

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL**

**TÍTULO DE INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SIMULADOR DE ENTORNO PARA ESTIMULACIÓN DE  
POTENCIALES EVOCADOS VISUALES PARA LA MEDICIÓN DE LA ACTIVIDAD CEREBRAL EN  
PERSONAS CON DISCAPACIDAD”**

**AUTORES: VÁSQUEZ VÁSQUEZ, CÉSAR HUMBERTO**

**VERA SUBÍA, PATRICK VINCENT**

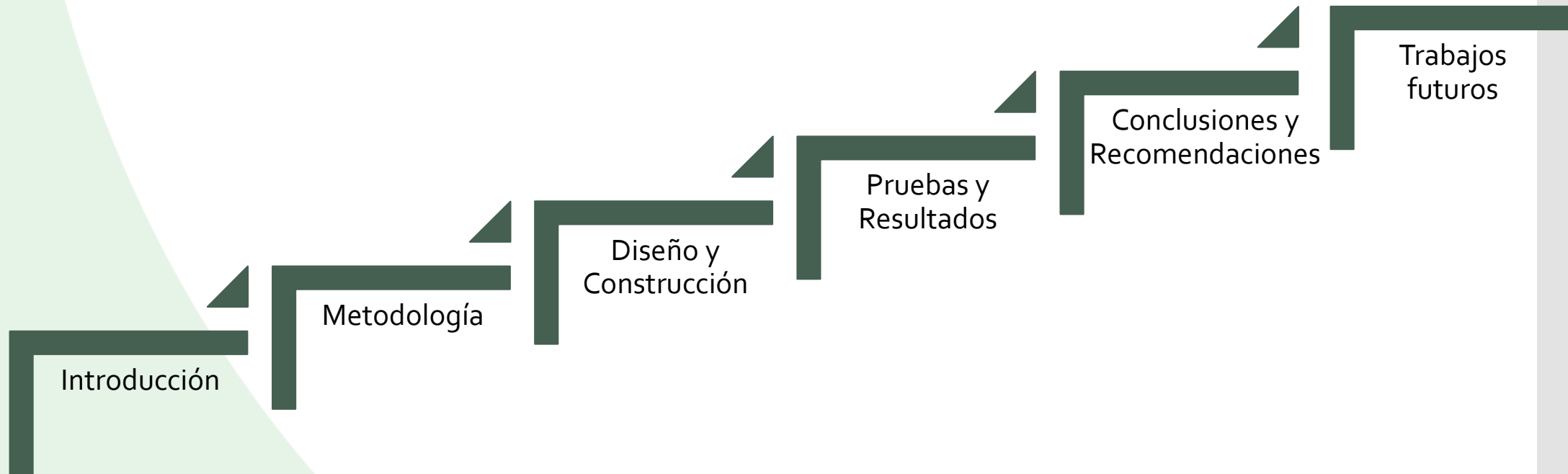
**DIRECTOR: ING. TOBAR QUEVEDO, JOHANNA BELÉN, PhD**

**31-08-2023**





# CONTENIDO





# Interfaz Cerebro-Computador

Introducción

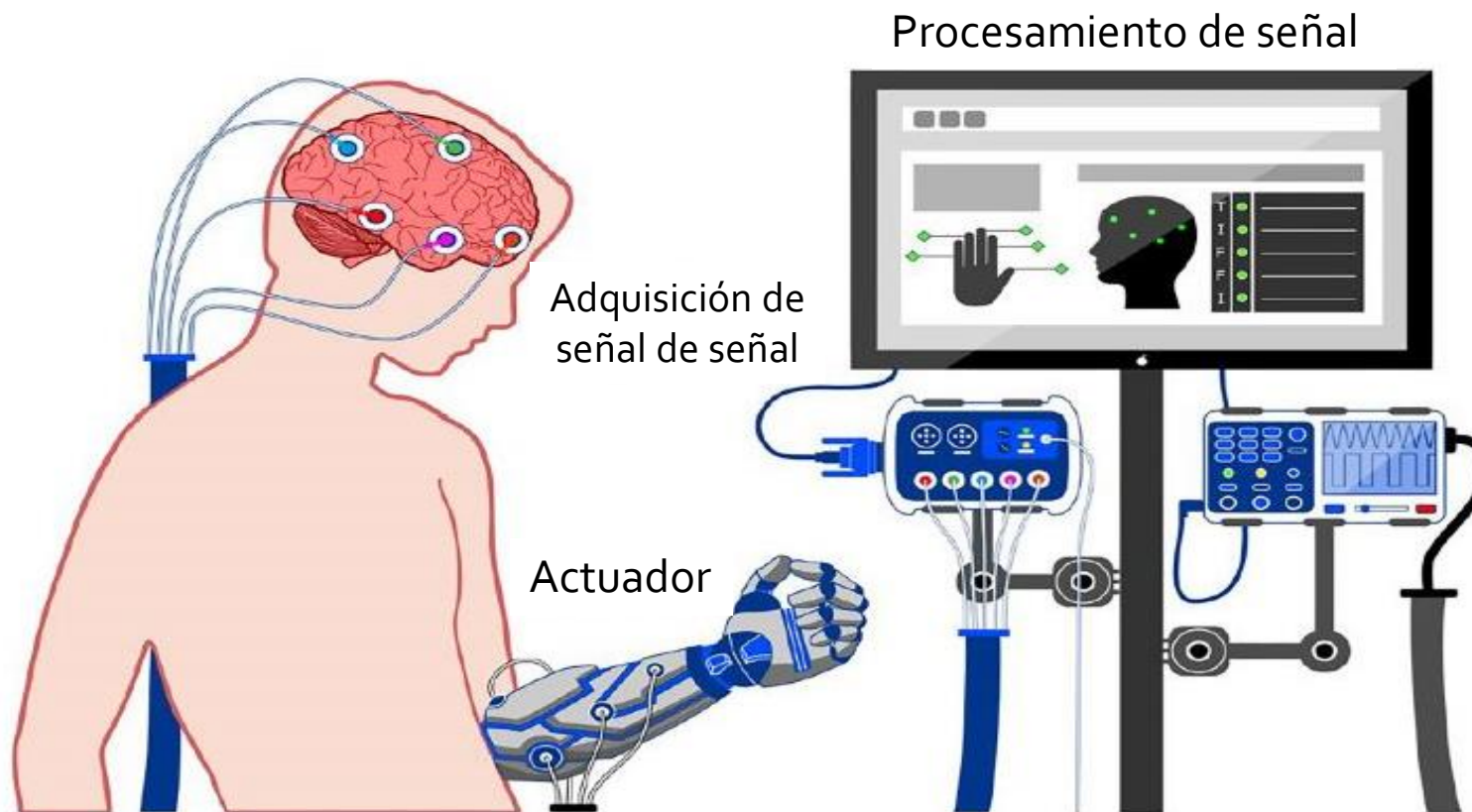
Metodología

Diseño y  
Construcción

Pruebas y  
Resultados

Conclusiones y  
Recomendaciones

Trabajos Futuros





# Potenciales Evocados

Introducción

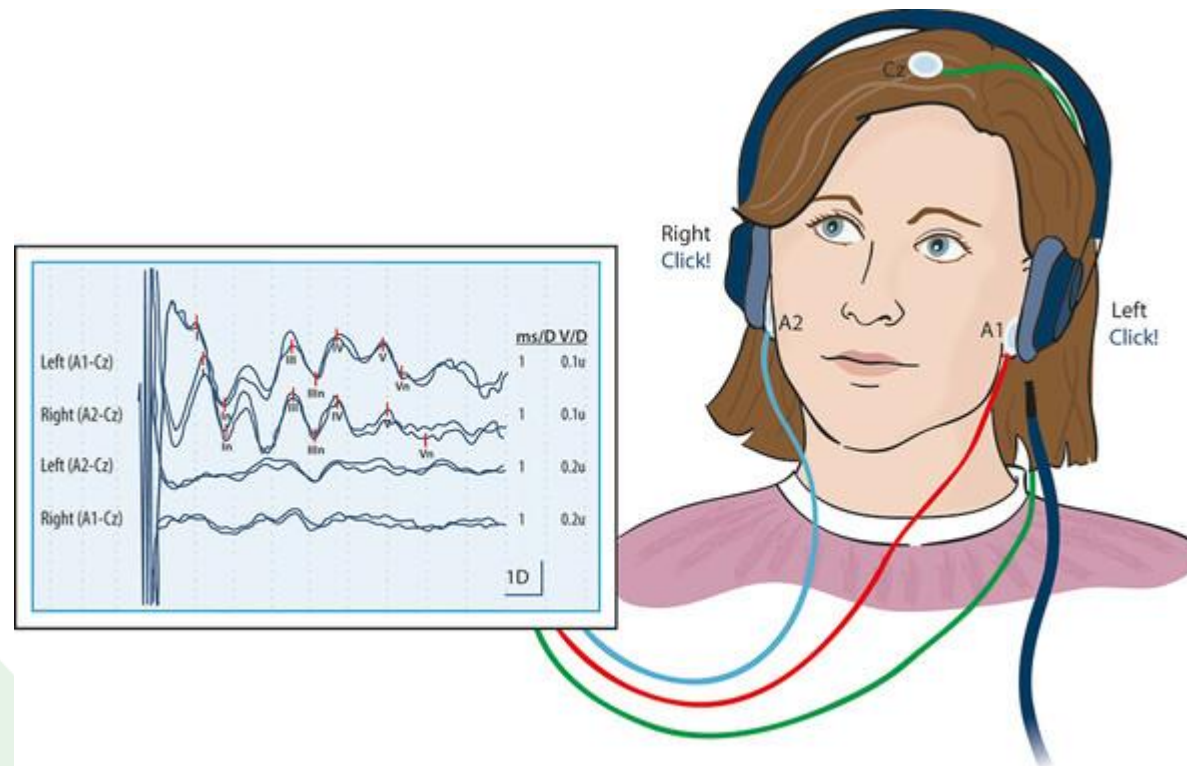
Metodología

Diseño y  
Construcción

Pruebas y  
Resultados

Conclusiones y  
Recomendaciones

Trabajos Futuros





# Antecedentes

Introducción

Metodología

Diseño y  
Construcción

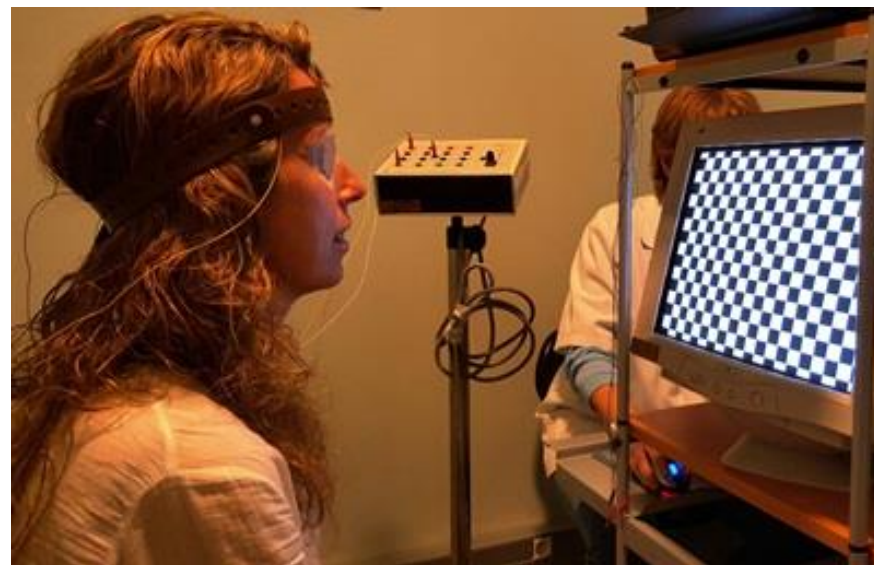
Pruebas y  
Resultados

Conclusiones y  
Recomendaciones

Trabajos Futuros



Nota: PEV FLASH



Nota: PEV PATRÓN  
(estado estable)





# Estado del Arte

Introducción

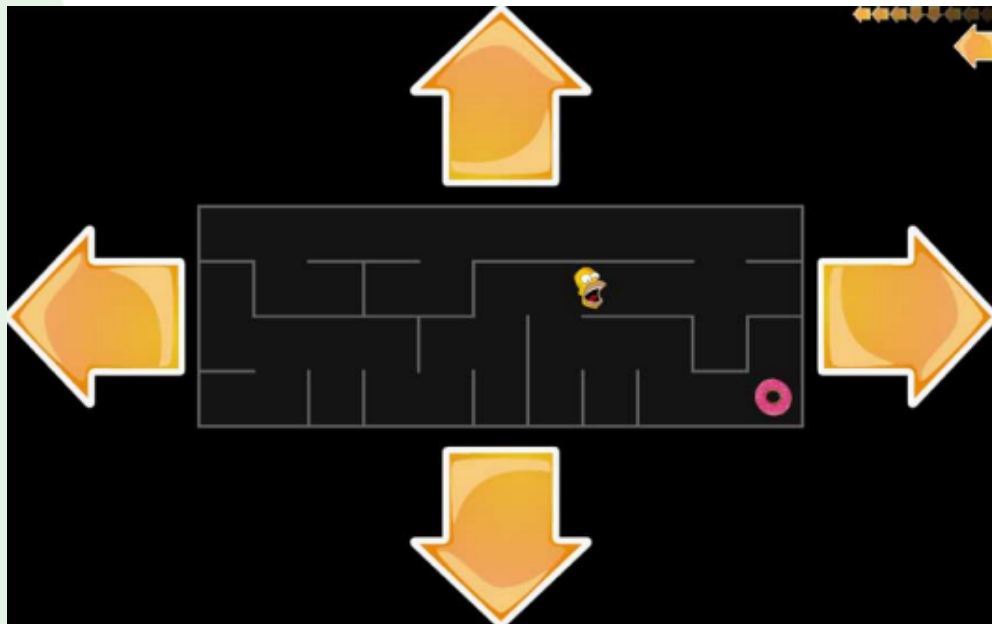
Metodología

Diseño y  
Construcción

Pruebas y  
Resultados

Conclusiones y  
Recomendaciones

Trabajos Futuros



Nota: Juego  
controlado por BCI



Nota: Silla de ruedas  
controlada por BCI



# Justificación e Importancia

Introducción

Metodología

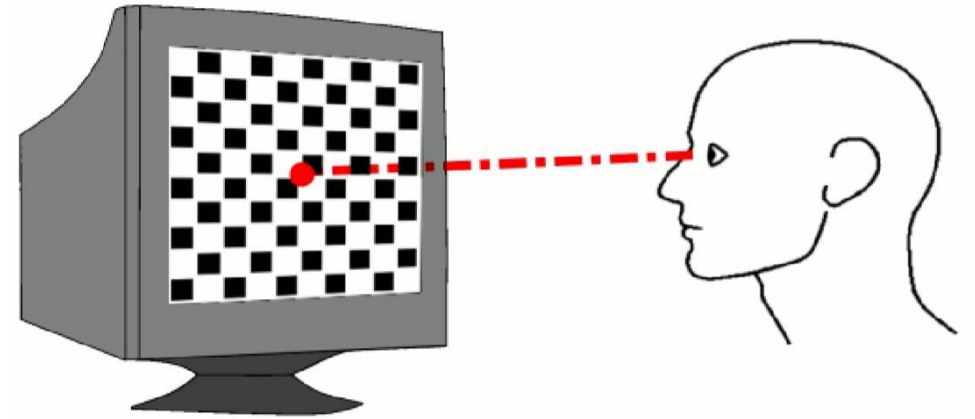
Diseño y  
Construcción

Pruebas y  
Resultados

Conclusiones y  
Recomendaciones

Trabajos Futuros

- Enfermedades que provocan pérdida de capacidad motriz, sin afectaciones neurológicas.
- Interfaces de SSVEP aburridas.



- Forma entretenida de adquirir señales de SSVEP.
- Información de validez de las señales adquiridas.



# Alcance

Introducción

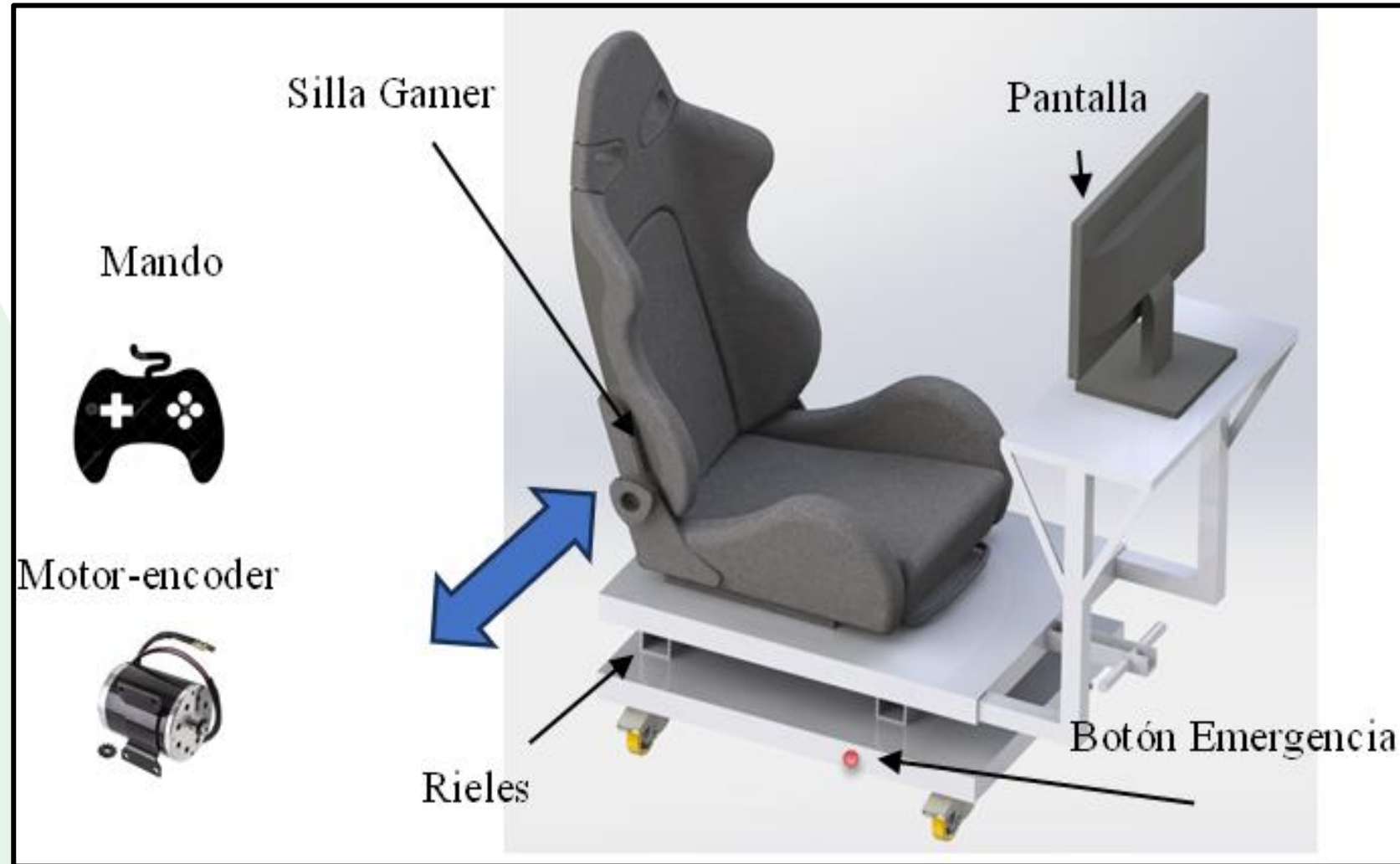
Metodología

Diseño y  
Construcción

Pruebas y  
Resultados

Conclusiones y  
Recomendaciones

Trabajos Futuros







Introducción

Metodología

Diseño y Construcción

Pruebas y Resultados

Conclusiones y Recomendaciones

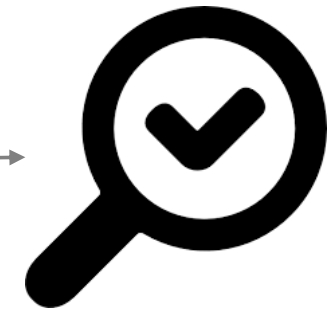
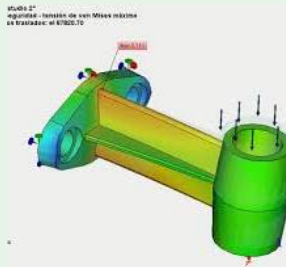
Trabajos Futuros

# Objetivos

## GENERAL

- Diseñar y construir un entorno de simulación para estimulación de potenciales evocados visuales para la medición de la actividad cerebral en personas con discapacidad.

