



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ROBOT DELTA QUE PERMITA EL APRENDIZAJE DE ROBÓTICA AL UTILIZAR TÉCNICAS DE REALIDAD AUMENTADA EN EL LABORATORIO DE MECATRÓNICA EN LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA”

Autores:

Poma Aguilar, Alvaro Ramiro
Rocha Mejía, Steeven Santiago

Director:

Ing. Mendoza Chipantasi, Darío José



RESUMEN

El presente proyecto muestra el desarrollo de un robot delta que permita el aprendizaje de robótica utilizando técnicas de realidad aumentada, por lo cual el proyecto parte de la investigación sobre los sistemas de realidad aumentada, su uso como herramienta educativa, y sobre los robots tipo delta, con el propósito principal de ayudar a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecatrónica en el aprendizaje de la materia de Robótica, y a su vez incorporar nuevas tecnologías

INTRODUCCIÓN

Actualmente se presenta a la realidad aumentada como una herramienta práctica para la capacitación y entrenamiento de procesos o maquinarias debido a que, permite interactuar con los objetos físicos mediante el uso de una cámara y una pantalla.

En el mundo de la robótica se está utilizando la realidad aumentada tanto para entrenar a los robots, así como, para identificar fallas en las máquinas o variables que se analice, esto se lo puede realizar a nivel industrial a través de gafas de realidad aumentada o una aplicación móvil.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir un robot delta que permita el aprendizaje de robótica al utilizar técnicas de realidad aumentada en el Laboratorio de Mecatrónica en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga.

OBJETIVO ESPECÍFICO

INVESTIGAR

DISEÑAR

CONSTRUIR

DESARROLLAR

VALIDAR

MARCO TEÓRICO

Realidad Aumentada

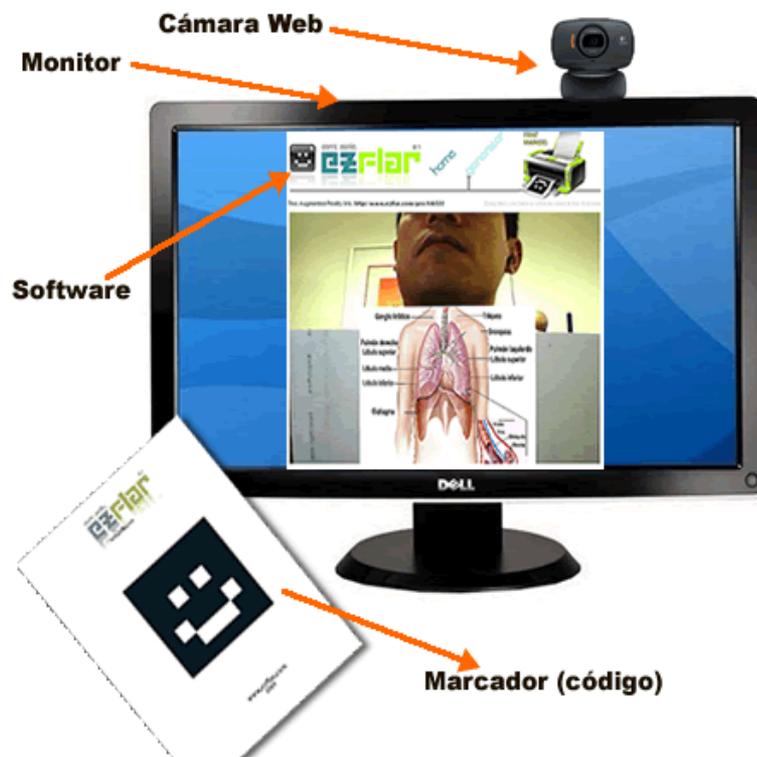
Consiste en la combinación de elementos de un entorno real con otros elementos de un entorno virtual que han sido creados en tres dimensiones. Al mismo tiempo, estos dos elementos se combinan en tiempo real.

Robotica Educativa

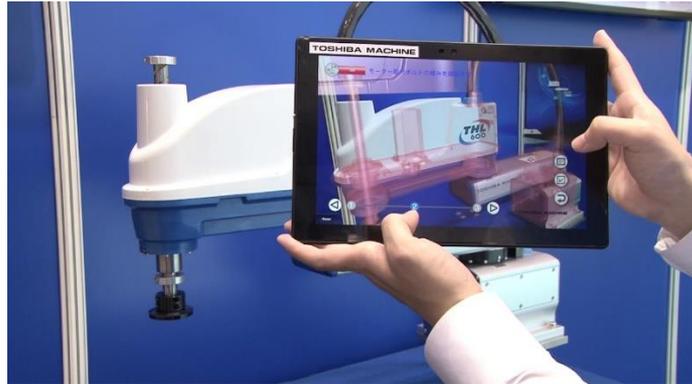
Pretende incentivar el pensamiento lógico, trabajo en equipo a través de la interacción de los alumnos con la tecnología.

MARCO TEÓRICO

Partes de realidad aumentada



MARCO TEÓRICO



MARCO TEÓRICO

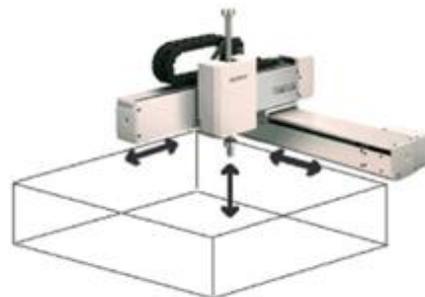
Robot Seriales



a)

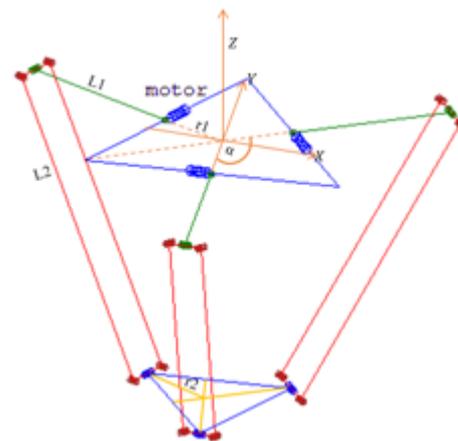


b)



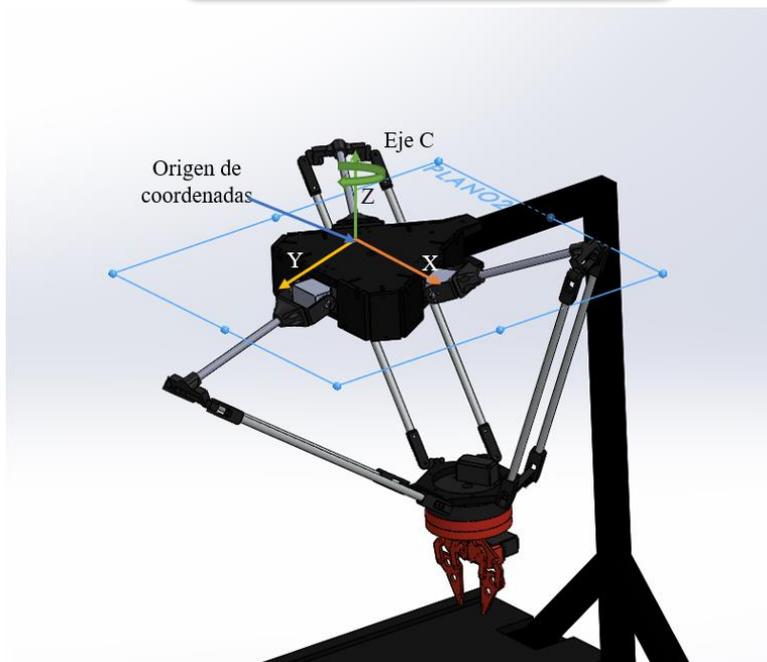
c)

