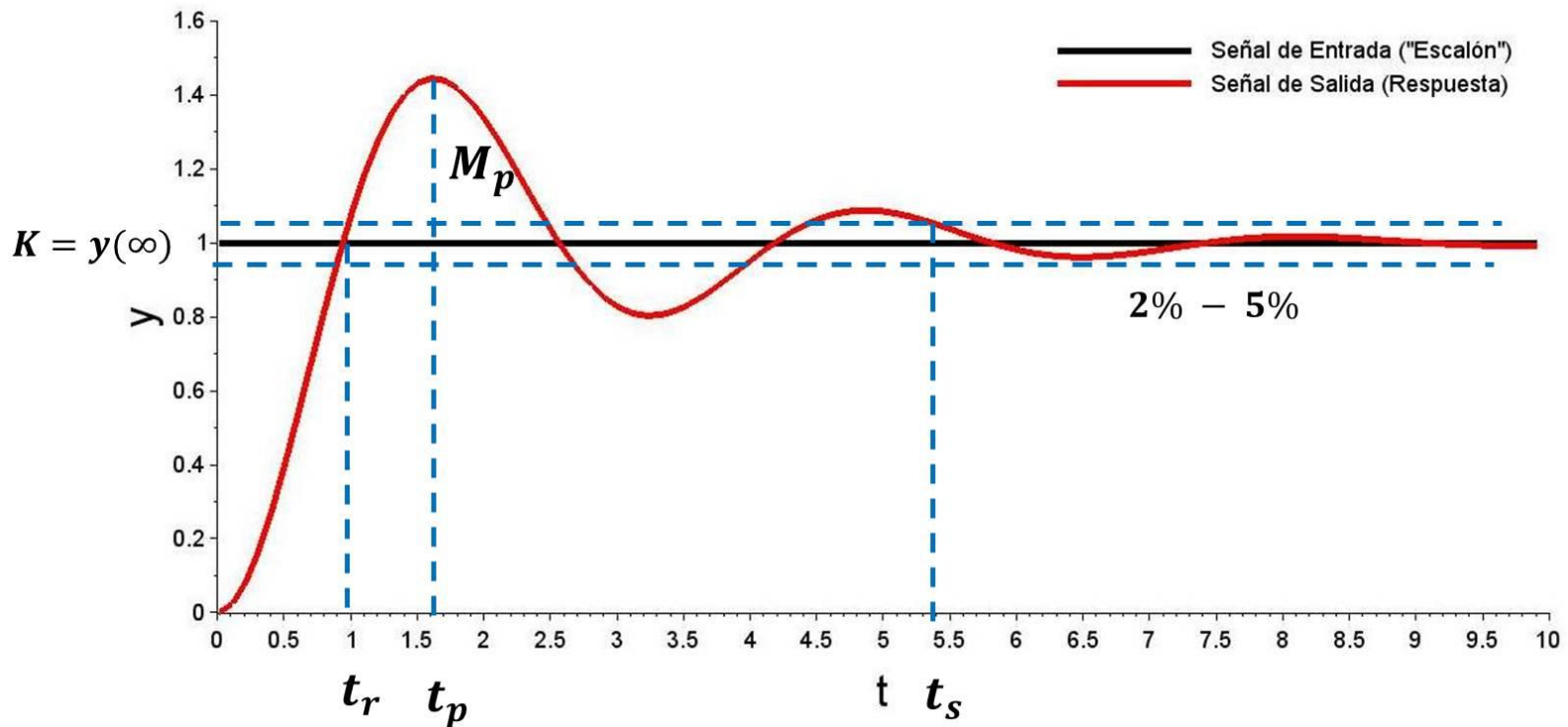
Sistemas de segundo orden

- La F.T. de este tipo de sistemas, presenta dos parámetros ω_0 , definida como frecuencia de oscilación, y ζ que determina el amortiguamiento del sistema. A partir de lo anterior, se presentan tres casos:
 1. Caso sub-amortiguado ($0 < \zeta < 1$), el sistema presenta polos complejos conjugados.
 2. Caso críticamente amortiguado ($\zeta = 1$), el sistema presenta dos polos reales e iguales.
 3. Caso sobre-amortiguado ($\zeta > 1$), las raíces del polinomio son reales diferentes.



Sistemas de segundo orden

- Caso sub-amortiguado ($0 < \zeta < 1$). La característica principal es que el sistema presenta oscilaciones amortiguadas y los parámetros de la respuesta se resumen en la tabla 1.





Sistemas de segundo orden

- Caso sub-amortiguado ($0 < \zeta < 1$).

