



# Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Mecatrónica

“Robot humanoide controlado remotamente que permita interactuar y manipular objetos del entorno, mediante visión estéreo y teleoperación, en el laboratorio de Mecatrónica”

**Autor:**

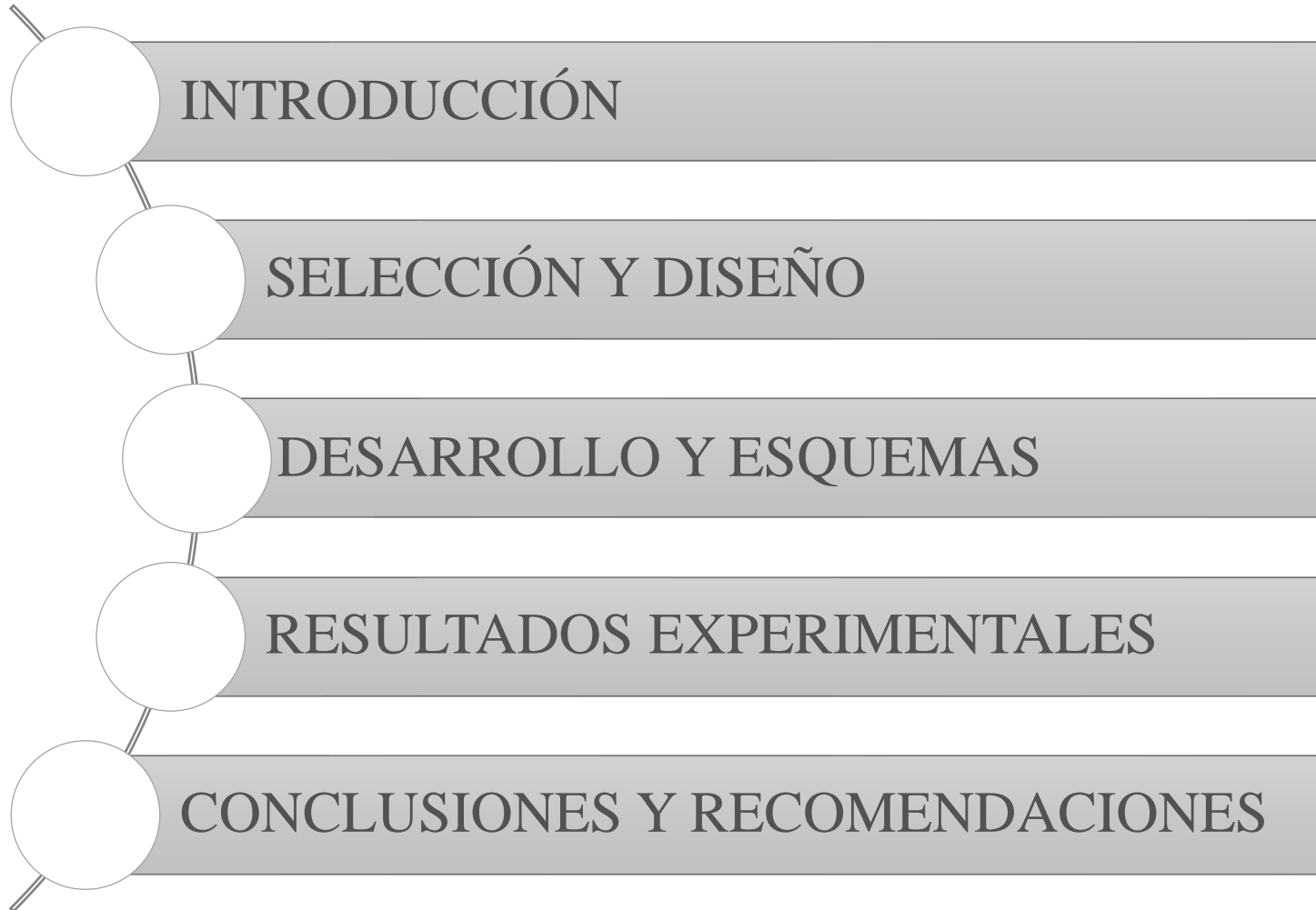
Catagua Cobos, Josseph Yaakob

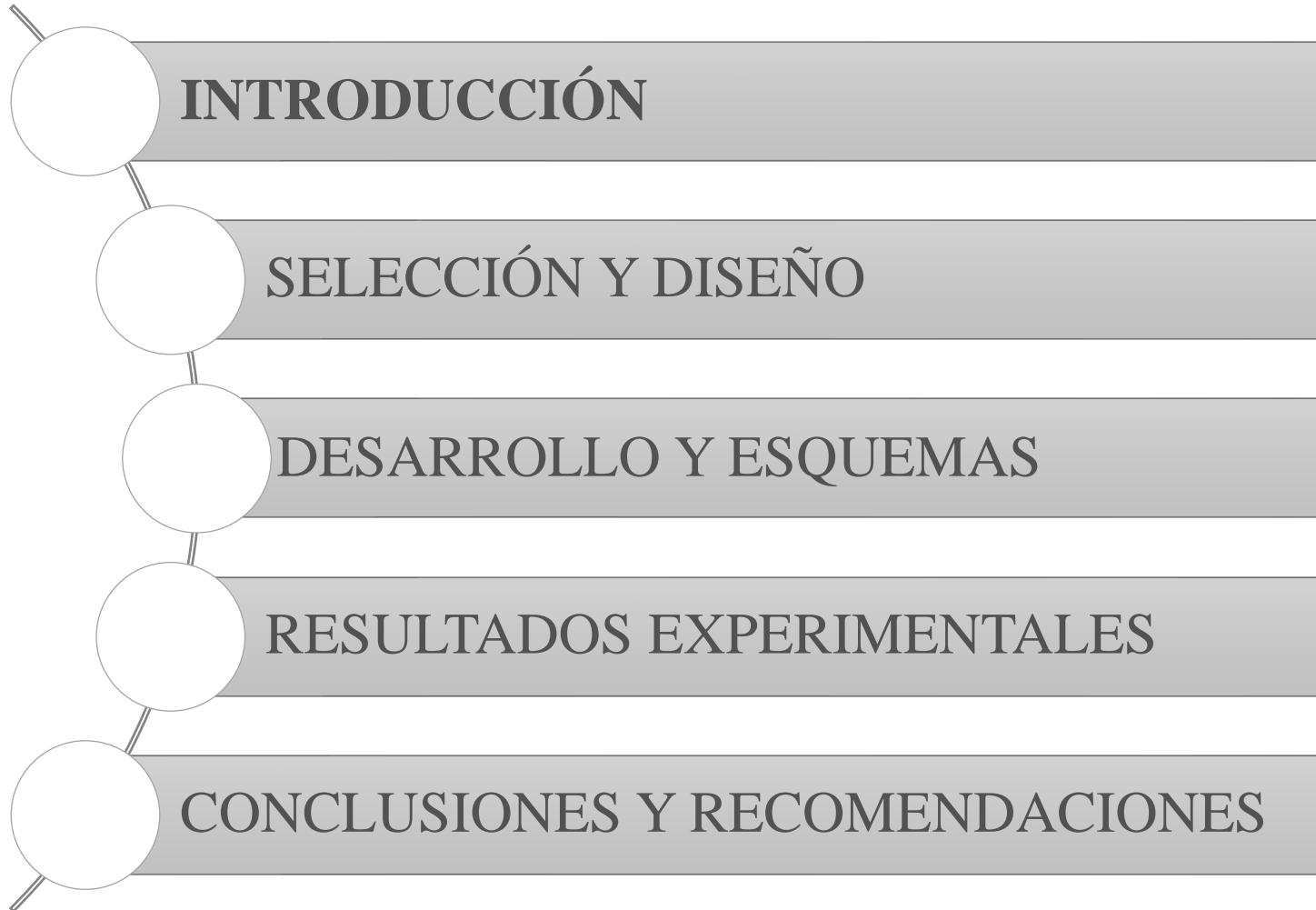
**Tutor:**

Ms.C. Mendoza Chipantasi, Darío José

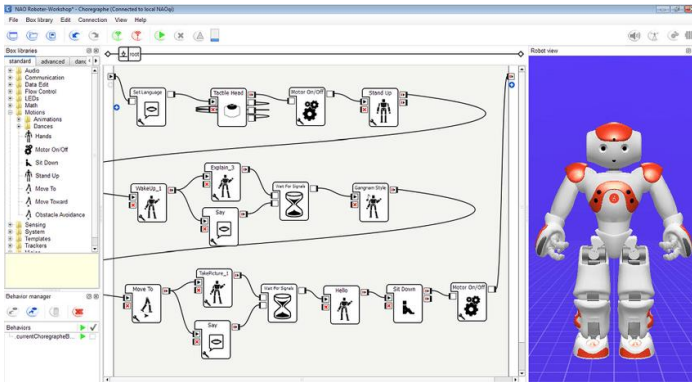
Latacunga, 2023







# ANTECEDENTES

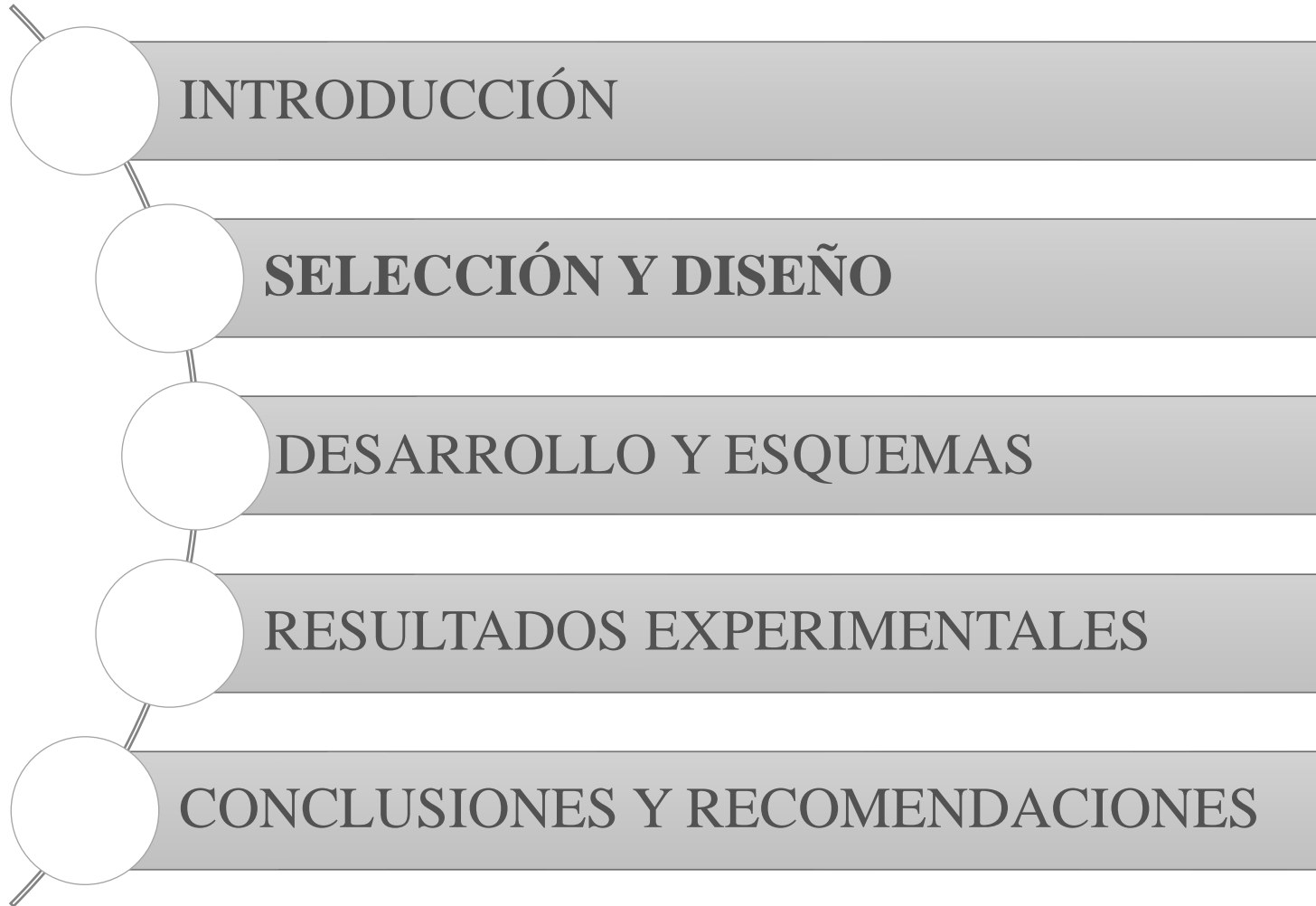


## Objetivo General

Controlar remotamente un robot humanoide que permita interactuar y manipular objetos dentro de un entorno, mediante visión estéreo y teleoperación, en el laboratorio de Mecatrónica.

## Objetivos Específicos

- Indagar sobre el estado del arte.
- Generar los conceptos básicos y necesarios dentro del proyecto.
- Diseñar un sistema de visión estéreo que proporcione imágenes y que permita visualizar los movimientos del operador.
- Implementar un robot humanoide y modificarlo para que pueda interpretar señales de control remoto.
- Convertir los grados de libertad de una persona a grados de libertad de un robot humanoide.
- Generar, en el robot, movimientos gestuales, espaciales y de interacción dentro de un entorno específico.
- Realizar pruebas de funcionamiento.
- Validar la hipótesis.



# SELECCIÓN DEL DISPOSITIVO DE CÁMARA

C1: Genius FaceCam 1000X

