

**Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica  
Carrera de Ingeniería Automotriz**

**Trabajo de unidad de integración curricular, previo a la obtención del  
título de Ingeniero Automotriz**

**Tema: Diseño e implementación del sistema de dirección y  
suspensión del prototipo tipo “Tumbler”**

**Autores:**

**Ayala Romero, David Alejandro**

**Tinoco Pardo, Frank Andres**

**Tutor:**

**Cruz Arcos, Guillermo Mauricio**

**Latacunga, 11 de Marzo 2024**



***“Soy un hombre de fortuna y debo  
buscar mi fortuna.”***

***Henry Avery, 1694***



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

# Contenido

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

- Resumen
- Antecedentes
- Planteamiento del problema
- Descripción del proyecto
- Justificación
- Importancia
- **Objetivos de proyecto**
  - Objetivo General
  - Objetivos Específicos
- Hipótesis

## SELECCIÓN DE LOS SISTEMAS

- Sistema de Dirección
- Sistema de Suspensión
- Diseño del sistema de Dirección

## DISEÑO Y SIMULACIÓN

- Diseño del sistema de Suspensión

## IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DE LOS SISTEMAS

- **Implementación**
  - Sistema de Dirección
  - Sistema de Suspensión
- **Pruebas**
  - Pruebas de ángulo de giro
  - Relación de compresión de los amortiguadores
  - Comportamiento del sistema de suspensión en ciclos de conducción.

## CONCLUSIONES

## RECOMENDACIONES



# Resumen

1

- Para asegurar el correcto funcionamiento de los sistemas, se realiza una simulación por software antes de proceder con la manufactura y la implementación, lo que permite validar su desempeño y funcionamiento

2

- Mediante la investigación previa, nos permitió seleccionar cuidadosamente cada uno de los componentes, asegurándonos de su compatibilidad y funcionalidad óptima dentro del contexto de nuestros sistemas.

3

- Se procedió a implementar cada sistema seleccionando cuidadosamente los componentes necesarios, esto incluye la instalación precisa de cada elemento, asegurando su correcta alineación y ajuste para garantizar un funcionamiento óptimo.

4

- Una vez concluida la implementación, se procedió a validar la operatividad de cada sistema mediante pruebas exhaustivas en condiciones controladas y reales para validar el rendimiento y la seguridad del prototipo



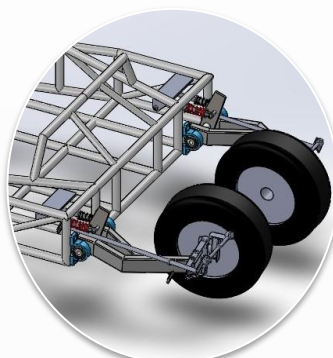
# Antecedentes



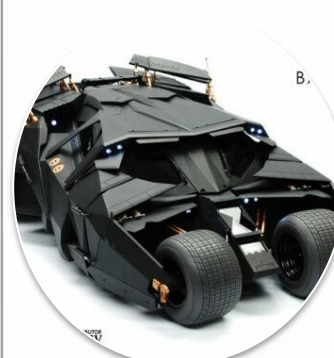
El diseño del prototipo tipo "Tumbler" se basa en el vehículo utilizado por el super héroe Batman en las diferentes películas, lo que ha provocado un significativo interés global en la creación de réplicas y prototipos.



El desarrollo y la instalación del sistema de suspensión y dirección en la fabricación de vehículos han sido siempre áreas críticas debido a su influencia directa en la capacidad de maniobrabilidad, estabilidad y control del prototipo



La falta de un enfoque estandarizado se traduce en desafíos significativos al utilizar herramientas que permitan mejorar el diseño y confiabilidad de estos vehículos especializados.

