

Control Clasico E Inteligente De Temperatura En Un Prototipo De Invernadero Hidroponico

Classic And Intelligent Temperature Control In A Hydroponic Greenhouse Prototype

Yerson Duvan Angulo ^{1*} 
Universidad de Pamplona

Bayron Steward Maldonado Gómez 
Universidad de Pamplona

Henderson Camilo Acevedo Piraban 
Universidad de Pamplona

María C. Moreno 
Universidad de Pamplona

Aldo Pardo Garcia 
Universidad de Pamplona

© 2021 Universidad de Córdoba. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution License, que permite el uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que el autor original y la fuente se acreditan.

¹ *Universidad de Pamplona, Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Control Inteligente Pamplona, Norte de Santander E-mail: {duvan.angulo, bayron.maldonado, henderson.amilo, maria.moreno6 oscar.suarez, apardo13}@unipamplona.edu.co.*

RESUMEN

El presente artículo tiene como objetivo la creación de un sistema de control de temperatura de un invernadero hidropónico portátil, utilizando la tarjeta NodeMCU como tarjeta de adquisición y tratamiento de datos. Se comparan diferentes métodos de control clásico y control inteligente, se seleccionan los de mejor comportamiento y con ayuda de las redes neuronales serán clonados. Finalmente, todos los pasos realizados nos ayudaran a determinar cuál es el mejor controlador para aplicar en el invernadero hidropónico.

PALABRAS CLAVE: invernadero, hidroponía, control clásico, control inteligente, redes neuronales.

ABSTRACT

The present article aims to create a temperature control system for a portable hydroponic greenhouse, using the NodeMCU card as a data acquisition and processing card. Different methods of classical control and intelligent control are compared, those with the best behavior are selected and with the help of neural networks they will be cloned. Finally, all the steps taken helped us determine which is the best controller to apply in the hydroponic greenhouse.

KEYWORDS: Greenhouse, hydroponics, classic control, intelligent control, RNA.

INTRODUCCIÓN

En países tropicales y subtropicales las temperaturas internas de un invernadero pueden ser excesivas, comprometiendo la viabilidad o posibilidad de desarrollo de los cultivos[2], por ello se propone un prototipo de invernadero hidropónico con un regulador de temperatura, desarrollado con distintas clases de controladores tanto clásicos como inteligentes, también haciendo uso de redes neuronales se evidenciara que implantando inteligencia artificial se puede obtener un buen controlador inteligente que se adapte a zonas con temperaturas elevadas como las que se dan en zonas tropicales.

La temperatura es el parámetro más importante a tener en cuenta en el

manejo del ambiente dentro de un invernadero, ya que es el que más influye en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Normalmente la temperatura óptima para las plantas hortícolas se encuentra entre los 15 y 25 °C. [1].

1. CASO DE ESTUDIO

Se trabajó con un prototipo de invernadero portátil para el cultivo hidropónico de hortalizas (Imagen 1) empleando el método de raíz flotante. Este cuenta con sensores y actuadores que le permiten regular las condiciones ambientales que en él se encuentran, esto con el objetivo de establecer las condiciones óptimas para que los cultivos puedan desarrollarse de la mejor manera. Entre los sensores mencionados anteriormente, se destaca

el sensor DHT11 que permite medir la temperatura, índice de calor y humedad relativa el cual se utilizara para diseñar e implementar diferentes tipos de controles para la variable de temperatura.

A modo complementario, el invernadero cuenta con ventiladores que permiten regular las condiciones de aire dentro del invernadero, así como también cuenta con una pequeña bombilla que es utilizada para proporcionar cierto grado de calor al cultivo en caso de ser requerido. El invernadero cuenta además con un sistema de iluminación artificial e inteligente que garantiza la cantidad y tiempo de exposición al cual serán sometidas las plantas. [3], [4].



imagen 1 Invernadero hidropónico Oasis.

2. CONTROLADORES

2.1. Toma de datos

Para la toma de datos se trabajó con el sensor DHT11, del cual recolectaron los datos durante 25 minutos, para posteriormente calcular la función de transferencia. En la tabla 1 se pueden observar los diferentes valores recolectados durante este proceso.

