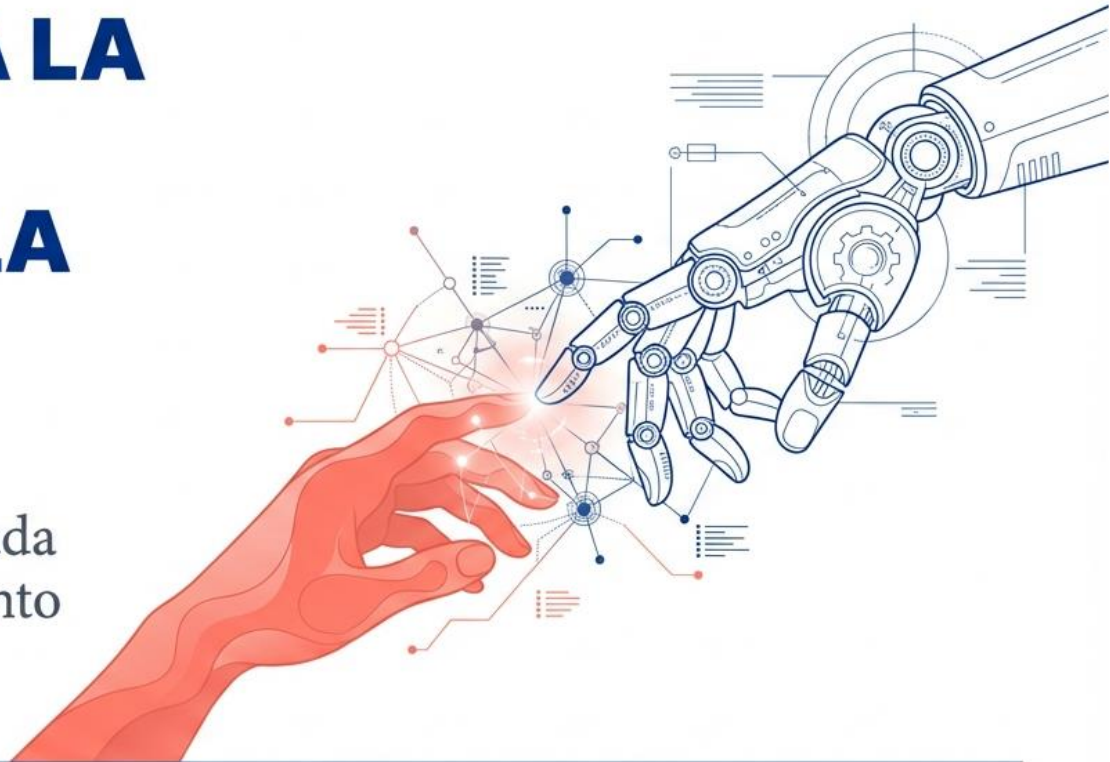


ROBÓTICA PARA LA DEPENDENCIA CONECTADA A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Proyecto de Innovación Aplicada
y Transferencia de Conocimiento
en la Formación Profesional



Financiado por
la Unión Europea –
NextGenerationEU

Plan de Recuperación,
Transformación y Resiliencia



Ministerio
de Educación
y Formación Profesional

PARTICIPANTES:

Centro coordinador :

Empresa colaboradora :



IES Pedro Jiménez Montoya, Baza



UNIVERSAL ROBOTS

Otros centros participantes :



IESM Anna Gironella de Mundet



IES 9 D'Octubre CARLET



**Financiado por
la Unión Europea –
NextGenerationEU**

**Plan de Recuperación,
Transformación y Resiliencia**



**Ministerio
de Educación
y Formación Profesional**



Potenciando la autonomía humana a través de la robótica y la inteligencia artificial

Un sistema robótico asistencial diseñado para mejorar la calidad de vida de personas con **movilidad reducida**, permitiendo un **control intuitivo** y **autónomo mediante la voz**.