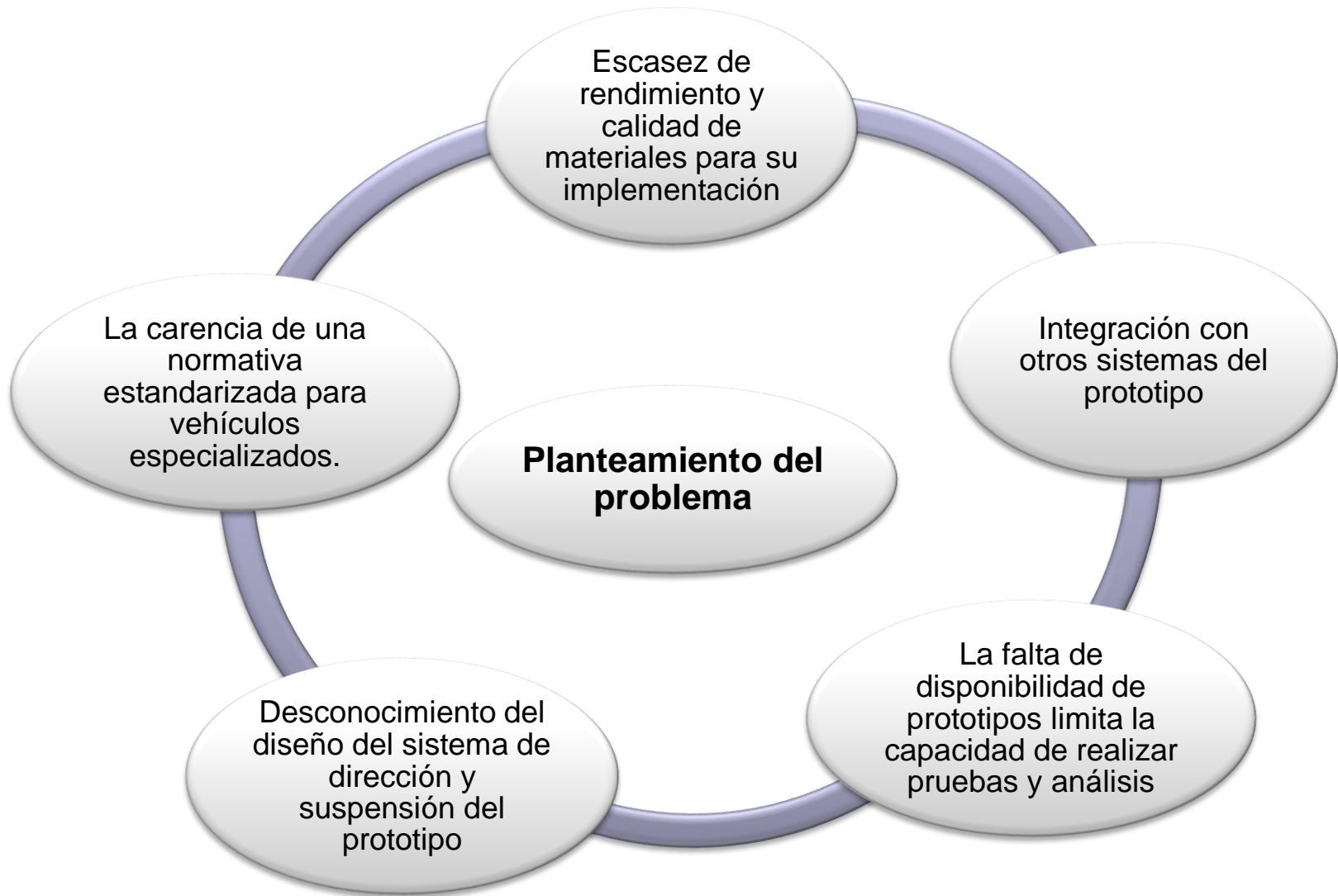


El prototipo tipo "Tumbler", ha demostrado un impacto cultural significativo en la industria del entretenimiento, especialmente en eventos de exhibición donde la presencia del vehículo ha atraído la atención del público generando un gran entusiasmo.



En Ecuador, existe una escasez de prototipos tipo "Tumbler", esta escasez obstaculiza el desarrollo de conocimiento y experiencia especializada en el país en este campo





# Justificación e importancia

• El motivo que impulsa esta investigación son las diferentes necesidades específicas del prototipo, el diseño personalizado de los sistemas de dirección y suspensión. Dado el limitado conocimiento actual disponible para la creación de este tipo de vehículo, este proyecto no solo se centra en superar desafíos técnicos, sino también en inspirar a profesionales y contribuir activamente al avance de las tecnologías automotrices.

