

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO EN MECATRÓNICA

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ROBOT BLINDADO DE ASISTENCIA A PERSONAL ANTIMOTINES EN SITUACIONES DE RIESGO MONITOREADO DESDE UNA INTERFAZ”**

**AUTORES:** MEJÍA DÍAZ HUGO ALEXANDER

NÚÑEZ PONCE MATEO NICOLAS

**DIRECTOR:** Dra. TOBAR QUEVEDO JOHANNA BELÉN

31-08- 2023



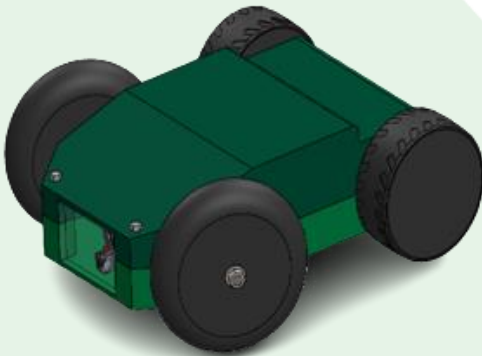
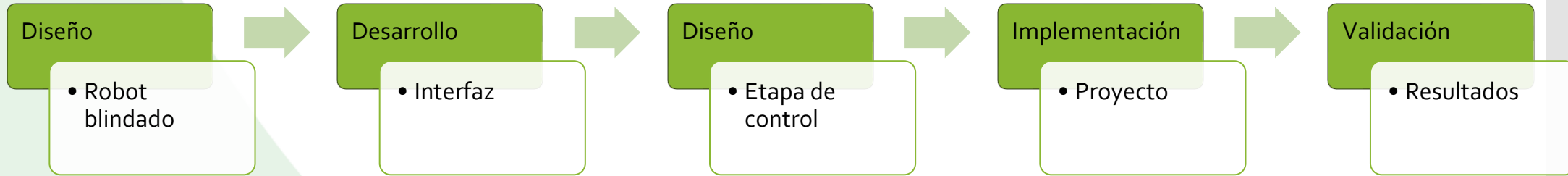


# Objetivos

## General



## Específicos



PID

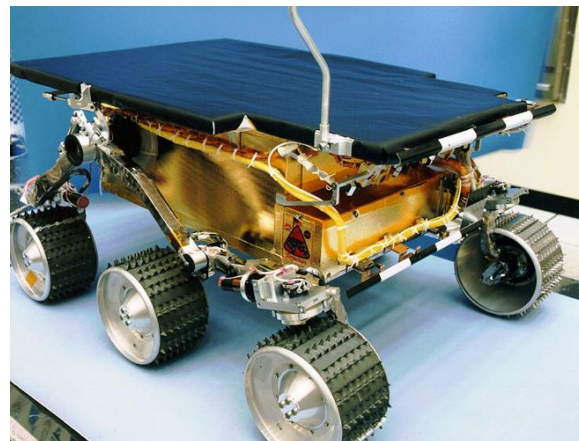




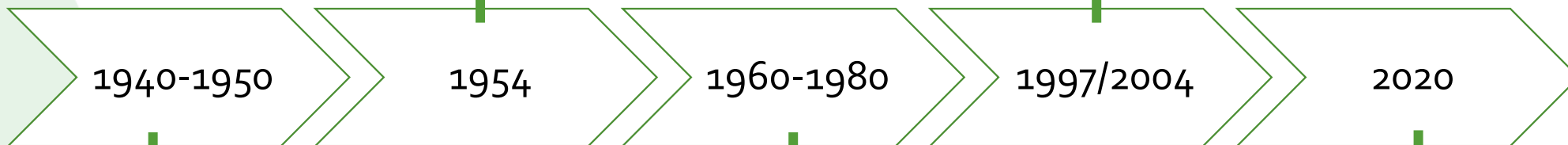
# Antecedentes



Unimate



Sojourner



1940-1950

1954

1960-1980

1997/2004

2020

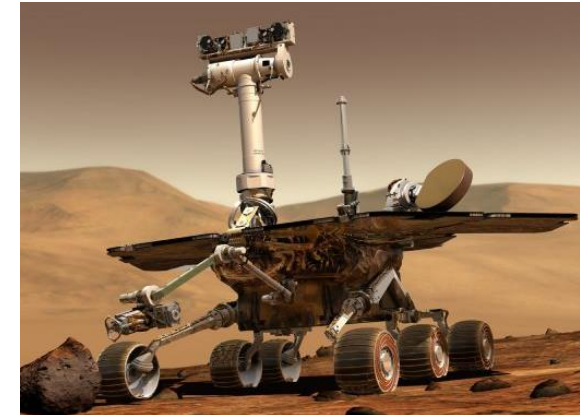
Transporte de Explosivos



UGV



Perseverance

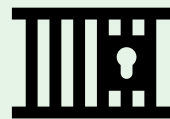




# Justificación e importancia

## Justificación e Importancia

Victimas por masacres carcelarias de los años 2021-2022, 403



Promedio de muertes violentas por armas de fuego anuales 400.



Máximo índice de muertes violentas ocurridas en 2021 con 1007.



1315 Balas de diferentes calibres decomisadas dentro de las penitenciarías en el 2022.



Datos adquiridos desde el SNAI (Servicio Nacional de Atención Integral)







ECUADOR

# Investigación previa

## Requerimientos

Diseño

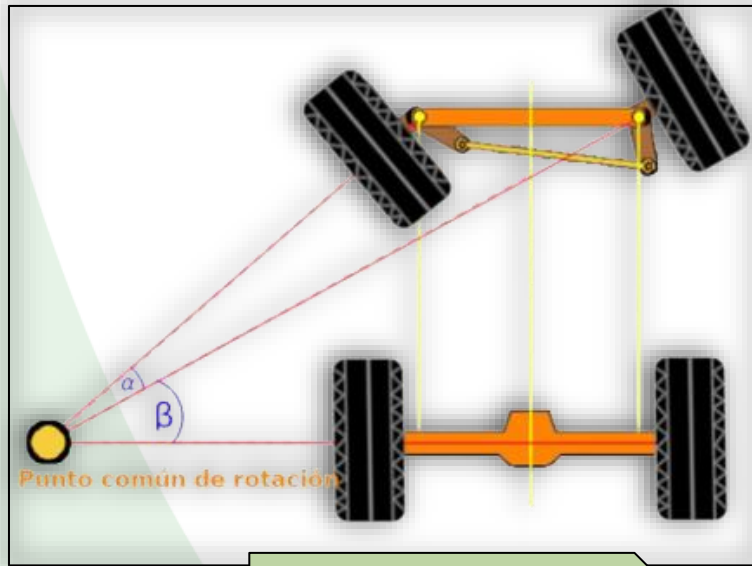
Implementación

Pruebas y Resultados

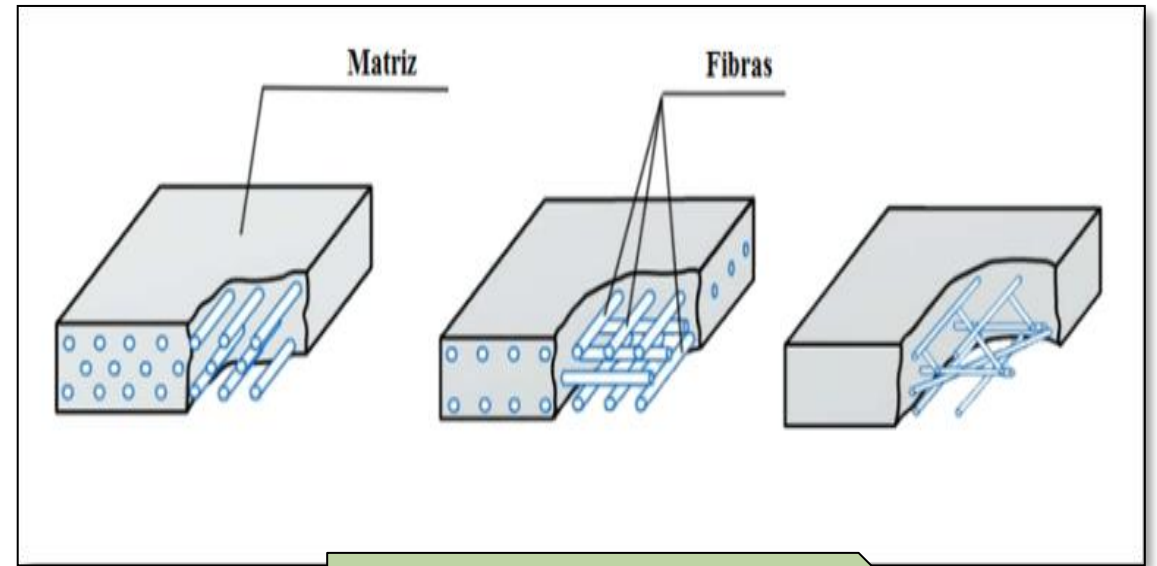
Conclusiones

Recomendaciones y Trabajos futuros

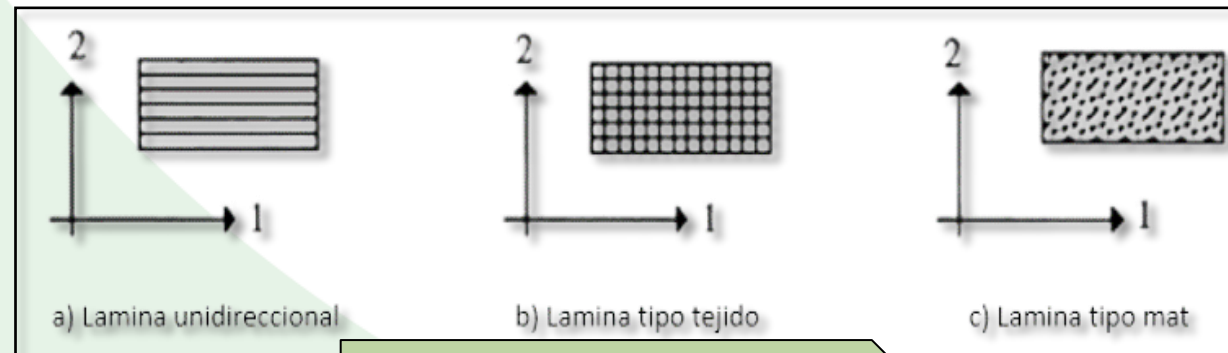
Referencias



Ackerman [1]



