

# Trabajo Integrador (Preliminar)

Facultad de Ingeniería - UNaM

## Condición de aprobación

Se aprueba con una puntuación mayor o igual a 7 (siete).

## Introducción y contexto

El presente proyecto consiste en la integración de un manipulador robótico impreso en 3D con un sistema de visión artificial. El objetivo es simular una celda de manufactura automatizada donde el robot debe:

1. Detectar la presencia de una pieza (caja) en el espacio de trabajo.
2. Realizar el agarre (pick) de forma precisa.
3. Trasladar y depositar la pieza (place) dentro de un contenedor de mayor tamaño, simulando el final de una línea de producción.

El robot debe ser comandado por protocolo RS\_485. El texto a enviar al robot es: "b0\_X\_b1\_X\_b2\_X\_g\_X". Donde X representa un valor de angulos entre -90 y 50. Siendo el comando "b0\_0\_b1\_0\_b2\_0\_g\_0", el comando para llevar el robot al punto base. El significado del codigo es:

- b0: base
- b1: brazo 1
- b2: brazo 2
- g: garra

## Objetivos Generales

- Desarrollar un sistema robótico autónomo capaz de realizar tareas de clasificación y transporte mediante visión artificial.
- Implementar algoritmos de localización espacial y control de movimiento en tiempo real.

# Objetivos de aprendizaje

- Dominar los fundamentos de la cinemática de robots.
- Aplicar técnicas esenciales de visión artificial para la detección de objetos.
- Integrar hardware y software mediante el ecosistema ROS2 y programación avanzada.

# Requisitos del Proyecto

## 1. Memoria de Cálculo (3.5 puntos)

Se deberá incluir un informe técnico que contenga:

- **Descripción del Hardware:** Análisis del robot (componentes, geometría, grados de libertad y restricciones físicas).
- **Sistemas de Referencia:** Definición clara de las ternas de coordenadas asignadas al robot.
- **Modelado Matemático:** Obtención de la tabla de parámetros de Denavit-Hartenberg (D-H) de forma genérica.
- **Análisis de Posición:** Cálculo de las coordenadas de la herramienta (TCP) utilizando D-H, cuaterniones y ángulos de Euler para:
  - Posición de Home/Base.
  - Posición de Captura (agarre de la primera caja).
  - Posición de Depósito (descarga en la caja destino).
- **Análisis Cinemático Diferencial (Jacobiano):**
  - Obtención de la matriz Jacobiana geométrica del robot para las configuraciones anteriores.
  - Análisis de singularidades: identificación de configuraciones críticas donde el robot pierde grados de libertad.
  - Relación entre velocidades articulares y velocidades del TCP en el espacio cartesiano.
- **Análisis de Cinemática Inversa:** Desarrollo de las ecuaciones necesarias para transformar las coordenadas espaciales  $(x, y, z)$  en ángulos de articulación para los puntos Home, Captura y Depósito.
  - Método geométrico.

- Método numérico.
- **Análisis Dinámico:** Calcular el torque necesario para mover el robot en las posiciones Home, Captura y Depósito.
  - Considerar una carga de 10 g.
  - Suponer que el robot está construido en PLA.
  - Aceleración de los servomotores:  $\alpha \approx 122 \text{ rad/s}^2$ .
  - Velocidad máxima:  $350^\circ/\text{s}$ .

## 2. Reconocimiento de Imágenes (3 puntos)

El sistema de visión deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- Detectar una caja de color natural (marrón) de aproximadamente  $70 \text{ mm} \times 70 \text{ mm} \times 70 \text{ mm}$ . Otros objetos deben ser ignorados.
- Determinar correctamente el centro geométrico de la caja detectada.
- Calcular las coordenadas espaciales del centro geométrico.

## 3. Control de Movimiento y Simulación de Robots (3.5 puntos)

Las simulaciones en este ítem deberán ser presentadas en un documento separado, realizar el informe conteniendo los siguientes tópicos abajo mencionados.

### 3.1. Simulación en ambiente ROS / Gazebo (1.5 puntos)

Este ítem, puede ser desarrollado en forma grupal, pero cada alumno deberá presentar el informe correspondiente por separado.

Se pretende que sea importado un robot industrial (Ej. UR, KUKA, etc.) en un ambiente ROS/RViz. Una vez con el modelo funcional en ambiente Gazebo, el robot tendrá que cumplir con los siguientes ítems:

- **Software de Control:** El robot será accionado mediante un programa desarrollado en Python o C++, y actuado mediante un nodo para esta finalidad.
- **Cálculo Cinemático:** El programa debe calcular las posiciones articulares a partir de las configuraciones de las articulaciones;
- **Arquitectura:** El robot debe ser simulado en ambiente Gazebo/RViz, realizando la operación de pick-and-place de un pequeño objeto, tal como un cilindro o una pequeña caja. El manipulador deberá tomar el objeto en un lado del robot, y transportarlo en otra posición del área de trabajo.

## Entregables del Ítem 3

Para la evaluación, se debe subir al aula virtual:

1. Archivo de simulación.
2. Video demostrativo (máximo 10 segundos).
3. Informe técnico (máx. 3 páginas) detallando la implementación del robots, movimientos, dificultades encontradas y capturas de pantalla, con la finalidad de que el experimento sea reproducible.

## Entrega

Se deberá entregar:

- Archivo compilado del programa.
- Código fuente completo, correctamente comentado.
- Memoria técnica con desarrollo de cálculos y fotos.

El trabajo deberá defenderse mediante:

- Exposición oral.
- Demostración del funcionamiento del sistema.