## ESPECÍFICOS





# Metodología

Introducción

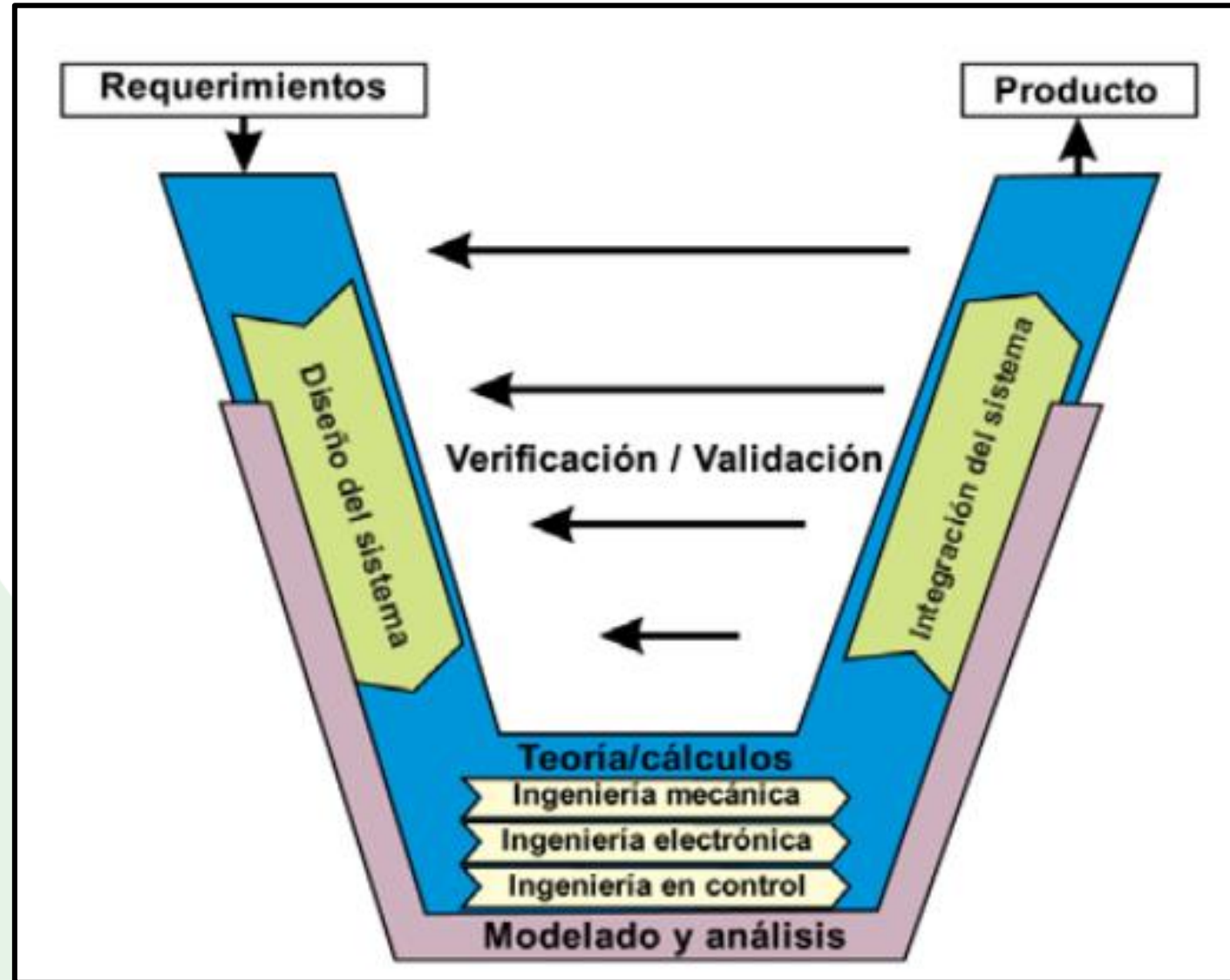
Metodología

Diseño y  
Construcción

Pruebas y  
Resultados

Conclusiones y  
Recomendaciones

Trabajos Futuros





# Requerimientos

Introducción

Metodología

Diseño y  
Construcción

Pruebas y  
Resultados

Conclusiones y  
Recomendaciones

Trabajos Futuros

- Estructura mecánica cómoda para personas entre 40 y 100 [kg]
- Rango de movimiento de 60 [cm].
- Interfaz gráfica que permita controlar la plataforma móvil.
- Juego interactivo.
- Arranque controlado del motor.
- Coordinación entre la plataforma móvil y el juego.



ECUADOR

Introducción

Metodología

Diseño y  
Construcción

Pruebas y  
Resultados

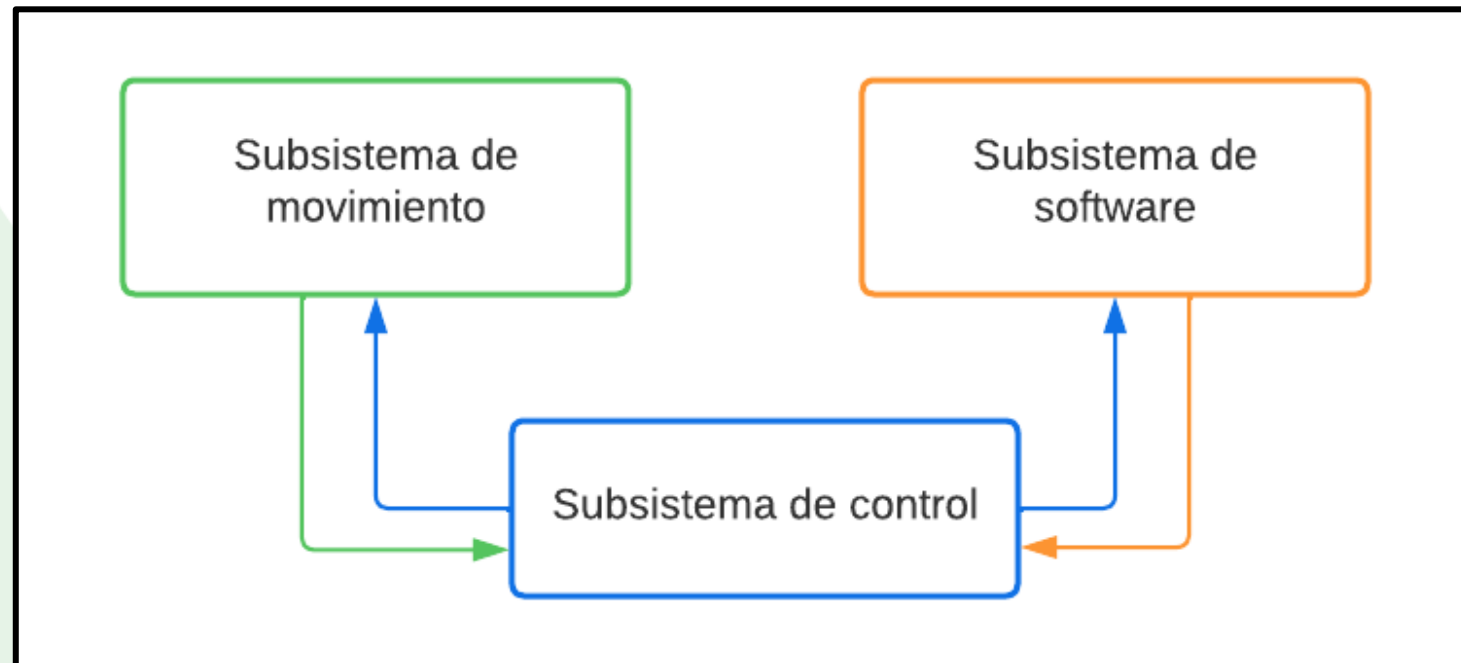
Conclusiones y  
Recomendaciones

Trabajos Futuros

# Diseño del Sistema

Dimensionamiento

Diagrama de subsistemas





# Diseño del Sistema

Introducción

Metodología

Diseño y  
Construcción

Pruebas y  
Resultados

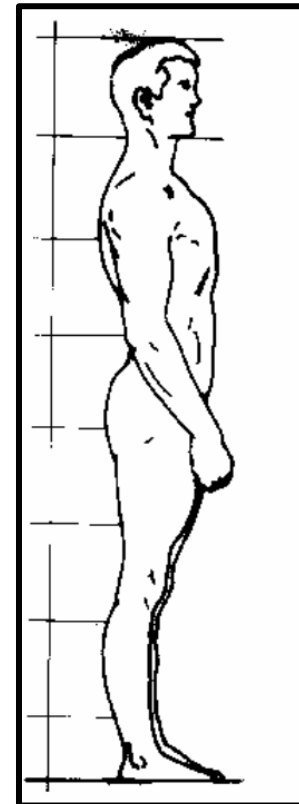
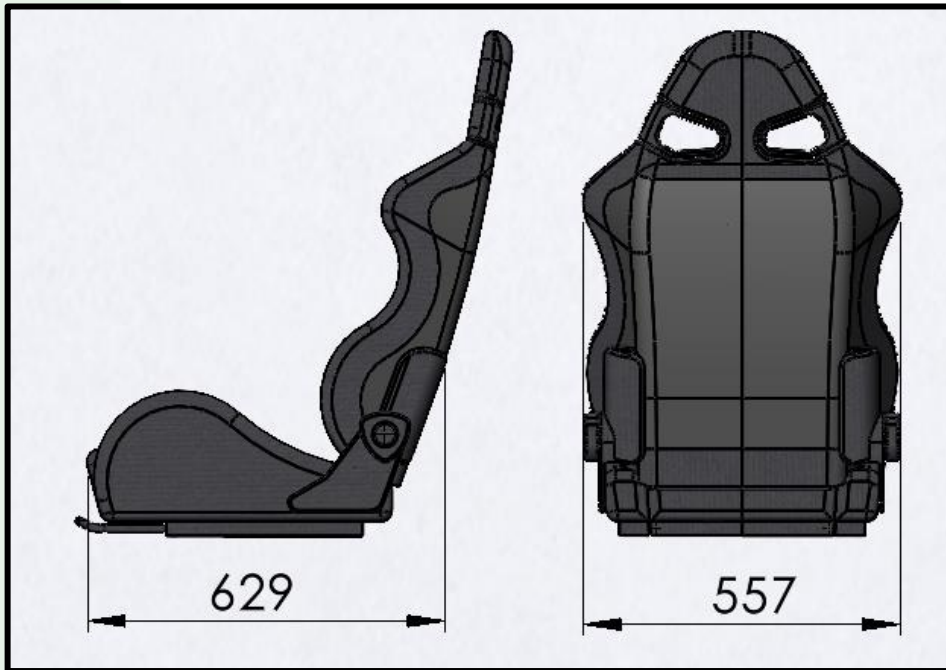
Conclusiones y  
Recomendaciones

Trabajos Futuros

## Dimensionamiento

Asiento SPARCO

Módulos de desarrollo del cuerpo humano



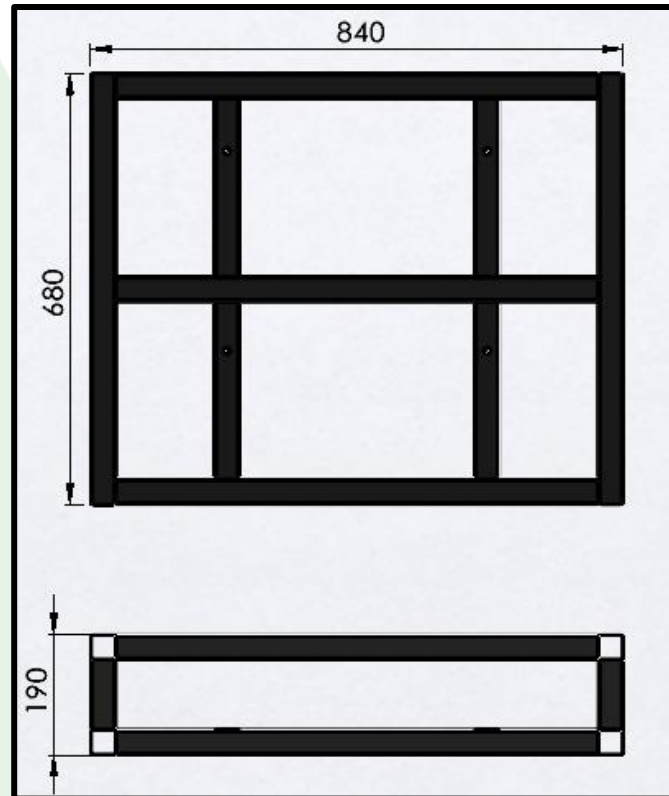




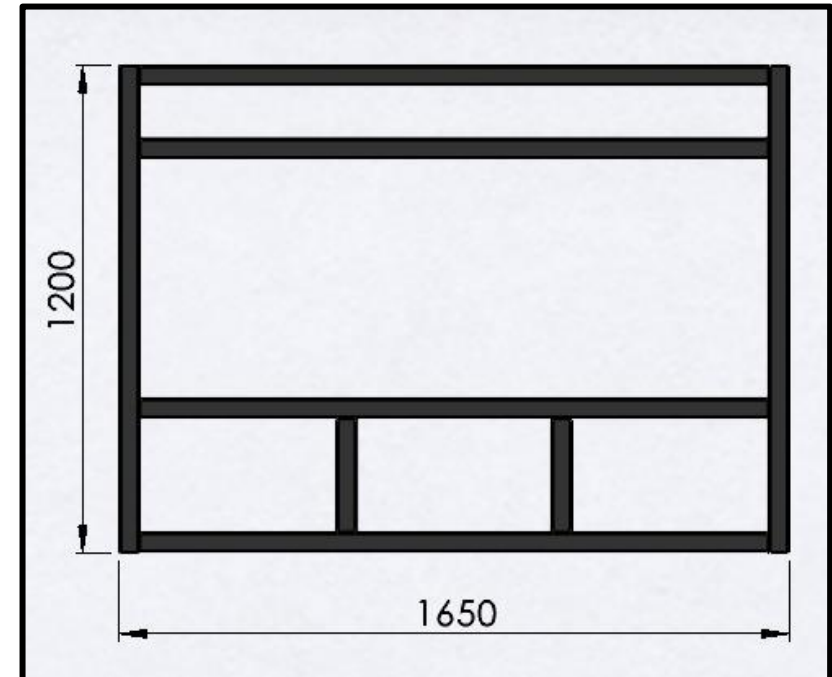
# Diseño Subsistema de Movimiento

## Dimensionamiento

Plataforma Superior



Plataforma Superior



Introducción

Metodología

Diseño y  
Construcción

Pruebas y  
Resultados

Conclusiones y  
Recomendaciones

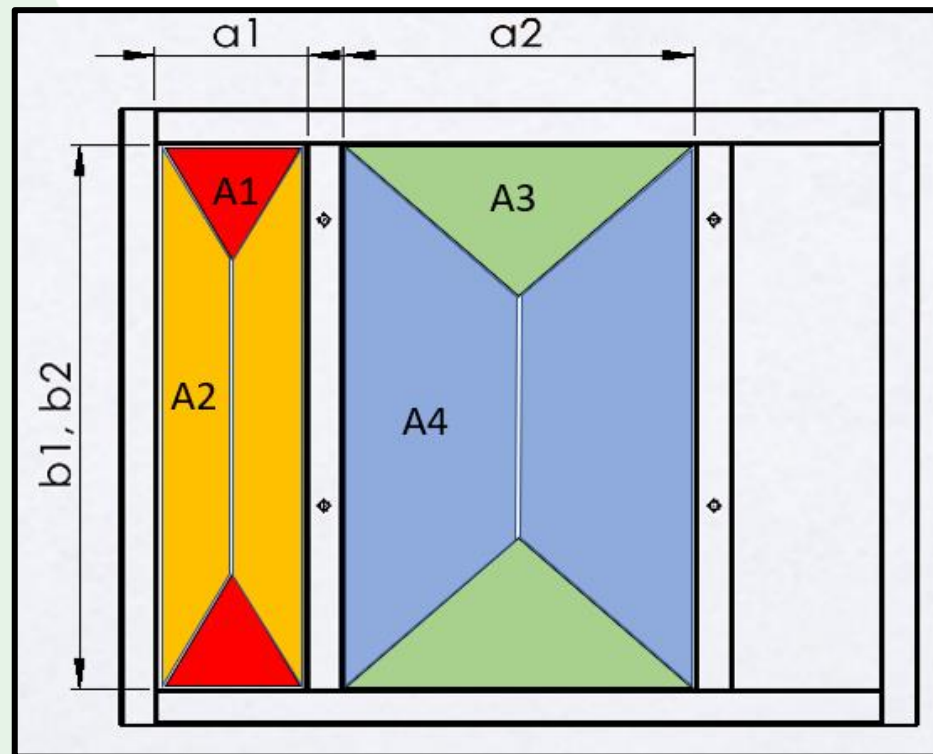
Trabajos Futuros



# Diseño Subsistema de Movimiento

## Análisis Mecánico – Plataforma Superior

### Áreas Cooperantes



$$a_1 = 0.195 \text{ [m]}, a_2 = 0.41 \text{ [m]}$$

$$b_1 = b_2 = 0.640 \text{ [m]}$$

$$e_{p. \text{ superior}} = 0.003 \text{ [m]}$$

$$d_{\text{acero}} = 7850 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

$$p_p = d_{\text{acero}} \cdot e_{p. \text{ superior}} = 23.55 \text{ [kg/m}^2\text{]}$$