TIEMPO(MIN)	TEMPERATURA(°C)
0	29,2
1	29,2
2	29,2
3	29,2
4	28,8
5	29,2
6	28,8
7	28,8
8	28,8
9	28,8
10	28,8
11	28,7
12	28,5
13	28,8
14	28,8
15	28,8
16	28,8
17	28,8
18	28,8
19	28,8
20	28,8
21	28,8
22	28,8
23	28,8
24	28,8
25	28,8

Tabla 1 Datos recolectados.

2.2. Función de transferencia

El modelado de la función de transferencia se calculó con la herramienta ident de Matlab. Para el correcto funcionamiento de esta herramienta se dieron la cantidad de polos y ceros (Imagen 2) con los que se deseaba calcular la función de transferencia (ecuación 1).

0.004361

ecuación

1

$$s^2 + 0.1357s + 0.00191$$

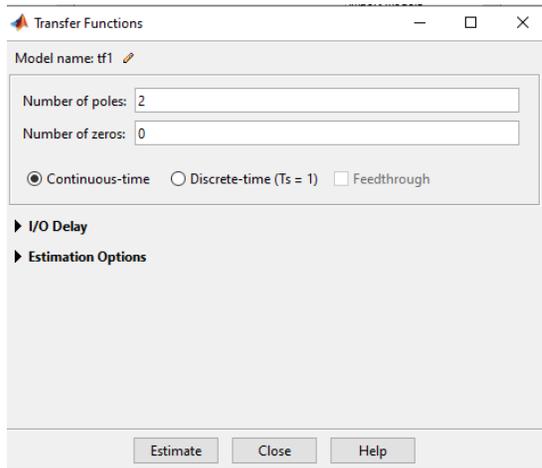


imagen 2 Polos y ceros

	KP	KI	KD
CONTROLADOR P	495	0	0
CONTROLADOR PI	346	.00679	0
CONTROLADOR PID	794	.0151	3.326

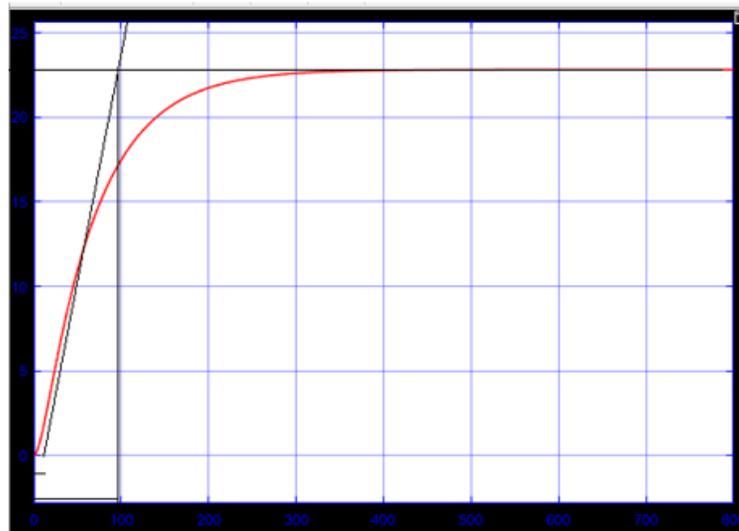
2.3. Controladores Clásicos

Los controladores clásicos utilizados para este artículo fueron el empírico y el pidtune.

2.3.1. método empírico.

Este método se aplicó con ayuda de Paint y mediante aproximación se calcularon los valores para encontrar los diferentes de K_p , K_i y K_d que serán utilizados posteriormente en Simulink para evidenciar las salidas de cada controlador.

Tabla 2 Constantes método empírico.



