

CARRERA DE ELECTRÓNICA

IMPLEMENTACIÓN DE APLICACIONES DE DESTREZA POR MEDIO DE UN BRAZO ROBÓTICO ANTROPOMÓRFICO BASADO EN VISIÓN ARTIFICIAL

**Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del Título de
Tecnólogo Superior en Electrónica**

Autores: ORTIZ ARCOS WILSON OSWALDO
VELIZ PORTILLA JHON ALEXANDER

Tutor: MSc. ROSERO YUGSI RICARDO ELICIO

**MARZO, 2025
SANGOLQUI – ECUADOR**

Autor: ORTIZ ARCOS WILSON OSWALDO	Título a obtener: Tecnólogo/a Superior en Electrónica Matriz: Sangolquí -Ecuador Correo electrónico: wilson.ortiz@ister.edu.ec
	
Autor: VELIZ PORTILLA JHON ALEXANDER	Título a obtener: Tecnólogo/a Superior en Electrónica Matriz: Sangolquí -Ecuador Correo electrónico: jhon.veliz@ister.edu.ec
	
Dirigido por: ROSERO YUGSI RICARDO ELICIO	Matriz: Sangolquí -Ecuador Correo electrónico: ricardo.rosero@ister.edu.ec
	

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

©2024 Tecnológico Universitario Rumiñahui

SANGOLQUÍ – ECUADOR

Wilson Oswaldo Ortiz Arcos

Jhon Alexander Veliz Portilla

**IMPLEMENTACIÓN DE APLICACIONES DE DESTREZA POR
MEDIO DE UN BRAZO ROBÓTICO ANTROPOMÓRFICO BASADO
EN VISIÓN ARTIFICIAL**



CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-2-2.2

Sangolquí, 24 de marzo del 2025

**MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA**

**MSc. Rosero Yugsi
COORDINADOR DE TITULACIÓN
INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO
Presente**

Por medio de la presente, yo, **Wilson Oswaldo Ortiz Arcos**, declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser el autor del trabajo de titulación denominado **Implementación de aplicaciones de destreza por medio de un brazo robótico antropomórfico basado en visión artificial**, y a su vez manifiesto mi voluntad de ceder al Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui con condición de Universitario los derechos de reproducción, distribución y publicación de dicho trabajo de titulación, en cualquier formato y medio, con fines académicos y de investigación.

Esta cesión se otorga de manera no exclusiva y por un periodo indeterminado. Sin embargo, conservo los derechos morales sobre mi obra.

En fe de lo cual, firmo la presente.

Atentamente,
WILSON OSWALDO ORTIZ ARCOS
C.I.: 1805463880

MATRIZ SANGOLQUÍ: Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero
Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628
 www.ister.edu.ec / info@ister.edu.ec



CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-2-2.2

Sangolquí, 24 de marzo del 2025

**MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA**

**MSc. Rosero Yugsi
COORDINADOR DE TITULACIÓN
INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO
Presente**

Por medio de la presente, yo, **Jhon Alexander Veliz Portilla**, declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser el autor del trabajo de titulación denominado **Implementación de aplicaciones de destreza por medio de un brazo robótico antropomórfico basado en visión artificial**, y a su vez manifiesto mi voluntad de ceder al Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui con condición de Universitario los derechos de reproducción, distribución y publicación de dicho trabajo de titulación, en cualquier formato y medio, con fines académicos y de investigación.

Esta cesión se otorga de manera no exclusiva y por un periodo indeterminado. Sin embargo, conservo los derechos morales sobre mi obra.

En fe de lo cual, firmo la presente.

Atentamente,
JHON ALEXANDER VELIZ PORTILLA
C.I.: 2100911805

MATRIZ SANGOLQUÍ: Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero
Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628
📞📧🌐 www.ister.edu.ec / Info@ister.edu.ec



FORMULARIO PARA ENTREGA DE PROYECTOS EN BIBLIOTECA INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO

CT-ANX-2025-ISTER-3

CARRERA: TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTRÓNICA

AUTOR /ES:

JHON ALEXANDER VELIZ PORTILLA
WILSON OSWALDO ORTIZ ARCOS

TUTOR (METODOLÓGICO Y ACADÉMICO):

RICARDO ELICIO ROSERO YUGSI

CONTACTO ESTUDIANTE:

JHON VELIZ. 0992068746

WILSON ORTIZ. 0987578448 - 0990301660

CORREO ELECTRÓNICO:

Portillaalex1998@gmail.com
wilson_ortiz17@outlook.com

TEMA:

IMPLEMENTACIÓN DE APLICACIONES DE DESTREZA POR
MEDIO DE UN BRAZO ROBÓTICO ANTROPOMÓRFICO BASADO
EN VISIÓN ARTIFICIAL

MATRIZ SANGOLQUÍ: Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero
Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628
📞📞📞📞 www.ister.edu.ec / info@ister.edu.ec

OPCIÓN DE TITULACIÓN:

(UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR)

RESUMEN EN ESPAÑOL:

La implementación de aplicaciones de destreza mediante un brazo robótico antropomórfico basado en visión artificial permitió desarrollar un sistema capaz de identificar, procesar y ejecutar movimientos con precisión, integrando sensores y algoritmos de inteligencia artificial. Este proyecto tuvo como finalidad mejorar la interacción entre sistemas robóticos y su entorno, automatizando tareas que requieren habilidades motoras finas.

Para ello, se diseñó un modelo conceptual que definió la integración de hardware y software, considerando la selección de componentes adecuados como cámaras, motores y procesadores. Posteriormente, se configuró el hardware y se calibró el sistema de visión artificial, asegurando que el brazo pudiera interpretar correctamente su entorno y ejecutar movimientos eficientes. La fase de integración de sensores y prueba de respuestas validó la precisión y funcionalidad del sistema, optimizando los algoritmos para mejorar su desempeño en tiempo real.

Este desarrollo representa un avance significativo en el ámbito educativo, ya que permitirá mejorar la enseñanza de materias relacionadas con la robótica, la inteligencia artificial y la automatización. La implementación del sistema proporcionó una herramienta práctica para la formación en destrezas motoras, facilitando la comprensión de conceptos teóricos a través de la experimentación y el aprendizaje activo. Con ello, se fortalece el desarrollo de habilidades técnicas y analíticas que los estudiantes aplicaran en un futuro, promoviendo el interés por la innovación y la tecnología.

PALABRAS CLAVE

- Visión artificial
- Brazo robótico antropomórfico
- Automatización
- Integración de sensores

ABSTRACT:

The implementation of skill-based applications using an anthropomorphic robotic arm with artificial vision enabled the development of a system capable of identifying, processing, and executing movements with precision, integrating sensors and artificial intelligence algorithms. This project aimed to enhance the interaction between robotic systems and their environment by automating tasks that require fine motor skills.

To achieve this, a conceptual model was designed to define the integration of hardware and software, considering the selection of appropriate components such as cameras, motors, and processors. Subsequently, the hardware was configured, and the artificial vision system was calibrated to ensure that the arm could accurately interpret its surroundings and execute efficient movements. The sensor integration and response testing phase validated the system's accuracy and functionality, optimizing algorithms to improve real-time performance.

This development represents a significant advancement in the educational field, as it will enhance the teaching of subjects related to robotics, artificial intelligence, and automation. The system's implementation provides a practical tool for training in motor skills, facilitating

MATRIZ SANGOLQUÍ: Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero

Tel: 0960052734 / 023524576 / 022331628

www.lster.edu.ec / Info@lster.edu.ec



the understanding of theoretical concepts through experimentation and active learning. Consequently, it strengthens the development of technical and analytical skills that students will apply in the future, fostering interest in innovation and technology.

KEYWORDS

- Artificial vision
- Anthropomorphic robotic arm
- Automation
- Sensor integration

Firma del Estudiante (AUTOR)
JHON ALEXANDER VELIZ PORTILLA
C.I. : 2100911805

Estudiante

Firma del Estudiante (AUTOR)
WILSON OSWALDO ORTIZ ARCOS
C.I.:1805463880

MATRIZ SANGOLQUÍ: Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero
Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628
📞📞📞 www.lster.edu.ec / Info@lster.edu.ec



SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-4

Sangolquí, 24 de Marzo del 2025

Sres.-

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO

Presente

Yo. **JHON ALEXANDER VELIZ PORTILLA**, con C.I.: **2100911805**, alumno de la Carrera **ELECTRONICA**, cedo al **INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO**, los derechos de publicaciones del presente trabajo de Titulación denominado Implementación de aplicaciones de destreza por medio de un brazo robótico antropomórfico basado en visión artificial en el Repositorio Institucional para hacer uso de todos los contenidos con fines estrictamente académico o de investigación.

Atentamente,

Firma del Estudiante
Jhon Alexander Veliz Portilla
C.I.: 2100911805

MATRIZ SANGOLQUÍ: Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero

Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628

📞🌐📧 www.ister.edu.ec / Info@ister.edu.ec



SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-4

Sangolquí, 24 de Marzo del 2025

Sres.-

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO

Presente

Yo, **WILSON OSWADO ORTIZ ARCOS**, con C.I.: **1805463880**, alumno de la Carrera **ELECTRONICA**, cedo al **INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO**, los derechos de publicaciones del presente trabajo de Titulación denominado Implementación de aplicaciones de destreza por medio de un brazo robótico antropomórfico basado en visión artificial en el Repositorio Institucional para hacer uso de todos los contenidos con fines estrictamente académico o de investigación.

Atentamente,

Firma del Estudiante
Wilson Oswaldo Ortiz Arcos
C.I.: 1805463880

MATRIZ SANGOLQUÍ: Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero

Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628

📞📧 www.ister.edu.ec / info@ister.edu.ec

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor/a del Trabajo de Titulación, presentado por **Ortiz Arcos Wilson Oswaldo** con CC: 1805463880 y **Veliz Portilla Jhon Alexander** con CC: 2100911805, para optar por el Título de Tecnólogo/a Superior en Electrónica; cuyo título es: **Tecnólogo/a Superior en Electrónica**, se considera que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que fuere designado.

Sangolquí, a los 24 días del mes de marzo de 2025



Mgs. Ricardo Elicio Rosero Yugsi

DOCENTE-TUTOR

C.I. 1716158611

DEDICATORIA

Este proyecto es dedicado a mi hijo Logan Veliz que a pesar de los problemas y trayectoria todos podemos ser parte de una gran experiencia y superación anhelo que mi hijo supere mis expectativas y Dios me lo cuide para que sea mejor que mí y dedicado a todos los compañeros que están en esta carrera de electrónica que rendirse no es una opción y sigan adelante.

Jhon V.

A mis padres Nelly Arcos y José Ortiz, por hacer mis sueños realidad y forjar este carácter de decisión para seguir adelante. Su amor incondicional, sabiduría y fortaleza han sido el cimiento sobre el cual he construido mis logros.

A mis hermanos Christian, José Luis, Pamela y mi enamorada Brigitte Santacruz, confidentes, cómplices y refugio en los momentos de incertidumbre. Su apoyo constante, su fe inquebrantable en mis capacidades y su ejemplo han iluminado mi camino en los momentos más oscuros de este recorrido académico.

Este trabajo representa no solo la culminación de años de estudio y dedicación, sino también el fruto del amor y los valores sembrados por mi familia.

A ustedes, mi familia, mi mayor tesoro y bendición, mi fuente inagotable de inspiración y motivación, les dedico este trabajo como testimonio eterno de mi amor y gratitud.

Wilson O.

AGRADECIMIENTO

Agradecer al instituto Rumiñahui por las enseñanzas de cada uno de los licenciados y compartir con todos el conocimiento que nos han brindado. Esto nos llevara a desarrollar nuevas habilidades en el entorno laboral, y no me queda más que agradecer a todos por el aprendizaje que he recibido.

Jhon V.

Agradezco a Dios, quien iluminó mi camino en cada etapa de este recorrido académico, brindándome la determinación necesaria para superar los obstáculos y culminar esta significativa meta en mi formación profesional.

A mis padres, cuyo amor, respaldo y valiosas enseñanzas han sido el motor que me impulsa a perseverar. Su ejemplo ha forjado en mí valores que hoy me definen como persona y profesional.

A mis hermanos, por su presencia y su capacidad para infundir ánimo en momentos de incertidumbre. Su alegría y complicidad transformaron jornadas de estudio en experiencias más llevaderas.

A mi enamorada quien es el apoyo para seguir cumpliendo metas, quien me da inspiración para seguirme forjando como persona y como profesional día a día.

A mi tutor, por su excepcional dedicación y orientación durante la elaboración de esta investigación. Su vasto conocimiento, retroalimentación y compromiso fueron fundamentales para la culminación exitosa de este trabajo.

Al cuerpo docente y administrativo del instituto, por facilitar las herramientas, espacios y conocimientos que hicieron posible mi formación académica de excelencia.

Wilson O.

RESUMEN EJECUTIVO

La implementación de aplicaciones de destreza mediante un brazo robótico antropomórfico basado en visión artificial permitió desarrollar un sistema capaz de identificar, procesar y ejecutar movimientos con precisión, integrando sensores y algoritmos de inteligencia artificial. Este proyecto tuvo como finalidad mejorar la interacción entre sistemas robóticos y su entorno, automatizando tareas que requieren habilidades motoras finas.

Para ello, se diseñó un modelo conceptual que definió la integración de hardware y software, considerando la selección de componentes adecuados como cámaras, motores y procesadores. Posteriormente, se configuró el hardware y se calibró el sistema de visión artificial, asegurando que el brazo pudiera interpretar correctamente su entorno y ejecutar movimientos eficientes. La fase de integración de sensores y prueba de respuestas validó la precisión y funcionalidad del sistema, optimizando los algoritmos para mejorar su desempeño en tiempo real.

Este desarrollo representa un avance significativo en el ámbito educativo, ya que permitirá mejorar la enseñanza de materias relacionadas con la robótica, la inteligencia artificial y la automatización. La implementación del sistema proporcionó una herramienta práctica para la formación en destrezas motoras, facilitando la comprensión de conceptos teóricos a través de la experimentación y el aprendizaje activo. Con ello, se fortalece el desarrollo de habilidades técnicas y analíticas que los estudiantes aplicaran en un futuro, promoviendo el interés por la innovación y la tecnología.

PALABRAS CLAVE

Visión artificial, Brazo robótico antropomórfico, Automatización, Integración de sensores.

ABSTRACT

The implementation of skill-based applications using an anthropomorphic robotic arm with artificial vision enabled the development of a system capable of identifying, processing, and executing movements with precision, integrating sensors and artificial intelligence algorithms. This project aimed to enhance the interaction between robotic systems and their environment by automating tasks that require fine motor skills.

To achieve this, a conceptual model was designed to define the integration of hardware and software, considering the selection of appropriate components such as cameras, motors, and processors. Subsequently, the hardware was configured, and the artificial vision system was calibrated to ensure that the arm could accurately interpret its surroundings and execute efficient movements. The sensor integration and response testing phase validated the system's accuracy and functionality, optimizing algorithms to improve real-time performance.

This development represents a significant advancement in the educational field, as it will enhance the teaching of subjects related to robotics, artificial intelligence, and automation. The system's implementation provides a practical tool for training in motor skills, facilitating the understanding of theoretical concepts through experimentation and active learning. Consequently, it strengthens the development of technical and analytical skills that students will apply in the future, fostering interest in innovation and technology.

KEYWORDS

Artificial vision, Anthropomorphic robotic arm, Automation, Sensor integration

ÍNDICE DE CONTENIDOS

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS	iii
APROBACIÓN DEL TUTOR	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
RESUMEN EJECUTIVO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
KEYWORDS	viii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
1. El Problema De Investigación	3
1.1. Planteamiento Del Problema.....	3
1.2. Preguntas De Directrices.....	5
1.3. Objetivo General	5
1.4. Objetivos Específicos.....	6
1.5. Justificación	6
1.6. Alcance	7
CAPÍTULO II	9
Marco Teórico.....	9
2. Fundamento Teórico Relacionado Al Trabajo De Integración Curricular	9
2.1. Definición Y Evolución De La Robótica.....	9
2.2. Principios Fundamentales De La Robótica Aplicada	10
2.3. Automatización	10
2.4. Sistemas Automáticos Y Su Integración En La Robótica	12
2.5. Diseño Y Características De Los Brazos Robóticos.....	13
2.6. Visión Artificial	14
2.7. Componentes principales como sensores, extras y algoritmos.....	16
2.8. Brazo robótico Rotrics DexArm	18
CAPÍTULO III.....	22
3. Marco Metodológico.....	22
3.1. El Método Científico.....	22

3.2.	Diagrama De Fases Y Etapas Utilizados Para El Desarrollo Del Proyecto.....	22
3.2.1.	<i>Fase De Investigación.....</i>	24
3.2.2.	<i>Fase De Implementación.</i>	25
3.2.3.	<i>Fase De Prueba Y Evaluación.</i>	26
3.3.	Técnicas E Instrumentos De Recolección De Datos.....	27
CAPÍTULO IV.....		28
4.	Desarrollo Del Proyecto Técnico.....	28
4.1.	Fase De Diseño	28
4.1.1.	<i>Estado del arte sobre brazos robóticos antropomórficos.....</i>	28
4.1.2.	<i>Análisis de aplicaciones existentes en educación y desarrollo de destrezas...29</i>	
4.1.3.	<i>Identificación De Requerimientos Técnicos Y Funcionales Del Brazo Robótico.</i> 32	
4.1.4.	<i>Selección De Hardware Y Software Adecuado Para La Implementación.....</i>	35
4.1.5.	<i>Diseño Del Modelo Conceptual Para La Integración Del Brazo Robótico. ...</i>	40
4.2.	Fase De Implementación.....	42
4.2.1.	<i>Configuración De Hardware Y Calibración Del Sistema De Visión Artificial.</i> 42	
4.2.2.	<i>Integración De Sensores Y Prueba De Respuestas Del Brazo Robótico.....</i>	43
4.2.3.	<i>Implementación Del Sistema En Un Entorno Educativo Controlado.</i>	47
4.2.4.	<i>Programación De Movimiento Básicos Del Brazo Robótico.</i>	50
4.2.5.	<i>Desarrollo De Rutinas De Movimiento Para Manipulación De Objetos.....</i>	53
4.2.6.	<i>Diseño De La Propuesta De Dibujo.....</i>	56
4.3.	Fase De Prueba Y Evaluación.....	67
4.3.1.	<i>Verificación Y Ajustes En La Precisión De Los Movimientos Programados ..</i>	67
4.3.2.	<i>Actualización Y Mejora De La Programación De Movimientos</i>	70
4.3.3.	<i>Capacitación A Docentes Y Estudiantes En El Entorno Educativo</i>	70
4.3.4.	<i>Validación Final Del Brazo Robótico En El Entorno Educativo</i>	71
4.3.5.	<i>Evaluación Del Impacto Del Brazo Robótico En El Aprendizaje</i>	72
CAPITULO V.....		73
5.	Conclusiones Y Recomendaciones	73
5.1	Conclusiones	73
5.2	Recomendaciones	75
6.	Referencias.....	76
7.	Anexos	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Técnicas de recolección de datos	27
---	-----------