Introducción

Metodología

Diseño y  
Construcción

Pruebas y  
Resultados

Conclusiones y  
Recomendaciones

Trabajos Futuros



# Diseño Subsistema de Movimiento

Introducción

Metodología

Diseño y  
Construcción

Pruebas y  
Resultados

Conclusiones y  
Recomendaciones

Trabajos Futuros

## Análisis Mecánico – Plataforma Superior

Posición del asiento



### NORMA ASCE 7-16

- Resistencia mecánica
- Serviciabilidad

Conf. de carga: 1.2D + 1.6L

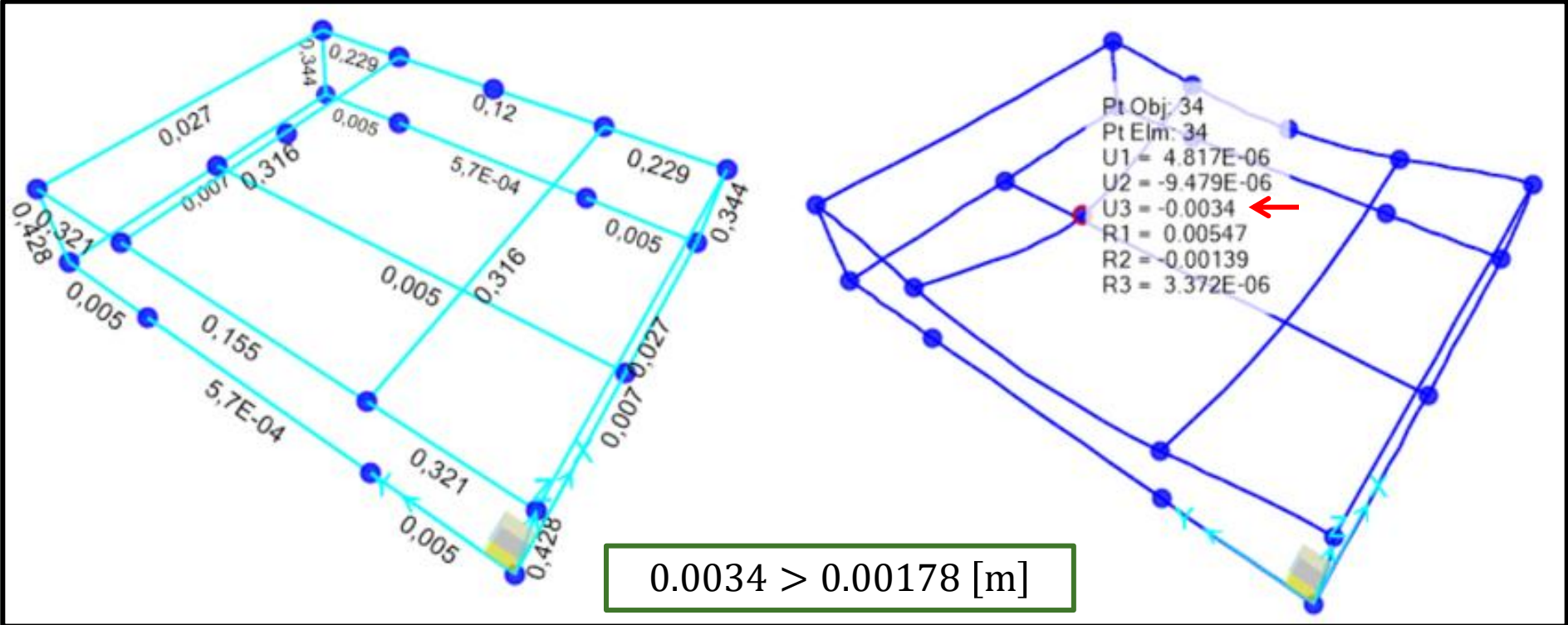
$$d_{\text{permitida sup.}} = \frac{\text{longitud}}{360} = 0.00178 \text{ [m]}$$



# Diseño Subsistema de Movimiento

## Análisis Mecánico – Plataforma Superior

Resistencia mecánica y serviciabilidad – perfil  
20X20X1.5 mm



Introducción

Metodología

Diseño y  
Construcción

Pruebas y  
Resultados

Conclusiones y  
Recomendaciones

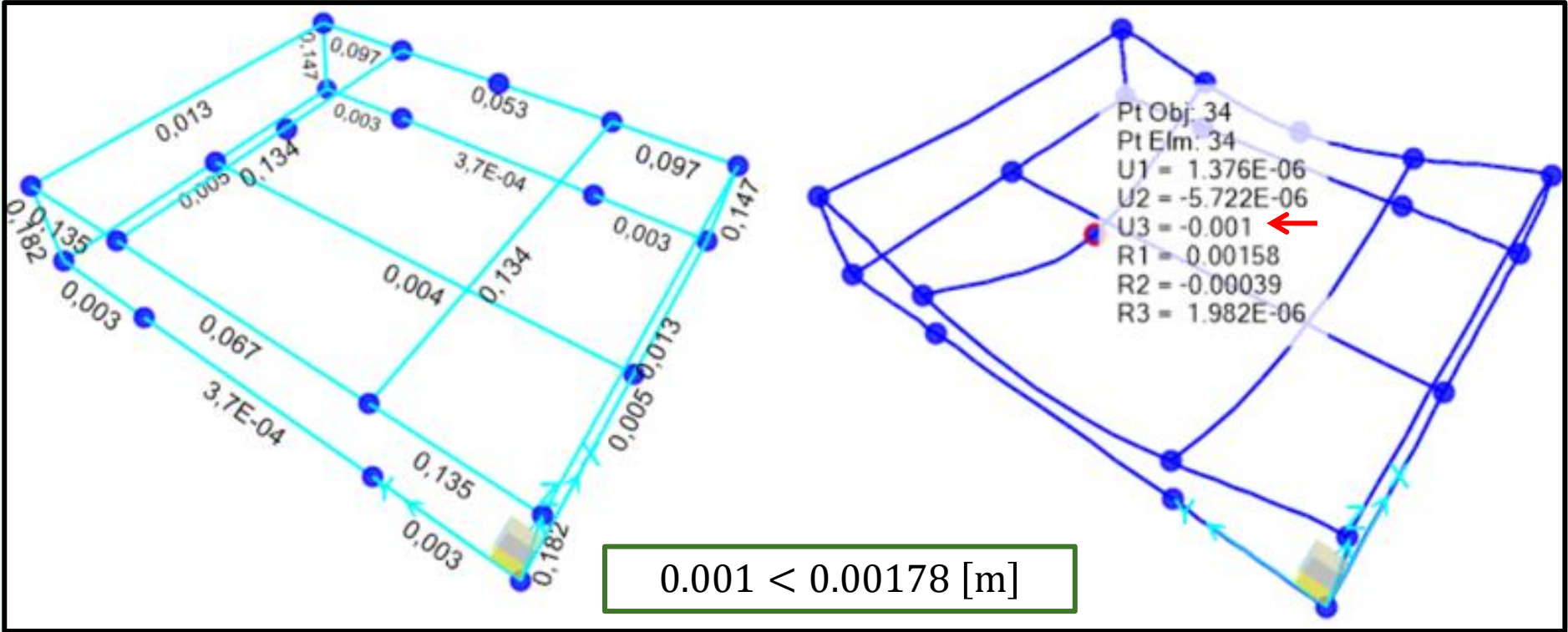
Trabajos Futuros



# Diseño Subsistema de Movimiento

## Análisis Mecánico – Plataforma Superior

Resistencia mecánica y serviciabilidad – perfil  
30X30X1.5 mm



Introducción

Metodología

Diseño y Construcción

Pruebas y Resultados

Conclusiones y Recomendaciones

Trabajos Futuros







# Diseño Subsistema de Movimiento

## Selección de Ruedas – Plataforma Superior

Introducción

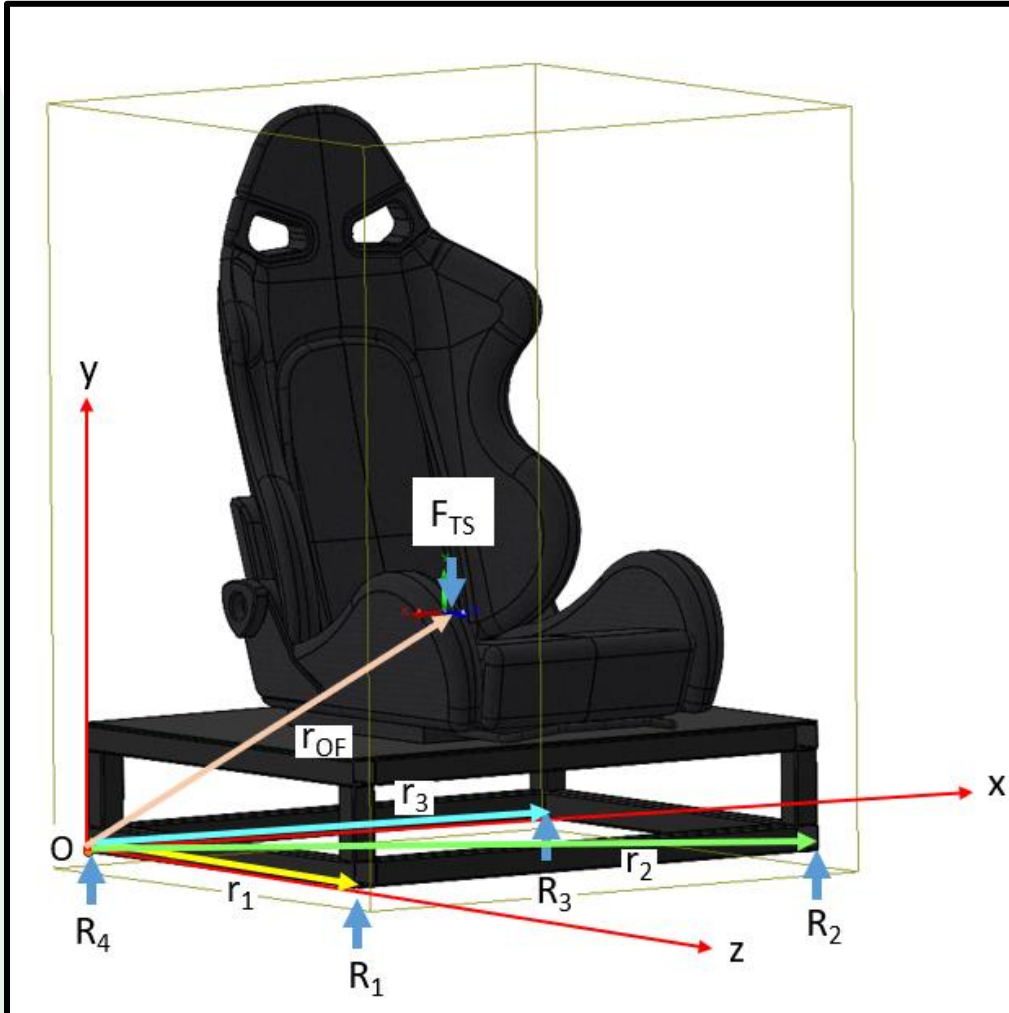
Metodología

Diseño y Construcción

Pruebas y Resultados

Conclusiones y Recomendaciones

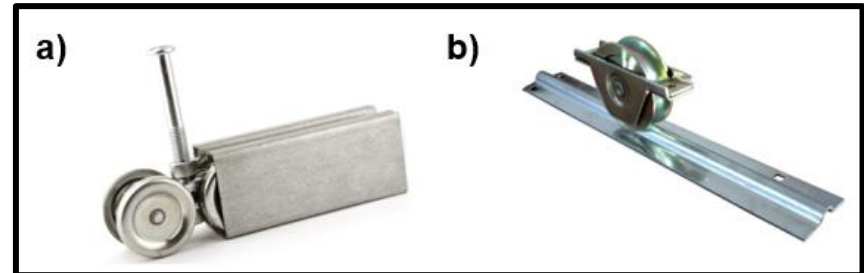
Trabajos Futuros



### Diagrama de cuerpo libre

$$\begin{bmatrix} R_1 \\ R_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 33.196 \\ 36.304 \end{bmatrix} \text{ [kgf]}$$

$$R_{\text{rueda sup}} = R_3 \cdot 2.5 = 90.76 \text{ [kgf]}$$



Ruedas Tipo V de 100 [kgf], Ø 80 [mm]



# Diseño Subsistema de Movimiento

Introducción

Metodología

Diseño y  
Construcción

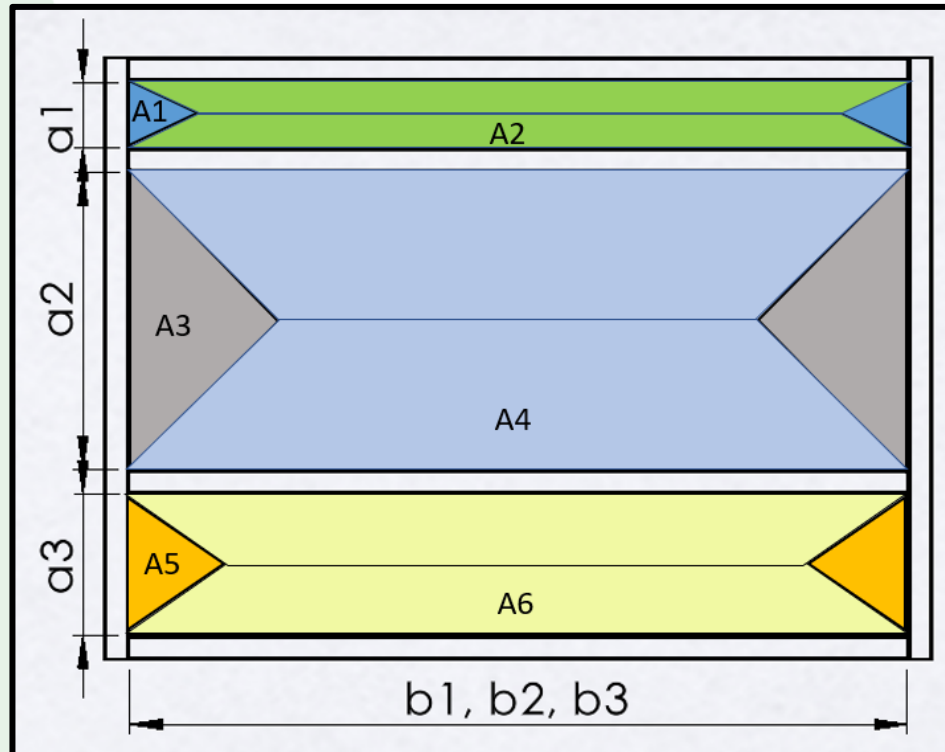
Pruebas y  
Resultados

Conclusiones y  
Recomendaciones

Trabajos Futuros

## Análisis Mecánico – Plataforma Inferior

### Áreas Cooperantes



$$a_1 = 0.18 \text{ [m]}, a_2 = 0.64 \text{ [m]}, a_3 = 0.33 \text{ [m]}$$

$$b_1 = b_2 = b_3 = 1.6 \text{ [m]}$$

$$e_{p. \text{ superior}} = 0.003 \text{ [m]}$$

$$d_{\text{acero}} = 7850 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

$$p_p = d_{\text{acero}} \cdot e_{p. \text{ superior}} = 23.55 \text{ [kg/m}^2\text{]}$$