Gráfica 1 Método de sintonía en lazo abierto

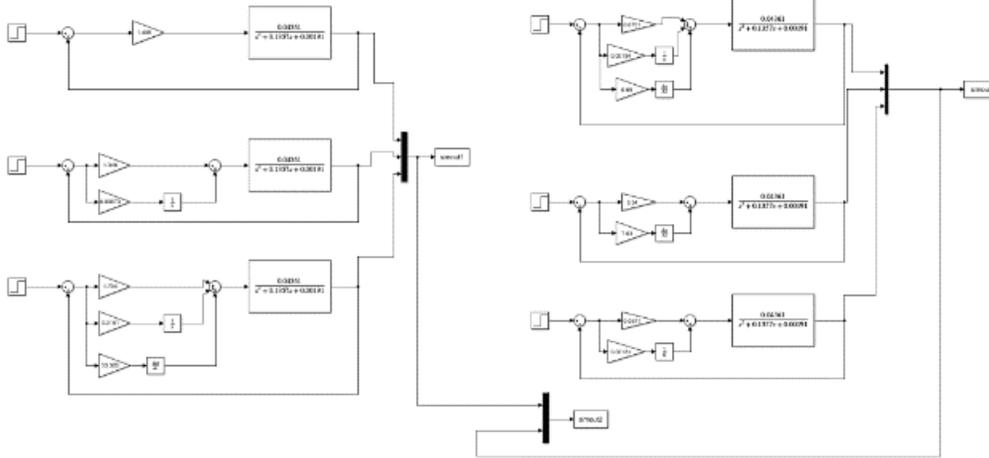
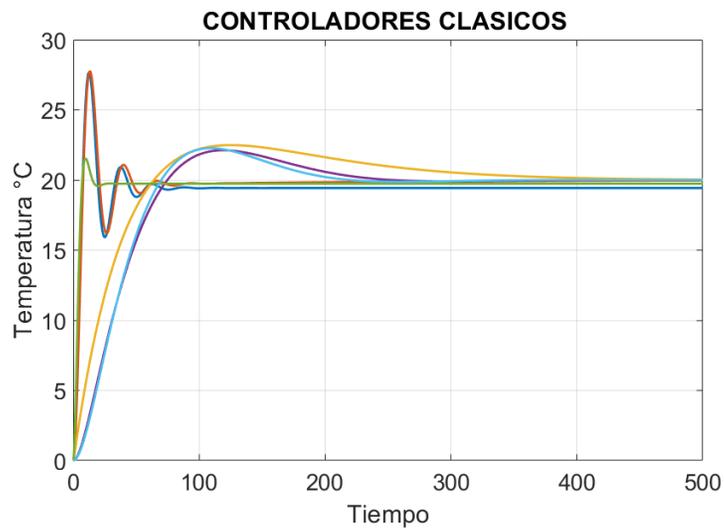


imagen 3 Diseño en Simulink de controladores clásicos



Gráfica 2 salida de controladores clásicos



Gráfica 3 Controladores difusos con variaciones en la entrada y perturbación del controlador

2.4. Controladores Difuso

La lógica difusa es un conjunto de principios matemáticos basados en funciones de membresía o pertenencia, cuya función es modelar información. En este caso para la comparación de los

controladores difusos se trabajó con controladores P, PI y PID (imagen 4)

