Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática.

**PROYECTO**

**FINAL - G8**

Automatización y control de Software

**Estudiantes:**

* Jauregui Diaz, Yajahira Ysabel
* Escudero Principe, Álvaro
* Vasquez Gonzales, Pedro Sebastian
* Sotelo Arce, Jocelyn Estrella
* Collachagua Poma, Airton Wilson
* Victoria Escudero, Raul Antonio

–/11/2024

**Semestre 2024-II**

**Proyecto 1. Control moderno del Péndulo Invertido**

links para la documentacion:  
<https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2020/234238/TFG_LuisGeovannyTrivinoMacias.pdf>

# **Introducción**

# **Marco teórico**

## **Modelado del Péndulo Invertido**

* **Sistema dinámico no lineal:** El péndulo invertido es un sistema que ejemplifica la no linealidad debido a la presencia de términos como senos y cosenos en sus ecuaciones de movimiento. Esto lo convierte en un desafío para estrategias de control, y se utiliza frecuentemente para probar técnicas modernas debido a su naturaleza inherentemente inestable.
* **Ecuaciones de movimiento:** Se derivan mediante dos enfoques principales las Leyes de Newton y el Método de Lagrange

## **Técnicas de Control**

* **Control PID:**

## **a**

# **Analisis y explicacion**

# **Desarrollo de Actividades**

la rayita es un punto y

* 1. ***Deriva la función de transferencia del sistema a partir de las ecuaciones (3) y (4). Calcula las raíces del sistema para determinar su estabilidad inicial sin control.***

Para derivar la función de transferencia, inicialmente vamos a definir la transformada de Laplace, que es la relación entre la salida y la entrada del sistema, bajo condiciones iniciales nulas. Se expresa de la siguiente forma:

Donde:

* (s) : Transformada de Laplace de salida , que es el ángulo de inclinación del péndulo
* : Transformada de Laplace de la entrada , que es la fuerza aplicada al sistema

Las ecuaciones brindadas que son parte del comportamiento del péndulo son:

**(Rotación del Péndulo)**

**(Movimiento lineal del carrito)**

Para derivar la función transferencia, utilizamos la ecuación (3):

Se imponen condiciones iniciales nulas, es decir:  
   
donde la ecuación queda de la siguiente manera:

Despejamos el valor de :

Factorizamos :

Finalmente obtenemos la función de transferencia:

Aplicamos diferencia de cuadrados

Obteniendo las raíces del sistema, que son las siguientes:

Cuando las raíces del sistema tienen una parte real positiva, esto indica que el sistema es inestable sin control, ya que cualquier perturbación inicial crecerá con el tiempo. En este caso, encontramos dos raíces: **una positiva y otra negativa**. La raíz positiva confirma que el sistema, en su estado actual sin control, no puede mantenerse estable por sí solo. Por lo tanto, es necesario implementar un controlador para garantizar su estabilidad y funcionamiento adecuado.

* 1. ***Diseña un controlador PID que permita mantener el péndulo en posición vertical. Simula el comportamiento del sistema con cada tipo de controlador (P, PI, PD y PID). ¿Cómo influyen los parámetros individuales Kp,Ki y Kd en la respuesta del sistema? ¿Qué diferencias observas en el comportamiento del sistema al usar controladores P, PI, PD y PID?***

Variables del Sistema :

* M: Masa del carro
* m: Masa del péndulo
* l: Longitud del péndulo
* g: Aceleración de la gravedad

Función de transferencia ya hallada del Sistema:

Controlador P:

Controlador PI:

Controlador PD:

Controlador PID:

Se implementa un sistema cerrado con retroalimentación. Esto significa que se toma la salida del sistema, se pasa por el controlador, y se retroalimenta al sistema para ajustar su comportamiento.  
El sistema cerrado con retroalimentación para un controlador C(s)C(s)C(s) y una planta G(s)G(s)G(s) se obtiene mediante la fórmula de retroalimentación:

* 1. ***Analiza cómo cambia el desempeño del sistema al integrar los algoritmos genéticos para optimizar los parámetros Kp,Ki y Kd del controlador PID. Compara el desempeño del PID optimizado frente a uno ajustado manualmente, destacando sus ventajas y limitaciones.***
  2. ***Genera gráficos que permitan visualizar las dos leyes de control diseñadas (PID ajustado manualmente y PID optimizado), evaluando el comportamiento del sistema en términos de tiempo de estabilización y sobre impulso.***
     1. ¿Qué tan sensible es el sistema con el controlador PID (manual u optimizado) ante variaciones en las condiciones iniciales, como un ángulo mayor del péndulo o una posición inicial desplazada del carro?
     2. Después de la optimización, ¿qué cambios observas en la curva de error del sistema?
     3. ¿Qué diferencias importantes se identifican en el comportamiento del sistema con el controlador optimizado respecto a los ajustes manuales?

# **Bibliografía**

1. Cañas, D.; Henao, P y Vidales, F. DISEÑO, ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL DE PENDULO INVERTIDO PARA EL LABORATORIO DE P.L.C.
2. Tinoco Romero, R. y Orces, E. *Modelado, Simulación y Control de un Péndulo Invertido usando componentes análogos simples* - California Institute of Technology - USA <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6118/36/CICYT.pdf>

## 