



Title: Feasibility and Performance of a hybrid neuro-fuzzy system for a gas turbine

Authors: VILLAGRAN-VILLEGAS, Luz Yazmin, PATIÑO-ORTIZ, Miguel, HERNÁNDEZ-GÓMEZ, Luis Héctor y SIORDIA-VÁSQUEZ, Xóchitl

Editorial label ECORFAN: 607-8695
BCIERMMI Control Number: 2020-04
BCIERMMI Classification (2020): 211020-0004

Pages: 18
RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.
143 – 50 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		
Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

Introduction

Methodology

Results

Annexes

Conclusions

References

Introduction

En el Instituto de Investigaciones Eléctricas, el desarrollo de controladores difusos para unidades turbogás se inició en 1993 [4], en donde se rediseñó la programación del sistema de control para la unidad turbogás W501 y se incorporó un controlador difuso de velocidad en tiempo real para el arranque de la turbina de gas [5,6] Posteriormente este trabajo fue continuado y extendido al control de la potencia generada [7,8] con resultados exitosos.

Sin embargo, existía la dificultad para obtener la base de reglas y los parámetros de los diversos elementos del sistema de inferencia difuso embebido en el controlador.

Esta problemática, fue solucionada con un sistema de sintonización basado en redes neuronales, cuyo diseño incluía controladores PI convencionales [9], y en una etapa posterior a la sintonización se incluyó un controlador difuso [10], cuyo trabajo consistió en proporcionar los parámetros que definen las variables lingüísticas del controlador usando un algoritmo de aprendizaje de redes neuronales:.

El conjunto formado por la red neuronal y el sistema difuso del controlador forman un procedimiento de tipo cooperativo en donde ambos componentes son aplicaciones independientes; representando una nueva problemática a resolver.

Como una propuesta de solución en este capítulo se presenta el desarrollo de un controlador digital basado en un sistema de inferencia neuro-difuso que conjuga las ventajas de las redes neuronales y los sistemas de inferencia difusos, que puede ser diseñado fuera de línea, logrando que el procedimiento de aprendizaje de los parámetros del controlador difuso se realice en forma automatizada, directa y más simple. Las pruebas de desempeño se evalúan por su factibilidad basada en la robustez de su desempeño, logrando un controlador un primer paso para su aplicación en el control de unidades turbogás.

Methodology

El diseño se realiza fuera de línea en forma automatizada en una computadora personal y puede ser implantado directamente en una plataforma digital de grado industrial para su aplicación a un proceso real. Así, como un primer paso para su aplicación en el control en tiempo real de unidades turbogás, se presentan los resultados de la evaluación de la robustez del desempeño del controlador.

Las pruebas de factibilidad y desempeño del controlador neurodifuso se efectúan mediante simulaciones extensivas, aplicando el controlador a un sistema de primer orden con retardo y Las pruebas incluyen variaciones en rango amplio de la ganancia, retardo y constante de tiempo del proceso. También se evalúa el efecto de perturbaciones determinísticas y estocásticas en la señal de control, la variable manipulada y la señal controlada. Los resultados obtenidos demuestran la factibilidad de utilizar el controlador neurodifuso en aplicaciones reales.

El controlador PI neurodifuso se encuentra en un lazo de control para su análisis en un ambiente de simulación desarrollado en una plataforma de computadora personal usando el ambiente de programación Matlab/Simulink que puede ser personalizado para la ejecución de diversas pruebas que permiten sintonizar y analizar el sistema de control.

En la Figura. 1. 1 se presenta el diagrama de un sistema de primer Durante el desarrollo e implantación de Sistemas de Control Distribuido para Centrales de Ciclo Combinado Gómez Palacio (SCD-GP) de la Comisión Federal de Electricidad [1, 2] se han detectado varias necesidades y oportunidades de desarrollo tecnológico.