Robot Paralelo



DISEÑO

EJES DEL ROBOT



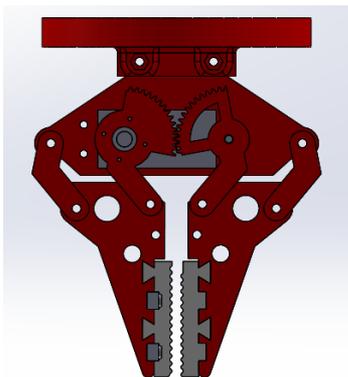
DISEÑO



Eslabón Corto

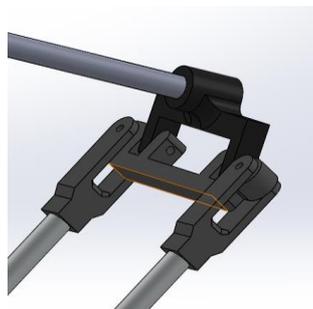


Base Fija



Gripper

PARTES DEL ROBOT



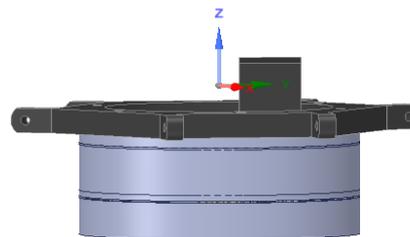
Rótula



Eslabón Largo



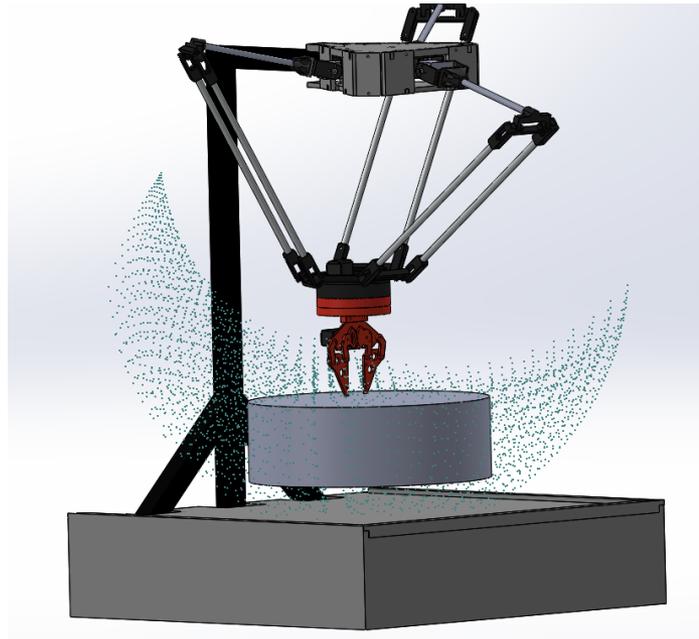
Base Móvil



Cuarto Eje

DISEÑO

DIMENSIONES



**Modelado del robot a partir
de espacio de trabajo deseado**

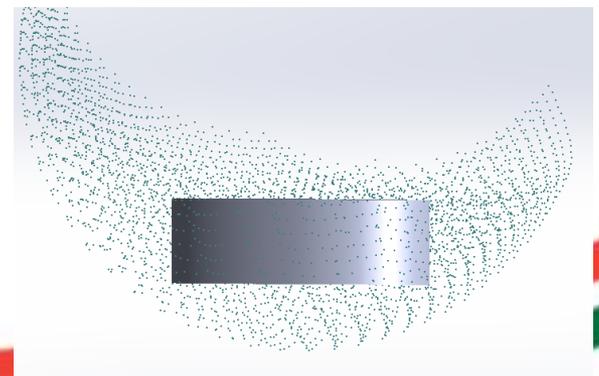
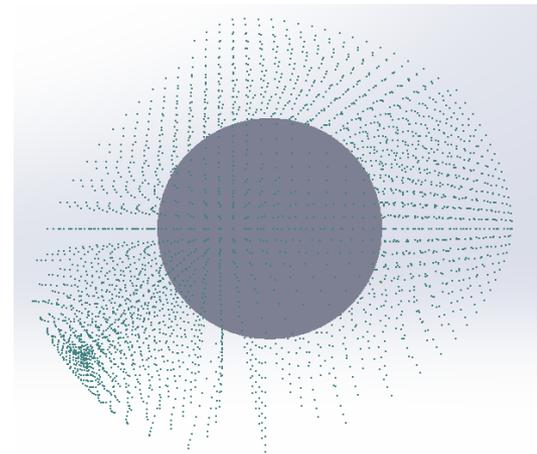
DISEÑO

DIMENSIONES

DIMENSIONES DEL ROBOT

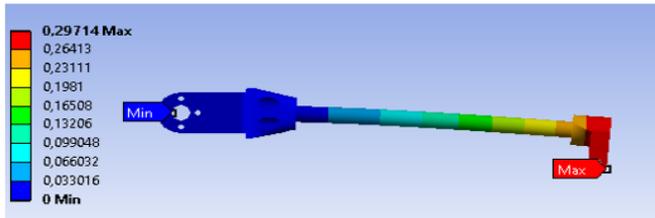
Partes del Robot	Valor
Eslabón corto (L1)	175.4mm
Eslabón Largo (L2)	348mm
Radio de base Móvil (r2)	56.75mm
Radio de base fija (r1)	80mm
Distancia desde el origen de coordenadas a la cara superior del volumen P^k . (H)	285mm

ESPACIO DE TRABAJO

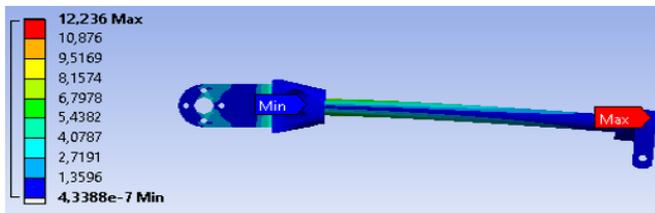


DISEÑO

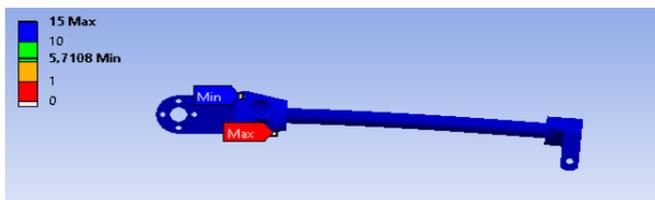
ANÁLISIS ESTÁTICO



a)

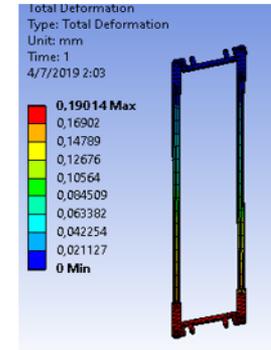


b)

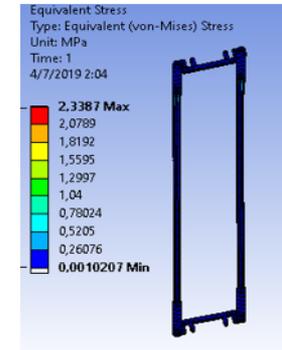


c)

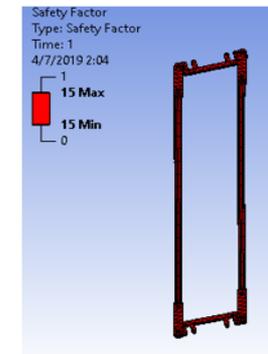
Eslabón corto



a)



b)

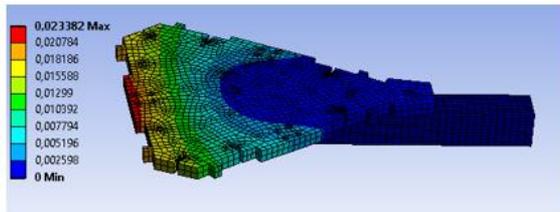


c)

