

Informe de Práctica Profesional Supervisada



Institución: UNLZ-FI

Tutor Institucional: Cristian Lukaszewicz

Tutor académico: Cristian Lukaszewicz

Cargo institucional: Docente, materia: Proyecto final en ing. mecatrónica

DNI: 37.936.857

Firma del Tutor Institucional

Informe de Práctica Profesional Supervisada	pág. 4
Lugar donde he realizado la PPS	pág. 4
Descripción General del Sistema	pág. 4
Desarrollo del Robot SCARA	pág. 5
Cinemática Implementada	pág. 5
Control del Robot	pág. 6
Gripper Adaptativo	pág. 6
Control de Encoder de Cuadratura en el N20	pág. 7
Algoritmos y Programación	pág. 8
Proceso de Inspección Completo	pág. 8
Resultados	pág. 8
Conclusión	pág. 9

Reservado a la facultad para evaluación

Informe de Proyecto Final - Automatización e Inspección con Robot SCARA

Introducción

El presente proyecto consiste en el desarrollo de un sistema mecatrónico para la inspección automatizada de engranajes utilizando visión artificial, sumado a un robot SCARA que permite retirar piezas defectuosas. El sistema integra el control de motores con encoder, motores paso a paso, servo motores y modelos de inteligencia artificial para la inspección visual.

Lugar donde he realizado la PPS

Realicé mi Práctica Profesional Supervisada en mi domicilio, donde conté con los recursos y herramientas necesarias para llevar adelante el proyecto de manera integral. Durante el desarrollo, recibí el acompañamiento y asesoramiento de los docentes Cristian Lukaszewicz y Ezequiel Blanca, quienes me brindaron asistencia en temas relacionados con la inteligencia artificial, la electrónica y el control de sistemas mecatrónicos.

Particularmente, me facilitaron el uso de la herramienta Teachable Machine, que permitió agilizar y simplificar el entrenamiento del modelo de visión artificial necesario para la detección de defectos en engranajes.

A lo largo de todo el proyecto, pude aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera, combinando programación, control de motores, robótica y visión por computadora, consolidando así la formación teórica con la práctica en un entorno real de desarrollo.

Descripción General del Sistema

El sistema se compone de tres módulos principales:

1. Módulo de Inspección:

- Un motor DC N20 con encoder de cuadratura posiciona la cámara en un ángulo adecuado.
- Un motor paso a paso realiza la rotación de 360° del engranaje para la inspección completa.
- Un servomotor acciona una compuerta que abre el box de fotos, creando un entorno de iluminación controlado para la captura de imágenes durante la inspección.

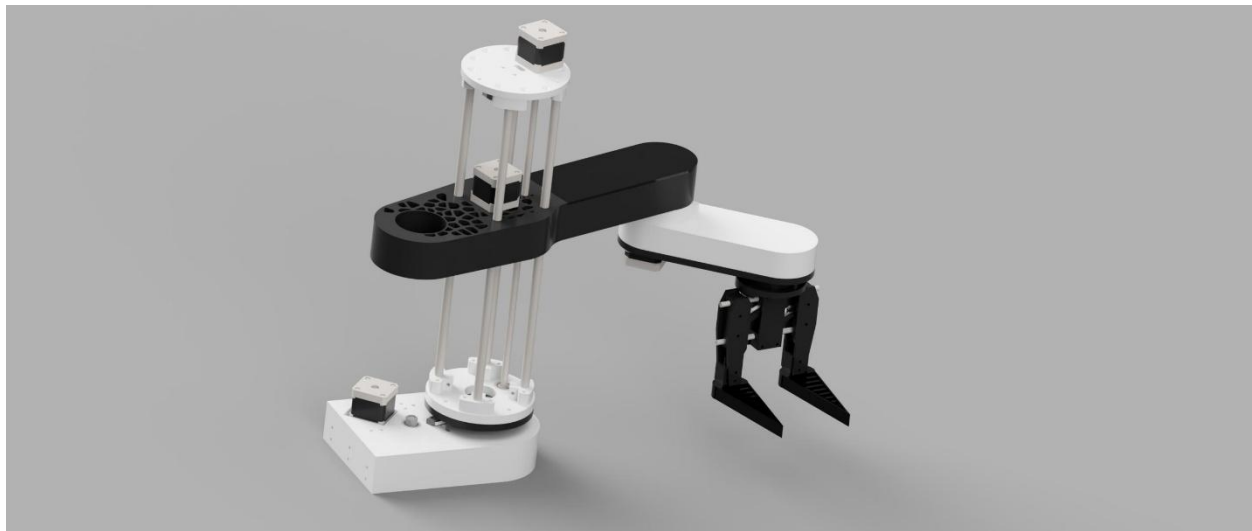
2. Módulo de Visión Artificial:

- Implementado con un modelo YOLOv8 entrenado específicamente para la detección de engranajes y defectos.
- La inspección se realiza con una cámara montada en la plataforma móvil.