C2: Logitech C920e

C3: SPEEDMIND HD 1080P

## Características

## Cámaras

Nombre	Peso	C1	C2	C3
<i>Dimensiones</i>	0.2	3	2	1
<i>Resolución</i>	0.2	1	3	3
<i>Cuadros por segundo</i>	0.1	1	1	3
<i>Soporte</i>	0.025	2	3	1
<i>Ángulo de visión</i>	0.1	1	3	1
<i>Balance de blancos</i>	0.025	3	1	1
<i>Enfoque</i>	0.15	3	1	1
<i>Peso</i>	0.15	3	2	1
<i>Precio</i>	0.05	3	1	2
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>2.18</b>	<b>2.00</b>	<b>1.65</b>





# SELECCIÓN DEL MATERIAL DEL SOPORTE

M1: Filamento Termoplástico ABS

M2: Filamento Termoplástico PLA

M3: Madera

	Características		Materiales		
	Nombre	Peso (Wi)	M1	M2	M3
<i>Resistencia</i>		0.25	3	1	2
<i>Dureza</i>		0.1	3	2	1
<i>Tolerancia a la temperatura</i>		0.1	2	1	3
<i>Facilidad de procesamiento</i>		0.25	2	3	1
<i>Densidad</i>		0.3	3	2	3
<b>Total</b>		<b>1</b>	<b>2.65</b>	<b>1.90</b>	<b>2.05</b>





# SELECCIÓN DEL ROBOT HUMANOIDE

RH1: TonyPi Pro - Hiwonder

RH2: Meccanoid G15 - Meccano

RH3: Alpha 1 Pro – Ubtech Robotics

Características		Robot Humanoide (RH)		
Nombre	Peso	RH1	RH2	RH3
<i>Dimensión</i>	0.05	1	3	2
<i>Peso</i>	0.1	1	2	3
<i>Resistencia del material</i>	0.05	3	2	1
<i>Grados de libertad</i>	0.2	3	1	3
<i>Plataformas soportadas</i>	0.25	3	1	2
<i>Métodos de comunicación</i>	0.1	3	1	2
<i>Venta de repuestos</i>	0.15	3	1	1
<i>Precio</i>	0.1	2	3	1
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>2.60</b>	<b>1.45</b>	<b>2.00</b>