• La necesidad de esta investigación surge debido a su impacto directo en la seguridad y el rendimiento del prototipo. Un sistema de dirección y suspensión diseñado específicamente para el prototipo, permitirá mejorar la estabilidad, garantizar una respuesta precisa en situaciones críticas.

• Es fundamental que estos componentes cumplan con los requisitos necesarios para un funcionamiento seguro y eficiente. La implementación de los mismos constituye un paso crucial en el proceso ya que tienen un impacto directo en el rendimiento del prototipo.



# Objetivos del proyecto

## Objetivo General

- Diseñar e implementar el sistema de dirección y suspensión del prototipo tipo “Tumbler” incluyendo la selección cuidadosa de componentes adecuados para facilitar su manejo, estabilidad y buen funcionamiento.

## Objetivos Específicos

- Diseñar los componentes del sistema de dirección y suspensión utilizando software de modelado y diseño asistido por computadora CAD, para garantizar la visualización y funcionalidad antes de su implementación.
- Establecer los requisitos de rendimiento del sistema de dirección y suspensión, que incluyendo ángulos de dirección y accionamiento de la suspensión, para garantizar un manejo preciso, estabilidad y confort del prototipo en diversas condiciones de conducción.
- Seleccionar e implementar los componentes del sistema dirección y suspensión mediante el análisis de componentes existentes en el mercado para definir aquellos que se van a emplear.
- Realizar pruebas y ajustes para el sistema de dirección y suspensión con test de manejo para verificar su correcto funcionamiento





# Hipótesis

El diseño del sistema de dirección y suspensión implementado en el prototipo tipo Tumbler permitirá una mejora positiva en la estabilidad, capacidad de carga y maniobrabilidad del prototipo.

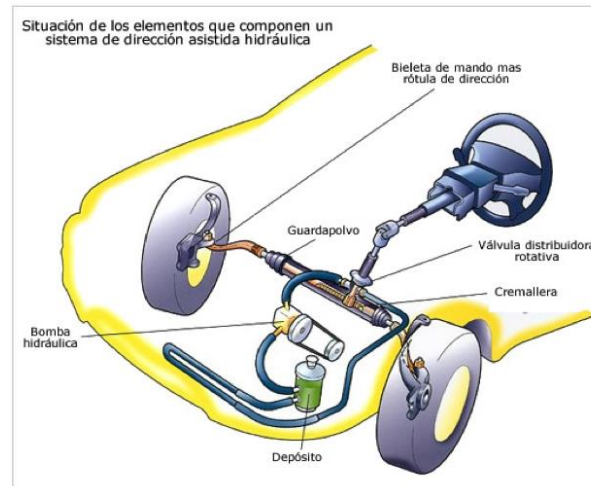


# Desarrollo de la propuesta

## Selección - Sistema de dirección

Se tiene tres sistemas de dirección propuesto:

- Mecánica
- Hidráulica
- Asistida



# Desarrollo de la propuesta

## Selección - Sistema de dirección

El sistema de dirección para un vehículo es una decisión fundamental que afecta tanto al rendimiento como la seguridad del mismo. Se debe considerar una serie de criterios clave, que van desde la precisión y la sensibilidad hasta la complejidad de diseño y los costos asociados.

### *Conceptos para el sistema de dirección*

<b>Aspectos Técnico</b>	<b>Dirección Mecánica</b>	<b>Dirección Hidráulica</b>	<b>Dirección Asistida</b>
<b>Tipo de asistencia</b>	Ninguna	Hidráulica	Eléctrica o Hidráulica
<b>Comodidad</b>	Menor	Mayor	Mayor
<b>Peso</b>	Ligero	Pesado	Pesado
<b>Complejidad</b>	Baja	Alta	Alta
<b>Mantenimiento</b>	Baja	Medio	Medio
<b>Costo</b>	Baja	Medio - Alto	Alta



# Desarrollo de la propuesta

## Selección - Sistema de dirección

Después de un análisis exhaustivo, se llegó a la conclusión de que la dirección mecánica es la opción más idónea para el sistema de dirección del prototipo tipo "Tumbler".

