



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE ATENUADOR  
DE IMPACTOS PARA UN PROTOTIPO FÓRMULA STUDENT EN LA ESPE  
LATACUNGA.**

► **AUTORES:** Sin Herrera, Gabriela Estefanía  
Ríos Fiallos, Carlos Andrés

**DIRECTOR:** Ing. Iza, Henry

**CODIRECTOR:** Ing. Trávez, Wilson

# OBJETIVO GENERAL

- *Diseñar y construir un banco de pruebas de atenuador de impactos para un prototipo Formula Student en la ESPE Latacunga.*

# OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Cumplir con normas establecidas por la Formula SAE para la construcción del banco de pruebas.
- Establecer parámetros de diseño adecuados que permitan la selección de componentes funcionales.
- Realizar un proyecto de innovación tecnológica para la implementación de nuevos proyectos.

# CONTENIDO

- ▶ **CAPITULO I**                    **FUNDAMENTOS TEÓRICOS**
- ▶ **CAPÍTULO II**                **FASES DE DISEÑO**
- ▶ **CAPÍTULO III**              **CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN**
- ▶ **CAPÍTULO IV**              **ANÁLISIS DE RESULTADOS**
- ▶ **CAPÍTULO V**                **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONE**

# FUNDAMENTOS TEÓRICOS

The background features abstract, overlapping geometric shapes in various shades of green, ranging from light lime to dark forest green. These shapes are primarily located on the right side of the frame, creating a modern, layered effect. The text is centered on the left side of the white background.

# FÓRMULA SAE

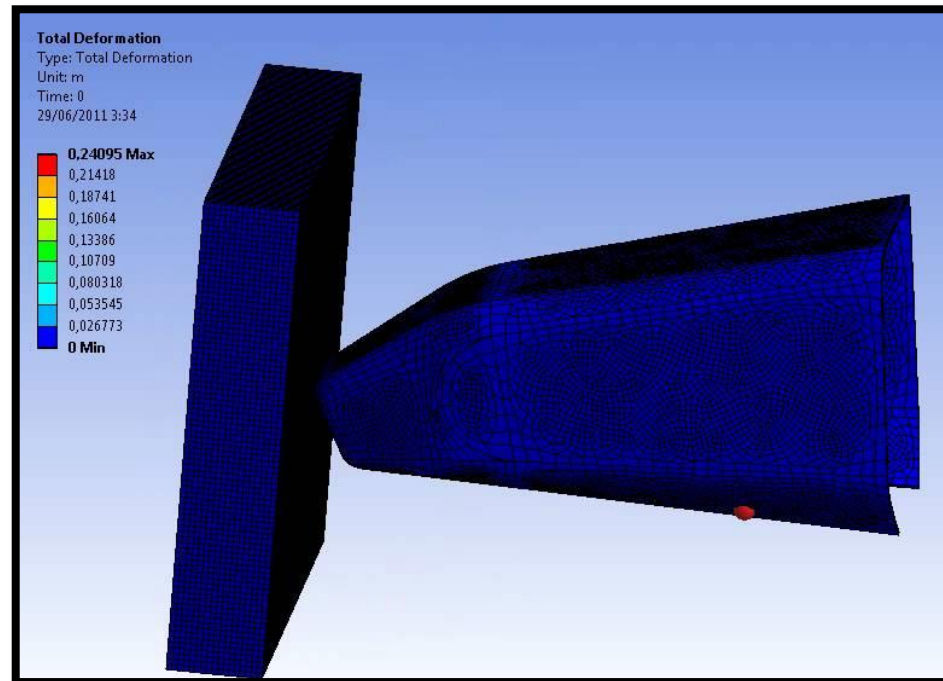
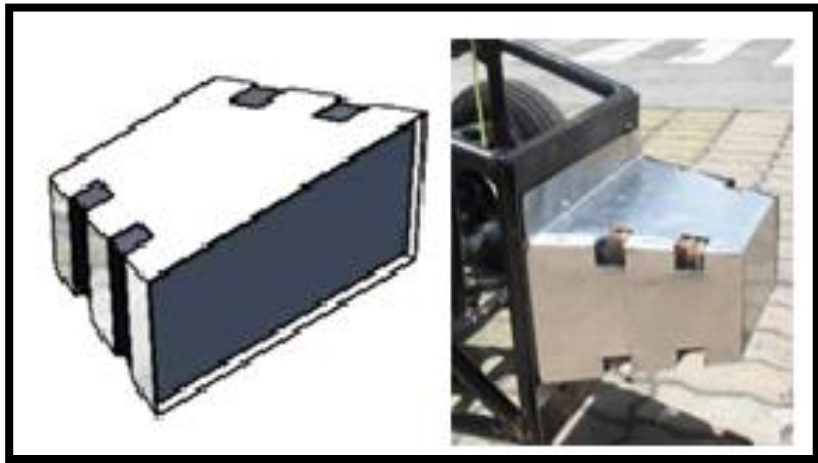


El Equipo FESPE de Ecuador fue el primer equipo Latinoamericano que ha logrado aprobar todas las etapas de clasificación.

Diseñar, fabricar y competir en una pequeña carrera de autos de tipo Formula.



# ATENUADORES DE IMPACTO

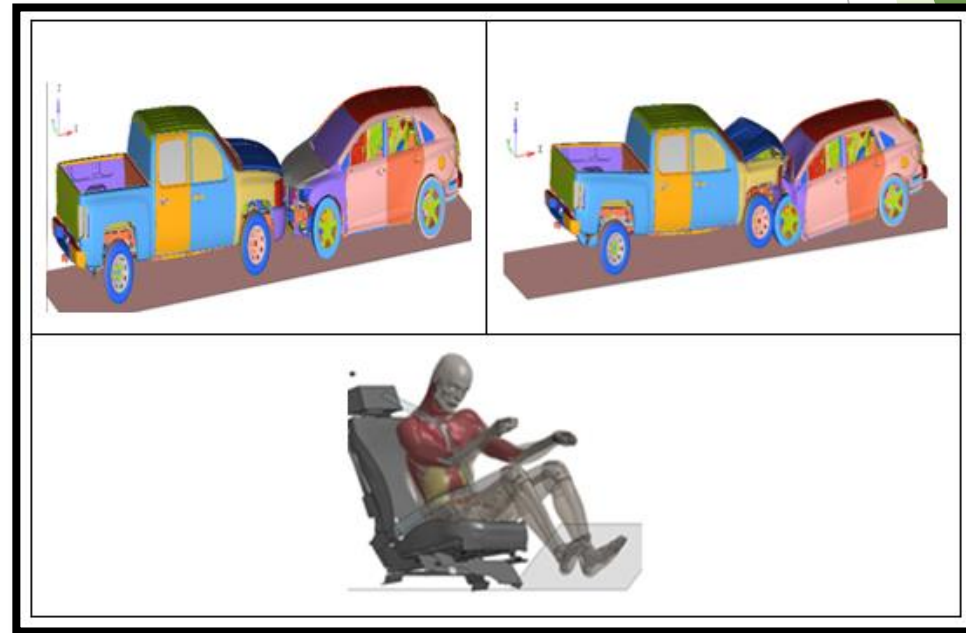
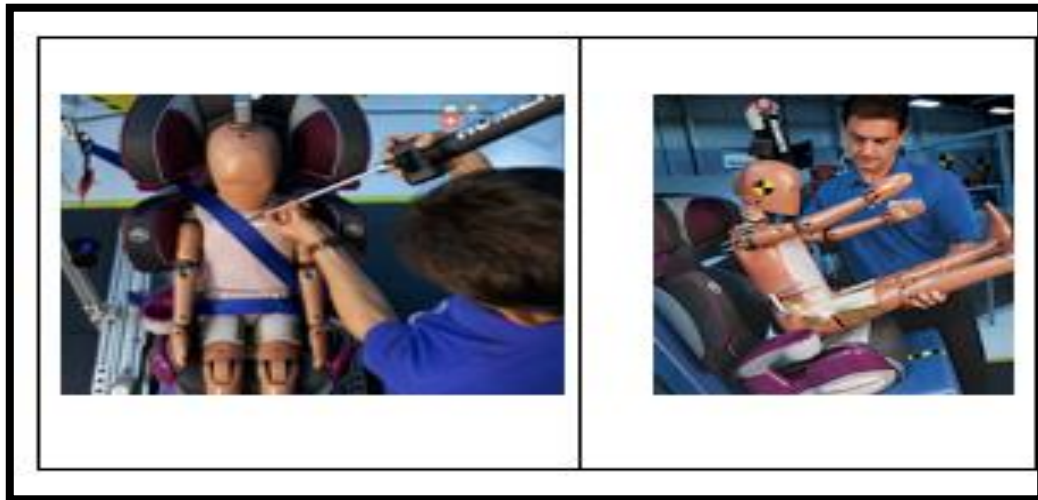