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tipo de robot antropomorfo	13
Figura 2 Componentes del New Luxury Kit de Rotrics	18
Figura 3 Brazo Robótico Rotrics DexArm	21
Figura 4 Caja del Rotrics DexArm	37
Figura 5 Elementos del Rotrics DexArm New Luxury Kit	37
Figura 6 Cámara USB genérica	38
Figura 7 Cámara y ventosa ensambladas al brazo robótico.....	41
Figura 8 Diagrama de flujo correspondiente a la comunicación del brazo con la cámara y la computadora.....	42
Figura 9 Brazo robótico ensamblado para la detección y manipulación de objetos.....	43
Figura 10 Código para comprobar la conexión con DexArm desde Python.	44
Figura 11 Código para visualizar la imagen de la cámara.....	45
Figura 12 Imagen extraída de la cámara conectada al brazo robótico.....	45
Figura 13 Código para detección de colores y sección mediante rectángulos.....	46
Figura 14 Imagen de la detección de colores y sección mediante rectángulos.....	47
Figura 15 Código para detección de colores y coordenadas de objetos 1/2	51
Figura 16 Código para detección de colores y coordenadas de objetos 1/2Código para detección de colores y coordenadas de objetos 2/2	52
Figura 17 Imagen de la cámara con color y coordenadas de los objetos.....	53
Figura 18 Función para mover el brazo hacia el objeto.....	54
Figura 19 Función para activar la ventosa	54
Figura 20 Movimiento de objetos y clasificación por color	55
Figura 21 Función para soltar objetos y apagar ventosa.....	56
Figura 22 Hoja de papel fijada con cinta para evitar movimiento.....	57
Figura 23 Integración del acople para dibujo y el rotulador.....	58

Figura 24	Brazo robótico listo para plasmar dibujo	58
Figura 25	Conexión del brazo robótico con la plataforma de Rotrics Studio.....	59
Figura 26	Selección de puerto "COM" asignado al brazo	60
Figura 27	Función de dibujo en Rotrics Studio	61
Figura 28	Panel de control de brazo en Rotrics Studio.....	62
Figura 29	Interfaz de dibujo de Rotrics Studio.....	63
Figura 30	Selección de forma a dibujar en Rotrics Studio	64
Figura 31	Configuración de parámetros para dibujo	64
Figura 32	Función de impresión de dibujo	65
Figura 33	Brazo robótico dibujando	66
Figura 34	Dibujo realizado por Rotrics Dexarm	67
Figura 35	Muestra del desfase detectado.....	68
Figura 36	Código de ajuste del desfase	69
Figura 37	Muestra del desfase corregido	69

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1.

Código para aplicación 1: Detección De colores.....79

Anexo 2.

Código para aplicación 2: Detección y clasificación de objetos por color.....85

INTRODUCCIÓN

La constante evolución de la tecnología ha llevado a la integración de sistemas avanzados en diversos sectores, destacándose la robótica como uno de los campos con mayor impacto en la industria, la investigación y la educación. En este contexto, los brazos robóticos antropomórficos se han convertido en herramientas clave debido a su capacidad de emular movimientos humanos con alta precisión y flexibilidad. Su implementación, combinada con tecnologías emergentes como la visión artificial, permite desarrollar aplicaciones que van más allá de las tareas repetitivas, abordando desafíos complejos que requieren destreza y adaptabilidad.

Este proyecto de integración curricular se centra en la implementación de aplicaciones de destreza mediante un brazo robótico antropomórfico basado en visión artificial, con el objetivo de explorar su potencial en el ámbito de la automatización avanzada y la interacción hombre-máquina. Para ello, se aborda el diseño, la programación y la integración de sistemas de visión artificial, que permiten al brazo robótico identificar y manipular objetos en entornos dinámicos.

La relevancia de esta aplicación radica en la creciente demanda de soluciones tecnológicas que optimicen procesos, mejoren la precisión y reduzcan costos operativos. Además, se busca sentar las bases para futuras investigaciones que impulsen la innovación en áreas como la manufactura, la medicina, la educación y los servicios contribuyendo al desarrollo de tecnologías más eficientes y accesibles. De este modo, este proyecto de integración curricular no solo pretende desarrollar una aplicación funcional, sino también proporcionar un análisis detallado de las capacidades y limitaciones de los sistemas robóticos, sentando un precedente para su implementación en escenarios reales.

A pesar del avance en tecnologías de automatización y robótica, muchas aplicaciones aún enfrentan desafíos en cuanto a precisión, adaptabilidad y aprendizaje autónomo. En el caso

de los brazos robóticos antropomórficos, la capacidad de realizar movimientos complejos con fluidez y destreza sigue siendo un reto, especialmente en entornos dinámicos donde es necesario interpretar información visual en tiempo real. La falta de integración efectiva entre visión artificial y control de movimientos limita su aplicabilidad en tareas que requieren habilidades motrices avanzadas, como la manipulación de objetos frágiles o el ensamblaje de componentes de alta precisión. Por ello, es fundamental desarrollar soluciones que combinen ambas tecnologías para mejorar la eficiencia y versatilidad de estos sistemas.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento Del Problema

La acelerada evolución tecnológica ha generado importantes avances en el desarrollo de herramientas y sistemas que buscan mejorar la calidad de vida de las personas. Uno de los principales desafíos actuales es la falta de soluciones accesibles y eficientes para asistir a personas con limitaciones motrices, quienes enfrentan dificultades para realizar tareas cotidianas que requieren un alto grado de destreza manual. Este problema afecta su autonomía y calidad de vida, siendo necesario implementar tecnologías innovadoras que permitan mitigar esta situación. En este contexto, los brazos robóticos antropomórficos basados en visión artificial representan una solución prometedora al combinar capacidades mecánicas avanzadas con la capacidad de interpretar el entorno.

El problema principal radica en la limitada disponibilidad de dispositivos accesibles y funcionales que puedan asistir a las personas en actividades que demanden alta precisión y adaptabilidad. Actualmente, los brazos robóticos son utilizados mayoritariamente en la industria para tareas repetitivas y altamente estructuradas, pero su aplicación en el ámbito asistencial es todavía incipiente. La falta de integración de sistemas de visión artificial dificulta que estas tecnologías se adapten a entornos reales y variables, lo que limita su utilidad para las personas con necesidades específicas de asistencia motriz.

Un ejemplo claro de esta problemática es la escasa capacidad de los dispositivos actuales para identificar y manipular objetos diversos en situaciones cotidianas, como recoger utensilios de diferentes formas o ayudar en actividades como escribir o alimentarse. La carencia de soluciones efectivas impacta directamente en la inclusión social y la independencia de las personas con discapacidades motrices. Además, la alta complejidad y los elevados costos de

los sistemas robóticos existentes representan barreras significativas para su adopción en contextos fuera del ámbito industrial.

Históricamente, los avances en robótica han estado enfocados en optimizar procesos industriales, relegando el desarrollo de aplicaciones asistenciales a un segundo plano. Sin embargo, con el auge de la inteligencia artificial y la visión por computadora, se abren nuevas posibilidades para crear sistemas que puedan interactuar de manera más natural y eficiente con los seres humanos. En la actualidad, la tecnología está en un punto donde es posible desarrollar soluciones que combinen capacidades mecánicas avanzadas con sistemas de percepción visual para abordar problemas de la vida diaria.

Este proyecto se centra en la implementación de aplicaciones de destreza mediante un brazo robótico antropomórfico, orientado a entornos educativos. Su propósito es facilitar la enseñanza de principios fundamentales de la robótica y la automatización a través de ejercicios prácticos, como el reconocimiento y manipulación de objetos, la ejecución de movimientos precisos y la realización de tareas específicas dentro de un espacio de aprendizaje controlado.

La importancia de esta aplicación radica en la necesidad de modernizar los métodos de enseñanza mediante herramientas tecnológicas que fomenten el aprendizaje activo. La interacción con el brazo robótico permite a los estudiantes comprender mejor ciertos conceptos como la programación de trayectorias, el control de movimientos y la integración de sensores, promoviendo el desarrollo de habilidades técnicas esenciales para su formación.

Este proyecto no solo busca proporcionar una plataforma de aprendizaje accesible, sino también evaluar las capacidades del brazo robótico en la ejecución de tareas específicas, identificando sus fortalezas y limitaciones en un entorno educativo. De esta manera, se espera que la implementación de esta tecnología contribuya a una enseñanza más dinámica y efectiva,

fortaleciendo la formación de futuros profesionales en áreas relacionadas con la automatización y la robótica.

1.2. Preguntas De Directrices

- ¿Cómo influye la integración de visión artificial en la precisión y eficiencia de un brazo robótico antropomórfico para la ejecución de tareas que requieren destreza?
- ¿Qué impacto tiene el uso de un brazo robótico basado en visión artificial en la enseñanza de habilidades motoras y la comprensión de conceptos relacionados con la robótica y la automatización?
- ¿Cuáles fueron los principales desafíos técnicos en la implementación del sistema de visión artificial y cómo fueron solucionados?
- ¿En qué medida la combinación de hardware y software optimizados mejora la capacidad del brazo robótico para adaptarse a distintos entornos y objetos?

1.3. Objetivo General

Implementar aplicaciones de destreza en un brazo robótico antropomórfico basado en visión artificial para mejorar su precisión y eficiencia para su aplicación educativa para el instituto. Esto se logra mediante la programación de movimientos y estrategias de control, utilizando sensores y algoritmos de procesamiento para optimizar la interacción del brazo con su entorno.

Su propósito es aplicar estos movimientos en la enseñanza, permitiendo que estudiantes interactúen con tecnologías avanzadas y docentes integren aplicaciones prácticas en asignaturas como Robótica, Automatización Industrial, Visión por Computador, Mecatrónica, Electrónica, Control de Sistemas y Programación de Microcontroladores.

1.4. Objetivos Específicos

OBJ 1: Analizar los conceptos teóricos y tecnológicos relacionados con la implementación de aplicaciones de destreza mediante un brazo robótico antropomórfico basado en visión artificial, a través de una revisión de la literatura.

OBJ 2: Determinar la metodología más adecuada para la implementación de aplicaciones de destreza en un brazo robótico antropomórfico basado en visión artificial, considerando el diseño investigativo y técnico del proyecto.

OBJ 3: Diseñar aplicaciones de destreza para un brazo robótico antropomórfico basado en visión artificial, integrando los elementos necesarios para su desarrollo y funcionalidad práctica.

1.5. Justificación

La implementación de aplicaciones de destreza mediante un brazo robótico antropomórfico con visión artificial tiene un impacto significativo en el ámbito educativo, ya que proporciona una plataforma interactiva para el aprendizaje de automatización, programación y control de movimientos. La integración de esta tecnología en entornos académicos permite a los estudiantes desarrollar habilidades prácticas esenciales, fortaleciendo su comprensión de conceptos fundamentales en robótica y sistemas de control.

Desde el punto de vista tecnológico, este proyecto busca mejorar la enseñanza mediante el uso de visión artificial y control de movimientos robóticos. La posibilidad de programar y manipular el brazo robótico en tiempo real facilita la experimentación con algoritmos de movimiento, trayectorias predefinidas y tareas específicas, brindando a los estudiantes una experiencia educativa más dinámica y aplicada.

A nivel práctico, el brazo robótico se utilizará para realizar tareas concretas dentro del aula, como la manipulación de objetos, la clasificación de elementos y la ejecución de movimientos programados. Estas actividades permitirán a los estudiantes interactuar directamente con la tecnología y comprender sus aplicaciones en contextos reales, reforzando su aprendizaje mediante la práctica.

Académicamente, el proyecto representa una oportunidad para modernizar los métodos de enseñanza en el Instituto Superior Universitario "Rumiñahui". La incorporación de herramientas tecnológicas como el brazo robótico promueve un enfoque de aprendizaje basado en la experimentación, lo que facilita la adquisición de conocimientos en áreas como la programación, la automatización y la robótica. Además, brinda a docentes y estudiantes la posibilidad de explorar nuevas metodologías educativas, fomentando un ambiente de innovación y desarrollo académico.

Desde una perspectiva pedagógica, este proyecto contribuye a la formación de futuros profesionales con habilidades técnicas avanzadas, preparándolos para los desafíos del mundo laboral en un entorno cada vez más digitalizado. La experiencia práctica que brinda el uso del brazo robótico no solo fortalece su capacidad de resolución de problemas, sino que también fomenta el pensamiento crítico y la creatividad en la aplicación de soluciones tecnológicas.

1.6. Alcance

El presente proyecto abarca el diseño, implementación y validación de aplicaciones de destreza en un brazo robótico antropomórfico basado en visión artificial, con el objetivo de optimizar su precisión y eficiencia en tareas automatizadas. A lo largo del desarrollo, se integraron sensores y algoritmos de procesamiento de imágenes para permitir la identificación y manipulación de objetos, asegurando una interacción efectiva con su entorno. El sistema fue programado para ejecutar tres aplicaciones clave: la detección de colores, la clasificación y

orden de objetos por color, y el dibujo de figuras, demostrando su aplicabilidad tanto en el ámbito educativo como en la automatización de procesos básicos.

El alcance del proyecto se extiende a su implementación en entornos académicos, particularmente en la enseñanza de disciplinas como Robótica, Mecatrónica, Visión por Computador y Automatización Industrial. La solución desarrollada no solo facilita la enseñanza de conceptos avanzados en estas áreas, sino que también promueve la inclusión tecnológica mediante herramientas accesibles, como la detección de colores para personas con daltonismo. Además, el uso de una interfaz intuitiva permite que estudiantes y docentes interactúen con el brazo robótico de manera sencilla, fortaleciendo su aprendizaje práctico y fomentando el desarrollo de nuevas aplicaciones en el futuro.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Fundamento Teórico Relacionado Al Trabajo De Integración Curricular

2.1. Definición Y Evolución De La Robótica

La robótica se define como la rama de la ingeniería y la ciencia que se dedica al diseño, construcción, operación y aplicación de robots, dispositivos automáticos capaces de ejecutar tareas específicas, generalmente de forma autónoma o semiautónoma. Este campo combina conocimientos de mecánica, electrónica, informática y otras disciplinas, lo que la convierte en una ciencia interdisciplinaria por excelencia (López, 2023).

Las diferentes tecnologías de la ingeniería, la informática y la mecánica han convergido para formar la base de lo que hoy se conoce como robótica. Estas condiciones han desarrollado sistemas autónomos que replican, en cierta medida, habilidades humanas mediante el uso de sensores, actuadores y procesadores en un mismo dispositivo. Por lo que forman un conjunto integral de capacidades destinadas a tareas específicas, como la manipulación y el desplazamiento, y su capacidad de aprendizaje, que en este caso es clave para adaptarse a entornos dinámicos. Esto se acompaña de diferentes alertas que informan al sistema sobre las variaciones del entorno para ajustar su desempeño en tiempo real (Castro, 2020).

Lo que es posible determinar a partir de esta evolución son los protocolos que mejoran el rendimiento de los robots, desde su diseño inicial hasta su implementación en escenarios reales, y que es posible modelar mediante algoritmos más sofisticados gracias a la contribución de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial. Una alternativa a este enfoque ha sido la robótica industrial, ampliamente usada en manufactura, con un método que prioriza la precisión y la repetibilidad mediante estos sistemas, obteniéndose que el impacto en términos

de eficiencia supera ampliamente el de los métodos tradicionales. Con respecto a uno o varios procesos automatizados, estas tecnologías son aplicadas para optimizar tanto la productividad como la seguridad de las operaciones (Isusqui et al., 2023).

2.2.Principios Fundamentales De La Robótica Aplicada

Hoy en día, las tecnologías integradas en la robótica aplicada han permitido avances significativos, logrando que los dispositivos puedan interpretar su entorno, manipular objetos y realizar tareas complejas con mayor precisión. En efecto, se ha percibido que principios fundamentales como la percepción, que permite la recolección de datos del entorno mediante sensores, y el control del movimiento, que asegura la precisión en tareas específicas, son esenciales para el funcionamiento eficiente de los sistemas robóticos. A lo cual se sumó el desarrollo de alertas que, al procesarse en tiempo real, permiten a los robots ajustar su desempeño y adaptarse a cambios en su entorno (Coicaud, 2020).

Así se brindaba una solución efectiva para automatizar tareas que antes requerían supervisión humana directa. Sin embargo, un problema que persiste es la complejidad de integrar múltiples sistemas en un único dispositivo, especialmente cuando se trata de entornos variables. Se distancia de enfoques tradicionales al priorizar la autonomía y adaptabilidad, características fundamentales en la robótica moderna. Con este cambio, los sistemas han evolucionado hacia modelos que optimizan la interacción entre robots y su entorno mediante protocolos avanzados, aunque teniendo como desventaja la alta dependencia de tecnologías de punta y la necesidad de recursos significativos para su implementación (Macías et al., 2024).

2.3.Automatización

La automatización se define como el uso de sistemas y tecnologías que permiten ejecutar tareas de forma autónoma, sin intervención humana directa, a través de mecanismos, software y algoritmos de control. Su principal objetivo es optimizar procesos, aumentar la

eficiencia y reducir errores humanos. El concepto se remonta a la Revolución Industrial, cuando los primeros sistemas mecánicos, como los telares automáticos, marcaron el inicio de la producción mecanizada (De Simoni, 2021).