*Matriz de decisión para el sistema de dirección*

	<b>Peso</b>	<b>Precio</b>	<b>Mantenimiento</b>	<b>Simplicidad de diseño</b>	<b>RANGO</b>
<b>Factor de ponderación</b>	0.3	0.2	0.2	0.3	1
<b>Mecánica</b>	2.4	1.8	1.6	2.1	<b>7.9</b>
<b>Hidráulica</b>	1.5	1.4	1.4	2.4	<b>6.7</b>
<b>Asistida</b>	1.8	1.4	1.4	2	<b>6.6</b>



# Desarrollo de la propuesta

## Selección - Columna de dirección

La columna de dirección de un automóvil es una parte importante que conecta el volante y el sistema de dirección, lo que permite conducir el vehículo de manera segura y eficiente.

*Conceptos para la columna de dirección*

<b>Especificaciones</b>	<b>Suzuki Forsa 1</b>	<b>Suzuki Forsa 2</b>	<b>Corsa Wind</b>
<b>Generales</b>			
<b>Costo</b>	59\$	75\$	100\$
<b>Longitud sistema</b>	1,20 m	1,30 m	1,25 m
<b>Peso total</b>	4 Kg	4,2 Kg	4,5 Kg
<b>Lubricante recomendado</b>	Grasa grado 2 Multipropósitos	Grasa grado 2 Multipropósitos	Grasa grado 2 Multipropósitos



# Desarrollo de la propuesta

## Selección - Columna de dirección

Tras un análisis exhaustivo, se ha llegado a la conclusión de que la columna de dirección más adecuada para el prototipo tipo "Tumbler" es la columna de dirección del modelo Suzuki Forsa 1. Esta selección se fundamenta en varios criterios importantes: disponibilidad, compatibilidad con otros componentes del vehículo, ergonomía y durabilidad.

*Matriz de decisión para la columna de dirección*

	<b>Disponibilidad</b>	<b>Compatibilidad</b>	<b>Ergonomía</b>	<b>Durabilidad</b>	<b>Rango</b>
<b>Factor de ponderación</b>	0.3	0.3	0.2	0.2	<b>1</b>
<b>Suzuki Forsa 1</b>	2.7	2.4	1.6	1.6	<b>8.3</b>
<b>Suzuki Forsa 2</b>	2.4	2.1	1.4	1.4	<b>7.3</b>
<b>Corsa Wind</b>	2.1	2.4	1.4	1.2	<b>7.1</b>



# Desarrollo de la propuesta

## Criterio para el tipo de suspensión a utilizar

*Aspectos técnicos del sistema de suspensión*

Aspectos técnicos	Suspensión Independiente	Suspensión de Eje Rígido	Suspensión de Doble Horquilla
Maniobrabilidad	Alta	Baja	Media
Confort de conducción	Alto	Bajo	Medio
Estabilidad	Alta	Alta	Alta
Adaptabilidad	Moderada	Baja	Alta
Mantenimiento	Moderado	Bajo	Moderado
Complejidad	Moderada	Baja	Moderada
Peso del Sistema	Ligero	Pesado	Moderado
Control de la Dirección	Mayor	Menor	Mayor
Costo	Moderado	Bajo	Moderado



# Desarrollo de la propuesta

## Criterio para la selección de los amortiguadores

Además, es esencial no considerar la masa no suspendida del vehículo. Esta masa se refiere al peso de los componentes que no son soportados por el sistema de suspensión, lo cual incluye las ruedas, neumáticos, frenos, ejes y otros elementos conectados directamente a las ruedas y que se mueven con ellas.

<b>Componente</b>	<b>Peso (kg)</b>
<b>Chasis</b>	82.22 kg
<b>Motor</b>	80 kg
<b>Transmisión</b>	70 kg
<b>Sistema de alumbrado</b>	6.71 kg
<b>Sistema de dirección</b>	32,28 kg
<b>Sistema de suspensión</b>	17,76 kg
<b>Asientos</b>	18,144 kg
<b>Pedalera</b>	10 kg
<b>Depósito de combustible (lleno)</b>	20,52 kg
<b>TOTAL</b>	<b>337,634 kg</b>





# Desarrollo de la propuesta

## Criterio para la selección de los amortiguadores delanteros

Dado que el espacio dentro del vehículo es un factor crucial, proponemos instalar cuatro amortiguadores delanteros dispuestos de forma horizontal. Esta disposición permitirá economizar espacio de manera efectiva al distribuir la carga y la función de absorción de impactos entre múltiples amortiguadores instalados de manera horizontal a lo largo del chasis del prototipo.