3. Módulo de Manipulación con Robot SCARA:

- El robot SCARA ejecuta la extracción del engranaje defectuoso tras la detección automática.
- El robot está basado en el diseño de HowToMechatronics, adaptado con posiciones programadas para la extracción.

Desarrollo del Robot SCARA



Cinemática Implementada

Se utilizó la **cinemática directa e inversa** del robot SCARA para determinar las posiciones cartesianas y articulares necesarias para el movimiento:

- **Eslabón 1:** Longitud $L_1 = 228$ mm.
- **Eslabón 2:** Longitud $L_2 = 136.5$ mm.

La posición del extremo (x, y) se calcula mediante:

$$\theta_2 = \cos^{-1} \left(\frac{x^2 + y^2 - L_1^2 - L_2^2}{2L_1L_2} \right)$$

$$\theta_1 = \tan^{-1} \left(\frac{y}{x} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{L_2 \sin(\theta_2)}{L_1 + L_2 \cos(\theta_2)} \right)$$

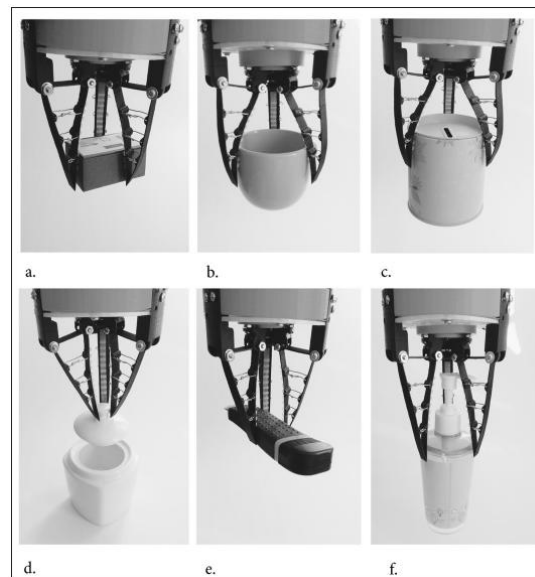
El SCARA ejecuta las trayectorias a partir de estos cálculos, aunque para esta aplicación se programaron posiciones fijas según la rutina de extracción.

Control del Robot

- **Motores paso a paso:** Controlados mediante la librería **AccelStepper**.
- **Servo motor:** Control del gripper para la toma de la pieza.
- **Finales de carrera:** Permiten la ejecución de un homing seguro al iniciar el sistema.

Gripper Adaptativo

El SCARA incorpora un gripper adaptativo inspirado en el diseño propuesto en el artículo “Diseño y evaluación de una pinza robótica adaptativa para la manipulación de objetos con geometría desconocida” publicado en la revista Ingeniería y Desarrollo. Este tipo de gripper presenta una estructura flexible que se adapta automáticamente a diferentes geometrías de piezas.



Gripper Adaptativo estructura FinRay®

Ventajas: - Permite manipular engranajes de diferentes tamaños y formas (cilíndricos, cónicos, etc.). - Mejora la seguridad de agarre sin necesidad de reconfigurar el gripper. - Reduce el riesgo de dañar la pieza.

En el contexto de este proyecto, donde los engranajes inspeccionados pueden variar en diseño, el uso de un gripper adaptativo garantiza una manipulación eficiente y precisa.

Control de Encoder de Cuadratura en el N20

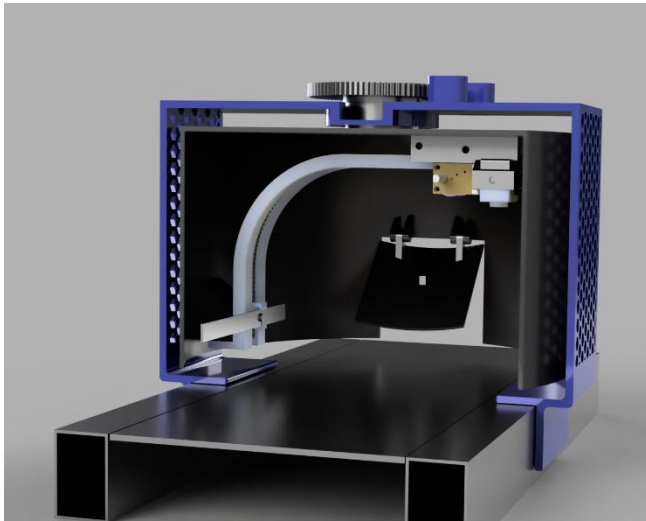
El motor N20 posee un encoder de cuadratura con **8400 pulsos por vuelta en el eje motor**. El control implementado cuenta pulsos mediante interrupciones para determinar el avance angular del motor.