# BANCOS DE PRUEBAS



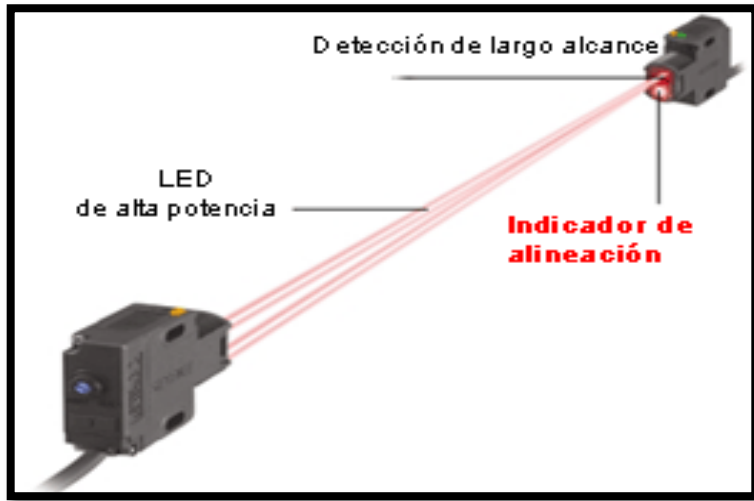
# PRUEBAS DE CHOQUES EN VEHÍCULOS

IIHS, Instituto de Seguros para la Seguridad en las Carreteras

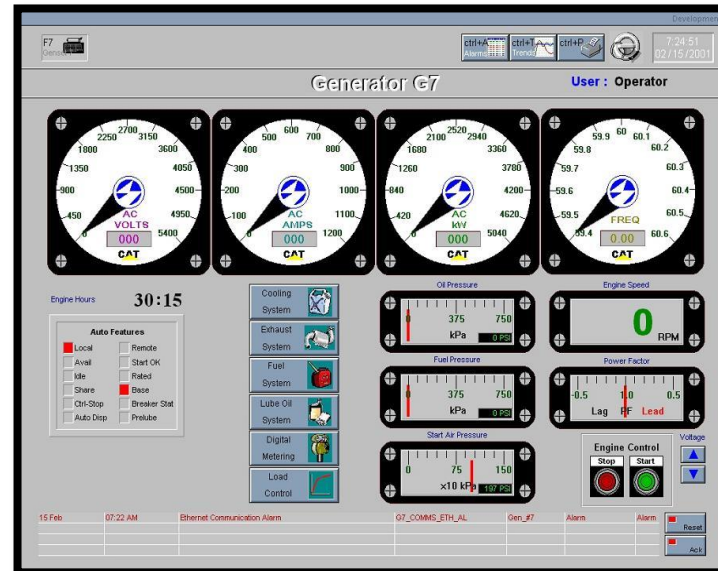




# DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS



# INTERFAZ HOMBRE - MÁQUINA



# FASES DE DISEÑO

# PARÁMETROS DE DISEÑO

Vehículos con una masa total de 300 kg y encontrarse con una barrera de impacto sólida.

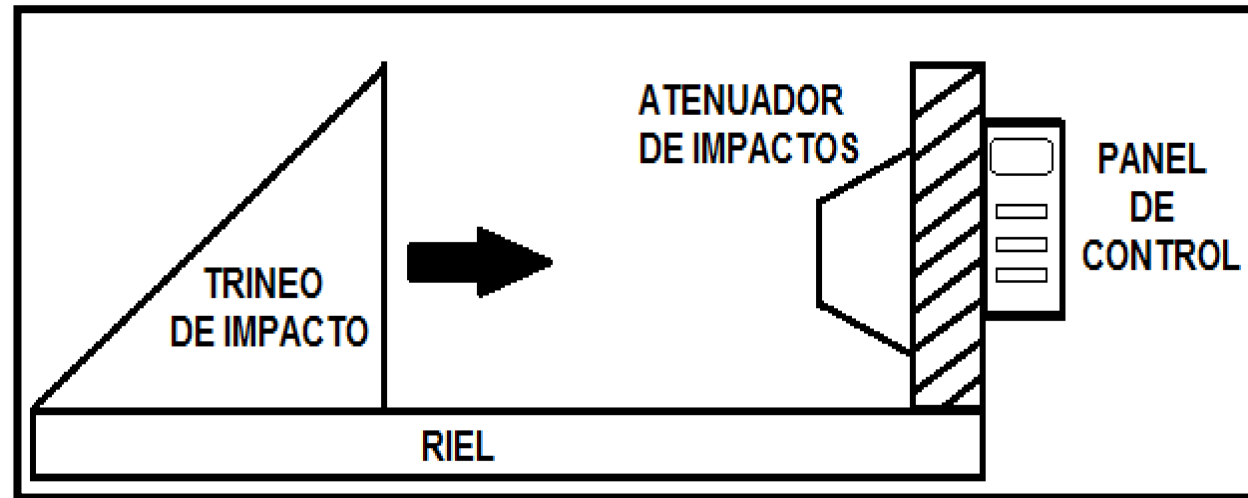
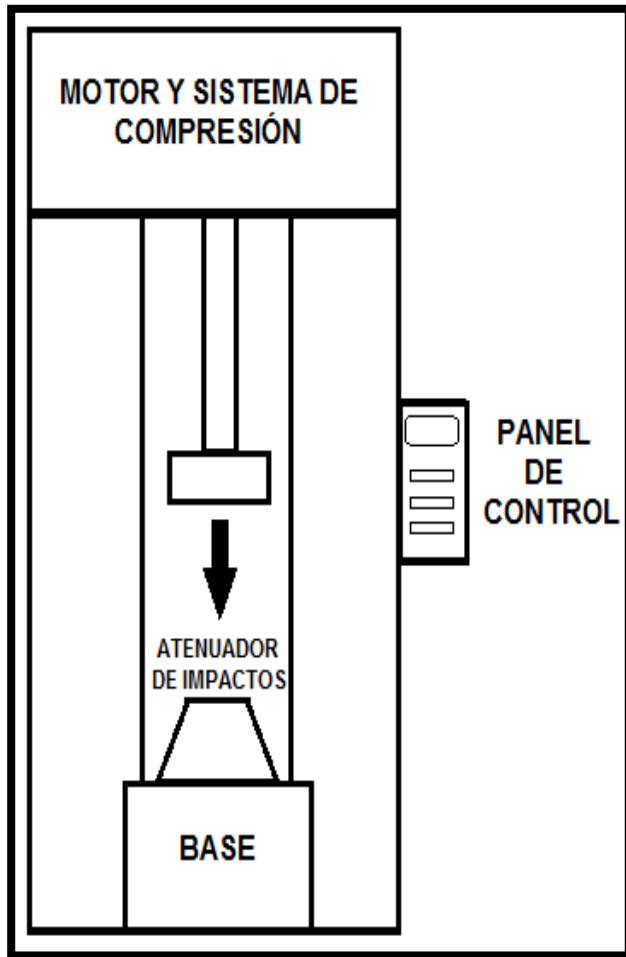
Velocidad de impacto de 7,0 metros/segundo

Desaceleración máxima inferior o igual a 40 g

La energía total absorbida debe cumplir 7,350 Joules

Debe simular un impacto real del prototipo; con rebote después del impacto.

# ALTERNATIVAS DE SELECCIÓN



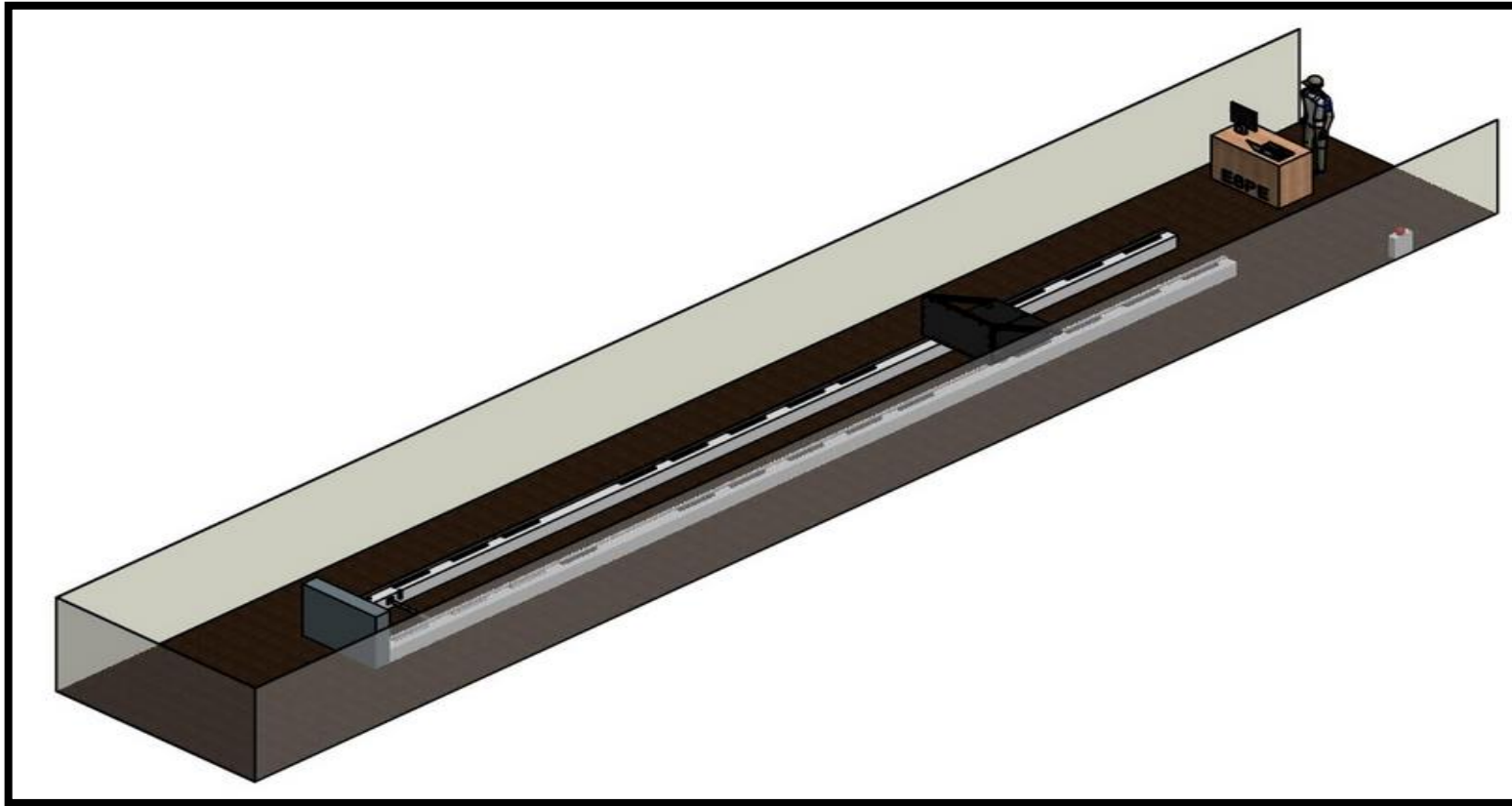


# MATRIZ DE ALTERNATIVAS

ALTERNATIVAS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN																																		
	Rendimiento					Mantenimiento					Fiabilidad					Operación de control					Materiales					Proceso de fabricación					Espacio de instalación				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Torre de impacto vertical		x					x					x					x					x					x					x			
Banco horizontal sobre rieles			x				x						x				x					x					x						x		