Financiado por
la Unión Europea –
NextGenerationEU

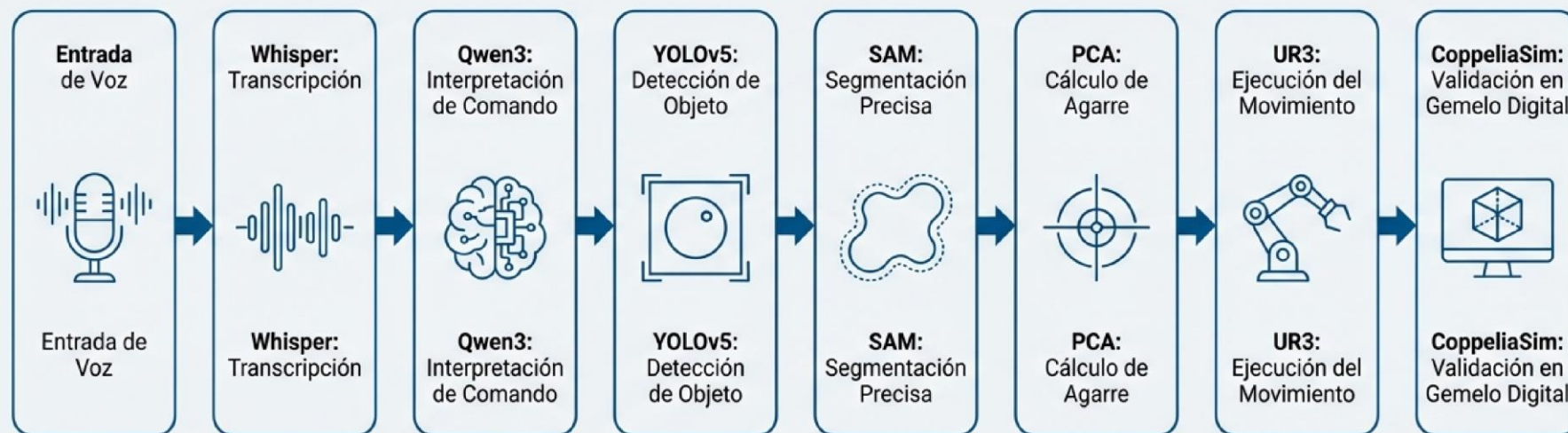
Plan de Recuperación,
Transformación y Resiliencia



Ministerio
de Educación
y Formación Profesional

La arquitectura del sistema: un pipeline integrado desde la voz hasta la acción.

El sistema funciona como un flujo de procesamiento modular donde cada componente cumple una función específica, transformando una instrucción de voz en un movimiento robótico preciso. Adoptamos una estrategia de “divide y vencerás” para abordar cada desafío técnico de forma independiente.



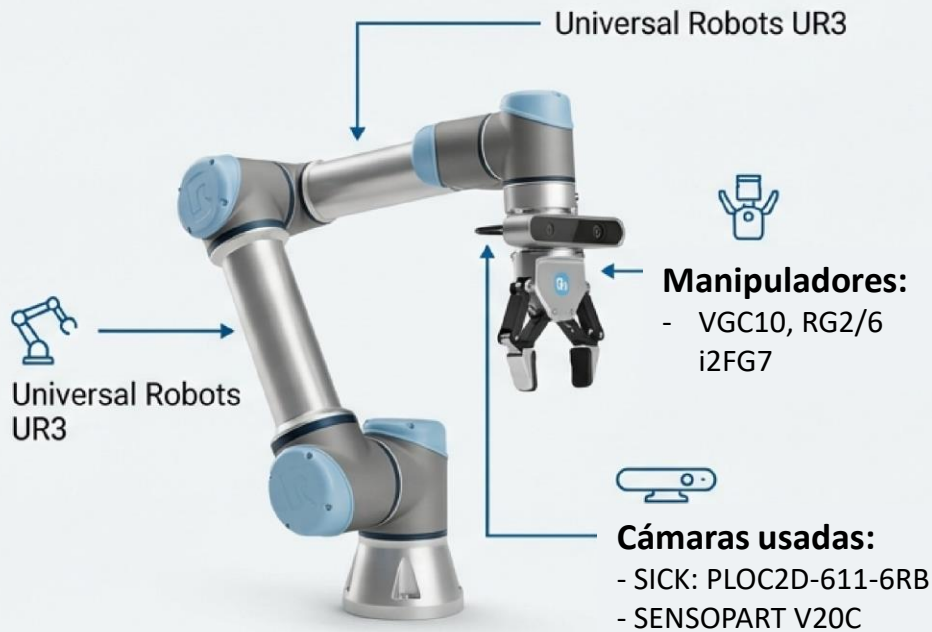
Financiado por
la Unión Europea –
NextGenerationEU

Plan de Recuperación,
Transformación y Resiliencia



Ministerio
de Educación
y Formación Profesional

La base del sistema: hardware robusto para una ejecución precisa.