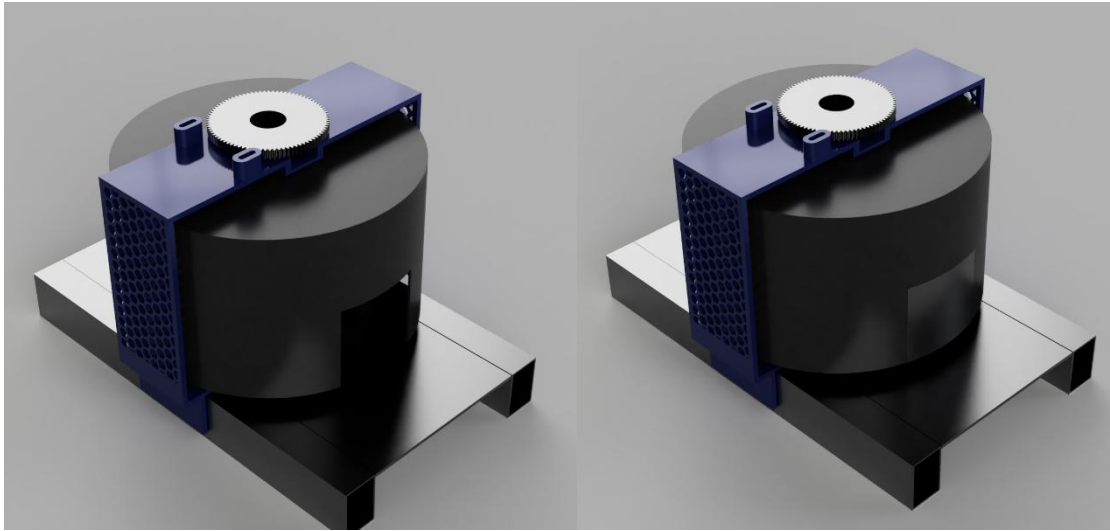
Cálculo de pasos por grado:

$$\text{Pasos por grado} = \frac{8400}{360} \approx 23.33$$

Se programó el sistema para que el motor avance una cantidad determinada de grados, verificando los pulsos del encoder hasta alcanzar el objetivo.

Este control asegura movimientos precisos en la orientación de la cámara durante la inspección.





Algoritmos y Programación

- **Python:** Control general del sistema, integración de la inspección con YOLOv8 y el SCARA.
- **ESP32:** Control de la cinta transportadora, motores del módulo de inspección, lectura del encoder.
- **Arduino SCARA:** Control exclusivo del robot SCARA, con rutinas de homing y recorrido almacenado.

Proceso de Inspección Completo

1. La cinta avanza un engranaje.
2. Se detiene la cinta y se ejecuta la inspección automática.
3. Si se detecta un defecto, el ESP32 cancela la inspección, vuelve a la posición inicial y reactiva la cinta.
4. El usuario detiene la cinta, y el SCARA ejecuta la rutina para retirar el engranaje defectuoso.
5. Si no se detecta defecto, la cinta continúa automáticamente.

Resultados

- Inspección efectiva con visión artificial.
- Extracción exitosa de piezas defectuosas con el SCARA.
- Sistema modular y ampliable para futuras mejoras.

Conclusión

Este proyecto me permitió integrar diferentes áreas que fui aprendiendo durante la carrera, como el control de motores, la programación en Python, la robótica y la visión artificial. Logré desarrollar un sistema que automatiza la inspección y clasificación de engranajes, algo que puede aplicarse en la industria para mejorar los procesos de control de calidad.

La implementación del modelo de visión artificial con YOLOv8 fue clave para poder detectar defectos con buena precisión. También fue importante el control del motor N20 con el encoder de cuadratura, que sirvió para posicionar la cámara en distintos ángulos. El motor paso a paso permitió girar el engranaje para inspeccionarlo en 360 grados, algo fundamental para que la inspección sea completa.

Además, el robot SCARA para retirar los engranajes defectuosos una vez detectados cumplió las necesidades. Gracias al gripper adaptativo, el robot pudo manipular engranajes de diferentes formas sin problemas.

En definitiva, el sistema funciona de forma coordinada entre todos sus componentes y permite inspeccionar piezas de forma automática, lo que facilita y agiliza el proceso. Además, al ser modular, se puede seguir mejorando o adaptando para otras piezas o aplicaciones en el futuro.