ALTERNATIVA	VALORACIÓN GLOBAL
Torre de impacto vertical	14
Banco horizontal sobre rieles	15

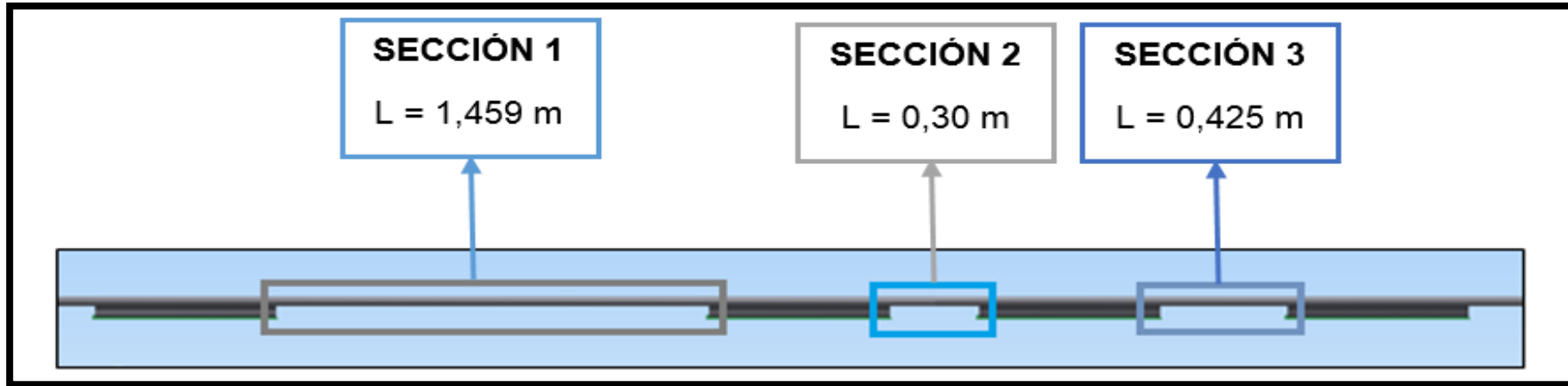
# BANCO DE PRUEBAS A DISEÑAR



# DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES MECÁNICOS



# DISEÑO DE EJES

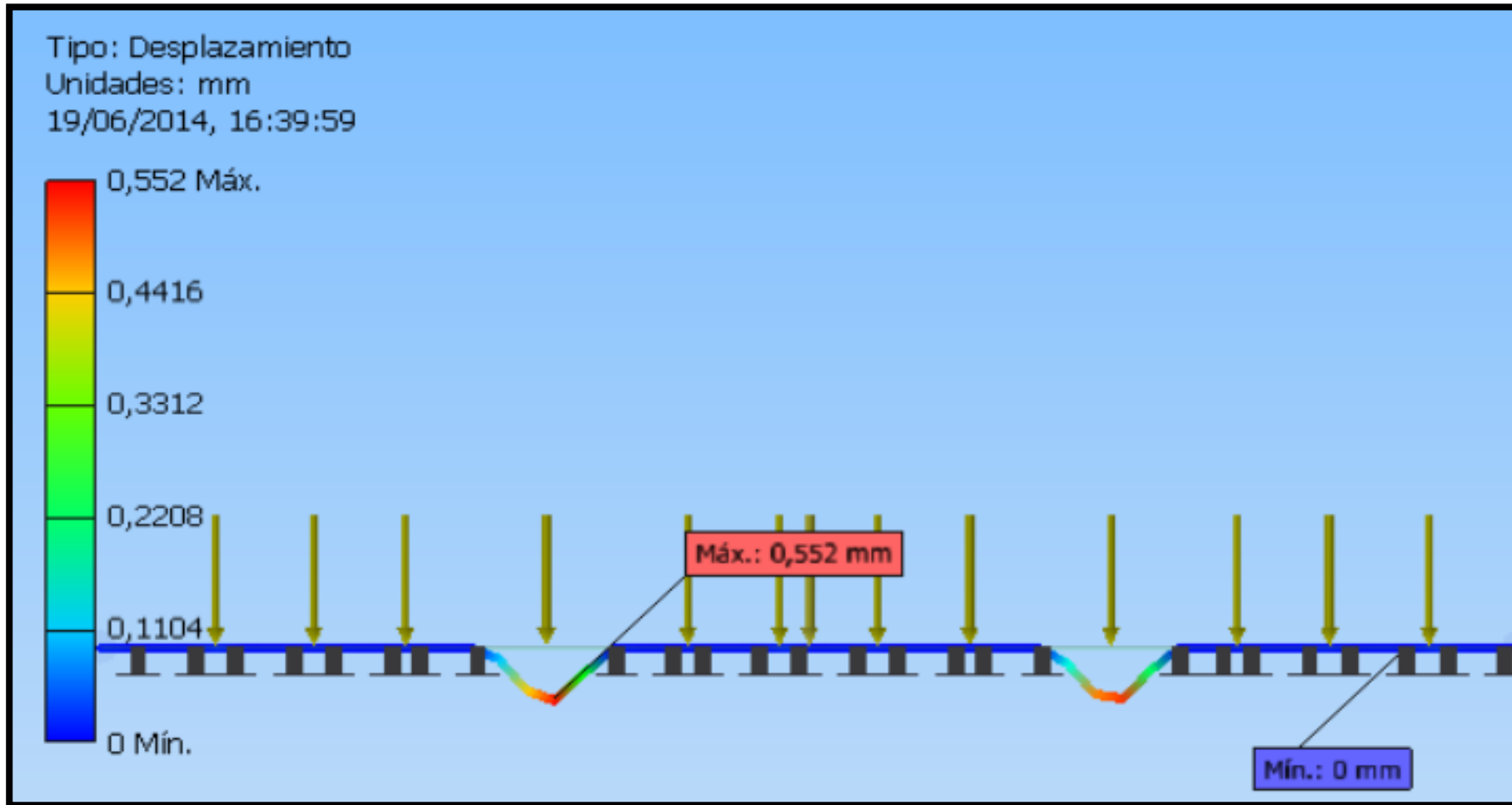


**Flexiones de vigas, límites de flexión recomendados.**

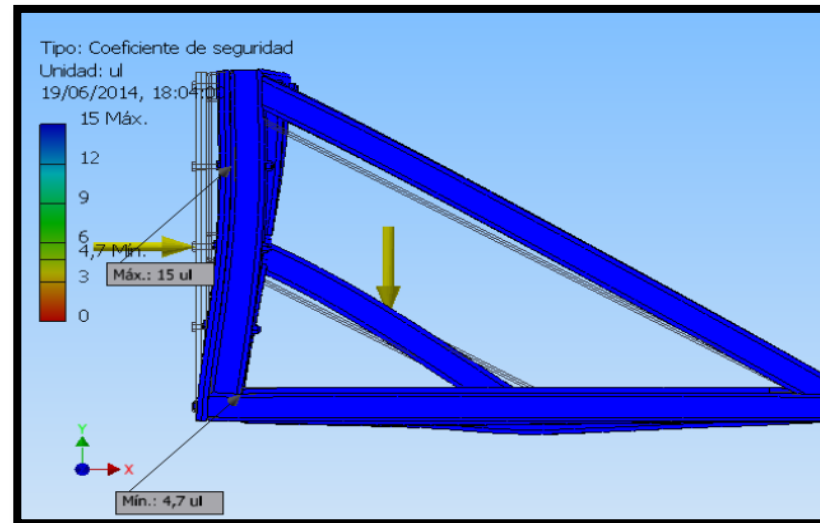
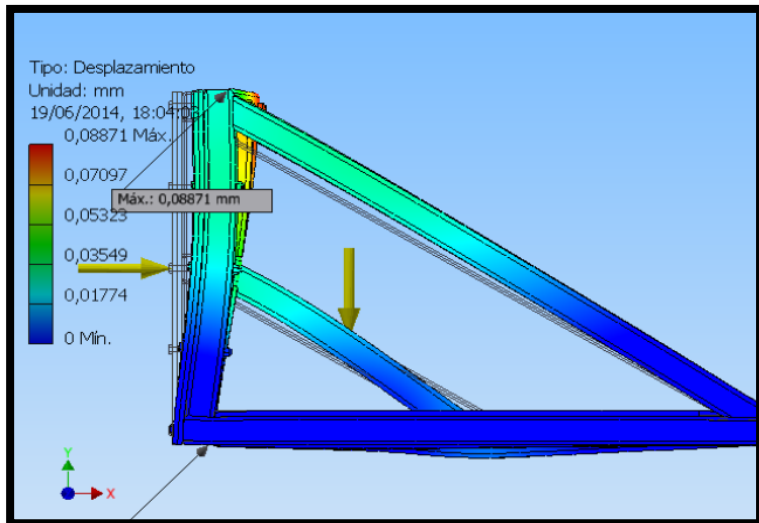
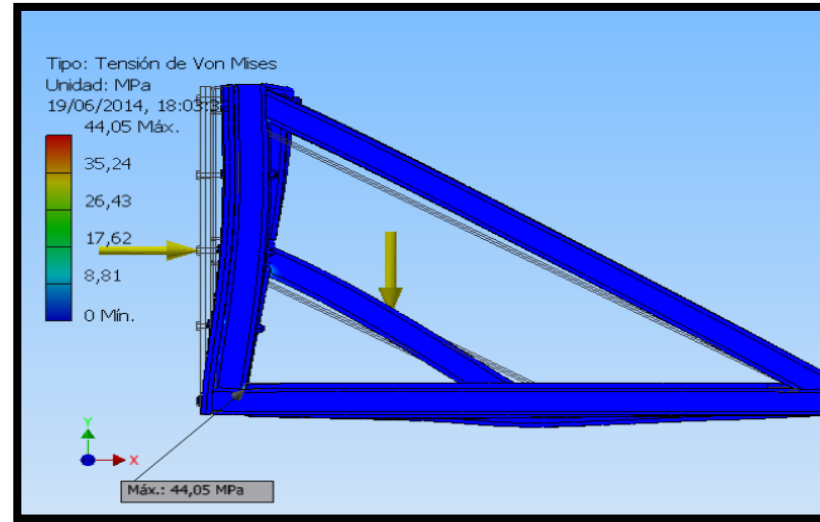
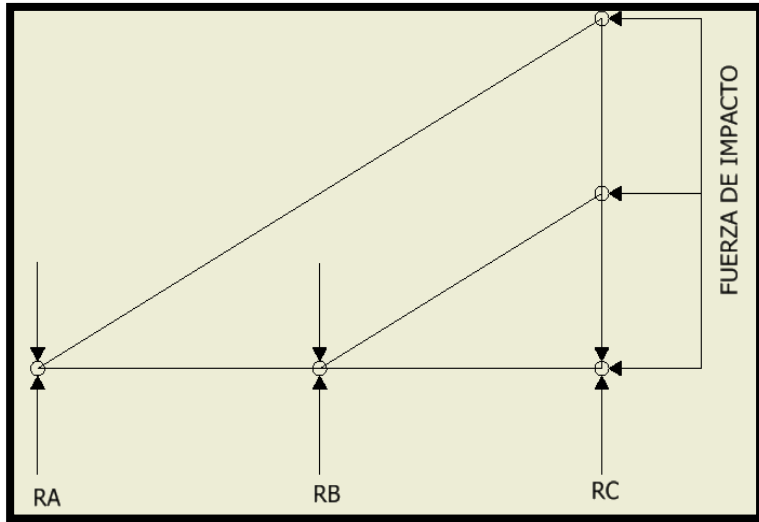
Parte general de una máquina	$Y_{\max} = 0,0005 \text{ a } 0,003 \frac{\text{in}}{\text{in}} \text{ o } \frac{\text{mm}}{\text{mm}}$ de longitud de viga
Precisión moderada	$Y_{\max} = 0,00001 \text{ a } 0,0005 \frac{\text{in}}{\text{in}} \text{ o } \frac{\text{mm}}{\text{mm}}$ de longitud de viga
Alta precisión	$Y_{\max} = 0,000001 \text{ a } 0,00001 \frac{\text{in}}{\text{in}} \text{ o } \frac{\text{mm}}{\text{mm}}$ de longitud de viga

Sección 1	$Y_{\max} = -0,0000000645 \text{ m}$
Sección 2	$Y_{\max} = -0,00000000106 \text{ m}$
Sección 3	$Y_{\max} = -0,000000003036 \text{ m}$

# ANÁLISIS DE EJES



# DISEÑO DEL TRINEO



# SELECCIÓN DE RODAMIENTOS LINEALES



ESPECIFICACIONES	
Diámetro Nominal (in)	1.5
Capacidad de carga dinámica (lbf)	3880
Masa (lb)	3.29