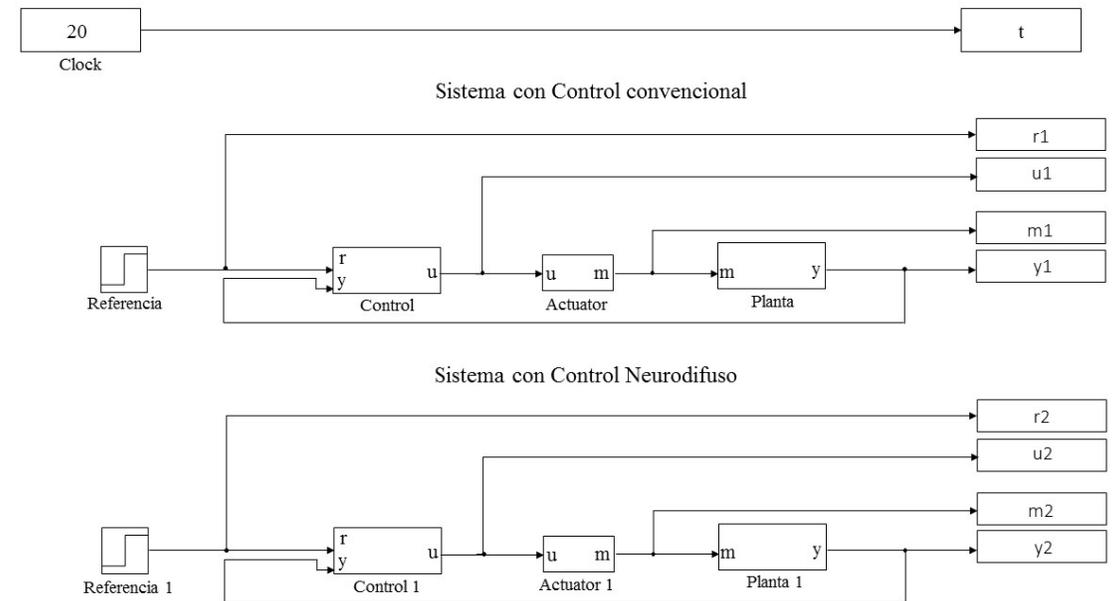


Figura 1.1 Sistema de control PI convencional y sistema de control PI neurodifuso.

El proceso por controlar es simulado con un modelo de primer orden con retardo:

$$G(s) = \frac{K_{dc} - e^{t_d s}}{\tau s + 1}$$

en donde K_{dc} es la ganancia en estado estable, t_d es el retardo en el tiempo, τ es la constante de tiempo, y s es la variable de Laplace. Los valores nominales de estos parámetros son:

$$K_{dc} = 2.0$$

$$t_d = 0.4 \text{ sec}$$

$$\tau = 4.0 \text{ sec}$$

Los diagramas de bloques de los controladores implementados para realizar las pruebas de desempeño se muestran en las Figuras 1.2. y 1.3.

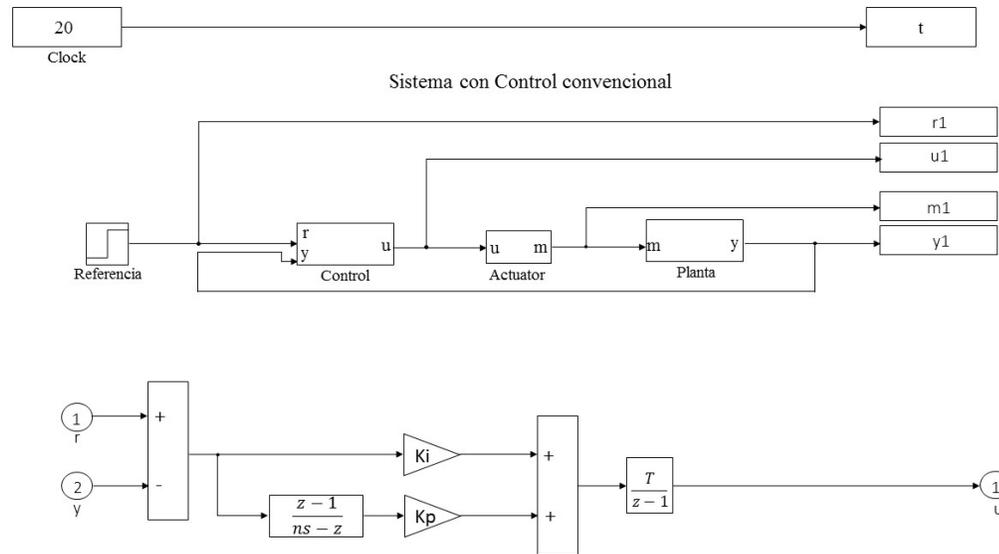


Figura 1.2 Control PI convencional.

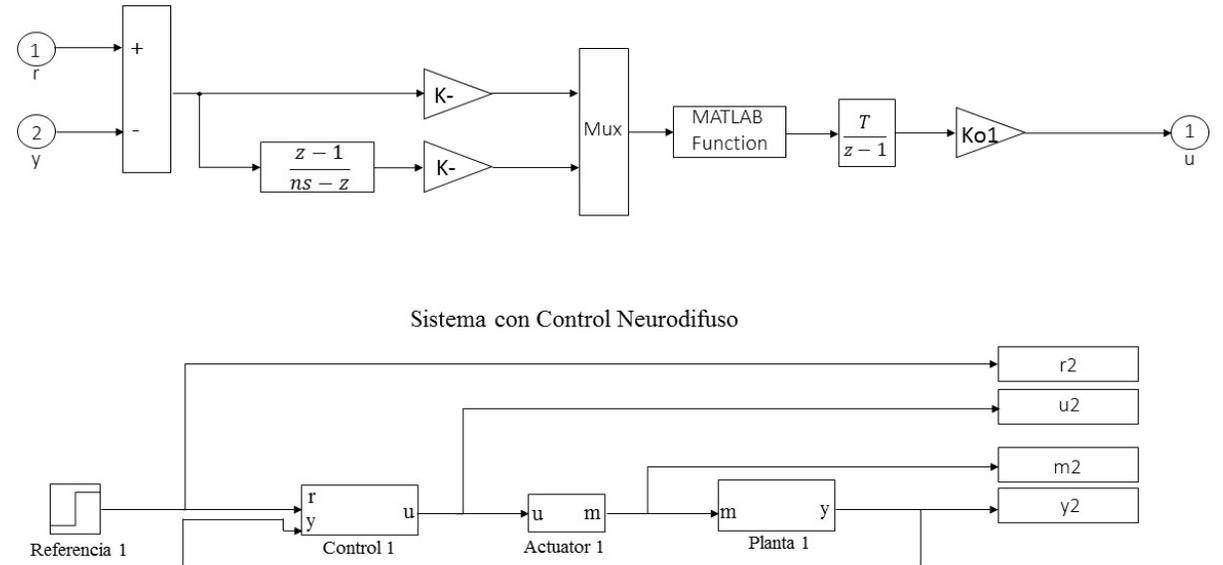


Figura 1.3 Control PI neurodifuso.