# Diseño Subsistema de Movimiento

Introducción

Metodología

Diseño y Construcción

Pruebas y Resultados

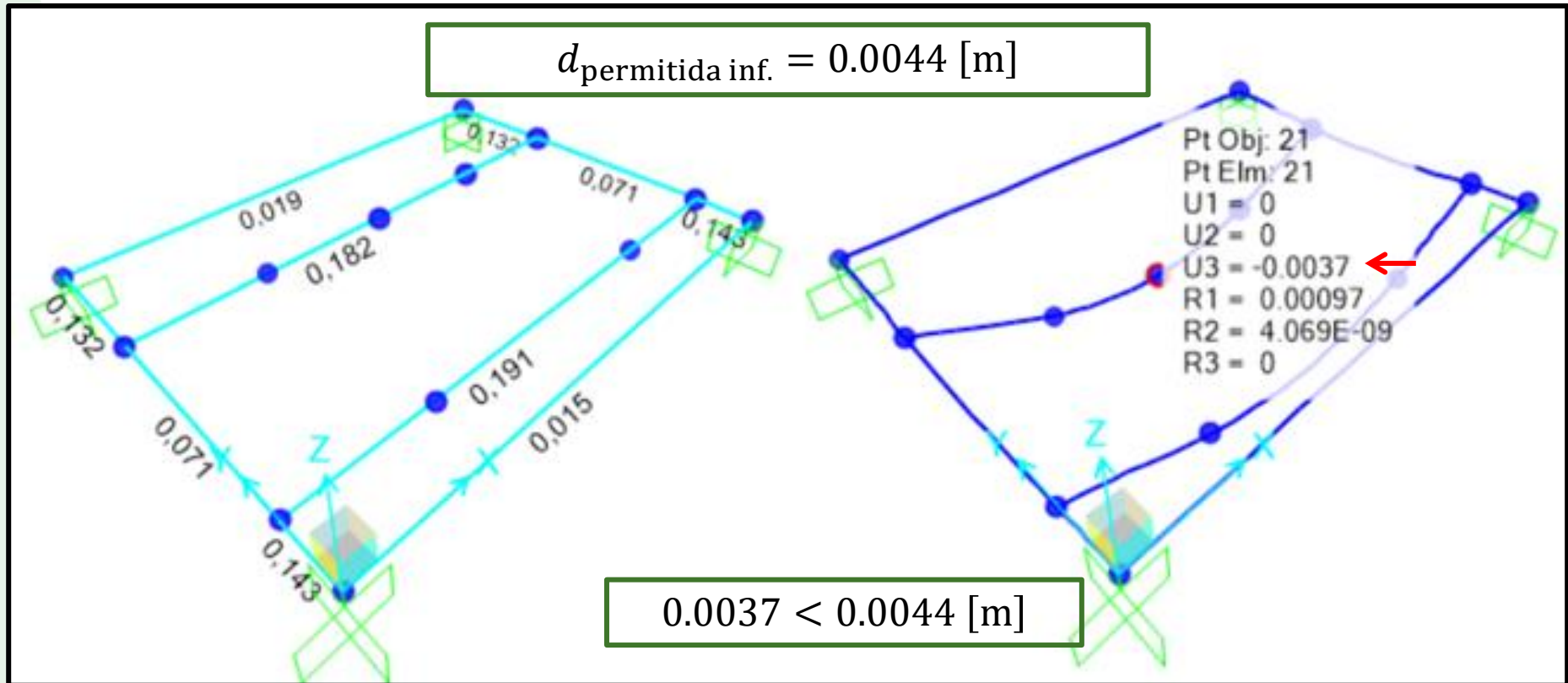
Conclusiones y Recomendaciones

Trabajos Futuros

## Análisis Mecánico – Plataforma Inferior

Resistencia mecánica y serviciabilidad – perfil  
40X40X1.5 mm

$$d_{\text{permitida inf.}} = 0.0044 \text{ [m]}$$



$$0.0037 < 0.0044 \text{ [m]}$$



# Diseño Subsistema de Movimiento

Introducción

Metodología

Diseño y  
Construcción

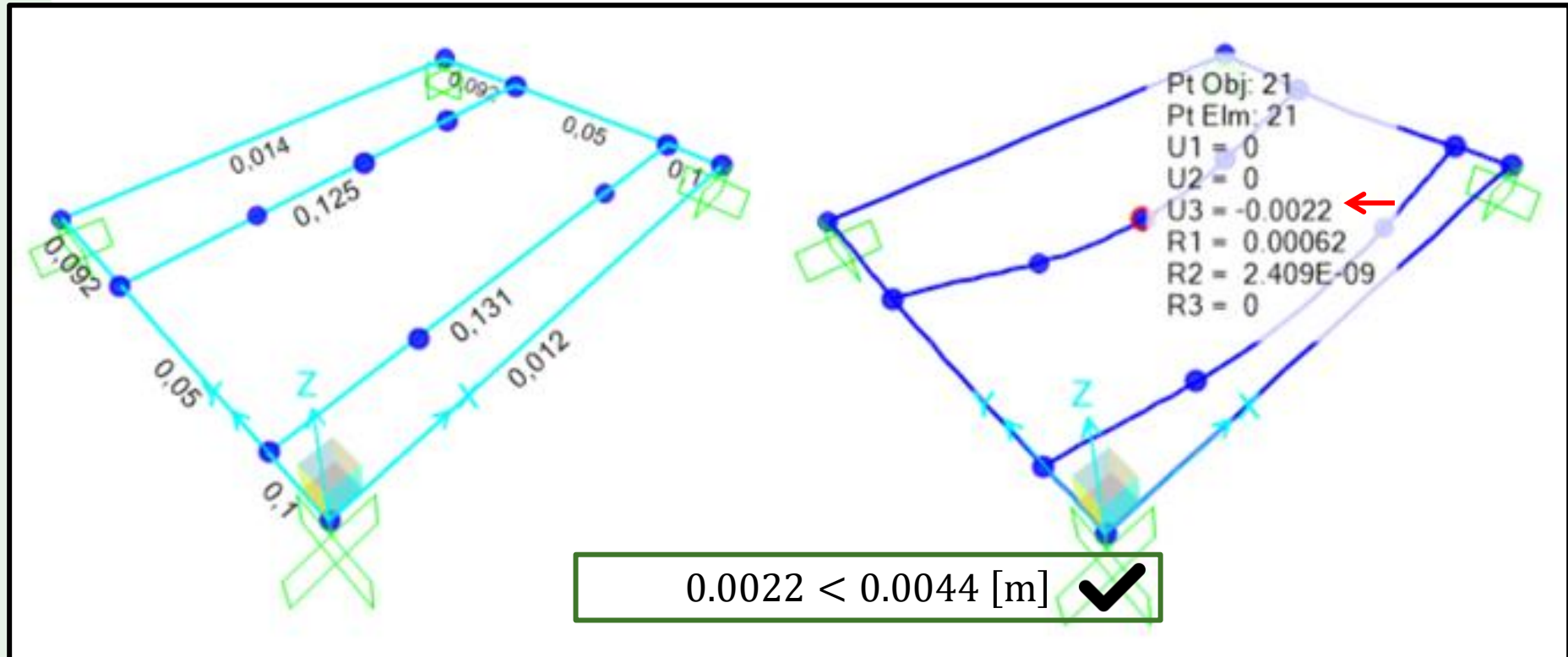
Pruebas y  
Resultados

Conclusiones y  
Recomendaciones

Trabajos Futuros

## Análisis Mecánico – Plataforma Inferior

Resistencia mecánica y serviciabilidad – perfil  
50X50X1.5 mm







# Diseño Subsistema de Movimiento

## Selección de Ruedas – Plataforma Inferior

Introducción

Metodología

Diseño y  
Construcción

Pruebas y  
Resultados

Conclusiones y  
Recomendaciones

Trabajos Futuros

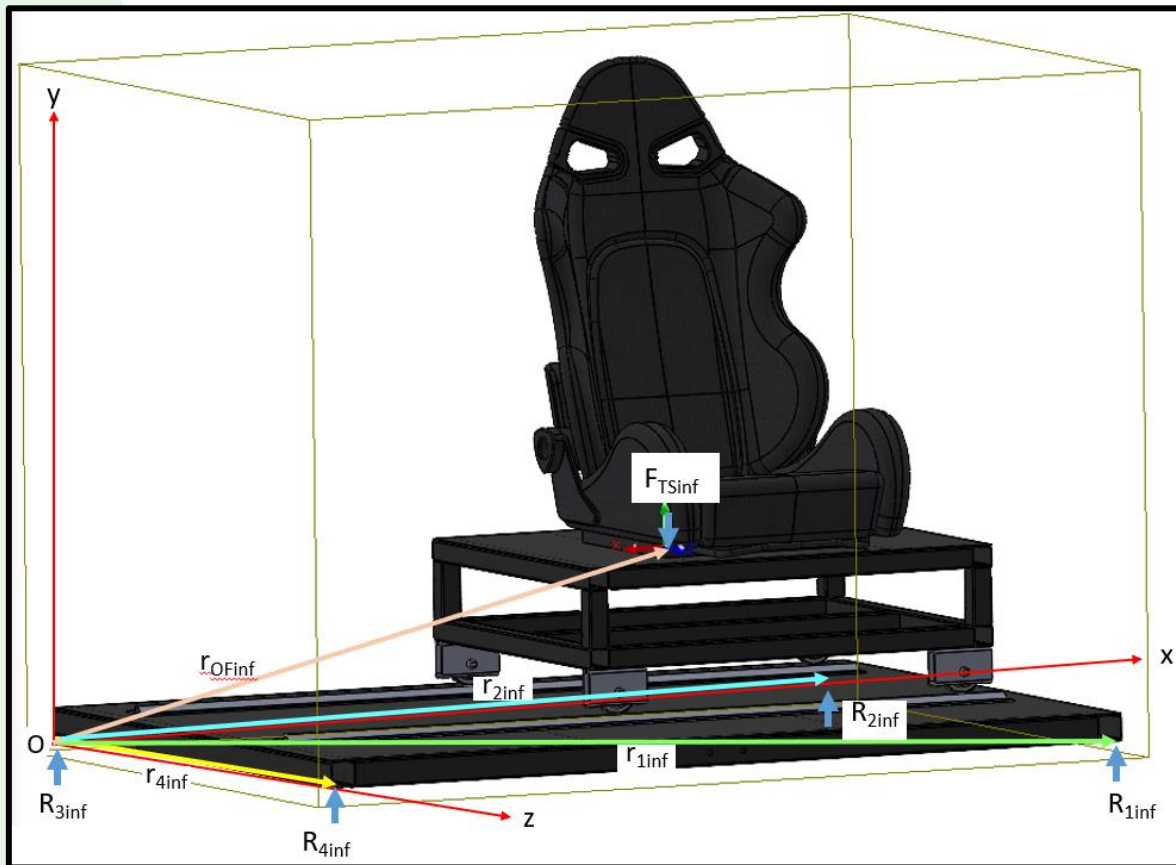


Diagrama de cuerpo libre

$$\begin{bmatrix} R_{1 \text{ inf}} \\ R_{3 \text{ inf}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 64.681 \\ 38.596 \end{bmatrix} \text{ [kgf]}$$

$$R_{\text{rueda inf}} = R_{1 \text{ inf}} \cdot 2 = 129.362 \text{ [kgf]}$$

Ruedas de Nylon  
150 [kgf],  $\varnothing$  100 [mm]



ECUADOR

# Diseño Subsistema de Movimiento

## Dimensionamiento del Piñón y Cremallera



Introducción

Metodología

Diseño y  
Construcción

Pruebas y  
Resultados

Conclusiones y  
Recomendaciones

Trabajos Futuros



# Diseño Subsistema de Movimiento

## Geometría del Piñón y la Cremallera

Introducción

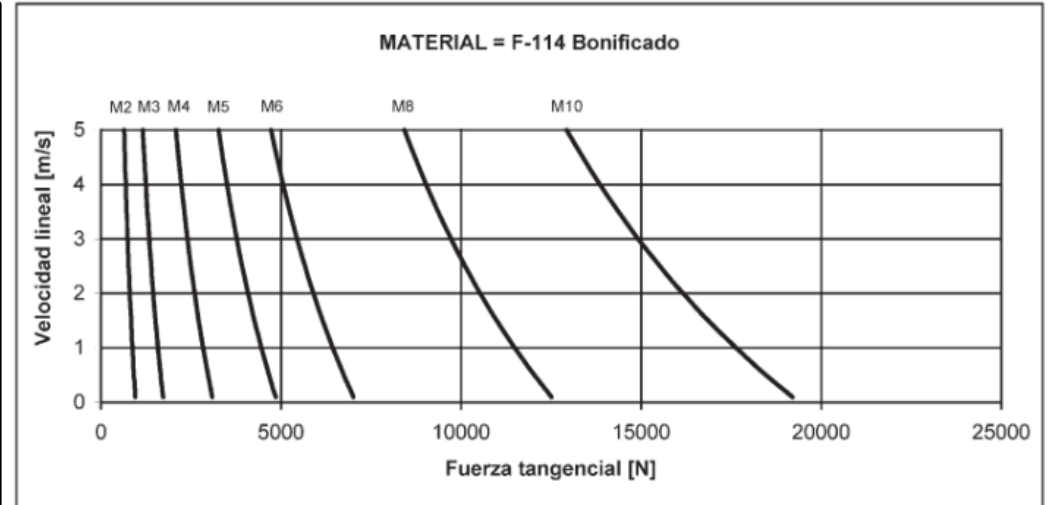
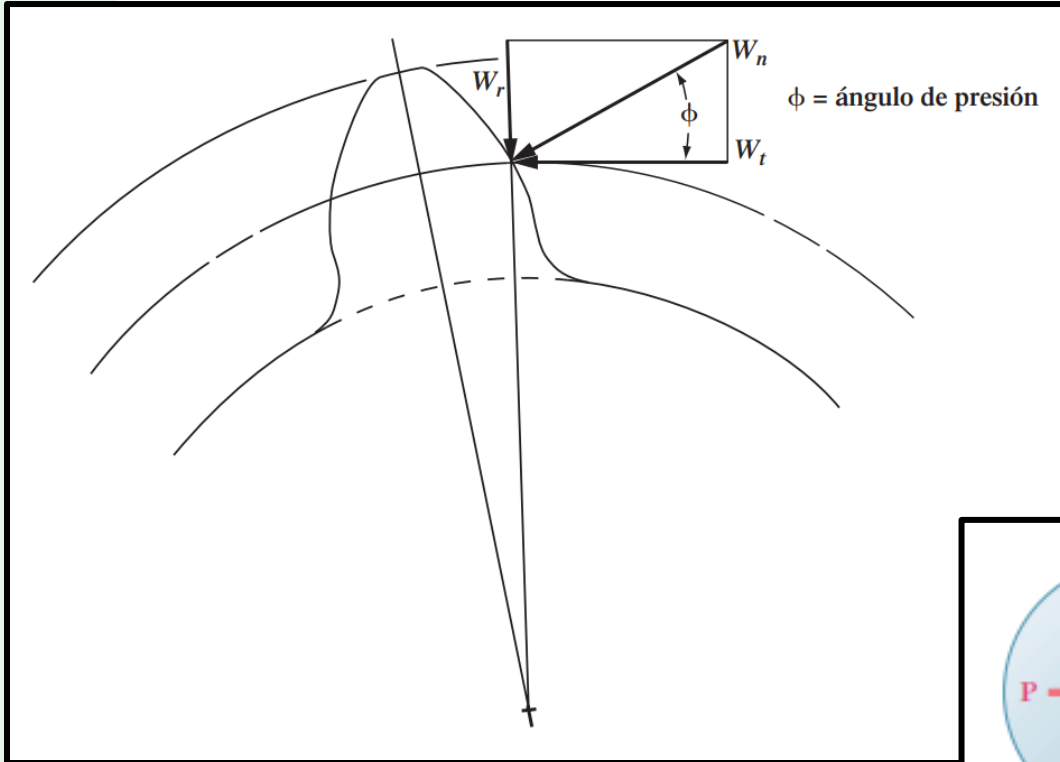
Metodología

Diseño y Construcción

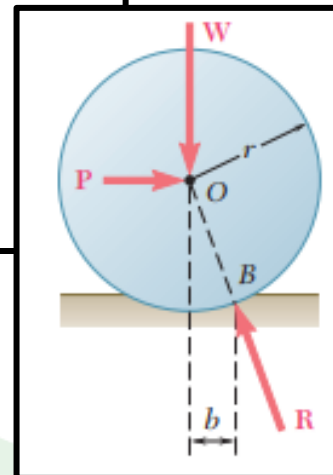
Pruebas y Resultados

Conclusiones y Recomendaciones

Trabajos Futuros



$$W_t = 1.5 \cdot W_{treal} = 0.79 \text{ [kN]}$$



$$m = 2 \text{ [mm]}$$

$$N_p = 24$$



# Diseño Subsistema de Movimiento

Introducción

Metodología

Diseño y  
Construcción

Pruebas y  
Resultados

Conclusiones y  
Recomendaciones

Trabajos Futuros

## Geometría del Piñón y la Cremallera

Parámetro	Valor
Diámetro de paso	$D_p = 48$ [mm]
Adendum	$a = 2$ [mm]
Dedendum	$b = 2.5$ [mm]
Diámetro exterior	$D_o = 52$ [mm]
Altura total del diente	$h_t = 4.5$ [mm]
Profundidad de trabajo	$h_k = 4$ [mm]
Paso circular	$p = 6.283$ [mm]
Paso diametral	$P_d = 0.5$ [1/mm]
Espesor del diente	$t_p = 3.142$ [mm]
Ángulo de hélice	$\varphi = 20^\circ$
Diámetro de círculo base	$D_b = 45.105$ [mm]



# Diseño Subsistema de Movimiento

## Aplicación de la Norma AGMA – Piñón

Esfuerzo Flexionante

Número de Esfuerzo Flexionante

Número de Esfuerzo Flexionante Admisible Ajustado

$$S_t = \frac{W_t P_d}{F_{cara} \cdot J} K_o K_s K_m K_B K_v$$

$$s'_{at} = s_{at} \frac{Y_N}{S_{Ff} K_R}$$

Introducción

Metodología

Diseño y Construcción

Pruebas y Resultados

Conclusiones y Recomendaciones

Trabajos Futuros



# Diseño Subsistema de Movimiento

## Aplicación de la Norma AGMA – Piñón

Introducción

Metodología

Diseño y Construcción

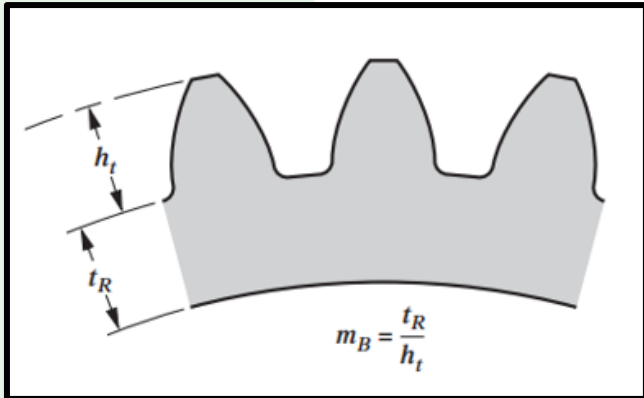
Pruebas y Resultados

Conclusiones y Recomendaciones

Trabajos Futuros

### Número de Esfuerzo Flexionante

$$S_t = \frac{W_t P_d}{F_{cara} \cdot J} K_o K_s K_m K_B K_v$$



$W_t$ : Fuerza tangencial.

$P_d$ : Paso diametral del diente.

$F_{cara}$ : Ancho de la cara del diente

$$\frac{8}{P_d} < F_{cara} < \frac{16}{P_d}$$

$J$ : Factor geométrico.

$K_o$ : Factor de sobrecarga.

(Uniforme - Choque ligero)

$K_s$ : Factor de tamaño.

Para  $m=2$  [mm]  $\rightarrow K_s = 1$

$K_m$ : Factor de distribución de carga.

$$K_m = 1 + C_{pf} + C_{ma}$$

←  $K_B$ : Factor de espesor de orilla.