A lo largo del siglo XX, la automatización evolucionó significativamente con la introducción de los sistemas eléctricos y, posteriormente, electrónicos, que ampliaron su aplicabilidad en diversos sectores. En la actualidad, con la integración de tecnologías digitales, como la inteligencia artificial y el Internet de las Cosas (IoT), la automatización ha alcanzado niveles sin precedentes, permitiendo procesos más inteligentes, interconectados y adaptativos (Agudelo et al., 2020).

En el ámbito de la robótica, la automatización ha permitido el desarrollo de sistemas altamente especializados capaces de realizar tareas complejas que anteriormente eran exclusivas de los seres humanos. Los brazos robóticos, por ejemplo, han pasado de ser herramientas industriales utilizadas principalmente en líneas de ensamblaje a convertirse en dispositivos multifuncionales integrados con tecnologías avanzadas de visión artificial y aprendizaje automático, lo que les permite adaptarse a entornos cambiantes y realizar actividades de alta precisión (Hernández & López, 2019).

La visión artificial, como componente clave de la automatización moderna, se define como la capacidad de los sistemas computacionales para interpretar y procesar información visual del entorno, imitando el funcionamiento del sistema visual humano. Esta tecnología se utiliza ampliamente en aplicaciones que requieren detección de objetos, reconocimiento de patrones y análisis de imágenes, siendo fundamental en sectores como la manufactura, la medicina y el transporte (González et al., 2018). La combinación de visión artificial con algoritmos de aprendizaje automático ha permitido la creación de sistemas autónomos más

robustos y versátiles, capaces de mejorar continuamente su desempeño en función de los datos obtenidos del entorno (Martínez & Pérez, 2020).

Finalmente, la integración de la automatización y la robótica con tecnologías emergentes no solo mejora la eficiencia y precisión de los procesos, sino que también abre nuevas posibilidades para el desarrollo de soluciones innovadoras en áreas como la asistencia a personas con discapacidades motrices, el mantenimiento predictivo en la industria y la exploración espacial (Rodríguez et al., 2022). Estos avances subrayan la importancia de seguir investigando y desarrollando sistemas que integren estas tecnologías, maximizando su impacto positivo en la sociedad.

2.4.Sistemas Automáticos Y Su Integración En La Robótica

Los sistemas automáticos constituyen la base de la automatización moderna, y su integración en la robótica ha transformado la manera en que se desarrollan y ejecutan procesos. Estos sistemas están compuestos por tres elementos principales: sensores, que recopilan información del entorno; actuadores, que ejecutan las acciones necesarias; y controladores, que procesan la información y gestionan las respuestas del sistema. La robótica, como una rama avanzada de la automatización, utiliza estos componentes para diseñar máquinas capaces de realizar tareas de forma autónoma o semiautónoma (Robles, 2024).

La integración de sistemas automáticos en la robótica ha permitido aplicaciones más complejas y adaptativas, como la manipulación precisa de objetos o la navegación autónoma en entornos dinámicos (Ortiz, 2024). Además, la incorporación de algoritmos de control avanzados ha mejorado la capacidad de respuesta y adaptabilidad de los robots, lo que los hace aptos para entornos industriales, médicos y de servicio (Carmona et al., 2020). Esta sinergia entre la automatización y la robótica ha dado lugar a sistemas más eficientes y sofisticados,

abriendo nuevas posibilidades en la optimización de procesos y la resolución de problemas que antes se consideraban insuperables.

2.5.Diseño Y Características De Los Brazos Robóticos

El diseño de un brazo robótico antropomórfico se basa en la replicación de la anatomía humana, combinando ingeniería mecánica, electrónica y software avanzado. Estas máquinas suelen estar compuestas por múltiples grados de libertad (DOF, por sus siglas en inglés) que les permiten moverse en diversas direcciones y realizar movimientos complejos con gran precisión. Los actuadores, generalmente motores eléctricos o hidráulicos, son responsables de proporcionar la fuerza necesaria para el movimiento, mientras que los sensores, como los de posición y fuerza, permiten al brazo responder a su entorno de manera adaptativa (Morales et al., 2019).

Entre las principales características de los brazos robóticos antropomórficos destacan su flexibilidad, precisión y capacidad para realizar tareas repetitivas o delicadas. Además, suelen integrar algoritmos de control avanzados que mejoran su rendimiento en tareas específicas, como el ensamblaje de piezas o la manipulación de objetos frágiles (Viñanzaca y Chacha, 2024).

Figura 1

Tipo de robot antropomorfo



Nota: Robot antropomorfo. Adaptado de Sualver, 2022 (<https://sualver.com/tipos-de-robots-industriales>)

En los últimos años, la incorporación de tecnologías como la visión artificial y el aprendizaje profundo (Deep Learning), ha potenciado significativamente el desempeño de los brazos robóticos. La visión artificial permite que el sistema perciba y analice el entorno a través de cámaras y sensores de imagen, facilitando la identificación de objetos, la planificación de trayectorias y la ejecución de movimientos adaptativos en tiempo real (Gómez et al., 2022). Estas capacidades son esenciales en aplicaciones industriales, médicas y de asistencia personal, donde la interacción con objetos y personas requiere altos niveles de precisión y seguridad.

Además, el desarrollo de materiales más ligeros y resistentes, como las aleaciones de titanio y los compuestos de fibra de carbono, ha permitido la construcción de brazos robóticos más eficientes y duraderos. Estos avances no solo reducen el consumo energético de los sistemas, sino que también aumentan su capacidad de carga y velocidad operativa, haciendo que sean más adecuados para entornos exigentes (Rodríguez y Pérez, 2020).

Un aspecto crítico en el diseño de estos sistemas es la implementación de interfaces hombre-máquina intuitivas, que permitan a los operadores interactuar con los brazos robóticos de manera sencilla y eficiente. Esto se ha logrado mediante el uso de tecnologías como el control por gestos, comandos de voz y dispositivos de realidad aumentada, que mejoran la experiencia del usuario y reducen la necesidad de formación especializada (Torres et al., 2021).

La integración de estas características ha llevado a un crecimiento exponencial en la adopción de brazos robóticos antropomórficos en diversos sectores, desde la manufactura avanzada hasta la rehabilitación médica, mostrando su versatilidad y potencial para transformar procesos tradicionales en soluciones automatizadas e inteligentes (Martínez et al., 2018).

2.6. Visión Artificial

La visión artificial, también conocida como visión por computadora, es una rama de la inteligencia artificial que busca emular la capacidad del ojo humano para percibir y

comprender el entorno. Este campo combina disciplinas como la óptica, la informática y las matemáticas para desarrollar sistemas que puedan capturar, procesar e interpretar imágenes o videos. Los fundamentos teóricos de la visión artificial se basan en algoritmos de procesamiento de imágenes, técnicas de aprendizaje automático y redes neuronales profundas, que permiten a las máquinas reconocer patrones, identificar objetos y tomar decisiones basadas en la información visual (Garrell y Guilera, 2019).

Una de las partes más importantes de la visión artificial es el procesamiento de imágenes, que incluye pasos como la adquisición, preprocesamiento, segmentación, extracción de características y análisis de los datos visuales. En este proceso, se emplean técnicas avanzadas como el filtrado espacial, la transformación de Fourier y la detección de bordes, que ayudan a resaltar información relevante de las imágenes (Gamonal, 2020).

En el contexto de la robótica, la visión artificial juega un papel esencial en la mejora de las capacidades perceptivas de los brazos robóticos antropomórficos. Mediante la integración de cámaras y sensores ópticos, los brazos robóticos pueden identificar y clasificar objetos en su entorno, evaluar su posición y orientación, y ajustar sus movimientos para interactuar con precisión en tiempo real. Estas capacidades son fundamentales para tareas de ensamblaje, manipulación de objetos delicados o aplicaciones médicas, donde se requiere un nivel de destreza similar al humano (Kim et al., 2021).

El uso de visión artificial en brazos robóticos también se ha extendido al aprendizaje por imitación, un enfoque que permite a los sistemas robóticos observar y replicar las acciones humanas. Esto se logra mediante el análisis de secuencias de imágenes capturadas durante la ejecución de una tarea, combinadas con algoritmos de aprendizaje profundo que identifican patrones y generan modelos de comportamiento replicables por el robot (Choi et al., 2020). Esta metodología es particularmente relevante para la implementación de aplicaciones de

destreza, ya que permite entrenar brazos robóticos para realizar actividades complejas con niveles mínimos de programación explícita.

Además, los avances recientes en visión artificial han incorporado tecnologías como las cámaras estereoscópicas y los sensores de profundidad, que permiten a los sistemas robóticos crear representaciones tridimensionales del entorno. Estas representaciones son críticas para tareas que requieren manipulación precisa en espacios tridimensionales, como la construcción de estructuras, el ensamblaje de componentes en la industria automotriz o la cirugía asistida por robots (Rusu et al., 2019).

La visión artificial no solo mejora la precisión y adaptabilidad de los brazos robóticos, sino que también aumenta su autonomía. Al combinarse con algoritmos de planificación de movimientos y sistemas de control avanzados, los brazos robóticos basados en visión artificial pueden tomar decisiones inteligentes, anticiparse a posibles errores y optimizar sus trayectorias en función del entorno y las condiciones cambiantes (Siciliano et al., 2016).

Estos avances en visión artificial y su integración con brazos robóticos antropomórficos subrayan el potencial de estas tecnologías para revolucionar aplicaciones en manufactura avanzada, atención médica, logística y exploración espacial, entre otros campos. El desarrollo continuo en este ámbito no solo permitirá la creación de sistemas más eficientes, sino también más accesibles y adaptables a una variedad de contextos operativos.

2.7.Componentes principales como sensores, extras y algoritmos

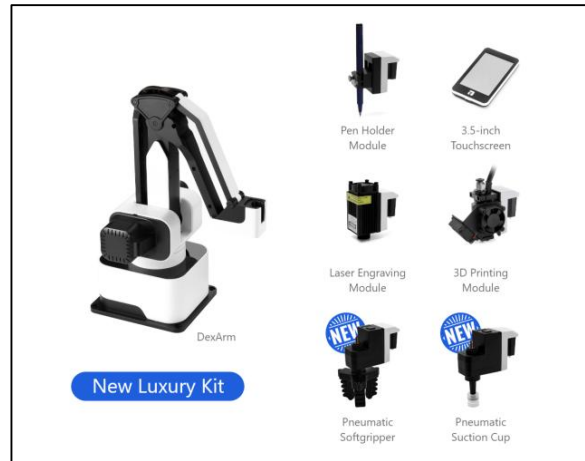
El Rotrics DexArm New Luxury Kit es un brazo robótico de escritorio de 4 ejes con un diseño modular y una repetibilidad de alta precisión de 0,05 mm. Este kit incluye varios componentes que amplían su funcionalidad para diversas aplicaciones:

- Módulo de impresión 3D: Permite la fabricación aditiva de objetos tridimensionales mediante la extrusión de filamento PLA, facilitando la creación de prototipos y piezas personalizadas.
- Módulo de grabado láser: Utiliza un láser de 2,5 W para grabar y cortar materiales como madera, cuero y acrílico, ideal para proyectos de diseño y personalización.
- Módulo de pinza suave rotativa: Diseñado para manipular objetos delicados o de formas irregulares, este accesorio es útil en tareas que requieren una sujeción cuidadosa.
- Módulo de ventosa rotativa: Emplea succión para recoger y mover objetos con superficies lisas, adecuado para operaciones de pick and place en entornos de producción o ensamblaje.
- Módulo de soporte para bolígrafo: Convierte el brazo en un plotter capaz de dibujar o escribir con precisión, útil para ilustraciones técnicas o artísticas.
- Pantalla táctil de 3,5 pulgadas: Ofrece una interfaz intuitiva para controlar y monitorear las operaciones del brazo sin necesidad de una computadora externa.

Estos componentes, combinados con el software Rotrics Studio, permiten al DexArm realizar una amplia gama de tareas, desde la impresión 3D y el grabado láser hasta la manipulación de objetos y el dibujo, convirtiéndolo en una herramienta versátil para educación, diseño y fabricación.

Figura 2

Componentes del New Luxury Kit de Rotrics



*Nota: Rotrics New Luxury Kit. Adaptado de Rotrics, (
<https://rotrics.com/products/dexarm>)*

2.8.Brazo robótico Rotrics DexArm

El Rotrics DexArm New Luxury Kit es un brazo robótico multifuncional diseñado para brindar una experiencia de automatización versátil y accesible en diversos campos como la educación, la ingeniería y la creatividad. Este brazo robótico se destaca por su alta precisión, facilidad de uso y capacidad de adaptación a múltiples aplicaciones gracias a sus herramientas intercambiables. Sus características principales incluyen:

- **Diseño Modular y Precisión:** El DexArm de Rotrics está diseñado con una estructura de alta precisión que permite realizar movimientos suaves y controlados con una repetibilidad de ± 0.05 mm. Gracias a su sistema de transmisión basado en correas y su construcción de aluminio de grado industrial, el brazo puede realizar movimientos fluidos y exactos, esenciales para tareas como manipulación de objetos, impresión 3D y escritura.

- **Herramientas Intercambiables:** Una de las principales ventajas del DexArm New Luxury Kit es su capacidad para cambiar rápidamente de herramienta según la tarea a realizar. Entre los módulos incluidos en este kit se encuentran:
 - Módulo de Succión: Permite manipular objetos con una ventosa de vacío, facilitando tareas de agarre y traslado de piezas.
 - Módulo de Pinza: Ideal para sujetar y mover objetos pequeños con precisión, útil para simulaciones en entornos educativos.
 - Módulo de Escritura y Dibujo: Soporta lápices, bolígrafos y marcadores para tareas de escritura y dibujo automatizado.
- **Módulo de Impresión 3D:** Convierte el brazo en una impresora 3D funcional, ideal para experimentación y aprendizaje en manufactura aditiva.
- **Compatibilidad con Diversos Métodos de Programación:** El DexArm es compatible con múltiples plataformas de programación, lo que lo hace accesible tanto para principiantes como para programadores avanzados. Se puede programar mediante:
 - G-code: Lenguaje estándar para el control de máquinas CNC y brazos robóticos, permitiendo definir trayectorias precisas.
 - Software Rotrics Studio: Interfaz gráfica intuitiva que permite controlar los movimientos sin necesidad de conocimientos avanzados de programación.
 - Python y Blockly: Compatibilidad con lenguajes de programación visuales y basados en código, facilitando el aprendizaje y la personalización de tareas.

- **Conectividad y Control Remoto:**
 - Compatible con PC, Raspberry Pi y Arduino, lo que permite su integración en diversos proyectos educativos y de investigación.
 - Conexión mediante USB-C y Wi-Fi, permitiendo un control eficiente y sin necesidad de cables adicionales.
- **Aplicaciones Educativas y Prácticas:** El Rotrics DexArm es una herramienta ideal para la enseñanza de robótica y automatización en entornos académicos. Su diseño modular y facilidad de uso lo hacen perfecto para:
 - Simulación de procesos industriales en entornos educativos.
 - Desarrollo de habilidades en programación y control de movimientos.
 - Aprendizaje de manufactura aditiva mediante la impresión 3D.
 - Ejercicios prácticos de manipulación de objetos, escritura automatizada y diseño de trayectorias.
- **Software y Control:** Rotrics Studio es el software oficial para controlar el DexArm, permitiendo programar movimientos, ajustar parámetros y cambiar de herramienta de manera sencilla. Además, cuenta con soporte para firmware actualizable, asegurando mejoras continuas en el rendimiento del dispositivo.

El Rotrics DexArm New Luxury Kit es un brazo robótico altamente versátil y educativo que ofrece una amplia gama de aplicaciones en la enseñanza de la automatización, la robótica y la programación. Su diseño modular como se puede ver en la Imagen 3, junto con la facilidad de programación mediante G-code, Python y software gráfico, lo convierten en una herramienta ideal para entornos de aprendizaje interactivo y experimentación práctica (Rotrics, s. f.).