UP1: Raspberry Pi 4B

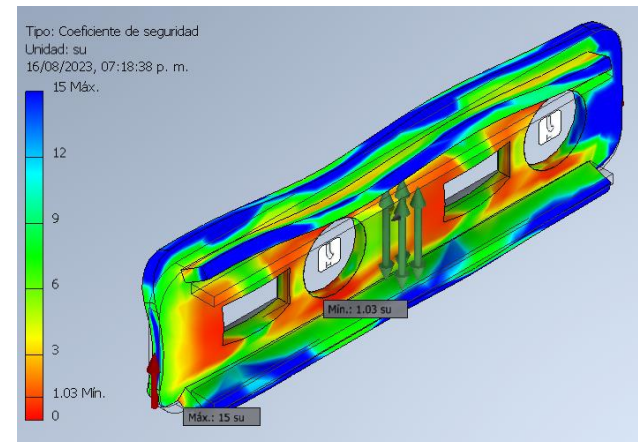
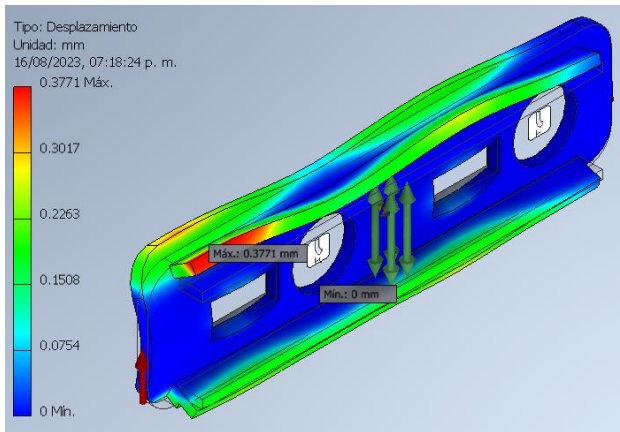
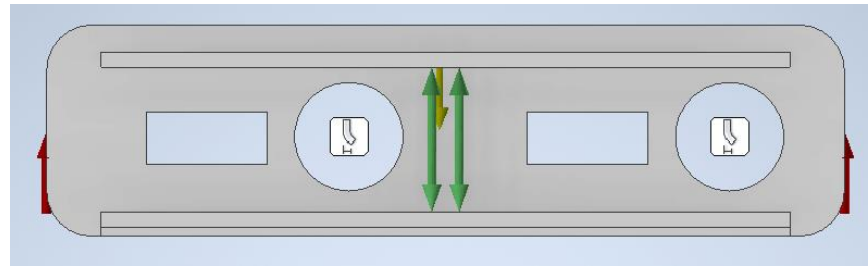
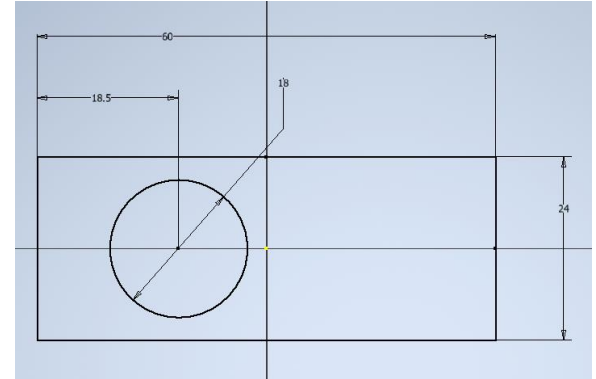
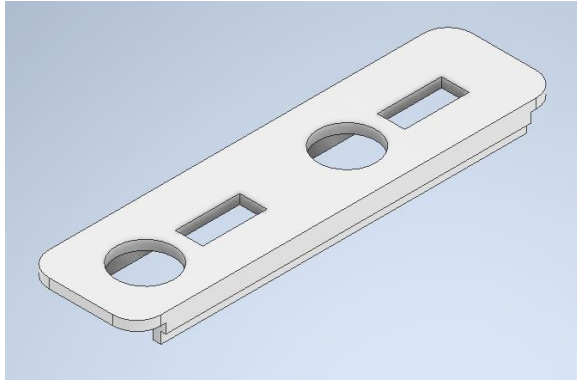
UP2: NVIDIA Jetson Nano

