



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



Ingeniería Mecatrónica

**DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN
MECATRÓNICA**

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA
MATRIZ DE CELDA TRANSPORTADORA FLEXIBLE CON UN
ALGORITMO DE REALIMENTACIÓN VISUAL PARA OPTIMIZAR
EL TRANSPORTE DE OBJETOS EN LOS SISTEMAS DE
MANUFACTURA”**

**ESCOBAR TIGMASA, LUIS MIGUEL
GARZÓN CANCHIGNIA, DIEGO MAURICIO**

TUTOR: MSC. ING. TERÁN HERRERA, HÉCTOR COCHISE





AGENDA

Introducción, antecedentes, justificación

Objetivos

Descripción del Proyecto

Análisis de resultados

Conclusiones Y Recomendaciones



INTRODUCCIÓN

Los transportadores permiten el movimiento automatizado y eficiente de materias y productos, que de otra forma habría que confiar a la labor humana, o a elementos de manutención que requieren igualmente a un humano para su funcionamiento.

ANTECEDENTES

Existen proyectos de transporte que tienen la funcionalidad para mover productos de un sitio a otro entre las estaciones de trabajo transportadores pueden ser con o sin motor, rodillos o correas, en el aire o en el suelo, son literalmente, la columna vertebral del sistema de producción.



JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.

Con la realización de este proyecto se pretende buscar nuevas alternativas de responder a la necesidad en particular del transporte automatizado multidireccional y flexible en las industrias.

Se empleara un mecanismo piñón-cremallera para realizar los movimientos de desplazamiento del equipo, ejecutados por actuadores los mismos que son controladas y monitoreadas por una cámara y un computador.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar, construir e implementar una matriz de celda transportadora flexible con un algoritmo de realimentación visual para optimizar el transporte de objetos en los sistemas de manufactura.

DESCRIPCIÓN RESUMIDA

MATRIZ DE CELDA TRANSPORTADORA

MECÁNICA

SOFTWARE

ELECTRÓNICA

MOTORES

VISIÓN
ARTIFICIAL

CÁMARA

PC

PIÑÓN-
CREMALLERA

TRANSMISIÓN
POR BANDA

OPENCV QT

ADQUISICIÓN

ARDUINO

DESCRIPCIÓN RESUMIDA

Funcionamiento ilimitado.

•Área de trabajo monitoreada de 750mm x 750mm. Que puede ser escalable.

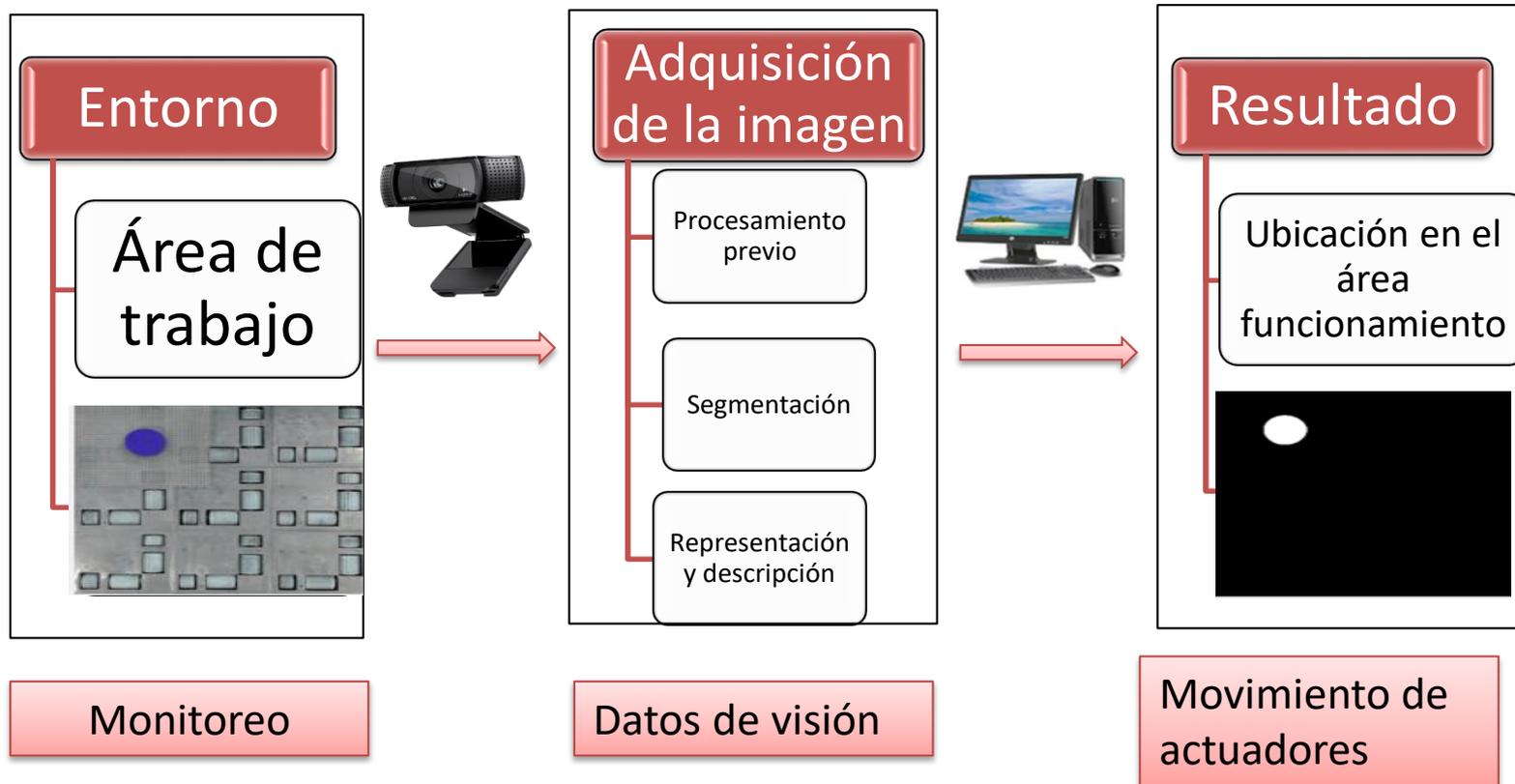
•Algoritmo robusto ante diferentes condiciones de luz externa

•Capacidad desplazar un objeto hasta un punto desde cualquier posición.

Capacidad de carga de 7 lbs.

ADQUISICIÓN DE LA IMAGEN DE LA CÁMARA

El protocolo por el cual se puede visualizar el video de la cámara en OpenCV es mediante RTSP (protocolo de transmisión en tiempo real).



DETECCIÓN DE REFERENCIAS.

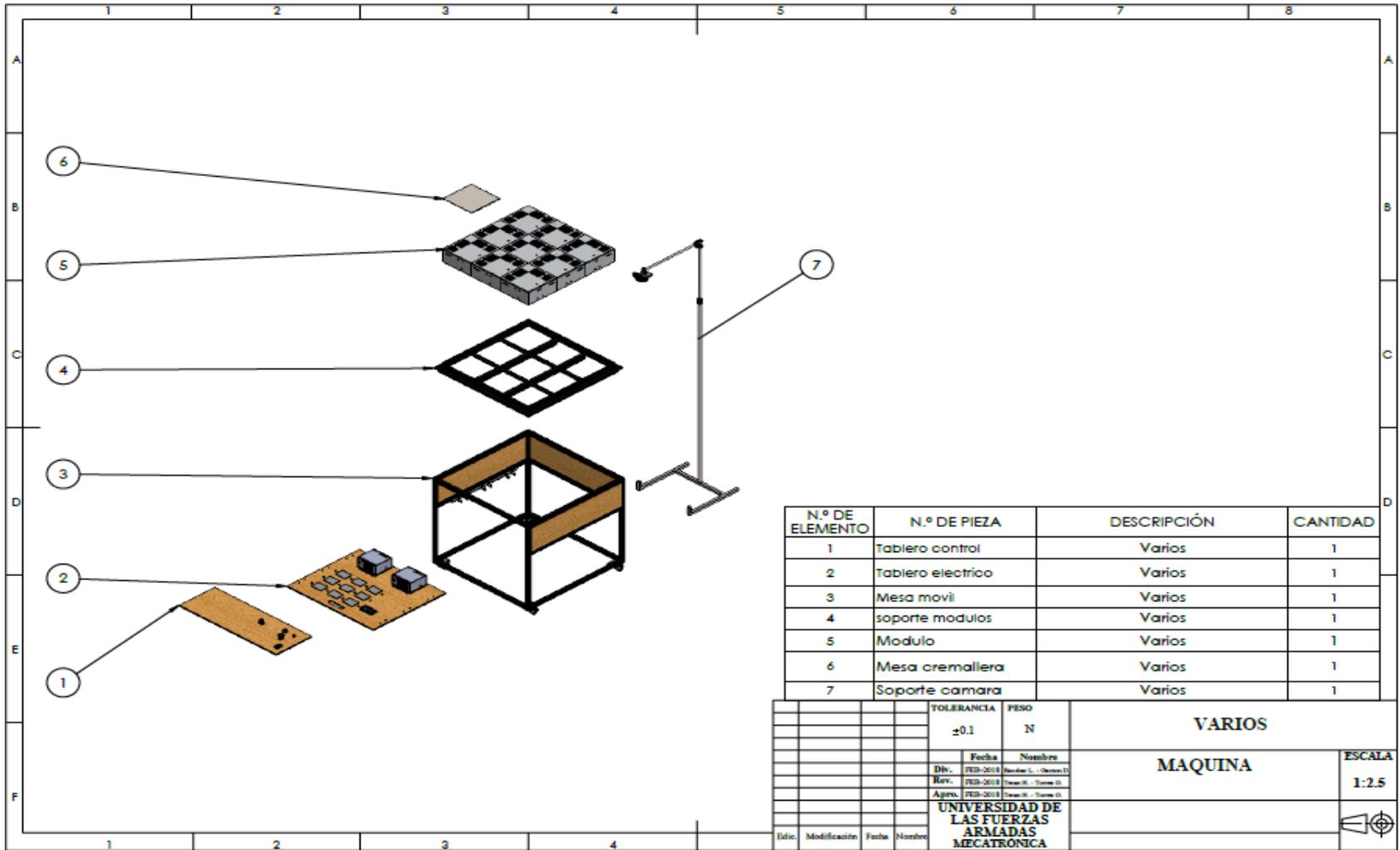
- **Robusto.** La detección de referencias debe superar las diferentes condiciones ambientales y de luz, con una tasa de detección alta positiva.
- **Tiempo real.** Detección de la referencia en vivo. Es decir, a la misma hora y al mismo tiempo que se visualiza el video.

DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

Calificación	% del óptimo	Significado
0	<35	Insatisfecho
1	35-50	Satisfecho
2	51-75	Bueno
3	76-89	Muy bueno
4	90-100	Óptimo

Sistema de transmisión de movimiento	Transmisión por poleas y correa dentada
Actuadores	Motor DC Pololu con reductor 75:1
Tarjeta de control	Arduino Mega 2560
Drivers control motores DC	Controlador de motor CC de doble canal Cytron
Cámara del sistema de visión artificial	Logitech C920 HD Pro
Fuente de alimentación	Fuente de poder CODEGEN 300PA
Ordenador.	Portatil HP 2000-2d22DX.

DISEÑO MECÁNICO



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Tablero control	Varios	1
2	Tablero electrico	Varios	1
3	Mesa movil	Varios	1
4	soporte modulos	Varios	1
5	Modulo	Varios	1
6	Mesa cremallera	Varios	1
7	Soporte camara	Varios	1

TOLERANCIA		PESO		VARIOS	
±0.1	N			MAQUINA	
Fecha	Nombre			ESCALA	
Div. FEB-2018	Medina G. - Chavez D.			1:2.5	
Rev. FEB-2018	Chavez G. - Chavez G.				
Aprro. FEB-2018	Chavez G. - Chavez G.				
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS MECATRÓNICA					
Edic.	Modificación	Fecha	Nombre		

PARÁMETROS DEL DISEÑO

Carga

- 3,175 Kg

Grados de libertad

- 2 GDL
- Eje x
- Eje y

Ergonomía

- Seguro y escalable.

ANÁLISIS DE ESFUERZOS DE EJES

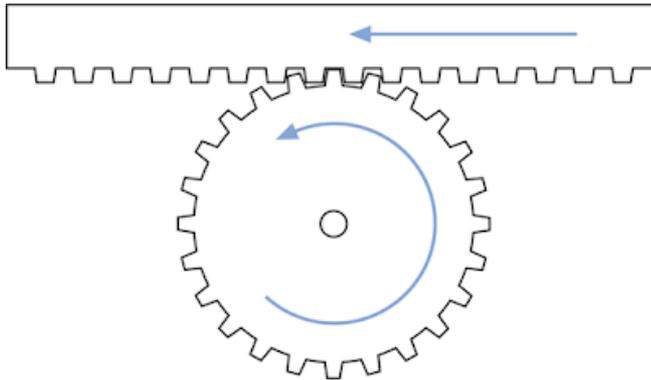
1. Teoría de fatiga de Goodman

- La teoría se utiliza para analizar la resistencia de las piezas sometidas a tensiones fluctuantes, utiliza la resistencia última a la tensión, por lo que la gráfica resultante cambia y, por tanto, el coeficiente de seguridad.

1. Factor de seguridad

- Es utilizado en el diseño de piezas con la finalidad de considerar los casos que pueden ocurrir cuando las fuerzas reales actúan sobre una pieza

SISTEMA PIÑÓN – CREMALLERA



$$F_{ht} = m(9,81u + a)$$

$$F_{ht} = (3,175)(9,81(0,15) + 3)$$

$$F_{ht} = 14,197 \text{ N}$$

$$F_{hc} = F_{ht}k$$

$$F_{hc} = (14,197)(2,5)$$

$$F_{hc} = 35,492 \text{ N}$$

Tiempo de trabajo	Tipo de carga		
	Uniforme	Moderada	Pesada
Ocasional (1/2 hora)	1.5	1.8	2.3
Intermitente (3 horas)	1.8	2	2.5
8-10 horas	2	2.25	2.8
24 horas	2	2.5	3

