

Péndulo invertido

1st Lautaro Valentin Cabeza 2nd Luca Sturla 3rd Natanael Robaina 4th Juan Pablo Rodriguez
lautarovalentincabeza@impatrq.com lucasturla@impatrq.com, natanaelrobaina@impatrq.com juanpablorodriguez@impatrq.com

5th Mateo Coria Reartes
mateocoriareartes@impatrq.com

Abstract—El proyecto consiste en equilibrar un péndulo en 90° mediante el movimiento de un brazo que está conectado a un motor.

I. INTRODUCCIÓN

Elegimos este proyecto porque consistía principalmente en un sistema de control de una variable, que en este caso era el equilibrio del péndulo. Nos llamó especialmente la atención el sistema de lazo cerrado implementado en el sistema. Durante el proceso de investigación, también descubrimos la aplicación del control PID, lo que nos permitió adentrarnos en este campo.

Originalmente, la idea planteada era levantar el péndulo desde abajo y equilibrarlo. Sin embargo, debido a la complejidad que esto presentaba, nos enfocamos en equilibrar el péndulo desde una posición inicial, que sería la referencia y la posición que queríamos que mantuviera a lo largo del tiempo.

Las principales complicaciones que enfrentamos fueron las imprecisiones en las mediciones del ADC de la Raspberry Pi Pico, ya que, incluso con el péndulo inmóvil, las lecturas fluctuaban significativamente. Durante el desarrollo del código, también nos encontramos con dificultades al implementarlo completamente desde cero y sin valores predefinidos para las constantes del PID. Tuvimos que realizar múltiples pruebas hasta aproximarnos a los valores ideales.

Otras complicaciones que enfrentamos fueron más estructurales. Esto se debió a que las roscas realizadas en las piezas impresas en 3D, con el tiempo, terminaron desgastándose. Como consecuencia, el movimiento del motor no se reflejaba en el brazo, ya que el acoplamiento se deslizaba y perdía efectividad.

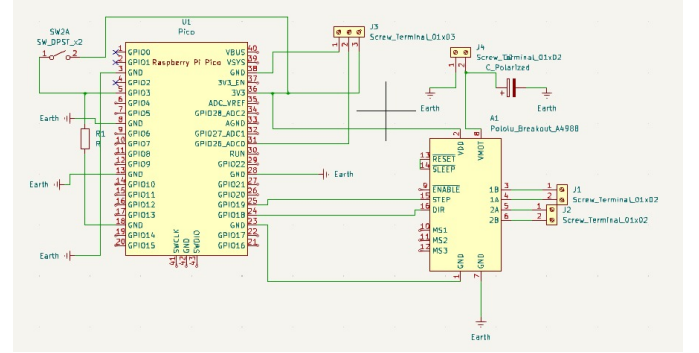
II. DESCRIPCIÓN FUNCIONAL

A. Descripción de circuitos

El circuito se compone principalmente de un potenciómetro multivuelta, que funciona como elemento sensor de ángulo, es multivoltas específicamente para medir la totalidad de la rotación del péndulo.

Utilizamos el driver a4988 para poder darle instrucciones al motor, alimentado con 12V, y le seteamos una VREF de 0,48 para poder limitar la corriente por bobina a 0,6A y así evitar que le llegue más corriente que la debida al motor.

Usamos una fuente STEP-DOWN para poder alimentar el driver, ya que se usó de fuente un cargador de notebook.



estar en el mismo lugar. Y con el fin de que el motor no siga girando cuando el pendulo se cae, se implemento un rango de deteccion de caidas, en el que en el caso de estar dentro de ese rango, se detendra todo y se esperara a que se setee una nueva referencia.

No se implemento un promedio de mediciones del ADC ya que aunque mejoraria las mediciones, es mas dificultoso balancear un pendulo que en las que se toma en cuenta mediciones pasadas y no las mas presentes. Figura 3

III. ALCANCE LOGRADO

Logramos unos segundos de estabilidad, que podían extenderse un poco más con la ayuda de topes. Sin embargo, debido a las problemáticas mencionadas anteriormente, no conseguimos que el sistema fuera constante ni que pudiera corregir los errores introducidos al mover el péndulo manualmente. Quizás nos acercamos a los valores óptimos del PID para el péndulo, pero definitivamente no eran exactos.

El control PID logró estabilizar el péndulo durante breves períodos, pero el sistema no fue capaz de mantener la estabilidad durante tiempos prolongados. La imprecisión en las lecturas del sensor y el desgaste de las piezas impresas fueron factores que contribuyeron a la inestabilidad.

IV. CONCLUSIONES

En definitiva, a lo largo del trayecto adquirimos una gran variedad de conocimientos, pero, al reflexionar retrospectivamente, identificamos aspectos que podríamos haber mejorado. Para empezar, podríamos haber incorporado más elementos matemáticos para guiarnos mejor al estructurar el sistema. Además, habría sido útil incluir una referencia externa con un regulador para la Raspberry Pi Pico, lo que nos habría permitido obtener mediciones más precisas del ángulo.