*Conceptos el amortiguador delantero*

<b>Aspecto</b>	<b>Amortiguador de Moto</b>	<b>Amortiguador de Vehículo</b>
<b>Precio</b>	Menor	Mayor
<b>Peso</b>	Menor	Mayor
<b>Agilidad</b>	Mayor	Menor
<b>Maniobrabilidad</b>	Mayor	Menor
<b>Ajustabilidad</b>	Mayor	Menor
<b>Espacio de Montaje</b>	Menor	Mayor
<b>Mantenimiento</b>	Menor	Mayor



# Desarrollo de la propuesta

## Amortiguador MOXAL QM200GY



Pasa el mouse para ver la imagen ampliada


MOXAL

AMORTIGUADOR CENTRAL  
CROMADO RESORTE ROJO LT:375  
LE:340 QM200GY(2012)

Disponibilidad: **En stock**

Marca: **MOXAL**

Peso con empaque: **2.141 kg**

Producto con devolución 

Producto de: **Amazon**

Ajuste: el amortiguador de motocicleta es un reemplazo adecuado para la mayoría de las marcas chinas de vehículos todo terreno y Go Karts, como reemplazo para Taotao, reemplazo para Buyang, reemplazo para Coolsport, reemplazo para Lifan, reemplazo para Tank, reemplazo para SUNL, reemplazo para Redcat, reemplazo para Eagle, etc.

Longitud 34 cm

Longitud del amortiguador libre 160 mm

Capacidad de carga 300 lb

Muelle regulado: el amortiguador de suspensión con resorte se puede ajustar para que se adapte mejor a tu fuerza y a las diferentes condiciones de la carretera.

[Ver menos ^](#)

SKU: **B0BS3TNVZJ**

Al elegir la marca de amortiguador Moxal para la suspensión delantera, que tiene una capacidad de carga de 300 lb, y considerando que se instalarán cuatro amortiguadores en la parte delantera, se ha realizado una elección que busca equilibrar la capacidad de carga con las necesidades específicas del prototipo



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

# Desarrollo de la propuesta

## Amortiguador Trenssun AMO- M36

La elección del amortiguador Trenssun AMO-M36 Negro sobre otras opciones, incluido el amortiguador de la marca Moxal, se basó en la coincidencia de su longitud con la del modelo Moxal. Esta equiparación de longitudes sugiere una compatibilidad adecuada con el del prototipo tipo “Tumbler”



### Amortiguador Trenssun AMO- M36

[Visita la tienda de Akozon](#)

[Buscar en esta página](#)

**No disponible por el momento.**

No sabemos si este producto volverá a estar disponible, ni cuándo.

- Características: absorbe los golpes rápidamente en la carretera más gruesa para mejorar la seguridad y hacerte sentir más cómodo. Reduce los golpes en la conducción de motocicletas y proporciona una conducción cómoda y segura.
  - Longitud 34 cm
  - Longitud del amortiguador libre 195 mm
  - Capacidad de carga 340 lb
  - Peso 1.8 kg
- [Ver los detalles del producto](#)

 [Informar de un problema con este producto o vendedor](#)

**Nota:** Los productos con enchufes eléctricos están diseñados para usarse en EE. UU. Las tomas de corriente y la tensión difieren a nivel internacional. Es posible que este producto requiera un adaptador o conversor para poder usarse en su destino. Comprueba la compatibilidad antes de comprar.



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

# Desarrollo de la propuesta

## Selección de los amortiguadores delanteros

Al elegir una marca y modelo específicos como los Amortiguador Moxal y Tressun, se ha considerado la reputación y la calidad del fabricante, así como las especificaciones técnicas del producto. La capacidad de carga del amortiguador, en conjunto con otros factores como el diseño, la durabilidad, ha sido un criterio importante en la selección

### *Parámetros amortiguador delanteros*

<b>Marca</b>	<b>Moxal</b>	<b>Trensun</b>
<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Valor</b>
Longitud	34 cm	34 cm
DI	1.2 cm	1.2 cm
Longitud del amortiguador libre	16 cm	19.5 cm
Peso	1.7 kg	1.8 kg
Diámetro vástago	3.1 cm	3.2 cm
Capacidad de carga	300 lb	340 lb