Robot

- **Modelo:** Universal Robots UR3, un brazo colaborativo industrial.
- **Control:** Software Polyscope X para programación visual y control.
- **Efecto final:** 1 Manipulador con ventosas y 2 de tipo pinza: lineal y tijera para coger cualquier tipo de objeto



Camara

- **Modelo:** Cámaras SICK y SENSOPART inteligentes que permite captar imágenes en diferentes condiciones de iluminación y una rápida respuesta al hardware del robot
- **Clasificación y reconocimientos de imágenes:** se realiza con las librerías YOLO



Financiado por
la Unión Europea –
NextGenerationEU

Plan de Recuperación,
Transformación y Resiliencia



Ministerio
de Educación
y Formación Profesional

Módulo 1: La voz del usuario es el punto de partida del sistema.

Tecnología Clave: Whisper de OpenAI.

Por qué Whisper: Se eligió por su robustez frente a ruido y acentos, su capacidad multilingüe (99 idiomas) y la opción de traducir directamente al inglés para estandarizar los comandos.

Flujo de Trabajo

1. Se desarrolló una aplicación dedicada para la grabación de audio, ya que el robot no dispone de micrófono.
2. El usuario graba un comando (p. ej., "Coge el destornillador").
3. El audio se guarda con la etiqueta del idioma (p. ej., `es.mp3`) y se envía para su procesamiento.
4. Whisper transcribe y traduce el comando al inglés ("Take the screwdriver").



Financiado por
la Unión Europea –
NextGenerationEU

Plan de Recuperación,
Transformación y Resiliencia



Ministerio
de Educación
y Formación Profesional

Módulo 2: Interpretando la intención humana

1. Mapeo de Palabras Clave

Trabajamos acciones como "Pick", "Drop" o "Move", usamos lógica de cadenas de texto básica, buscas que palabras específicas existen en la frase reconocida.

2. Expresiones Regulares (Regex)

Es un paso más allá del simple mapeo. Permite capturar patrones más complejos. Se define un patrón que busque un verbo de acción seguido de un objeto: **Patrón:** `(take|pick|get)\s+(the\s+)?([a-zA-Z]+)`

3. NLP Basado en Reglas (Spacy)

El programa entiende qué palabras son **verbos** y cuáles son **sustantivos** (objetos).

Ventaja: Si el programa detecta que "screwdriver" es el objeto directo del verbo "take", generará el JSON correctamente.

Se han probado diferentes sistemas incluso la aplicación de IA Qwen3, mucho mas avanzada y con mejores resultados pero que requiere más tiempo de procesamiento



Financiado por
la Unión Europea –
NextGenerationEU

Plan de Recuperación,
Transformación y Resiliencia



Ministerio
de Educación
y Formación Profesional

Módulo 3: Localizando objetos en el entorno con un modelo de visión afinado.

Detección de Objetos con YOLO

Tecnología: YOLOv5 / YOLOv8.

Proceso de Implementación:

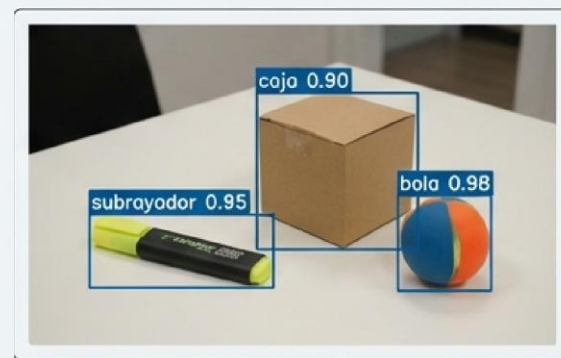
Objetivo: Reconocer objetos cotidianos sobre una superficie (ej. tazas, móviles, llaves).

Dataset: Captura de imágenes reales en mesa, combinando objetos aislados y escenas con elementos superpuestos para ganar robustez.

Entrenamiento: Uso de *Transfer Learning* (congelando capas base) y una tasa de aprendizaje baja para especializar el modelo sin errores de sobreajuste.



Objetos del Dataset



Detección Exitosa



Financiado por
la Unión Europea –
NextGenerationEU

Plan de Recuperación,
Transformación y Resiliencia



Ministerio
de Educación
y Formación Profesional

Módulo 4: De la detección aproximada a la segmentación precisa con SAM.

El Problema

Un cuadro delimitador de YOLOv5 es impreciso. Usar su centro geométrico puede resultar en un punto de agarre inestable, especialmente para objetos de formas irregulares.

La Solución

Se integró el Segment Anything Model (SAM) para generar máscaras de segmentación a nivel de píxel, delineando el contorno exacto del objeto.