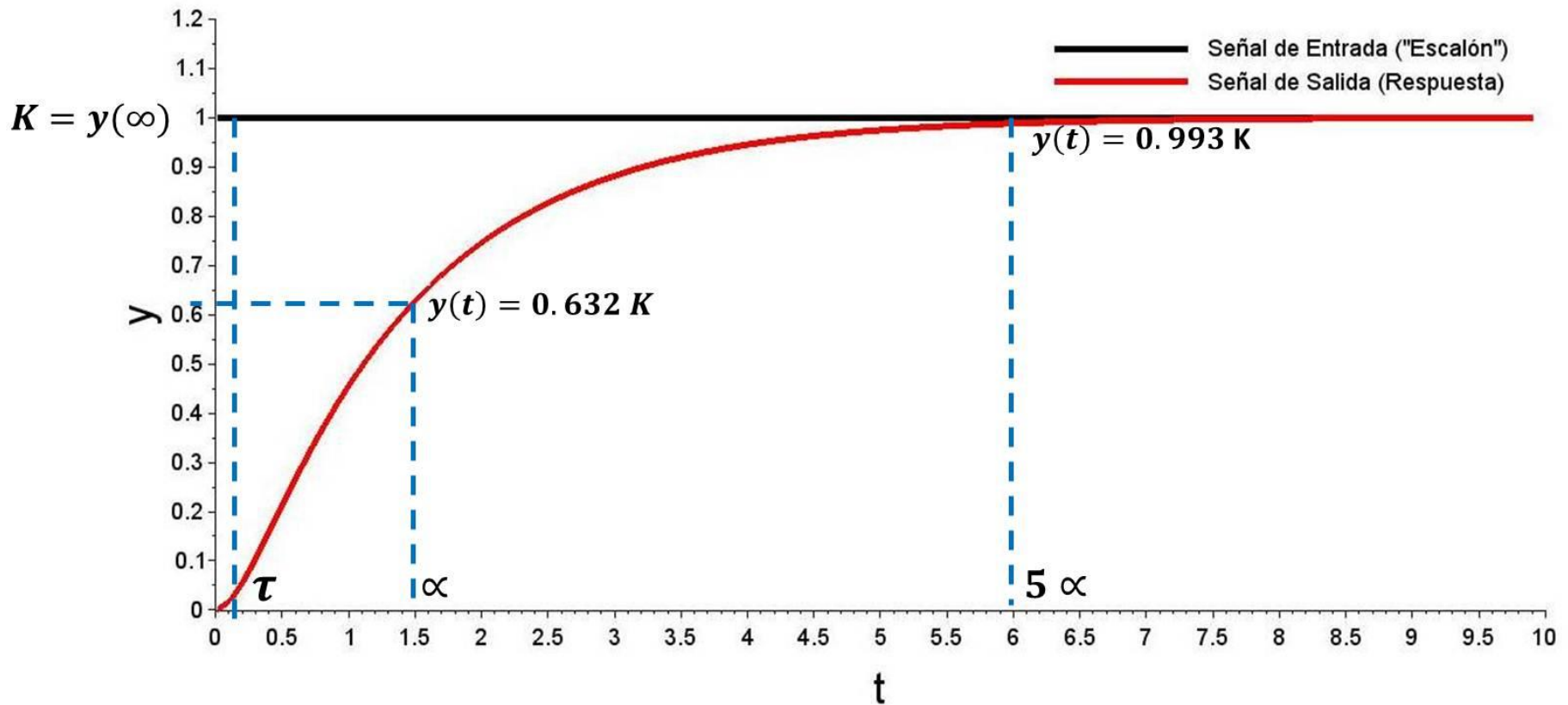
Parámetro	Relación matemática
Frecuencia natural del sistema	ω_0
Factor de Amortiguamiento	$\zeta = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{\pi^2}{\ln^2(M_p)}}}$;
Frecuencia natural amortiguada	$\omega_d = \omega_0 \sqrt{1 - \zeta^2}$;
Tiempo de levantamiento	$t_r = \frac{1}{\omega_d} \arctan\left(\frac{-\omega_d}{\zeta\omega_0}\right)$;
Tiempo pico	$t_p = \frac{\pi}{\omega_d}$;
Sobre paso máximo	$M_p = e^{\frac{-\zeta\pi}{\sqrt{1-\zeta^2}}}$;
Tiempo de establecimiento (criterio del 2% y del 5%)	$t_s(2\%) = \frac{4}{\zeta\omega_0}$; $t_s(5\%) = \frac{3}{\zeta\omega_0}$;