## Datos del rodamiento:

Capacidad de carga dinámica: 3880 lbf (*Cada rodamiento*)

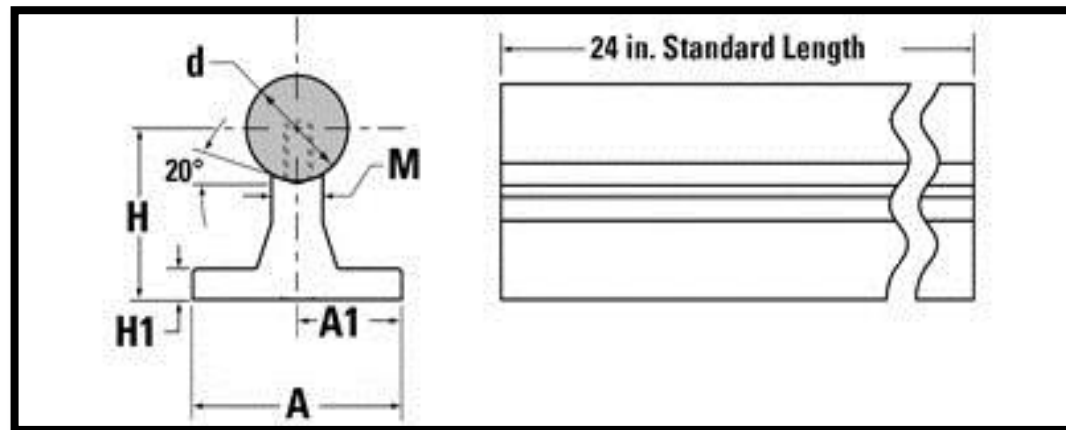
## Peso del trineo móvil:

$$P_{\text{TOTAL}} = 300 \text{ Kgf} \times \frac{2,2 \text{ lbf}}{1 \text{ kgf}} = 660 \text{ lbf}$$

# SELECCIÓN DE SOPORTES PARA EJES



ESPECIFICACIONES	
Diámetro Nominal (in)	1.5
Material	Aleación de Aluminio (6) Hierro Fundido (20)
Masa (lb)	5.4 (Aleación de Aluminio) 14.1 (Hierro Fundido)



# SISTEMA DE PROPULSIÓN



Capacidad (lb)	2000
Velocidad lineal (pies/s)	6
Longitud del cable (pies)	30
Fuente de poder (V)	12

DIÁMETRO CUERDA	CARGA DE ROTURA	NUMERO DE HILOS	PESO
12 mm	224 kg	16	95 g/m

# DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS

# SENSOR DE ACELERACIÓN



DETALLE	CARACTERÍSTICAS
Marca	Wilcoxon 786f
Rango de aceleración	80 g.
Suministro de energía	18 - 30 VDC
Rango de temperatura	-50 a 120 °C
Límite de vibración	500 g

*Principales características del acelerómetro Wilcoxon 786f:*

- Diseño robusto
- Sello hermético
- Recubrimiento aislado
- Protección de cableado inversa
- Cable de teflón

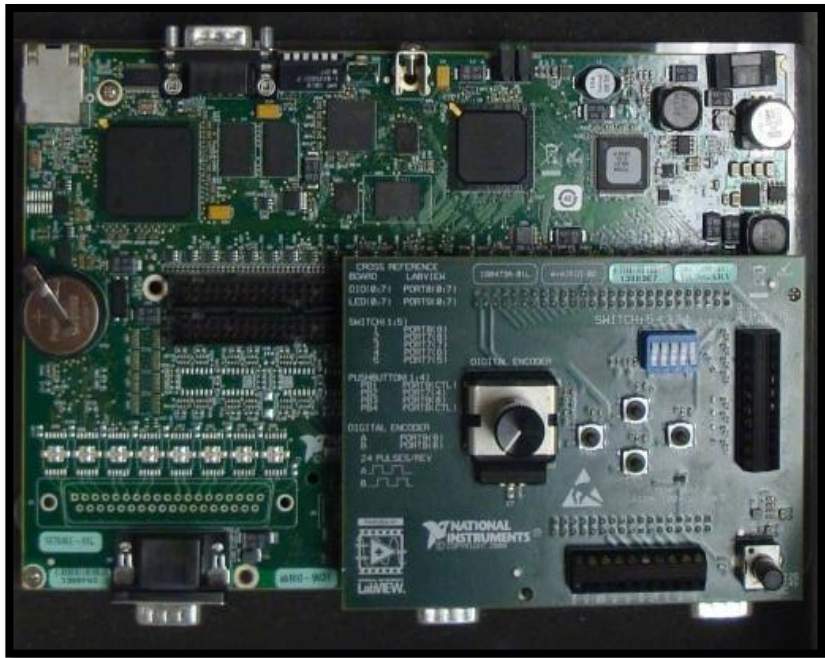


# SENSOR DE VELOCIDAD



DETALLE	CARACTERÍSTICAS
Marca	BFT
Modelo	FL130
Alimentación	20 - 31 Vca
Absorción par	70 mA
Alcance máximo	30 m (Reducido en niebla-lluvia)
Temperatura func.	-15° a 70°C
Grado de protección	IP54

# SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

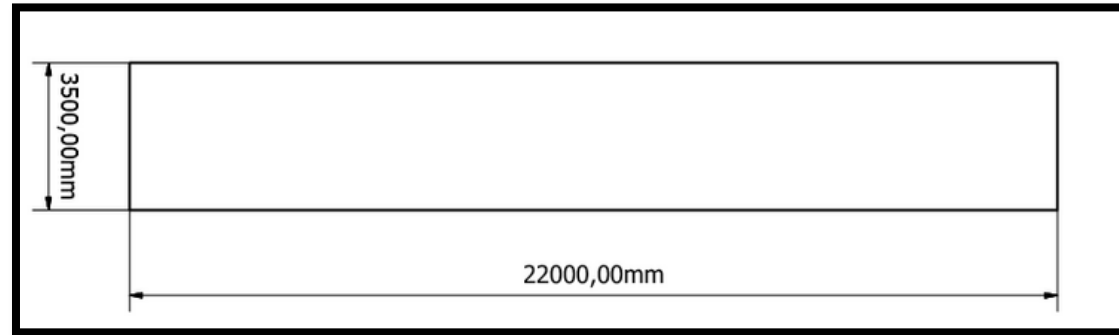


- Integra un procesador en tiempo real, un arreglo de compuerta programable en campo (FPGA).
- Tiene un procesador industrial de 266 MHz.
- 32 canales de entrada analógica de una sola terminal y 16 diferenciales de 16 bits a 250 kS/s y cuatro canales de salida analógica de 16 bits a 100 kS/s.
- 128 MB de memoria no volátil para almacenamiento de programas y registro de datos.

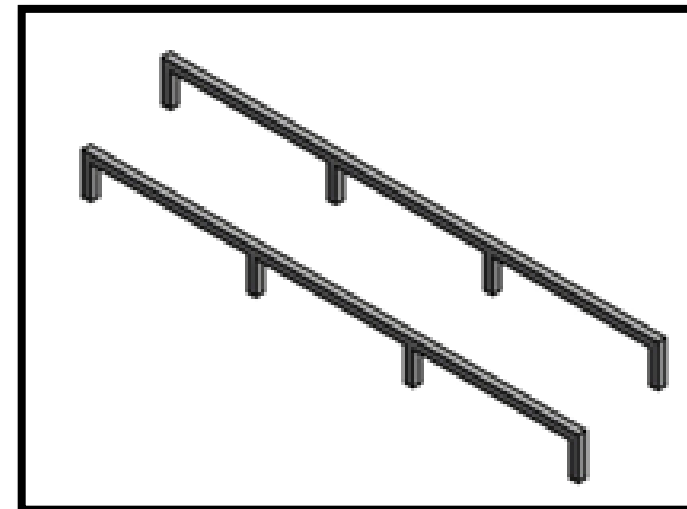
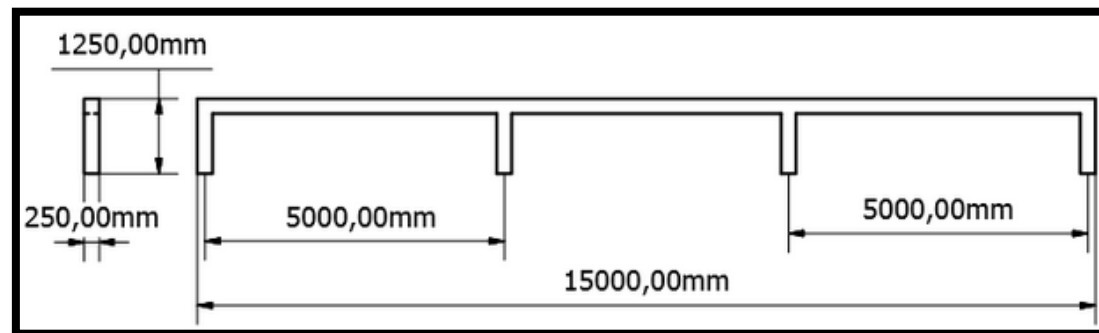
# CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN

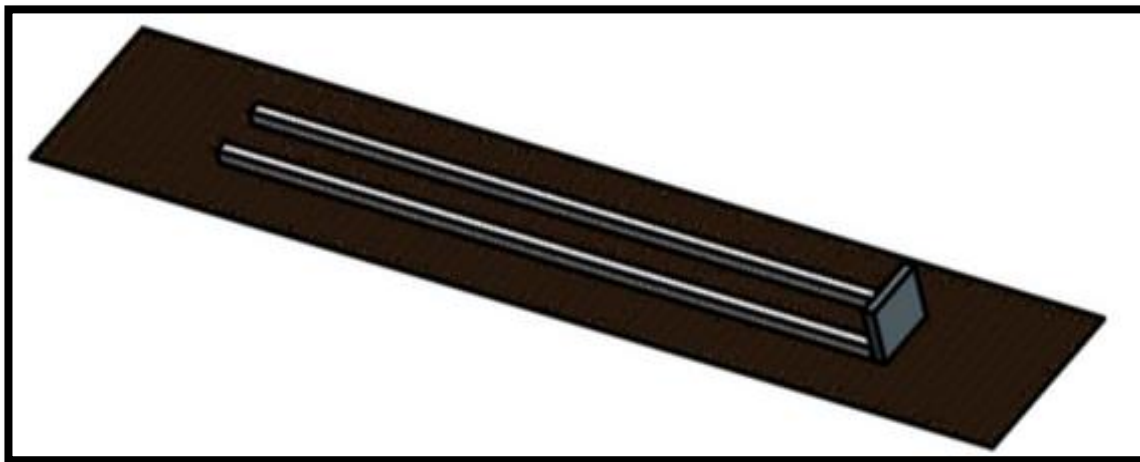
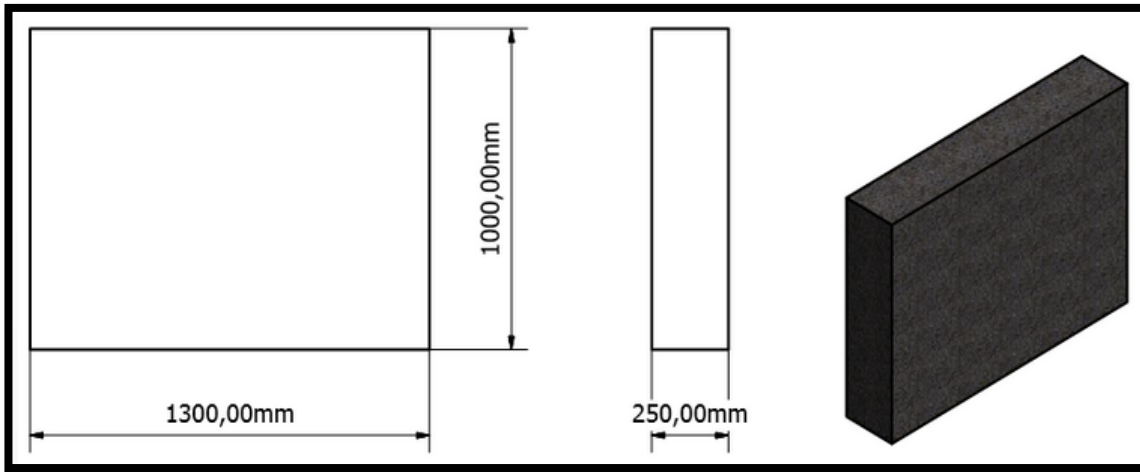
# ADECUACIONES DE ESPACIO FÍSICO

**Área de construcción**



**Obra civil**

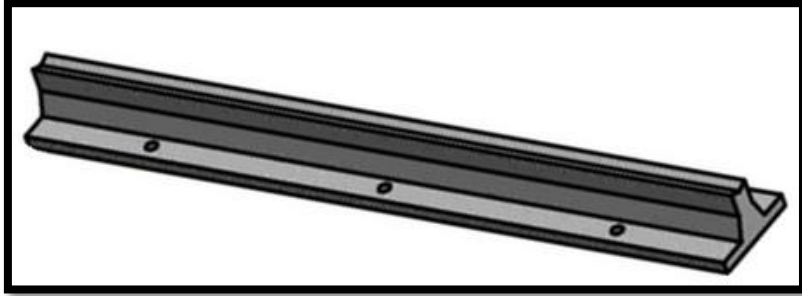




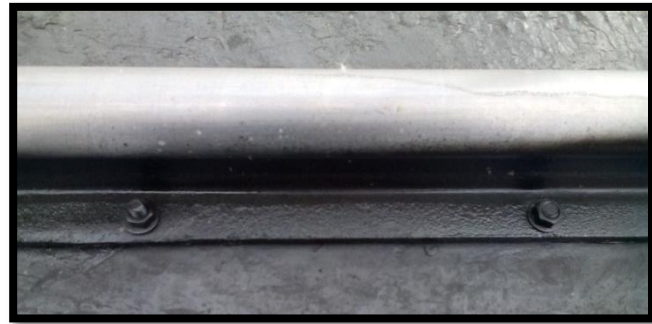
# CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE COMPONENTES MECÁNICOS

