**APLICACIÓN DE ALGORITMOS GENÉTICOS PARA SINTONIZAR CONTROLADORES PID DE SISTEMAS LINEALES SISO MEDIANTE UN MODELO DE MACHINE LEARNING ENTRENADO CON DATOS OBTENIDOS POR MUESTREO DIGITAL**

# **DEDICATORIA**

# **AGRADECIMIENTO**

# **RESUMEN**

# **ABSTRACT**

# **INTRODUCCIÓN**

## **Realidad problemática**

Es conocida la magnitud de la importancia del control de procesos en ambientes industriales, investigativos y didácticos. Tan es así que, en uno de los casos más difundidos de controladores, como es el controlador Proporcional Integral Derivativo debido a su alto desempeño y facilidad de implementación, se han desarrollado diversos métodos analíticos y experimentales para lograr hallar parámetros que garanticen un comportamiento adecuado del sistema de control. Sin embargo, con el desarrollo de nuevas tecnologías se han abierto múltiples posibilidades para expandir este campo de estudio y abordar la sintonización de controladores desde enfoques distintos a los tradicionales.

Respecto de los métodos modernos, se pueden mencionar el uso de redes neuronales, lógica difusa, algoritmos genéticos, algoritmos de colonia de hormigas, machine learning, etcétera; para funcionar tanto como elementos controladores, así como para optimizar controladores PID que necesitan del modelo matemático o de que el algoritmo funcione sobre la planta en tiempo real. Así también, ciertos métodos se vienen empleando como una alternativa a la identificación de sistemas desde sistemas simples de comportamiento lineal hasta sistemas complejos y caóticos de múltiples variables de comportamiento no lineal.

Entonces se presenta un escenario idóneo para dar soluciones nuevas y optimizadas a la sintonización de controladores, a través de la aplicación conjunta de algoritmos genéticos y machine learning.

## **Formulación del problema**

¿Cómo sintonizar un controlador PID a partir de un conjunto de datos obtenidos por muestreo digital de un sistema lineal SISO aplicando algoritmos genéticos y un método de machine learning?

## **Justificación del estudio**

### **Relevancia Tecnológica**

Las capacidades computacionales de la tecnología actual y el avance de métodos de optimización e identificación de sistemas, presentan un escenario ideal para abordar problemáticas entorno al control de procesos, como es la sintonización de controladores PID, desde nuevos enfoques que integren técnicas que se aplicaban tradicionalmente de forma separada y en otros contextos.

### **Relevancia Institucional**

Resolver problemas de control e identificación de sistemas, son campos todavía en desarrollo, por lo que dar soluciones desde nuevos enfoques como los mencionados en este trabajo, permitirá impulsar la producción científica en la Escuela de Ingenierí Mecatrónica.

### **Relevancia Social**

La integración de técnicas modernas, como las mencionadas en este trabajo, pueden ser un aporte para dar inicio a la exploración de nuevas soluciones a los problemas que los estudiantes o cualquier persona interesada se enfrentan a menudo al tratar desde sistemas lineales de una variable de entrada y una de salida hasta complejos sitemas no lineales de múltiples variables de entrada y de salida.

### **Relevancia Económica**

### Todas las herramientas utilizadas en este trabajo son de uso y distribución libre, por lo que este trabajo permite la apertura a la colaboración y customización que las herramientas como el software privativo no admiten.

### **Relevancia Ambiental**

### El desarrollo de mejores controladores implica optimizar los procesos de control, lo cual, a su vez, está ligado a un ahorro de recursos en las acciones industriales, científicas o didácticas, contribuyendo a la preservación del ambiente.

## **Antecedentes**

## **Objetivos**

### **General**

Aplicar algoritmos genéticos para sintonizar un controlador PID de un sistema lineal SISO mediante un modelo de machine learning entrenado con datos obtenidos por muestreo digital.

### **Específicos**

* Elección de una señal de entrada apropiada para el sistema lineal SISO.
* Obtención de un conjunto adecuado de datos experimentales en tiempo discreto.
* Elección de un método de regresión para abstraer el sistema en un modelo de machine learning y definición de sus restricciones.
* Implementación de un controlador PID discreto sobre el modelo de machine learning y definición de su evaluación de desempeño.
* Sintonización del controlador PID aplicado al modelo de machine learning por medio de algoritmos genéticos.

## **Marco teórico**

## **Marco conceptual**

# **MARCO METODOLÓGICO**

## **Hipótesis**

Es posible aplicar algoritmos genéticos para iterar sobre múltiples valores para parámetros PID que permitan sintonizar un controlador discreto, cuyo desempeño será evaluado en cada iteración sobre la abstracción de un sistema lineal SISO, a través de un modelo de machine learning entrenado con datos obtenidos por muestreo digital.

## **Variables**

### **Variables independientes**

* Señal de entrada.
* Frecuencia de muestreo.
* Cantidad de datos.
* Cifras de la ganancia proporcional.
* Cifras de la ganancia integral.
* Cifras de la ganancia derivativa.
* Resolución digital de la ganancia proporcional.
* Resolución digital de la ganancia integral.
* Resolución digital de la ganancia derivativa.
* Tamaño de la población.
* Probabilidad de recombinación.
* Probabilidad de mutación.
* Número de genes.