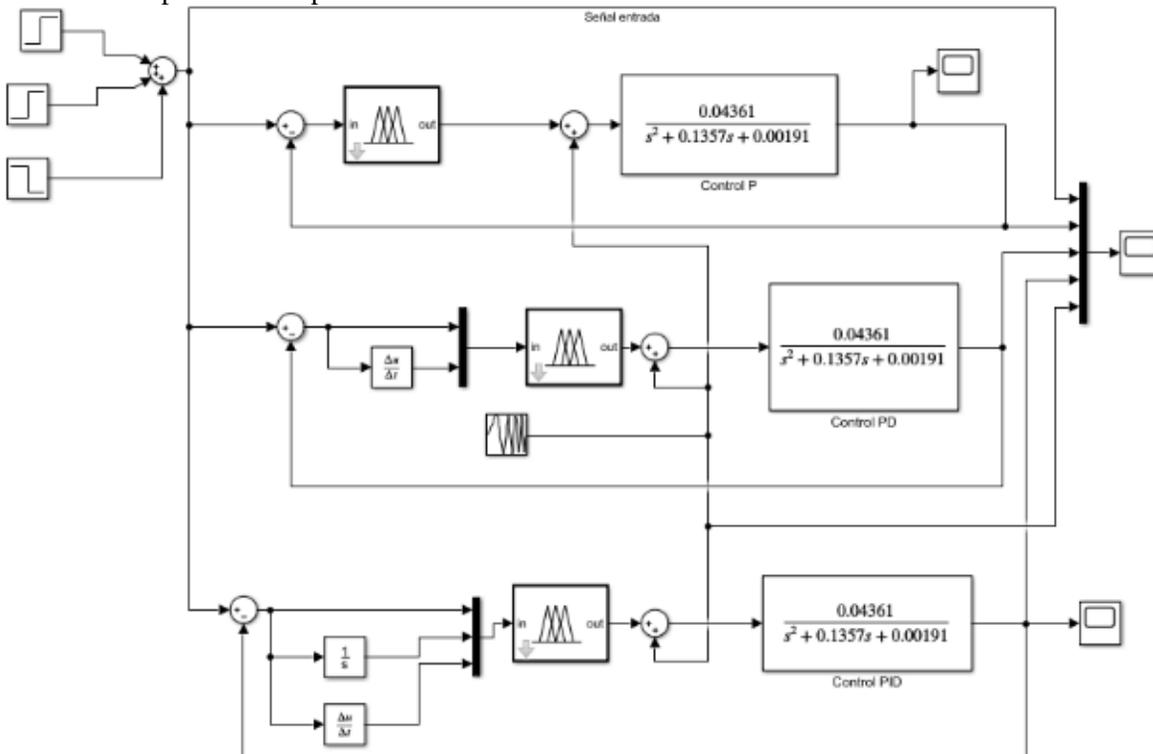


imagen 4 Diseño en Simulink de P, PD y PID

2.5. Selección de controladores

Al momento de hacer la selección de controladores se tuvieron en cuenta diferentes factores, tales como lo son el sobre impulso, estado estacionario, error de estado estacionario, tiempo de subida y tiempo de estabilización. Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado de las gráficas 1 se selecciono el controlado PD obtenido con la herramienta de 'pidtune', por el lado del controlador difuso, también se

tomo el controlador PD como el mejor.

3. RESULTADOS

3.1. Controlador clásico PID con pidtune

Se compararon 6 controladores diferentes entre los cuales se selecciono el PID ya que cumplía con los requisitos de selección.

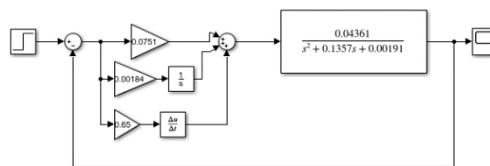
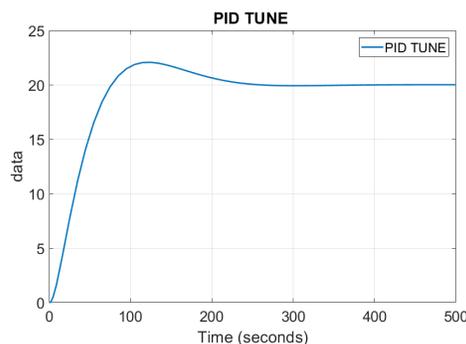


imagen 5 Diseño en Simulink de controlador seleccionado



Gráfica 4 salida de controlador seleccionado

3.2. Controlador difuso PD

El controlador PD comparado con los controladores P y PID tiene un tiempo de estabilización menor y se adapta bien a los diferentes cambios y perturbaciones.

A continuación, se muestran las funciones de membresía utilizadas tanto en la entrada como en la salida, además, las reglas utilizadas durante este proceso y finalmente la grafica de salida del controlador.

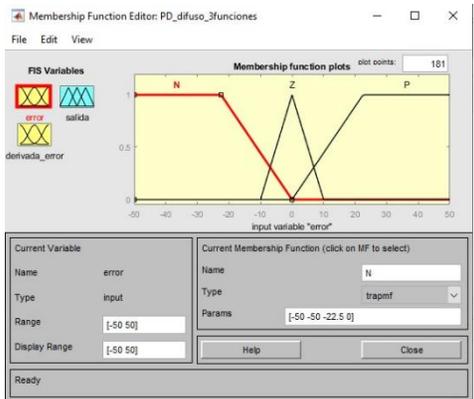


imagen 6 funciones de membresía-error

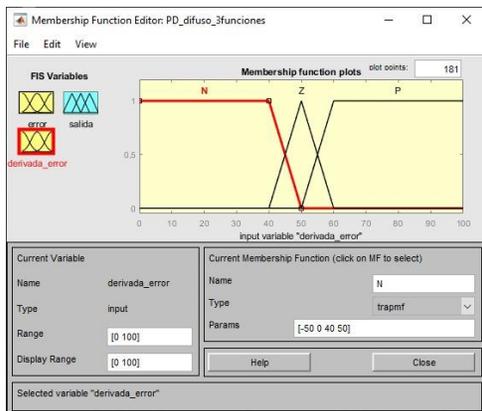


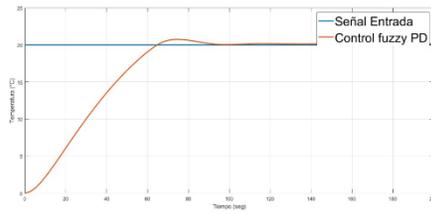
imagen 7 Función de membresía-Derivada del error



imagen 8 Función de membresía-Salida

	I	P
I		P
P		P

Tabla 3 Reglas.