A ambos controladores se introduce una entrada escalón unitario con un control PI convencional y con un control PI neurodifuso, y su respuesta se observa en la Figura 1.4.

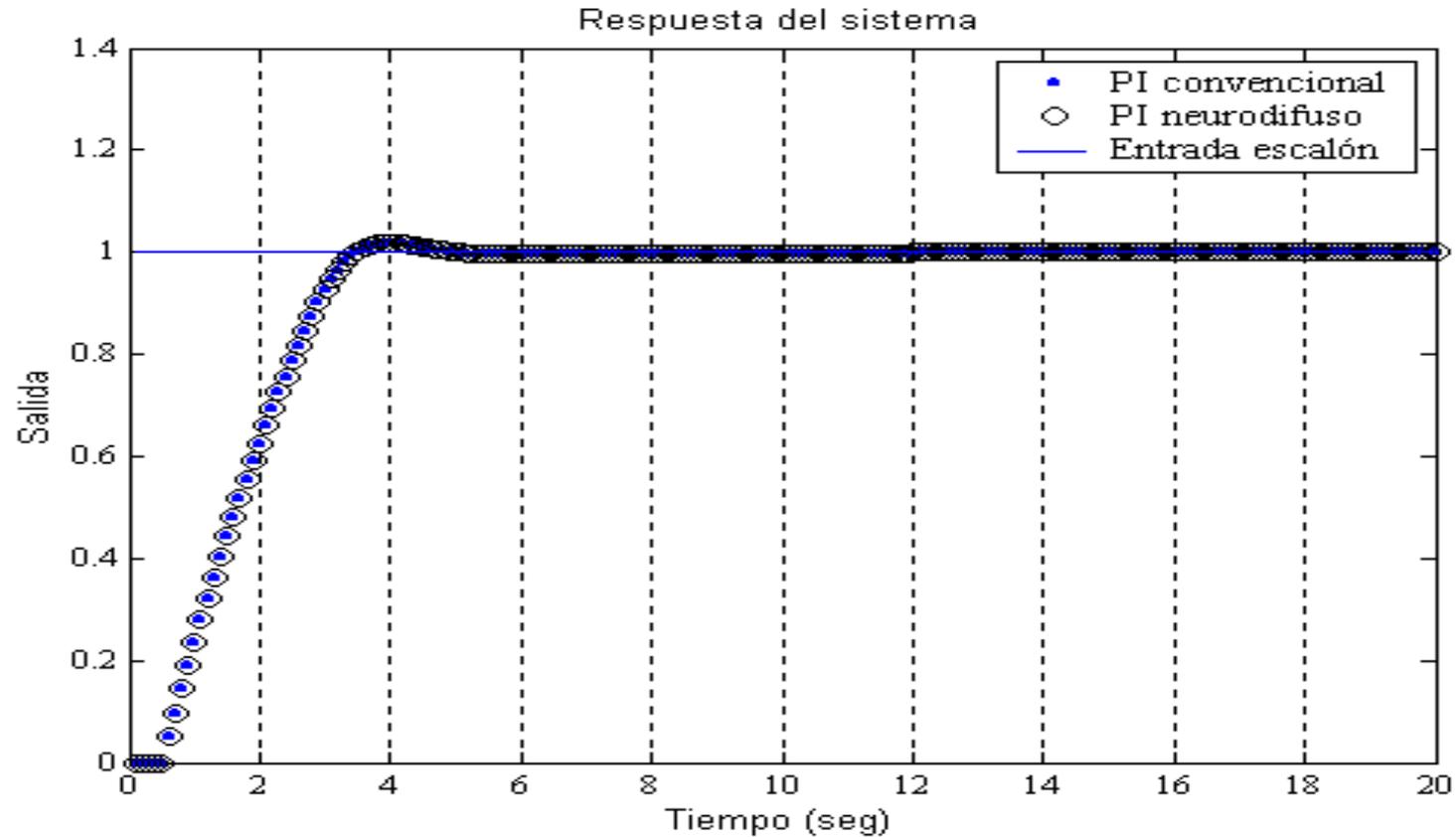
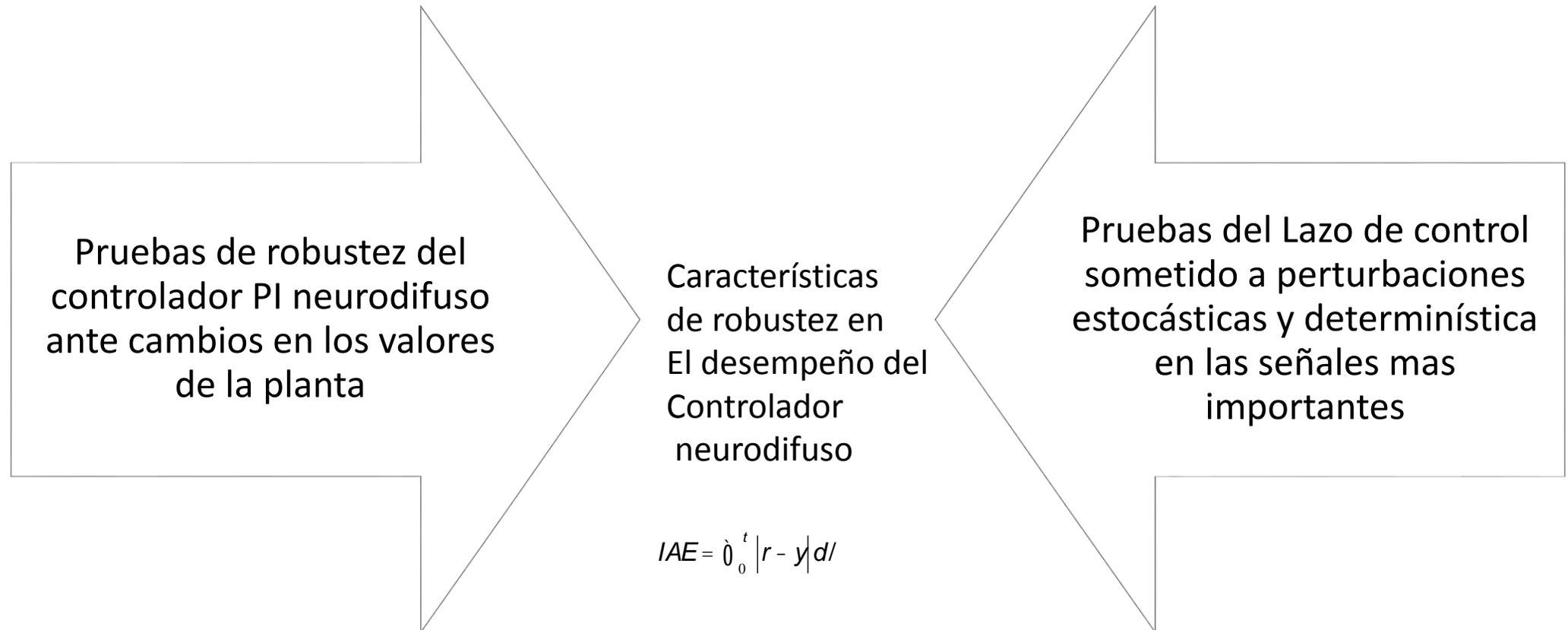