## Unión de ejes





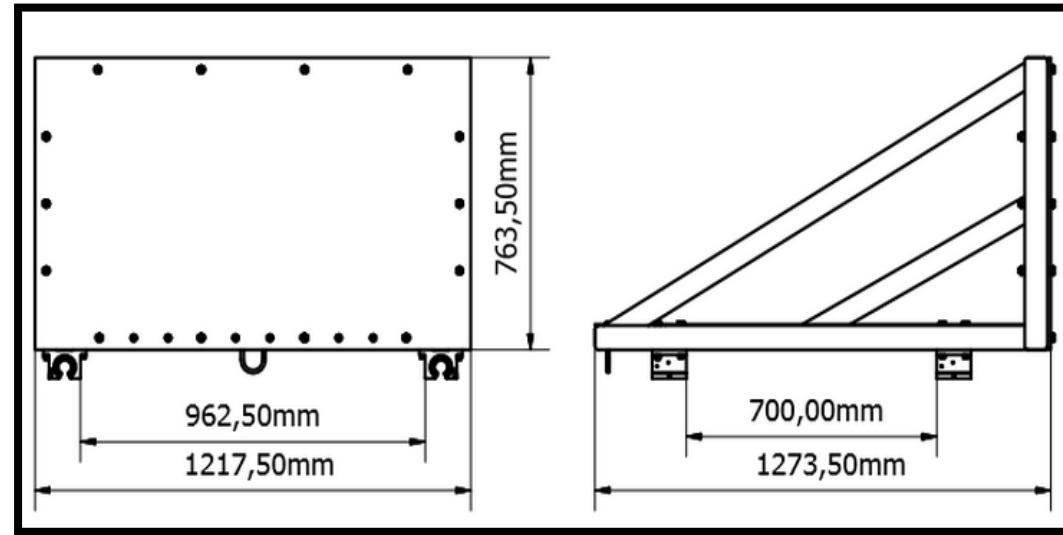
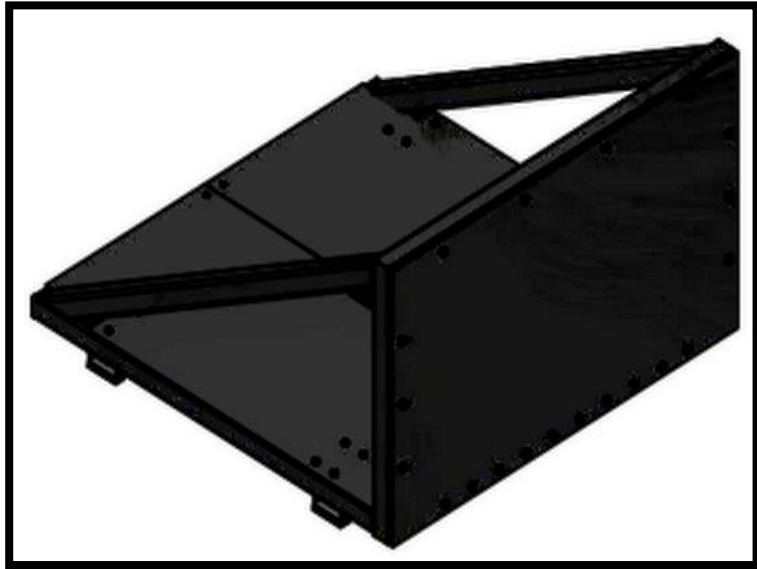
## *Sistema de apoyo*



El acople se lo realiza mediante tres pernos de 8,64 mm de diámetro, distribuidos a lo largo de la base