### **Variables dependientes**

* Modelo de machine learning
* Ganancia proporcional.
* Ganancia integral.
* Ganancia derivativa.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Variable** | **Definición conceptual** | **Definición operacional** | **Indicadores** | **Escala de medición** |
| Señal de entrada | Señal de excitación sobre la planta de control. | Señal de excitación escogida para estudiar la planta de control | PWM | 0 - 255 |
| Frecuencia de muestreo | Número de muestras por unidad de tiempo que se toman de una [señal continua](https://es.wikipedia.org/wiki/Se%C3%B1al_anal%C3%B3gica) para producir una señal discreta. | Frecuencia de muestreo de las señales de entrada y salida de la planta de control. | Hz | 0 - 50000 |
| Número de muestras | Cantidad de datos obtenidas en un proceso de recolección. | Cantidad de datos obtenidos por el proceso de muestreo digital. | - | 0 – 100 K |
| Cifras de la ganancia proporcional | Cantidad de símbolos o caracteres gráficos que sirven para representar la ganancia proporcional. | Cantidad de dígitos del valor máximo de la ganancia proporcional. | Nº | 0 – 1000 |
| Cifras de la ganancia integral | Cantidad de símbolos o caracteres gráficos que sirven para representar la ganancia integral. | Cantidad de dígitos del valor máximo de la ganancia integral. | Nº | 0 – 1000 |
| Cifras de la ganancia derivativa | Cantidad de símbolos o caracteres gráficos que sirven para representar la ganancia derivativa. | Cantidad de dígitos del valor máximo de la ganancia derivativa. | Nº | 0 – 1000 |
| Resolución de la ganancia proporcional | Longitud de la palabra digital que conforma la ganancia proporcional. | Cantidad de bits de la ganancia proporcional. | Nº | 0 – 100 |
| Resolución de la ganancia integral | Longitud de la palabra digital que conforma la ganancia integral. | Cantidad de bits de la ganancia integral. | Nº | 0 – 100 |
| Resolución de la ganancia derivativa | Longitud de la palabra digital que conforma la ganancia derivativa. | Cantidad de bits de la ganancia derivativa. | Nº | 0 – 100 |
| Población | Conjunto de seres vivos de la misma especie que habitan en un lugar determinado. | Tamaño o número de cromosomas de la población inicial o posteriores. | Nº | 0 – 100 |
| Recombinación | La recombinación de la [reproducción sexual](https://es.wikipedia.org/wiki/Reproducci%C3%B3n_sexual) biológica. | [Operador genético](https://es.wikipedia.org/wiki/Operador_gen%C3%A9tico_(computaci%C3%B3n_evolutiva)) que genera la variación de un [cromosoma](https://es.wikipedia.org/wiki/Cromosoma_(computaci%C3%B3n_evolutiva)) o cromosomas de una generación a la siguiente. | % | 0 – 1 |
| Mutación | Alteración permanente de la [secuencia](https://en.wikipedia.org/wiki/Base_sequence) de [nucleótidos](https://en.wikipedia.org/wiki/Base_sequence) del [genoma](https://en.wikipedia.org/wiki/Genome) de un elemento genético. | [Operador genético](https://en.wikipedia.org/wiki/Genetic_operator) que mantiene [la diversidad genética](https://en.wikipedia.org/wiki/Genetic_diversity) de una generación a la siguiente. | % | 0 – 1 |
| Generaciones | Conjunto de individuos creados en un mismo periodo de tiempo. | Número de generaciones a analizar por el algoritmo genético. | Nº | 0 – 100 |
| Ganancia proporcional | Valor del controlador que puede reducir, pero no eliminar, el error en estado estacionario. | Salida del controlador es proporcional a la señal de error. | Nº | 0 – 1000 |
| Ganancia integral | Valor del controlador que elimina errores estacionarios. | Salida del controlador que es la integral de la señal de error. | Nº | 0 – 1000 |
| Ganancia derivativa | Valor del controlador que anticipa el efecto de la acción proporcional para estabilizar la variable controlada después de cualquier perturbación. | Salida del controlador que es la derivada de la señal de error. | Nº | 0 – 1000 |

## **Metodología**

### **Tipo de estudio**

# Exploratorio

### **Diseño**

# Experimental.

## **Población y muestra**

### **Población**

Sistemas lineales SISO.

### **Muestra**

Control de velocidad de un sistema motor DC – encoder.

### **Método de investigación**

## **Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **Técnicas**

# Revisión de bibliografía especializada para explorar señales de excitación sobre diversos sistemas de control.

# Estudio del comportamiento del sistema de control frente a diversos estímulos.

### **Instrumentos**

# Jupyter Notebook

# Plataforma Arduino

# Actuador

# Sensor

### **Métodos de análisis de datos**

# Pre procesamiento de la señal de salida de la planta de control: aplicación de filtrado digital sobre los datos provenientes del sensor para su posterior procesamiento.

# **DESARROLLO Y RESULTADOS**

# **DISCUCIÓN**

# **CONCLUSIONES**

# **SUGERENCIAS**

# **BIBLIOGRAFÍA**

# **ANEXOS**