Material compuesto [2]



a) Lamina unidireccional

b) Lamina tipo tejido

c) Lamina tipo mat

Tipos de láminas [3]



# Investigación previa

Requerimientos

Diseño

Implementación

Pruebas y Resultados

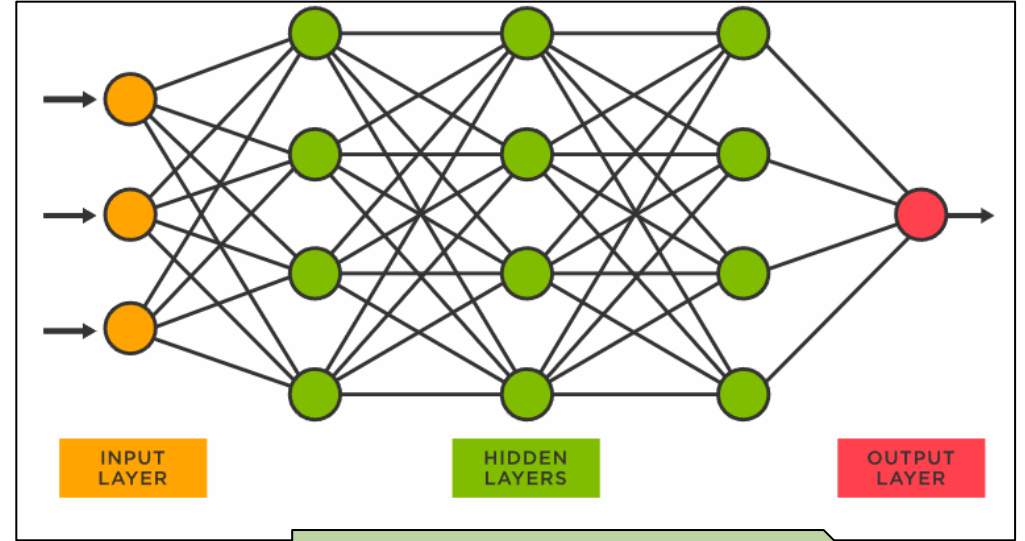
Conclusiones

Recomendaciones y Trabajos futuros

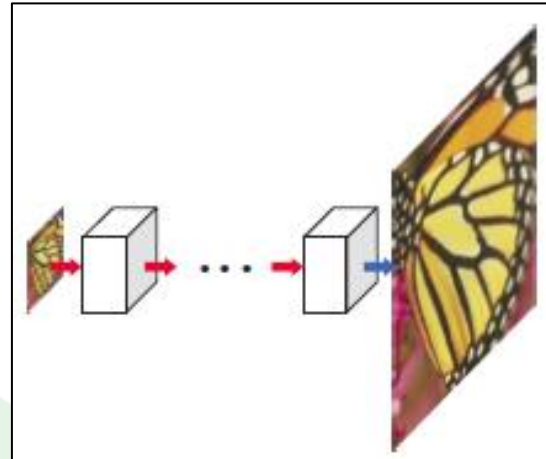
Referencias



Teleoperación



Redes neuronales[4]



Superresolución[5]





# Requerimientos y consideraciones de la población objetivo

## Requerimientos

Diseño

Implementación

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones y Trabajos futuros

Referencias



Personal antimotines [6]

## Requerimientos

Resistencia a impactos

Visualización entorno

Superación obstáculos

Autonomía energética

Teleoperado

Móvil, robusto y sencillo

## Consideraciones

Interfaz

Roles HRI

Comunicación

Blindaje





Requerimientos

Diseño

Implementación

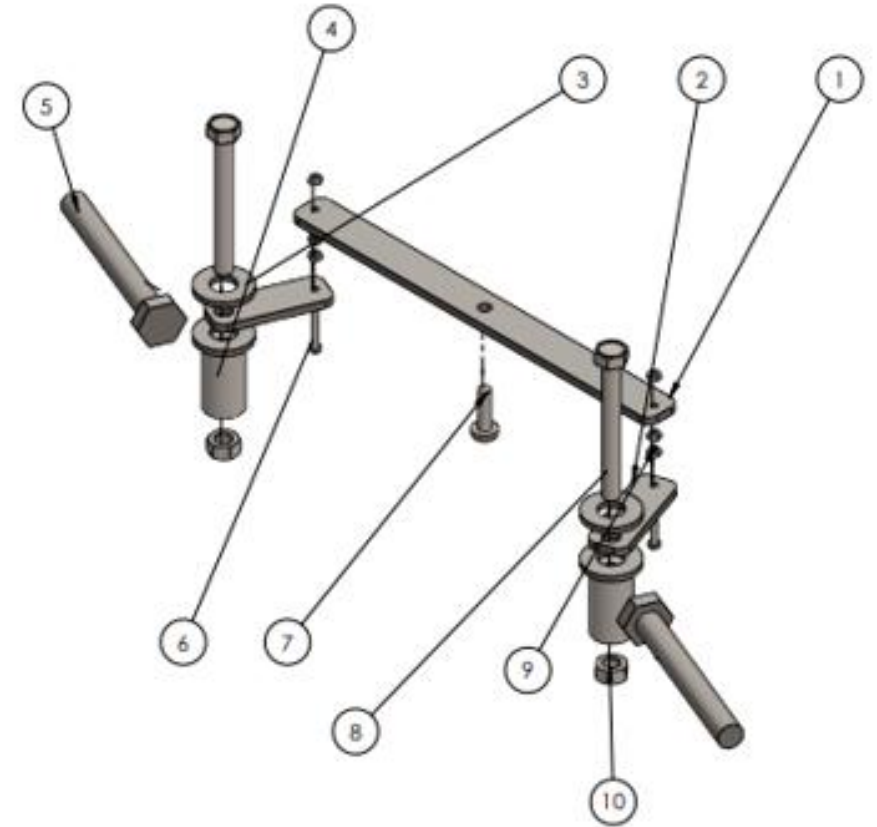
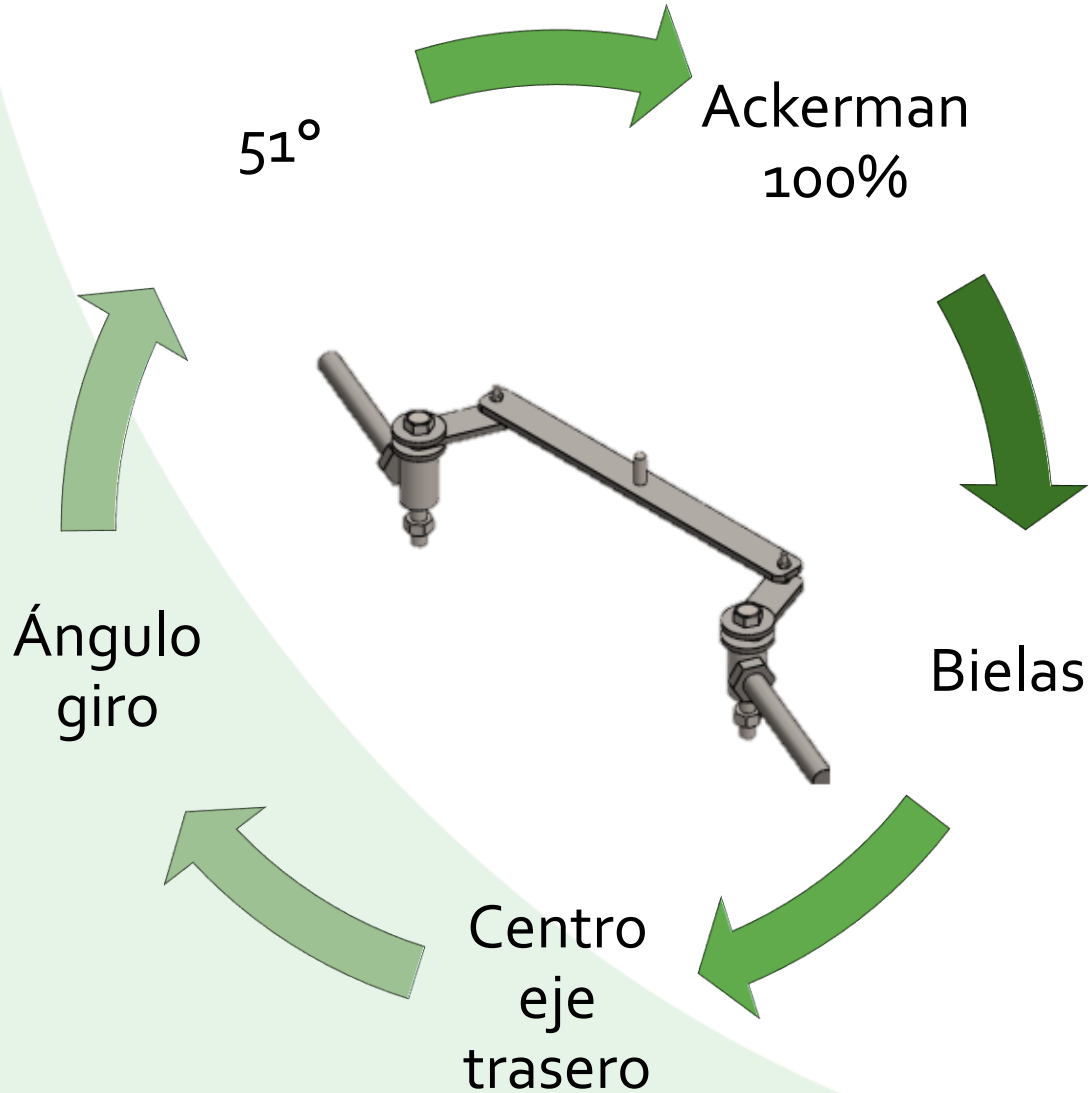
Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones y Trabajos futuros