Ventaja Clave de SAM

Su capacidad de generalización *zero-shot* permite segmentar objetos nunca vistos sin necesidad de reentrenamiento, simplificando el desarrollo y garantizando un rendimiento robusto.

Flujo

YOLOv5 detecta y recorta el objeto → SAM recibe el recorte y genera una máscara precisa.

Antes



Después



Financiado por
la Unión Europea –
NextGenerationEU

Plan de Recuperación,
Transformación y Resiliencia



Ministerio
de Educación
y Formación Profesional

Módulo 5: Calculando el punto y ángulo de agarre óptimos mediante PCA.

El Desafío

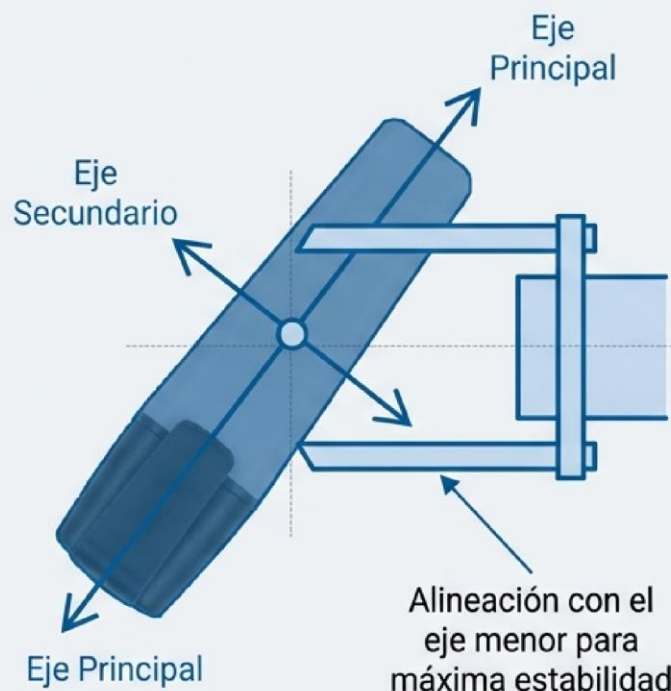
Una vez segmentado el objeto, se debe determinar no solo *dónde* agarrar, sino también *con qué orientación*.

El Método

Se aplica el Análisis de Componentes Principales (PCA) sobre la máscara de segmentación.

• PCA identifica:

1. El **eje principal** (la mayor dimensión del objeto).
2. El **eje secundario** (la menor dimensión, perpendicular al principal).



Estrategia de Agarre

La garra se alinea con el **eje secundario**. Esto asegura que el objeto sea sujetado por su parte más estrecha y estable, minimizando el riesgo de deslizamiento.

Ajuste Adicional

El sistema también valida si el centro geométrico está demasiado cerca de un borde y lo ajusta hacia una zona más central y segura de la máscara.



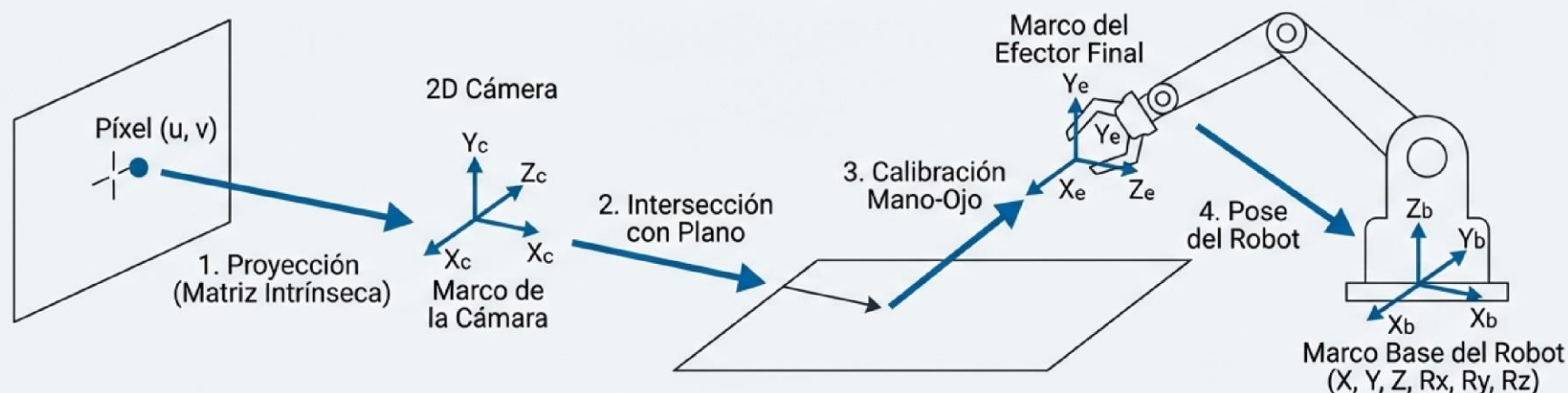
Financiado por
la Unión Europea –
NextGenerationEU