$$w_1 = \frac{F_{hc}}{L_{Engranaje 1}}$$

$$w_1 = \frac{35,492}{0,045}$$

$$w_1 = 788,711 \frac{N}{m}$$

$$w_2 = \frac{F_{hc}}{L_{Engranaje 2}}$$

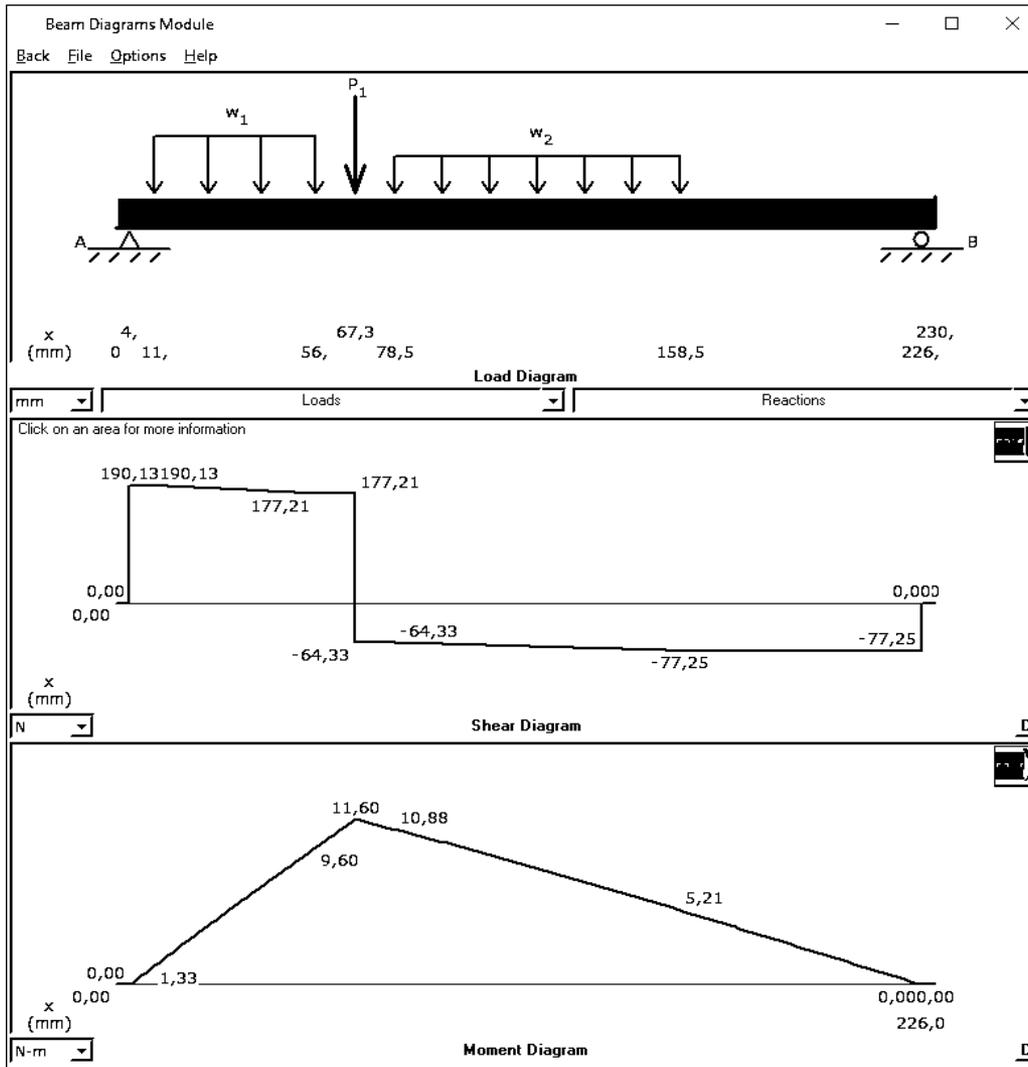
$$w_2 = \frac{35,492}{0,08}$$

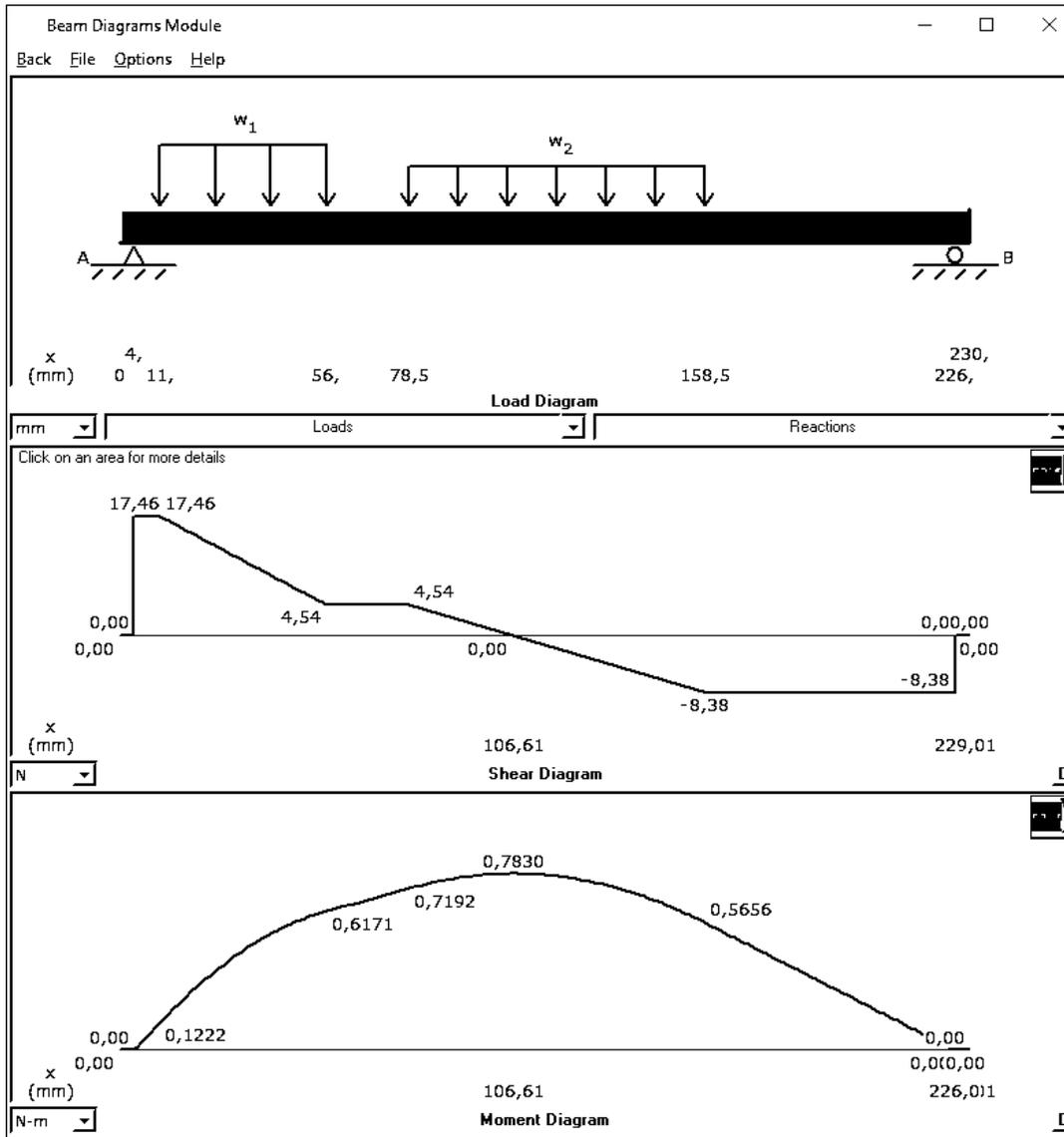
$$w_2 = 443,650 \frac{N}{m}$$

$$F = \frac{T}{r}$$

$$F = \frac{2,657}{0,011}$$

$$F = 241,545 N$$





$$F_r = F_{hc} \tan(20^\circ)$$

$$F_r = (35,492) \tan(20^\circ)$$

$$F_r = 12,918 \text{ N}$$

$$w_1 = \frac{F_r}{L_{\text{Engranaje 1}}}$$

$$w_2 = \frac{F_r}{L_{\text{Engrane 2}}}$$

$$w_1 = \frac{12,918}{0,045}$$

$$w_2 = \frac{12,918}{0,08}$$

$$w_1 = 287,066 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$w_2 = 161,475 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

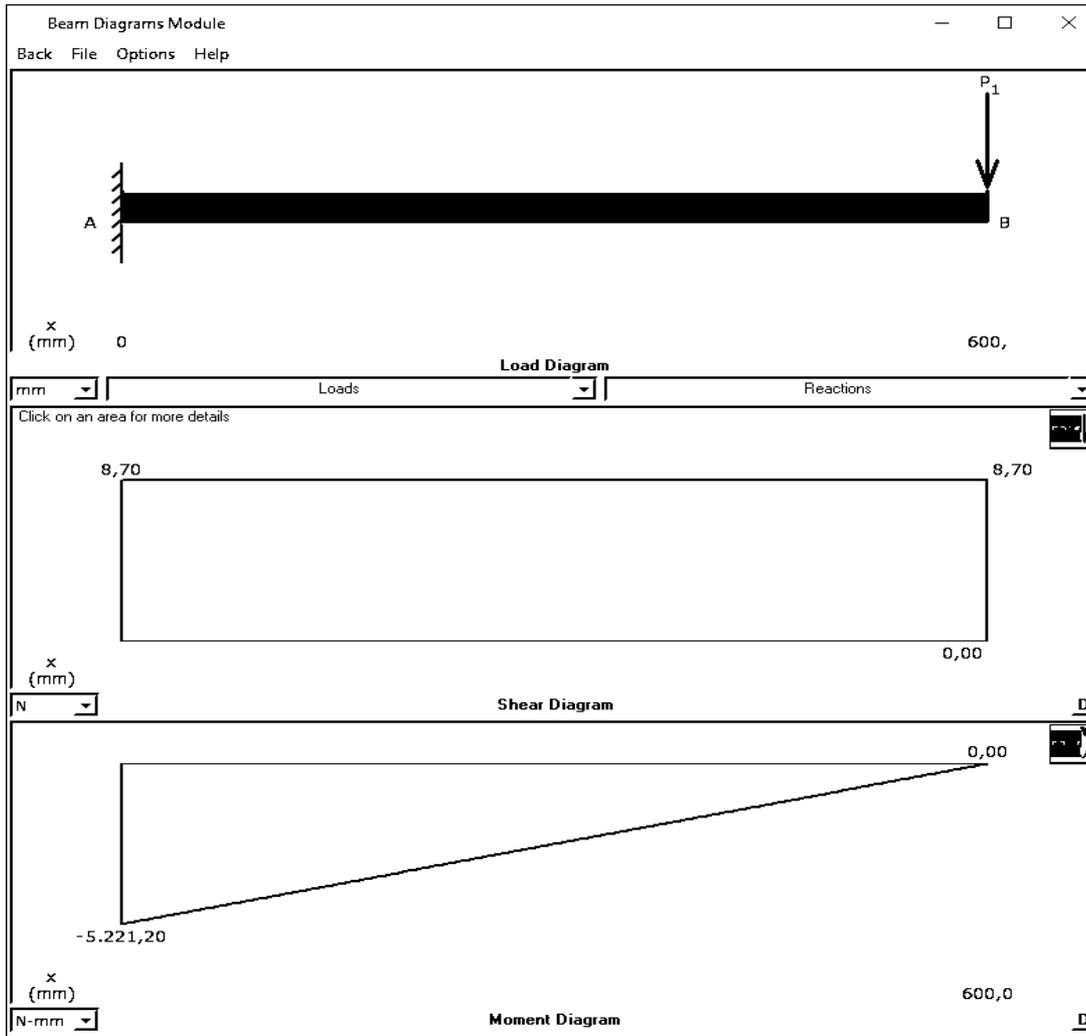
$$M = \sqrt{M_x^2 + M_y^2}$$

$$M = \sqrt{(0,7830)^2 + (11,60)^2}$$

$$M = 11,626 \text{ Nm.}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16n}{\pi} \left[4 \left(\frac{k_f M_a}{S_e} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} + \left[3 \left(\frac{k_{fs} T_m}{S_y} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}}$$