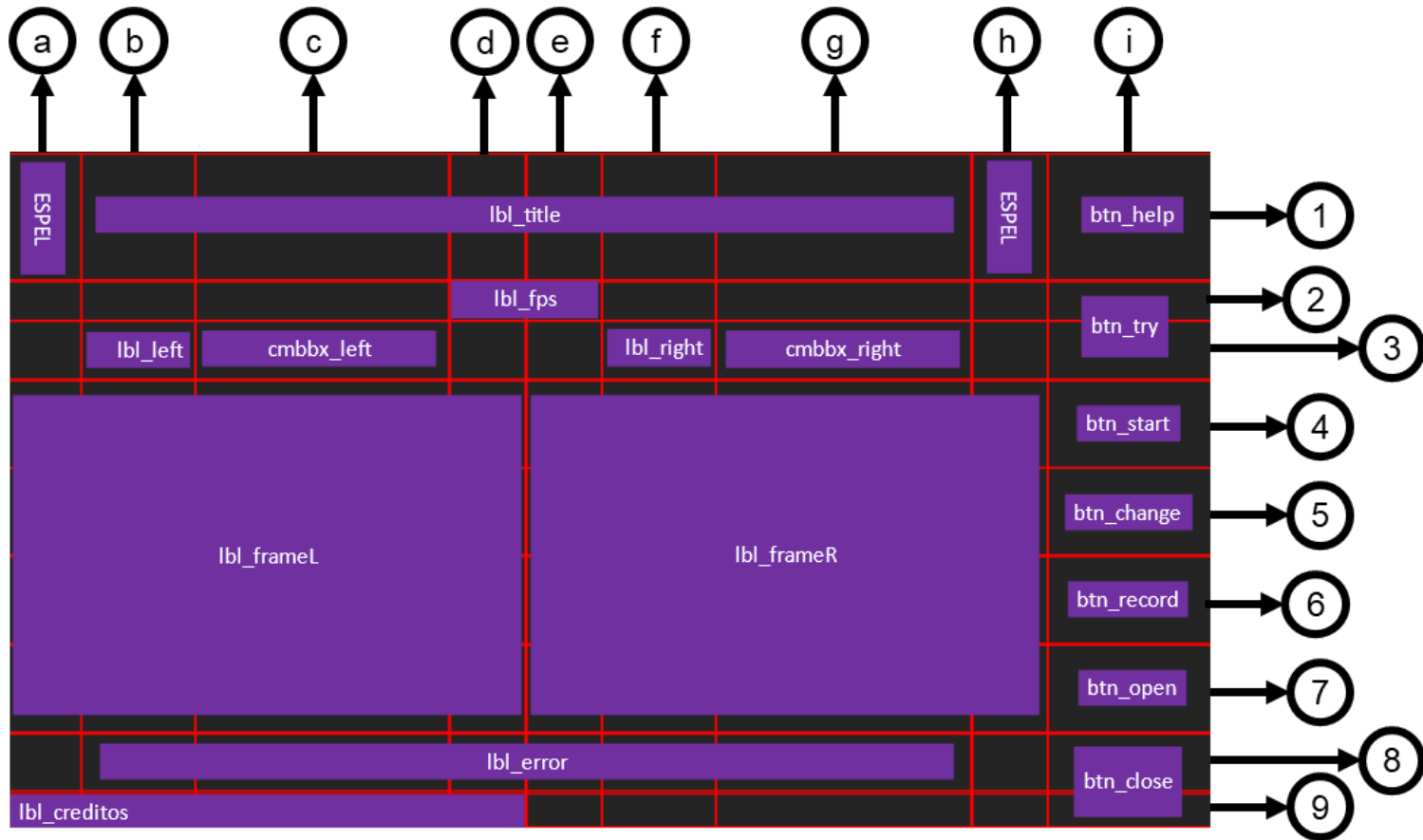
UP3: Beaglebone Black

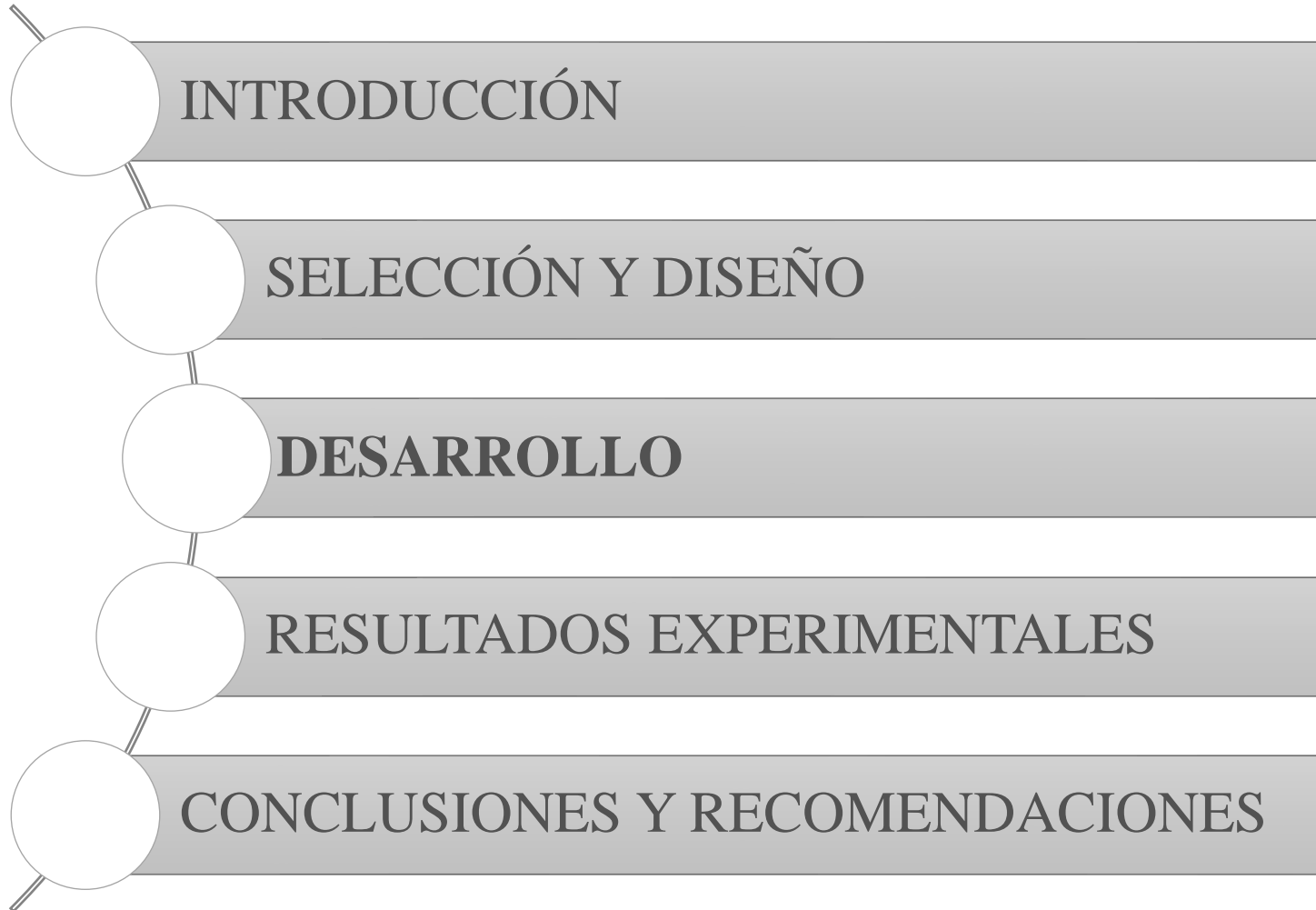
Características	Unidad de Procesamiento				
	Nombre	Peso (Wi)	UP1	UP2	UP3
<b>CPU</b>		0.1	3	2	1
<b>GPU</b>		0.1	2	3	1
<b>RAM</b>		0.1	3	2	1
<b>Conectividad</b>		0.2	3	3	1
<b>Aplicaciones</b>		0.15	2	1	3
<b>Incluido en el robot</b>		0.3	3	1	1
<b>Precio</b>		0.05	2	3	1
<b>Total</b>		1	2.70	1.90	1.30



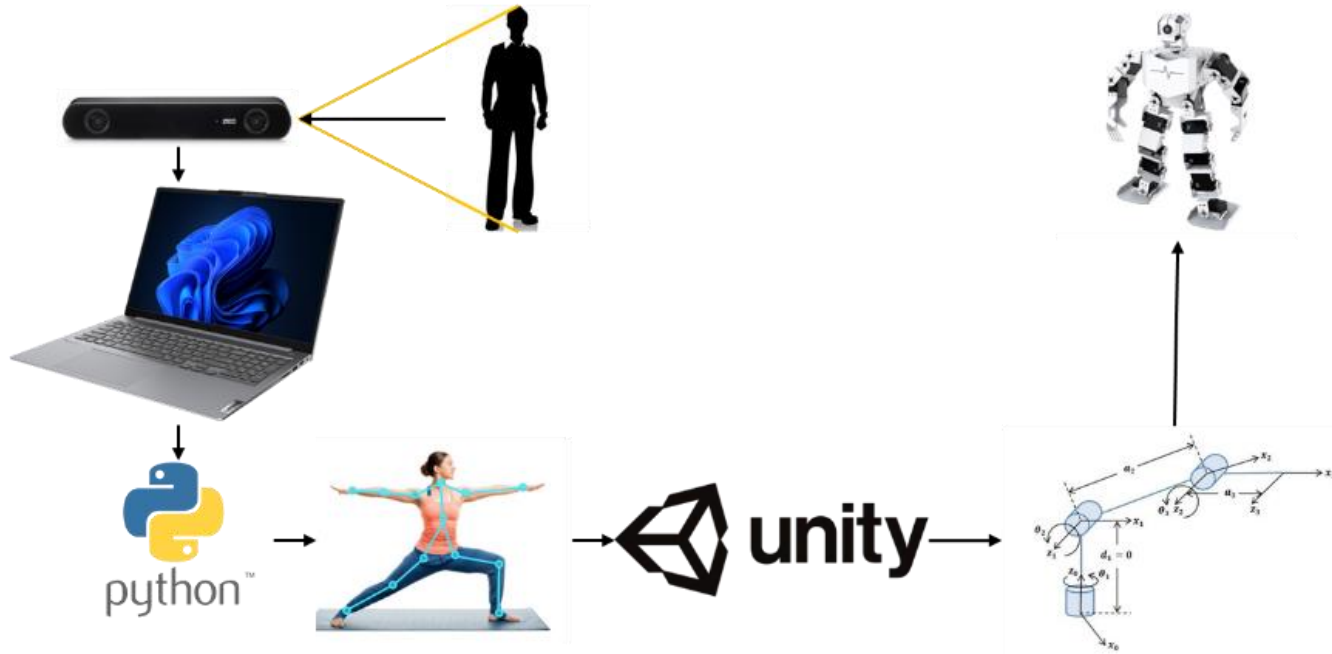
# DISEÑO DEL SOPORTE DE CÁMARA ESTÉREO



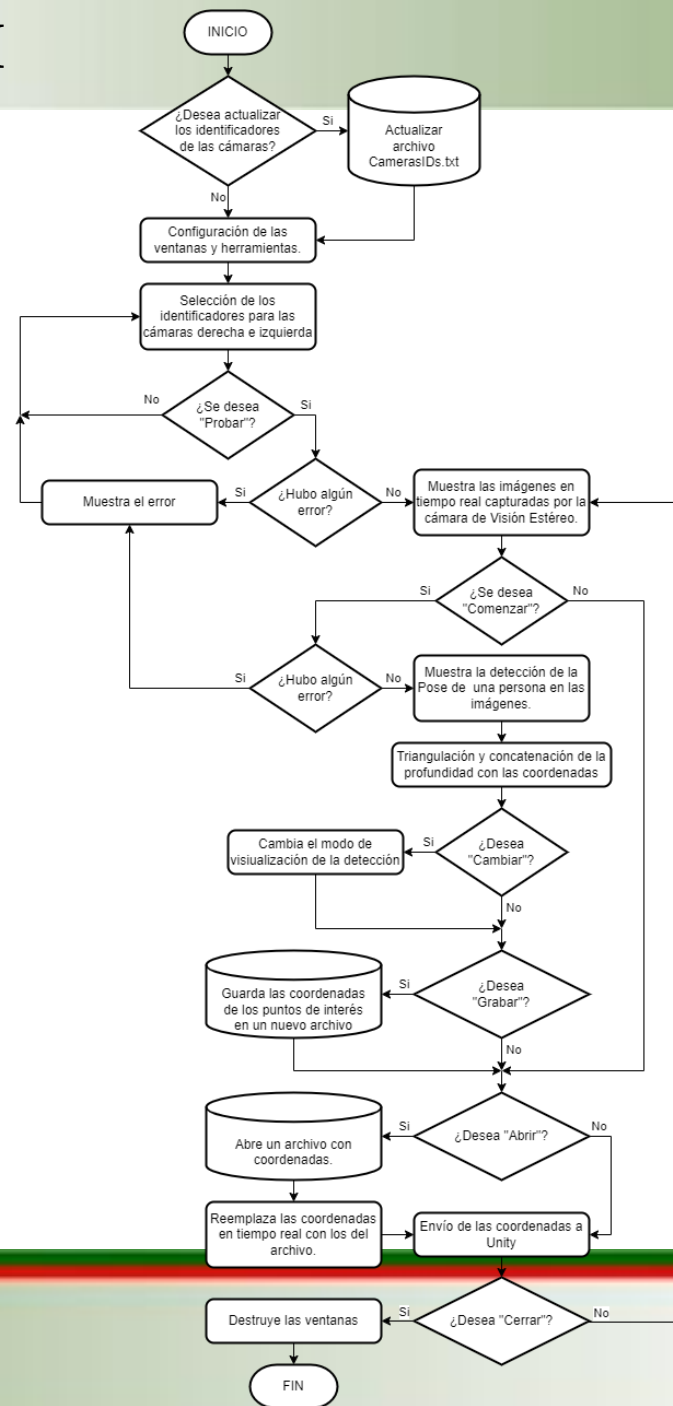
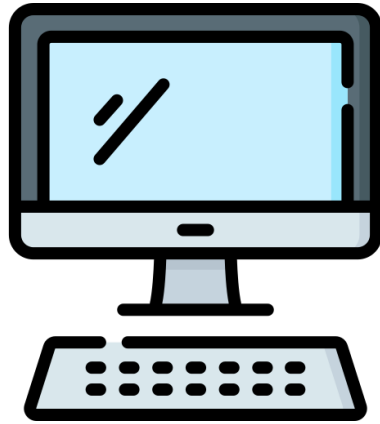