Plan de Recuperación,
Transformación y Resiliencia



Ministerio
de Educación
y Formación Profesional

Convirtiendo píxeles en coordenadas: la transformación del espacio 2D al 3D.



El Proceso

Se realiza una cadena de transformaciones para convertir el punto de agarre (en píxeles) en una pose física (X, Y, Z, Rx, Ry, Rz) en el sistema de coordenadas base del robot.

Solución Pragmática para la Altura (Z)

En lugar de usar los datos de profundidad de la cámara (lentos e imprecisos), se definió la altura Z como un valor constante sobre el plano de la mesa, añadiendo un offset de seguridad. Una solución más fiable y eficiente.



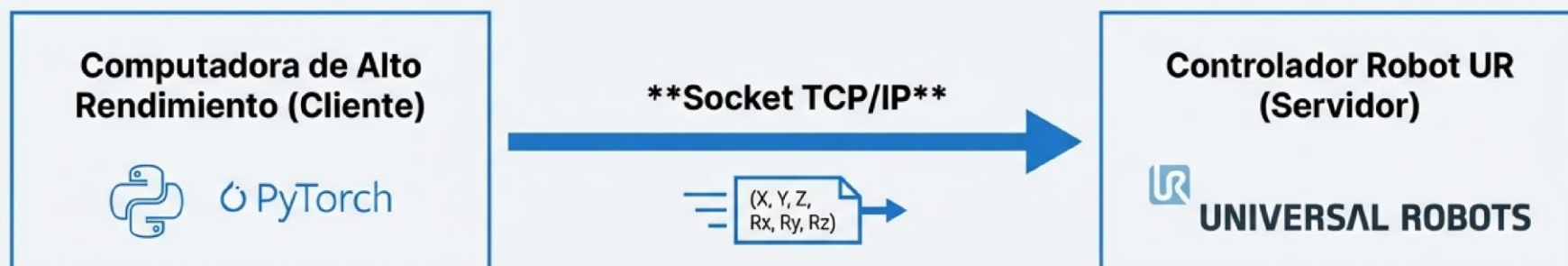
Financiado por
la Unión Europea –
NextGenerationEU

Plan de Recuperación,
Transformación y Resiliencia



Ministerio
de Educación
y Formación Profesional

La comunicación entre el cerebro y el cuerpo: un enlace robusto y de baja latencia.



Arquitectura de Comunicación

- **Cliente (Ordenador de alto rendimiento):** Ejecuta todos los modelos de IA, calcula la pose final y la envía.
- **Servidor (Controlador del Robot UR):** Abre un puerto y espera recibir los comandos de pose.

Protocolo

- Se utiliza TCP/IP a través de sockets.
- **Por qué TCP/IP:** Garantiza una entrega de datos fiable, ordenada y persistente, lo cual es crucial en robótica donde un dato erróneo podría causar una colisión.

Seguridad

Los robots UR cuentan con **sistemas de detección de colisión** que detienen el movimiento automáticamente, **garantizando la seguridad del entorno**.

 **Financiado por
la Unión Europea –**
NextGenerationEU

**Plan de Recuperación,
Transformación y Resiliencia**



Ministerio
de Educación
y Formación Profesional

Validación en un entorno seguro: el gemelo digital en CoppeliaSim.

● El Concepto

Antes de operar el hardware físico, se desarrolló un **gemelo digital** para validar el sistema completo. Este gemelo replica fielmente la cinemática y dinámica del robot UR3, la garra RG2 y la cámara