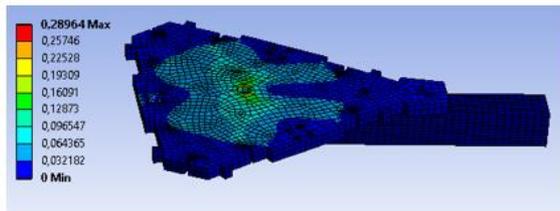
Eslabón largo

DISEÑO

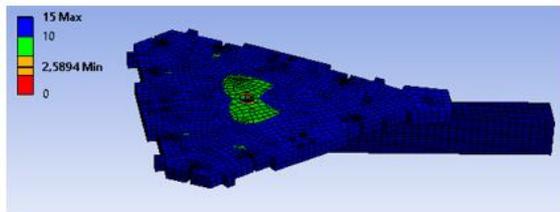
ANÁLISIS ESTÁTICO



a)

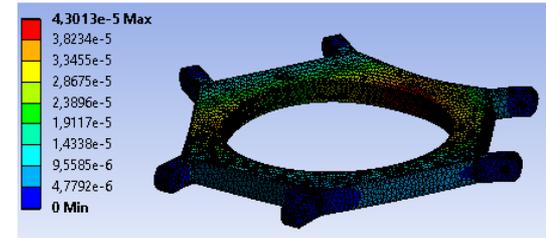


b)

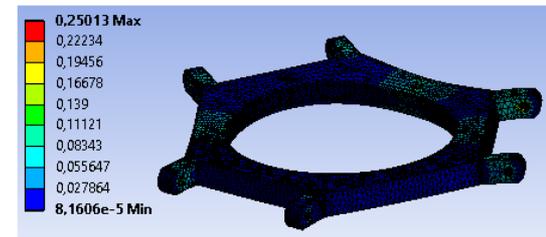


c)

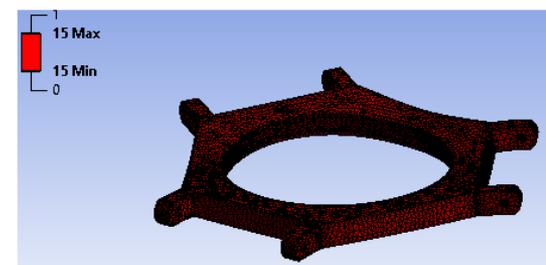
Base Fija



a)



b)



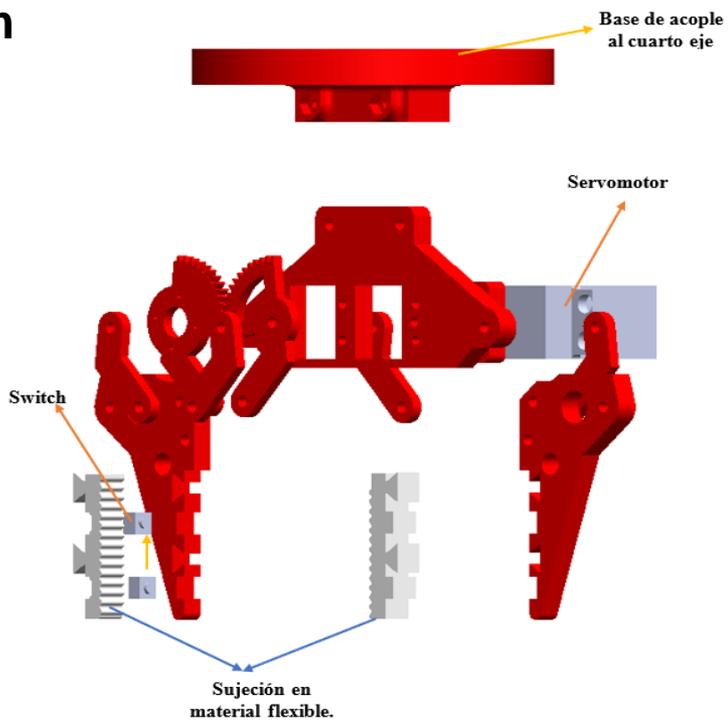
c)