Referencias

# Diseño de la Dirección





Requerimientos

Diseño

Implementación

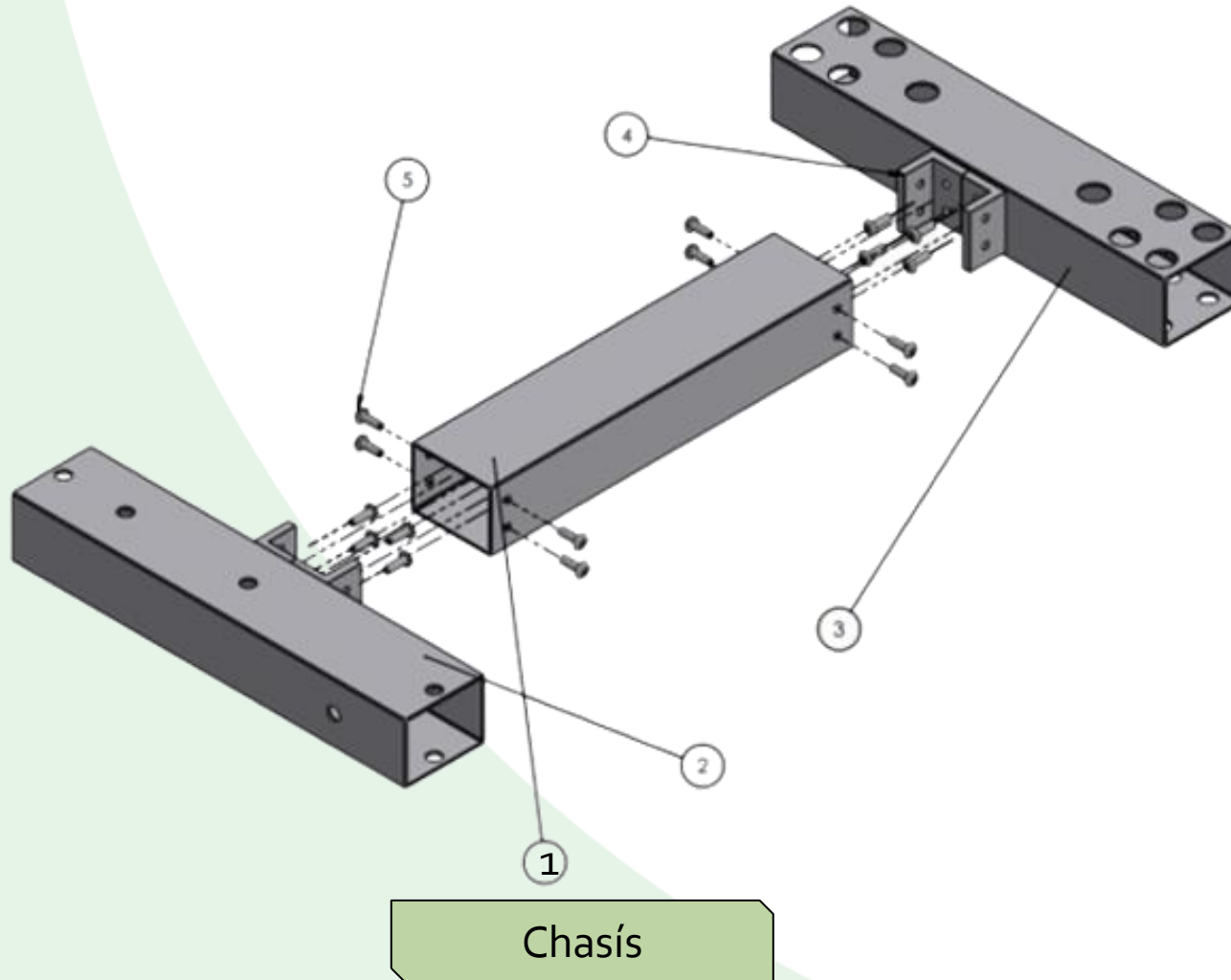
Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones y Trabajos futuros

Referencias

# Diseño del Chasis



## Valores Obtenidos

Altura máxima	2,64 m
Fuerza máximo soportada	1190,25 N
Torque máximo	2270 Nm



# Simulación Chasis

Requerimientos

Diseño

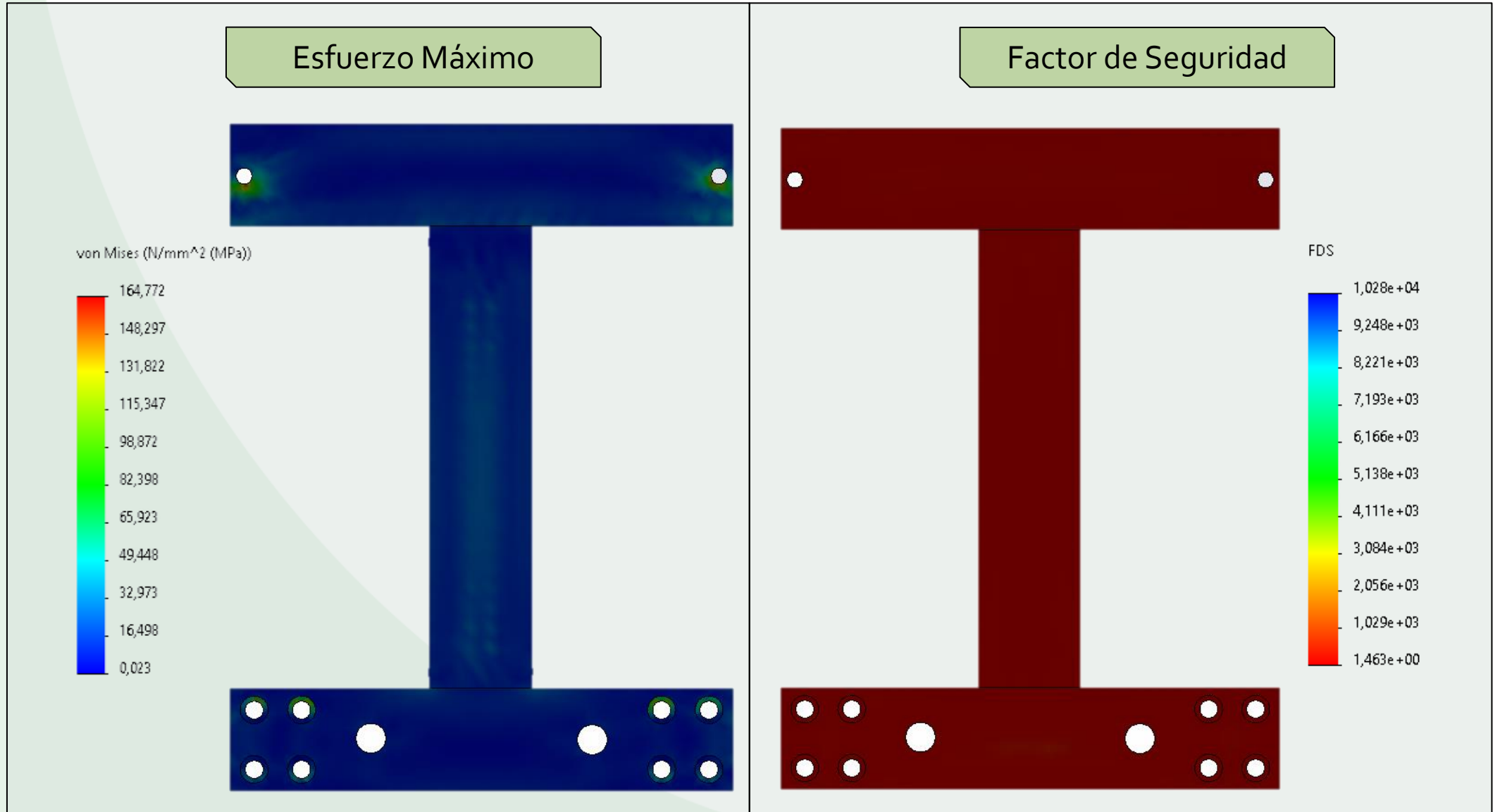
Implementación

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones y Trabajos futuros

Referencias





Requerimientos

Diseño

Implementación

Pruebas y Resultados

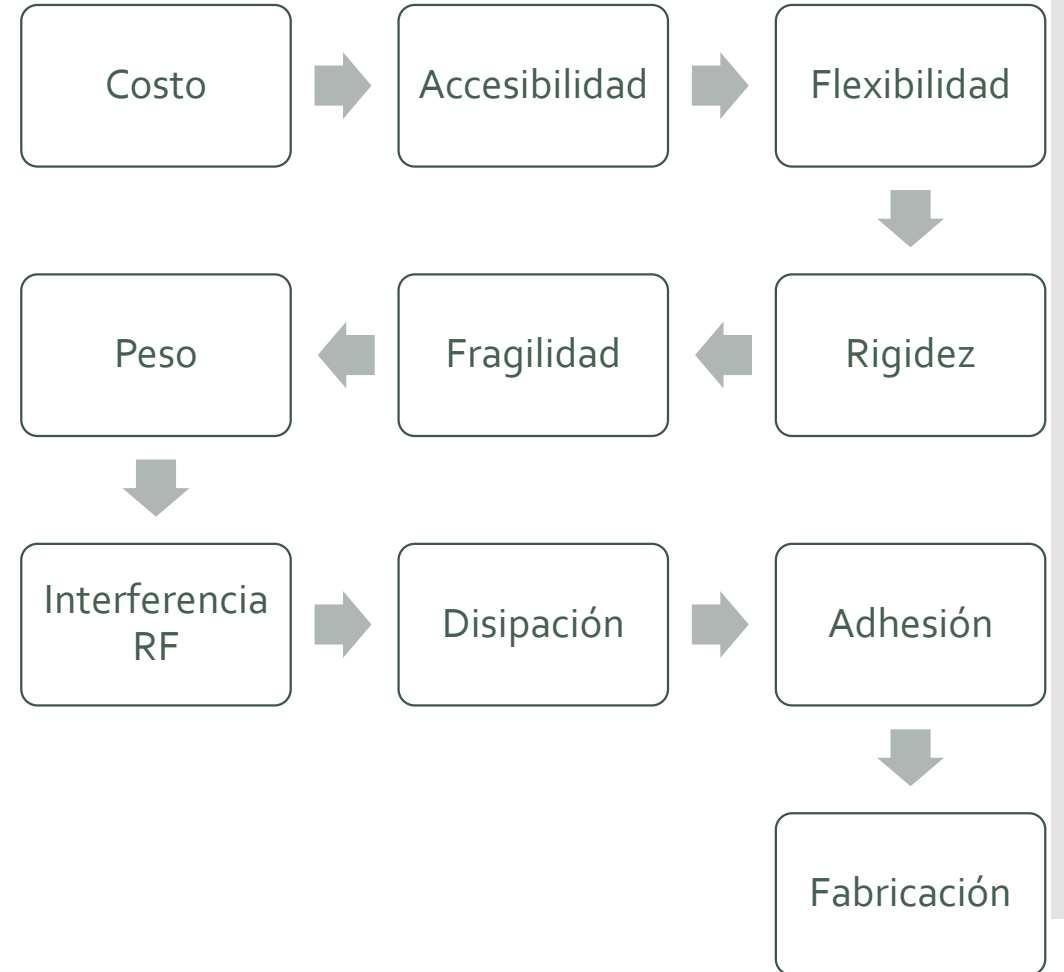
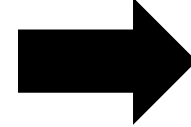
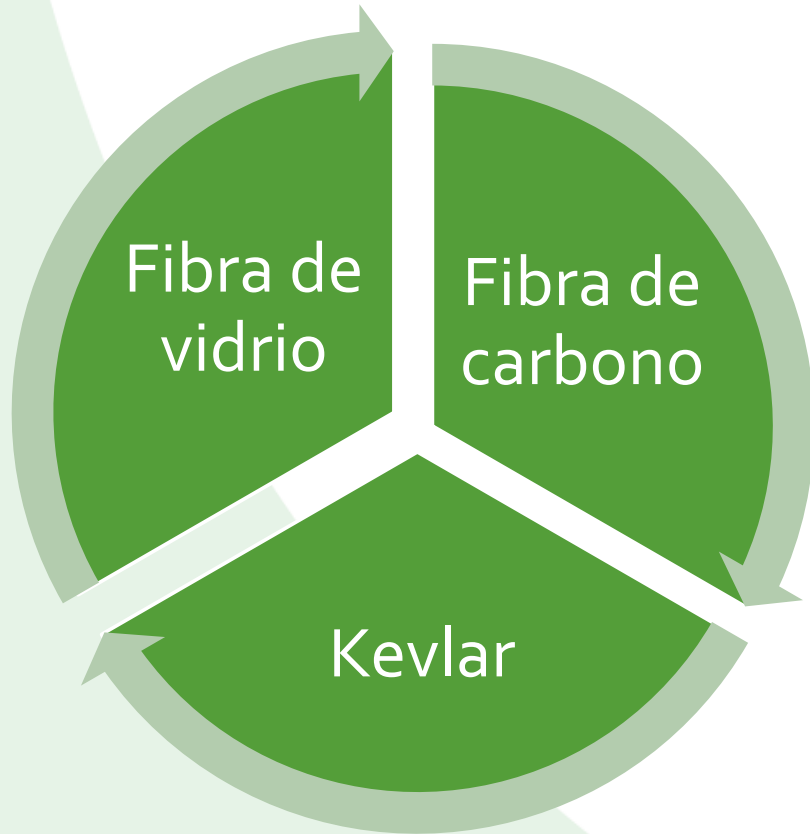
Conclusiones