$K_v$ : Factor dinámico.

$$Q_v = 6$$





# Diseño Subsistema de Movimiento

Introducción

Metodología

Diseño y  
Construcción

Pruebas y  
Resultados

Conclusiones y  
Recomendaciones

Trabajos Futuros

## Aplicación de la Norma AGMA – Piñón

AISI 1045 – 200 HB

### Número de Esfuerzo Flexionante Admisible Ajustado

$$s'_{at} = s_{at} \frac{Y_N}{S_{Ff} K_R}$$

$s_{at}$ : Número de esfuerzo flexionante admisible.

$Y_N$ : Factor por ciclos de esfuerzo.  $L = 20\,000$  [h]

$S_{Ff}$ : Factor de seguridad para esfuerzo flexionante.

$K_R$ : Factor de confiabilidad.

$$s_t < s'_{at}$$

$$S_{Ff} = 1.80$$



# Diseño Subsistema de Movimiento

## Aplicación de la Norma AGMA – Piñón

Introducción

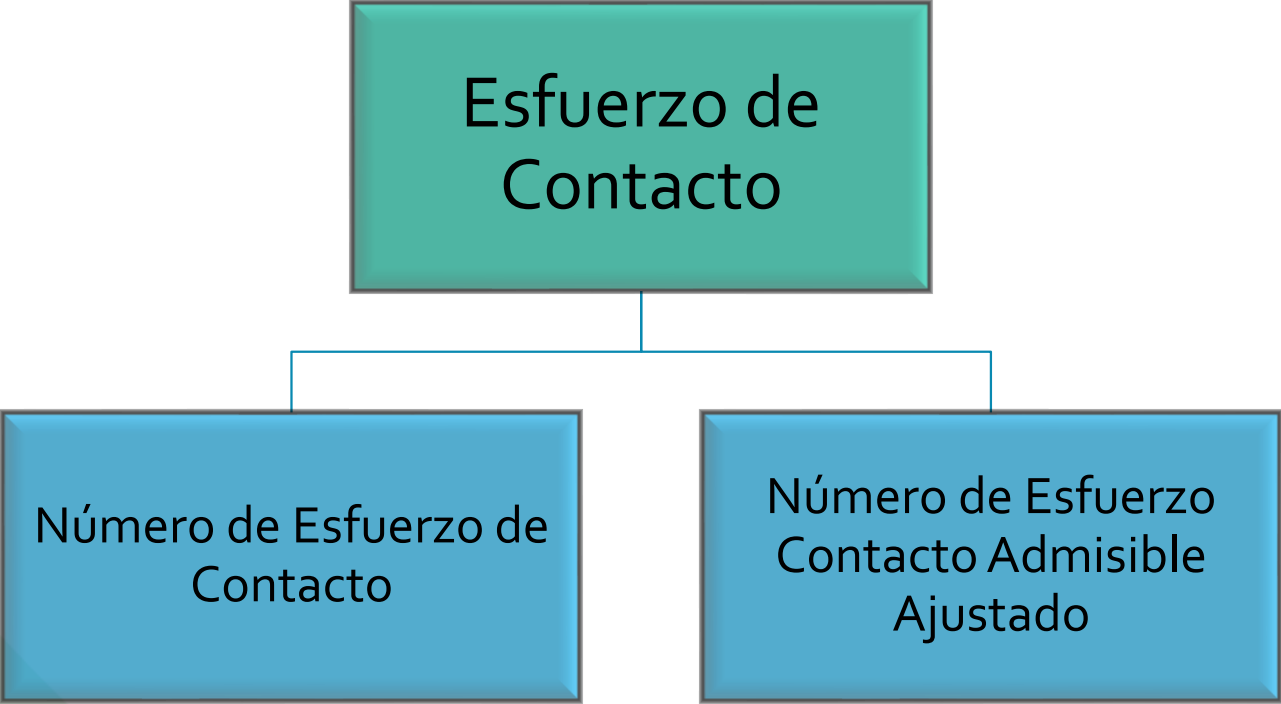
Metodología

Diseño y Construcción

Pruebas y Resultados

Conclusiones y Recomendaciones

Trabajos Futuros



$$s_c = C_p \sqrt{\frac{W_t K_o K_s K_m K_v}{F_{cara} D_P I}}$$

$$s'_{ac} = s_{ac} \frac{Z_N C_H}{S_{FC} K_R}$$



# Diseño Subsistema de Movimiento

## Aplicación de la Norma AGMA – Piñón

Introducción

Metodología

Diseño y  
Construcción

Pruebas y  
Resultados

Conclusiones y  
Recomendaciones

Trabajos Futuros

### Número de Esfuerzo de Contacto

$$s_c = C_p \sqrt{\frac{W_t K_o K_s K_m K_v}{F_{cara} D_P I}}$$

$C_p$ : Coeficiente elástico.

$$C_p = 2300 \text{ [psi]}$$

$I$ : Factor de Geometría. (Cremallera de diámetro infinito)



# Diseño Subsistema de Movimiento

Introducción

Metodología

Diseño y  
Construcción

Pruebas y  
Resultados

Conclusiones y  
Recomendaciones

Trabajos Futuros

## Aplicación de la Norma AGMA – Piñón

**Número de Esfuerzo de Contacto  
Admisible Ajustado**

$$s'_{ac} = s_{ac} \frac{Z_N C_H}{S_{FC} K_R}$$

$$s_c < s'_{ac}$$

$$S_{FC} = 1.06$$

$s_{ac}$ : Número de esfuerzo de contacto admisible.

$Z_N$ : Factor de resistencia a la picadura por número de ciclos de esfuerzo.

$C_H$ : Factor por relación de durezas. (Mismo material piñón - cremallera)

$S_{FC}$ : Factor de seguridad para esfuerzo de contacto.