$$d = 12 \text{ mm}$$



$$\sum F_y = 0$$

$$R_A - P_1 = 0$$

$$R_A - 8,702N = 0$$

$$R_A = 8,702N$$

$$\sum M_A = 0$$

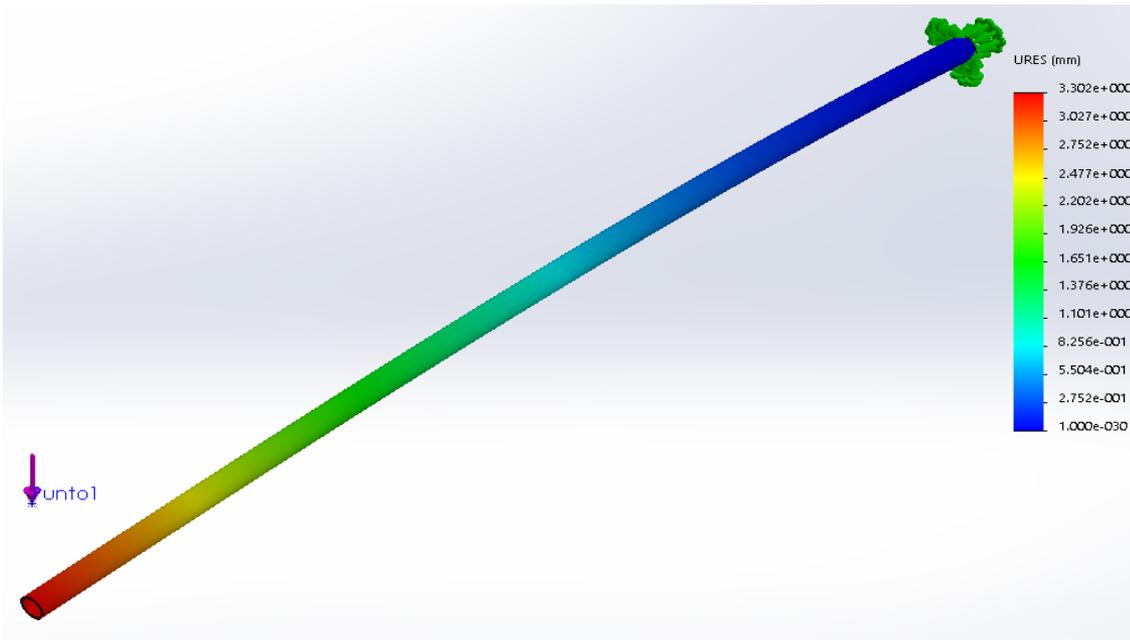
$$(8,702N)(600mm) - M_A = 0$$

$$M_A = 5221.2 Nmm$$

$$I = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}$$

$$I = \frac{\pi(14^4 - 12^4)}{64}$$

$$I = 867,864 mm^4$$

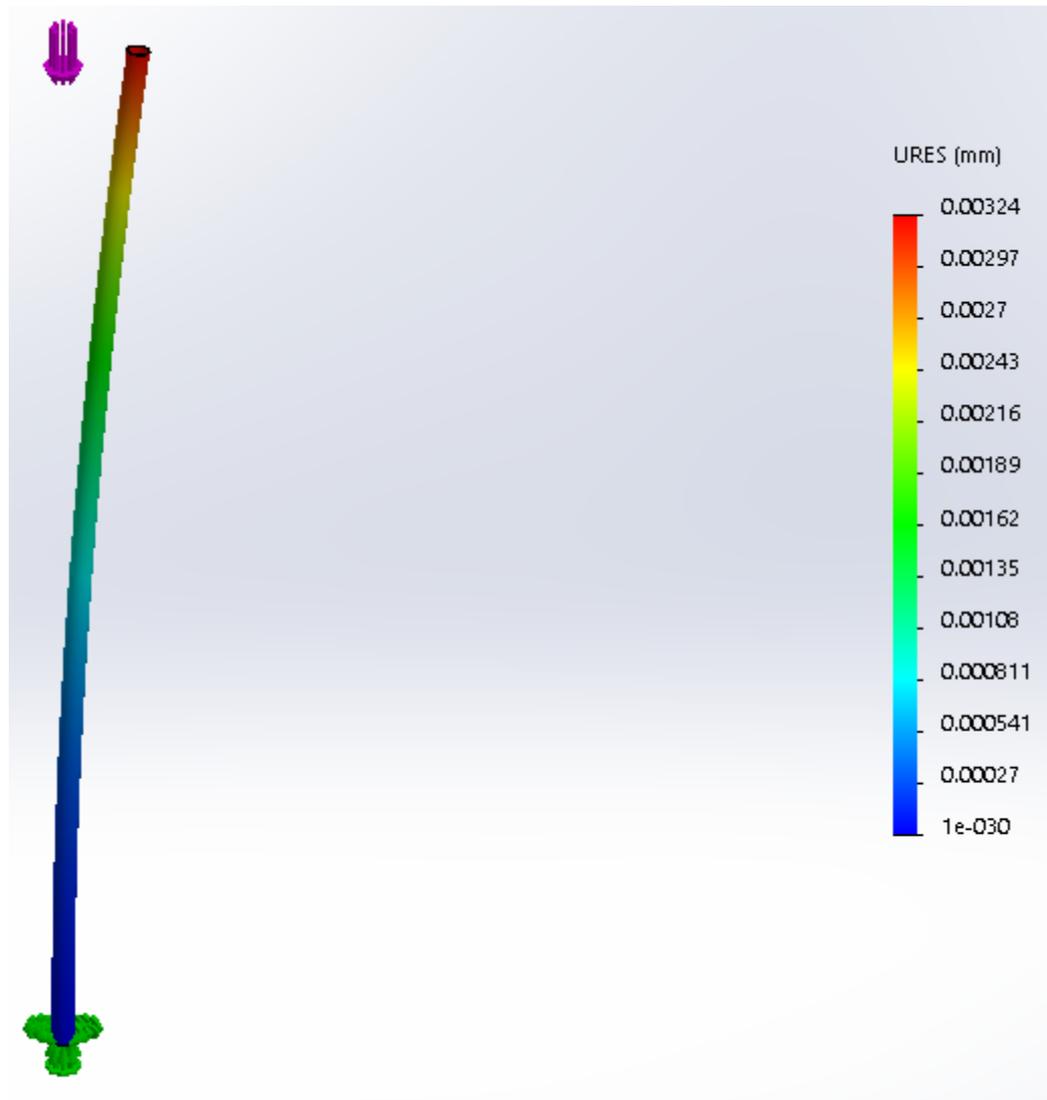


$$y_{max} = \frac{-PL^3}{3EI}$$

$$y_{max} = \frac{-(8,702N)(0,6m)^3}{3(207000 MPa)(867,864 \times 10^{-12} m^4)}$$

$$y_{max} = 3,487 \times 10^{-3} m$$

$$y_{max} = 3,487 \text{ mm}$$



CONTROL

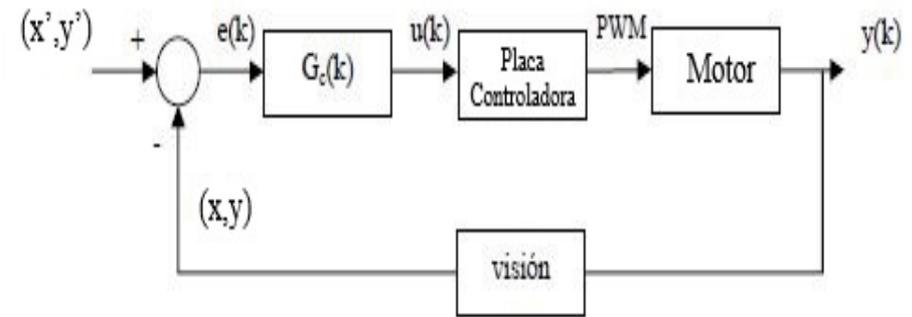
Para realizar el control de movimiento de los motores. Se tiene que comprobar la posición del punto medio de la referencia a transportar con respecto al punto definido de llegada.

$[PX_m > PX_l] \therefore$ sentido anti horario

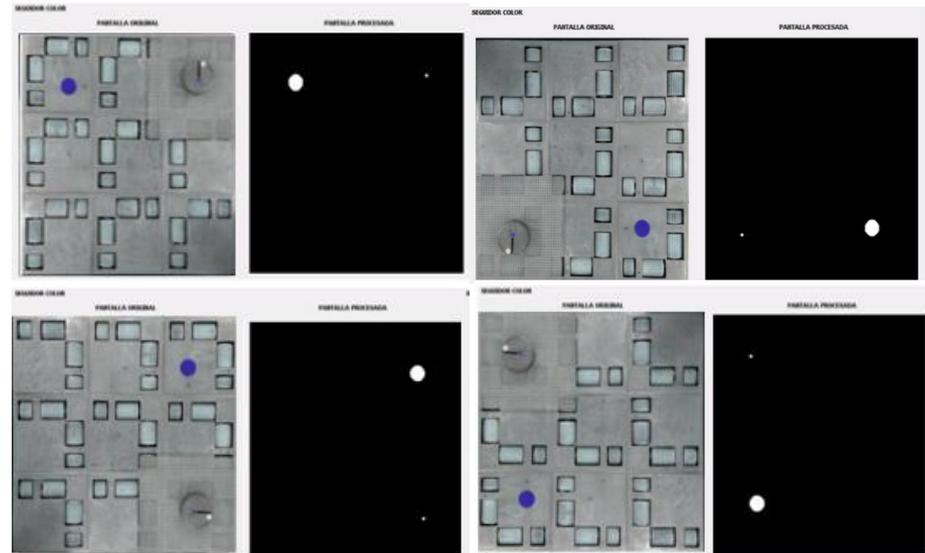
$[PX_m \leq PX_l] \therefore$ sentido horario

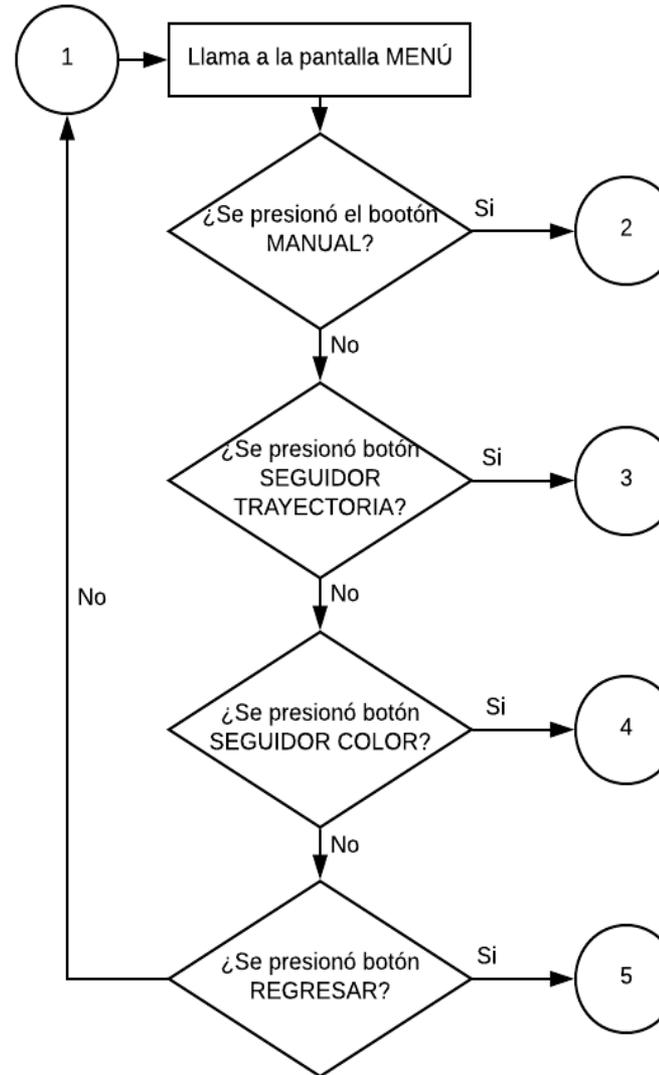
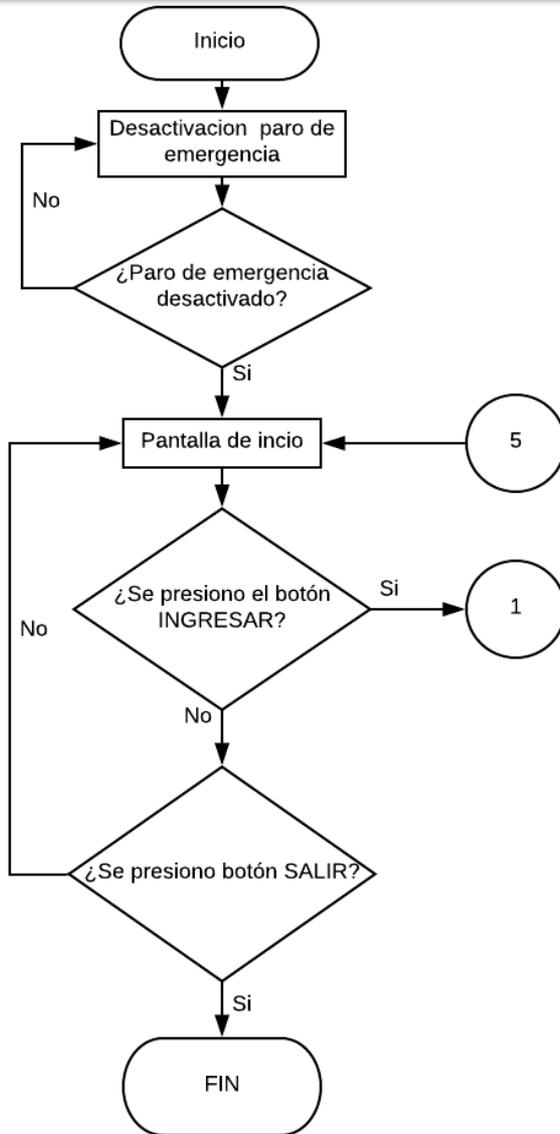
$[PY_m > PY_l] \therefore$ sentido anti horario