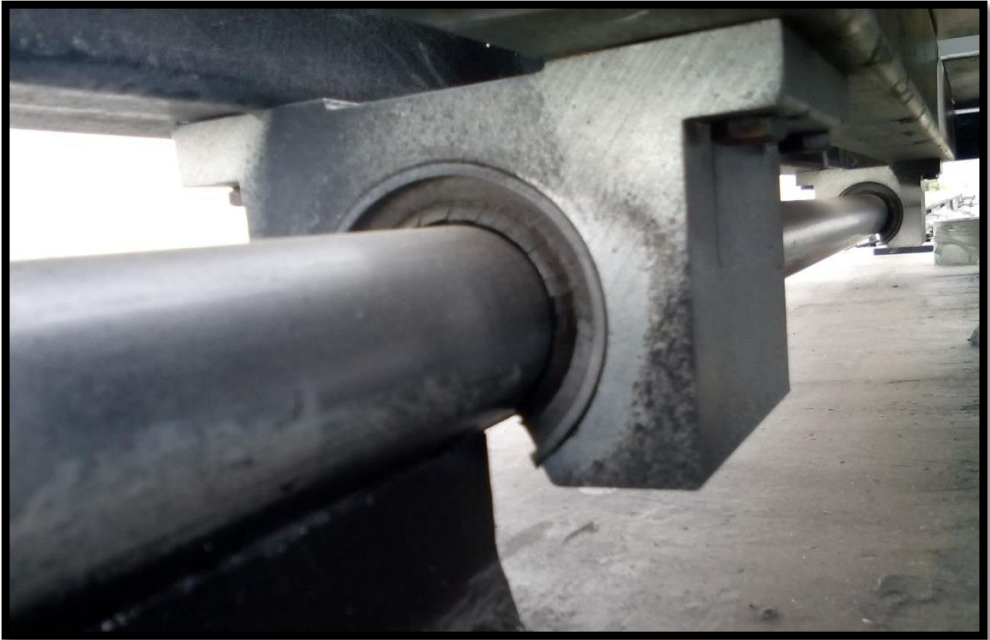


# SISTEMA DE DESPLAZAMIENTO





## *Colocación de rodamientos*



# SISTEMA DE PROPULSIÓN

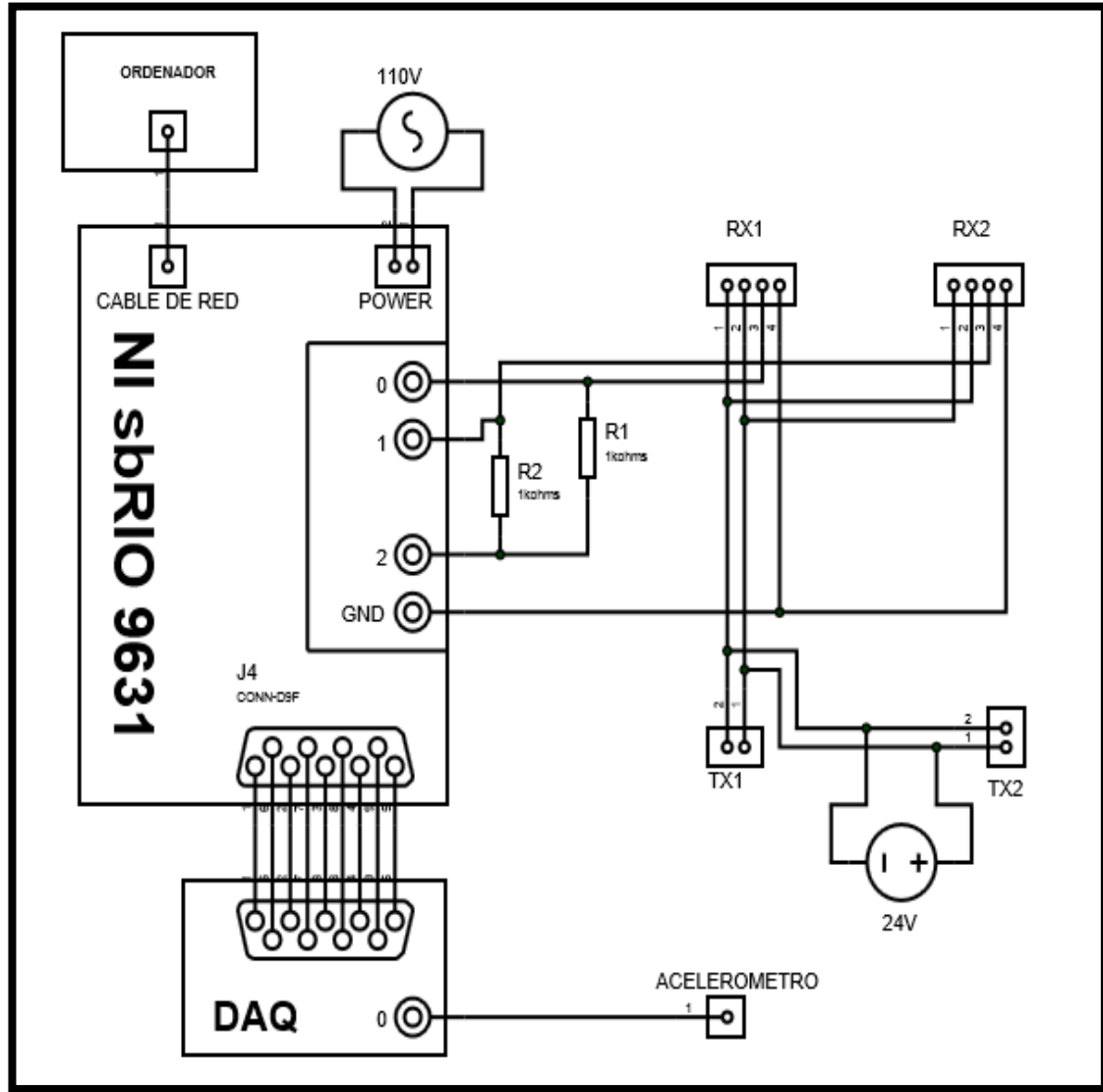


# SISTEMA DE SUJECIÓN

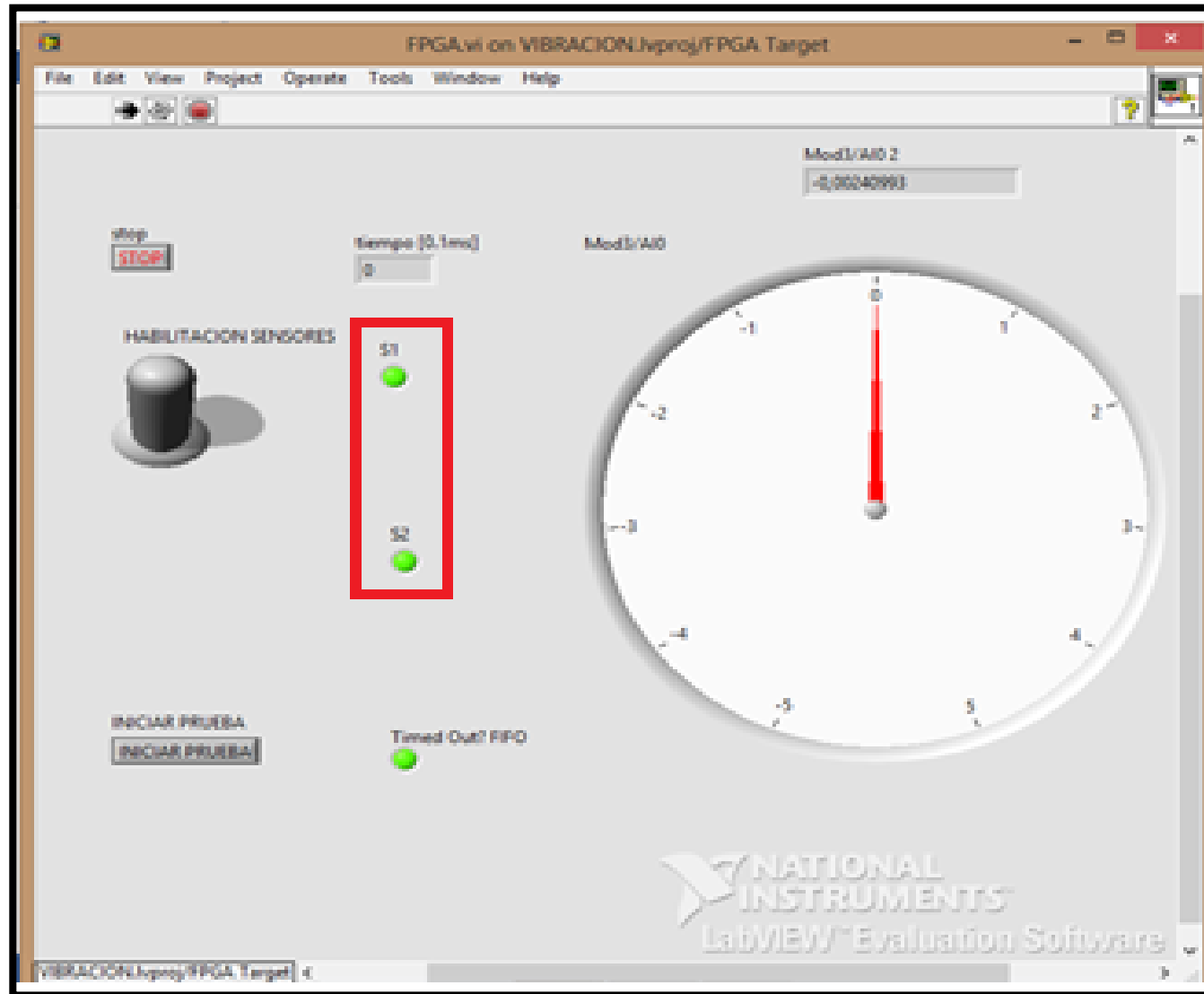


# IMPLEMENTACIÓN DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS

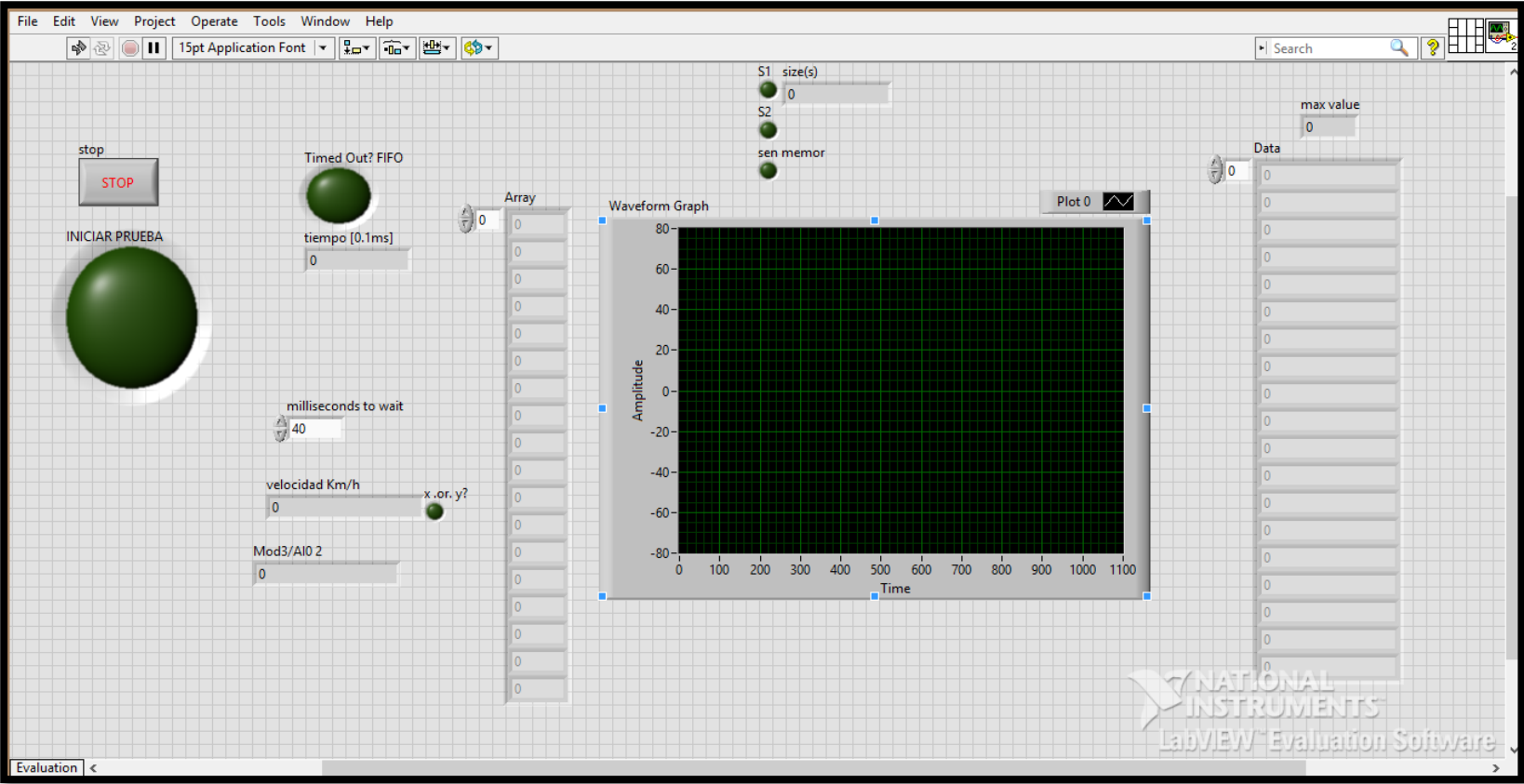




# FPGA



# REAL TIME



# INTERFAZ HOMBRE - MÁQUINA





# ANÁLISIS DE RESULTADOS

# COMPONENTES MECÁNICOS

**Resultados de las deformaciones en bases y ejes.**

PRUEBA	PESO	DEFORMACIÓN
1	300 kg	Nula
2	350 kg	Nula
3	400 kg	Nula

**Resultados de las deformaciones en el trineo móvil.**

PRUEBA	VELOCIDAD DE IMPACTO	DEFORMACIÓN
1	15 km/h	Nula
2	20 km/h	Nula
3	25 km/h	Nula

**Deformaciones en las bandas elásticas**

PRUEBA	PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	DEFORMACIÓN
1	50 %	Nula
2	75 %	Nula
3	100 %	Nula