# Desarrollo de la propuesta

## Criterio para el accionamiento del muelle de la suspensión delantera

Hemos optado por el accionamiento push rod para la suspensión de nuestro prototipo debido a la disposición horizontal del mismo. Esta elección se basa en la necesidad de adaptar la suspensión a las características específicas de nuestro diseño, el cual requiere una configuración horizontal para optimizar el espacio disponible

### *Beneficio del sistema Push-Rod*

<b>Beneficio</b>	<b>Nivel</b>
Bajo centro de gravedad	Alto
Control preciso	Alto
Mejor aerodinámica	Alto
Reducción del balanceo	Alto
Flexibilidad de diseño	Medio
Menos peso no suspendido	Medio
Apariencia estética	Bajo



# Desarrollo de la propuesta

## Selección sistema de suspensión trasera

La selección del sistema de suspensión McPherson para la parte posterior del prototipo se fundamenta en un análisis detallado de las opciones disponibles y sus respectivos desempeños.

*Matriz de decisión para el sistema de suspensión trasera*

	<b>Espacio Disponible</b>	<b>Masa no suspendida</b>	<b>Eficacia estructural</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>RANGO</b>
<b>Factor de ponderación</b>	0.3	0.1	0.4	0,2	1
<b>Paralelogramo deformable</b>	1.8	0.7	2.8	1.6	<b>6.9</b>
<b>Multilink</b>	2.7	0.8	2.4	1.4	<b>7.3</b>
<b>McPherson</b>	2.4	0.8	3.6	1.8	<b>8.6</b>



# Desarrollo de la propuesta

## Amortiguador KENZU

Los amortiguadores KENZU han sido seleccionados específicamente por su capacidad para manejar cargas de hasta 400 libras, lo que los hace adecuados para abordar las demandas de un vehículo con un peso significativo en la parte trasera.



### AMORTIGUADOR DELANTERO. LH/OIL 632049 KENZU

Buscar en esta página

No disponible por el momento.

No sabemos si este producto volverá a estar disponible, ni cuándo.

Marca	KENZU
Estilo	Modern
Tipo de servicio	Car
Acabado exterior	Pintado

#### Sobre este artículo

- Amortiguador de choque y puntales de amortiguador de choque delantero para Suzuki Forsa 1, Corsa Wind
- Carga soportada: 400 lb
- Longitud del vástago libre: 200 mm

› Ver los detalles del producto

Informar de un problema con este producto o vendedor

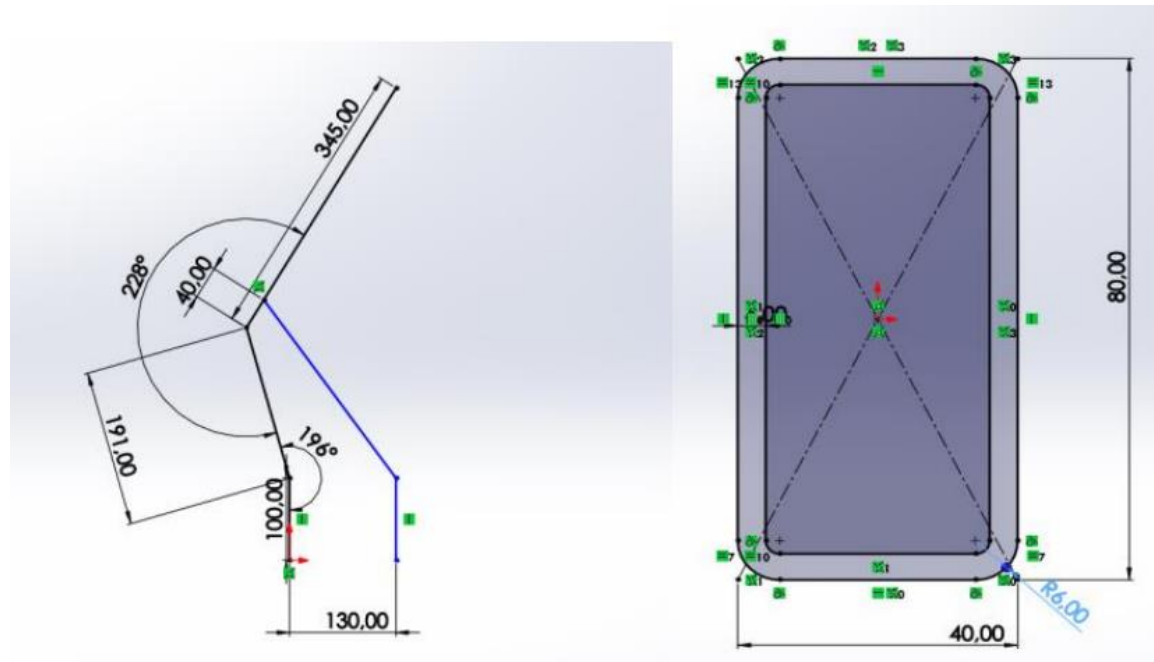
**Nota:** Los productos con enchufes eléctricos están diseñados para usarse en EE. UU. Las tomas de corriente y la tensión difieren a nivel internacional. Es posible que este producto requiera un adaptador o convertidor para poder usarse en su destino. Comprueba la compatibilidad antes de comprar.