Figura 3

Brazo Robótico Rotrics DexArm



Nota: Rotrics DexArm New Luxury Kit. Tomado de Rotrics

(<https://rotrics.com/products/dexarm>)

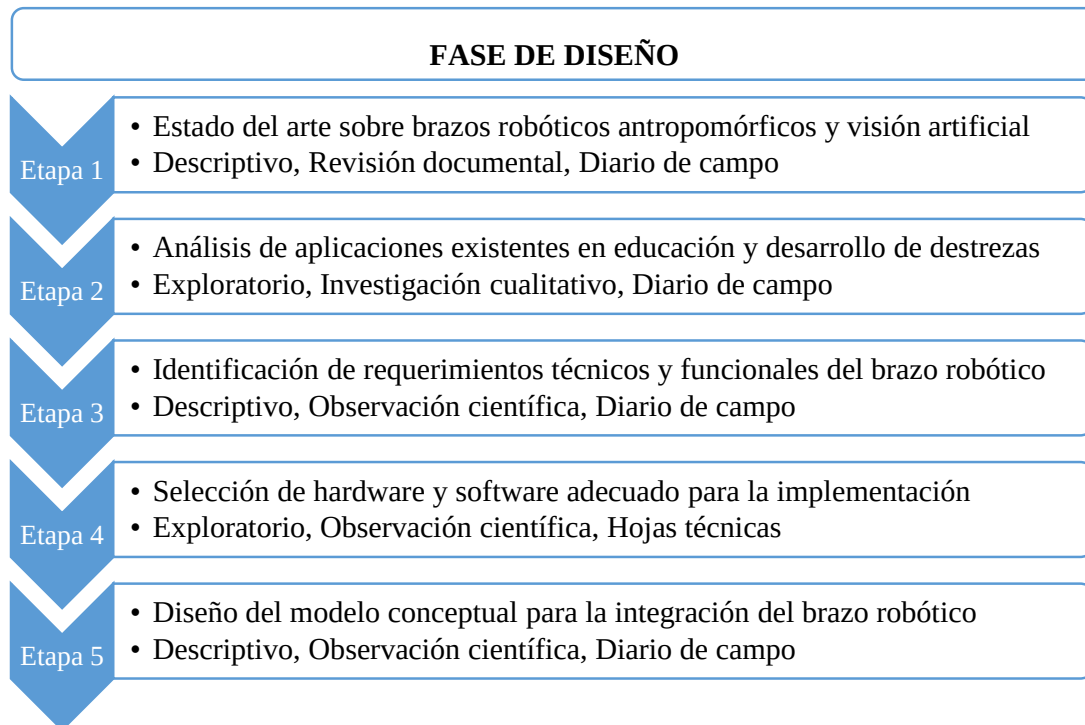
CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

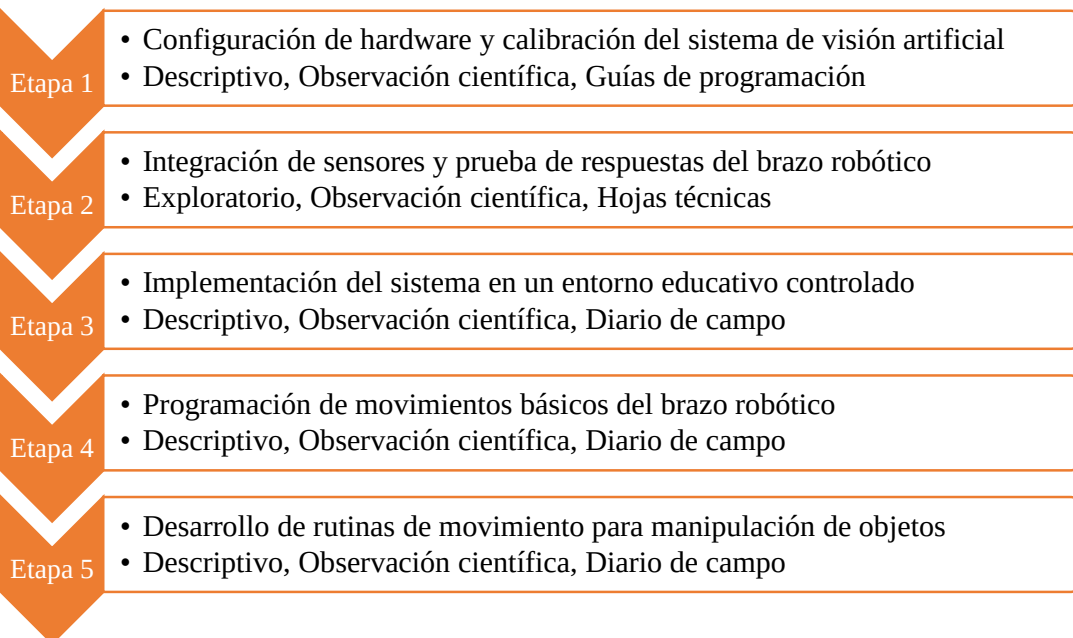
3.1.El Método Científico

El presente proyecto de integración curricular se enmarca en el enfoque experimental, orientado al desarrollo y evaluación de aplicaciones de destreza en un brazo robótico antropomórfico basado en visión artificial. Este marco metodológico incluye un enfoque sistemático que combina la revisión teórica, el diseño del sistema, la implementación práctica y la evaluación continua para garantizar la mejora en la precisión y eficiencia del brazo robótico.

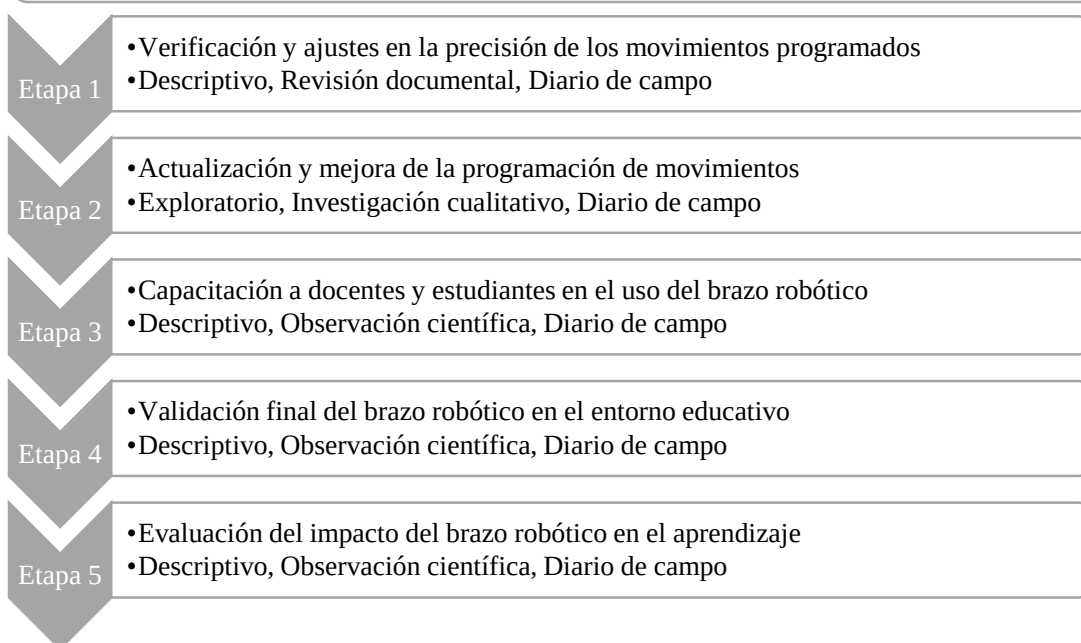
3.2.Diagrama De Fases Y Etapas Utilizados Para El Desarrollo Del Proyecto



FASE DE IMPLEMENTACIÓN



FASE DE PRUEBA Y EVALUACIÓN



3.2.1. Fase De Investigación.

Para el estado del arte sobre brazos robóticos antropomórficos y visión artificial se llevó a cabo una investigación descriptiva, ya que el principal enfoque fue recopilar y analizar información sobre la implementación de brazos robóticos en el ámbito educativo. Se reviso artículos científicos, informes técnicos, experiencias previas y revisión documental en general para identificar cómo han sido utilizados estos dispositivos, qué beneficios han aportado y qué limitaciones han presentado en diferentes entornos de enseñanza.

Para el análisis de aplicaciones existentes en educación y desarrollo de destrezas se realizó una investigación exploratoria, ya que se examinarán documentos académicos y reportes institucionales para comprender cómo la ausencia de herramientas robóticas ha afectado el desarrollo de habilidades en los estudiantes. Se analizaron las competencias que podrían potenciarse con la integración del brazo robótico, tales como la programación, la automatización y la resolución de problemas.

Para la identificación de requerimientos técnicos y funcionales del brazo robótico se empleó una investigación descriptiva, dado que se compararon distintas opciones de brazos robóticos y entornos de programación. Se analizaron aspectos como precisión, compatibilidad con software educativo y facilidad de uso, con el objetivo de elegir la combinación más adecuada para el aprendizaje de los estudiantes.

Para la selección de hardware y software adecuado para la implementación se llevó a cabo una investigación exploratoria para conocer cuál es el lenguaje que va acorde con las funcionalidades del robot que se eligió en la etapa anterior.

Para el diseño del modelo conceptual para la integración del brazo robótico se llevó a cabo una investigación descriptiva, donde el principal enfoque fue analizar y justificar la estructura y funcionalidad del sistema en un entorno educativo. Se estudiaron las relaciones entre los componentes clave, como el hardware del brazo robótico, la interfaz de programación y la metodología de enseñanza, con el objetivo de comprender cómo interactúan para optimizar el proceso de aprendizaje.

3.2.2. Fase De Implementación.

Para la configuración de hardware y calibración del sistema de visión artificial se realizó una investigación descriptiva y exploratoria a la vez, ya que se probaron diferentes algoritmos de visión artificial para optimizar la capacidad del brazo robótico en el reconocimiento de objetos. Se exploró mediante observación científica y guías de programación el impacto de esta tecnología en la precisión y adaptabilidad del sistema.

Para integración de sensores y prueba de respuestas del brazo robótico se realizó una investigación de tipo exploratorio, ya que el objetivo principal fue indagar sobre la interacción entre los sensores y el brazo robótico mediante observación científica y hojas técnicas. Durante esta etapa, se evaluó cómo responden los sensores en diversas condiciones y cómo se comporta el sistema en general.

Para la implementación del sistema en un entorno educativo controlado se desarrolló una investigación descriptiva, enfocada en probar el brazo robótico en diferentes condiciones para su posterior uso dentro del aula.

Para la programación de los movimientos básicos del brazo del robot se llevó a cabo una investigación descriptiva, ya que se documentará el desarrollo de comandos básicos para el movimiento del brazo robótico.

Para el desarrollo de rutinas de movimiento para manipulación de objetos se empleó una investigación descriptiva, pues se analizaron las secuencias de movimientos programadas para ejecutar tareas más complejas.

3.2.3. Fase De Prueba Y Evaluación.

Para la verificación y ajustes en la precisión de los movimientos programados se realizó una investigación descriptiva con énfasis en revisión documental, ya que se documentó la aplicación de las tareas previamente diseñadas para evaluar su funcionalidad.

Para la actualización y mejora de la programación de movimientos se aplicó una investigación exploratoria, ya que se buscará identificar fortalezas y áreas de mejora en la implementación del brazo robótico. Además, se llevó a cabo una investigación explicativa, ya que se analizaron los datos obtenidos en las pruebas anteriores para determinar los cambios necesarios en la programación del brazo robótico. Se justificó cada ajuste con base en los resultados observados.

Para la capacitación a docentes y estudiantes en el uso del brazo robótico se implementará una investigación descriptiva, ya que se diseñará un programa de formación para los usuarios finales, justificando la necesidad de capacitación para garantizar un uso adecuado del dispositivo en el proceso de enseñanza mediante observación científica.

Para la validación final del brazo robótico en el entorno educativo se desarrollará una investigación descriptiva, enfocada en evaluar el sistema mediante observación científica.

3.3. Técnicas E Instrumentos De Recolección De Datos

Tabla 1

Técnicas de recolección de datos

FASE	ETAPA	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Fase de investigación	1. Estado del arte sobre brazos robóticos antropomórficos y visión artificial.	Observación	Revisión documental
	2. Análisis de aplicaciones existentes en educación y desarrollo de destrezas		Revisión documental
	3. Identificación de requerimientos técnicos y funcionales del brazo robótico		Revisión documental
	4. Selección de hardware y software para la implementación		Revisión documental
	5. Diseño del modelo conceptual para la integración del brazo robótico		Revisión documental
Fase de Implementación	1. Programación de movimientos básicos del brazo robótico	Experimental	Guías de programación
	2. Configuración de hardware y calibración del sistema de visión artificial		Observación científica,
	3. Desarrollo de rutinas de movimiento para manipulación de objetos		Observación científica,
	4. Integración de sensores y prueba de respuestas del brazo robótico		Observación científica,
	5. Implementación del sistema en un entorno educativo controlado		Guías de programación,
Fase de Prueba y evaluación	1. Verificación y ajustes en la precisión de los movimientos programados	Observación	Revisión documental, Diario de campo
	2. Capacitación a docentes y estudiantes en el uso del brazo robótico		Investigación cualitativa
	3. Evaluación del impacto del brazo robótico en el aprendizaje		Observación científica
	4. Actualización y mejora de la programación de movimientos		Observación científica
	5. Validación final del brazo robótico en el entorno educativo		Observación científica

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DEL PROYECTO TÉCNICO

4.1.Fase De Diseño

4.1.1. *Estado del arte sobre brazos robóticos antropomórficos*

Los brazos robóticos antropomórficos han experimentado avances significativos en las últimas décadas, integrando tecnologías de vanguardia en mecánica, electrónica y control para emular las habilidades humanas en diversas aplicaciones. Estos sistemas buscan replicar la destreza y adaptabilidad del miembro humano, lo cual implica desafíos técnicos considerables.

La evolución de la robótica ha llevado al desarrollo de robots humanoides que integran módulos mecánicos, eléctricos y de inteligencia artificial en sistemas electromecánicos complejos. Estos robots representan la vanguardia de la investigación robótica, destacando la importancia de componentes clave como actuadores, sensores y algoritmos avanzados para lograr movimientos precisos y adaptativos (Zhao et al., 2023).

Un aspecto crucial en el diseño de brazos robóticos antropomórficos es la implementación de actuadores que imiten la función muscular humana. La robótica blanda ha emergido como una solución prometedora en este ámbito, permitiendo la creación de músculos artificiales que facilitan movimientos delicados y precisos. Esta tecnología abre posibilidades tanto en la manipulación de objetos como en aplicaciones médicas, incluyendo el desarrollo de músculos para injertos en pacientes y brazos suaves para cirugías delicadas (López De Luise, 2020).

La integración de sistemas de visión artificial en estos brazos robóticos ha mejorado su capacidad para interactuar con entornos dinámicos, permitiendo la detección y manipulación de objetos con mayor precisión. Por ejemplo, la mano DexCo, basada en actuadores hidráulicos

suaves, ha demostrado habilidades de manipulación fina inspiradas en el ser humano, destacando la importancia de la conformidad y la destreza en el diseño de manos robóticas (Zhao et al., 2023).

A pesar de estos avances, los brazos robóticos antropomórficos enfrentan desafíos en términos de autonomía y adaptabilidad. La capacidad de realizar tareas complejas en entornos no estructurados sigue siendo un área de investigación activa, con enfoques que buscan mejorar la integración de sensores y algoritmos de control para una interacción más efectiva con el entorno (Zhao et al., 2023).

En resumen, los brazos robóticos antropomórficos han avanzado significativamente gracias a la integración de tecnologías como la robótica blanda y la visión artificial. Sin embargo, la búsqueda de una mayor autonomía y adaptabilidad continúa siendo un desafío, requiriendo investigaciones adicionales para alcanzar niveles de destreza y eficiencia comparables a los del brazo humano.

4.1.2. Análisis de aplicaciones existentes en educación y desarrollo de destrezas

El uso de brazos robóticos antropomórficos en la educación ha crecido significativamente en los últimos años debido a su capacidad para mejorar la enseñanza de disciplinas técnicas y fomentar el desarrollo de habilidades motoras y cognitivas. Estos sistemas permiten una interacción directa con la robótica y la inteligencia artificial, facilitando el aprendizaje activo mediante la experimentación.

4.1.2.1 Brazos robóticos en la Educación (STEM). Los brazos robóticos antropomórficos han sido ampliamente utilizados en la educación en Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM, por sus siglas en inglés). Su implementación en entornos educativos fomenta el pensamiento computacional, la resolución de problemas y la creatividad. Según González-González et al. (2021), el uso de robots en la enseñanza de programación y robótica mejora significativamente la motivación y el compromiso de los estudiantes, especialmente en niveles de educación secundaria y universitaria. Un ejemplo destacado de integración de brazos robóticos en la educación es el proyecto TinkerCad Robotics, donde los estudiantes pueden simular y programar robots utilizando entornos virtuales antes de trabajar con dispositivos físicos (Wang & Zhang, 2022). Este enfoque permite un aprendizaje progresivo, donde los alumnos primero adquieren conocimientos teóricos y luego los aplican en la práctica con hardware real.

4.1.2.2 Desarrollo de Habilidades Motoras y Cognitivas. El uso de brazos robóticos en la educación no solo facilita el aprendizaje de conceptos técnicos, sino que también contribuye al desarrollo de habilidades motoras y cognitivas. Según un estudio de Alimisis y Kynigos (2020), la interacción con robots mejora la coordinación visomotora y la percepción espacial de los estudiantes. En entornos de educación especial, los brazos robóticos han demostrado ser herramientas eficaces para la rehabilitación y el desarrollo de habilidades motoras finas en niños con discapacidades (Kim et al., 2021). Un caso particular es el uso del robot Baxter en universidades, el cual ha sido empleado para la enseñanza de ingeniería y automatización. Los estudiantes pueden programar el brazo robótico para realizar tareas de ensamblaje y manipulación de objetos, lo que les proporciona experiencia práctica en un entorno seguro (Miller & Brown, 2023).

4.1.2.3 Aplicaciones en la Enseñanza Universitaria y Técnica. En el nivel universitario, los brazos robóticos antropomórficos se han convertido en herramientas esenciales para la formación de ingenieros y especialistas en automatización. En un estudio realizado en la Universidad de Stanford, se evidenció que los estudiantes que utilizaron robots antropomórficos en sus cursos de robótica e inteligencia artificial obtuvieron mejores resultados en pruebas prácticas y demostraron una comprensión más profunda de los algoritmos de control de movimiento (Park et al., 2023). Además, algunos programas educativos han incorporado plataformas como UR3 y Dobot Magician, que permiten a los estudiantes programar y manipular brazos robóticos con interfaces intuitivas. Estas tecnologías han sido clave para el aprendizaje de cinemática, dinámica y control de robots en instituciones de educación superior (Rodríguez & Pérez, 2022).

4.1.2.4 Uso en la Enseñanza de Inteligencia Artificial y Visión Artificial. Otra aplicación relevante de los brazos robóticos en la educación es su integración con sistemas de inteligencia artificial (IA) y visión artificial. A través del uso de cámaras y algoritmos de aprendizaje automático, los estudiantes pueden programar robots para reconocer y clasificar objetos, simulando entornos de automatización industrial y logística (Chen et al., 2023). En la Universidad de Harvard, un experimento educativo utilizó brazos robóticos para enseñar procesamiento de imágenes y visión artificial. Los estudiantes desarrollaron modelos de reconocimiento de objetos que permitían a los robots realizar tareas de ensamblaje y clasificación de productos en función de su forma y color (Huang & Lee, 2023).

4.1.2.5 Impacto en la Motivación y el Aprendizaje Activo. El uso de brazos robóticos en la educación no solo mejora la comprensión de conceptos técnicos, sino que también incrementa la motivación y el aprendizaje activo. Según un estudio de Papert y Harel (2021), los entornos de aprendizaje basados en robótica favorecen el enfoque "learning by doing", donde los estudiantes adquieren conocimientos a través de la experimentación y la resolución de problemas en escenarios reales. La implementación de estas tecnologías también fomenta el trabajo en equipo y el desarrollo de habilidades colaborativas. En un experimento realizado en la Universidad de Toronto, los estudiantes que trabajaron en proyectos con brazos robóticos demostraron mayores habilidades de comunicación y liderazgo en comparación con aquellos que participaron en actividades tradicionales de enseñanza (Martínez et al., 2023).

