



**UNIVERSIDAD  
DE GRANADA**

---

Facultad de Ciencias

GRADO EN INGENIERÍA  
ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE GRADO  
**CONTROL DE UN  
SISTEMA EN EQUILIBRIO  
CON RUEDA DE  
REACCIÓN**

Presentado por:

**D. Alejandro Fajardo Martín**

Tutor:

**Prof. Dr. Gonzalo Olivares Ruiz**

Curso académico 2021/2022



# UNIVERSIDAD DE GRANADA

## GRADO EN INGENIERIA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

CONTROL DE UN SISTEMA EN EQUILIBRIO CON RUEDA DE REACCIÓN

Autor: Alejandro Fajardo Martín

Director: D. Gonzalo Olivares Ruiz

Departamento: Ingeniería de Computadores, Automática y Robótica

**Palabras clave:** Matlab, Simulink, Arduino, Péndulo invertido, LQR, LQI, PID, Modelado, Encoder, IMU, Kalman

**Resumen:** Este proyecto consiste en el diseño y montaje de un péndulo invertido con rueda de reacción, así como de la programación y aplicación de controladores PID, LQR y LQI al sistema para ver su comportamiento y compararlos. Para el diseño de algunas de las piezas se utilizará el software SketchUP, para su posterior impresión en 3D. Para el desarrollo de los controladores se utilizará Matlab y Simulink, con el objetivo de mantener el péndulo en posición vertical.



# UNIVERSIDAD DE GRANADA

## INDUSTRIAL ELECTRONIC ENGINEERING DEGREE

CONTROL OF A SYSTEM IN EQUILIBRIUM WITH REACTION WHEEL

Author: Alejandro Fajardo Martín

Director: D. Gonzalo Olivares Ruiz

Department: Computer Engineering, Automation and Robotics

**Key Words:** Matlab, Simulink, Arduino, Inverted pendulum, LQR, LQI, PID, Modeling, Encoder, IMU, Kalman

**Abstract:** This project consists of the design and assembly of an inverted pendulum with a reaction wheel, as well as the programming and application of PID, LQR and LQI controllers to the system to study their behavior and compare them. SketchUP software will be used for the design of some of the pieces, for subsequent 3D printing. For the development of the controllers, Matlab and Simulink will be used, with the aim of keeping the pendulum in a vertical position.