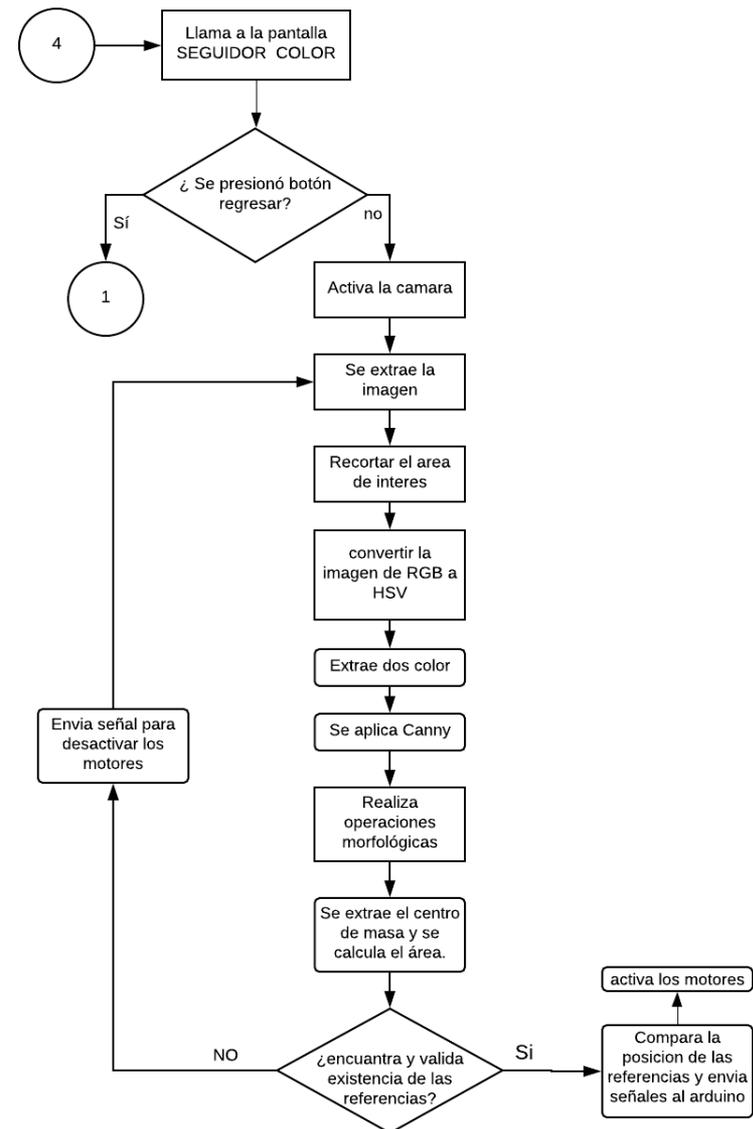
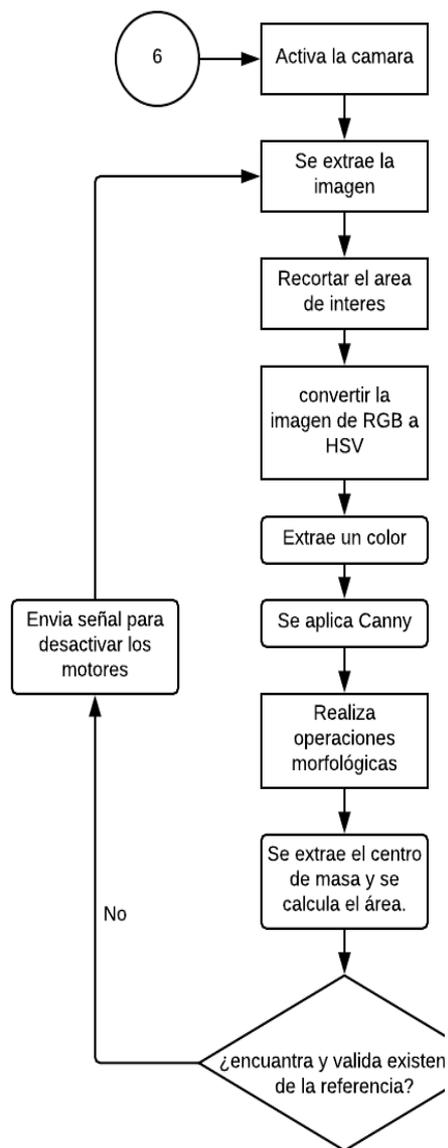
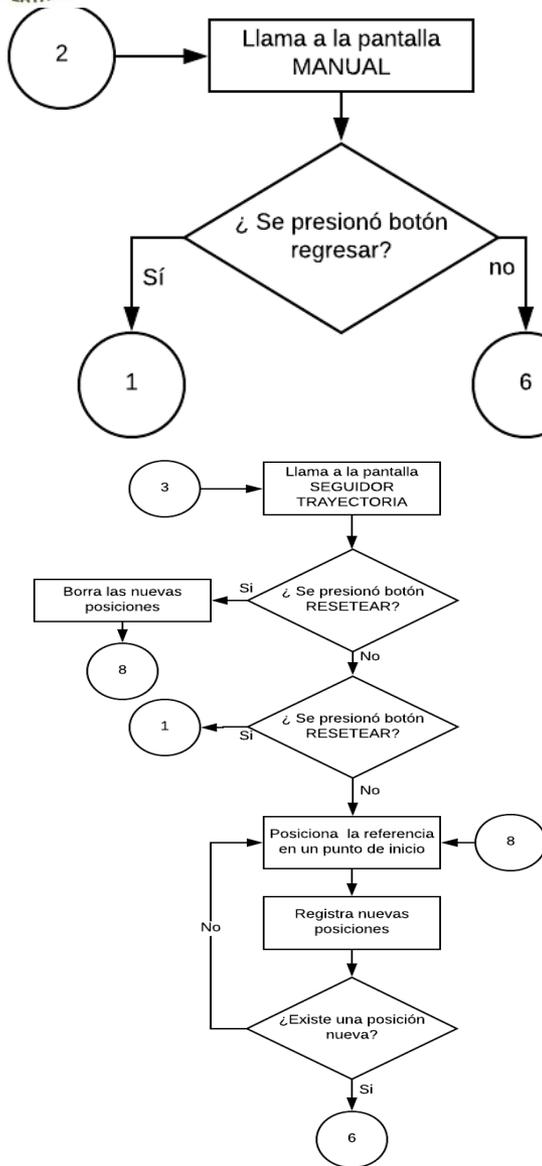
$[PY_m \leq PY_l] \therefore$ sentido horario



Movimiento derecha	Movimiento izquierda
Movimiento arriba	Movimiento abajo



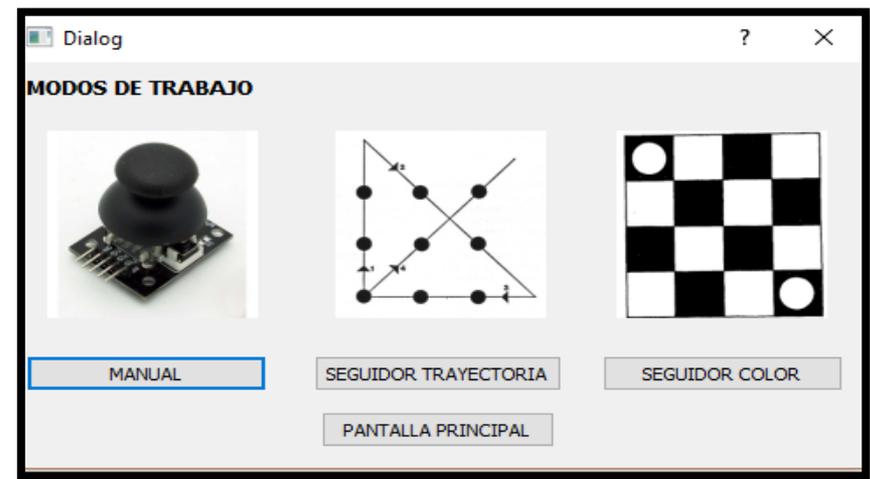




DISEÑO Y FUNCIONAMIENTO DE LA INTERFAZ GRÁFICA

- Panel Principal.