# Desarrollo de la propuesta

## Diseño del brazo de dirección

El brazo de dirección está fabricado con acero estructural rectangular ASTM A500, con dimensiones de 80x40 mm y un espesor de 4 mm. Este material ofrece resistencia, durabilidad y una excelente capacidad para soportar cargas lo que permite crear un brazo de dirección preciso y confiable.

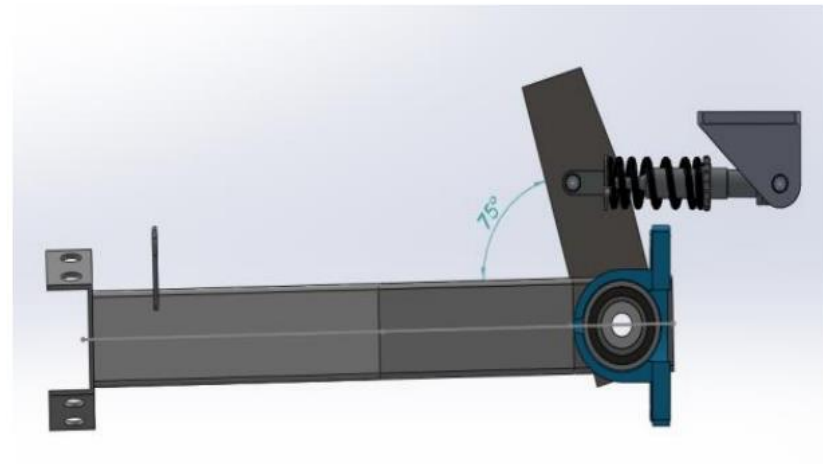
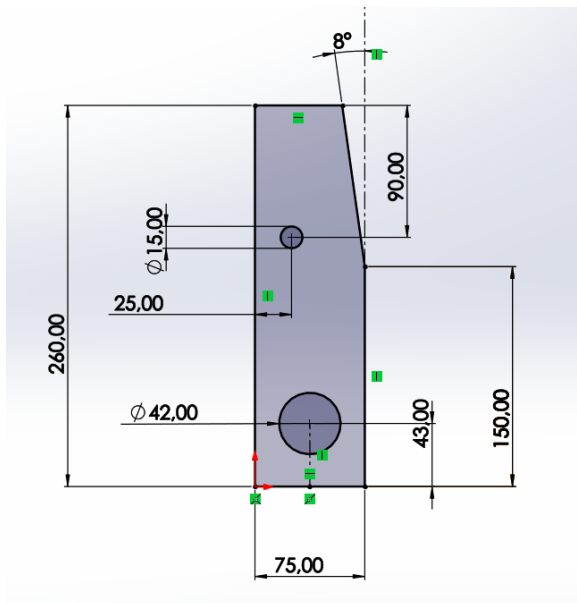