Figura 1.4 Respuesta del control PI convencional y PI neurodifuso.

CONJUNTO DE PRUEBAS

A fin de determinar las características de robustez en el desempeño del controlador PI neurodifuso se llevaron a cabo dos conjuntos de pruebas:



Results

El desempeño del controlador cuando los parámetros del modelo, ganancia en estado estable, tiempo de retardo y constante de tiempo, respectivamente, se hicieron variar en un rango desde el 50% hasta el 200% de su valor nominal, el cual es un rango de variación muy amplio, más allá de lo razonablemente esperado en una aplicación real, que se reporta aquí solo con fines ilustrativos del desempeño en condiciones extremas. Como puede observarse, el desempeño en la vecindad de los valores nominales solamente presenta una variación suave, lo cual es esperado en una aplicación real.

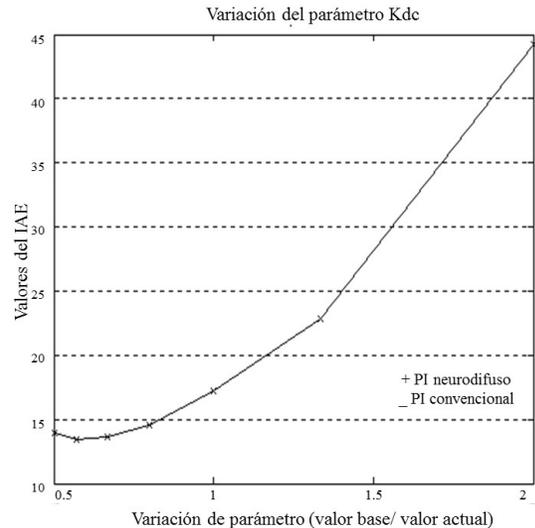


Fig. 1.5 Desempeño ante variaciones en la ganancia.