Recomendaciones y Trabajos futuros

Referencias



# Armazón







Requerimientos

Diseño

Implementación

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones y Trabajos futuros

Referencias



# Armazón



Fibra	Resina	Relación Fibra/Resina	Nº de probetas	Capas	Ensayo
Vidrio Dutran D375x1.5-1K-lamina Mat	Poliéster transparente ortoftálica 33000	60/40	5	6	Tracción
			5	7	Tracción
			5	6	Flexión
			5	7	Flexión
			5	6	Impacto
			5	7	Impacto

Ensayo	Norma ASTM	Indicador
Tracción	D3039 /D 3039M	-Resistencia a la tracción máxima -Módulo de elasticidad -Coeficiente de Poisson -Deformación máxima a la tracción
Flexión	D 7264/D 7264M	-Esfuerzo máximo a la flexión -Resistencia a la flexión
Impacto	D6110	-Resistencia al impacto



ECUADOR

Requerimientos

Diseño

Implementación

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones y Trabajos futuros

Referencias



30 probetas

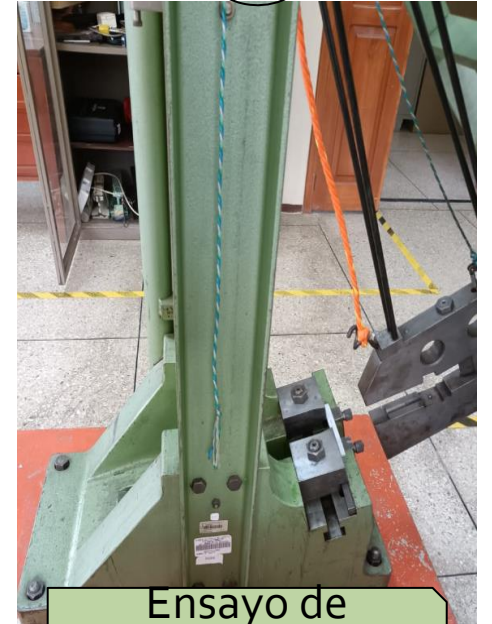
25X250  
mm

Medición



Ensayo de tracción

12.7X126  
mm



Ensayo de impacto



Galgas extensiométricas

13x160  
mm



Ensayo de flexión



# Promedio de los resultados de los ensayos

Requerimientos

Diseño

Implementación

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones y Trabajos futuros

Referencias

Variables de interés	6 capas	7 capas	Unidades
Resistencia última a tracción promedio	111	112	MPa
Módulo de elasticidad promedio (Tracción)	6.99	5.16	GPa
Coefficiente de poisson promedio	0.334	0.349	-
Esfuerzo máximo a flexión promedio	191	158	MPa
Módulo de elasticidad promedio (Flexión)	7.89	3.98	GPa
Resistencia a impactos	1.96	2.060	J

Resistencia última a tracción

Módulo de elasticidad(T)

Coefficiente de poisson

Esfuerzo máximo a flexión

Módulo de elasticidad(F)

$$F^{TU} = \frac{P^{max}}{A}$$

$$E^{chord} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\epsilon}$$

$$P = - \frac{Def.t \times 10^{-6}}{Def.l \times 10^{-6}}$$

$$\sigma = \frac{3PL}{2bh^2}$$

$$E^{chord} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\epsilon}$$



Requerimientos

Diseño

Implementación

Pruebas y  
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones  
y Trabajos futuros

Referencias

# Prueba de normalidad

Variables de interés	Valor P			
	6 capas	Normalidad	7 capas	Normalidad
Resistencia última a tracción promedio	0.259	Distribución normal	0.635	Distribución normal
Módulo de elasticidad promedio (Tracción)	0.454	Distribución normal	0.726	Distribución normal
Coefficiente de poisson promedio	0.19	Distribución normal	0.466	Distribución normal
Esfuerzo máximo a flexión	0.712	Distribución normal	0.643	Distribución normal
Módulo de elasticidad promedio (Flexión)	0.43	Distribución normal	0.686	Distribución normal





# Informe de resumen de Resistencia última a tracción

Requerimientos

Diseño

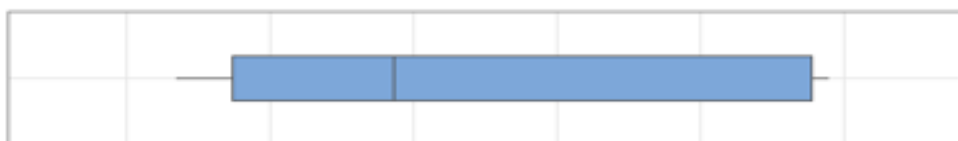
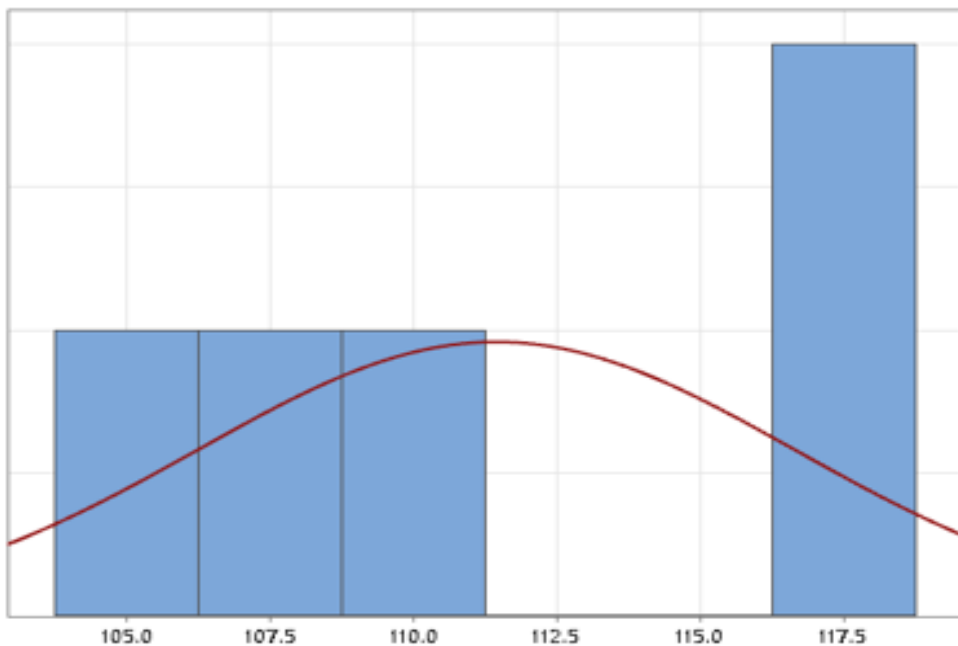
Implementación

Pruebas y Resultados

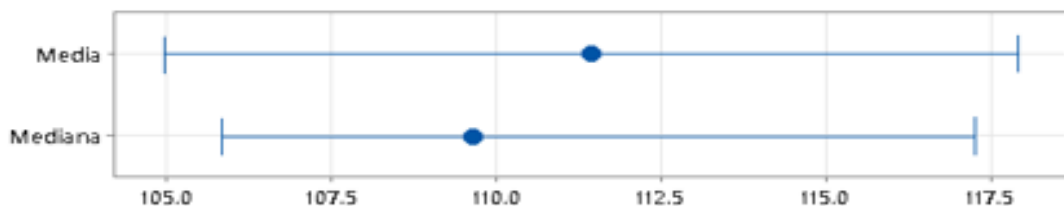
Conclusiones

Recomendaciones y Trabajos futuros

Referencias



Intervalos de confianza de 95%



## Prueba de normalidad de Anderson-Darling

A-cuadrado 0.37

Valor p 0.259

Media 111.44

Desv.Est. 5.20

Varianza 27.09

Asimetría 0.31928

Curtosis -2.84471

N 5

Mínimo 105.85

1er cuartil 106.83

Mediana 109.65

3er cuartil 116.94

Máximo 117.24

Intervalo de confianza de 95% para la media

104.98 117.90

Intervalo de confianza de 95% para la mediana

105.85 117.24

Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar

3.12 14.96



Requerimientos

Diseño

Implementación

Pruebas y  
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones  
y Trabajos futuros

Referencias

# T-student

$$H_0: \mu_0 - \mu_1 = 0$$

$$H_1: \mu_0 \neq \mu_1$$

Propiedades mecánicas	Valor P	Explicación
Resistencia última a tracción	0.773	No existe evidencia estadística suficiente para demostrar que el número de capas influye en la resistencia última a tracción significativamente.
Módulo de elasticidad (Ensayo de tracción)	0.052	No existe evidencia estadística suficiente para demostrar que el número de capas influye en el módulo de elasticidad significativamente.
Coefficiente de poisson	0.182	No existe evidencia estadística suficiente para demostrar que el número de capas influye en el coeficiente de poisson significativamente.
Esfuerzo máximo a flexión	0.047	Si existe evidencia estadística suficiente para demostrar que el número de capas influye en la resistencia última a tracción significativamente.
Módulo de elasticidad (Ensayo de flexión)	0.001	Si existe evidencia estadística suficiente para demostrar que el número de capas influye en el módulo de elasticidad significativamente.