Base móvil

DISEÑO

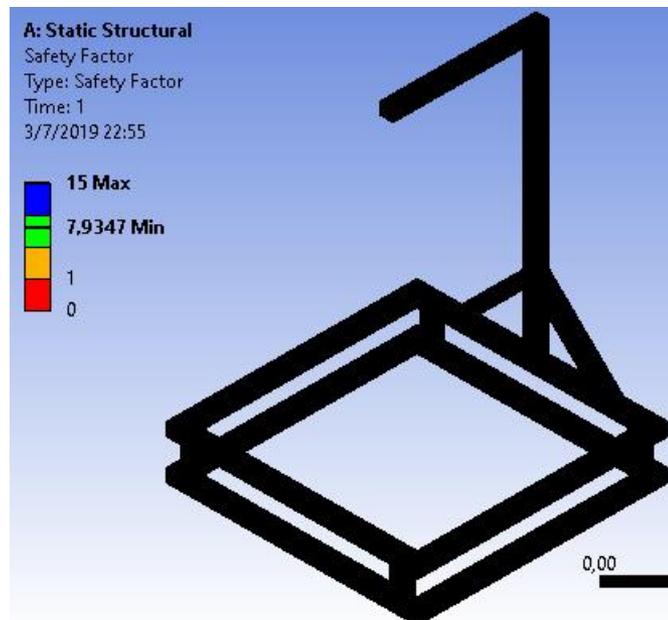
DISEÑO DE LA HERRAMIENTA

Apertura de 4,5cm



DISEÑO

ANÁLISIS ESTÁTICO



Estructura de soporte

DISEÑO

CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO



Desarrollo del sistema de control

Plataforma de desarrollo
para la aplicación



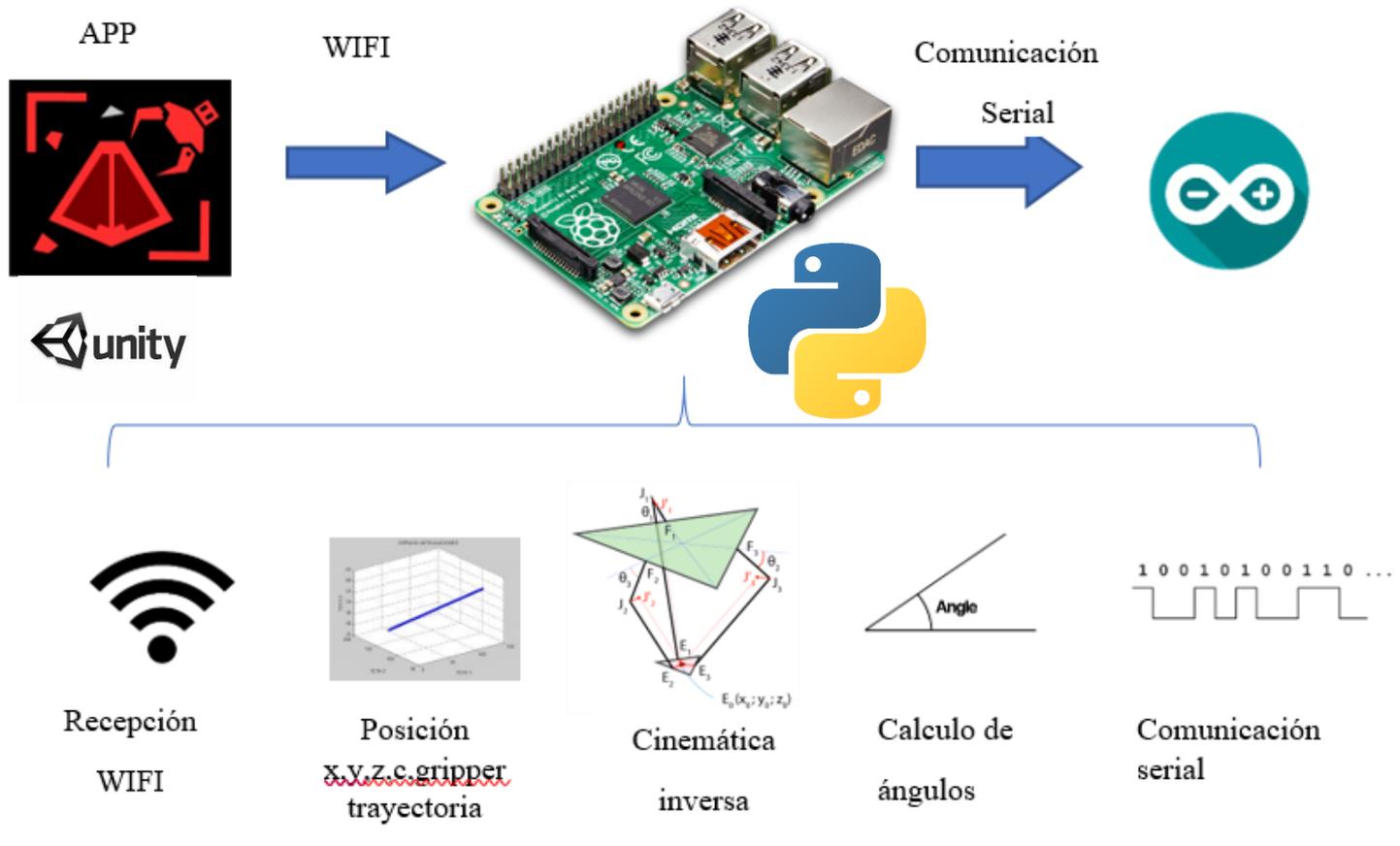
Procesamiento de
datos



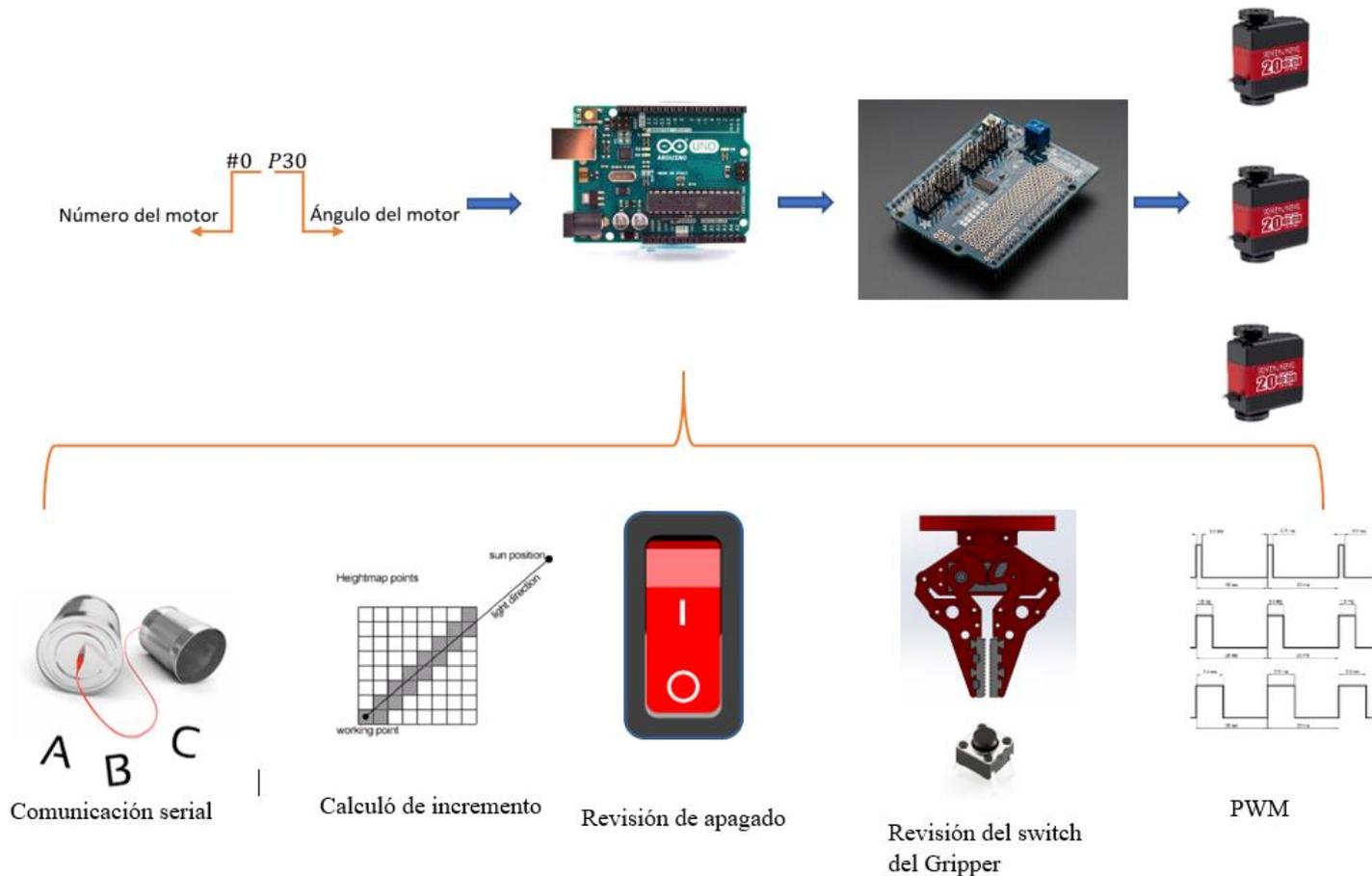
MCU y Robot



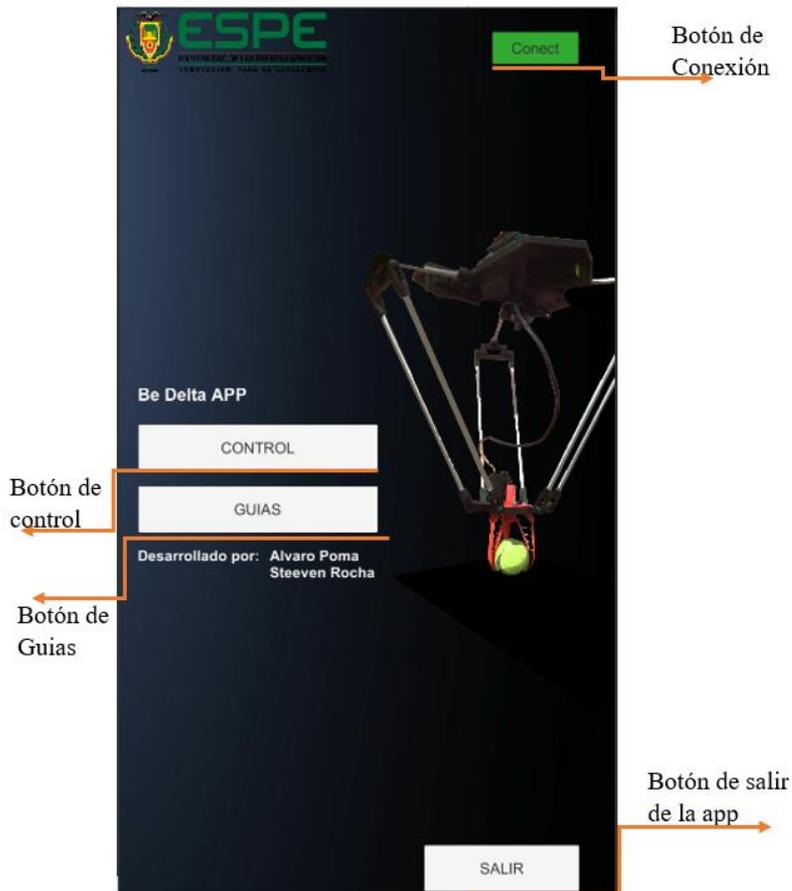
DESARROLLO DE LA PROGRAMACIÓN EN EL MINICOMPUTADOR