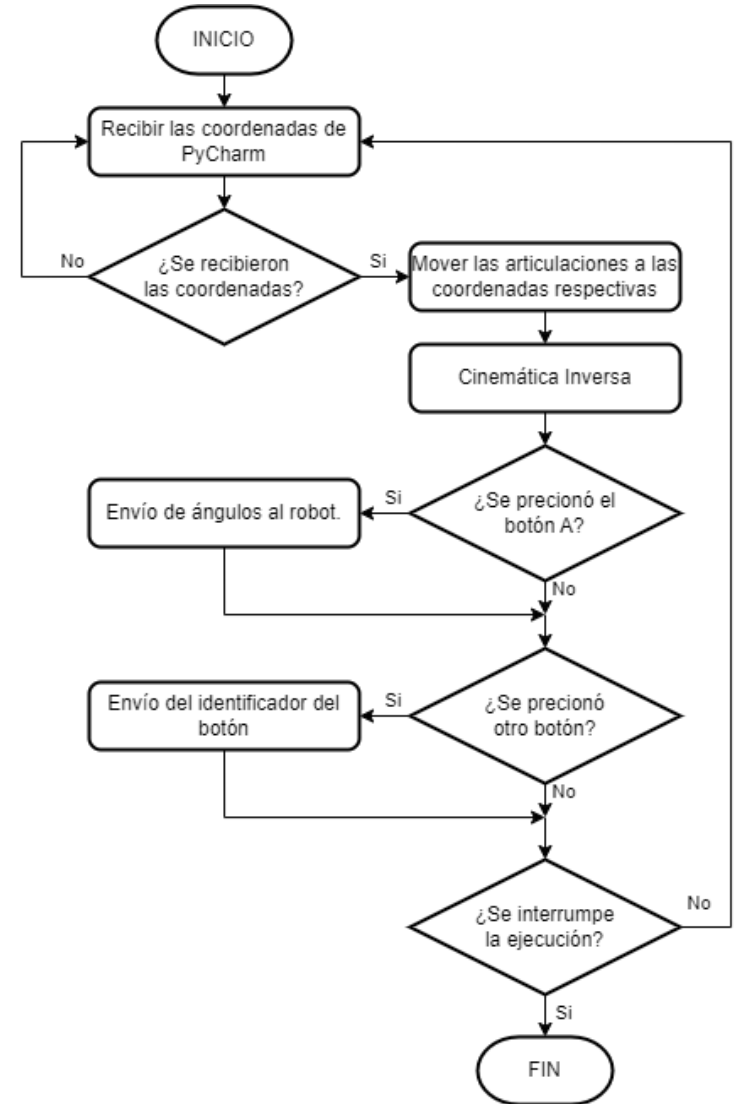
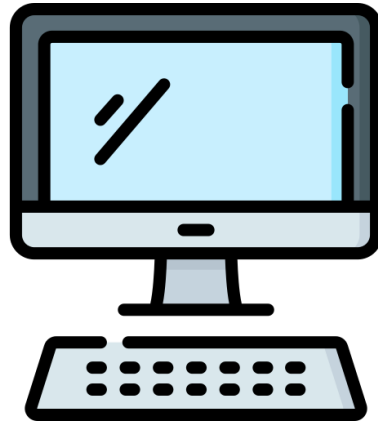
# REPRESENTACIÓN DEL PROYECTO



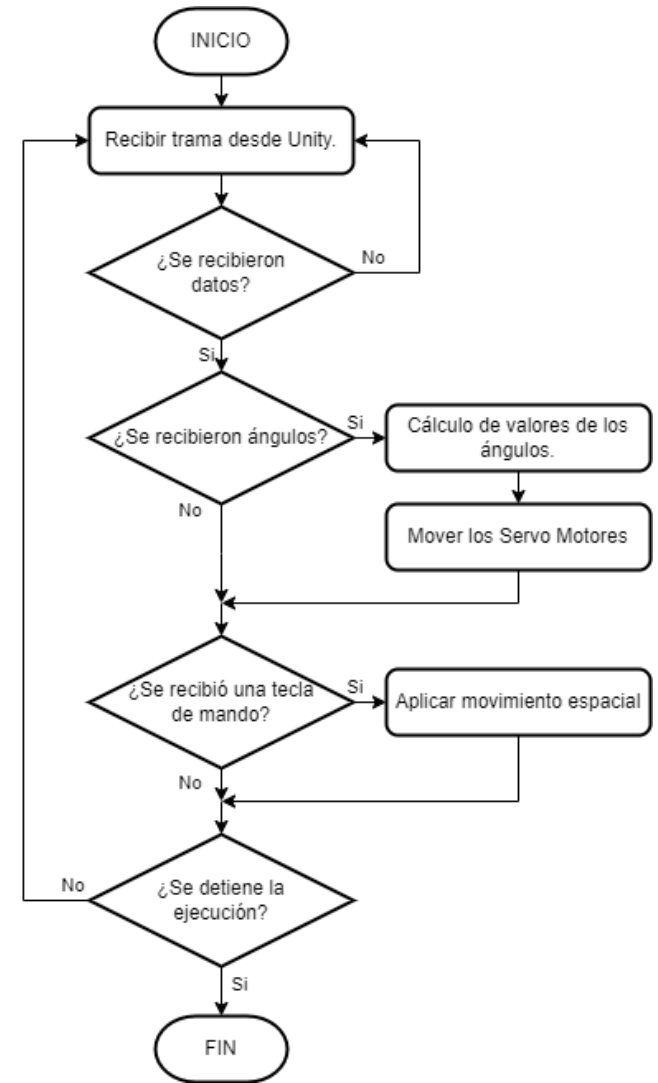
# DIAGRAMA DE PYCHARM







# DIAGRAMA DEL ROBOT EN PYCHARM



# REPRESENTACIÓN DEL PROYECTO

$$\frac{T - (x_l - x_r)}{Z - f} = \frac{T}{Z} \rightarrow Z = \frac{fT}{x_l - x_r}$$