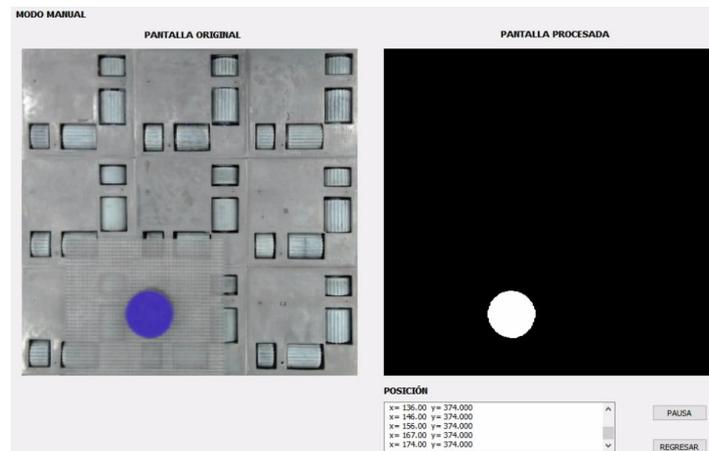
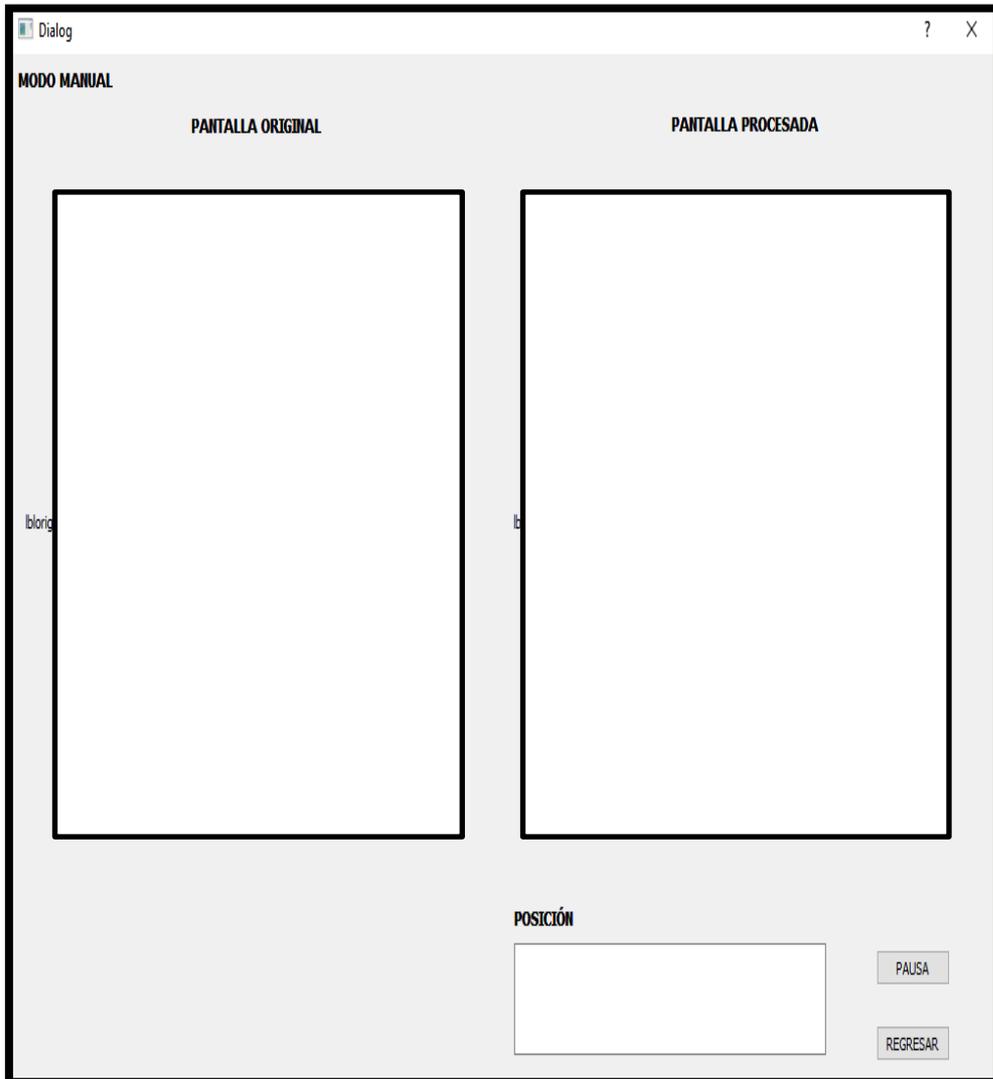
- Panel de menú



DISEÑO Y FUNCIONAMIENTO DE LA INTERFAZ GRÁFICA

- Diseño interfaz modo manual en QT Creator

- Interfaz en funcionamiento

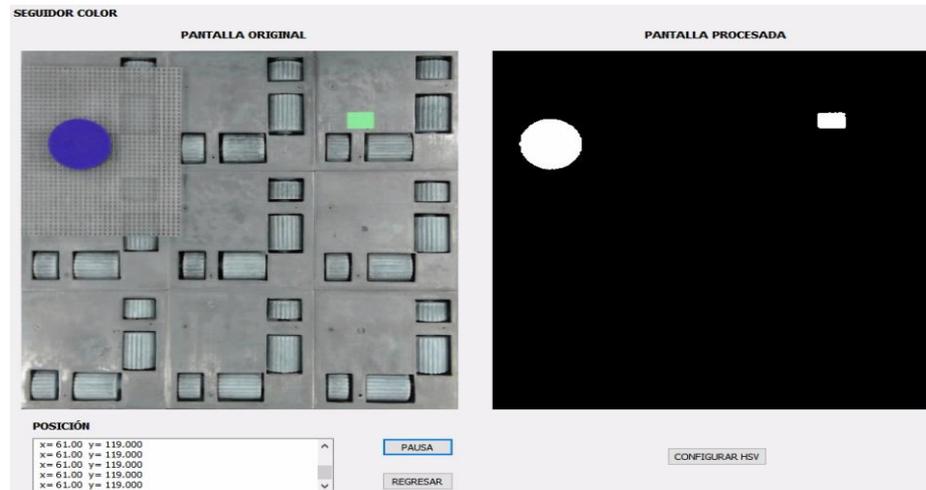
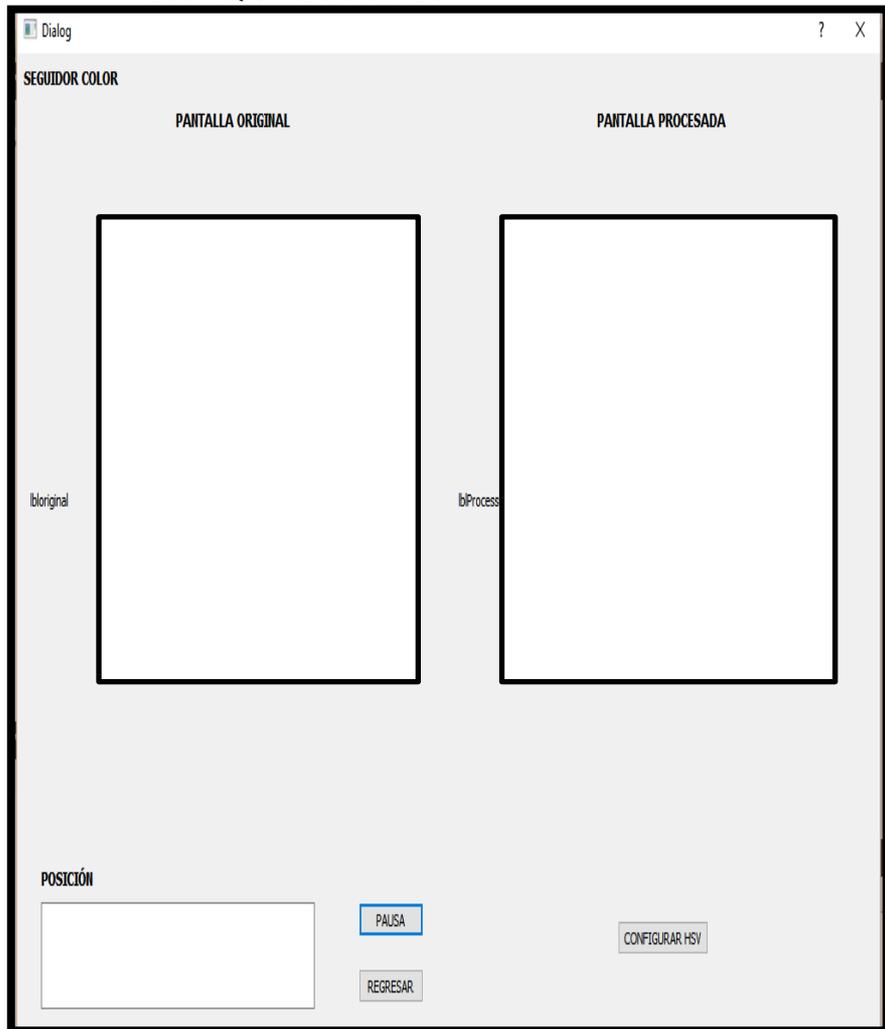