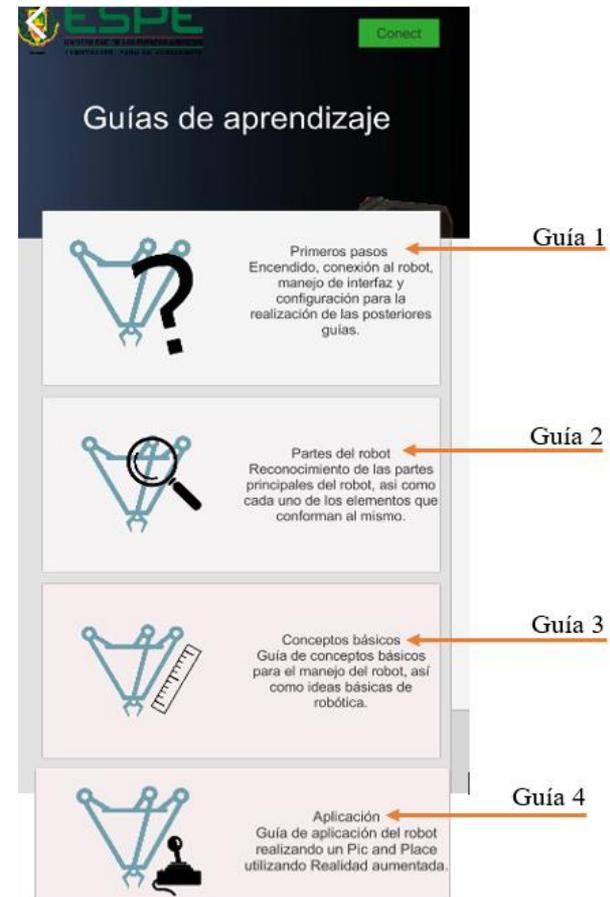
DESARROLLO DEL FIRMWARE DEL MCU



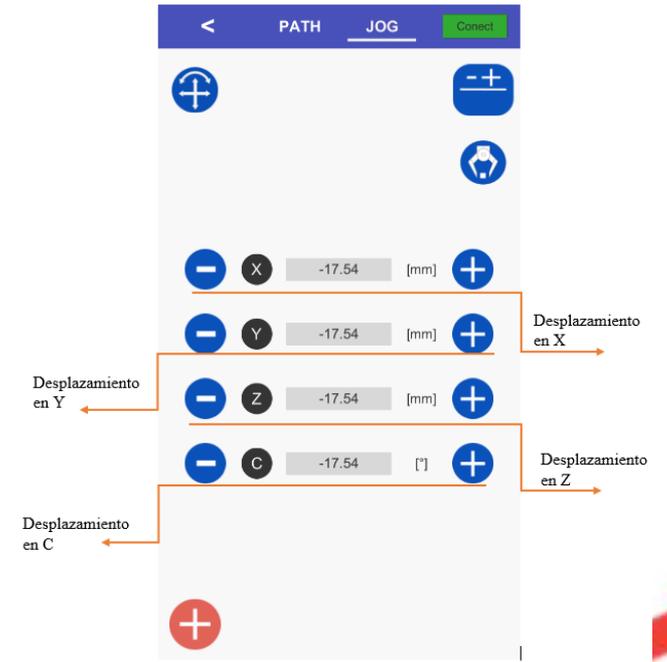
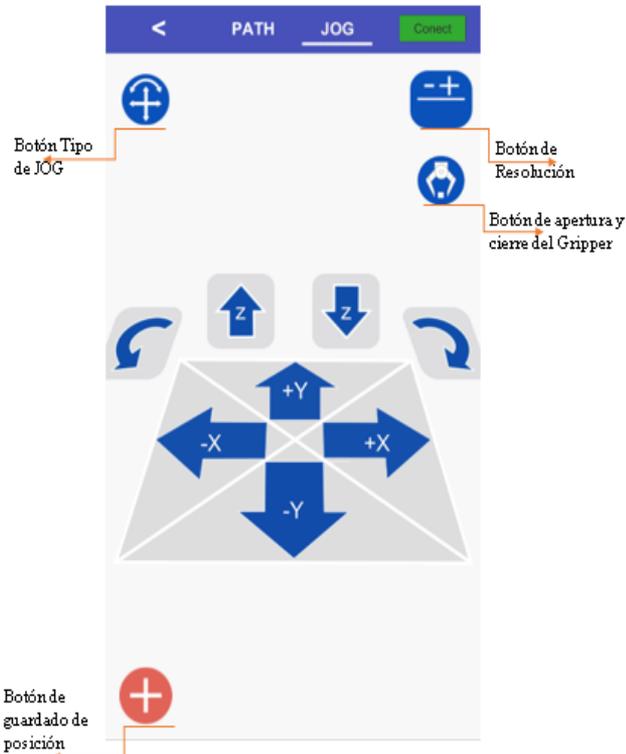
DESCRIPCIÓN DE LA INTERFAZ PRINCIPAL



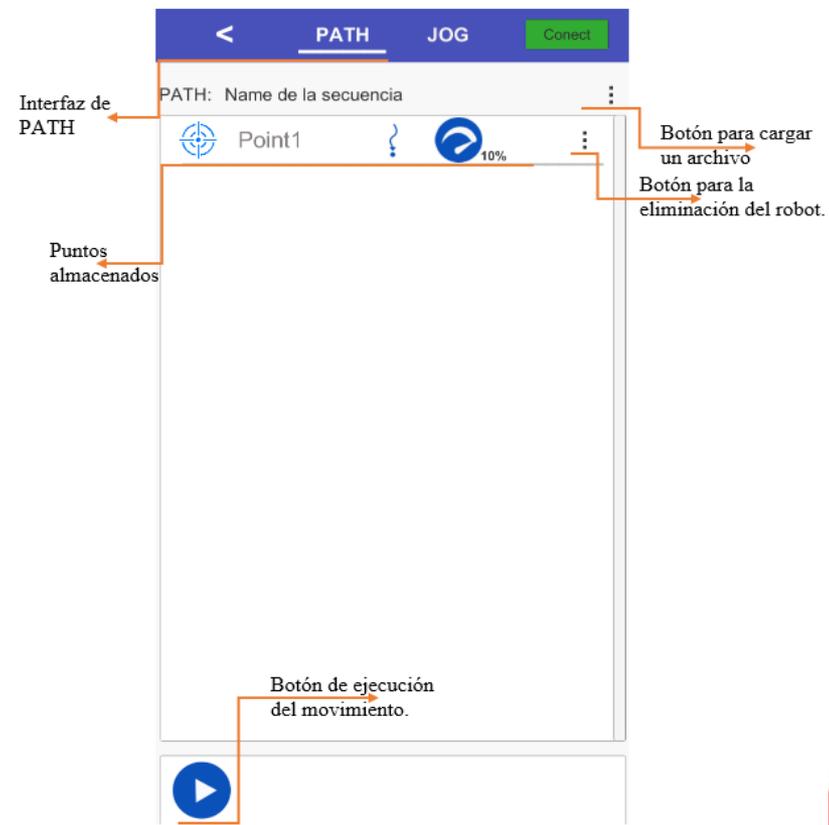
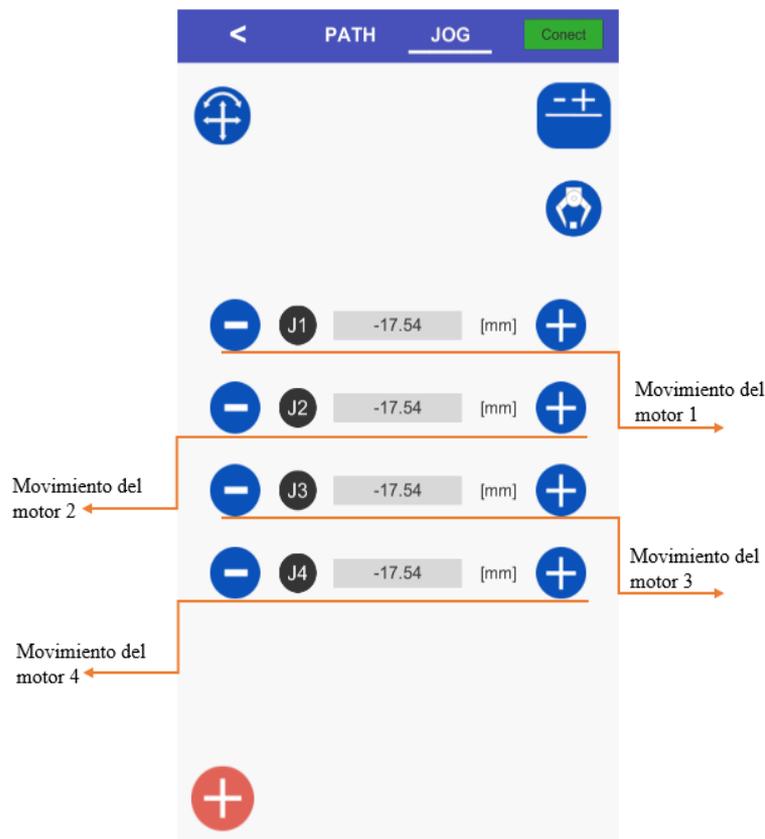
DESCRIPCIÓN DE LA INTERFAZ MENÚ DE GUÍAS