*Distancia entre cámaras* → 63mm

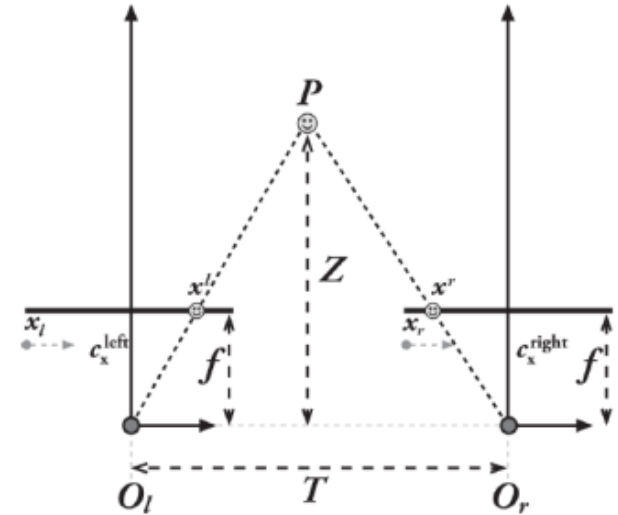
*Distancia focal* → 12

$\bar{X} = |(X \text{ en la cámara derecha}) - (X \text{ en la cámara izqu})|$

$\bar{Y} = |(Y \text{ en la cámara derecha}) - (Y \text{ en la cámara izquierda})|$

$$d = \sqrt{\bar{X}^2 + \bar{Y}^2}$$

$$\text{profundidad} = \frac{(\text{Distancia focal})(\text{Distancia entre cámaras})}{d}$$

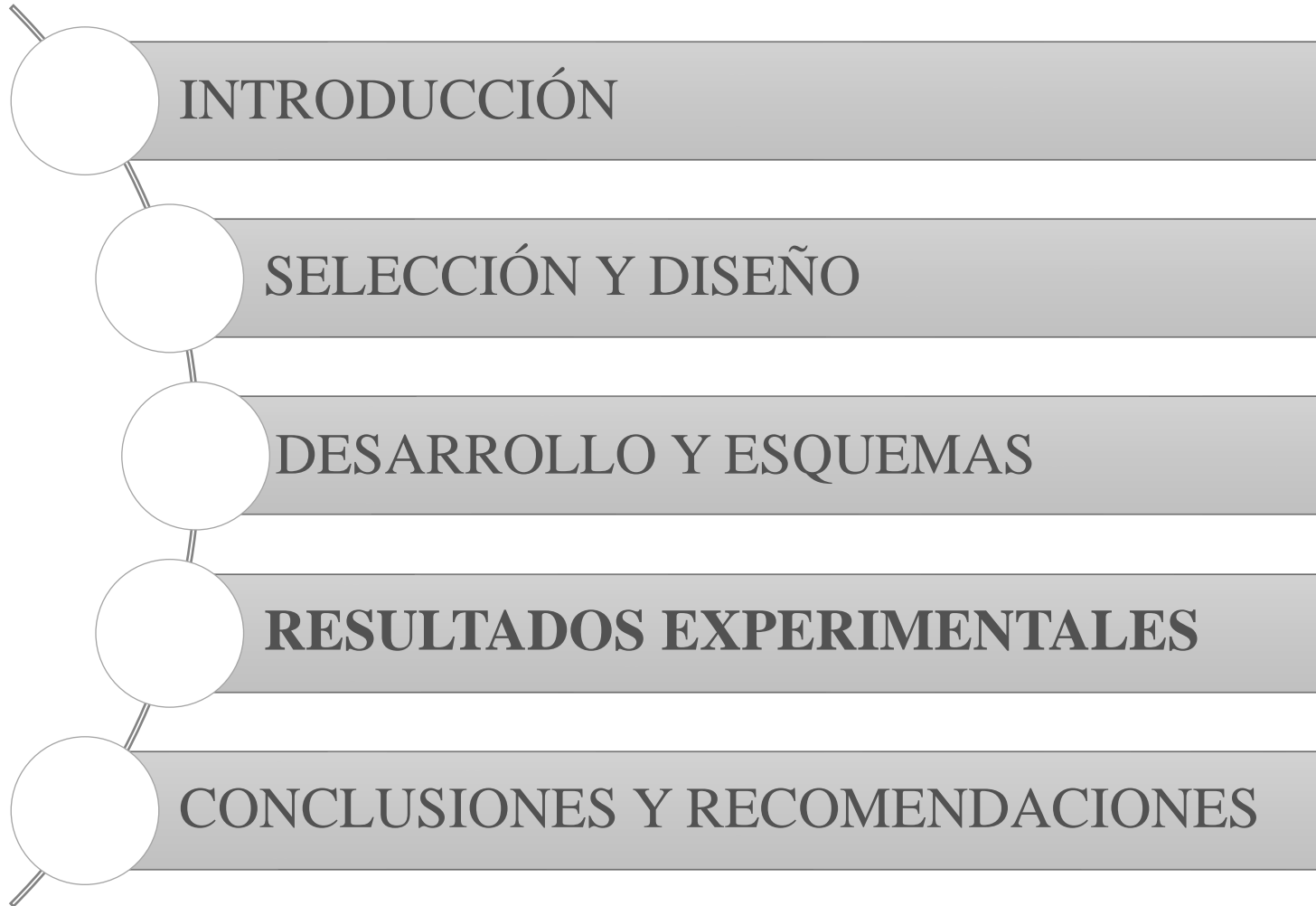


## BRAZO IZQUIERDO

	Ángulo (°)	Valor
<b>SERVO_ID8</b>		
<b>Límites de trabajo</b>	-60	1000
	180	0
<b>Origen</b>	0	750
<b>Límites de proyecto</b>	-15	813
	165	63
<b>SERVO_ID7</b>		
<b>Límites de trabajo</b>	300	1000
	60	0
<b>Origen</b>	180	500
<b>Límites de proyecto</b>	270	875
	150	375
<b>SERVO_ID6</b>		
<b>Límites de trabajo</b>	135	1000
	-135	0
<b>Origen</b>	0	500
<b>Límites de proyecto</b>	90	833
	-30	389

## BRAZO DERECHO

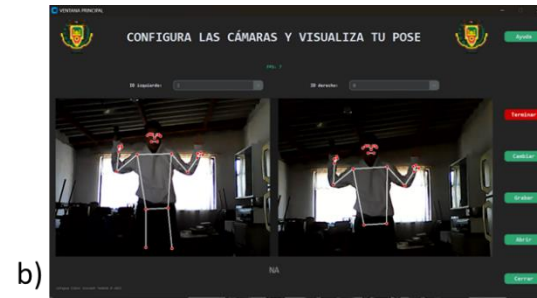
	Ángulo (°)	Valor
<b>SERVO_ID16</b>		
Límites de trabajo	-180	1000
	60	0
Origen	0	$O_{16}$
Límites de proyecto	-165	$A_{16}$
	15	$B_{16}$
<b>SERVO_ID15</b>		
Límites de trabajo	120	1000
	-120	0
Origen	0	$O_{15}$
Límites de proyecto	30	$A_{15}$
	-90	$B_{15}$
<b>SERVO_ID14</b>		
Límites de trabajo	135	1000
	-135	0
Origen	0	$O_{14}$
Límites de proyecto	30	$A_{14}$
	-90	$B_{14}$



## Iluminación contra luz - oscura

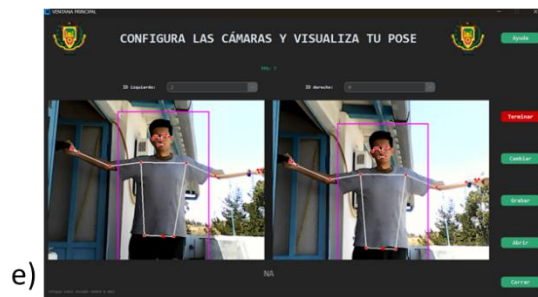


## Iluminación contra luz – semi oscura

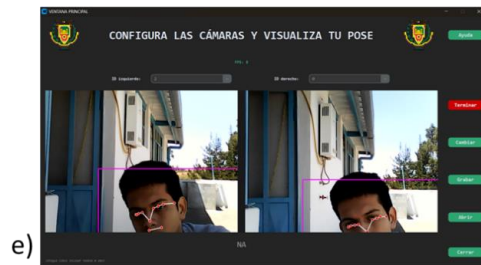
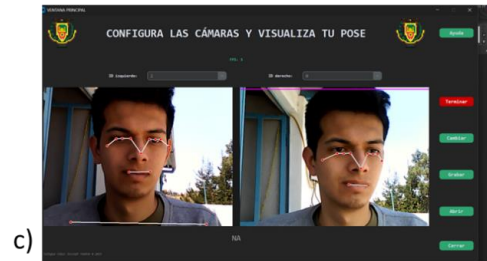