Sistemas de segundo orden

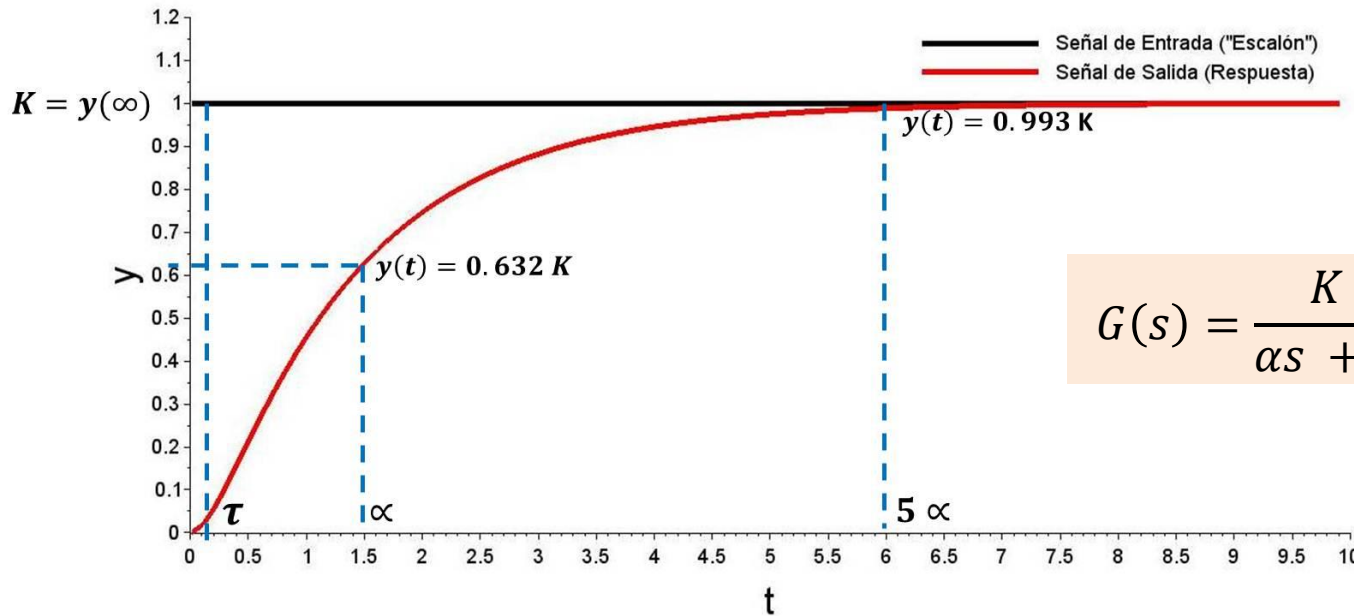
- Caso sobre-amortiguado ($\zeta > 1$). El sistema presenta una respuesta que crece exponencialmente con el tiempo hasta alcanzar el valor deseado.





Sistemas de segundo orden

- Caso sobre-amortiguado ($\zeta > 1$). Puede también aproximarse como un sistema de primer orden con retardo (τ).

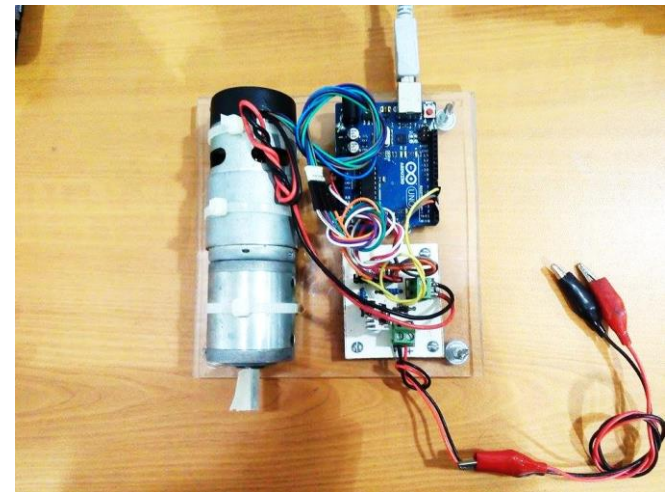
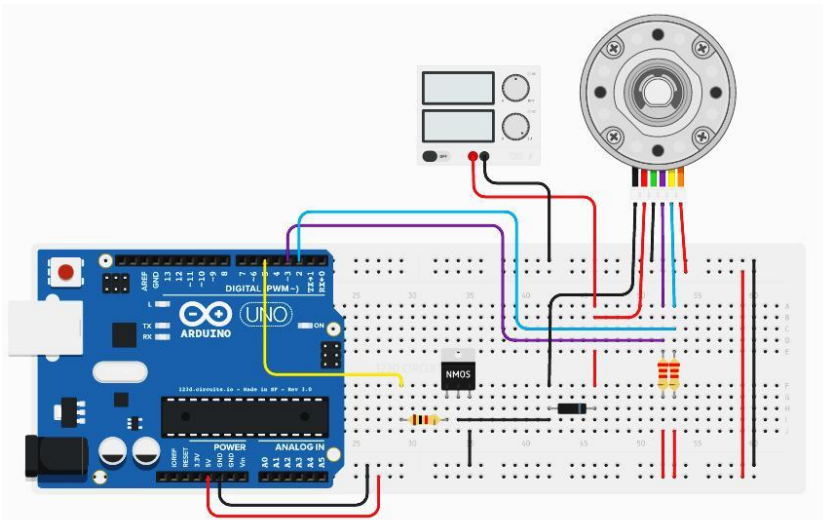