4.1.3. Identificación De Requerimientos Técnicos Y Funcionales Del Brazo Robótico.

La correcta implementación de un brazo robótico en un sistema basado en visión artificial requiere una identificación detallada de sus requerimientos técnicos y funcionales. Estos aspectos determinan su desempeño en la ejecución de tareas de manipulación y su integración con otros componentes del sistema. En este proyecto, se ha seleccionado el Rotrics DexArm New Luxury Kit, un brazo robótico diseñado para aplicaciones educativas, de investigación y automatización de precisión.

Requerimientos Técnicos

Los requerimientos técnicos se refieren a las características de hardware y software que el sistema debe cumplir para garantizar su funcionamiento óptimo.

1. Precisión y repetibilidad

La precisión en brazos robóticos es crucial para garantizar la correcta manipulación de objetos. El Rotrics DexArm tiene una precisión de 0.05 mm, lo que lo hace adecuado para tareas que requieren exactitud en la ejecución de movimientos (Rotrics, 2022).

2. Grados de libertad (DOF) y cinemática

Este brazo robótico cuenta con 4 grados de libertad, lo que permite movimientos precisos en un espacio tridimensional. Su diseño cinemático facilita la interpolación de trayectorias suaves, lo cual es esencial en aplicaciones de manipulación de objetos mediante visión artificial.

3. Capacidad de carga y alcance:

- Capacidad de carga: 500 g
- Alcance máximo: 220 mm

Estas especificaciones limitan el tipo y tamaño de los objetos que pueden ser manipulados, por lo que es necesario seleccionar elementos livianos dentro del entorno de trabajo.

4. Sistema de actuadores y control de movimiento

El Rotrics DexArm incorpora motores paso a paso con drivers silenciosos TMC2208, los cuales proporcionan movimientos suaves y precisos, reduciendo vibraciones que podrían afectar la precisión del sistema (Rotrics, 2022).

5. Compatibilidad con sistemas de visión artificial

El brazo admite comunicación mediante USB y UART, y es programable en Python y C++, lo que permite su integración con bibliotecas como OpenCV para procesamiento de imágenes y visión artificial (Bradski & Kaehler, 2020).

6. Herramientas intercambiables

Este modelo destaca por su sistema modular de herramientas, permitiendo el uso de ventosas, pinzas y módulos de escritura. En este proyecto se empleará el módulo Air Picker, que utiliza succión para el agarre de objetos, siendo adecuado para manipulación de piezas pequeñas y ligeras (Rotrics, 2022).

7. Fuente de alimentación y consumo energético

Voltaje requerido: 12V / 5A

Consumo promedio: 30 W

Su eficiencia energética lo hace ideal para entornos educativos, donde se requiere un consumo controlado sin afectar el rendimiento del sistema.

Requerimientos Funcionales

Los requerimientos funcionales establecen las acciones que el brazo robótico debe ser capaz de realizar dentro del sistema de visión artificial y manipulación de objetos.

1. Reconocimiento y posicionamiento de objetos

El brazo debe recibir datos de un sistema de visión artificial para identificar la posición y orientación de los objetos. Dado que la cámara y la ventosa del brazo no están alineadas, es necesario un proceso de calibración para reducir errores en la detección de ubicaciones (Bradski & Kaehler, 2020).

2. Manipulación de objetos mediante ventosa de succión

El sistema debe permitir que el brazo ejecute la función `dexarm.air_picker_pick()` para recoger objetos y trasladarlos con precisión. La estabilidad del agarre depende de la presión de succión y la superficie del objeto.

3. Interfaz de programación y control remoto

La programación del brazo se realizará mediante Python, lo que permite definir trayectorias, ajustar posiciones y sincronizar movimientos con la visión artificial. Su compatibilidad con entornos de programación facilita su integración con algoritmos de aprendizaje automático para mejorar la detección y manipulación de objetos.

4. Retroalimentación y corrección de errores

La implementación de un mecanismo de prueba y error permitirá corregir desviaciones en la ubicación detectada de los objetos. Esto es crucial, ya que las variaciones en iluminación o posición de la cámara pueden generar errores en el posicionamiento del brazo.

5. Ejecución en tiempo real

La interacción entre el brazo robótico y el sistema de visión debe garantizar tiempos de respuesta óptimos. La ejecución en tiempo real permitirá que el sistema detecte, agarre y transporte objetos sin interrupciones significativas.

4.1.4. Selección De Hardware Y Software Adecuado Para La Implementación.

La implementación de un sistema basado en visión artificial y manipulación robótica requiere la selección de hardware y software adecuados que garanticen compatibilidad, precisión y eficiencia en la ejecución de tareas. En este apartado se detallan los componentes seleccionados para este proyecto, justificando su elección en función de sus características técnicas y su integración en el sistema.

Hardware Seleccionado

El sistema físico consta del Rotrics DexArm New Luxury Kit, una cámara USB genérica y una laptop para el procesamiento de datos.

1. Rotrics DexArm New Luxury Kit

El Rotrics DexArm es un brazo robótico modular con herramientas intercambiables, diseñado para aplicaciones educativas e investigativas (Rotrics, 2022). El kit seleccionado incluye los siguientes componentes:

Brazo robótico DexArm

- Precisión: 0.05 mm
- Alcance máximo: 220 mm
- Capacidad de carga: 500 g
- Grados de libertad (DOF): 4
- Motores paso a paso con drivers TMC2208
- Módulo Air Picker (ventosa de succión): Permite la manipulación de objetos pequeños mediante succión controlada. Se activa mediante la función `dexarm.air_picker_pick()` en Python.
- Módulo Soft Gripper (pinza mecánica): Alternativa de agarre mecánico para manipulación de objetos no aptos para succión.
- Módulo de escritura y dibujo: Permite colocar un bolígrafo o lápiz para trazado automático.
- Módulo de grabado láser: No se utilizará en este proyecto.
- Módulo de impresión 3D: No se utilizará en este proyecto.
- Base y accesorios de montaje: Proporciona estabilidad y precisión en la colocación del brazo.

- Fuente de alimentación: Entrada: 100-240V, 50/60Hz, Salida: 12V / 5^a

Figura 4

Caja del Rotrics DexArm



Figura 5

Elementos del Rotrics DexArm New Luxury Kit



2. Cámara USB para Visión Artificial:

Se ha seleccionado una cámara USB genérica compatible con OpenCV, con una resolución mínima de 720p y una tasa de captura de 30 FPS. Esta cámara permite la adquisición de imágenes en tiempo real para el procesamiento mediante visión artificial.

Figura 6

Cámara USB genérica



3. Laptop para Procesamiento de Datos

El sistema de control se ejecutará en una laptop con las siguientes especificaciones mínimas:

- a. Procesador: Intel Core i5 / AMD Ryzen 5 o superior.
- b. Memoria RAM: 8 GB o más.
- c. Almacenamiento: SSD de 256 GB o superior.
- d. Tarjeta gráfica: No requerida (procesamiento basado en CPU).
- e. Sistema operativo: Windows 10/11, macOS o Linux.

Esta configuración permite la ejecución eficiente del software de control y visión artificial sin latencias significativas.

Software Seleccionado

El software utilizado en este proyecto se basa en herramientas de código abierto y controladores específicos del brazo robótico.

1. Sistema Operativo: Se ha optado por Windows 10/11, macOS o Linux, ya que todos estos sistemas son compatibles con las bibliotecas necesarias para la visión artificial y el control del brazo robótico (Rotrics, 2022).
2. Lenguaje de Programación: Python (≥ 3.7) Python es un lenguaje ampliamente utilizado en aplicaciones de robótica e inteligencia artificial debido a su flexibilidad y compatibilidad con bibliotecas especializadas.
3. OpenCV: OpenCV (Open Source Computer Vision Library) es una biblioteca optimizada para el procesamiento de imágenes y visión artificial. Se emplea para la detección y localización de objetos en el entorno del brazo robótico (Bradski & Kaehler, 2020).
4. Bibliotecas Necesarias: Se emplean diversas bibliotecas para el procesamiento de datos y la comunicación con el brazo robótico:
 - a. pydexarm: Biblioteca oficial de Rotrics para la comunicación con el DexArm mediante Python.
 - b. opencv-python: Versión optimizada de OpenCV para Python.
 - c. numpy: Biblioteca para operaciones matemáticas y manipulación de matrices.

d. otras: Dependencias auxiliares para control de hardware y análisis de imágenes.

5. Drivers del DexArm: Los controladores específicos del Rotrics DexArm están disponibles en el sitio oficial del fabricante y son necesarios para la comunicación fluida entre el brazo y la computadora (Rotrics, 2022).

4.1.5. Diseño Del Modelo Conceptual Para La Integración Del Brazo Robótico.

La integración de hardware y software en un sistema de manipulación robótica basado en visión artificial requiere un diseño conceptual que permita la correcta comunicación entre los componentes físicos y el software de control. En este apartado se describe el modelo conceptual desarrollado para la interconexión del brazo robótico Rotrics DexArm, la cámara USB y la computadora, explicando el flujo de datos y comandos que posibilitan la detección y manipulación de objetos.

Interconexión del Hardware

Para garantizar una integración funcional y precisa, se han considerado los siguientes aspectos en la conexión del hardware:

1. Cámara USB adherida al brazo robótico

Para mejorar la precisión en la detección de objetos, la cámara USB fue fijada físicamente al brazo robótico utilizando cinta adhesiva, evitando modificaciones estructurales que pudieran dañar el dispositivo.

Esta configuración permite que la cámara capture imágenes desde la misma perspectiva del brazo, reduciendo errores de alineación. En la figura 7, se muestra la cámara USB adherida al brazo robótico.

Figura 7

Cámara y ventosa ensambladas al brazo robótico



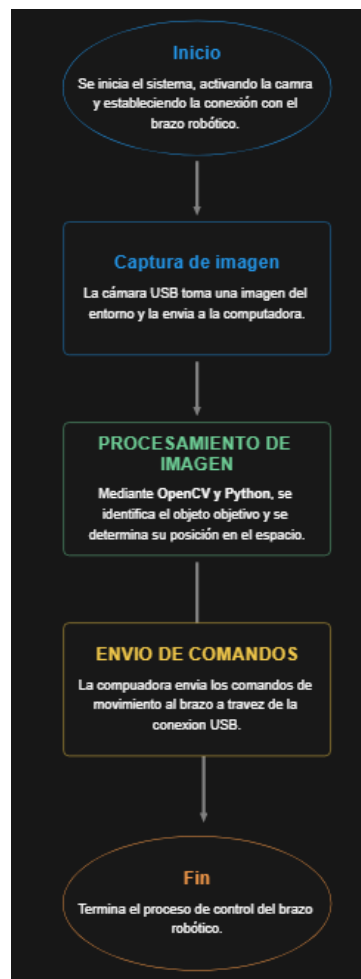
Conexión del Brazo Robótico

1. USB-C a USB-A: El Rotrics DexArm se conecta a la computadora mediante un cable USB-C a USB-A, permitiendo la comunicación de datos con el software de control.
2. Fuente de alimentación: El brazo requiere una conexión de corriente mediante un adaptador de 12V / 5A, asegurando su correcto funcionamiento.
3. Conexión de la Cámara USB: Se conecta a la computadora a través de un puerto USB-A, permitiendo la captura de imágenes en tiempo real para su procesamiento mediante visión artificial.
4. Computadora como Unidad de Procesamiento: La computadora ejecuta los algoritmos de visión artificial, reconocimiento de objetos y control del brazo robótico, interpretando las imágenes captadas por la cámara y enviando comandos al brazo para su movimiento y manipulación.

A continuación, se muestra un diagrama de flujo que indica como funcionara el procesamiento de datos con el sistema implementado:

Figura 8

Diagrama de flujo correspondiente a la comunicación del brazo con la cámara y la computadora.



4.2. Fase De Implementación

4.2.1. Configuración De Hardware Y Calibración Del Sistema De Visión Artificial.

Como primera fase del proceso, se llevó a cabo la verificación y ensamblaje inicial del brazo robótico, garantizando que todos los componentes estuvieran en óptimas condiciones y

correctamente ensamblados según las especificaciones técnicas del fabricante. Se revisaron las conexiones mecánicas, eléctricas y electrónicas, asegurando una correcta integración del sistema.

Para la implementación de visión artificial, se seleccionó una cámara USB genérica con compatibilidad para procesamiento de imágenes en tiempo real. Esta cámara se integró con el sistema de control del brazo robótico, permitiendo la captura de imágenes para el reconocimiento de patrones y colores. Además, se colocó también la herramienta de ventosa junto con la bomba de aire incluida en el Kit del robot para su implementación que forma parte de la manipulación de objetos.

Figura 9

Brazo robótico ensamblado para la detección y manipulación de objetos



4.2.2. Integración De Sensores Y Prueba De Respuestas Del Brazo Robótico.

En esta fase, se detalla el proceso de instalación y configuración del software necesario para el control del brazo robótico Rotrics DexArm mediante Python. Se aborda la integración de bibliotecas, la comunicación con el hardware y la programación de movimientos utilizando

procesamiento de imágenes. Para garantizar el correcto funcionamiento del brazo robótico, se deben cumplir los siguientes requisitos:

1. Sistema Operativo: Windows 10/11, macOS o Linux.
2. Python: Versión 3.7 o superior.
3. Bibliotecas necesarias: pydexarm, opencv-python, numpy, entre otras.
4. Drivers del DexArm: Disponibles en el sitio oficial de Rotrics.
5. Puerto USB disponible para la conexión con el brazo.

Posterior a esto se debe tener en cuenta que se tenga todas las y aplicaciones necesarias, tales como Python y OpenCV. Luego, para configurar correctamente la conexión de nuestro brazo robótico Rotrics DexArm con la computadora es importante seguir los siguientes pasos:

1. Conectar el brazo robótico al puerto USB de la computadora.
2. Verificar el puerto COM asignado en el "Administrador de dispositivos" (En este caso es el COM5)
3. Probar la conexión con el siguiente código en Python:

Figura 10

Código para comprobar la conexión con DexArm desde Python.

```
from pydexarm import Dexarm
dexarm = Dexarm("COM5")
dexarm.go_home()
```

Una vez configurado y enlazado el DexArm a la computadora procedemos a realizar la prueba y error de cada uno de los sistemas que nos permitirán controlar el brazo robótico de manera adecuada.

4.2.2.1 Captura de imagen y detección de objetos por color. En esta etapa procedemos a enlazar la cámara para poder capturar imágenes con OpenCV. para lo cual se ingresa el siguiente código que permite visualizar la imagen desde la cámara.

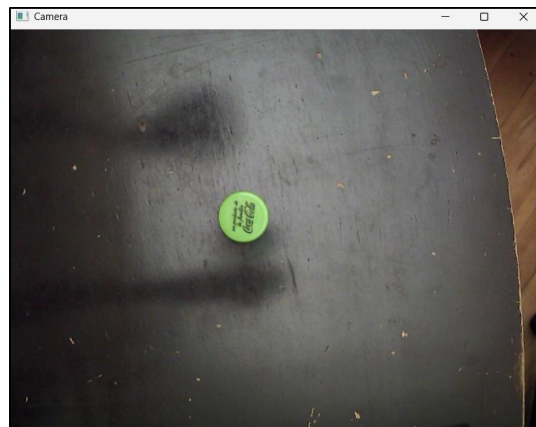
Figura 11

Código para visualizar la imagen de la cámara

```
import cv2
cap = cv2.VideoCapture(0)
while True:
    ret, frame = cap.read()
    if not ret:
        break
    cv2.imshow("Vista de la Cámara", frame)
    if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
        break
cap.release()
cv2.destroyAllWindows()
```

Figura 12

Imagen extraída de la cámara conectada al brazo robótico



4.2.2.2 Detección de colores. En esta etapa, se usa OpenCV para identificar objetos de diferentes colores, en este caso se seleccionó la detección de colores que para esta aplicación se realizara para diferenciar los 7 colores del arcoíris como el Rojo, Naranja, Amarillo, Verde, Cian, Azul, Violeta. En la Figura 12 se muestra el código que permite diferenciar los colores que la cámara detecta y además los secciona en rectángulos.