# Diseño Subsistema de Movimiento

## Validación del Prototipo

Introducción

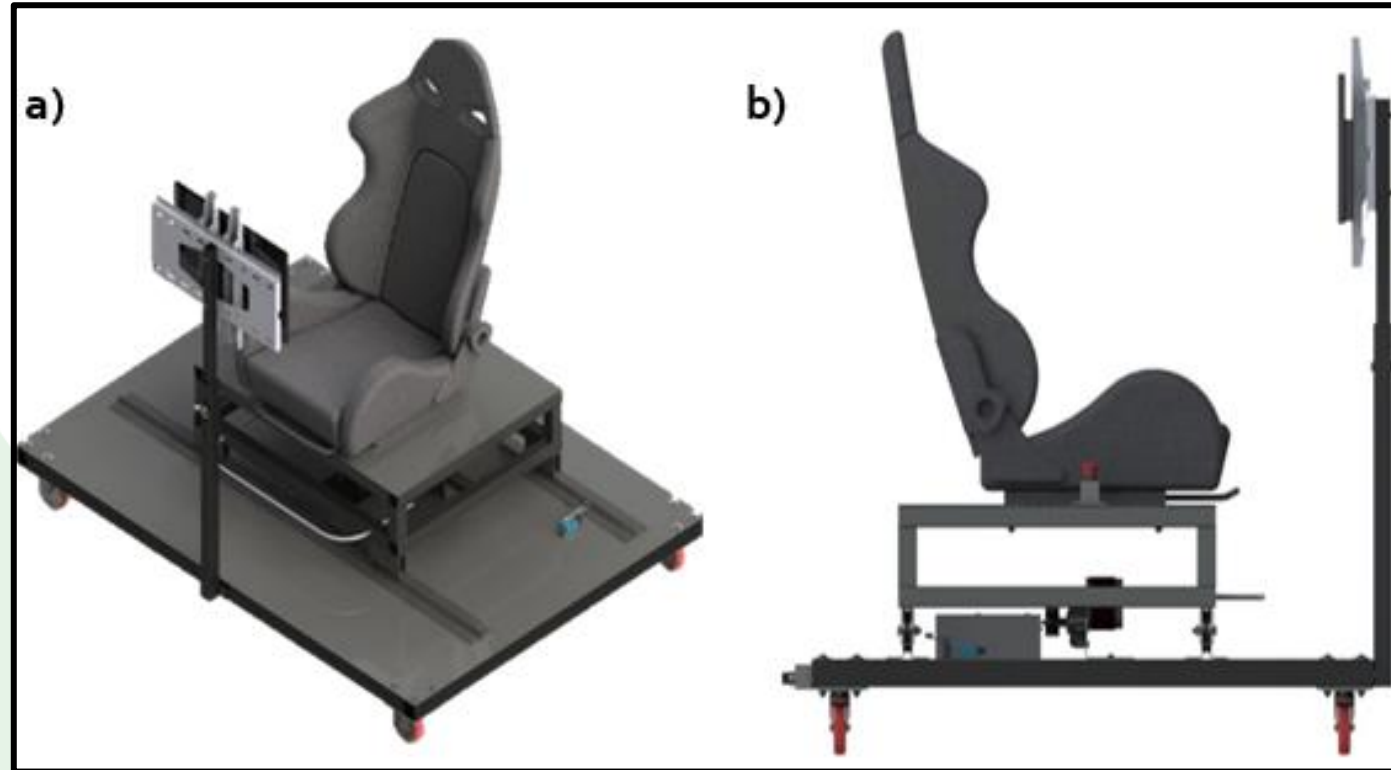
Metodología

Diseño y  
Construcción

Pruebas y  
Resultados

Conclusiones y  
Recomendaciones

Trabajos Futuros







# Diseño Subsistema de Movimiento

## Validación del Prototipo – Plataforma Superior

Introducción

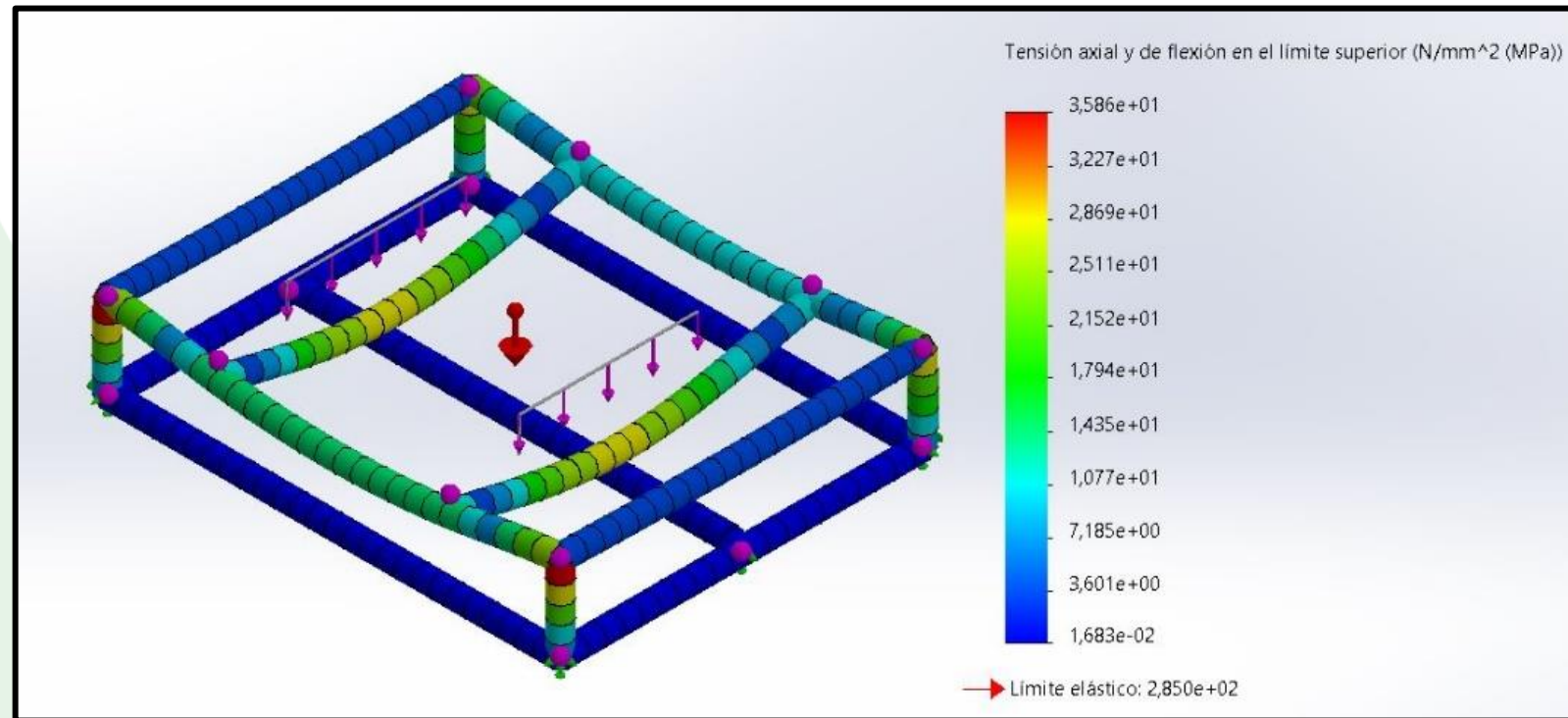
Metodología

Diseño y  
Construcción

Pruebas y  
Resultados

Conclusiones y  
Recomendaciones

Trabajos Futuros



Esfuerzo máximo: 28.7 MPa



# Diseño Subsistema de Movimiento

## Validación del Prototipo – Plataforma Superior

Introducción

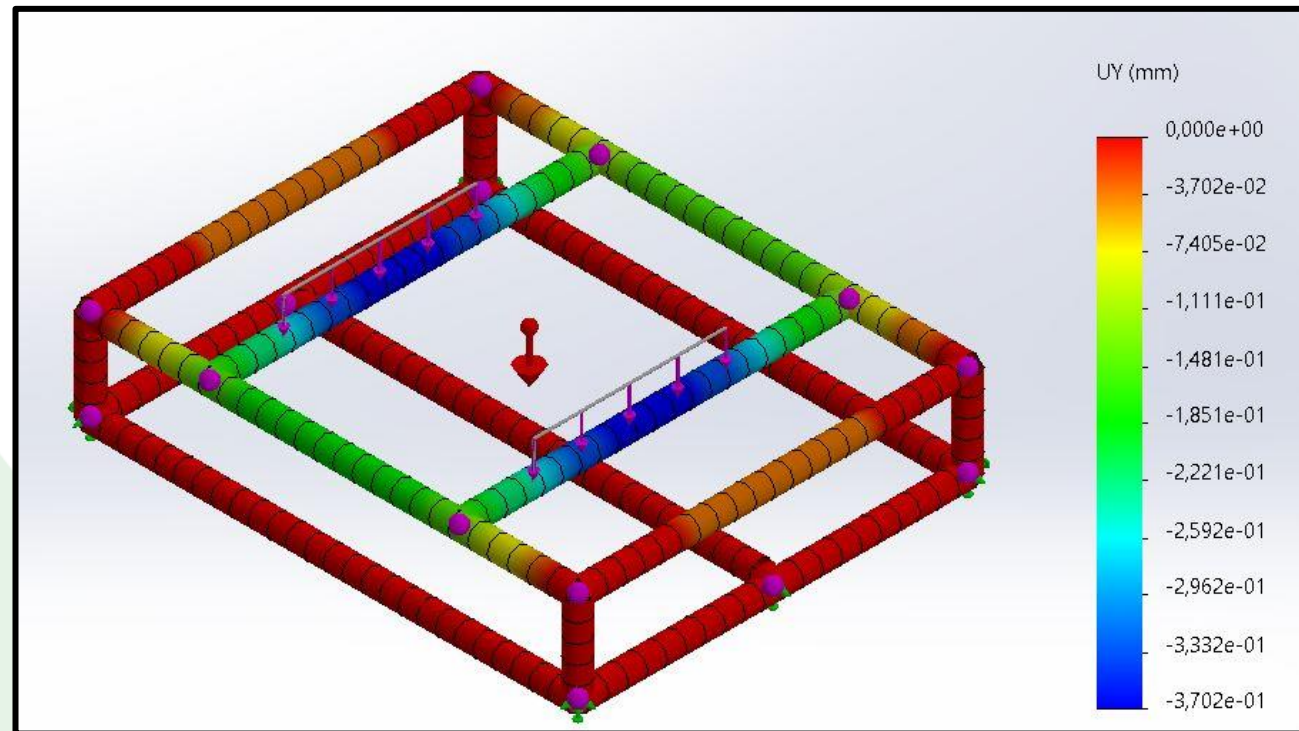
Metodología

Diseño y  
Construcción

Pruebas y  
Resultados

Conclusiones y  
Recomendaciones

Trabajos Futuros



Deflexión máxima: 0.37 mm



# Diseño Subsistema de Movimiento

## Validación del Prototipo – Plataforma Superior

Introducción

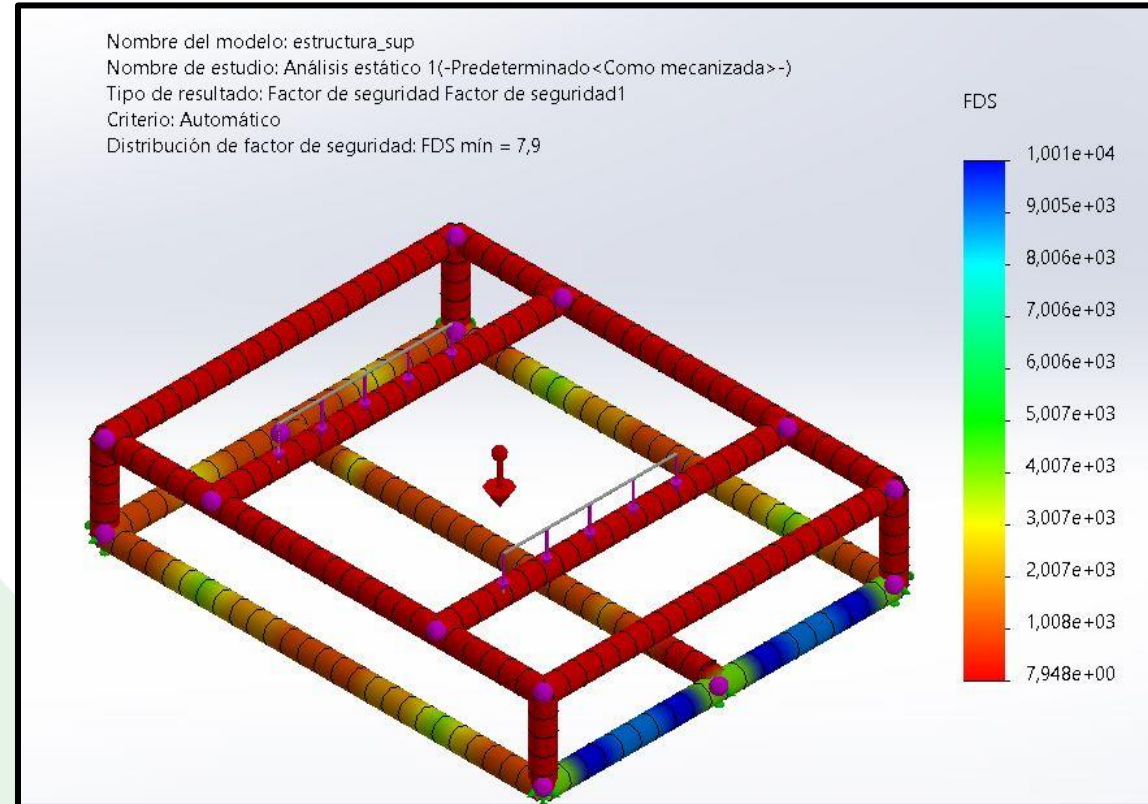
Metodología

Diseño y  
Construcción

Pruebas y  
Resultados

Conclusiones y  
Recomendaciones

Trabajos Futuros



Factor de seguridad: 7.9



# Diseño Subsistema de Movimiento

## Validación del Prototipo – Plataforma Inferior

Introducción

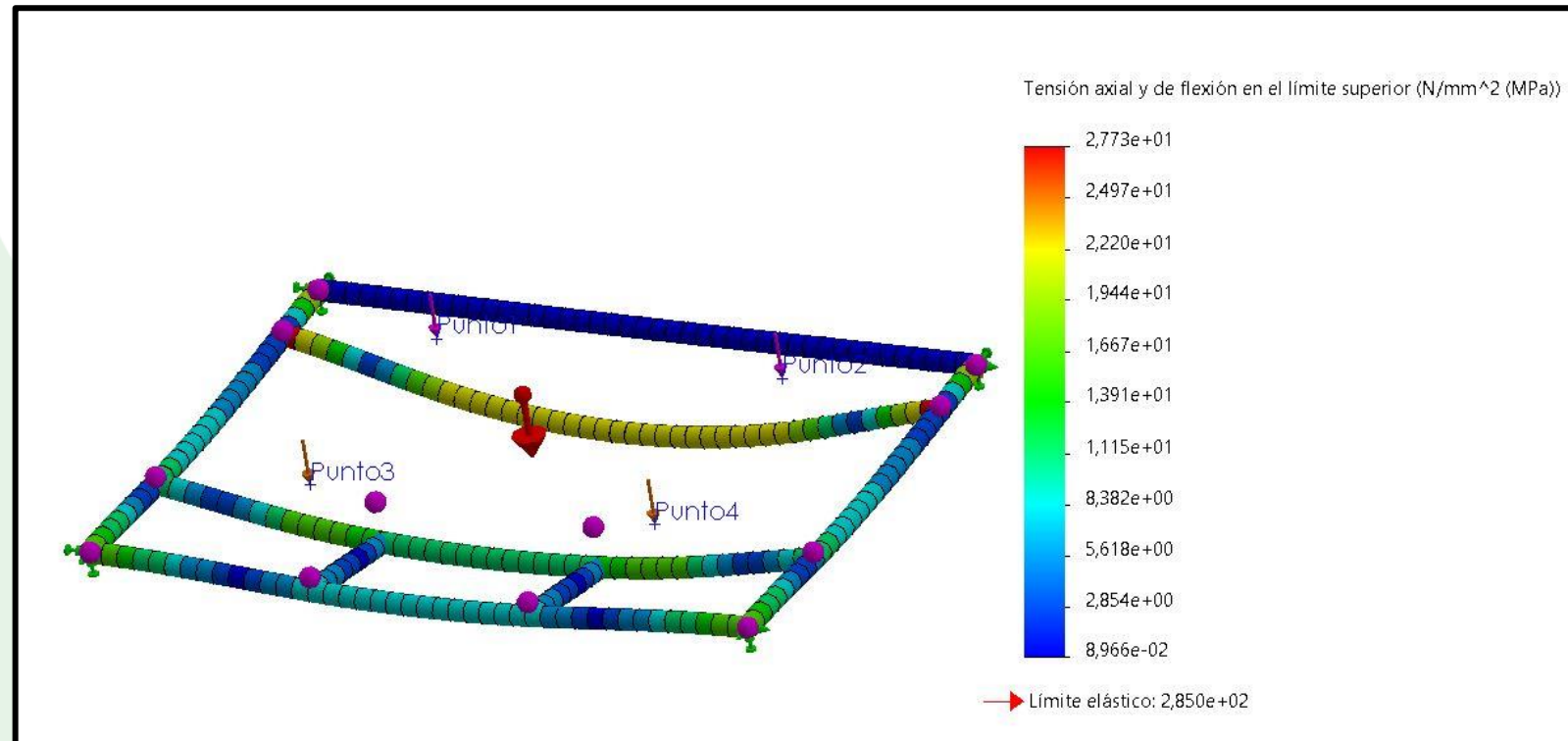
Metodología

Diseño y  
Construcción

Pruebas y  
Resultados

Conclusiones y  
Recomendaciones

Trabajos Futuros



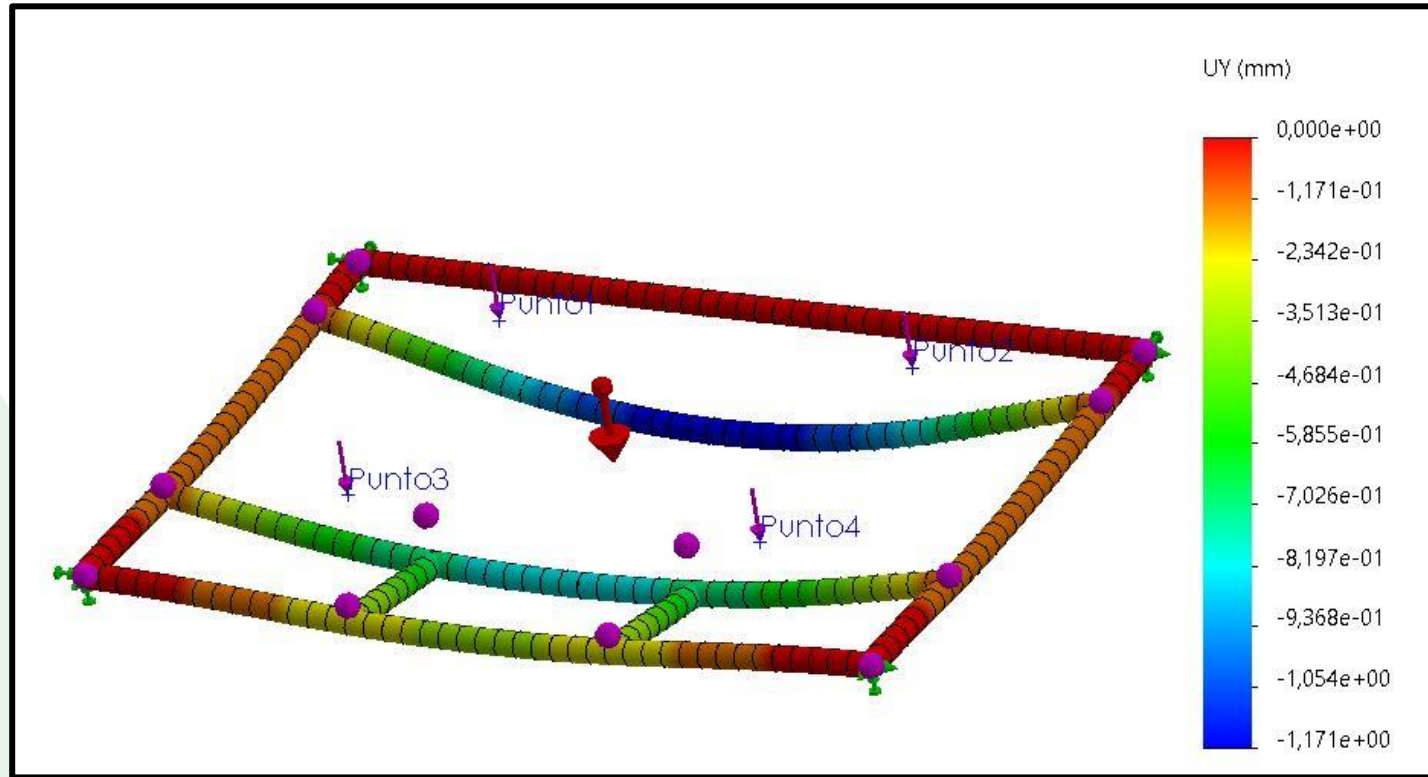
Esfuerzo máximo: 22.2 MPa





# Diseño Subsistema de Movimiento

## Validación del Prototipo – Plataforma Inferior



Deflexión máxima: 1.2 mm

Introducción

Metodología

Diseño y  
Construcción

Pruebas y  
Resultados

Conclusiones y  
Recomendaciones

Trabajos Futuros





# Diseño Subsistema de Movimiento

## Validación del Prototipo – Plataforma Inferior

Introducción

Revisión bibliográfica

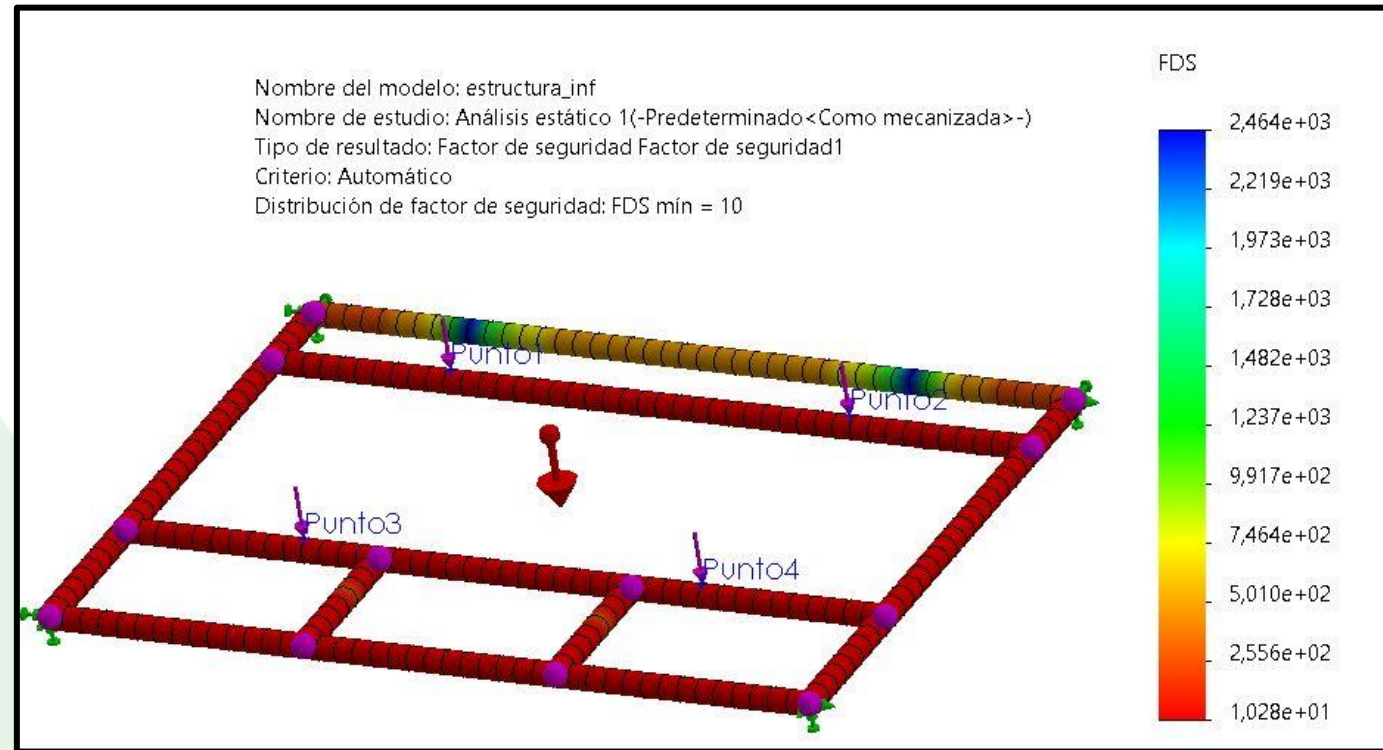
Metodología

Diseño y Construcción

Pruebas y Resultados

Conclusiones y Recomendaciones

Trabajos Futuros

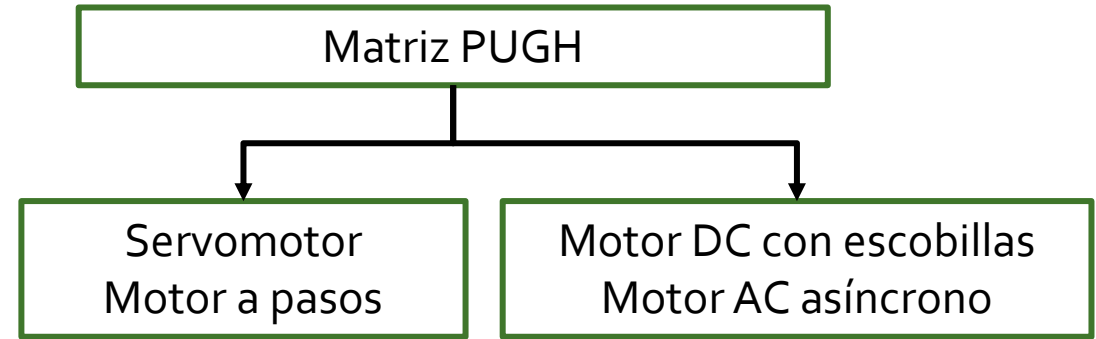
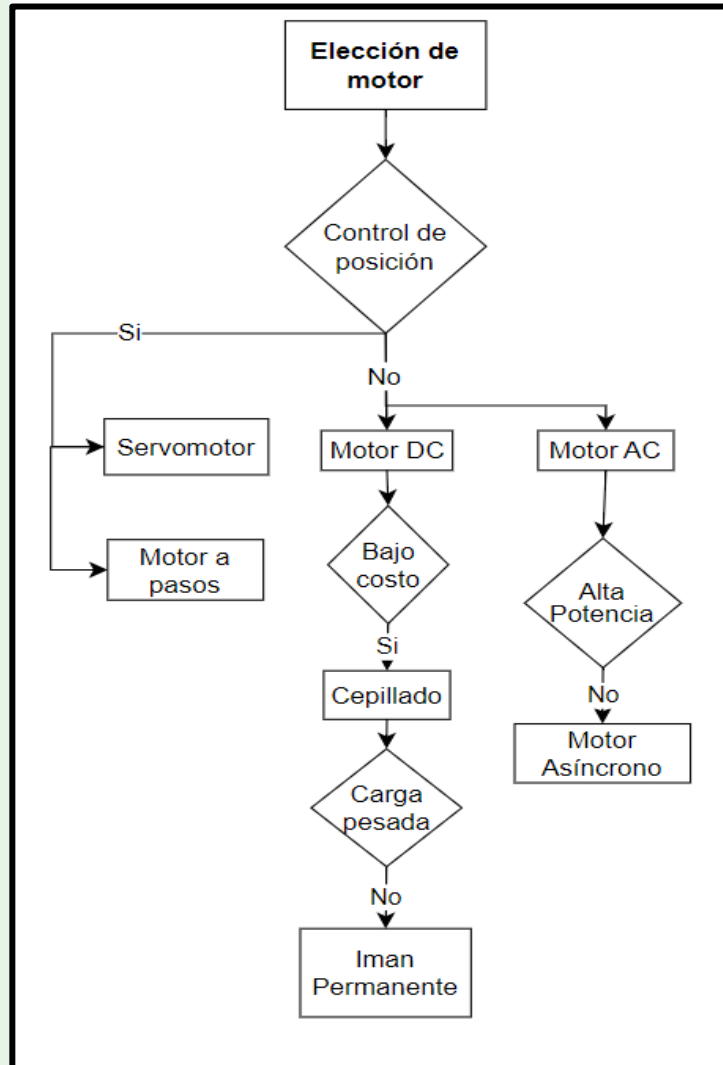


Factor de seguridad: 10



# Diseño Subsistema de Control

## Dimensionamiento del motor



Motor DC con escobillas modelo MY1016.