$$G(s) = \frac{K}{\alpha s + 1} e^{-\tau s}; \quad (6)$$



Implementación del sistema de identificación

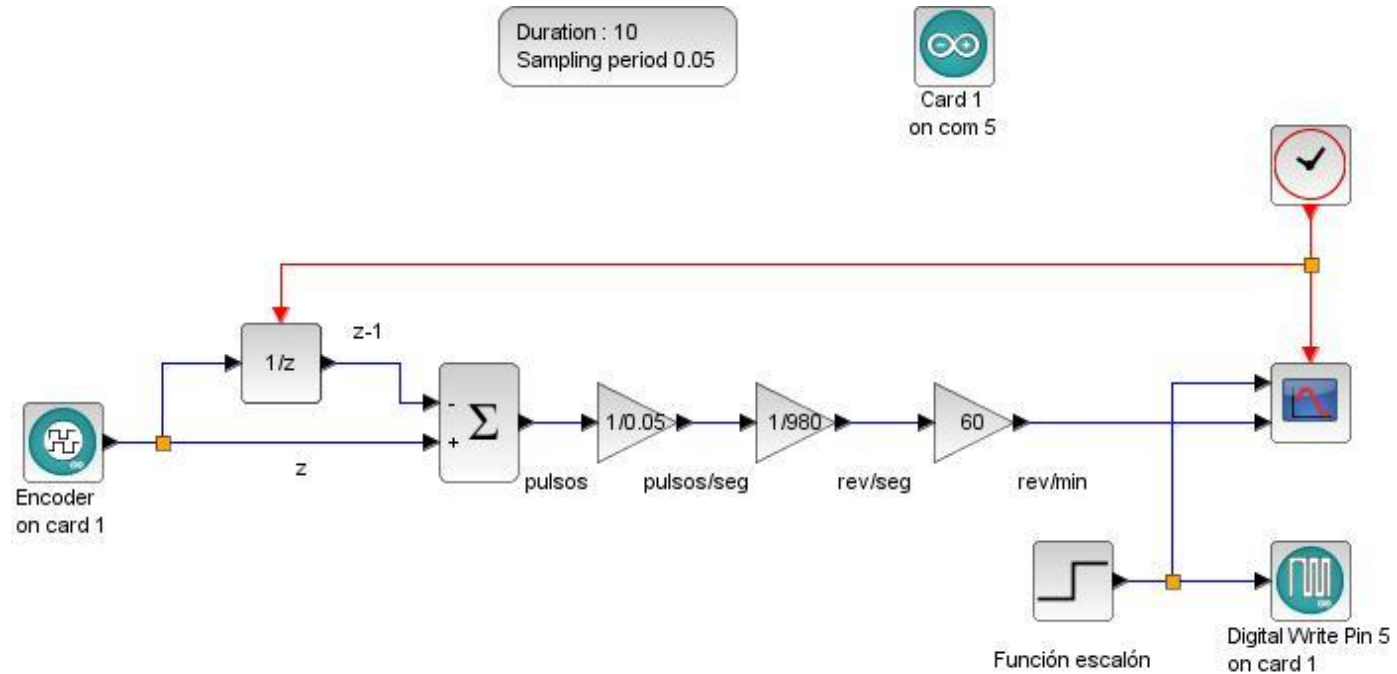
- El sistema que se quiere identificar es un “motor de DC EMG49, 24 V controlado por armadura”. Está equipado con “*encoders*” de Efecto Hall (980 pulsos por revolución) y una caja de engranes reductora 49:1. La velocidad nominal es de 122 RPM, $I = 2100$ mA y torque máximo de 16 kg/cm.
- El desarrollo experimental incluye herramientas “open source” de simulación y análisis: Scilab/Xcos y Arduino Uno.





Análisis de la Respuesta Transitoria por medio del método de la Curva de Reacción