Figura 13

Código para detección de colores y sección mediante rectángulos

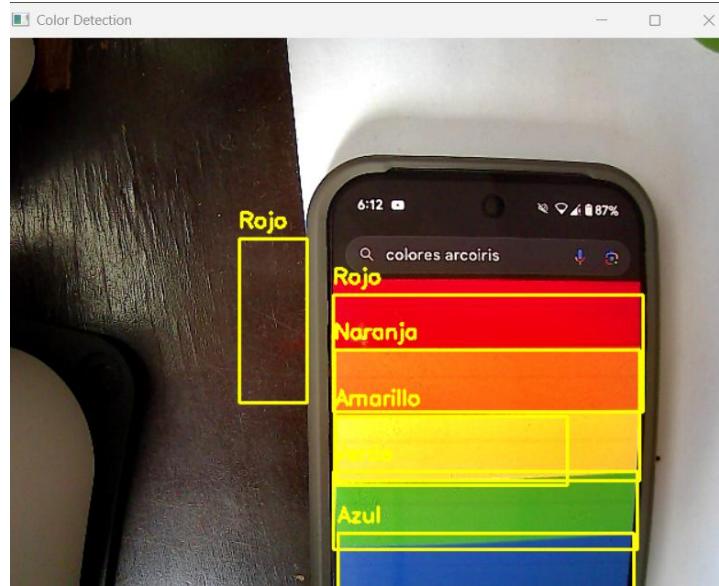
```

1  import cv2
2  import numpy as np
3  import time
4  from pydexarm import Dexarm
5
6  # *Conectar con el brazo robótico*
7  dexarm = Dexarm("COM5")
8
9  # *Posición inicial del brazo*
10 pos_inicial = (0, 300, 160)
11 dexarm.move_to(*pos_inicial)
12 time.sleep(2) # Esperar que llegue a la posición inicial
13
14 # Iniciar la cámara
15 cap = cv2.VideoCapture(0)
16
17 # Definir rangos de colores en HSV para los 7 colores del arcoíris
18 color_ranges = {
19     "Rojo": [(0, 120, 70), (10, 255, 255)],
20     "Naranja": [(11, 100, 100), (25, 255, 255)],
21     "Amarillo": [(26, 100, 100), (35, 255, 255)],
22     "Verde": [(36, 40, 40), (85, 255, 255)],
23     "Azul": [(105, 150, 0), (125, 255, 255)], # Rango ajustado para azul
24     "Cian": [(110, 100, 100), (140, 255, 255)], # Rango ajustado para cian
25     "Violeta": [(141, 50, 50), (165, 255, 255)],
26 }
27
28 while True:
29     ret, frame = cap.read()
30     if not ret:
31         break
32
33     # Convertir a formato HSV
34     hsv = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2HSV)
35
36     for color, (lower, upper) in color_ranges.items():
37         lower = np.array(lower, dtype=np.uint8)
38         upper = np.array(upper, dtype=np.uint8)
39
40         # Crear máscara
41         mask = cv2.inRange(hsv, lower, upper)
42
43         # Contornos
44         contours, _ = cv2.findContours(mask, cv2.RETR_TREE, cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
45
46         for cnt in contours:
47             area = cv2.contourArea(cnt)
48             if area > 500: # Filtrar pequeños objetos
49                 x, y, w, h = cv2.boundingRect(cnt)
50                 cv2.rectangle(frame, (x, y), (x + w, y + h), (0, 255, 255), 2)
51                 cv2.putText(frame, color, (x, y - 10), cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.6, (0, 255, 255), 2)
52
53     cv2.imshow("Color Detection", frame)
54
55     if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
56         break
57
58 cap.release()
59 cv2.destroyAllWindows()

```

Figura 14

Imagen de la detección de colores y sección mediante rectángulos



4.2.3. Implementación Del Sistema En Un Entorno Educativo Controlado.

La implementación del sistema de manipulación robótica basado en visión artificial se ha llevado a cabo en un entorno educativo controlado con el objetivo de validar su funcionalidad y desempeño antes de su integración en un espacio de formación académica. La correcta configuración del entorno de pruebas es esencial para garantizar la precisión en la detección de objetos, la ejecución de movimientos y la interacción con los estudiantes.

Condiciones del Entorno de Implementación

El sistema ha sido inicialmente probado sobre una superficie plana y estable, específicamente una mesa de trabajo que permite asegurar la estabilidad del brazo robótico Rotrics DexArm y la cámara USB. Esta configuración ha sido clave para evaluar la precisión de los movimientos y la fiabilidad del reconocimiento visual sin interferencias externas.

Posteriormente, se prevé la integración del sistema en el laboratorio de robótica y electrónica del Tecnológico Universitario Rumiñahui, donde se utilizará como herramienta de enseñanza en el desarrollo de destrezas en robótica e inteligencia artificial. Para ello, será necesario considerar las condiciones óptimas del entorno que permitan la correcta operatividad del sistema.

Requisitos del Entorno de Implementación

- Superficie de Trabajo Adecuada: El brazo robótico debe situarse en una mesa estable y nivelada, evitando vibraciones o inclinaciones que puedan afectar la precisión de sus movimientos.
- La cámara USB, adherida al brazo, debe permanecer fija para mantener la alineación correcta en la captura de imágenes.
- Iluminación Controlada: La visión artificial depende significativamente de la calidad de la iluminación. Se recomienda utilizar fuentes de luz blanca uniforme para minimizar sombras y variaciones de color en los objetos detectados.
- Se debe evitar la exposición a luces direccionales intensas o cambios bruscos de iluminación que puedan afectar la interpretación de las imágenes.
- Espacio de Trabajo Despejado: Para garantizar la detección precisa de los objetos, el área de trabajo debe mantenerse libre de elementos no relacionados con la prueba.
- Se debe evitar el uso de fondos con colores similares a los objetos de prueba, lo que podría generar errores en la segmentación de imágenes.

- Seguridad y Mantenimiento: La instalación en el laboratorio debe considerar medidas de seguridad para los estudiantes, asegurando que el brazo robótico opere dentro de una zona delimitada para evitar colisiones accidentales.
- Es recomendable realizar mantenimientos periódicos en los componentes mecánicos y electrónicos, asegurando el correcto funcionamiento del sistema a largo plazo.

Evaluación del Desempeño en el Entorno Controlado

Durante la fase de pruebas, se han realizado múltiples evaluaciones del sistema en un entorno controlado, permitiendo verificar:

- Precisión en la detección y manipulación de objetos: Se han ajustado los algoritmos de visión artificial para mejorar la exactitud en la identificación y localización de los objetos en la mesa de trabajo.
- Fiabilidad en la ejecución de movimientos: Se ha optimizado la calibración del brazo robótico para reducir errores en la posición final de los objetos trasladados.
- Interacción con los usuarios: Se ha evaluado la facilidad de operación del sistema, considerando su futura aplicación en el entorno educativo.

Futuras Implementaciones en el Laboratorio de Robótica y Electrónica

Una vez validados los resultados en el entorno de pruebas, el sistema será trasladado al laboratorio de robótica y electrónica del Tecnológico Universitario Rumiñahui, donde se integrará como parte del equipamiento didáctico. Este espacio ofrecerá condiciones más avanzadas para su uso en actividades académicas, incluyendo:

- Aplicaciones prácticas en cursos de robótica e inteligencia artificial.

- Programación y personalización de movimientos para distintos escenarios.
- Análisis de visión artificial aplicado a proyectos de automatización.

4.2.4. Programación De Movimiento Básicos Del Brazo Robótico.

Para esta etapa, se usará el código utilizado para la integración de sensores y prueba de respuesta para la detección de los objetos y le añadiremos la función de detección de las coordenadas de los objetos mostrados en la cámara. Para eso, se utilizó el siguiente código:

Figura 15

Código para detección de colores y coordenadas de objetos 1/2

```
1 import cv2
2 import numpy as np
3 import time
4 from pydexarm import Dexarm
5
6 # Conectar con el Dexarm
7 dexarm = Dexarm("COM5") # Ajusta el puerto según corresponda
8
9 # **Posición inicial del brazo**
10 pos_inicial = (0, 300, 160)
11 dexarm.move_to(*pos_inicial)
12 time.sleep(2)
13
14 # **Configurar la cámara**
15 cap = cv2.VideoCapture(0)
16
17 # **Definir rangos de colores en HSV**
18 color_ranges = {
19     "Rojo": [(0, 120, 70), (10, 255, 255)], # Rango rojo
20     "Verde": [(40, 40, 40), (80, 255, 255)], # Rango verde
21     "Azul": [(100, 150, 0), (140, 255, 255)], # Rango azul
22 }
23
24 # **Parámetros de conversión de coordenadas**
25 offset_x = -4.8 # Ajusta este valor según pruebas
26 offset_y = 267 # Ajusta este valor según pruebas
27 factor_escalado_x = 0.5
28 factor_escalado_y = 0.5
29 altura_objeto = -51 # Siempre Z = -51 mm
30
31 # **Compensación de la cámara**
32 desplazamiento_x = 4.3
33 desplazamiento_y = 2.5
34
35 # **Función para convertir coordenadas**
36 def convertir_coordenadas(cx, cy):
37     # Rotación de 90°: Intercambiar X e Y
38     cam_x = cy
39     cam_y = cx # Invertimos eje para mantener la orientación
40
41     # Escalar a coordenadas del brazo
42     brazo_x = (cam_x - 640 // 2) * factor_escalado_x + offset_x
43     brazo_y = (cam_y - 480 // 2) * factor_escalado_y + offset_y
44
45     # Compensar la cámara desplazada
46     brazo_x -= desplazamiento_x
47     brazo_y -= desplazamiento_y
48
49     return brazo_x, brazo_y, altura_objeto
50
51 while True:
52     ret, frame = cap.read()
53     if not ret:
54         break
55
56     hsv = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2HSV)
57
58     for color, (lower, upper) in color_ranges.items():
59         lower = np.array(lower, dtype=np.uint8)
60         upper = np.array(upper, dtype=np.uint8)
61
62         # Crear máscara
63         mask = cv2.inRange(hsv, lower, upper)
64         contours, _ = cv2.findContours(mask, cv2.RETR_TREE, cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
```

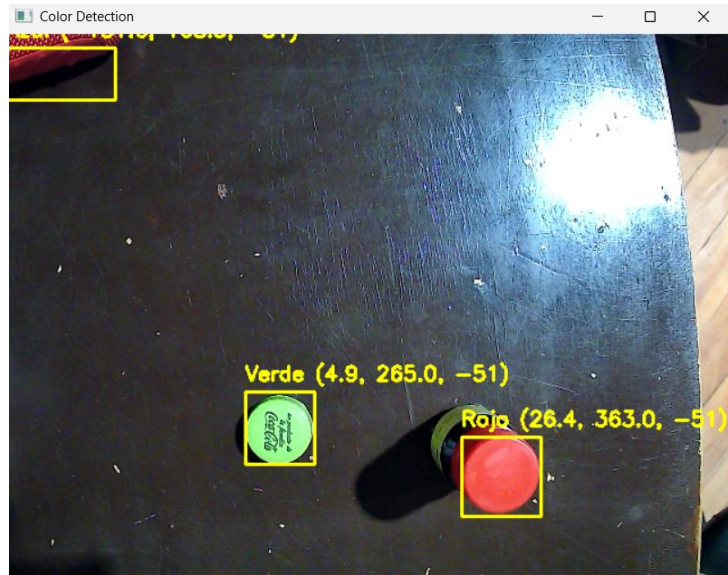
Figura 16

Código para detección de colores y coordenadas de objetos 1/2
Código para detección de colores y coordenadas de objetos 2/2

```
62 # Crear máscara
63 mask = cv2.inRange(hsv, lower, upper)
64 contours, _ = cv2.findContours(mask, cv2.RETR_TREE, cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
65
66 for cnt in contours:
67     area = cv2.contourArea(cnt)
68     if area > 500: # Filtrar pequeños objetos
69         x, y, w, h = cv2.boundingRect(cnt)
70
71         # **Calcular centro del objeto**
72         cx = x + w // 2
73         cy = y + h // 2
74
75         # **Convertir a coordenadas del brazo**
76         brazo_x, brazo_y, brazo_z = convertir_coordenadas(cx, cy)
77
78         # **Mostrar en la imagen**
79         cv2.rectangle(frame, (x, y), (x + w, y + h), (0, 255, 255), 2)
80         cv2.putText(frame, f"color: {brazo_x:.1f}, {brazo_y:.1f}, {brazo_z:.1f}",
81                     (x, y - 10), cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.6, (0, 255, 255), 2)
82
83         # **Mostrar en consola**
84         print(f"Objeto {color}: X={brazo_x:.1f}, Y={brazo_y:.1f}, Z={brazo_z:.1f}")
85
86     cv2.imshow("Color Detection", frame)
87
88     if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
89         break
90
91 cap.release()
92 cv2.destroyAllWindows()
93 dexarm.close()
94
```

Figura 17

Imagen de la cámara con color y coordenadas de los objetos



Se debe tener en cuenta que la posición de la cámara afecta la detección de las coordenadas y es necesario ajustar este desfase mediante prueba y error para poder detectar correctamente las coordenadas. En este caso, la cámara estaba ubicada de manera vertical y el brazo robótico de manera horizontal. Por lo tanto, fue necesario reemplazar el eje de X con el eje Y para compensar este desfase. Además, dado que los objetos que se utilizaran son tapas plásticas, se configuro la altura de los objetos a una altura fija de -51mm en Z dado que todas las tapas están a la misma altura.

4.2.5. Desarrollo De Rutinas De Movimiento Para Manipulación De Objetos.

Para el movimiento de los objetos, una vez determinadas las coordenadas de estos, se utiliza las funciones “*dexarm.move_to*” y se colocan las coordenadas que ya se calcularon.

Figura 18

Función para mover el brazo hacia el objeto

```
dexarm.move_to(brazo_x, brazo_y, brazo_z)
time.sleep(1)
```

4.2.5.1 Recolección de los objetos. Para la recolección de objetos con la ventosa, se utiliza la función “dexarm.air_picker_pick” que hace que la ventosa succione la superficie del objeto y la mantenga en el aire hasta llegara a la posición final.

Figura 19

Función para activar la ventosa

```
# **Activar la ventosa para tomar el objeto**
dexarm.air_picker_pick()
time.sleep(1)
```

4.2.5.2 Movimiento de los objetos hacia otro punto. Para esta etapa final, se tomó en cuenta una posición final ya asignada que será el lugar donde se dejaran los objetos recolectados, en este caso, vasos plásticos con el nombre de cada color. Sus coordenadas se asignaron en el código para que, una vez detectados los objetos, vayan directamente hacia la posición de los vasos y se vayan agrupando de manera ordenada por color.

Figura 20

Movimiento de objetos y clasificación por color



Para soltarlos se utilizó la función “*dexarm.air_picker_place*” y “*dexarm.air_picker_stop*” que hacen que el objeto se suelte de la ventosa y se apague la bomba de aire

Figura 21

Función para soltar objetos y apagar ventosa

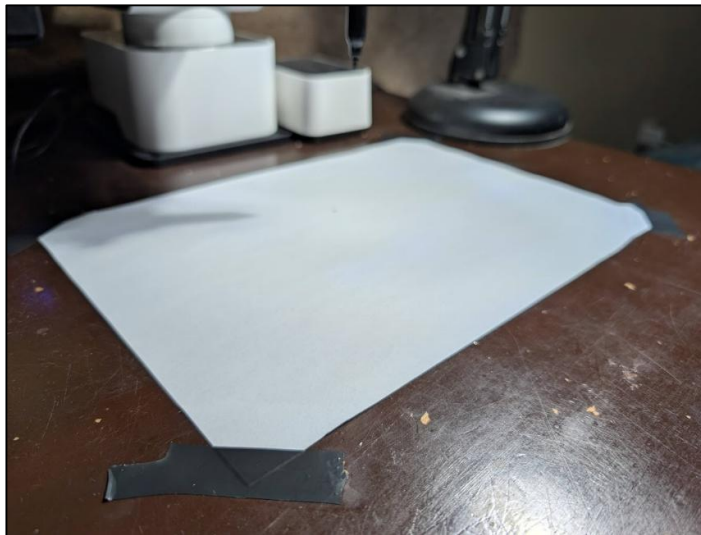
```
# **Soltar el objeto con la ventosa**
dexarm.air_picker_place()
time.sleep(1)
dexarm.air_picker_stop() # Apagar la bomba de vacío
time.sleep(1)
```

4.2.6. Diseño De La Propuesta De Dibujo

4.2.6.1 Uso De Plataforma Rotrics Studio. Para esta propuesta es fundamental el uso del aplicativo de Rotrics Studio, ya que brinda una interfaz intuitiva para los usuarios finales que en este caso serán los estudiantes y docentes, dado que el énfasis de este proyecto es la enseñanza, la facilidad y la comodidad son primordiales. Inicialmente se prepara el entorno de trabajo, donde se ubicará el lienzo fijo donde se procederá a dibujar. En este caso, se utilizó una hoja de papel de color blanco fijada con cinta para evitar que se mueva.

Figura 22

Hoja de papel fijada con cinta para evitar movimiento



Luego se integra el accesorio que permite adaptar el instrumento que realizara el dibujo, en este caso un marcador.

Figura 23

Integración del acople para dibujo y el rotulador



Figura 24

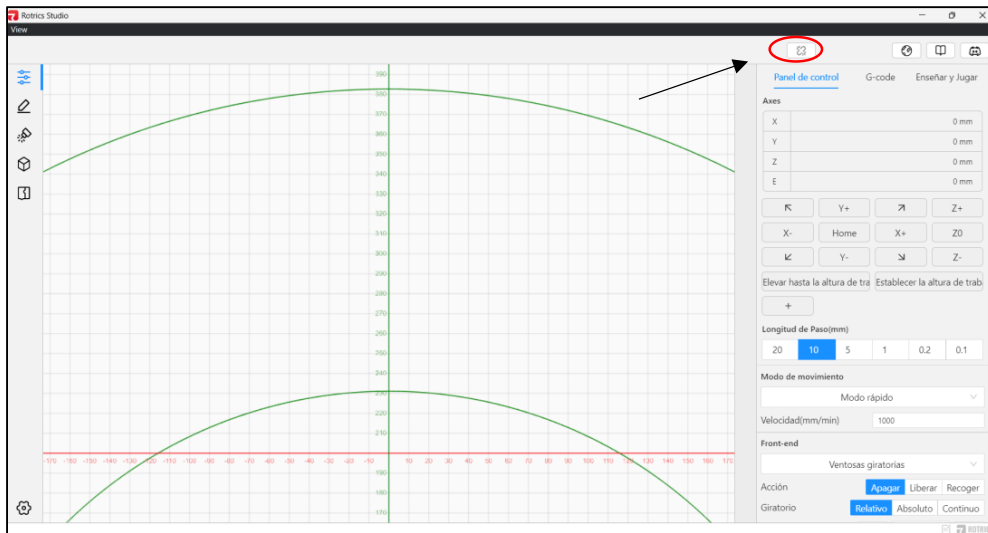
Brazo robótico listo para plasmar dibujo



Una vez listo el entorno de trabajo, conectamos el brazo robótico por cable a la computadora y se enlaza el brazo al aplicativo de Rotrics Studio utilizando el botón de enlace:

Figura 25

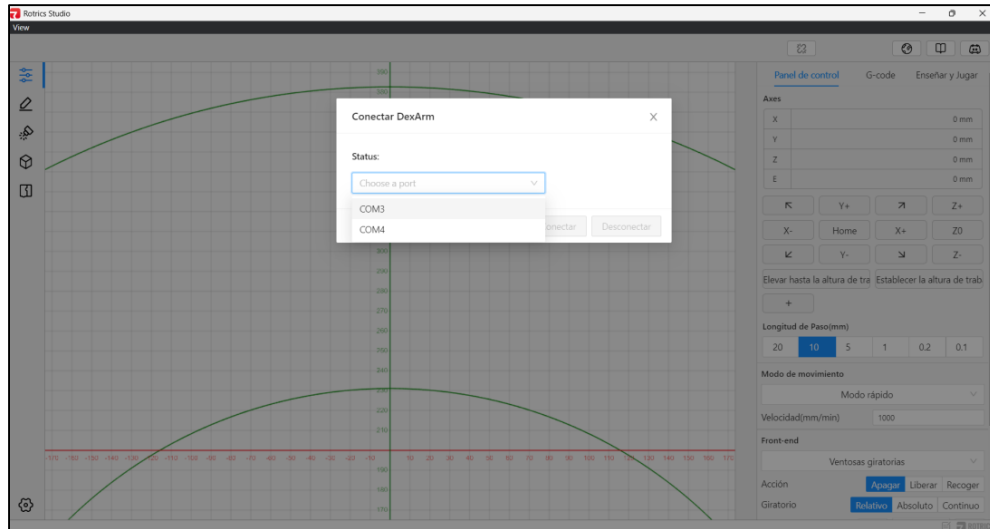
Conexión del brazo robótico con la plataforma de Rotrics Studio



Luego seleccionamos el puerto “COM” que se asignó al brazo robótico y presionamos “CONECTAR”.