DESCRIPCIÓN DE LA INTERFAZ DE CONTROL



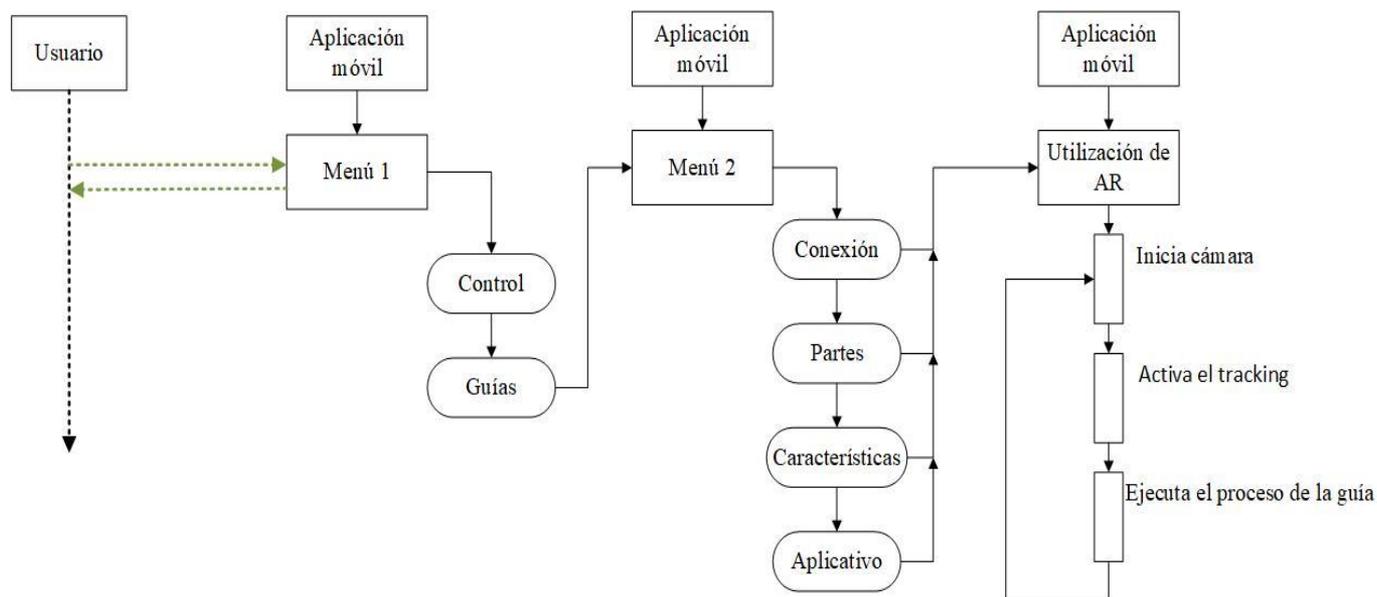
DESCRIPCIÓN DE LA INTERFAZ DE CONTROL



DESCRIPCIÓN DE LA INTERFAZ DE LAS GUÍAS



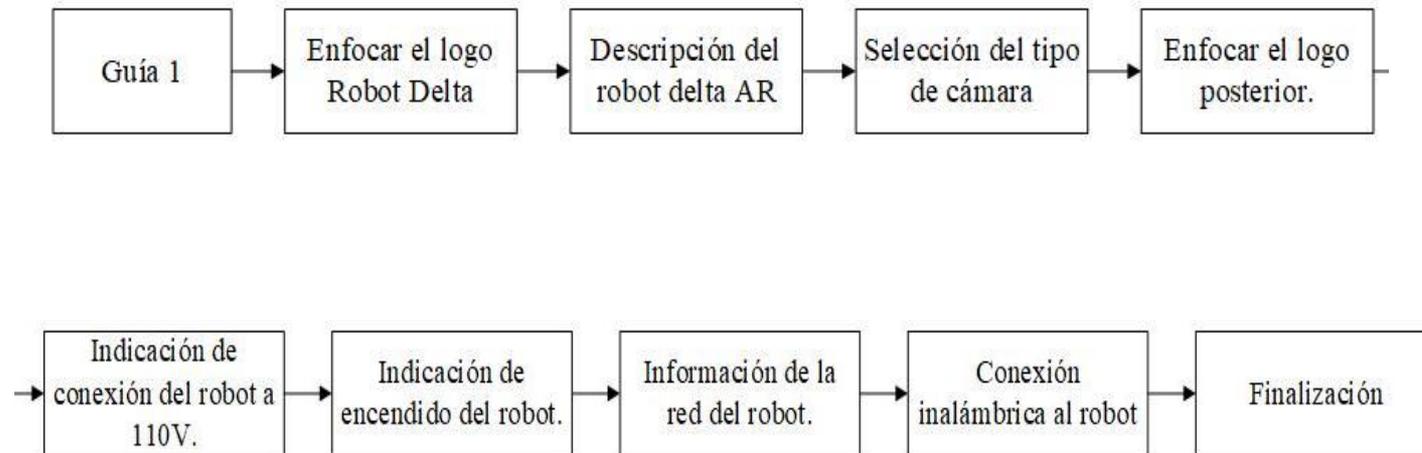
Desarrollo de la aplicación



DISEÑO DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO

GUÍA 1 PRIMEROS PASOS Y CONEXIÓN

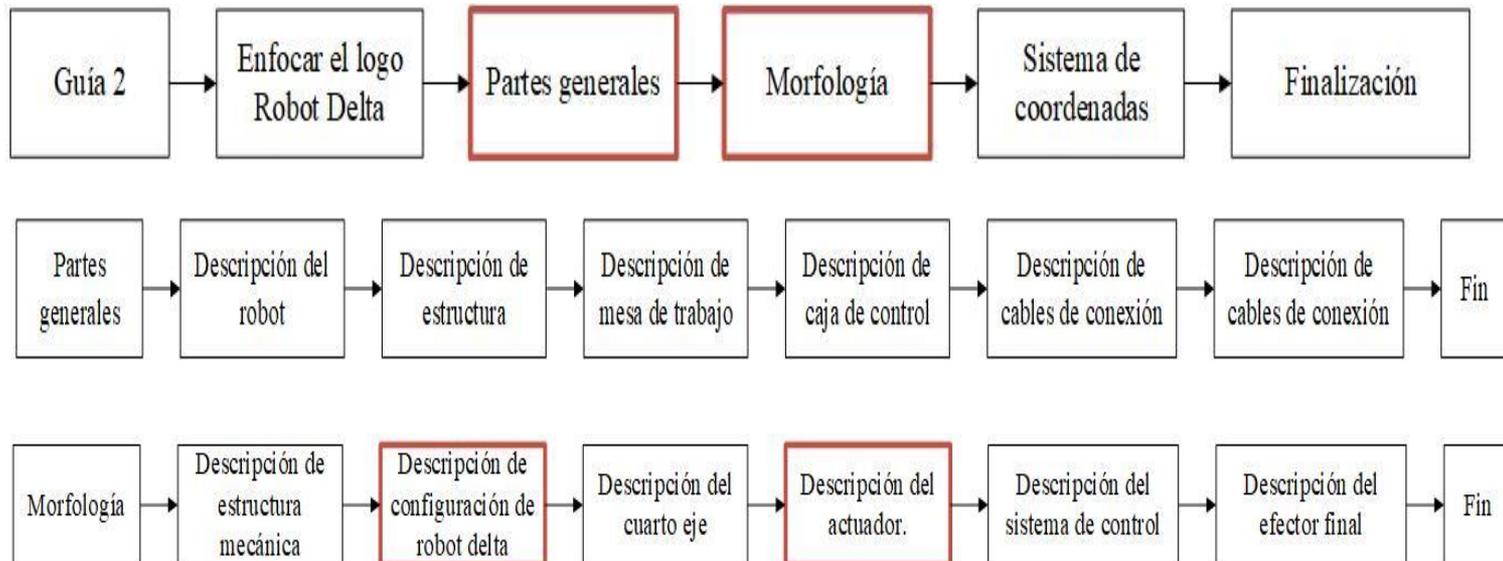
En esta guía se desarrollará el encendido y conexión al robot, así como el manejo general de la interfaz para las posteriores guías.



DISEÑO DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO

GUÍA 2 PARTES DEL ROBOT

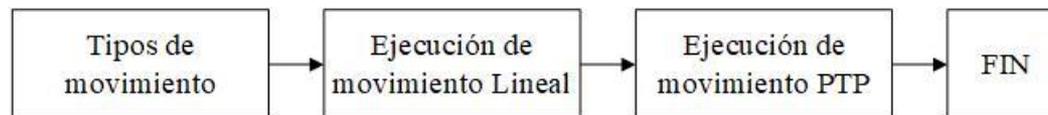
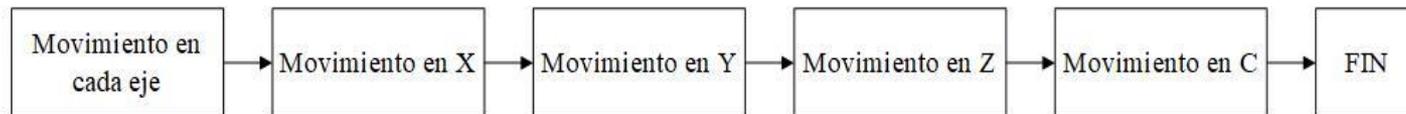
Descripción de las partes que conforman la morfología del robot



DISEÑO DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO

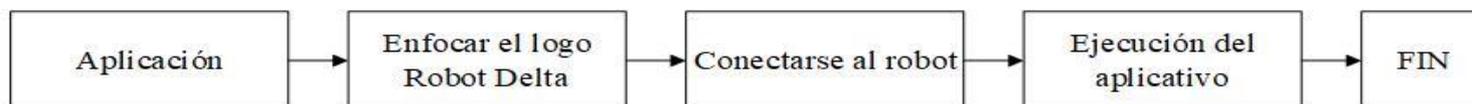
GUÍA 3 CONCEPTOS BÁSICOS

Se muestran algunos conceptos básicos de robótica, así como el movimiento en cada uno de los ejes y el tipo de trayectorias que puede ejecutar el robot



DISEÑO DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO

APLICACIÓN



REALIDAD AUMENTADA

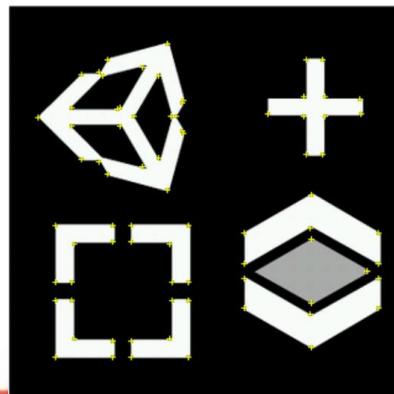
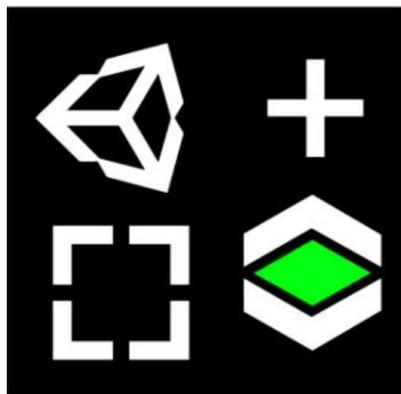
DETECCIÓN DE IMÁGENES