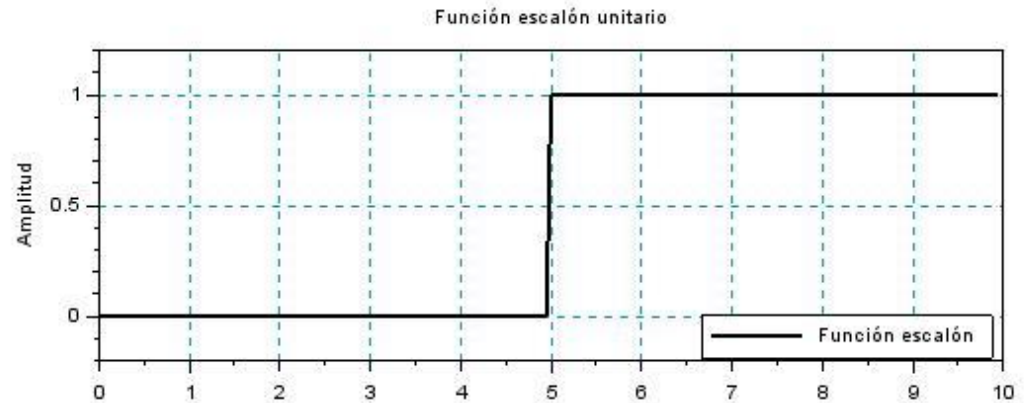
- Para la identificación del sistema por medio del método de curva de reacción, se procedió a construir el modelo de interfaz entre el motor y Arduino. Para ello se desarrolló un modelo en Xcos de Scilab. Por cada segundo de lectura, del “encoder” se tienen 2000 pulsos





Análisis de la Respuesta Transitoria por medio del método de la Curva de Reacción

- La respuesta del sistema al perturbarlo con una señal escalón unitario se acerca a la velocidad nominal del motor (143 rpm), la cual es alcanzada en aproximadamente 0.5 seg.

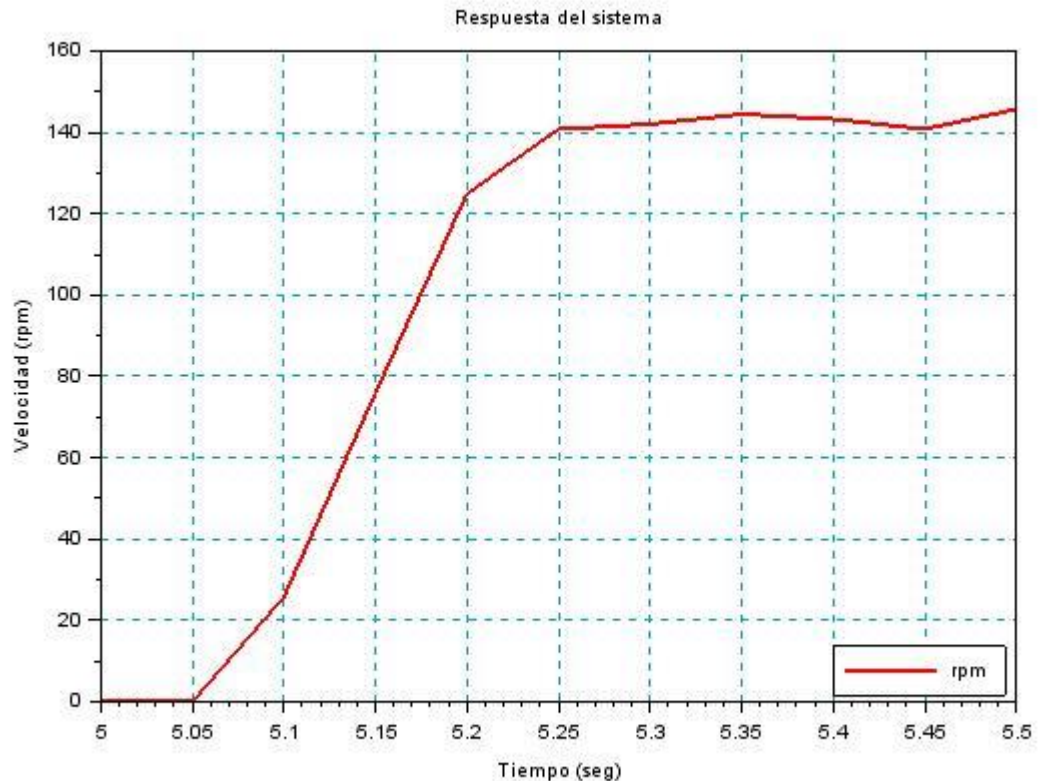




Análisis de Resultados

- Al realizar un acercamiento a la gráfica anterior, la respuesta del sistema se aproxima a un comportamiento similar a la respuesta de un sistema de primer orden con retardo.