Gráfica 5 salida controlador difuso PD

3.3. Clonación de controladores

Ya teniendo claro los controladores seleccionados para la comparación, se

procede a realizar la clonación de estos con control neuronal [5], [6], [7]. Para este proceso se utilizo redes neuronales y en las cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

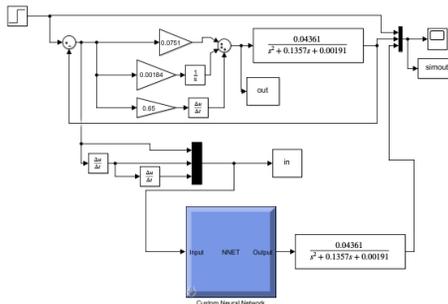
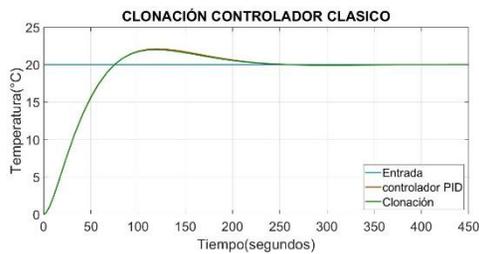


imagen 9 Diseño en Simulink comparación con Red neuronal



Gráfica 6 controlador clásico vs clonación

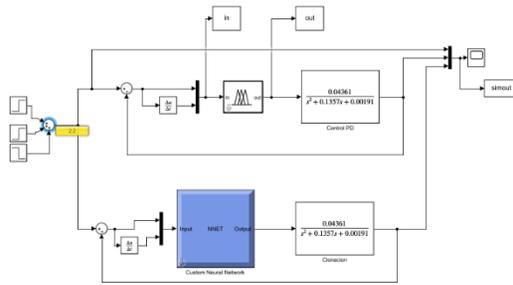
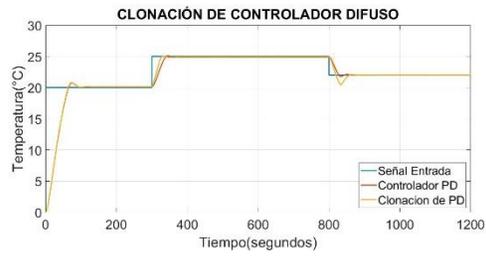


imagen 10 Diseño en Simulink de controlador PD y su clonación



Gráfica 7 Clonación de controlador difuso PD

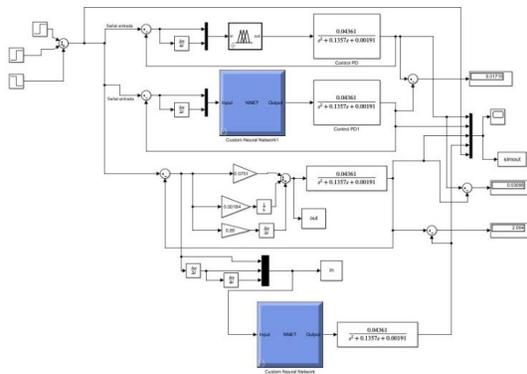
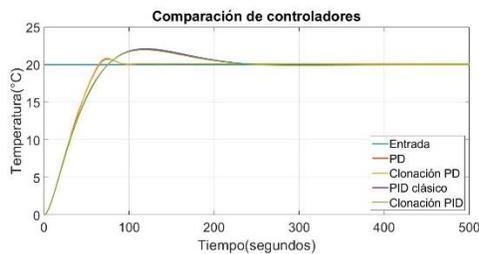
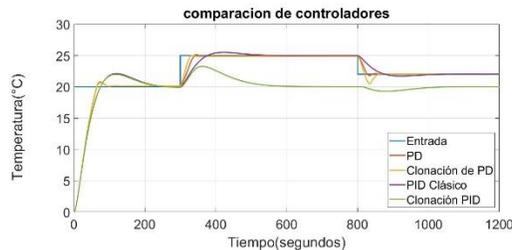


imagen 11 Diseño en Simulink de la comparación de los controladores seleccionados



Gráfica 8 Comparación de controladores



Gráfica 9 Comparación de controladores con variación en la entrada

4. CONCLUSIONES

De la imagen 11 se realiza un sumador/restador del error entre el clásico pid y el inteligente pd el cual da 0.03095 por lo que se puede concluir que el mejor controlador para aplicar es el PD diseñado mediante la lógica difusa.