● El Entorno

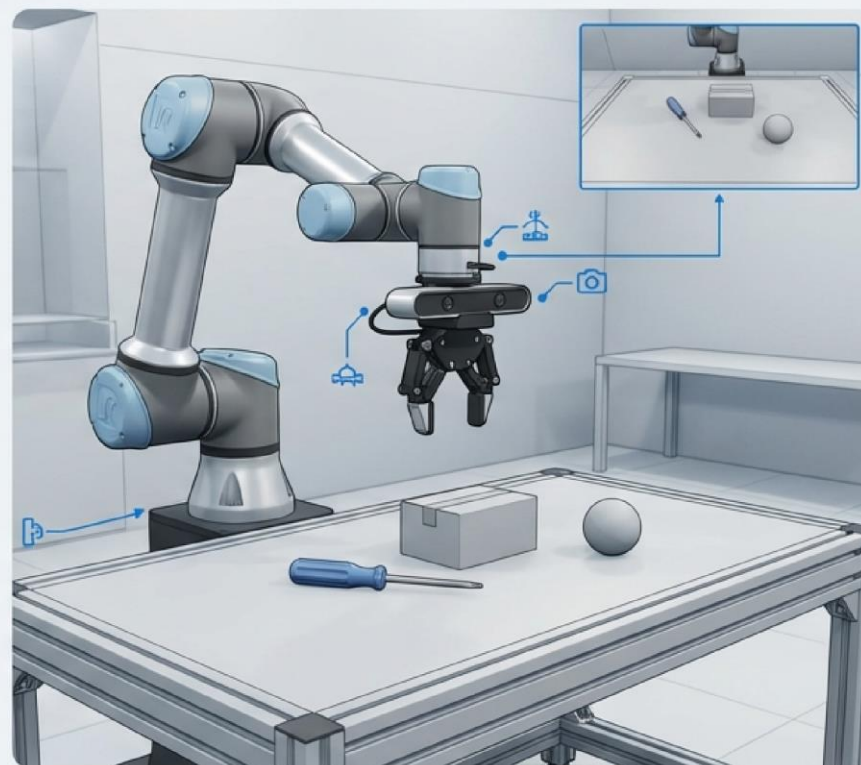
Se modeló un espacio de trabajo 3D en CoppeliaSim, incluyendo la mesa y los objetos de prueba. La cámara se configuró como un sensor RGB-D simulado.

● Integración Completa

El mismo script de Python que controla el robot real se utilizó para controlar el gemelo digital a través de la **Remote API** de CoppeliaSim. Esto permitió probar todo el pipeline de IA en un bucle cerrado y seguro.

● Beneficios Clave

Permite realizar pruebas exhaustivas, optimizar algoritmos y validar el comportamiento del sistema sin ningún riesgo para el equipo físico.



Financiado por
la Unión Europea –
NextGenerationEU

Plan de Recuperación,
Transformación y Resiliencia



Ministerio
de Educación
y Formación Profesional

Resultados de la simulación: el sistema supera las pruebas con alta eficacia.

<5s

Latencia Promedio (Voz a Movimiento)

>90%

Tasa de Éxito en Agarre

Demostraciones en Vídeo

Los resultados se documentaron y validaron en tres simulaciones grabadas, cubriendo el ciclo completo desde la detección hasta el agarre y la colocación.

- **Vídeo 1: Detección de objetos y cálculo de trayectorias**

<https://youtu.be/24llzd-W-Ag>

- **Vídeo 2: Ejecución del ciclo completo de agarre**

<https://youtu.be/XVxLqbK-Z68>

- **Vídeo 3: Validación de precisión y respuesta a comandos**

<https://youtu.be/uCF1rsON2Ys>




Financiado por
la Unión Europea –
NextGenerationEU

Plan de Recuperación,
Transformación y Resiliencia



Ministerio
de Educación
y Formación Profesional



De la simulación a la realidad: un paso más cerca de la asistencia autónoma.

- **Resumen del Logro:** Se ha desarrollado y validado un sistema de robótica asistencial de extremo a extremo, que integra con éxito reconocimiento de voz, modelos de IA de vanguardia y control robótico preciso.
- **Impacto Potencial:** Esta tecnología tiene el potencial de ser implementada en hogares, centros de cuidado y lugares de trabajo para mejorar significativamente la independencia y calidad de vida de sus usuarios.



Financiado por
la Unión Europea –
NextGenerationEU

Plan de Recuperación,
Transformación y Resiliencia



Ministerio
de Educación
y Formación Profesional

- FOTOS Y VIDEOS DE NUESTRAS PRUEBAS**

- FOTOS Y VIDEOS DEL ROBOT EN UR EL PROYECTO**

Una Visión Integral para la FP



- ✓ Innovación Aplicada
- ✓ Transferencia de Conocimiento
- ✓ Resiliencia y Transformación Social
- ✓ Modernización de la Formación Profesional



Financiado
por la Unión Europea -
NextGenerationEU