### 3.2. Utilizando la herramienta RoboDK (2 puntos)

Este ítem deberá ser resuelto en forma individual.

Realizar la simulación de paletización y despaletización, utilizando dos robots y una cinta transportadora para organizar cajas y productos sobre pallets de manera automática. Para este ejercicio, cada alumno deberá desarrollar una estación robotizada en RoboDK, simulando un sistema de transporte por cinta y manipulación automática de cajas.

- **Configuración de Robots:** Cada alumno debe utilizar dos robots. Uno de ellos debe ser de una marca diferente a la utilizada por sus compañeros (ej. si el alumno 1 usa UR y ABB, el alumno 2 puede usar ABB y KUKA). Las marcas sugeridas incluyen Universal Robot (UR), ABB, KUKA, FANUC, Epson, o alguna marca que desean.
- **Herramientas:** La elección de la herramienta o garra, queda a criterio del alumno proyectista .

- **Requerimientos de la Estación:** La celda debe contar con al menos: 1 cinta transportadora, 1 pallet de entrada, 1 pallet de salida, 2 robots industriales y cajas de embalaje.
- **Operativa del Ciclo:**
  - **Despaletización:** Retirar cajas del pallet inicial y colocarlas sobre la cinta.
  - **Paletización:** Retirar cajas de la cinta y organizarlas en el pallet final.
  - **Configuración del Pallet:** Mosaico de  $2 \times 2$  por nivel, con 2 niveles de altura (total mínimo de 8 cajas).
  - La figura 1 muestra un diagrama del proceso a ser simulado.

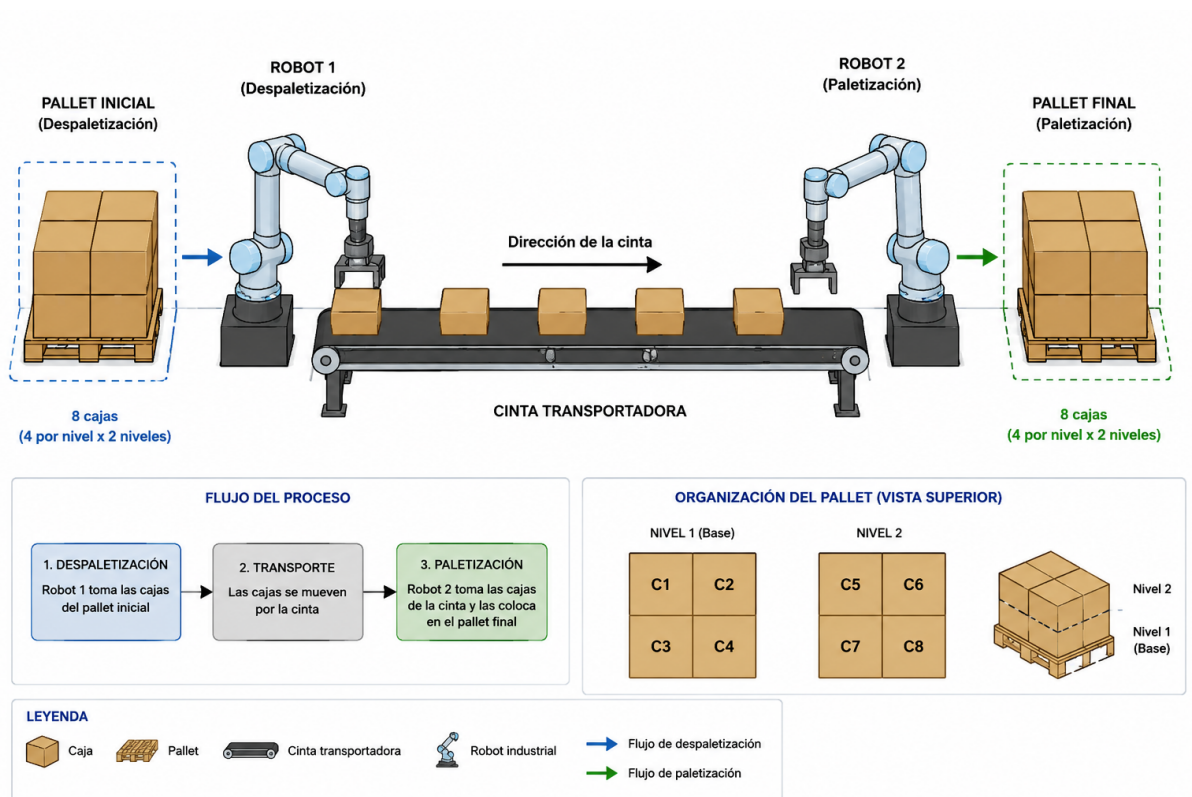


Figura 1: Diagrama esquemático de la célula de paletización y despaletización.

- Para la entrega de este ejercicio, el alumno deberá presentar la simulación en funcionamiento, y además subir al archivo del aula virtual, las siguientes informaciones:
  - 1 archivo de simulación .rdk con la simulación;
  - Un pequeño video de demostración (máximo 10s);
  - Pequeño informe de hasta 3 páginas, conteniendo: robots utilizados, descripción de los movimientos de manipulación; mayores dificultades encontradas, sugerencias de simulación para futuros alumnos; capturas de pantallas representativas.

El ejercicio deberá contempla contener por lo menos una estación con: 1 cinta transportadora; 1 pallet de entrada; pallet de salida; 2 robots industrial con herramienta de agarre, y; cajas de embalaje, tal como mostrado en la Figura 1.

*Facultad de Ingeniería - UNaM*  
Juan Manuel de Rosas 325  
Oberá, Misiones, Argentina  
<http://www.fio.unam.edu.ar/>