Figura 26

Selección de puerto "COM" asignado al brazo

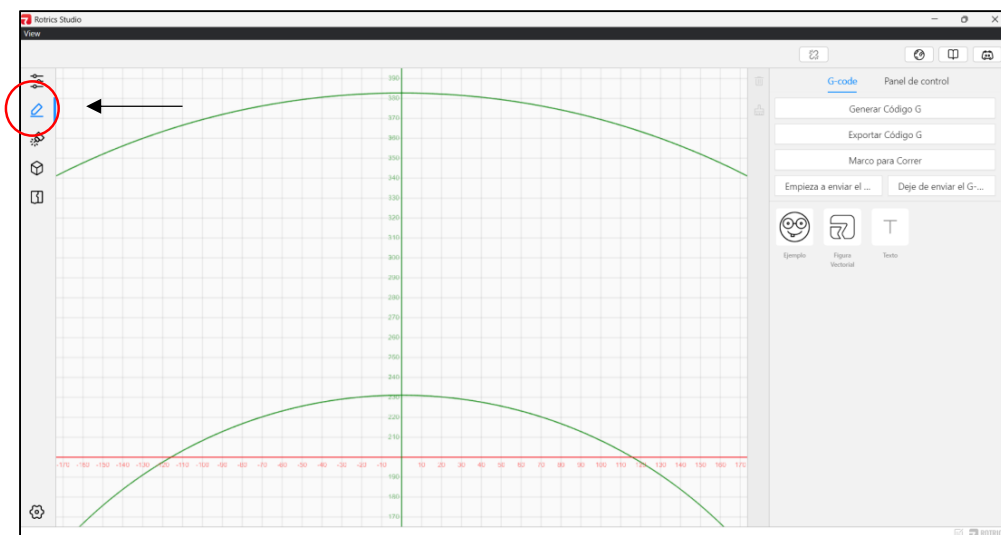


De esta manera el brazo robótico estará conectado a nuestra computadora y enlazado a la plataforma de Rotrics Studio.

4.2.6.2 Primeros Pasos. Una vez conectado el brazo robótico, se selecciona la función de escritura ubicada en el menú izquierdo de la plataforma de Rotrics Studio como se muestra en la Figura 26:

Figura 27

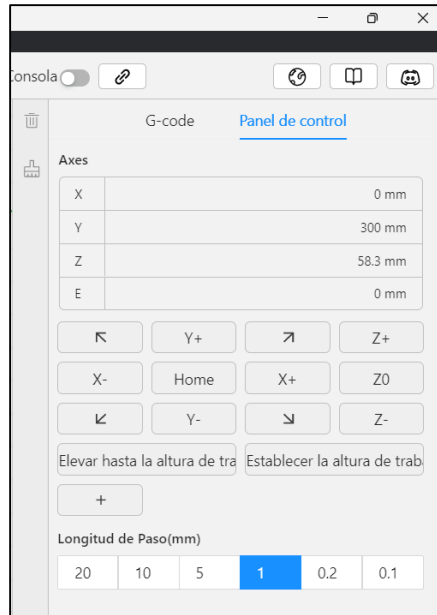
Función de dibujo en Rotrics Studio



Una vez aquí el primer paso es establecer la altura de trabajo que consiste en utilizar el panel de control que se muestra en la figura 27 y movilizar el brazo hasta que la punta de nuestro rotulador toque el lienzo donde se plasmara el dibujo.

Figura 28

Panel de control de brazo en Rotrics Studio

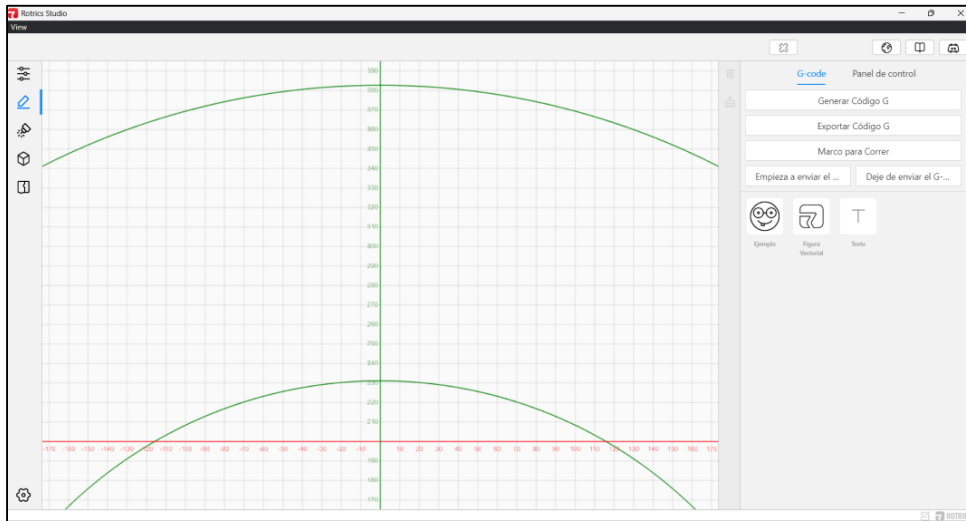


Una vez fijada la altura de trabajo, se presiona el botón “Establecer altura de trabajo” y luego “Home” para que el brazo robótico sepa a que altura se debe dibujar y regrese a su posición inicial.

4.2.6.3 Ingreso De Imágenes A La Plataforma. Una vez completados los pasos anteriores se procedió a elegir la “imagen” que el brazo robótico dibujara, se pueden elegir imágenes brindadas por la propia plataforma como figuras, texto, etc. Además, se puede insertar cualquier tipo de imagen en formato “.SVG”. En la Figura 29 se muestra la interfaz de selección de imagen a imprimir.

Figura 29

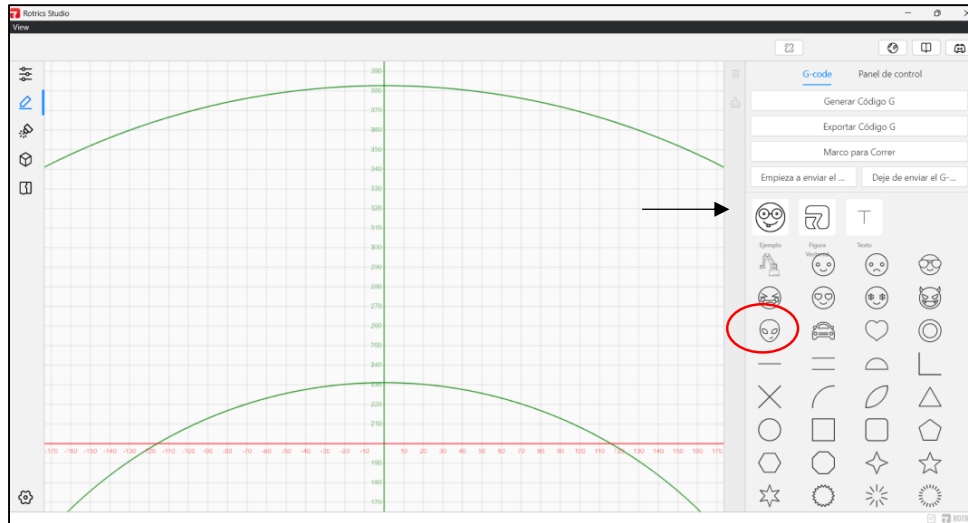
Interfaz de dibujo de Rotrics Studio



Dado que hay muchas opciones para impresión, se escogió la manera más sencilla que es elegir una imagen prediseñada por la plataforma de Rotrics Studio, en este caso, se eligió la forma de un “Alién”.

Figura 30

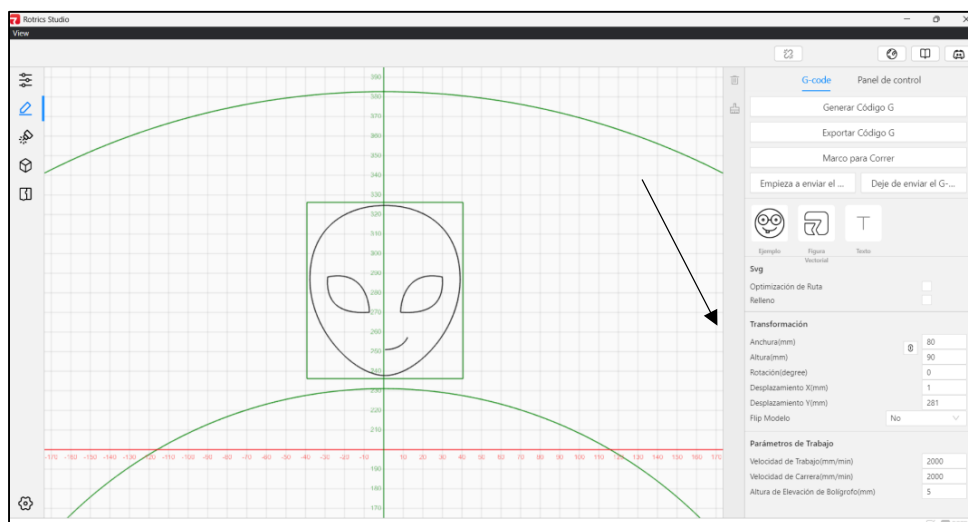
Selección de forma a dibujar en Rotrics Studio



Una vez seleccionada la figura que el brazo robótico va a dibujar se pueden configurar los parámetros de salida como, tamaño, grosor, etc.

Figura 31

Configuración de parámetros para dibujo



4.2.6.4 Impresión De Imagen. Finalmente, con la imagen seleccionada y los parámetros de salida configurados desde la interfaz, se procede a enviar la imagen al brazo robótico para que empiece a plasmar el dibujo. Se presiona el botón “Empieza a enviar el código G” y de esta manera el brazo empezara a dibujar.

Figura 32

Función de impresión de dibujo

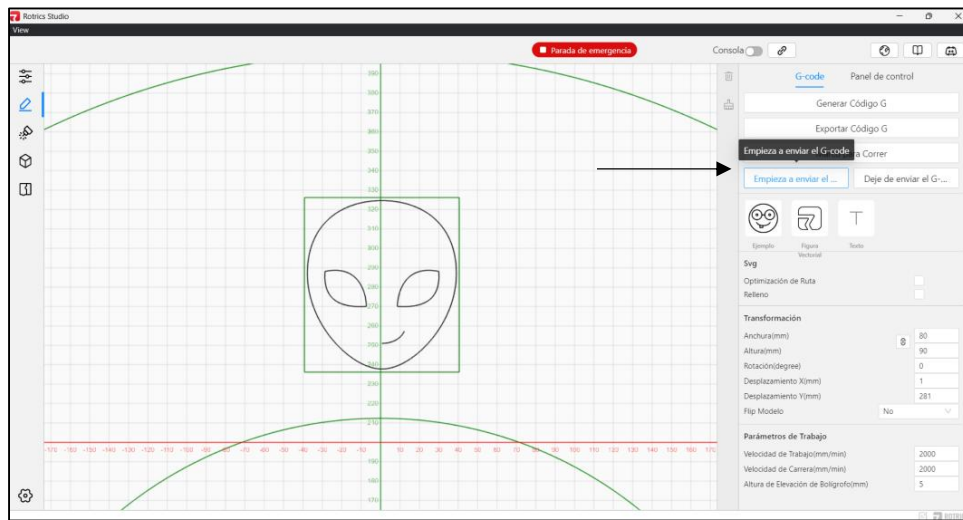


Figura 33

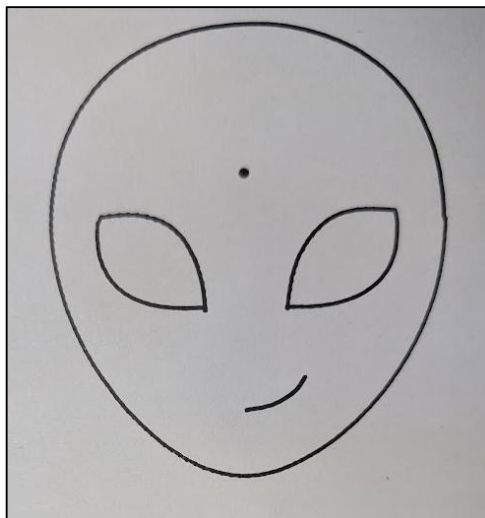
Brazo robótico dibujando



Dependiendo de la complejidad de la figura y de su tamaño, el tiempo de dibujo puede variar, en este caso al ser una imagen sencilla, el brazo robótico se tardó alrededor de 10 segundos para finalizar el dibujo. En la Figura se puede ver la imagen ya plasmada en el papel.

Figura 34

Dibujo realizado por Rotrics Dexarm



4.3. Fase De Prueba Y Evaluación

4.3.1. Verificación Y Ajustes En La Precisión De Los Movimientos Programados

La verificación de la precisión en los movimientos programados del brazo robótico Rotrics DexArm New Luxury Kit fue un paso fundamental para garantizar la exactitud en la manipulación de objetos. Durante las pruebas iniciales, se identificó un desfase de 4,3 centímetros en el eje Y y de 2,5 centímetros en el eje X, lo que afectaba la precisión en la ubicación de los objetos manipulados.

Identificación del Desfase

Mediante la observación directa y el análisis de los datos de posición obtenidos a través de la cámara USB integrada, se detectó que el brazo robótico no alcanzaba con precisión las coordenadas establecidas en el código. Esta desviación se evidenció al comparar las posiciones objetivo con las posiciones reales alcanzadas por el brazo.

Figura 35

Muestra del desfase detectado



Ajuste Mediante Prueba y Error

Para corregir este desfase, se implementaron ajustes en el código del sistema, aplicando compensaciones específicas para cada eje. A través de un proceso iterativo de prueba y error, se realizaron modificaciones en las coordenadas objetivo, añadiendo los valores del desfase detectado (4,3 cm en el eje Y y 2,5 cm en el eje X). Además, se invirtieron los ejes dado que la cámara está ubicada de manera perpendicular al brazo robótico y de esta manera se corrige ese cambio. Esto permitió que el brazo robótico alcanzara con precisión los puntos deseados.

Figura 36

Código de ajuste del desfase

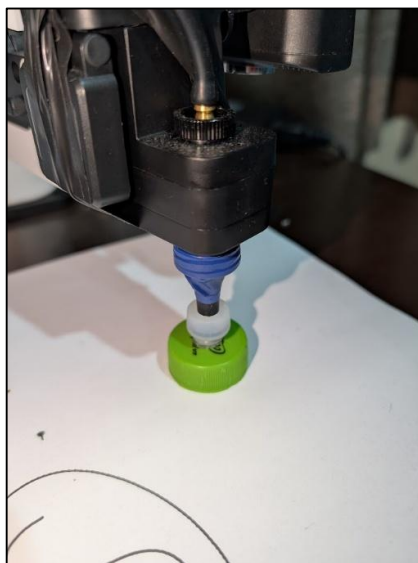
```
30
31 # **Compensación de la cámara**
32 desplazamiento_x = 4.3
33 desplazamiento_y = 2.5
34
35 # **Función para convertir coordenadas**
36 def convertir_coordenadas(cx, cy):
37     # Rotación de 90º: Intercambiar X e Y
38     cam_x = cy
39     cam_y = cx # Invertimos eje para mantener la orientación
40
41     # Escalar a coordenadas del brazo
42     brazo_x = (cam_x - 640 // 2) * factor_escalado_x + offset_x
43     brazo_y = (cam_y - 480 // 2) * factor_escalado_y + offset_y
44
45     # Compensar la cámara desplazada
46     brazo_x -= desplazamiento_x
47     brazo_y -= desplazamiento_y
48
49     return brazo_x, brazo_y, altura_objeto
50
```

Verificación de la Precisión Corregida

Después de aplicar las correcciones, se realizaron múltiples pruebas para verificar la precisión de los movimientos. Los resultados mostraron que el brazo robótico alcanzaba las posiciones objetivo con exactitud, eliminando el desfase previamente identificado.

Figura 37

Muestra del desfase corregido



4.3.2. Actualización Y Mejora De La Programación De Movimientos

Para optimizar el rendimiento y la precisión del brazo robótico Rotrics DexArm New Luxury Kit, se implementaron mejoras en la programación de movimientos. Una de las principales estrategias fue el traslado de los objetos a una posición central intermedia antes de dirigirlos a su destino final. Esto se realizó con el fin de evitar colisiones con los contenedores de almacenamiento y garantizar un trayecto más eficiente y seguro.

La secuencia de movimiento ahora consiste en tres etapas:

- Captura del objeto con la ventosa: Una vez identificado el objeto a través del sistema de visión artificial, el brazo robótico lo recoge.
- Traslado a una posición central intermedia: Este paso minimiza el riesgo de colisión y permite una transición suave.
- Desplazamiento al destino final: Con la posición intermedia como referencia, el brazo se mueve a la ubicación final de almacenamiento.

Esta mejora ha reducido significativamente los errores de trayecto y ha optimizado el tiempo de ejecución de las tareas automatizadas.