$$G(s) = \frac{K}{\alpha s + 1} e^{-\tau s}; \quad (6)$$

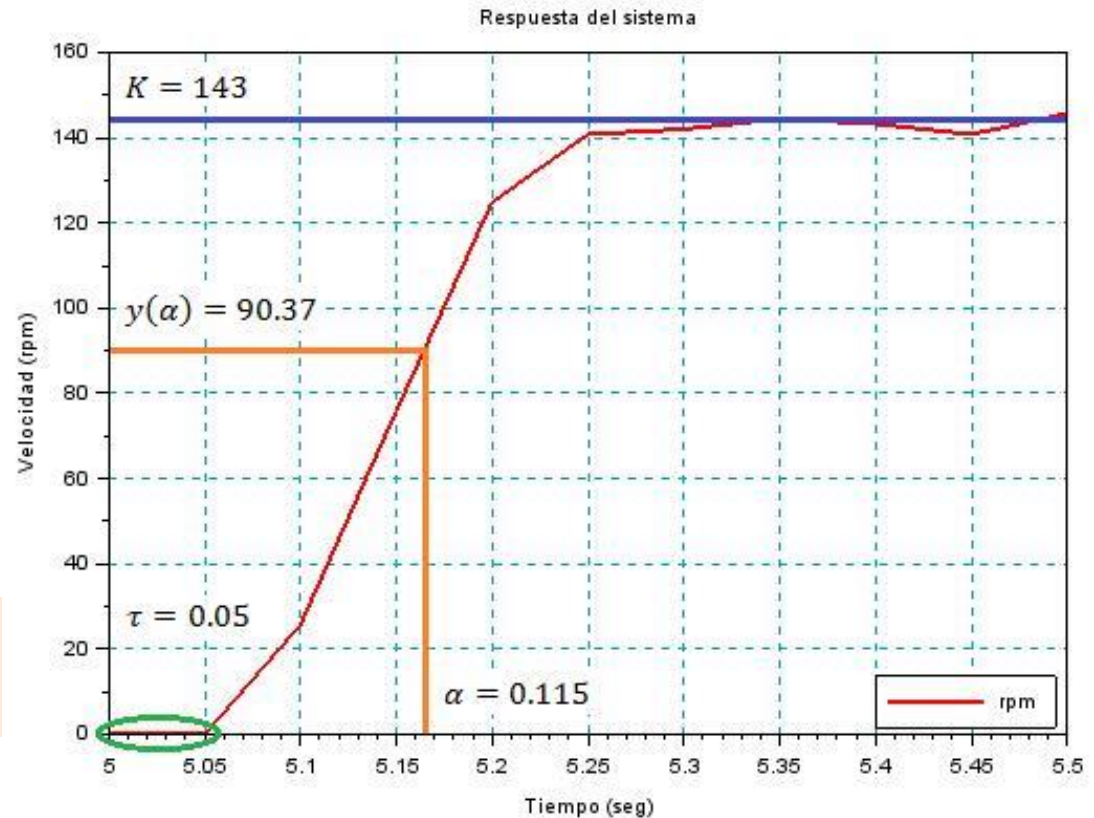




Análisis de Resultados

- El cálculo de los parámetros K , y α se puede realizar aplicando los métodos utilizados para la identificación de sistemas de primer orden y se analiza la curva de reacción.

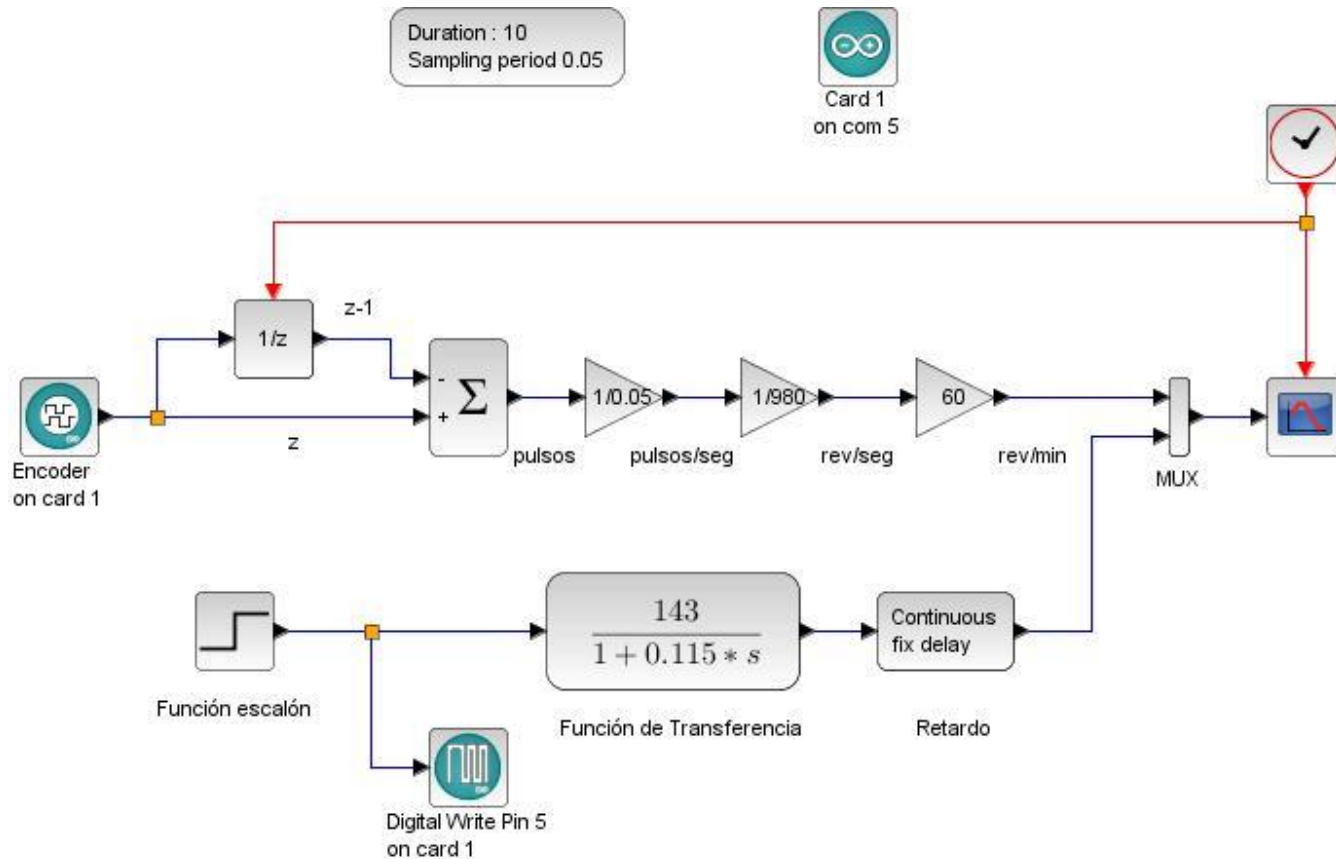
$$G(s) = 143 \frac{e^{-0.05s}}{0.115s + 1}; \quad (9)$$