- Accionamiento de forma externa



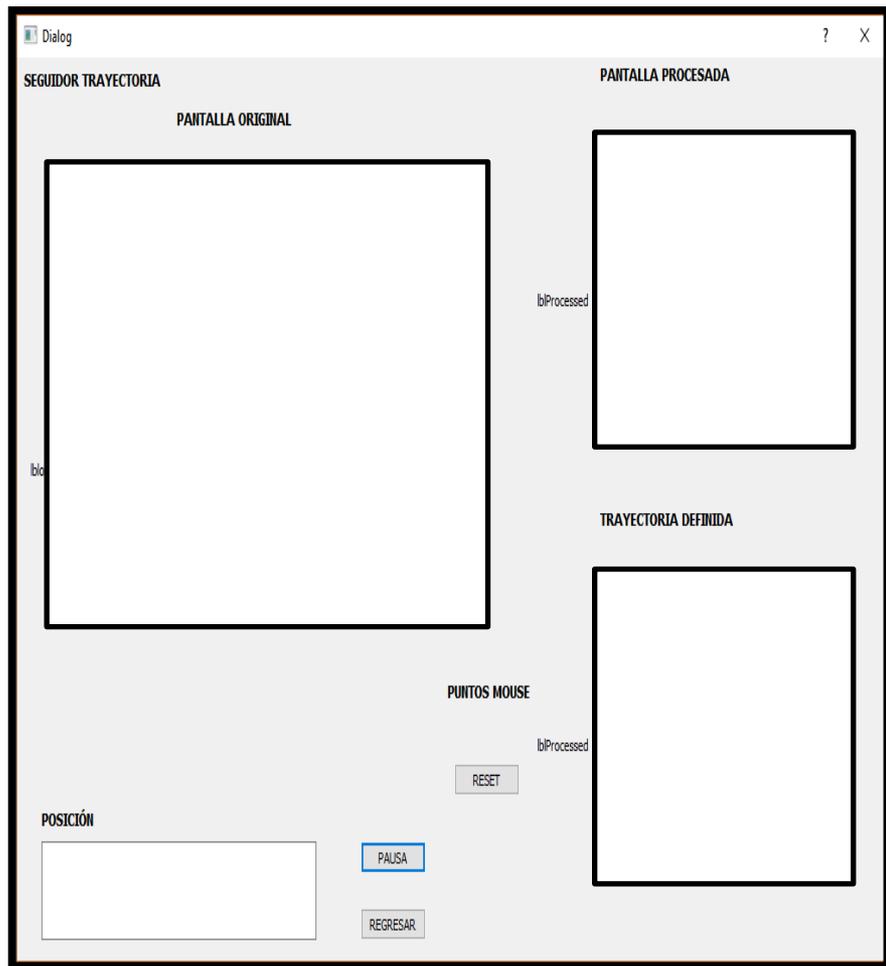
DISEÑO Y FUNCIONAMIENTO DE LA INTERFAZ GRÁFICA

- Diseño interfaz modo seguidor color en QT Creator
- Interfaz en funcionamiento



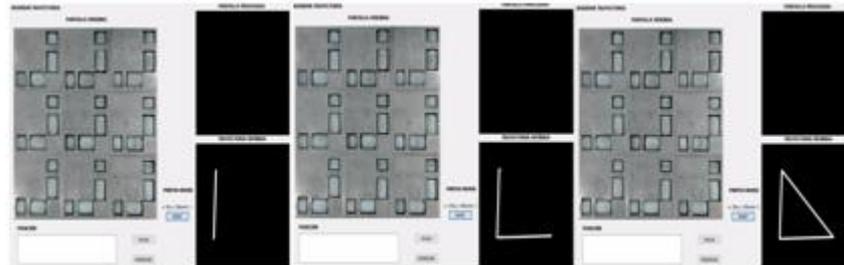
DISEÑO Y FUNCIONAMIENTO DE LA INTERFAZ GRÁFICA

- Diseño interfaz modo seguidor trayectoria en QT Creator

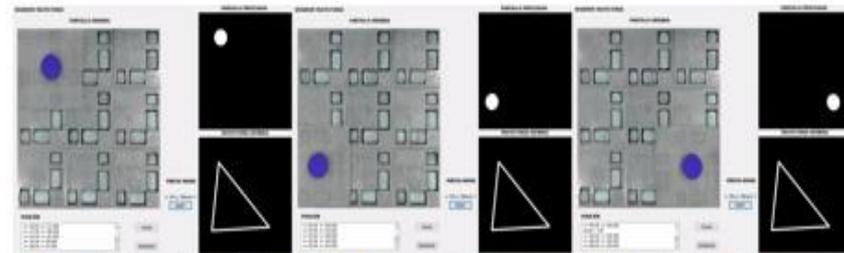


- Interfaz en funcionamiento

Designación de puntos del trayecto a seguir



Seguimiento del trayecto fijado.

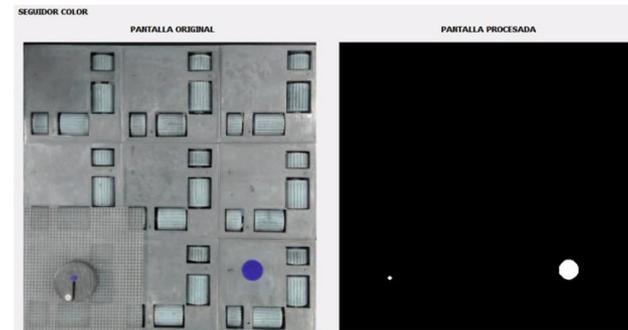
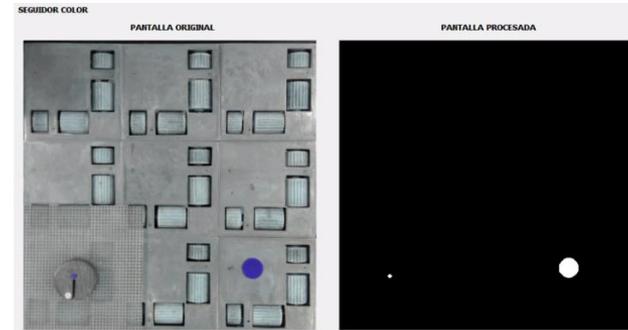


ANÁLISIS DE RESULTADOS



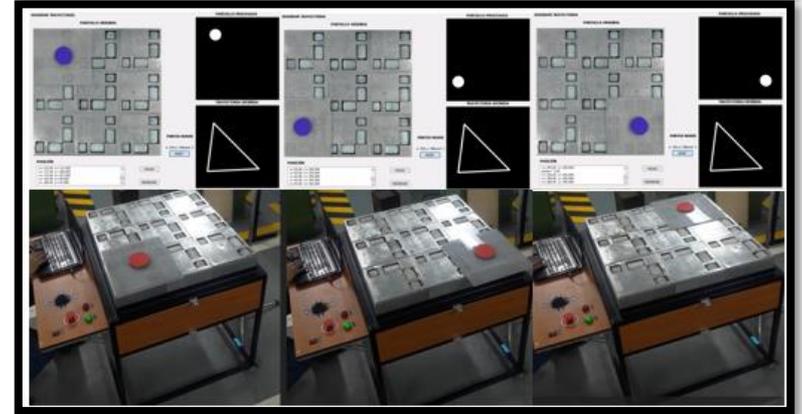
PRUEBAS

Tipo	Reconocimiento de la referencia	Tamaño de la referencia	Forma de la referencia	Tratamiento de la imagen
Muestra 1	Ok	Ok	Ok	Ok
Muestra 2	Ok	Ok	Ok	Ok
Muestra 3	Ok	Ok	Ok	Ok
Muestra 4	Ok	Ok	Ok	Ok
Muestra 5	Ok	Ok	Ok	Ok
Muestra 6	Ok	Ok	Ok	Ok
Muestra 7	Ok	Ok	Ok	Ok
Muestra 8	Ok	Ok	Ok	Ok



PRUEBAS

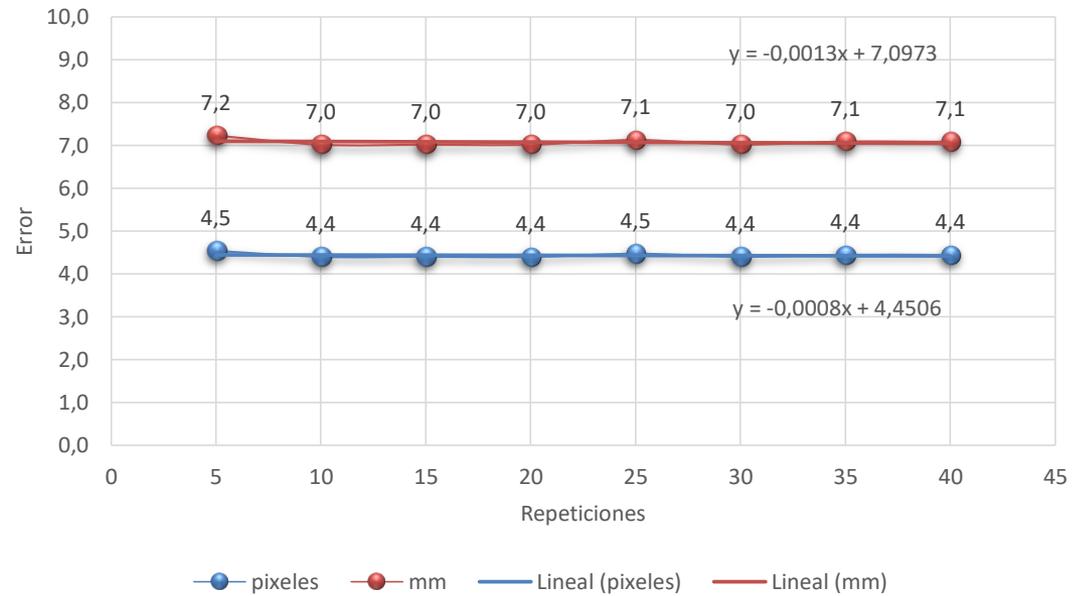
Modo de trabajo	Tipo de movimiento	Número de pruebas	Movimiento correcto	Porcentaje de acierto
Manual	1	40	40	100%
Seguimiento de color	Posición 1	40	40	100%
	Posición 2		40	100%
	Posición 3		40	100%
	Posición 4		40	100%
Seguimiento de trayectoria	Recta en x	20	20	100%
	Recta en Y		20	100%
	Diagonal		20	100%
	cuadrado		20	100%
	Triangulo		20	100%
	mixta		20	100%



PRUEBAS

N° de repeticiones	Error acumulado (píxeles)		Error acumulado (mm)		Error teórico (píxeles)	Error teórico (mm)
5	3,40	2,60	5,42	4,15	4,3	6,8
10	3,20	2,70	5,10	4,31	4,2	6,7
15	3,27	2,27	5,21	3,61	4,0	6,3
20	3,25	2,50	5,18	3,99	4,1	6,3
25	3,52	2,48	5,61	3,95	4,3	6,9
30	3,27	2,53	5,21	4,04	4,1	6,6
35	3,34	2,49	5,33	3,96	4,2	6,6
40	3,03	3,03	4,82	4,82	4,3	6,8