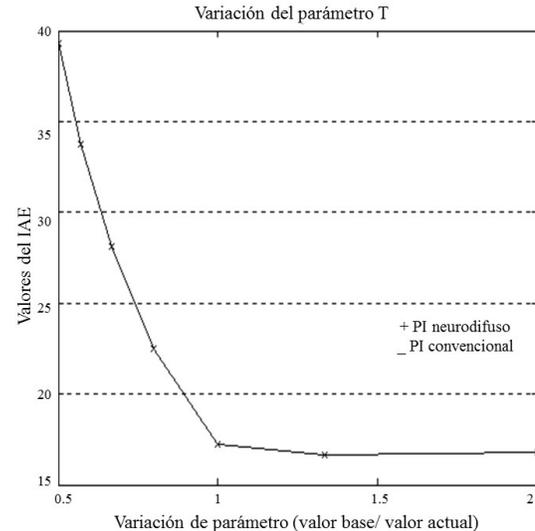


Fig. 1.6 Desempeño ante variaciones en el tiempo de retardo

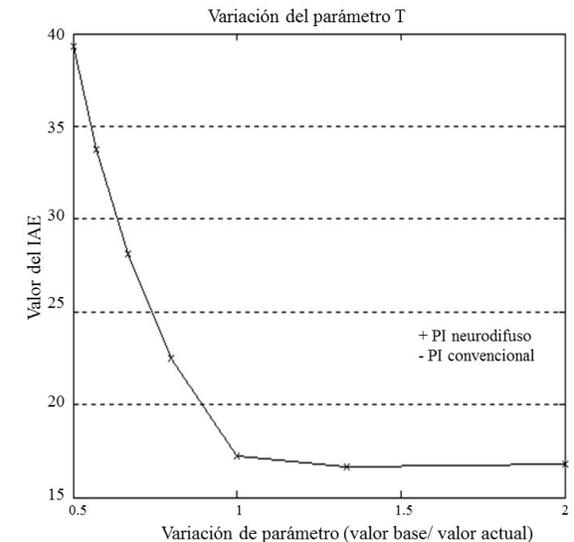


Fig. 1.7 Desempeño ante variaciones en la constante de tiempo.

Las Figura 1.8 presenta el desempeño del lazo de control sujeto a perturbaciones aditivas aleatorias en las señal de control u y en la señal de salida de la planta y , respectivamente. De nueva cuenta el desempeño del controlador presenta variaciones suaves en un gran rango

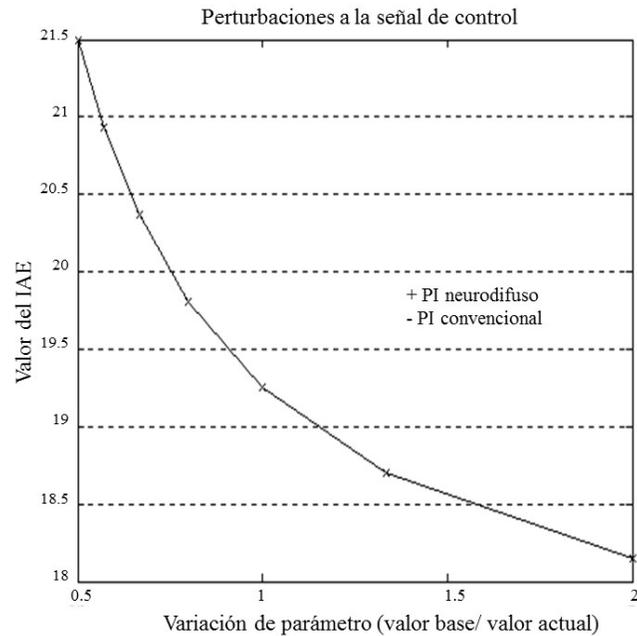


Fig. 1.8 Desempeño ante ruido en la señal de control.

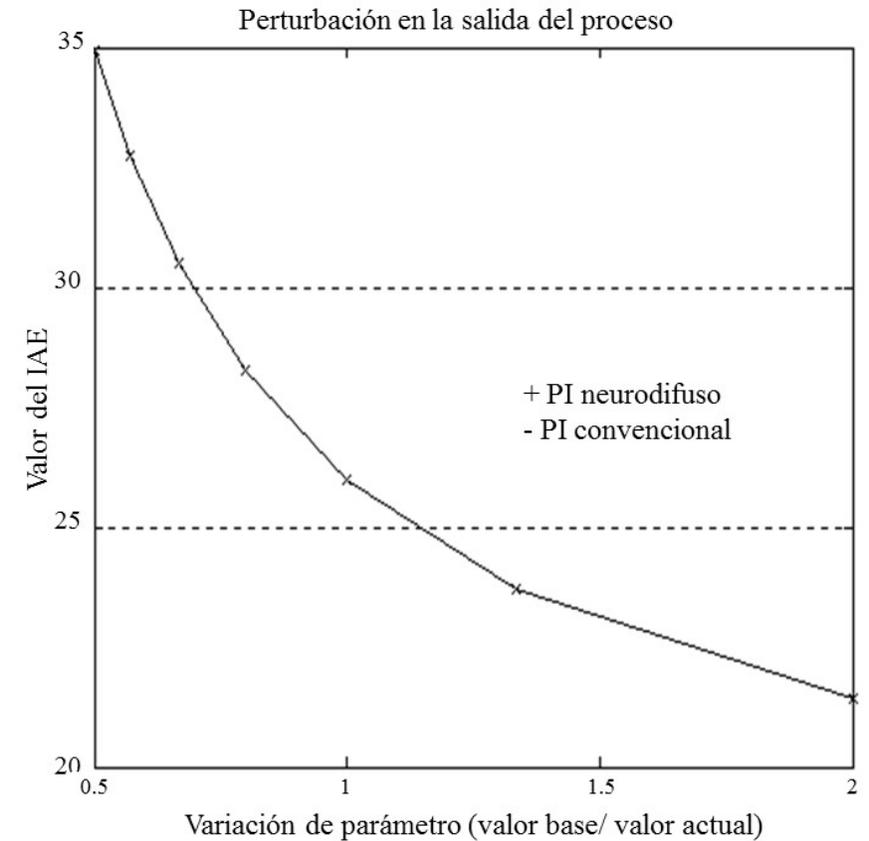


Fig. 1.9 Desempeño ante ruido en la salida del proceso.