Otro error que cometimos fue en la elección del péndulo. Hubiera sido más conveniente utilizar un diseño en el que el peso se concentrara en la punta, mientras que el resto fuera liviano y uniforme, como una varilla con un peso en un extremo. Esto habría facilitado el control y mejorado el desempeño del sistema en general.

Finalmente, a pesar de las dificultades, el proyecto nos permitió aprender acerca de la importancia de los sistemas de control, la implementación de algoritmos PID y el manejo de sensores, lo que representa una valiosa experiencia en ingeniería.

V. ANEXOS

A. PCB

Figura 4

B. Github

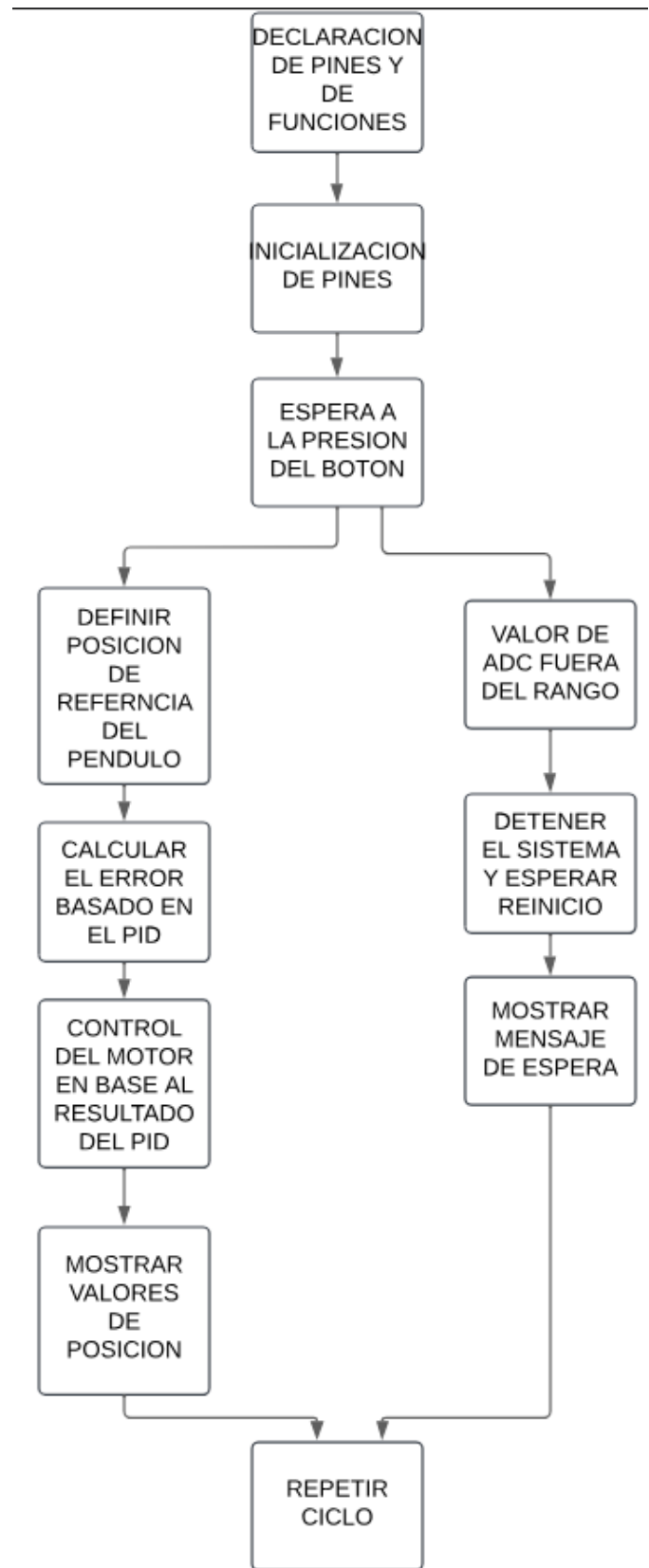


Fig. 3. DIAGRAMA DE CODIGO

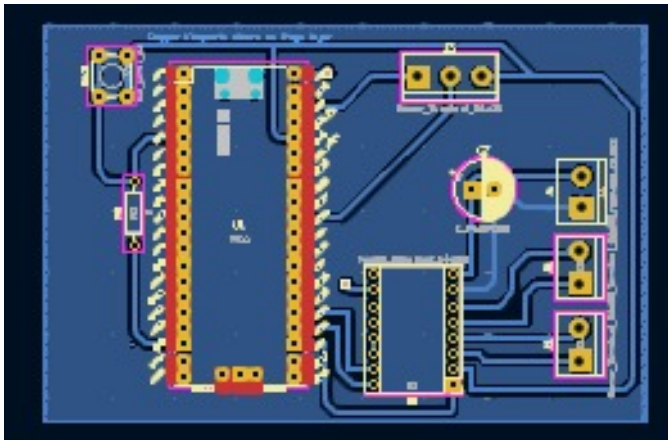


Fig. 4. PCB