Requerimientos

Diseño

Implementación

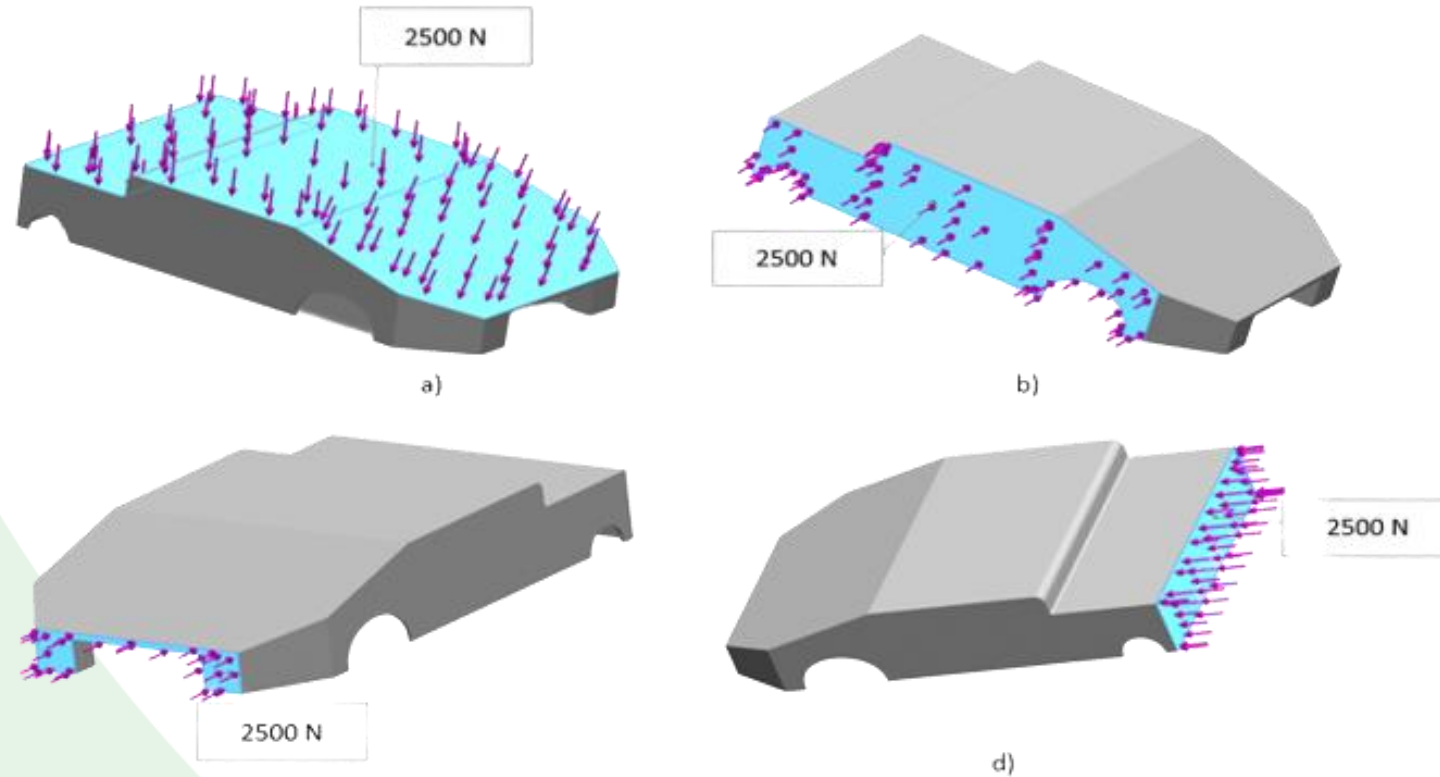
Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones y Trabajos futuros

Referencias

# Diseño armazón



Caras	Tensión máxima [Mpa]	Tensión mínima [Mpa]	Desplazamiento máximo [mm]	Factor de seguridad
Superior	94.375	0.297	1.566	1.2
Lateral	14.222	0.019	0.246	7.8
Frontal	5.023	0.001	0.209	22
Trasera	73.693	0.003	0.107	1.5



Requerimientos

Diseño

Implementación

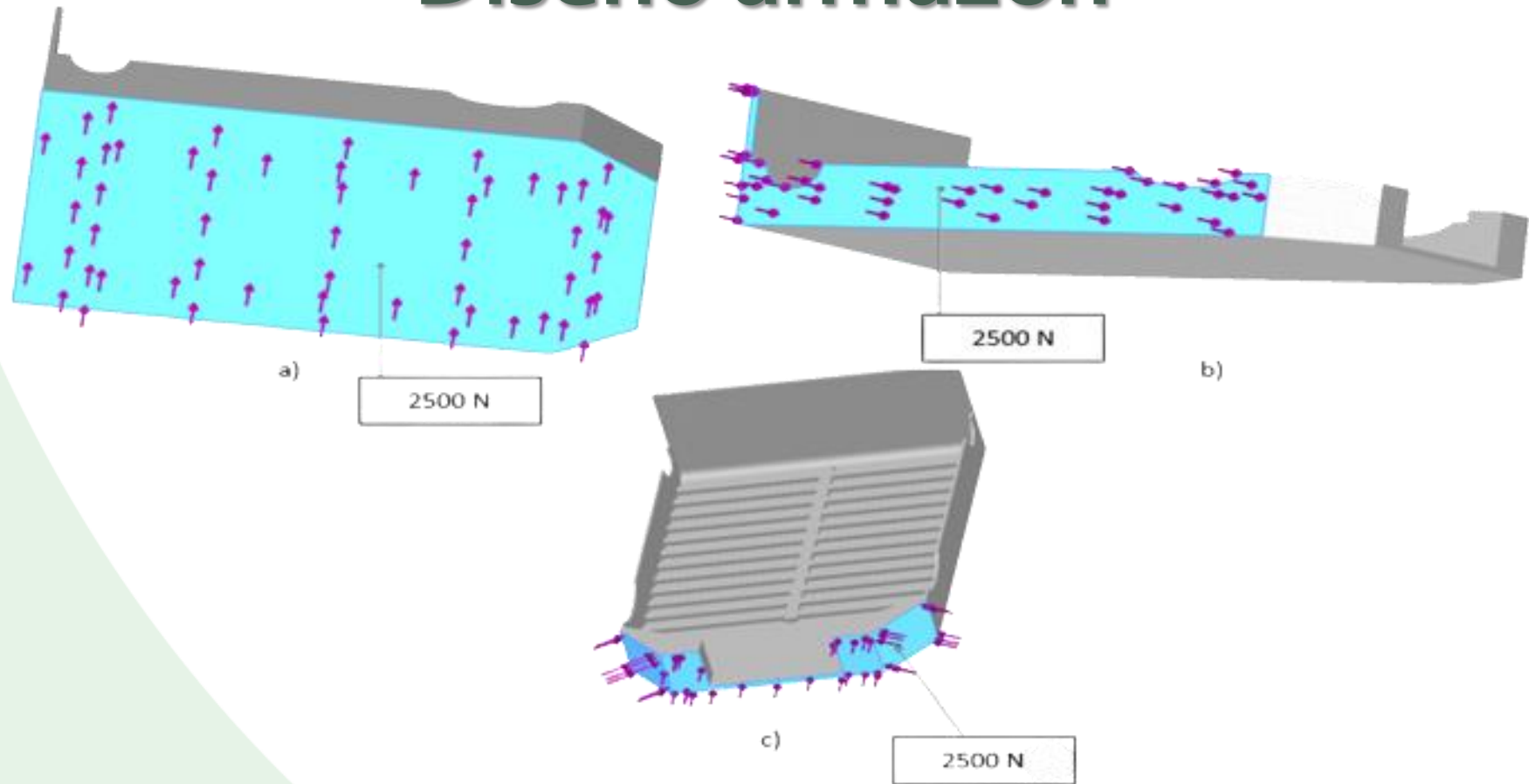
Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones y Trabajos futuros

Referencias

# Diseño armazón



Caras	Tensión máxima [Mpa]	Tensión mínima [Mpa]	Desplazamiento máximo [mm]	Factor de seguridad
Superior	26.927	0.043	1.779	4.1
Lateral	36.414	0.019	0.445	3.1
Frontal	5.608	0.001	0.034	20