4.3.3. Capacitación A Docentes Y Estudiantes En El Entorno Educativo

Dado que la implementación del brazo robótico Rotrics DexArm New Luxury Kit se enmarca dentro de un trabajo de integración curricular en el Instituto Tecnológico Universitario Rumiñahui, la capacitación de docentes y estudiantes es un paso fundamental para el éxito del proyecto. Sin embargo, debido a que la materia específica aún no está en ejecución, la capacitación directa no ha sido posible.

No obstante, este trabajo de integración curricular sirve como una introducción preliminar a la robótica y la visión artificial. En el futuro, se planificará una capacitación estructurada que incluirá:

- Formación teórica en robótica e inteligencia artificial.
- Prácticas guiadas para la programación y control del brazo robótico.
- Resolución de problemas y ajustes de precisión en tiempo real.

Con este enfoque, se asegura que tanto los docentes como los estudiantes adquieran las competencias necesarias para operar el sistema de manera efectiva.

4.3.4. Validación Final Del Brazo Robótico En El Entorno Educativo

La validación final del brazo robótico en un entorno educativo controlado aún está pendiente, ya que el sistema no ha sido implementado formalmente en el laboratorio de robótica y electrónica del Instituto Tecnológico Universitario Rumiñahui. Sin embargo, las pruebas realizadas en una mesa de trabajo han demostrado la viabilidad del sistema y su facilidad de uso.

La simplicidad en la programación y las operaciones del Rotrics DexArm permiten una rápida adaptación por parte de los usuarios. Una vez que se implemente formalmente, se podrán realizar evaluaciones de desempeño y precisión, así como ajustes adicionales para garantizar una integración exitosa en el entorno académico.

Con estas bases, el sistema está preparado para una adopción fluida y efectiva en el entorno educativo, facilitando la enseñanza de conceptos avanzados de robótica e inteligencia artificial.

4.3.5. Evaluación Del Impacto Del Brazo Robótico En El Aprendizaje

La incorporación del brazo robótico en el entorno educativo promete un impacto significativo en el aprendizaje. Al ofrecer múltiples aplicaciones y posibilidades, los estudiantes pueden desarrollar proyectos innovadores y fortalecer sus habilidades técnicas. Además, este avance tecnológico atraerá a nuevos estudiantes interesados en la robótica y la automatización, contribuyendo al crecimiento de la institución.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

La implementación de aplicaciones de destreza en un brazo robótico antropomórfico basado en visión artificial permitió mejorar su precisión y eficiencia en tareas automatizadas, cumpliendo con los objetivos del proyecto. A través del análisis teórico y tecnológico, se comprendieron los fundamentos esenciales para la integración de una cámara y sus algoritmos de procesamiento, lo que facilitó el desarrollo de estrategias de control efectivas. Asimismo, la metodología seleccionada permitió una implementación óptima del brazo, garantizando su funcionalidad y consolidando su aplicabilidad en entornos educativos.

Como resultado del proyecto, se desarrollaron tres aplicaciones principales: la detección de colores, la clasificación y orden de objetos por color, y el dibujo de figuras. La detección de colores demostró su utilidad para personas con daltonismo, al permitirles diferenciar los siete colores del arcoíris con precisión. Esta capacidad amplía las posibilidades de inclusión en diversos ámbitos educativos y tecnológicos.

Por otro lado, la clasificación y orden de objetos por color evidenció la capacidad del brazo para manipular elementos mediante ventosas y transportarlos a sus respectivos contenedores. Esta funcionalidad es especialmente relevante en procesos de automatización industrial y en la enseñanza de robótica, ya que permite la interacción con objetos físicos en un entorno controlado.

Finalmente, la aplicación de dibujo de figuras ofreció una plataforma intuitiva que facilita la representación gráfica de formas y diseños, brindando apoyo a usuarios interesados en mejorar sus habilidades de dibujo. Esta herramienta no solo promueve la creatividad, sino

que también puede utilizarse en la enseñanza de conceptos relacionados con el diseño asistido por computadora y la programación de movimientos en robótica.

Estas aplicaciones demuestran el potencial de la visión artificial en la robótica educativa, proporcionando herramientas que enriquecen el aprendizaje en disciplinas como la Mecatrónica, la Automatización Industrial y la Visión por Computador. Además, validan el uso de brazos robóticos en entornos académicos como una estrategia efectiva para la enseñanza práctica y el desarrollo de habilidades en nuevas tecnologías.

5.2 Recomendaciones

1. Ampliar las funcionalidades del brazo robótico integrando algoritmos de aprendizaje automático que permitan mejorar la precisión en la detección y manipulación de objetos.
2. Optimizar la interfaz de usuario para que las aplicaciones sean más accesibles y fáciles de usar, fomentando su implementación en entornos educativos y de investigación.
3. Explorar la incorporación de nuevos sensores que mejoren la percepción del entorno, permitiendo la identificación de más características en los objetos manipulados.
4. Evaluar la posibilidad de escalar el proyecto para su aplicación en otros campos, como la asistencia en procesos industriales o el apoyo a personas con discapacidades visuales y motoras.
5. Fomentar la capacitación docente en el uso del brazo robótico y su integración en la enseñanza de asignaturas técnicas, asegurando su aprovechamiento en el ámbito académico.

Referencias

- Agudelo, N., Tano, G., y Vargas, C. (2020). Historia de la Automatización. Universidad Ecci.
- Alimisis, D., & Kynigos, C. (2020). Educational Robotics for Inclusive Teaching: A Practical Approach. *Journal of Educational Technology*, 35(2), 78-95.
- Cantos, D., y Guerrero, G. (2024). Desarrollo de un módulo educativo para la clasificación de objetos utilizando un brazo robótico y visión artificial.
- Carmona, R., Amato, J., y Ascuá, R. (2020). La industria 4.0 en empresas manufactureras del Brasil.
- Castro, B. (2020). La importancia de la Robótica como eje en el desarrollo de la sociedad. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 5(8), 1368-1377.
- Chen, Y., Liu, X., & Zhang, J. (2023). Integrating Artificial Intelligence in Robotic Education: A Case Study on Vision-Based Object Recognition. *Robotics & Automation Magazine*, 40(1), 123-137.
- Choi, J., Kim, D., & Park, J. (2020). Learning by imitation: Vision-based robotic systems for dexterous tasks. *Robotics and Autonomous Systems*, 128, 103506.
<https://doi.org/10.1016/j.robot.2020.103506>
- Coicaud, S. (2020). Potencialidades didácticas de la inteligencia artificial: Videojuegos, realidad extendida, robótica y plataformas. *Mediaciones tecnológicas para una enseñanza disruptiva*. Noveduc.
- De Simoni, M. (2021). El Riesgo de la Automatización. Lecciones aprendidas de la aviación comercial. . *Revista De Investigación En Modelos Financieros*, 2, 1-17.
- Gamonal, A. (2020). Diseño de un sistema por visión artificial para determinar la calidad de mandarinas.
- Garrell, A., y Guílera, L. (2019). La industria 4.0 en la sociedad digital. Marge books.
- Gómez, L., Sánchez, F., & Rivera, C. (2022). Artificial Vision in Robotics: Advances and Applications. *International Journal of Robotics Research*, 39(8), 1125-1145.
<https://doi.org/10.1177/02783649221120455>

- González, M., Pérez, J., & Rodríguez, L. (2018). Artificial Intelligence (AI)-Powered Internet of Things (IoT). *Sensors*, 23(11), 5206.
- González-González, C. S., Navarro-Adelantado, V., & Cerezo, E. (2021). Robotics and Education: A Systematic Review of Teaching Approaches and Learning Outcomes. *Journal of Science Education and Technology*, 30(5), 815-833.
- Hernández, J. C., & López, R. M. (2019). Artificial General-Internet of Things (AG-IOT) for Robotics of Automation. *Systemic Practice and Action Research*, 34, 1-17.
- Huang, T., & Lee, M. (2023). Teaching Computer Vision through Robotic Systems: A Harvard Case Study. *International Journal of Robotics Research*, 42(3), 265-280.
- Isusqui, J., Villavicencio, I., Inga, C., Gutiérrez, H., Díaz, B., y Amaya, K. (2023). La Inteligencia Artificial al servicio de la gestión y la implementación en la educación.
- Kim, H., Park, S., & Choi, J. (2021). The Role of Robotic Arms in Special Education: Enhancing Motor Skills in Children with Disabilities. *Journal of Rehabilitation Science*, 29(4), 198-212.
- Kim, S., Lee, H., & Kim, J. (2021). Advanced perception for robotic manipulation using artificial vision. *International Journal of Robotics Research*, 40(7), 782-799.
<https://doi.org/10.1177/02783649211020632>
- López De Luise, D. (2020). Los músculos robóticos blandos del doctor Cardona. IEEE Capítulo Argentino de la CIS. Recuperado de https://r9.ieee.org/argentina-cis/inicio/jb1day/jb1day_20201003_009/#top
- López, L. (2023). Diseño de un robot teleoperado industrial para procesos de logística.
- Macías, F., de Hoyos, F., Flores, R., de la Garza, P., Guerra, M., y Garza, O. (2024). Digitalización de procesos en la industria 4.0. *RICEA Revista Iberoamericana de Contaduría, Economía y Administración*, 13(25), 62-86.
- Martínez, J., Brown, K., & Wilson, L. (2023). Robotics in Higher Education: Enhancing Teamwork and Leadership through Project-Based Learning. *Education and Robotics Review*, 28(2), 149-165.

- Martínez, P., & Gómez, M. (2018). New Trends in Anthropomorphic Robotic Design for Advanced Manufacturing. *Robotics and Autonomous Systems*, 105, 45-62.
<https://doi.org/10.1016/j.robot.2018.01.003>
- Martínez, P., & Pérez, J. (2020). Integrating Leading-Edge Artificial Intelligence (AI), Internet of Things (IoT), and Big Data Technologies for Smart and Sustainable Architecture, Engineering, and Construction (AEC) Industry: Challenges and Future Directions. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(5), 04020035.
- Miller, R., & Brown, A. (2023). Baxter in the Classroom: A Study on the Use of Humanoid Robots in Engineering Education. *IEEE Transactions on Education*, 66(1), 45-58.
- Morales, J., García, L., & Torres, R. (2019). *Principles of Anthropomorphic Robotics Design*. Springer Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-12149-5>
- Morales, K., Hoyos, C., y García-Caicedo, J. (2019). Desarrollo Diseño y optimización de la estructura mecánica de un brazo robótico antropomórfico desarrollado con fines educativos. *Revista UIS Ingenierías*, 18(4), 193-208.
- Ortiz, L. (2024). Control visual de un robot manipulador mediante reinforcement learning.
- Papert, S., & Harel, I. (2021). Constructionism in Practice: How Robotics Shapes Learning. *Educational Technology & Society*, 24(2), 90-110.
- Park, H., Li, J., & Smith, R. (2023). Robotic Arm Education at Stanford: Enhancing Learning Outcomes through Hands-On AI Training. *Journal of Engineering Education*, 48(3), 321-338.
- Pérez, J., Gómez, R., & Sánchez, P. (2022). Algoritmos de aprendizaje profundo para visión artificial en robótica. *Journal of Robotics and Automation*, 34(2), 45-58.
- Ramírez, D., Soto, F., & López, M. (2023). Visión artificial en robótica: Una revisión sobre técnicas y aplicaciones. *Revista de Tecnología y Robótica*, 28(1), 102-119.
- Robles, A. (2024). Estación de paletizado en RobotStudio (ABB) con HMI en TIA Portal, controlable por voz y visión artificial desde Python.
- Rodríguez, A., & Pérez, J. (2020). Lightweight Materials in Robotic Applications: An Overview. *Journal of Materials Science*, 55(14), 6095-6112.
<https://doi.org/10.1007/s10853-020-04602-7>

- Rodríguez, C., & Pérez, J. (2022). UR3 and Dobot Magician in University Robotics Labs: A Comparative Study. *Robotics Education Journal*, 37(4), 112-127.
- Rodríguez, L., Gómez, M., & Ramírez, S. (2022). Development of Advanced Artificial Intelligence and IoT Automation Systems. *Journal of Automation and Control Engineering*, 10(2), 45-56.
- Rotrics. (2022). Rotrics DexArm. <https://rotrics.com/products/dexarm>
- Rusu, R., Cousins, S., & Allen, P. (2019). 3D perception for robotics: A deep dive into stereo and depth sensing. *Journal of Robotic Systems*, 36(4), 467-480.
<https://doi.org/10.1002/rob.21880>
- Siciliano, B., Sciavicco, L., & Villani, L. (2016). *Robotics: Modelling, planning and control*. Springer.
- Tecnológico Universitario Rumiñahui. (2021, 1 junio). Nosotros | Tecnológico Universitario Rumiñahui. Tecnológico Universitario Rumiñahui | Universitario Rumiñahui.
<https://ister.edu.ec/nosotros/>
- Torres, F., Vega, P., & Hernández, A. (2021). Human-Machine Interfaces in Robotic Systems: Current Trends and Challenges. *IEEE Robotics and Automation Magazine*, 28(3), 23-36. <https://doi.org/10.1109/MRA.2021.3081101>
- Viñanzaca, F., y Chacha, L. (2024). Desarrollo de un robot antropomórfico de 5 grados de libertad mediante el uso de motores a pasos con caja reductora armónica.
- Wang, L., & Zhang, X. (2022). Simulating Robotic Systems in Virtual Learning Environments: The Case of TinkerCad Robotics. *Computers & Education*, 179, 104401.
- Zhao, H., Wu, Y., & Sun, F. (2023). Key Components and Future Development Analysis of Humanoid Robots. *IEEE Conference Publication*. Recuperado de <https://ieeexplore.ieee.org/document/10649218>
- Zhao, H., Zhou, J. Huang, Q. Dou, P. Abbeel and Y. Liu, "A Dexterous and Compliant (DexCo) Hand Based on Soft Hydraulic Actuation for Human-Inspired Fine In-Hand Manipulation," in *IEEE Transactions on Robotics*, vol. 41, pp. 666-686, 2025, doi: 10.1109/TRO.2024.3508932.

ANEXOS

Anexo 1.

Código para aplicación 1: Detección de colores

```
import cv2
import numpy as np
import time
from pydexarm import Dexarm

# *Conectar con el brazo robótico*
dexarm = Dexarm("COM5")

# *Posición inicial del brazo*
pos_inicial = (0, 300, 160)
dexarm.move_to(*pos_inicial)
time.sleep(2) # Esperar que llegue a la posición inicial

# Iniciar la cámara
cap = cv2.VideoCapture(0)

# Definir rangos de colores en HSV para los 7 colores del arcoíris
color_ranges = {
    "Rojo": [(0, 120, 70), (10, 255, 255)],
    "Naranja": [(11, 100, 100), (25, 255, 255)],
    "Amarillo": [(26, 100, 100), (35, 255, 255)],
    "Verde": [(36, 40, 40), (85, 255, 255)],
    "Azul": [(105, 150, 0), (125, 255, 255)], # Rango ajustado para azul
    "Cian": [(110, 100, 100), (140, 255, 255)], # Rango ajustado para cian
    "Violeta": [(141, 50, 50), (165, 255, 255)],
}

while True:
    ret, frame = cap.read()
    if not ret:
        break

    # Convertir a formato HSV
    hsv = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2HSV)

    for color, (lower, upper) in color_ranges.items():
        lower = np.array(lower, dtype=np.uint8)
        upper = np.array(upper, dtype=np.uint8)

        # Crear máscara
        mask = cv2.inRange(hsv, lower, upper)
```

```

        # Contornos
        contours, _ = cv2.findContours(mask, cv2.RETR_TREE,
cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)

        for cnt in contours:
            area = cv2.contourArea(cnt)
            if area > 500: # Filtrar pequeños objetos
                x, y, w, h = cv2.boundingRect(cnt)
                cv2.rectangle(frame, (x, y), (x + w, y + h), (0, 255, 255), 2)
                cv2.putText(frame, color, (x, y - 10),
cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.6, (0, 255, 255), 2)

        cv2.imshow("Color Detection", frame)

        if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
            break

cap.release()
cv2.destroyAllWindows()

```

Anexo 2.

Código para aplicación 2: Detección y clasificación de objetos por color

```
import cv2

import numpy as np

import time

from pydexarm import Dexarm

# *Conectar con el brazo robótico*

dexarm = Dexarm("COM5")

# *Posición inicial del brazo*

pos_inicial = (0, 300, 160)

dexarm.move_to(*pos_inicial)

time.sleep(2) # Esperar que llegue a la posición inicial

# Iniciar la cámara

cap = cv2.VideoCapture(0)

# Definir rangos de colores en HSV para los 7 colores del arcoíris

color_ranges = {

    "Rojo": [(0, 120, 70), (10, 255, 255)],

    "Naranja": [(11, 100, 100), (25, 255, 255)],

    "Amarillo": [(26, 100, 100), (35, 255, 255)],

    "Verde": [(36, 40, 40), (85, 255, 255)],
```



```

"Azul": [(105, 150, 0), (125, 255, 255)], # Rango ajustado para azul

"Cian": [(110, 100, 100), (140, 255, 255)], # Rango ajustado para cian

"Violeta": [(141, 50, 50), (165, 255, 255)],
}

while True:

    ret, frame = cap.read()

    if not ret:

        break

    # Convertir a formato HSV

    hsv = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2HSV)

    for color, (lower, upper) in color_ranges.items():

        lower = np.array(lower, dtype=np.uint8)

        upper = np.array(upper, dtype=np.uint8)

        # Crear máscara

        mask = cv2.inRange(hsv, lower, upper)

        # Contornos

        contours, _ = cv2.findContours(mask, cv2.RETR_TREE,
cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)

        for cnt in contours:

```

```
    area = cv2.contourArea(cnt)

    if area > 500: # Filtrar pequeños objetos

        x, y, w, h = cv2.boundingRect(cnt)

        cv2.rectangle(frame, (x, y), (x + w, y + h), (0, 255, 255), 2)

        cv2.putText(frame, color, (x, y - 10), cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.6, (0,
255, 255), 2)

cv2.imshow("Color Detection", frame)

if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
    break

cap.release()
cv2.destroyAllWindows()
```