Análisis de Resultados

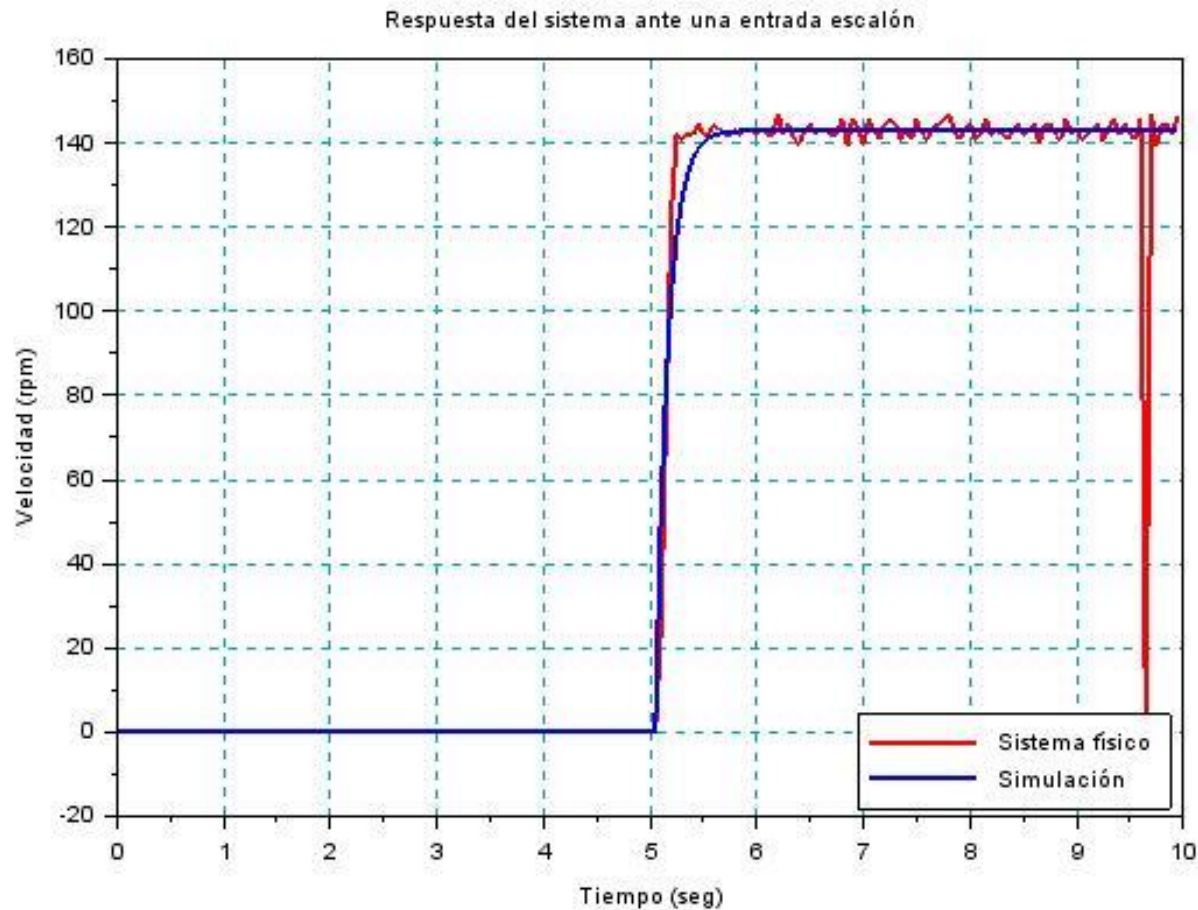
- Para validar el modelo propuesto, se construye un nuevo modelo en Xcos donde se compara el modelo real vs la simulación utilizando la F.T. de la ecuación 9.