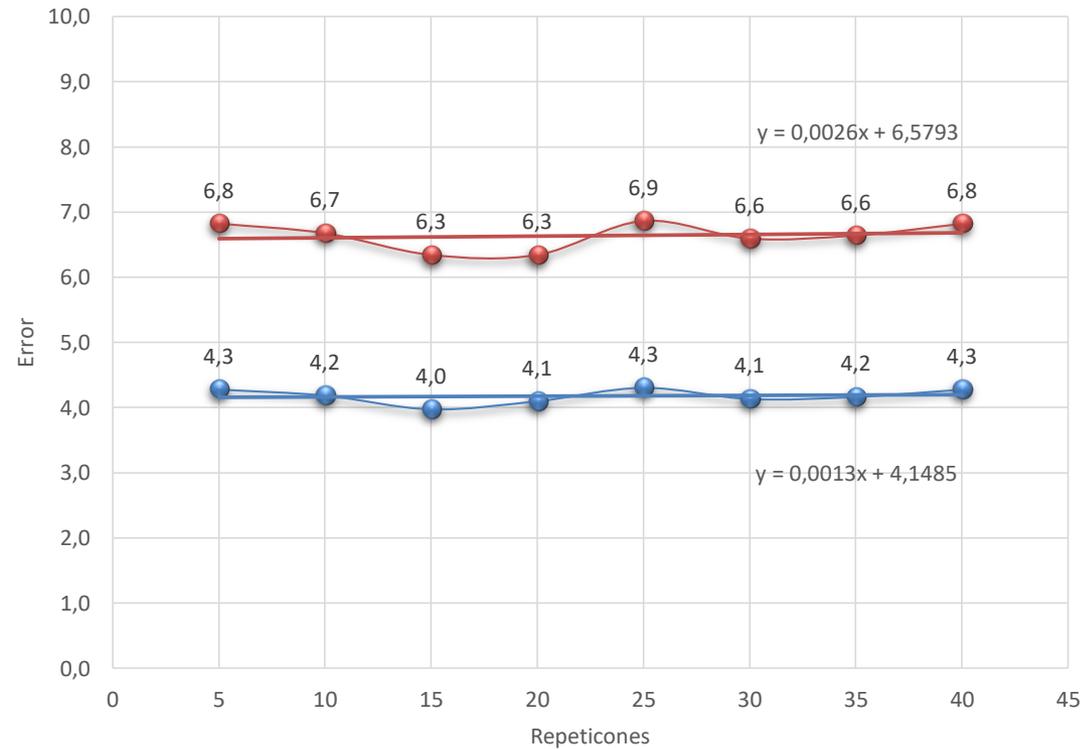
Validación Teórica



PRUEBAS

Pruebas

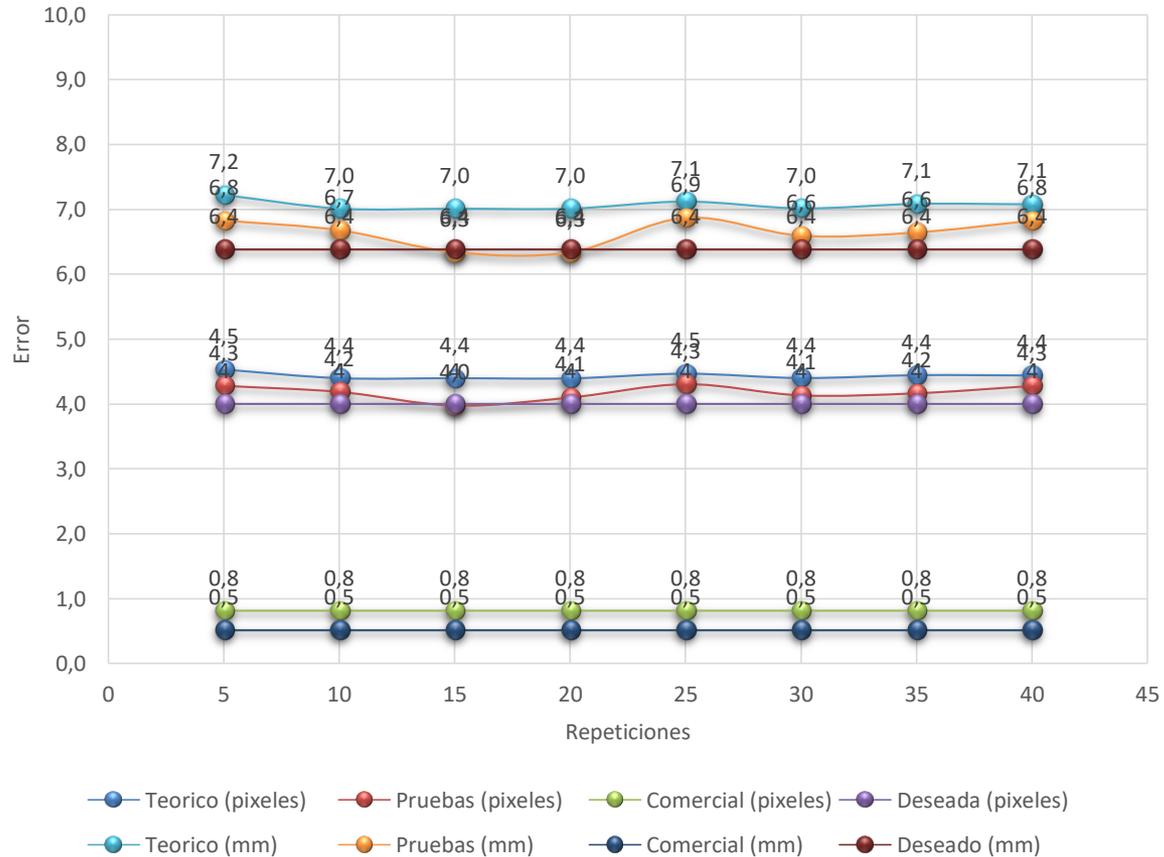
N° de repeticiones	Error acumulado (píxeles)		Error acumulado (mm)		Error promedio (píxeles)	Error promedio (mm)
	1	2	1	2		
5	3,40	2,60	5,42	4,15	4,3	6,8
10	3,20	2,70	5,10	4,31	4,2	6,7
15	3,27	2,27	5,21	3,61	4,0	6,3
20	3,25	2,50	5,18	3,99	4,1	6,3
25	3,52	2,48	5,61	3,95	4,3	6,9
30	3,27	2,53	5,21	4,04	4,1	6,6
35	3,34	2,49	5,33	3,96	4,2	6,6
40	3,03	3,03	4,82	4,82	4,3	6,8



● píxeles ● mm — Lineal (píxeles) — Lineal (mm)

PRUEBAS

Pruebas de error



ALCANCES Y LIMITACIONES

- Puede ser utilizado en varios tipos de ambientes dentro y fuera de una habitación tomando en consideración que la iluminación no cambie constantemente.
 - Puede trabajar por tiempo ilimitado en un ambiente apropiado.
 - Reconocerá tanto la forma y el tamaño siempre y cuando posea las características establecidas en la adquirió
-
- El sistema puede transportar objetos hasta una posición determinada con un error de 6 mm.
 - Puede dirigir un objeto hasta una referencia siempre y cuando la referencia mantenga sus características iguales o similares.

VIDEO DE FUNCIONAMIENTO



Ingeniería Mecatrónica



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CONCLUSIONES

- Se diseñó y construyó un equipo para transporte en manufactura, mismo que cuenta con un sistema de visión artificial para controlar la trayectoria de movimiento considerando un error tentativo de 6,8 mm que limita su funcionamiento con respecto a equipos comerciales con similares características.
- Se construyó un mecanismo de desplazamiento para transporte de objetos, a través de una mesa con cremallera doble que facilita la movilidad dentro de un plano XY.
- El sistema de visión artificial adquiere, trata imágenes y define la región de interés de 5 mm hasta la longitud total de la mesa de 240 mm, para un posterior análisis que genera la posición de la referencia dentro del área de trabajo.

CONCLUSIONES

- El sistema en modo seguidor de trayectoria trabaja en tiempo real, reconoce el color de referencia, lo ubicación sobre la trayectoria definida con un error de precisión 6.8 mm.
- El sistema modo manual trabaja en tiempo real de forma óptima, permite al operador realizar movimientos en 8 direcciones individuales diferentes y simultáneamente hasta 2 direcciones.
- El sistema en modo seguidor de color alcanza un 90% de efectividad, debido que la iluminación en la referencia 2 varían cuando la mesa se acerca.
- Se verificó que la flexibilidad del sistema es una ventaja ya que es capaz de variar entre diferentes movimientos y caminos garantizando trasladar objetos determinados de un lugar a otro, sin necesidad de utilizar guías o perfiles de seguridad necesarios para conservar la dirección del movimiento.

RECOMENDACIONES

- Para optimizar el funcionamiento del sistema se debería investigar formas de control que se adapten de mejor manera a las condiciones mecánicas presentes, por ejemplo se podría emplear el aprendizaje utilizando redes neuronales para alcanzar un error estándar e incorporarse a un sistema de manufactura integrada por computadora (CIM).
- El sistema está configurado para funcionar con 2 referencias de color pero si el usuario dispone necesario puede reconfigurarlo con nuevas referencias.
- Ajustar de manera correcta los parámetros HSV de la imagen a fin de no tener problemas en el reconocimiento de color.

RECOMENDACIONES

- Colocar la cámara a utilizar en una superficie fija procurando una vez ejecutado el programa no moverla para que el programa se adapte a la escena y con esto evitar que se produzcan imperfecciones en él.
- Verificar el número del puerto serial asignado por el ordenador que utiliza el arduino, para reasignarlo dentro del programa en Qt garantizando de forma correcta la comunicación entre arduino y Qt creator.
- El ambiente para el que fue diseñado el sistema de visión es cerrado por lo que se debe utilizarse dentro del área de trabajo definida para así garantizar un correcto funcionamiento.
- Implementar un sistema de transmisión de movimiento que permita mejorar la precisión y exactitud del equipo.

*¡Gracias!
Muchas
¡Gracias!
¡A todos!!*