Haciendo uso de controladores inteligentes se pudo obtener una mejor respuesta tanto en sobre picos y tiempo de respuesta en comparación con los controladores clásicos, siendo los controladores difusos más confiables para el futuro del control en la industria.

En los últimos años el mundo del control industrial ha tenido grandes avances ya sea en el campo de la lógica difusa como en la redes neuronales, lo cual nos ha permitido diseñar cada vez mejores controladores llegando a cada vez a más áreas de aplicación, como en el sector la agroindustria.

REFERENCIAS

[1]. MOHAMMED, Ahmed; ELMISERY, Fathy; MOSTAFA, Ramadan. Motion Control of Robot by using Kinect Sensor. En: Research Journal of Applied Sciences, Engineering and

Technology 8(11), No (sep, 2014); p. 1384-1388

[2]. [Control de la temperatura en invernaderos. (2016). Tomado 9 de julio de 2021, de <https://www.lafertilidaddelatierra.com/que-hay-de-nuevo/en-el-huerto-ecologico/2016-control-de-la-temperatura-en-invernaderos.html>

[3]. SISTEMAS DE RIEGO – INVERNADEROS – BOMBAS SOLARES (2021). Tomado 9 de julio de 2021, de <https://sistemasderiegosv.com/control-de-temperatura-en-invernaderos/> Moreno M., Suarez O. y Pardo a. (2021) Iot-based Automated Greenhouse for Deep Water Culture Hydroponic System, IEEE

[4]. Galarcio, J. D., Buelvas, M., Nisperuza, P., López, J., & Hernandez, H. (2017). Una nueva metaheurística aplicada al problema de ruteo de vehículos capacitados (cvrp) para la distribución de productos perecederos. Ingeniería e Innovación, 5(1).

- [5]. O. Suarez, A. Pardo and E. Sanchez, "Intelligent control for the exciter of a synchronous machine with closed loop voltage," *World Autom. Congr. Proc.*, vol. 2016-Octob, no. July, pp. 1–6, 2016, doi: 10.1109/WAC.2016.7582983.
- [6]. Suarez, O. J., Vega, C. J. ., Sanchez, E. N. ., González Santiago, A. E. ., Rodríguez Jorge, O. ., & Pardo Garcia, A. (2020). Abnormal P53 degradation and apoptosis induction in P53-MDM2 network using pinning control strategy. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 2(32), 1-7. <https://doi.org/10.24054/16927257.v32.n32.2018.101>
- [7]. Rios, Y. Y., García-Rodríguez, J., Sanchez, E. N. ., Alanis, A. Y. ., Ruiz Velázquez, E. ., & Durán Acevedo, C. M. . (2020). Treatment for T1DM patients using neuro-fuzzy inverse optimal control algorithm: a rapid prototyping implementation. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 2(32), 26-33.
- [8]. Vanegas, D., Ramón, A. A. y Lizarazo, A. K. (2017). Comunidad y cultura ambiental. dinámicas de potenciación para un desarrollo sostenible y corresponsable. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo*. ISSN 1900-9178. Volumen (8), Numero (1).
- [9]. W. D. Urango and H. E. Hernández, "Efecto de los decodificadores en la calidad de la solución para un problema de distribución de instalaciones UA-FLP," *Rev. Ing. e Innovación*, vol. 5, pp. 73–80, May. 2017. Disponible en <https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/rii/article/view/1256>
- [10]. [10] Gualdrón Guerrero, O. E. ., Reales Osorio, J. J. ., & Acevedo Gauta, T. L. . (2016). Implementación de una estrategia de control difuso para aumentar la producción de crudo en pozo petrolero. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 1(27), 98-103. <https://doi.org/10.24054/16927257.v27.n27.2016.358>