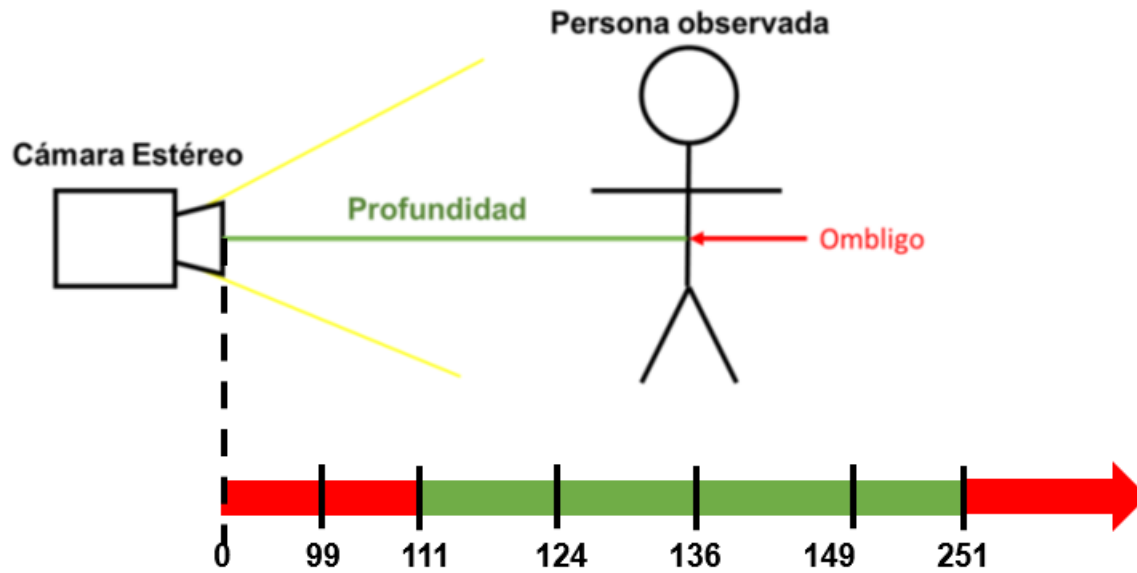
## Iluminación clara



## Detección parcial y por varias personas



## Triangulación



## De PyCharm a Unity

```
C:\Users\Det-Pc\Desktop\Tesis\PythonCodes\PcCode01\venv\Scripts\python.exe C:\Users\Det-Pc\
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga! como mensaje enviado
Se recibí? Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga! como mensaje recibido
La latencia promedio de 100 mensajes enviados es de 0.19 ms

Process finished with exit code 0
```

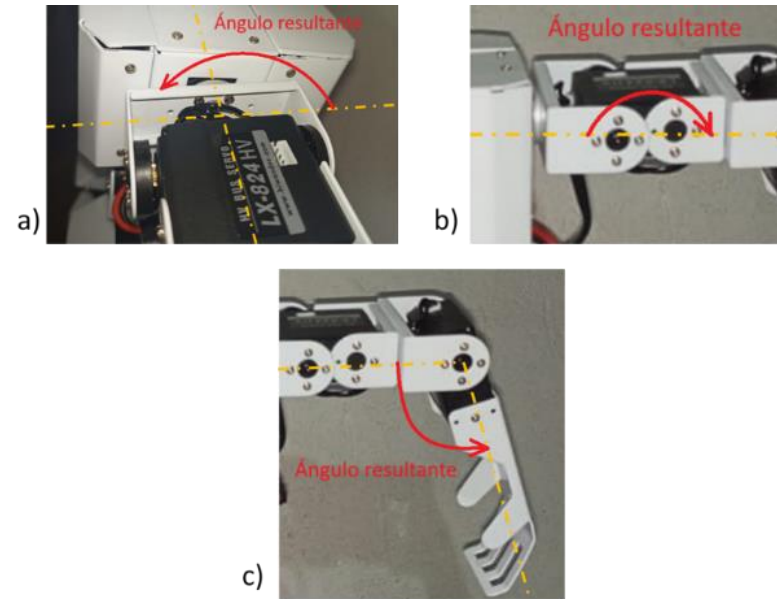
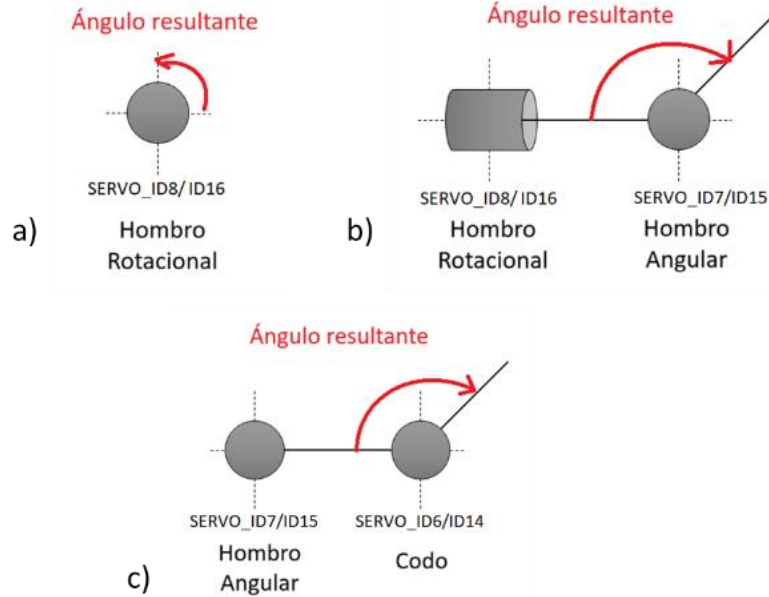
## De Unity al Robot

```
[! [08:41:47] Mensaje enviado: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga!
UnityEngine.MonoBehaviour:print (object)

[! [08:41:47] Mensaje recibido: Se recibió! Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga!
UnityEngine.MonoBehaviour:print (object)

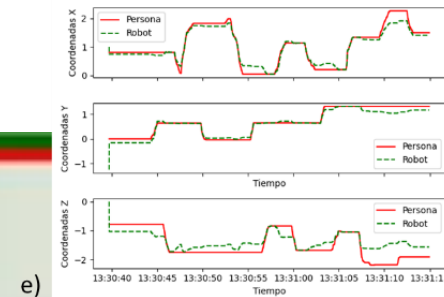
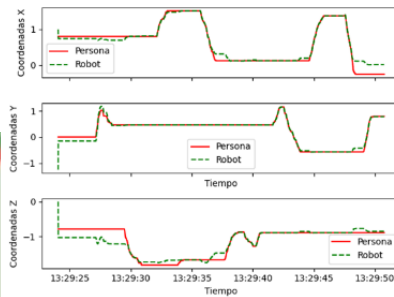
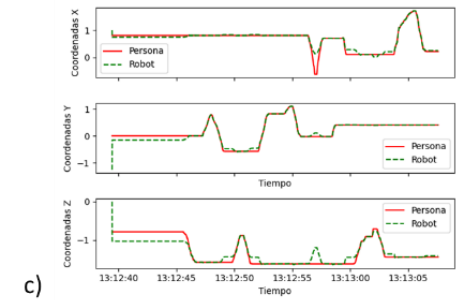
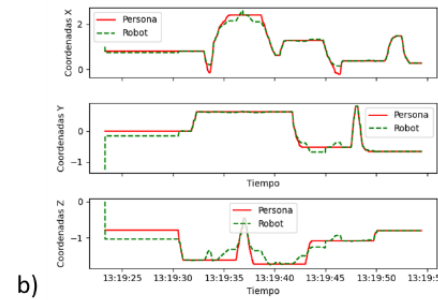
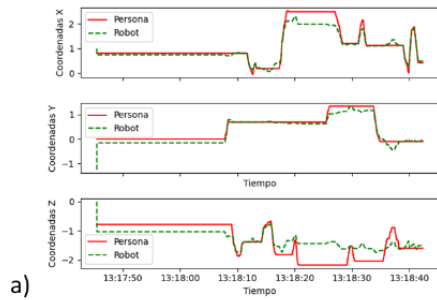
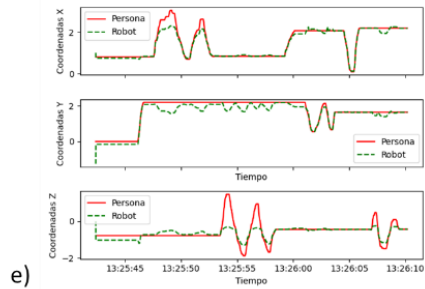
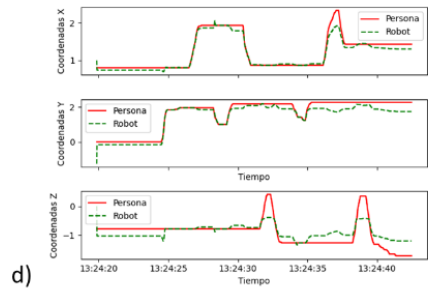
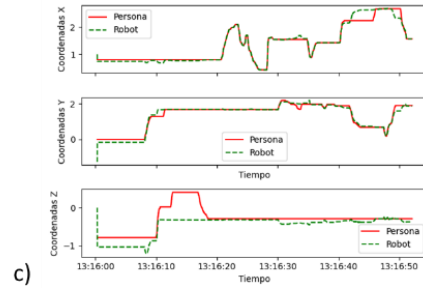
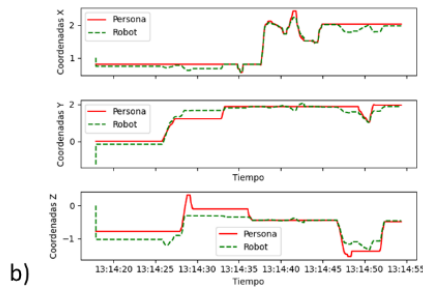
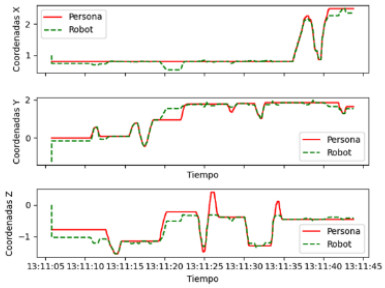
[! [08:41:47] Latencia promedio de 100 mensajes: 18.16 ms
UnityEngine.MonoBehaviour:print (object)
```