Característica	Valor
Diámetro de eje	17 mm
Voltaje Nominal	24 V
Potencia Nominal	250 W
Velocidad nominal	75 rpm
Torque nominal	36 Nm

Introducción

Metodología

Diseño y Construcción

Pruebas y Resultados

Conclusiones y Recomendaciones

Trabajos Futuros



# Diseño Subsistema de Control

## Identificación de la Planta

Introducción

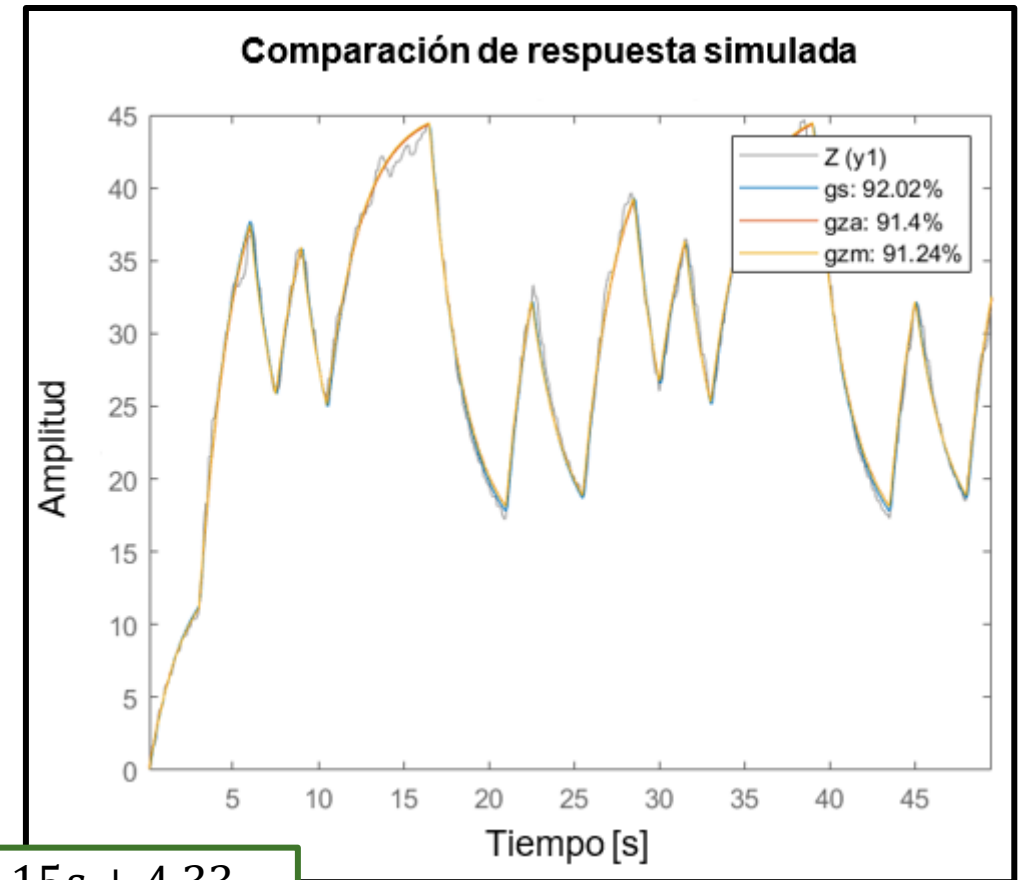
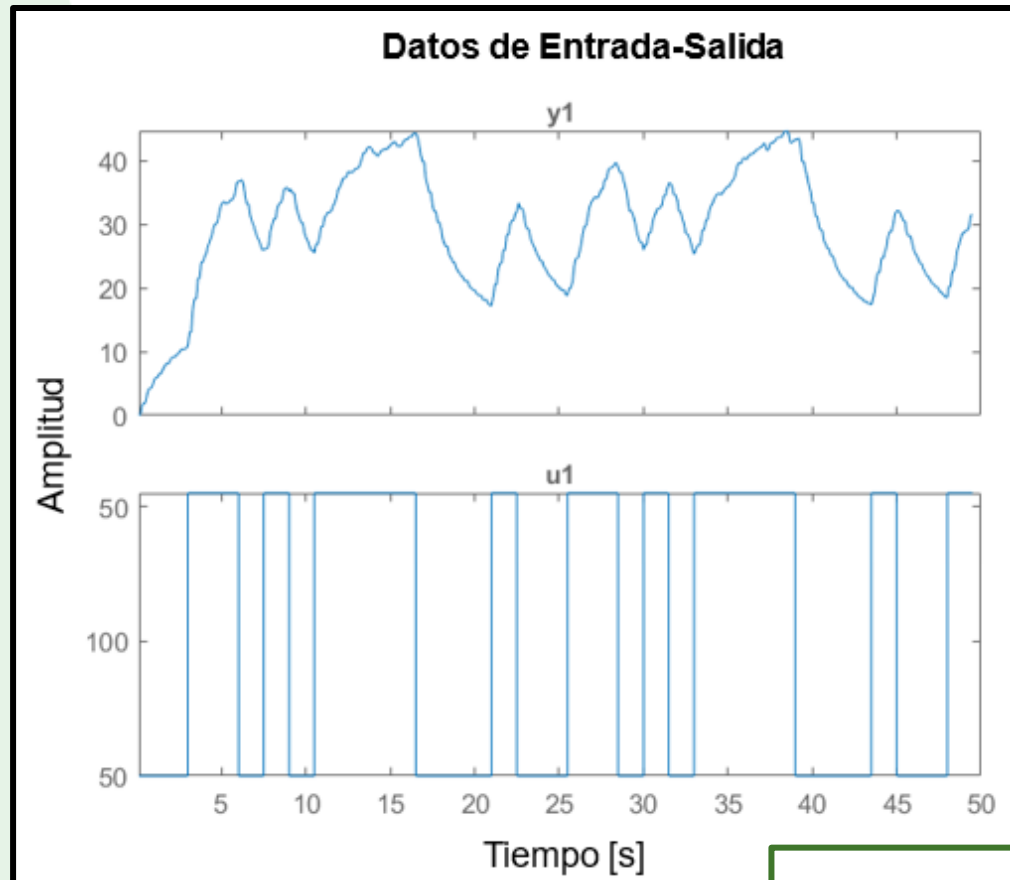
Metodología

Diseño y Construcción

Pruebas y Resultados

Conclusiones y Recomendaciones

Trabajos Futuros



$$G(s) = \frac{-0.15s + 4.33}{s^2 + 29.7 + 14.8}$$



# Diseño Subsistema de Control

## Sintonización del PID

Introducción

Metodología

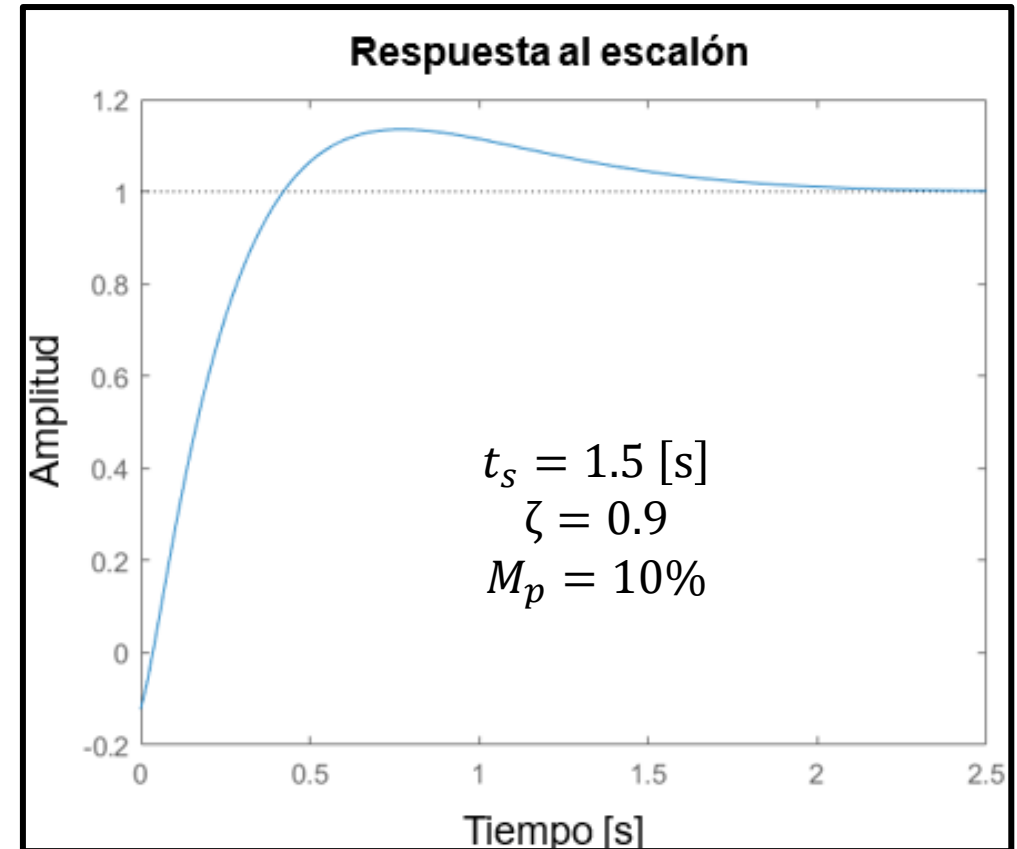
Diseño y  
Construcción

Pruebas y  
Resultados

Conclusiones y  
Recomendaciones

Trabajos Futuros

$$PID = \begin{cases} K_p = 29.3 \\ K_i = 48.2 \\ K_d = 0.73 \end{cases}$$





# Diseño Subsistema de Software

A

## Interfaz de Control

Introducción

Metodología

Diseño y Construcción

Pruebas y Resultados

Conclusiones y Recomendaciones

Trabajos Futuros

	<p><b>UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE</b></p> <p><b>CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA</b></p>	
<p><b>B</b> ENTORNO DE SIMULACIÓN PARA SSVEP <b>C</b></p>		
<p style="text-align: center;"><b>MODO MANUAL</b></p> <p><b>Instrucciones</b></p> <p><b>SELECT</b> Activar/Desactivar</p> <p><b>X</b> Ir a cero de máquina</p> <p><input checked="" type="radio"/> Desactivado</p> <p><input type="radio"/> Cero de máquina</p>		<p style="text-align: center;"><b>SPACE INVADERS</b></p>  <p><b>PRESS START</b></p> <p><b>Instrucciones</b></p> <p><b>&lt;&gt;</b> Movimiento</p> <p><b>B</b> Disparar</p>
<p><b>D</b></p> <p><b>APAGAR</b></p> <p>Presionar (L+R)</p>	<p><b>INDICACIONES</b></p> <p>- Antes de iniciar el juego, diríjase al cero de máquina usando el modo manual.</p> <p>- Para iniciar el juego, desactive el modo manual.</p>	 <p>Modo Manual Desactivado</p>