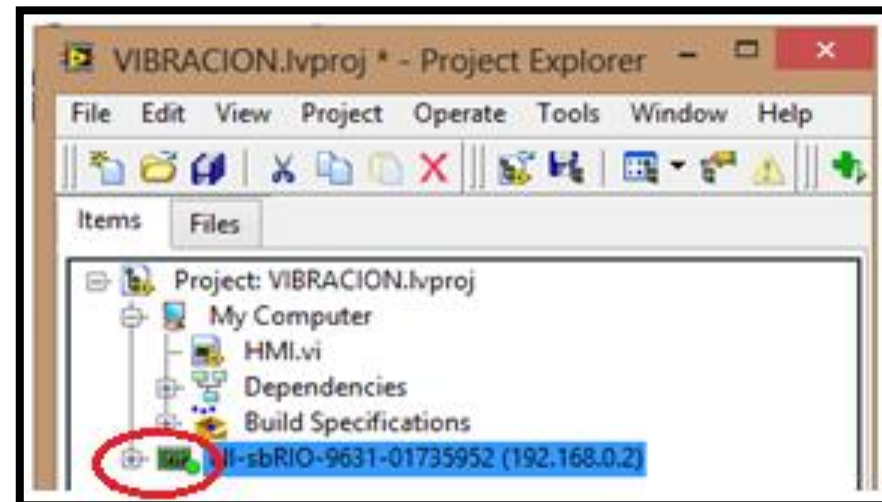
# COMPONENTES ELECTRÓNICOS

```
Símbolo del sistema
Microsoft Windows [Versión 6.2.9200]
(c) 2012 Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.
C:\Users>ping 192.168.0.2

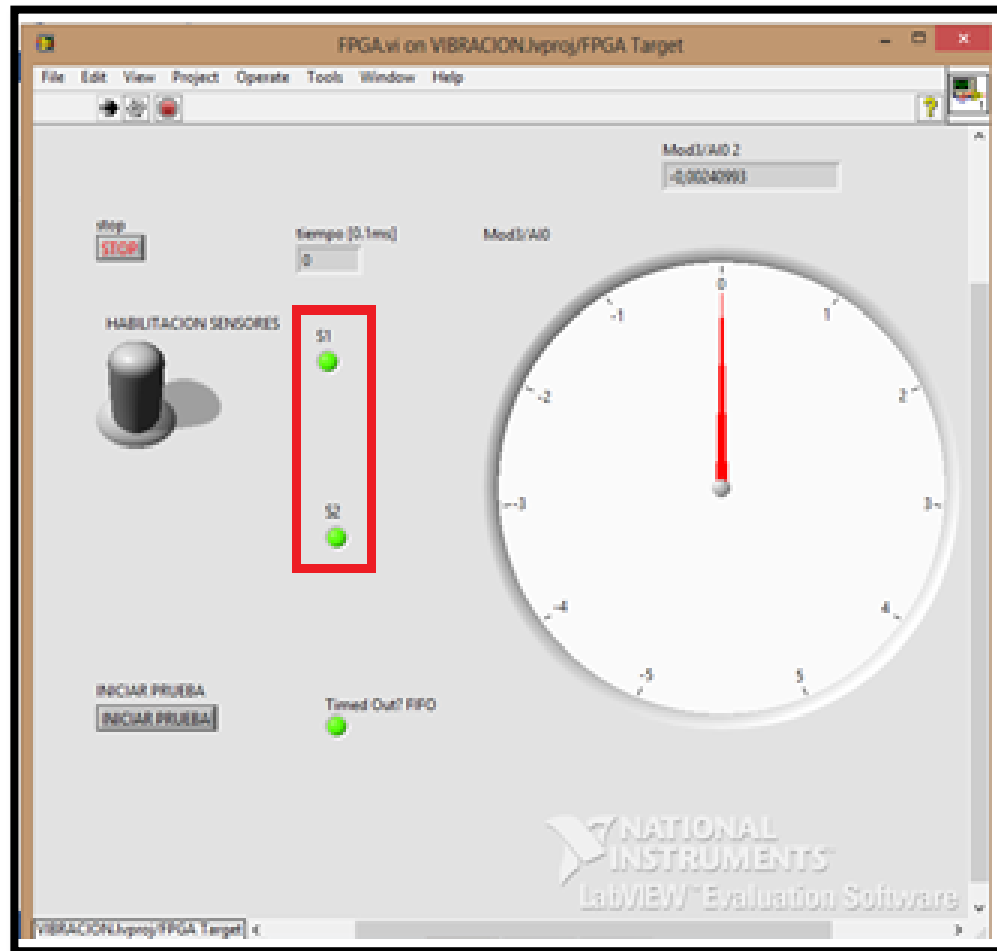
Haciendo ping a 192.168.0.2 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.2: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.2: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.2: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.2: bytes=32 tiempo<1m TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.0.2:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 0ms, Máximo = 0ms, Media = 0ms

C:\Users>
```



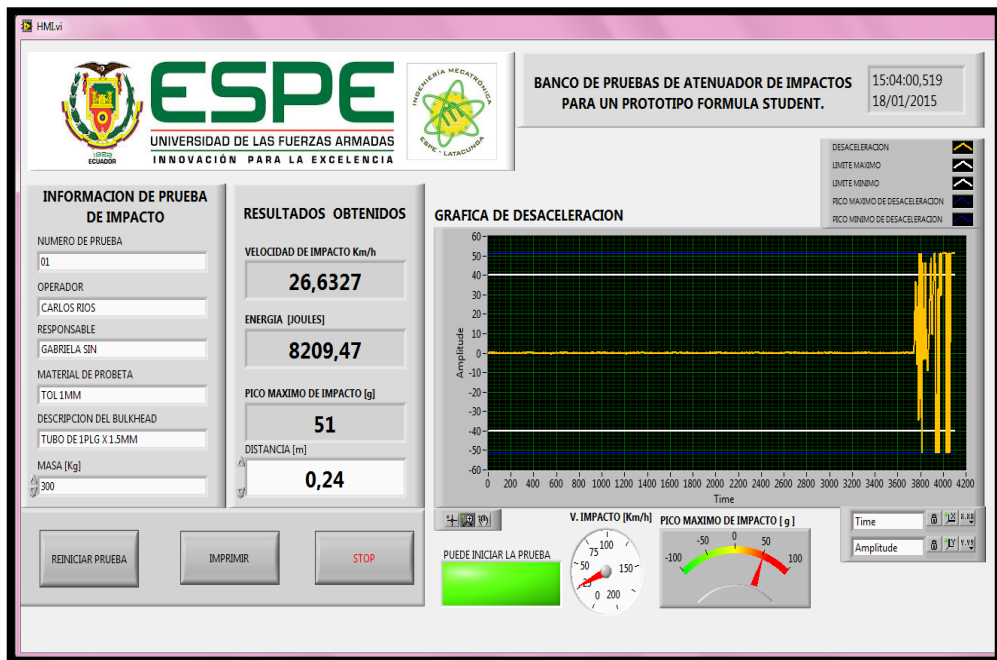
# COMPROBACIÓN DE SENSORES



# FUNCIONAMIENTO

- ▶ VIDEO DE FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS

# RESULTADOS PRUEBAS FINALES



PRUEBA	MASA (kg)	VELOCIDAD (km/h)	ENERGÍA (Joules)	PICO MÁXIMO (g)
1	300	9,32	1005,37	8
2	300	10,15	1192,41	13
3	300	12,33	1759,62	18
4	300	13,41	2081,38	25
5	300	14,17	2323,98	23
6	300	15,32	2716,51	35
7	300	16,52	3158,74	42
8	300	19,25	4288,98	35
9	300	20,32	4779,04	50
10	300	26,63	8209,47	51

# CONCLUSIONES

- ▶ El proyecto ha cumplido los objetivos previstos, obteniendo un banco de pruebas para atenuadores de impacto normado, según el reglamento impuesto por la FSAE.
- ▶ Mediante un análisis de alternativas el banco horizontal sobre rieles fue la mejor opción ya que este simula a un choque real, por lo que se implementó un sistema con rodamientos lineales para el deslizamiento del trineo sobre los ejes.
- ▶ Se realizó el diseño para la selección de componentes mecánicos mediante el cálculo según la aplicación de fuerzas en puntos determinados, de esta manera se estableció los elementos adecuados, consiguiendo así que la respuesta del modelo construido se ajuste a la realidad para trabajar con parámetros reales.
- ▶ El sistema electrónico lo conformaron dos sensores fotoeléctricos, los mismos que fueron ubicados de tal manera que el trineo corte el haz de luz en dos puntos situados a 60 cm del muro de impacto, además de un acelerómetro que fue ubicado en la parte central del bulkhead, ambas señales fueron enviadas a una tarjeta de adquisición de datos SbRIO, para su posterior análisis en el computador.
- ▶ Al realizar un análisis de los resultados obtenidos, se determinó que el sistema funcionó de una manera correcta, ya que se los datos se ubicaron dentro del rango permisivo por parte del reglamento de la FSAE.
- ▶ La implementación de bancos de pruebas de esta magnitud, garantiza que dentro del Ecuador sea posible realizar pruebas de seguridad en vehículos, dando lugar a un importante avance en innovación tecnológica dentro del país.

# RECOMENDACIONES

- ▶ Se recomienda que la institución adecue el respectivo laboratorio para evitar el deterioro de los elementos mecánicos y electrónicos ya que actualmente el lugar destinado no cuenta con las seguridades requeridas.
- ▶ Al momento de desmontar el trineo móvil se recomienda especial atención con la limpieza de los rodamientos lineales, debido a que los mismos no deben estar en contacto con partículas de suciedad, de esta manera se puede prolongar la vida útil de los mismos.
- ▶ Es recomendable no exponer a las bandas elásticas a un estiramiento mayor al 100% ya que este es su límite y podrían romperse y causar daños a los usuarios
- ▶ Se recomienda limpiar todos los elementos antes de iniciar una prueba, dada que las condiciones donde se encuentra implementado el proyecto desprende mucho polvo y los componentes mecánicos y electrónicos pueden sufrir daños
- ▶ En el sistema electrónico es recomendable revisar las hojas de especificaciones de los sensores fotoeléctricos para no exponerlos a algún tipo de riesgo y evitar su deterioro
- ▶ Se recomienda seguir el procedimiento indicado en el manual de usuario para la configuración de los equipos y de esta manera evitar fallas al momento de realizar la prueba.
- ▶ Debido a la importancia del proyecto se recomienda realizar un correcto direccionamiento hacia proyectos a implementar en el banco de pruebas, de esta manera se puede obtener un análisis avanzado en lo referente a teoría de choques.



**GRACIAS**

The background features abstract, overlapping geometric shapes in various shades of green, ranging from light lime to dark forest green. These shapes are primarily located on the right side of the frame, creating a dynamic, layered effect. The rest of the background is plain white.