La Figura 1.9 muestra el desempeño ante un cambio de carga en la señal de salida de la planta, simulado mediante la adición de un escalón a los 10 segundos de simulación.

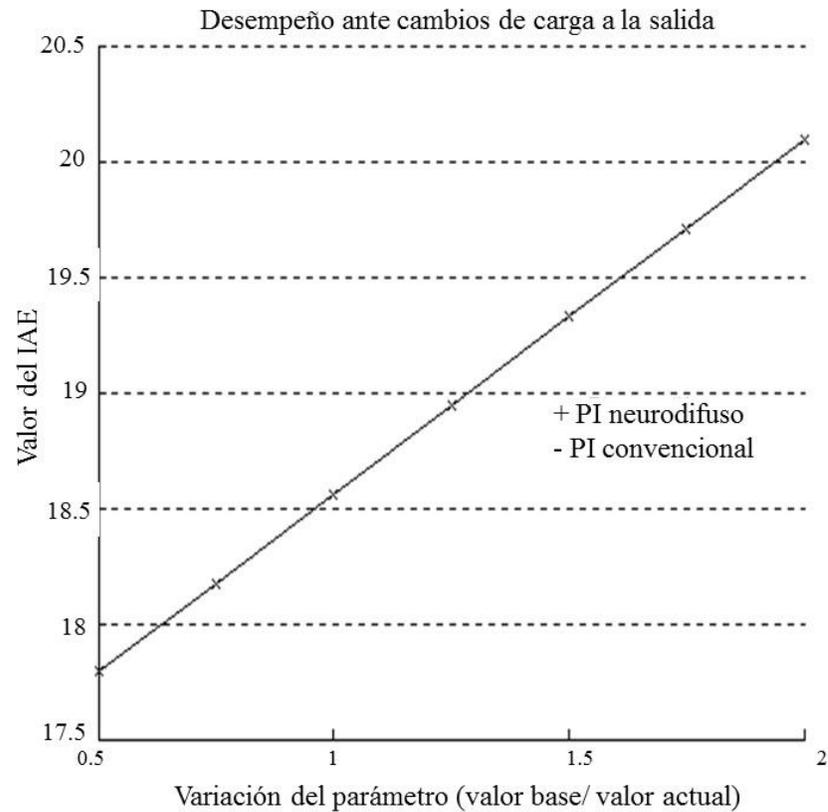


Fig. 1.10 Desempeño ante cambios de carga a la salida.

De estas pruebas puede verse que el controlador posee buenas características de rechazo a perturbaciones, tal y como es deseable en una aplicación real.

En las Figuras 1.11 a la 1.14 se muestran la respuesta del sistema utilizando tanto el controlador PI digital convencional (trazo continuo), como el controlador digital neurodifuso (trazo estrellado).

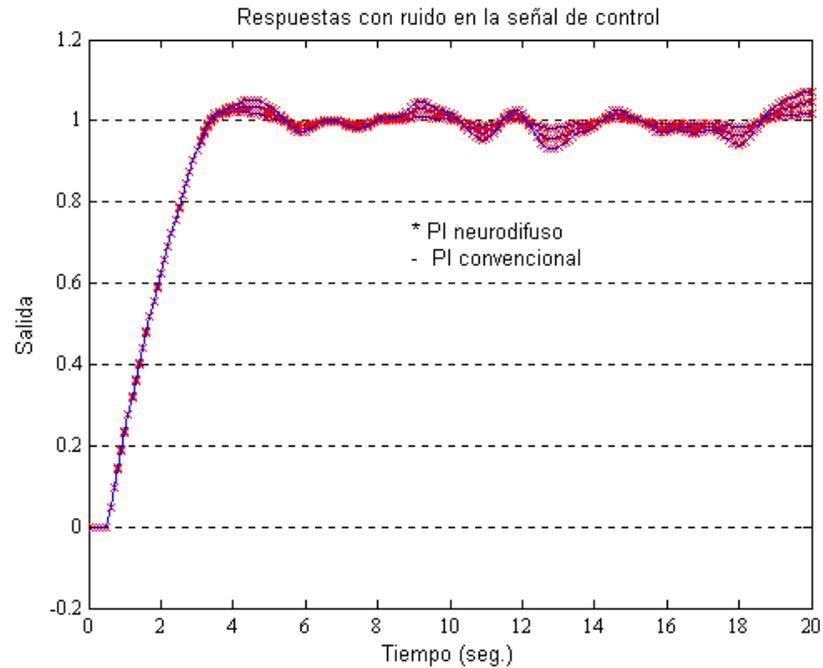


Figura 1.11 Respuesta ante variaciones en la ganancia.