Requerimientos

Diseño

Implementación

Pruebas y Resultados

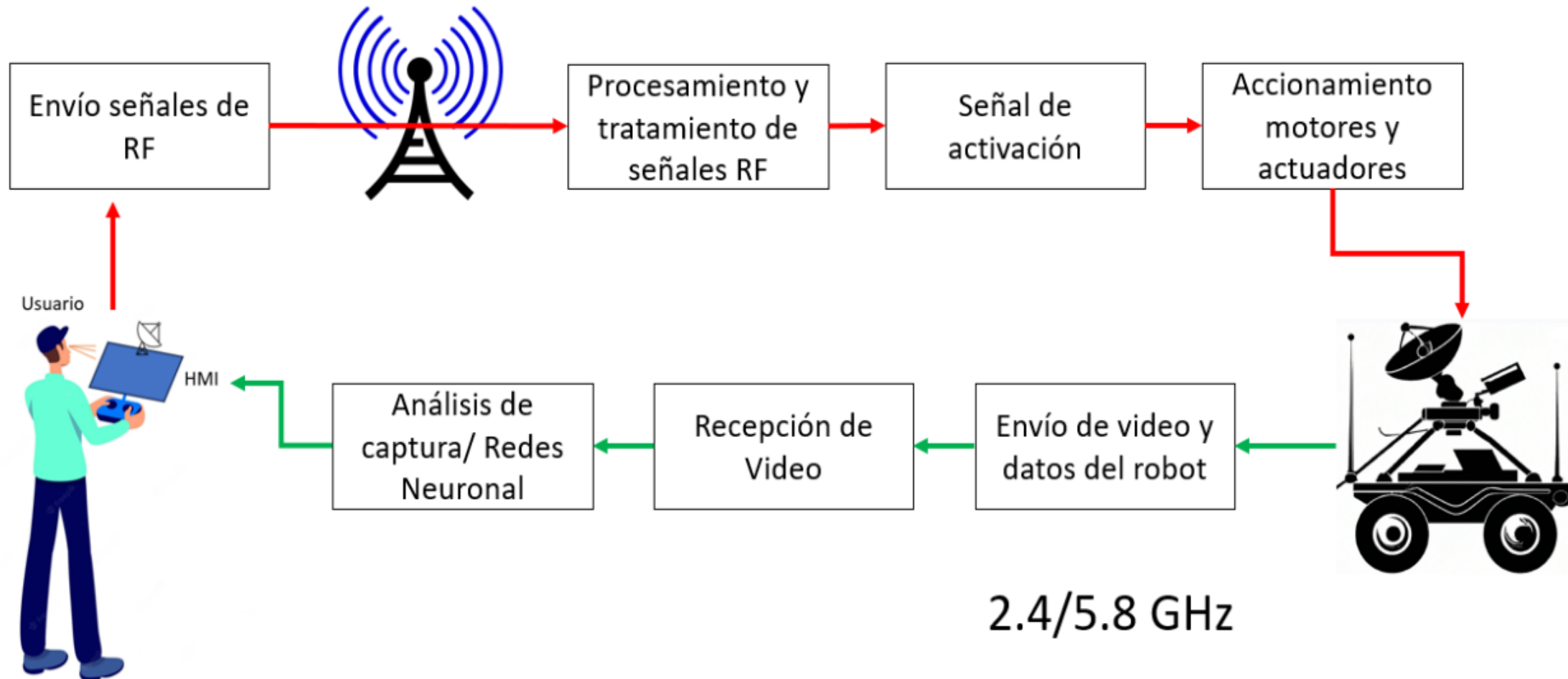
Conclusiones

Recomendaciones y Trabajos futuros

Referencias

# Diseño Sistema FPV

2.4 GHz





Requerimientos

Diseño

Implementación

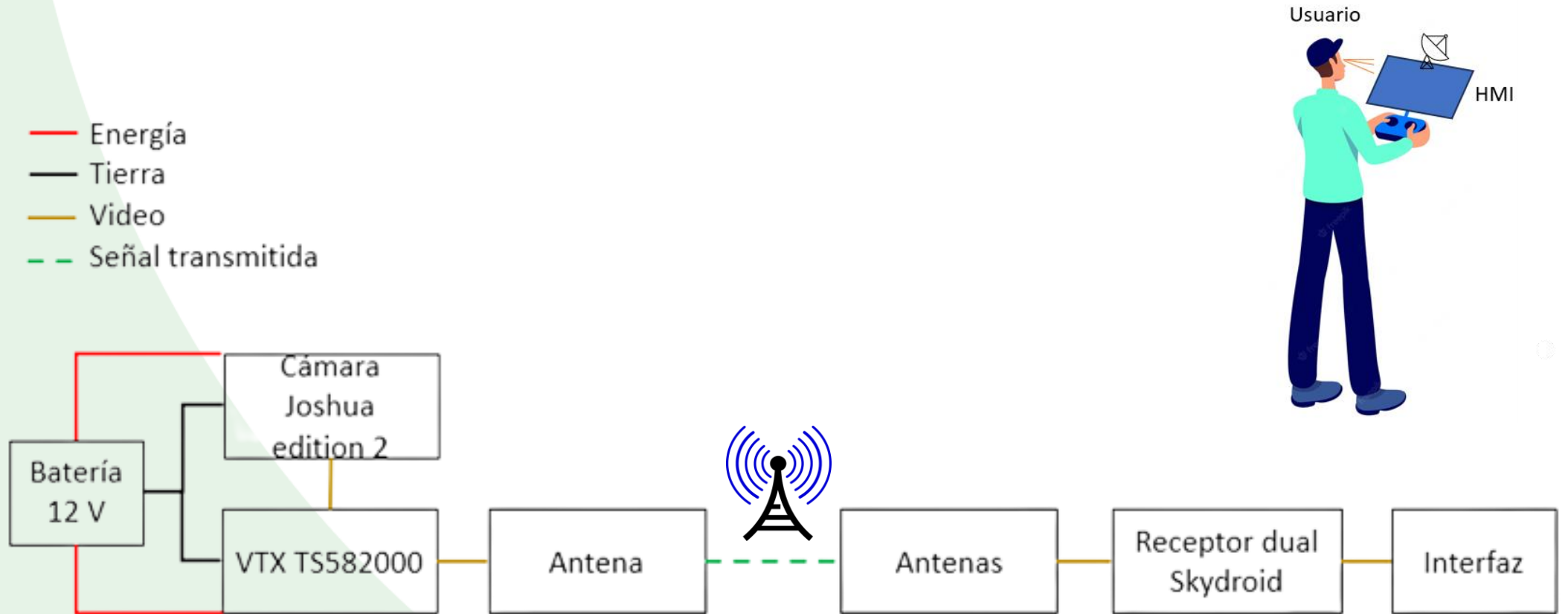
Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones y Trabajos futuros

Referencias

# Diseño Sistema FPV





Requerimientos

Diseño

Implementación

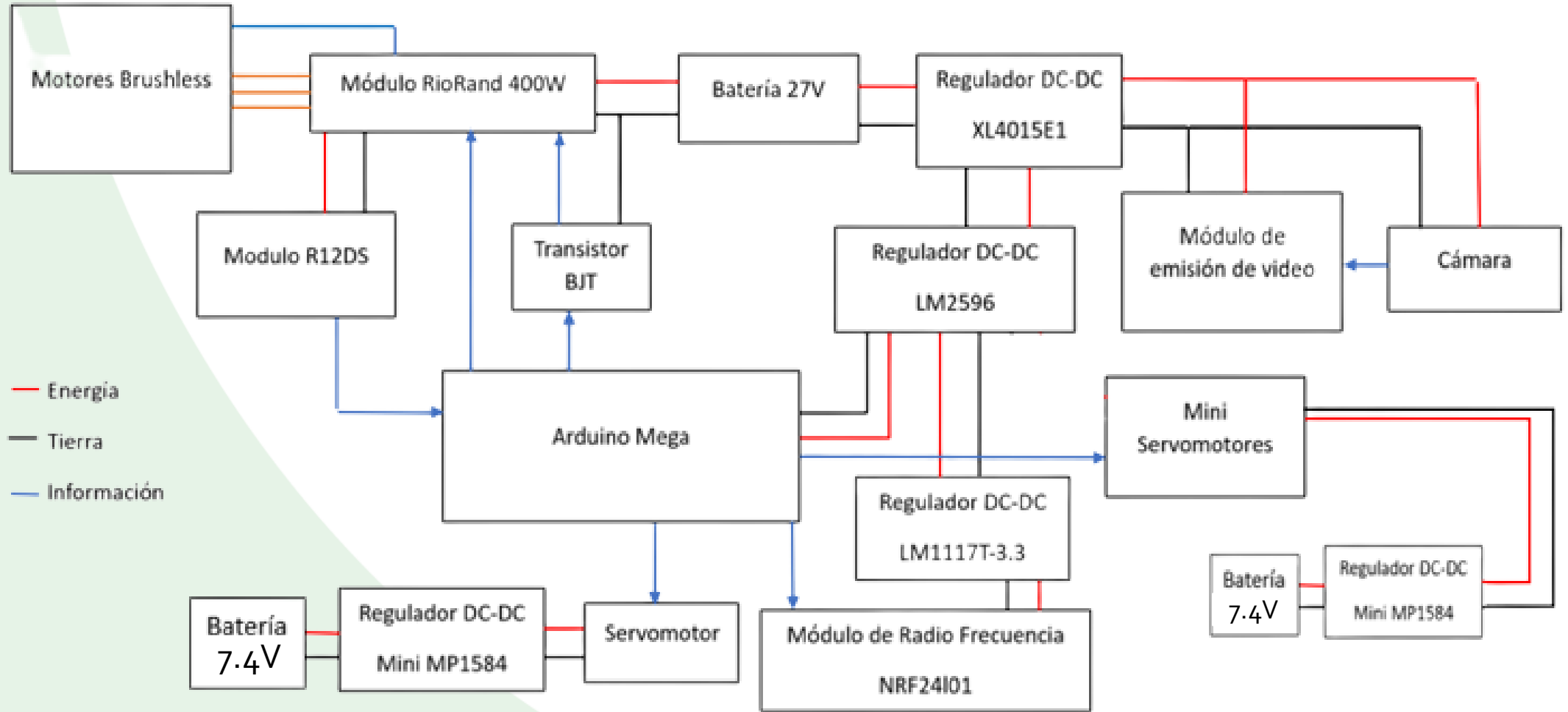
Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones y Trabajos futuros

Referencias

# Diseño del Sistema Eléctrico





Requerimientos

Diseño

Implementación

Pruebas y  
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones  
y Trabajos futuros

Referencias

# Diseño HMI



kivy



Requerimientos

Diseño

Implementación

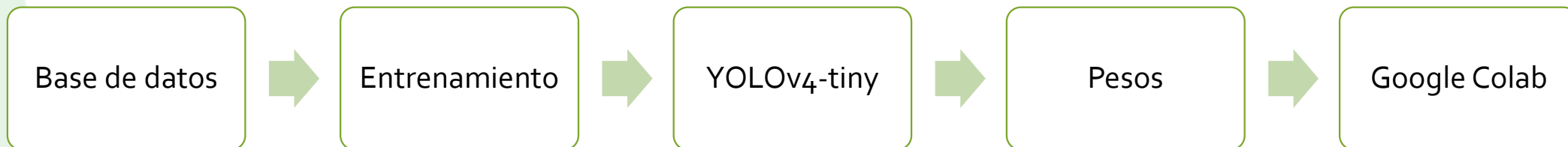
Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones y Trabajos futuros