# Diseño Subsistema de Software

Introducción

Metodología

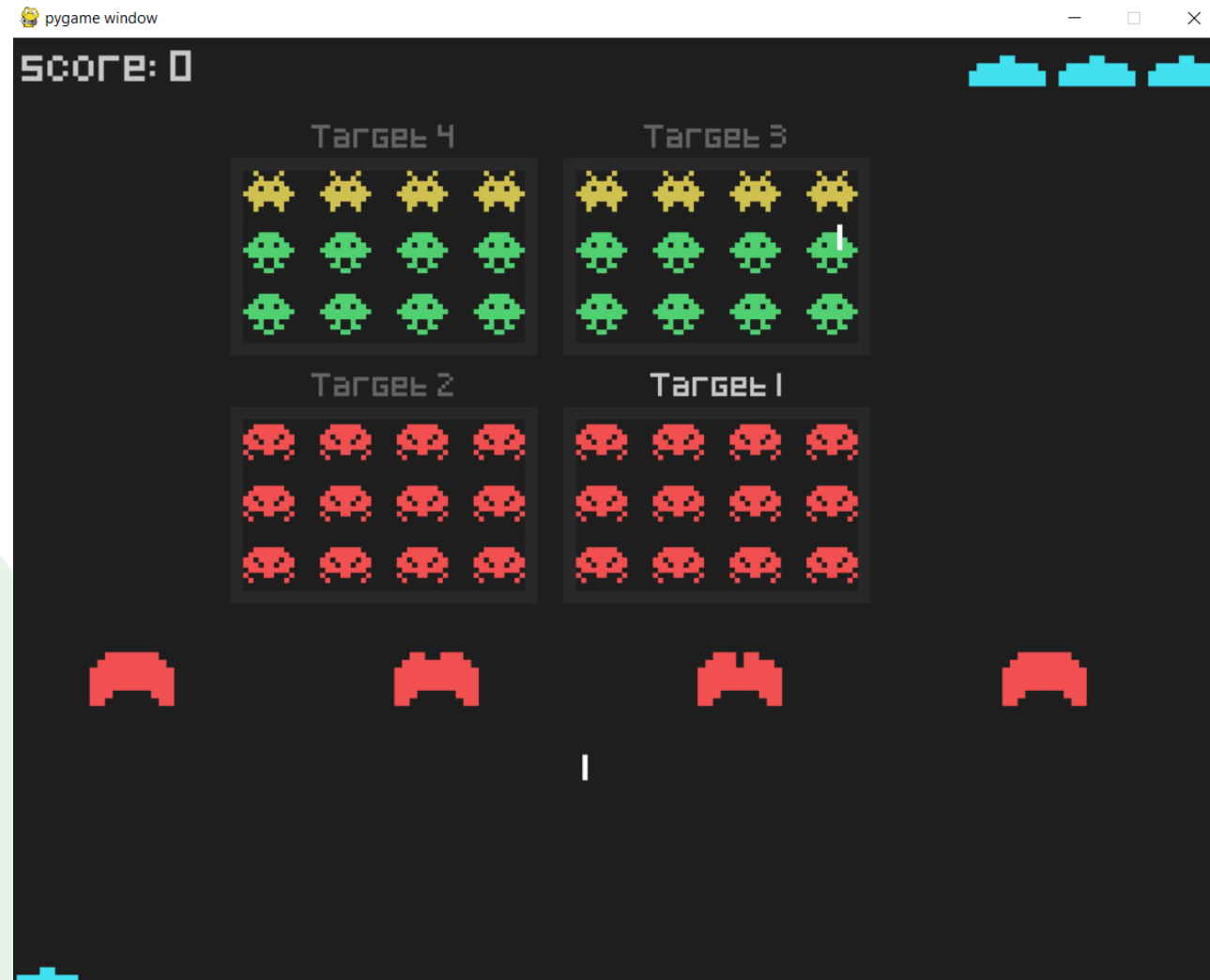
Diseño y  
Construcción

Pruebas y  
Resultados

Conclusiones y  
Recomendaciones

Trabajos Futuros

## Juego: Space Invader





Introducción

Metodología

Diseño y  
Construcción

Pruebas y  
Resultados

Conclusiones y  
Recomendaciones

Trabajos Futuros

# Implementación





# Confortabilidad y seguridad

Introducción

Metodología

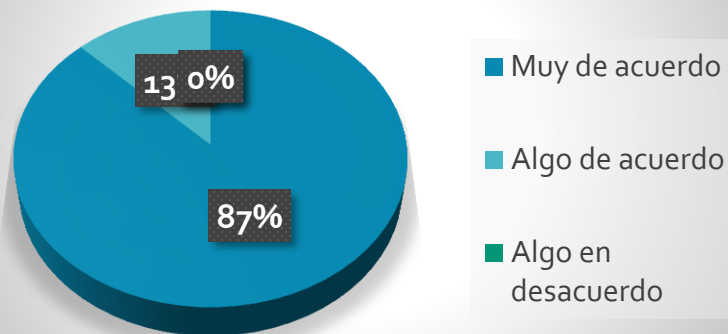
Diseño y  
Construcción

Pruebas y  
Resultados

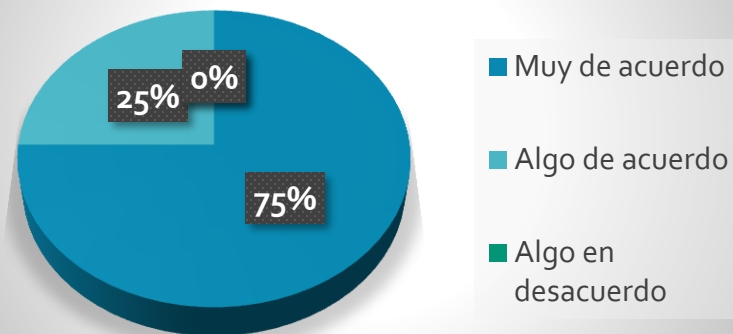
Conclusiones y  
Recomendaciones

Trabajos Futuros

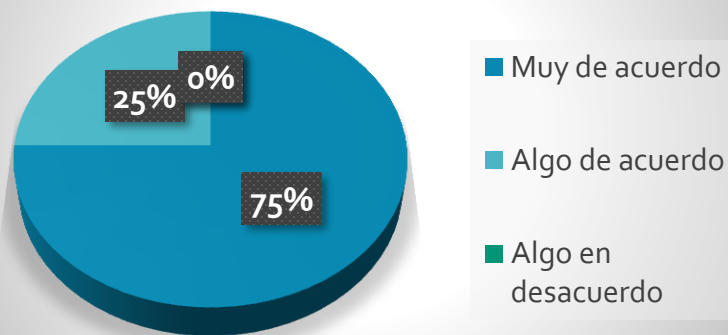
## Cómodo y seguro



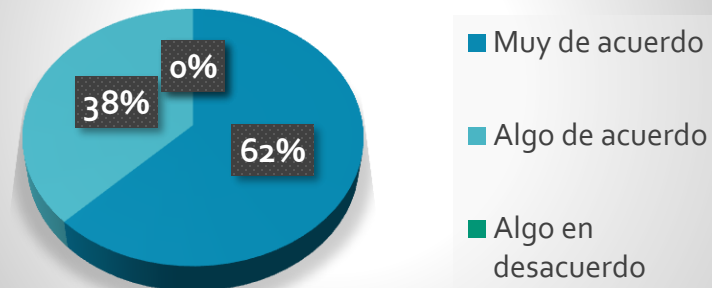
## Agradable



## Fácil control



## Fácil entendimiento de interfaz





# Confortabilidad y seguridad

Introducción

Metodología

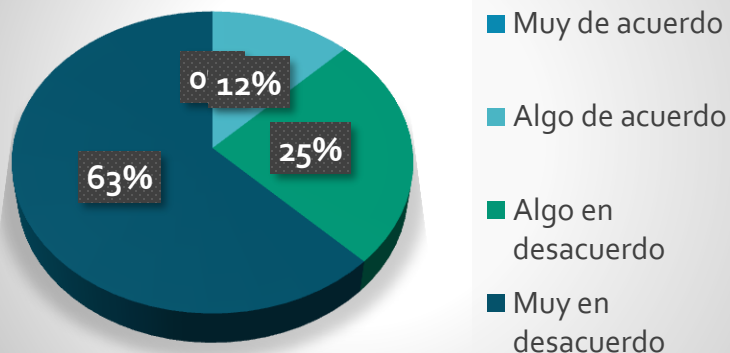
Diseño y  
Construcción

Pruebas y  
Resultados

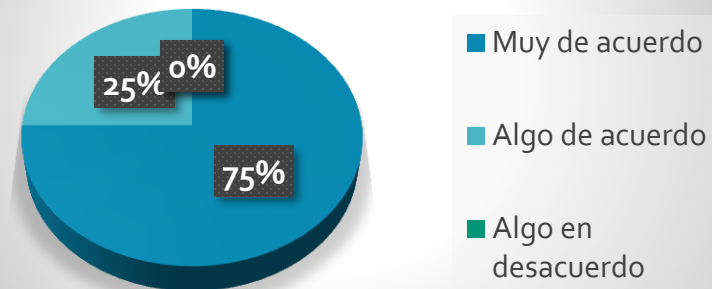
Conclusiones y  
Recomendaciones

Trabajos Futuros

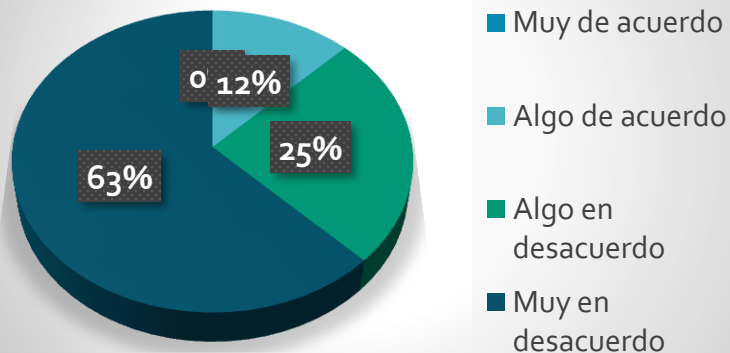
## Fatiga por tiempo de juego



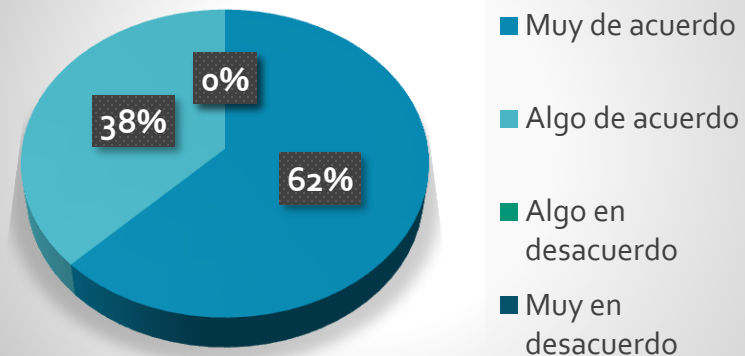
## Entretenimiento en tiempo de juego



## Ruidos no tolerables



## Sincronización adecuada





# Confortabilidad y seguridad

Introducción

Metodología

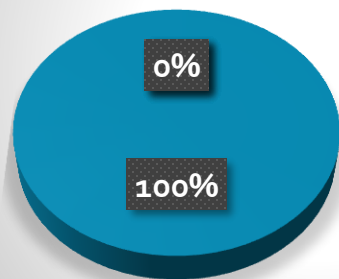
Diseño y  
Construcción

Pruebas y  
Resultados

Conclusiones y  
Recomendaciones

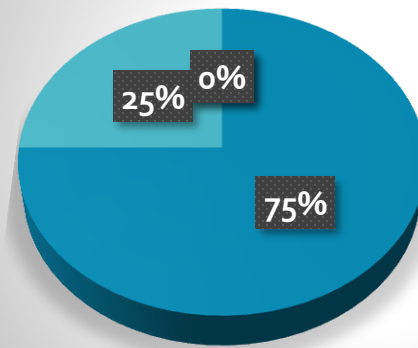
Trabajos Futuros

## Contraste de colores adecuado



- Muy de acuerdo
- Algo de acuerdo
- Algo en desacuerdo

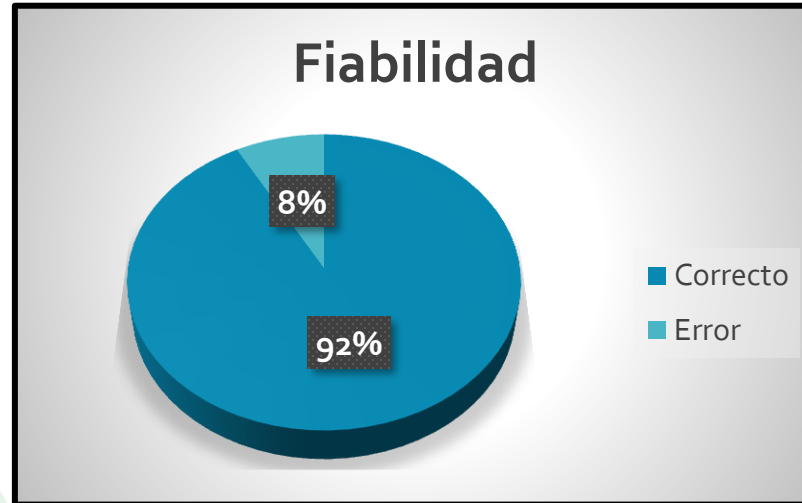
## Interfaz completa y funcional



- Muy de acuerdo
- Algo de acuerdo
- Algo en desacuerdo
- Muy en desacuerdo



# Porcentaje de fiabilidad



- Se realizaron 35 intentos.

- El error se da por uso prolongado (mayor a 1 hora).
- La tarjeta de control se sobrecarga de procesos.
- El encoder empieza a fallar.

Introducción

Metodología

Diseño y  
Construcción

Pruebas y  
Resultados

Conclusiones y  
Recomendaciones

Trabajos Futuros





# Desempeño de SSVEP

Introducción

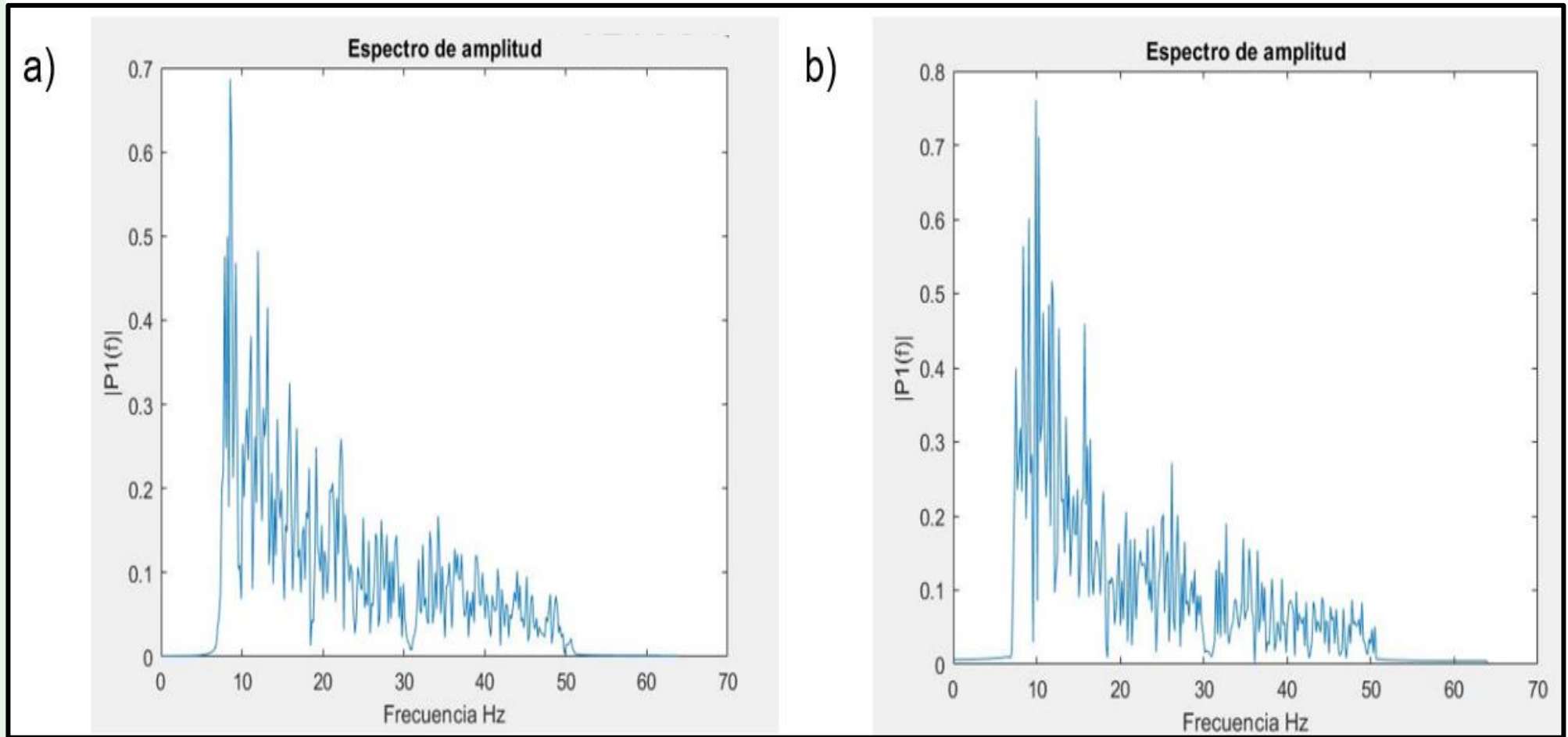
Metodología

Diseño y  
Construcción

Pruebas y  
Resultados

Conclusiones y  
Recomendaciones

Trabajos Futuros



Nota: a) Señal con el prototipo, b) Señal de forma estándar



# Prueba del controlador PID

Introducción

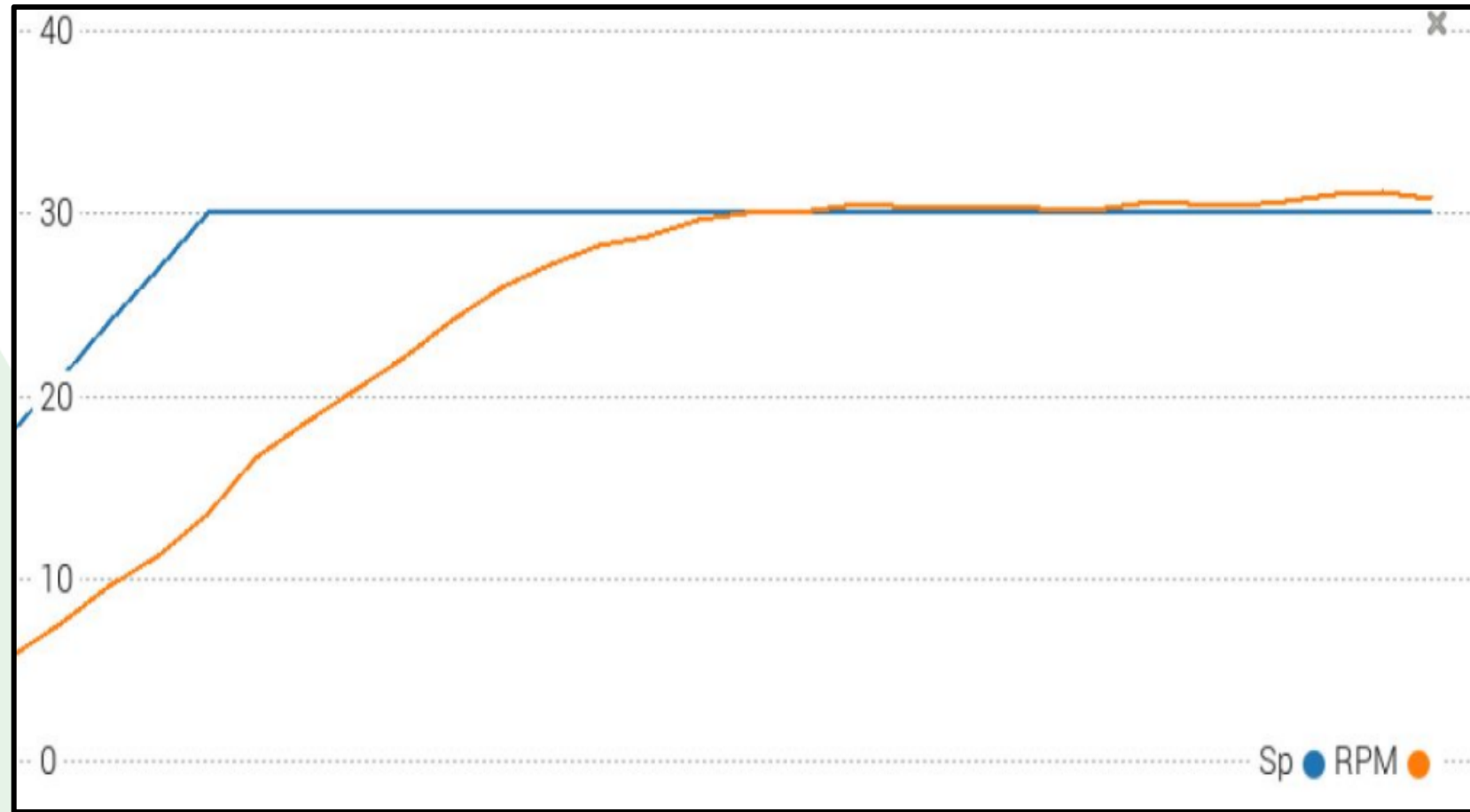
Metodología

Diseño y  
Construcción

Pruebas y  
Resultados

Conclusiones y  
Recomendaciones

Trabajos Futuros

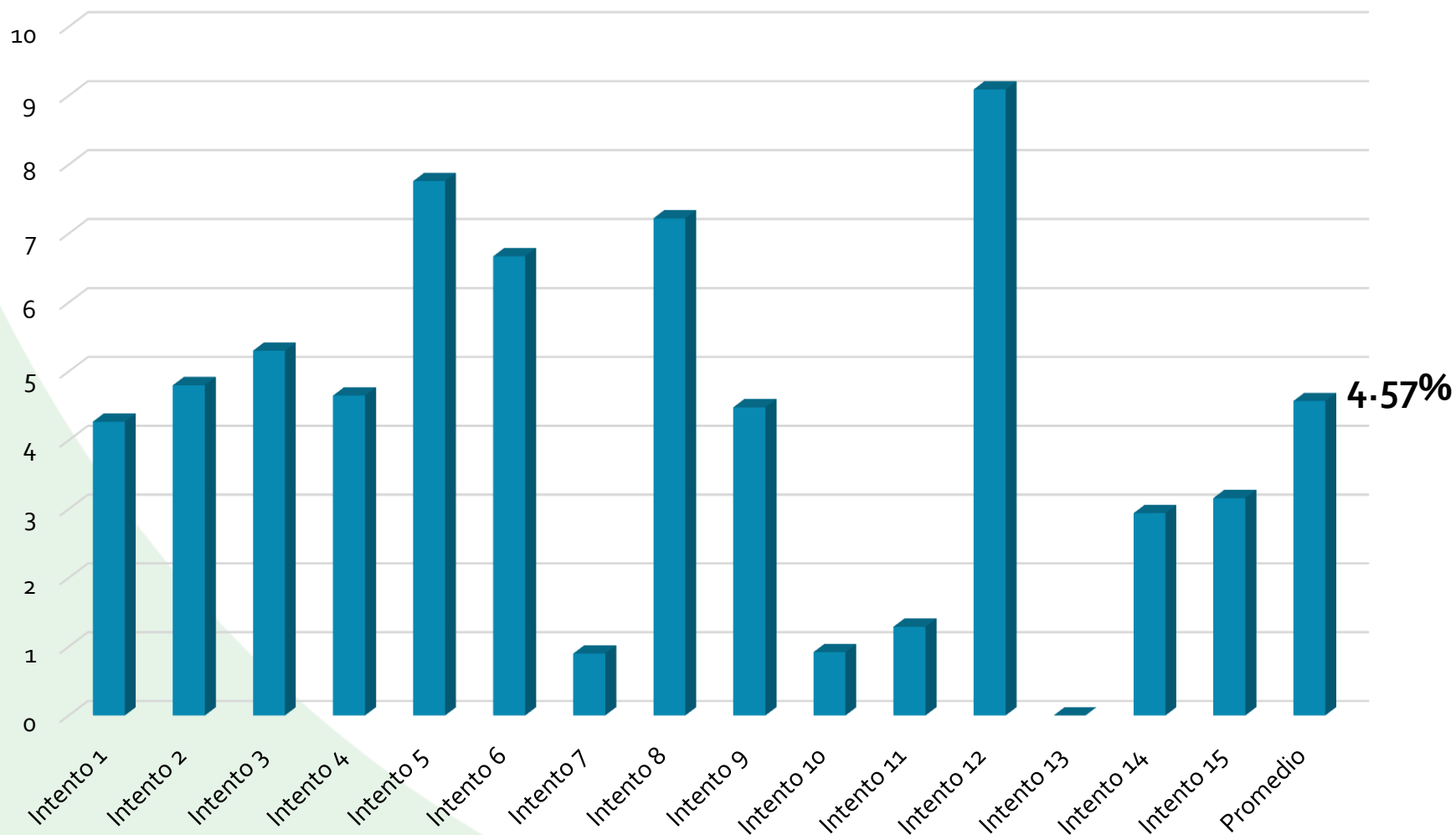




ECUADOR

# Sincronización entre el juego y la plataforma superior

## Error de sincronización



Introducción

Metodología

Diseño y Construcción

Pruebas y Resultados

Conclusiones y Recomendaciones

Trabajos Futuros



Introducción

Metodología

Diseño y  
Construcción

Pruebas y  
Resultados

Conclusiones y  
Recomendaciones

Trabajos Futuros

# Conclusiones

- Se diseñó y construyó un prototipo de entorno de simulación enfocado en generar estímulos visuales para obtención de señales cerebrales mediante el casco EEG.
- La plataforma superior es capaz de desplazarse horizontalmente usando un mecanismo piñón cremallera accionado por un motor. La velocidad definida es baja (30 rpm) y la distancia total de recorrido es de 60 cm.
- El diseño de las estructuras metálicas se realizó con base a la norma ASCE 7-16, usando criterios de resistencia (esfuerzo) y serviciabilidad (deflexión).



Introducción

Metodología

Diseño y  
Construcción

Pruebas y  
Resultados

Conclusiones y  
Recomendaciones

Trabajos Futuros

# Conclusiones

- El subsistema de control y software usa una tarjeta Raspberry Pi4 que permite desarrollar y proyectar el juego. Se sintonizó un PID para suavizar el arranque y frenado de la plataforma. Mediante odometría se crea la sincronización de movimiento del personaje y la plataforma.
- Los datos de PEV fueron tratados con filtro pasabandas y transformada rápida de Fourier. La comparación de la gráfica obtenida de la prueba realizada de forma convencional y usando el prototipo, muestra semejanza en forma y en el pico máximo de frecuencia.
- La interfaz de control que cuenta con cuadros de diálogo, comandos, señalización visual para retroalimentación e indicaciones generales del funcionamiento del prototipo.
- Se realizó una integración de los subsistemas y mediante pruebas se validó el prototipo. Se obtuvo una fiabilidad del 92% y un error en la sincronización de aproximadamente 5%.



Introducción

Metodología

Diseño y  
Construcción

Pruebas y  
Resultados

Conclusiones y  
Recomendaciones

Trabajos Futuros

# Recomendaciones



Nota: Actualizar encoder



Nota: Actualizar tarjeta



Nota: Optimizar código



Nota: Más pruebas SSVEP





# Trabajos futuros

Introducción

Metodología

Diseño y  
Construcción

Pruebas y  
Resultados

Conclusiones y  
Recomendaciones

Trabajos Futuros



Nota: Realidad virtual



Nota: Entorno cerrado



Nota: Variedad de juegos



# GRACIAS POR SU ATENCIÓN