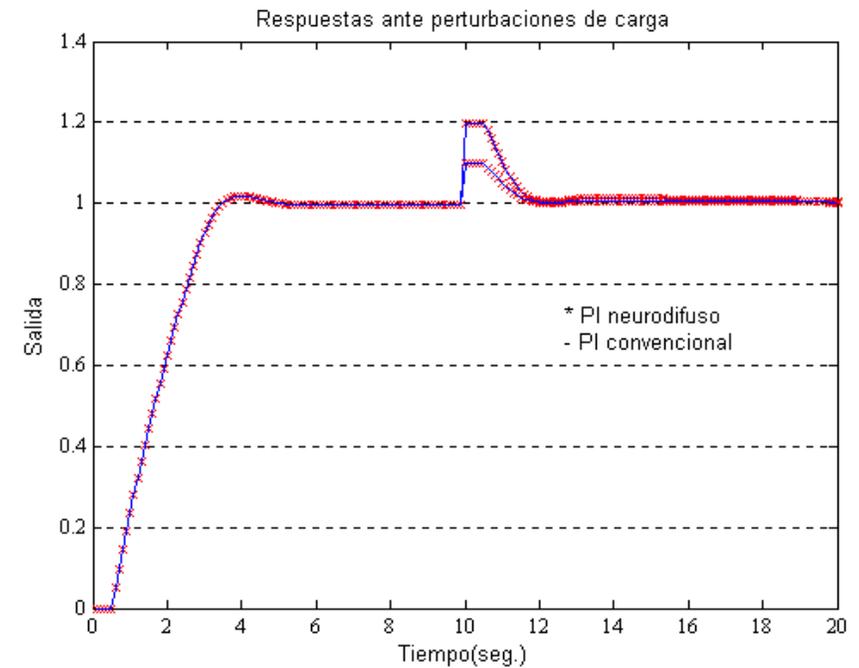


Figura 1.12 Respuesta ante variaciones en el tiempo de retardo.

En cada figura se muestran dos casos de respuesta típicos, con el objeto de ilustrar un conjunto más amplio de casos de prueba, los cuales demuestran la equivalencia del comportamiento del lazo de control usando ambos controladores.

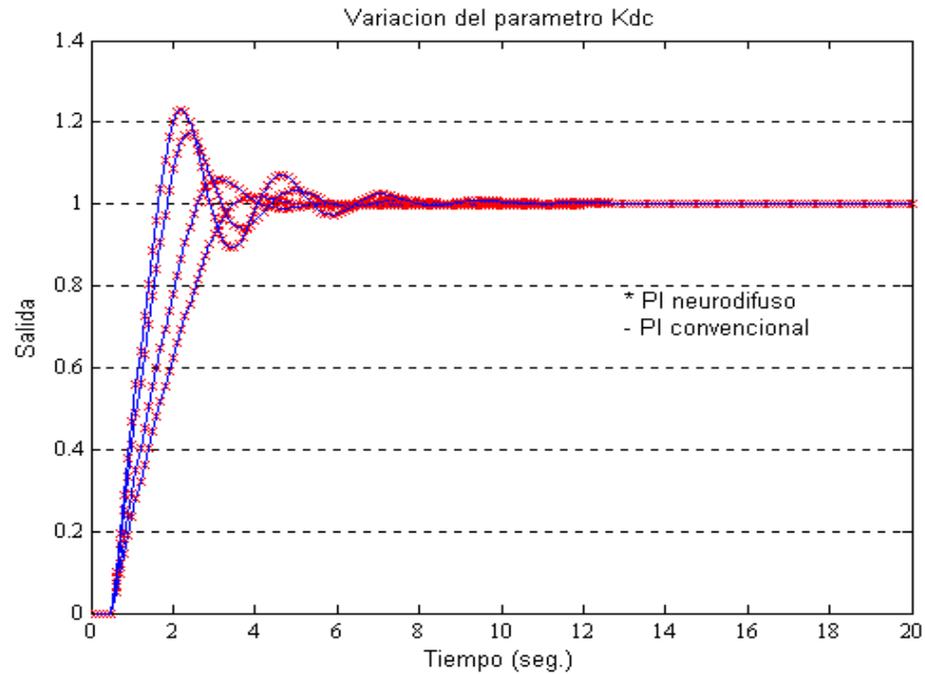


Figura 1.13 Respuesta con ruido en la señal de control.