Referencias

# Conteo de reos



2611  
imágenes





# Superresolución

Requerimientos

Diseño

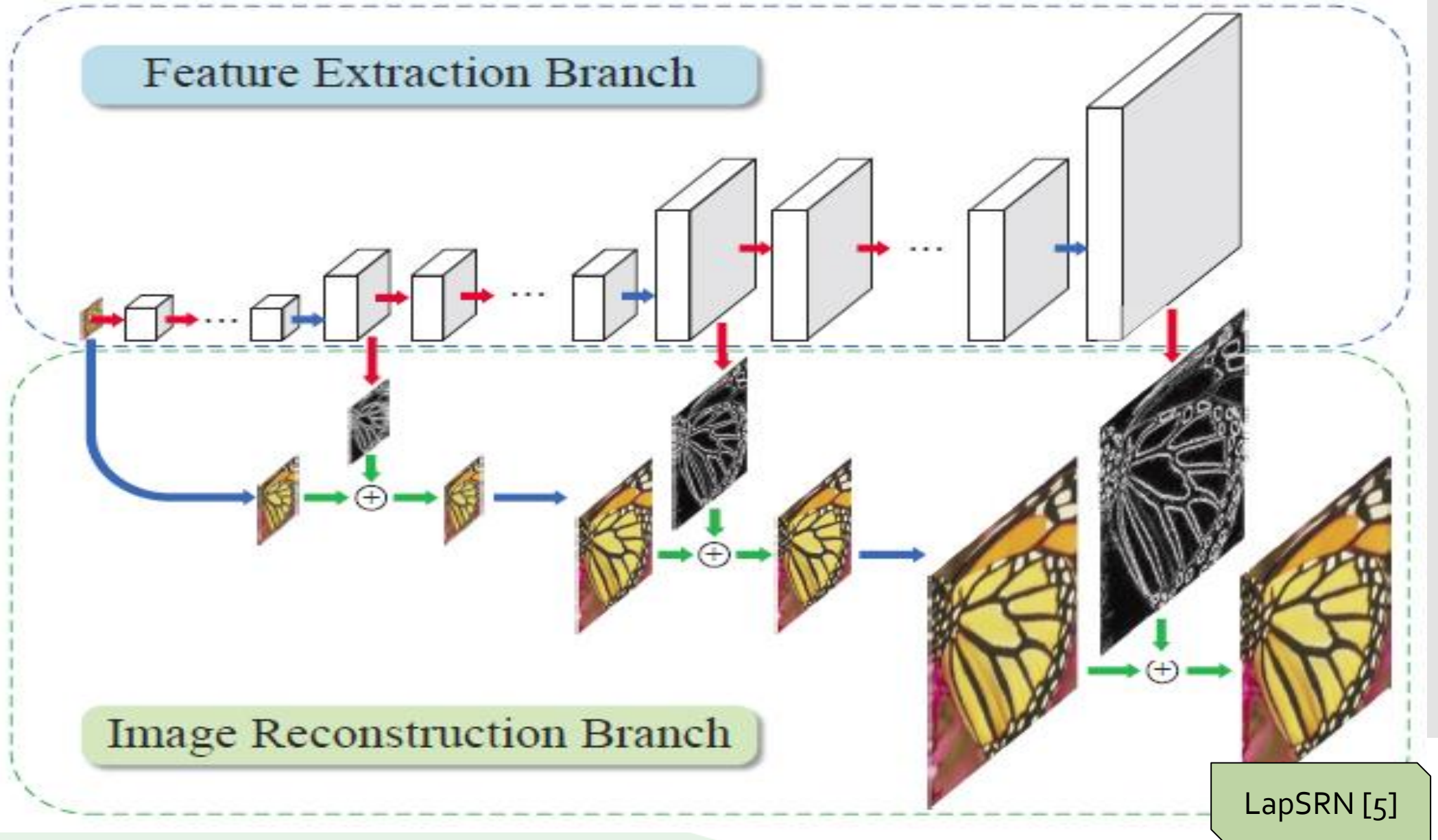
Implementación

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones y Trabajos futuros

Referencias





ECUADOR

Requerimientos

Diseño

Implementación

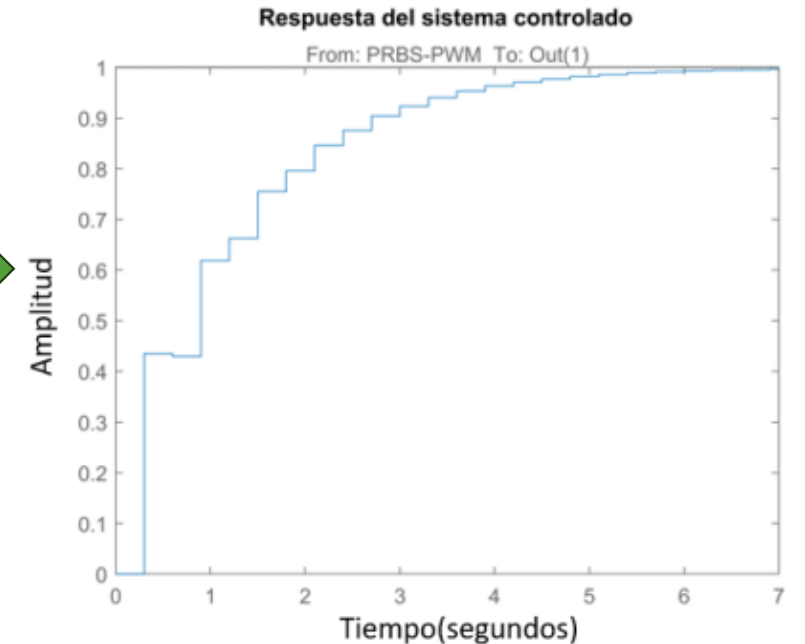
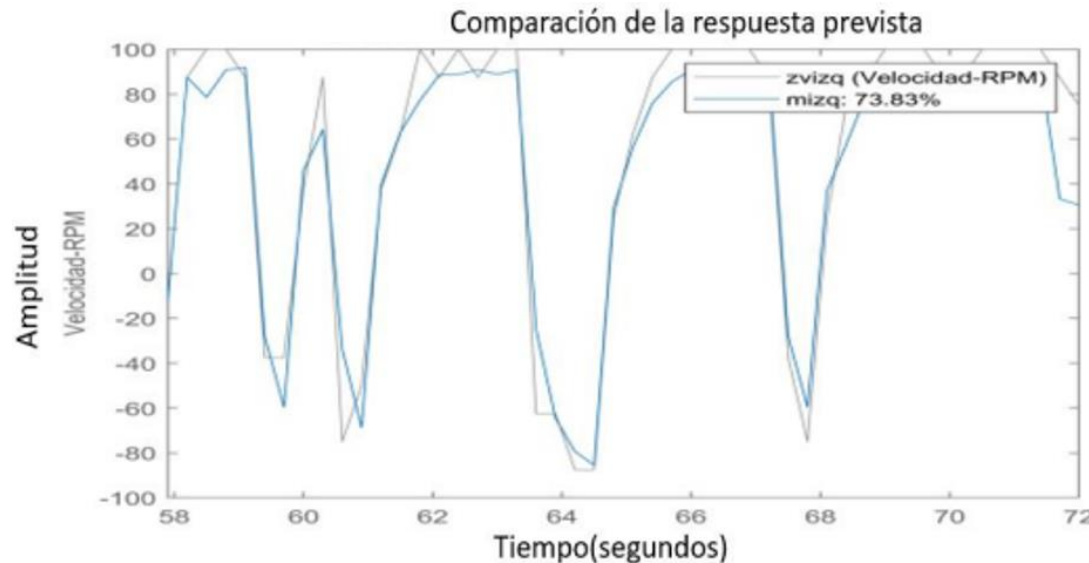
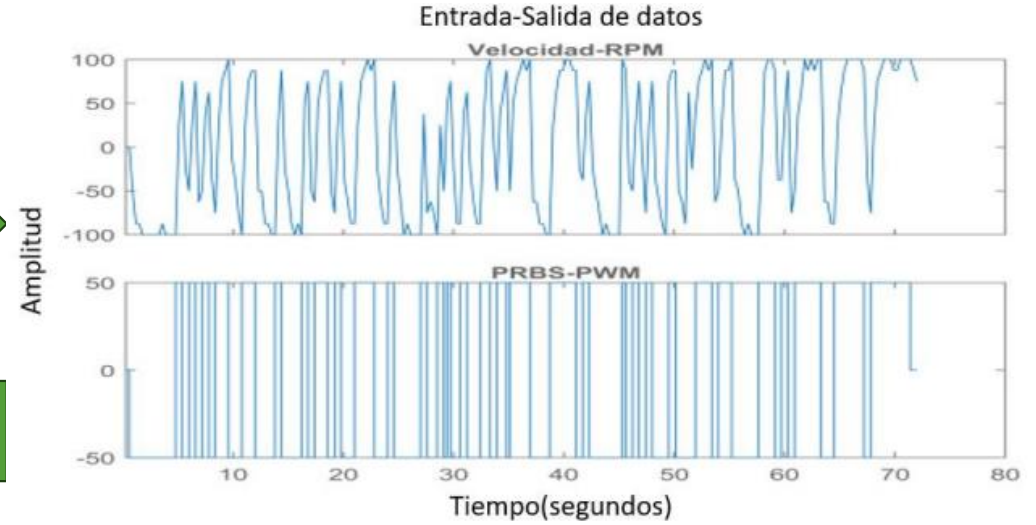
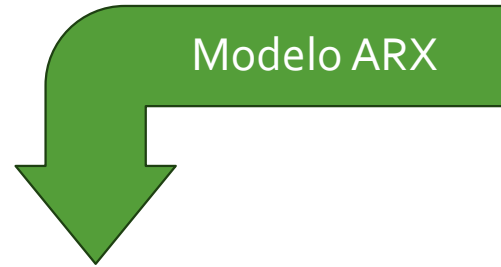
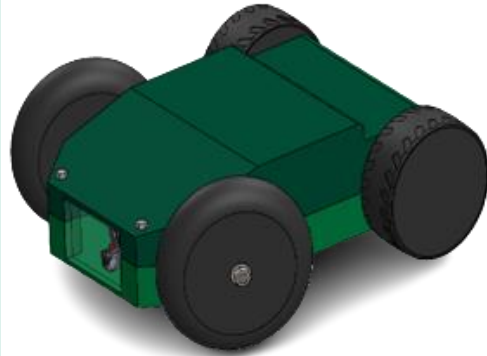
Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones y Trabajos futuros