Vuforia se basa en la detección de las esquinas, estableciendo cada esquina en la imagen como un punto de interés (keypoint) para su correspondiente detección.

Características de los target

- Gran cantidad detalles: Mientras más detalles tenga la imagen tendrá más puntos de interés por los cual será más fácil de detectar.
- Alto contraste: El alto contraste permitirá diferenciar correctamente los distintos objetos en la imagen para luego obtener los puntos de interés.
- No Patrones repetidos: debido el reconocimiento se confundiría la posición de la imagen



REALIDAD AUMENTADA

POSICIONAMIENTO DEL ROBOT



Posición del robot se obtiene:

$$P_{TnR} = P_{Ri} - P_{Tni}$$

$$P_R = P_{Tn} + P_{TnR}$$

Donde:

P_{Tni} : Posición inicial del target N

P_{Tn} : Posición del target N;

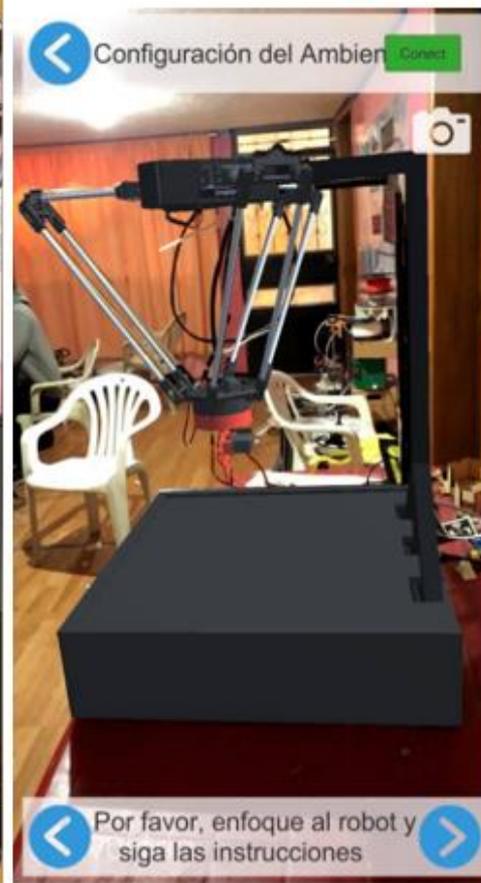
P_{TnR} : Posición relativa del robot respecto al target N.

P_{R} = Posición inicial del robot

P_R = Posición del robot

REALIDAD AUMENTADA

INTEGRACIÓN CON EL ROBOT



REALIDAD AUMENTADA

INTEGRACIÓN CON EL ROBOT



HIPOTESIS

El diseño y construcción de un robot delta permitirá el aprendizaje de robótica al utilizar técnicas de realidad aumentada en el laboratorio de mecatrónica en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga?