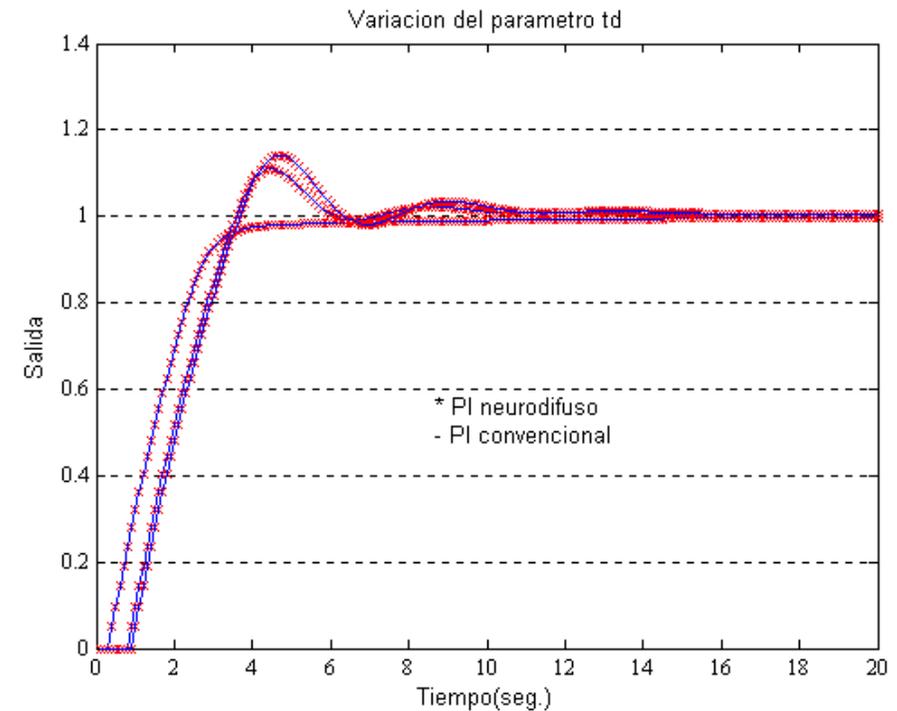


Figura 1.14 Respuesta ante perturbaciones de carga.

Conclusions

En esta primera parte de pruebas se puede concluir que el controlador PI neurodifuso emula la dinámica de un controlador PI convencional en configuración de velocidad. El sistema de inferencia difuso embebido en el controlador es del tipo TSK de primer orden implementa un mapeo $R^2 \rightarrow R$, de la señal de error y su razón de cambio a la diferencial de la señal de control. El diseño del sistema de inferencia difuso se lleva a cabo fuera de línea empleando el método ANFIS con patrones de aprendizaje obtenidos de las entradas y la salida de un controlador PI convencional.

Los resultados obtenidos en las pruebas de análisis de robustez muestran que el controlador PI neurodifuso posee buenas características de desempeño, lo cual demuestra la factibilidad de emplearlo en el mismo tipo de aplicaciones que un controlador PI convencional mediante una sustitución directa. Demostrándose finalmente la factibilidad de utilizarlo en aplicaciones reales cuyos rangos de incertidumbre y variación son mucho menores a los evaluados en este caso de estudio.

Después de la demostración de factibilidad del controlador PI neurodifuso, reportada en esta primera parte de pruebas se tiene planeada su utilización para el control de la velocidad durante el arranque y el control de potencia generada de una unidad turbogás, en donde se tendrá en cuenta la disponibilidad de un gran número de parámetros para mejorar el rendimiento de la unidad bajo índices de desempeño específicos.

References

[1] Benavente, J. C. (2020). Solar Matienzo: estudio sobre la factibilidad y propuesta de instalación de un sistema de generación solar fotovoltaico en la Base Matienzo-Antártico.

[2] Chávez, R. y Delgadillo, M.A. (1990). Modernization of a computer control system in a combined cycle power plant. Proceedings ISA 90. Nueva Orleans, E.E.U.U. Vol. 4, págs. 165-170.

[3] Chávez, R. y Díaz, R. (1993). Upgrading of a computer control system in a combined cycle power plant. Proceedings Power-Gen Americas'93. Dallas, E.E.U.U. Vol. 12-13, págs. 56-62.

[4] Chávez, R. y Gómez, O. (1995). Sistemas de control distribuido en plantas de ciclo combinado. Boletín IIE. Vol. 19, No. 2, págs. 47-51.

[5] Garduño, R. y Sánchez, M. (1995). Control system modernization: turbogás unit case study. Symposium on Control of Power Plants and Power Systems. Cancún, México. Vol. 2, págs. 245-250.

References

[6] García, C.D. (1997). Control Digital de Unidades Turbogás. Tesis de Maestría. Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico. Cuernavaca, México.

[7] García, C.D. y Garduño R. (1997). Gas turbine fuzzy speed control. Proceedings 2nd Joint Mexico-USA International Conference on Neural Networks and Neurocontrol. Sianka'an, México.

[8] Pat, M. y de Lara, S. (1999). Sintonización con redes neuronales de un controlador PID. Aplicación a una unidad tubogás. Información Tecnológica. Vol. 10, No. 6, págs. 25-32.

[9] Ramírez, G.M. (1996). Modernización del Control de Velocidad, Potencia y Temperatura de una Unidad Turbogás. Tesis de Licenciatura. Instituto Politécnico Nacional. D.F, México.

[10] De Lara, S. y Martínez, M.A. (1999). Desarrollo del sistema para la sintonización de controladores difusos usando redes neuronales artificiales. IIE reporte interno. No. 11500INDT (A5)01.03. Cuernavaca, México.

References

[11] Sánchez, M. y Bahamaca L. (1999). Realización de controladores lógicos difusos para el control de procesos en tiempo real: especificación y diseño. Memorias 2o. Encuentro Nacional de Computación. Pachuca, México.

[12] Sánchez, M. y Bahamaca L. (2000). Speed and load fuzzy control for gas turbines. Proceedings 1 st. ISA POWID/EPRI/DOE Joint Controls and Instrumentation Conference. Snt. Antonio U.S.A. Vol. 1, págs. 2180-2185.



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. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/ booklets)