Análisis de Resultados

- Comparación entre respuestas real y respuesta simulada.





Conclusiones

- La metodología utilizada a través de la curva de reacción, ha sido suficiente para calcular los parámetros que permiten establecer completamente la función de transferencia y con ello simular la respuesta del sistema ante distintas condiciones y/o perturbaciones externas.
- Los resultados permiten concluir que el motor de CC EMG49, puede ser descrito y representado por una F.T, de primer orden con retardo.
- Se ha demostrado que a través de procedimientos relativamente sencillos, se puede diseñar un experimento utilizando herramientas “open source” para la identificación de sistemas mediante el análisis de la respuesta transitoria de la planta.





Agradecimientos

- Los autores agradecen al TecNM, así como al PRODEP por el apoyo recibido para la ejecución de proyectos y por respaldar el trabajo de CA's, en particular el del CA de Instrumentación y Control, ya que permiten el desarrollo de investigación e integración de alumnos para estas actividades.
- De igual manera le agradecen al ITS Zacapoaxtla, ya que a través del financiamiento para proyecto con registro PI.IM-17-03, se han logrado los resultados aquí reportados.





Referencias

- Bueno, A. M. (2011). Identificación experimental de sistemas. Sistemas de Control Automático. Universidad de Alicante.
- Chaoran, L. S. (2012). Identification of parameters for a DC-motor by LabVIEW.
- D. Bravo-Montenegro, C. R.-R.-M. (2013). Identificación en lazo cerrado de sistemas dinámicos. Revista Colombiana de Física, 45(1), 45-52.
- Daniel Abad, M. A. (2017). Identificación y Modelado Matemático de un Motor mediante Método Gráfico y estructura de modelo ARX. Recuperado el 2017, de Academia.edu: https://www.academia.edu/attachments/37405516/download_file?st=MTUwMTMwNDY3NywxODkuMTY1LjI0OC4xODUsMjE2Nzg0Nzg%3D&s=swp-toolbar
- Ezeta, R. F. (2013). Análisis y Diseño de Sistemas de Control Digital. Mexico, D.F.: McGraw-Hill.
- Guillén, M. E. (2017). Escuela de Ingeniería Electrónica Tecnológico de Costa Rica. Recuperado el 2016, de Escuela de Ingeniería Electrónica Tecnológico de Costa Rica: <http://www.ie.itcr.ac.cr/einteriano/control/Laboratorio/3.7Identificacion%20de%20sistemas.PDF#page=1&zoom=auto,-107,248>
- José A. Becerra-Vargas, F. E.-G.-O.-A. (2014). Estimación de parámetros y modelo de caja negra de un motor sin escobillas. Tecno Lógicas, 17(33), 55-64.
- Kunusch, C. (2003). Identificación de Sistemas Dinámicos. Cátedra de Control y Servomecanismos. Universidad Nacional de la Plata.
- Lennart Ljung, T. G. (1994). Modeling of Dynamic Systems. USA: Prentice Hall.
- Ljung, L. (1987). System Identification: Theory for the User. USA: Prentice Hall.
- M. Hadeif, A. B. (2008). Parameter Identification of a DC Motor via Moments Method. IRANIAN JOURNAL OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING, 7(2), 159-163.
- Ogata, K. (2010). Ingeniería de Control Moderna (5ta. ed.). Madrid, España: Pearson Educación.
- Pisan Radim, G. F. (2011). A comparative study of a real system identification. Annals of DAAAM for 2011 & Proceedings of the 22nd International DAAAM Symposium (págs. 1333-1334). Viena. Austria: DAAAM International.
- Radojka Krneta, S. A. (2005). Recursive Least Squares Method in Parameters Identification of DC Motors Models. SER.: ELEC. ENERG., 18(3), 467-478.
- Rivas, M. E. (2008). Identificación de sistemas usando una herramienta de software libre con acceso a internet.
- Vallejo, E. (1997). Identificación paramétrica de sistemas dinámicos. (U. d. Norte, Ed.) Revista Científica Ingeniería y Desarrollo, 10-22.
- Wu, W. (2012). DC Motor Parameter Identification Using Speed Step Responses. Modelling and Simulation in Engineering, 2012, 5.





ECORFAN®

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMIMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/ booklets)