VALIDACION DE HIPOTESIS

H_0 : No ha habido mejora en el aprendizaje de robótica al utilizar técnicas de realidad aumentada.

H_1 : Ha habido mejora en el aprendizaje de robótica al utilizar técnicas de realidad aumentada.

N°	Nota Antes del uso de la aplicación	Nota después del uso de la aplicación
1	4,9	9,2
2	4,9	6
3	4,8	9,2
4	3,9	7
5	4,4	8,5
6	4,8	7
7	4,9	8,5
8	4,8	8,1
9	4,8	8,4
10	5,1	8,1
11	5,1	8,4

VALIDACION DE HIPOTESIS

Shapiro-Wilk Test		
	Antes de la prueba	Después de la prueba
W	0.8719	0.8897
p-valor	0.082217	0.1381
α	0.05	0.05

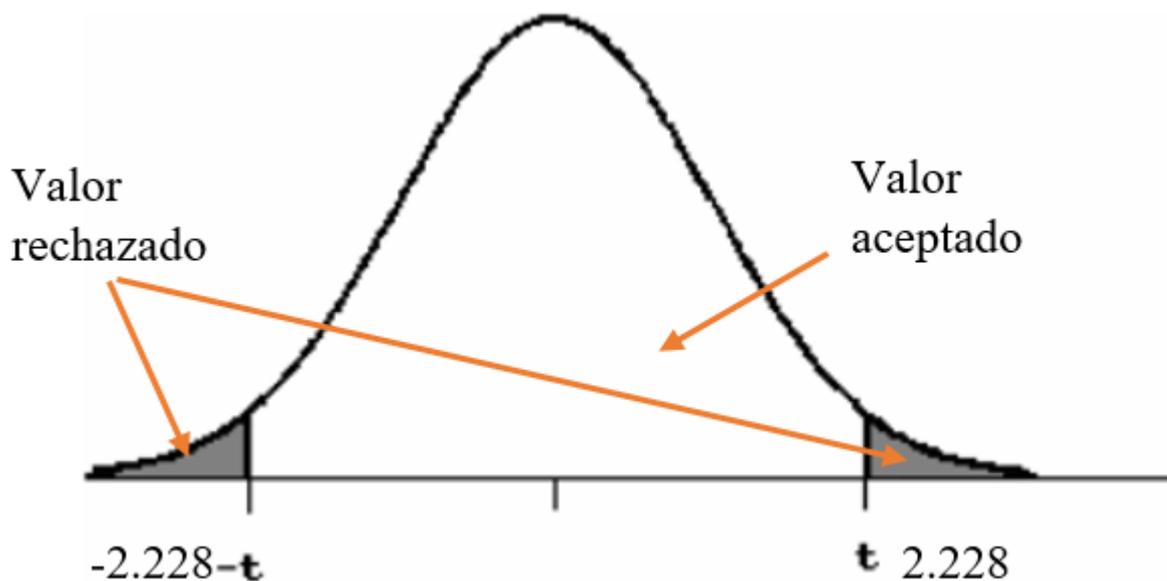
$p\text{-valor} > 0.05$ La muestra pertenece a una distribución normal o tiende a ser normal.

$p\text{-valor} < 0.05$ La muestra no pertenece a una distribución normal.

VALIDACION DE HIPOTESIS

$$t = \frac{8,036 - 4,764}{0.2891} = -13.69$$

$$t_{\text{tabla}} = \pm 2,228$$



CONCLUSIONES

- Se diseñó y construyó un robot delta que permite el aprendizaje de robótica al utilizar técnicas de realidad aumentada, mediante el control del robot y la superposición de objetos virtuales en el Laboratorio de Mecatrónica en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga.
- Se recopiló información correspondiente sobre robots paralelos específicamente robots delta, tanto para el desarrollo del robot como para la ejecución de los movimientos, así como la realidad aumentada para la proyección de información y objetos 3D sobre el robot en el desarrollo de las guías utilizándola como herramienta didáctica en la enseñanza de robótica.
- Se desarrolló una plataforma de aprendizaje intuitiva y multiplataforma de forma que se permita la conexión de una persona a la vez, y se desarrolló la interfaz interactiva que permita el aprendizaje de robótica utilizando realidad aumentada en los dispositivos móviles.

CONCLUSIONES

- Se diseñó y construyó un robot delta que permite el aprendizaje de robótica al utilizar técnicas de realidad aumentada, mediante el control del robot y la superposición de objetos virtuales en el Laboratorio de Mecatrónica en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga.
- Durante el desarrollo del proyecto se realizó una vasta investigación acerca del uso de realidad aumentada como herramienta didáctica, donde se conoció el uso que se le da en instituciones educativas, así como en empresas y las formas en la que esta puede ser implementada. El robot realizado en el presente proyecto presenta funciones comparables a herramientas didácticas de realidad aumentada que se pueden encontrar comercialmente, teniendo una buena estabilidad de proyección de objetos y sin presentar rotaciones o cambios bruscos de la posición.

CONCLUSIONES

- Con la investigación realizada sobre los robots educativos y los robots tipo delta se consiguió diseñar la estructura del robot mediante un análisis cinemático con la ayuda de un software matemático determinado la longitud de cada uno de sus eslabones para un área de trabajo de una circunferencia de 15cm de diámetro. Se seleccionaron componentes que cumplan con las características de diseño y que sean de fácil adquisición en el mercado ecuatoriano.
- Se implementó un software de control adecuado, el cual permite que los movimientos del robot sean fluidos, teniendo un movimiento sincronizado de cada uno de los actuadores, así como el movimiento lineal del robot. El procesamiento de las señales enviadas por la aplicación se realizó en un minicomputador mediante el uso del lenguaje de desarrollo Python, el cual también se comunica con el MCU para el movimiento de cada uno de los actuadores.

RECOMENDACIONES

- Para obtener una mayor presión del robot se debe utilizar motores sin juego en los acoples o el mínimo posible.
- Para que la realidad aumentada funcione correctamente y mantenga la posición del robot se debe mover el teléfono de forma suave al realizar las guías.
- Previo al encendido del robot se recomienda realizar una inspección visual de los elementos mecánicos identificando que no tengan ningún objeto que interfiera con el movimiento del robot, así como ningún objeto interfiera entre la cámara del usuario y los targets del robot Para que exista un correcto reconocimiento del mismo.
- Para el correcto reconocimiento del robot al realizar las guías procure que el ambiente se encuentre correctamente iluminado.

RECOMENDACIONES

- Para que la aplicación funcione fluidamente se requiere un iPhone 8 o un smartphone con los siguientes requisitos mínimos en el caso de tener un dispositivo Android:
 - Procesador: de 8 núcleos a 2.8 GHz
 - Memoria: 2GB de RAM
 - Gráficos: Mali G72 o equivalente
 - Almacenamiento: 150MB
- Antes de realizar las guías probar cada uno de los tipos de enfoque y seleccione el que mejor reconozca cada uno de los marcadores, debido a que no todos los dispositivos móviles tienen el mismo hardware, el tipo de enfoque puede variar para el correcto funcionamiento según el dispositivo.
- Se recomienda que los eslabones cortos no estén a ángulo mayor 15 grados por un periodo prolongado de tiempo debido a que los motores pueden superar su temperatura máxima de funcionamiento llegando a dañarse.

RECOMENDACIONES

- La implementación de realidad aumentada en la aplicación se realizó utilizando una licencia de desarrollo de Vuforia por lo cual la aplicación no puede ser distribuida ni comercializada, por lo cual no se puede encontrar en tiendas de aplicaciones móviles.
- Al momento de integrar al robot en otros proyectos es necesario no manipular el archivo deltaServer.py, sino realizar la creación de nuevas funcionalidades en otro programa consumiendo las funciones del programa deltaMovement.py.



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Gracias