Referencias

# Diseño del Sistema de Control





Requerimientos

Diseño

Implementación

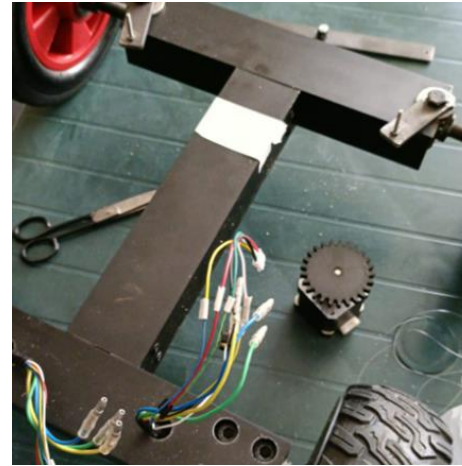
Pruebas y  
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones  
y Trabajos futuros

Referencias

# Implementación Estructural



Aluminio  
6063-T5



Resina  
poliéster



Dióxido de  
titanio



Talco  
industrial



Cobalto





# Implementación del Modelo

Requerimientos

Diseño

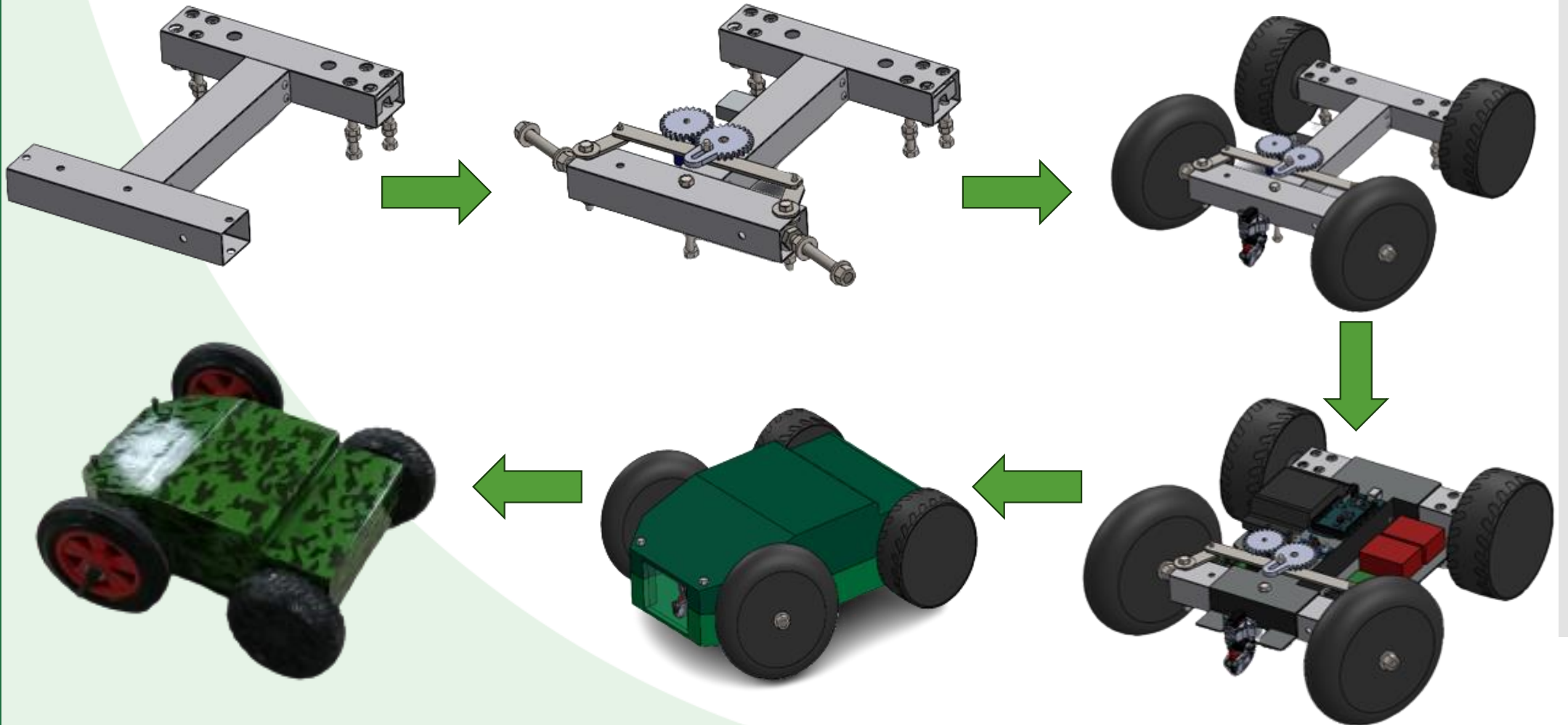
Implementación

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones y Trabajos futuros

Referencias





# Implementación Interfaz de Monitoreo y Control

Requerimientos

Diseño

Implementación

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones y Trabajos futuros

Referencias



Estructura  
PLA+



Control e interfaz de  
monitoreo





Requerimientos

Diseño

Implementación

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones y Trabajos futuros

Referencias

# Diseño Experimental

Áreas de Pruebas

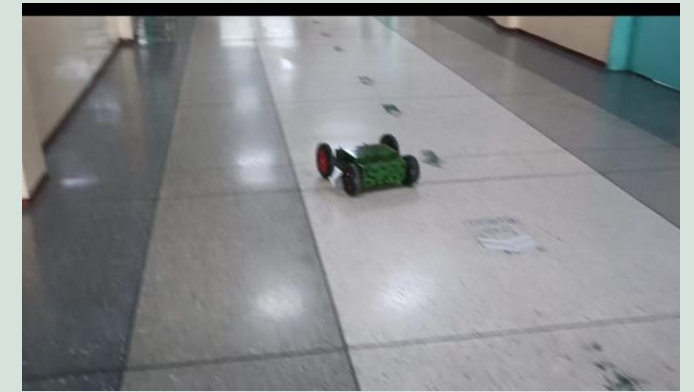
Áreas Verdes



Áreas con suelos rugosos



Espacios Controlados



Obstáculos

Desniveles



Zona Arenosa



Obstáculos puntuales





# Resultados

Tabla de Resultados Obtenidos de Comunicación				
Prueba	Tipo	Alcance (m)	Señal Video	Conf. Motriz
Espacios Controlados	Con Obstrucción	60	80,40%	100%
	Sin Obstrucción	50	98,60%	100%
Áreas Rugosas	Sin Obstrucción	200	93,60%	100%
Áreas Verdes (Obstáculos de 4-10cm)	Con Obstrucción	1200	18,40%	100%
	Sin Obstrucción	100	46,00%	100%
Áreas Verdes (Obstáculos como arena y lodo)	Con Obstrucción	100	84,60%	80,80%
	Sin Obstrucción	100	82,20%	82,20%

Métricas de la identificación de reos para su conteo	
Métricas	Porcentaje
Exactitud	83,33%
Precisión	86,54%
Sensibilidad	93,75%

Resultado del en la identificación de reos	
Métricas	Porcentaje
Verdaderos Positivos	225
Falsos Negativos	15
Falsos Positivos	35
Verdaderos Negativos	25

Requerimientos

Diseño

Implementación

**Pruebas y Resultados**

Conclusiones

Recomendaciones y Trabajos futuros

Referencias



ECUADOR

Requerimientos

Diseño

Implementación

Pruebas y Resultados

**Conclusiones**

Recomendaciones y Trabajos futuros

Referencias

# Conclusiones

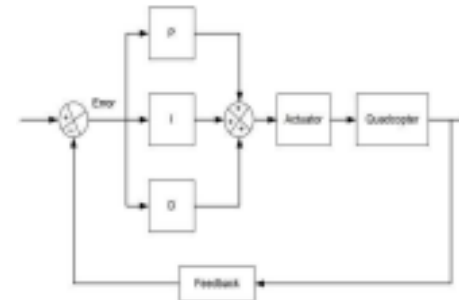
Diseñar un robot blindado.



Desarrollar una interfaz para su monitoreo.



Diseño de una etapa de control.



Validar resultados.







Requerimientos

Diseño

Implementación

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones y Trabajos futuros

Referencias

# Recomendaciones y Trabajos Futuros

Rediseño de la carcasa.



Optimización de emisión de video.



Integración de pantallas.



Diseño enfocado de consumo energético.



Incorporación de un sistema de amortiguadores.





Requerimientos

Diseño

Implementación

Pruebas y  
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones  
y Trabajos futuros

Referencias

# Referencias

- [1] “Alineado del coche - Queruedas.com”. <https://www.queruedas.com/alineado-del-coche/> (consultado el 30 de agosto de 2023).
- [2] S. Yamamoto, R. Kuwahara, M. Aoki, A. Shundo, y K. Tanaka, “Molecular Events for an Epoxy-Amine System at a Copper Interface”, *ACS Appl. Polym. Mater.*, vol. 2, núm. 4, pp. 1474–1481, abr. 2020, doi: 10.1021/ACSAPM.9B01154.
- [3] A. M. de Marco, P. Antequera, y L. Jiménez, *Cálculo y diseño de estructuras de materiales compuestos de fibra de vidrio*. Reverte, 2021.
- [4] “¿Qué es una red neuronal? | TIBCO Software”. <https://www.tibco.com/es/reference-center/what-is-a-neural-network> (consultado el 30 de agosto de 2023).
- [5] Sik-Ho Tsang, “Review: LapSRN & MS-LapSRN — Laplacian Pyramid Super-Resolution Network (Super Resolution) | by Sik-Ho Tsang | Towards Data Science”. <https://towardsdatascience.com/review-lapsrn-ms-lapsrn-laplacian-pyramid-super-resolution-network-super-resolution-c5fe2b65f5e8> (consultado el 1 de agosto de 2023).
- [6] “Equipo antimotines que fue entregado a los policías que vi... | Flickr”. <https://www.flickr.com/photos/ministeriointeriorecuador/17568038221> (consultado el 30 de agosto de 2023).





ECUADOR

**GRACIAS!**