# RESULTADOS DE LA CONVERSIÓN DE GDL



Servomotores	Error (%)
ID 8	2.02
ID 6	1.7
ID 16	1.63
ID 15	0.27
ID 14	1.7
<b>Total</b>	<b>7.32</b>

# RESULTADOS DE LA CONVERSIÓN DE GDL





# RESULTADOS DE LA CONVERSIÓN DE GDL





**H1:** ¿Se podrá controlar remotamente un robot humanoide que permita interactuar y manipular objetos dentro de un entorno, mediante visión estéreo y teleoperación, en el laboratorio de Mecatrónica?

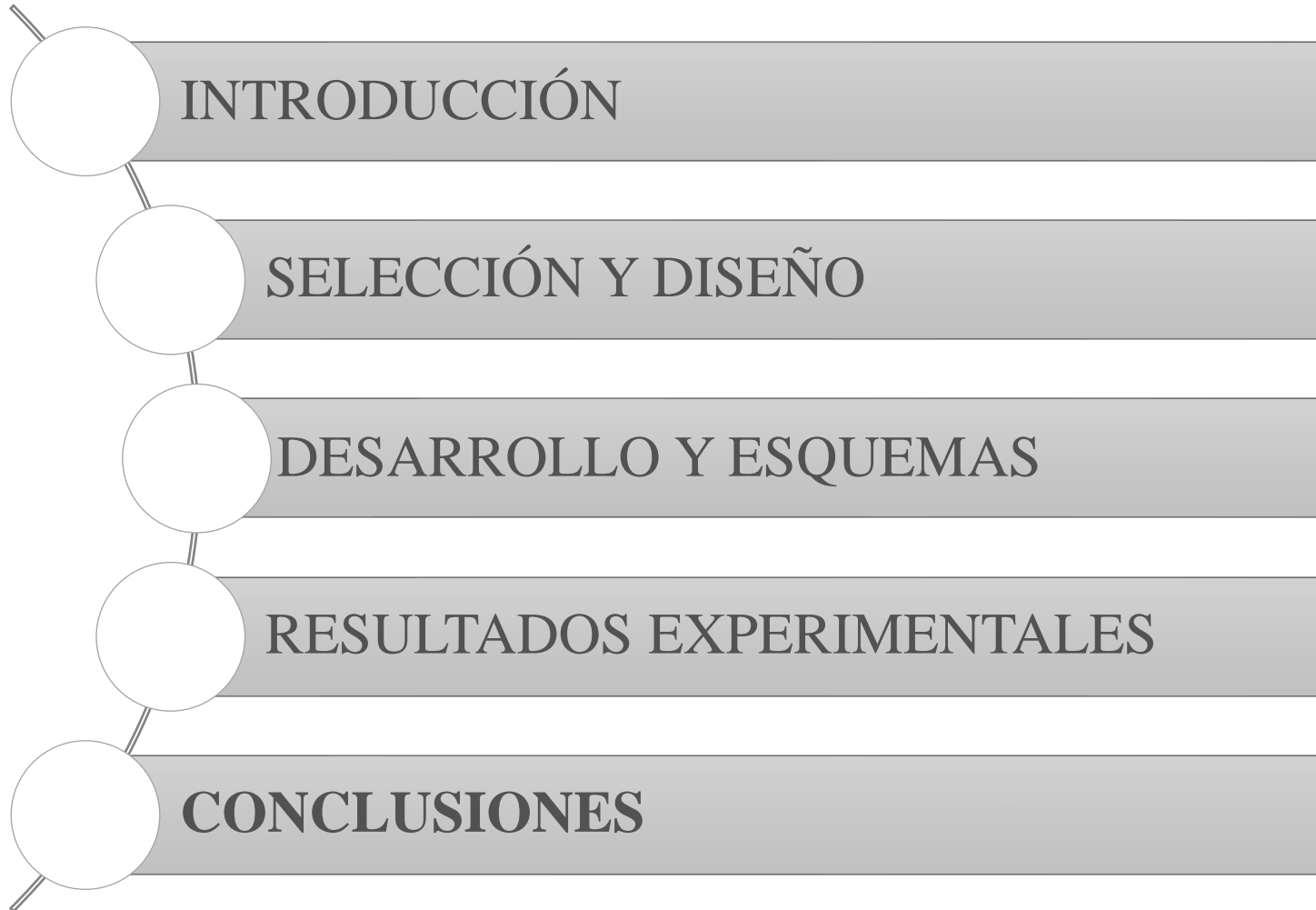
**H0:** No se podrá controlar remotamente un robot humanoide que permita interactuar y manipular objetos dentro de un entorno, mediante visión estéreo y teleoperación, en el laboratorio de Mecatrónica.

Para un error del 10% se tiene que:

$$x_{calculada}^2 > x_{crítico}^2$$

9.4296 > 7.7794 para interacción.

8.3333 > 7.7794 para manipulación.



- El modelo de cámara seleccionado para el dispositivo de Visión Estéreo es la Genius FaceCam 1000X, utilizando dos cámaras de las mismas características (modelo) y así mantener la paridad y perspectiva a  $63mm$  de separación entre ellas.
- El soporte de las cámaras para el dispositivo de Visión Estéreo, para las cargas aplicadas por estas cámaras y la manipulación del operador, tiene un desplazamiento máximo de  $0.38mm$  con un coeficiente de seguridad de 1.03 unidades.
- La distancia entre la cámara y el punto de referencia de la persona observada para un mejor cálculo de la triangulación de la profundidad se encuentra entre los  $111cm$  y los  $250cm$  ya que el punto que se tomó como referencia para la medida entra en el rango de observación en la imagen.
- La latencia media, calculada a partir de enviar y recibir un mensaje específico 100 veces, en la comunicación entre PyCharm y Unity es de  $0.19ms$  debido a que se encuentran en el mismo dispositivo (computador).



# UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE SEDE LATACUNGA



## DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

### CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

“Robot humanoide controlado remotamente que permita interactuar y manipular objetos del entorno, mediante Visión Estéreo y Teleoperación, en el laboratorio de Mecatrónica”

**Autor:**

Catagua Cobos, Josseph Yaakob

**Tutor:**

Ms.C. Mendoza Chipantasi, Darío José

Latacunga, 2023