# Desarrollo de la propuesta

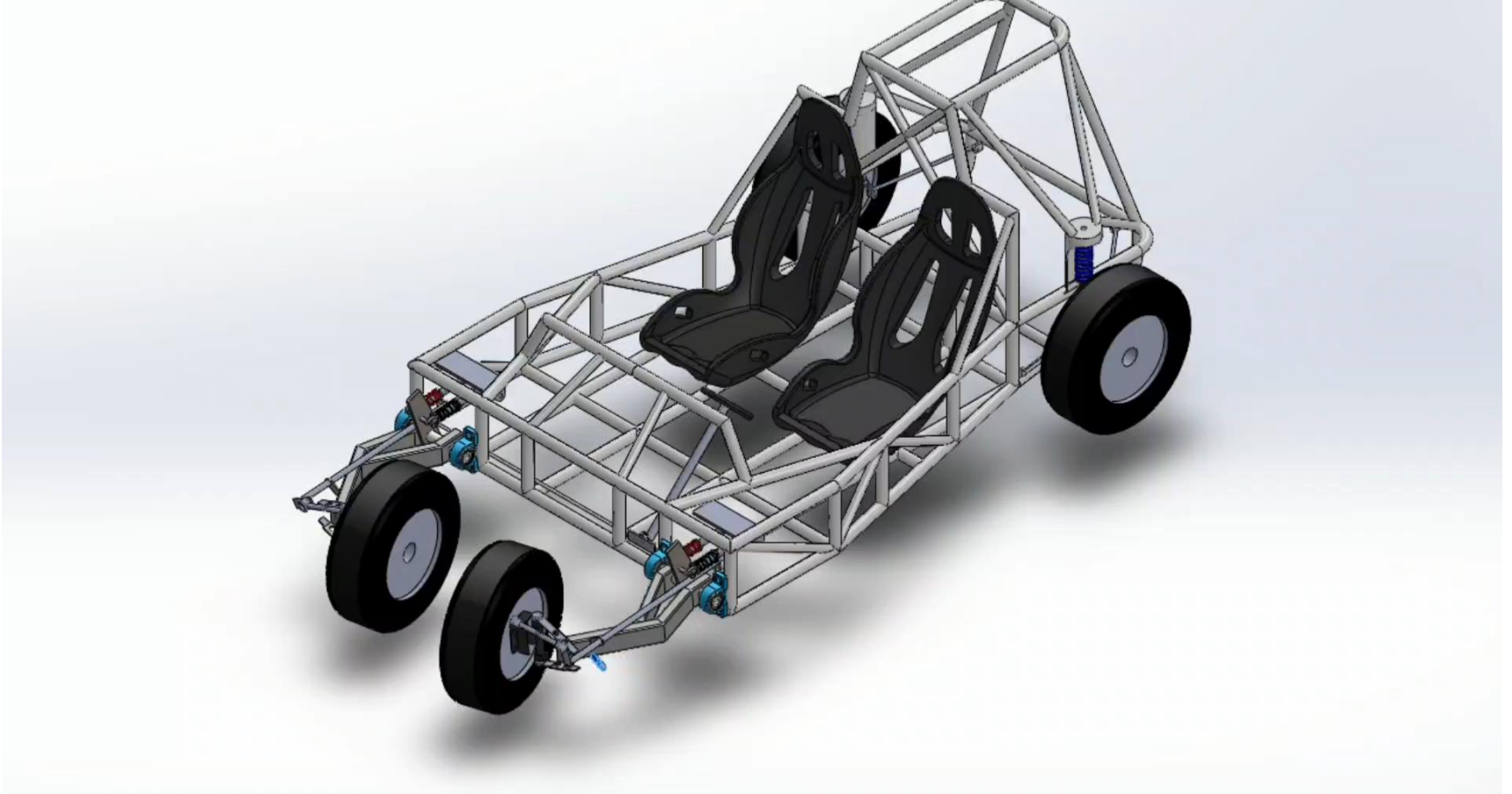
## Diseño del Push Rod

Se diseñó una platina de espesor 11.6 mm fabricada con acero ASTM A36 para funcionar como push rod, encargado de accionar el amortiguador. Se incorporó un ángulo de  $8^\circ$  para garantizar la adecuada acción del amortiguador, asegurando así un rendimiento óptimo del sistema en términos de absorción de impactos y estabilidad.



# Desarrollo de la propuesta

## Funcionamiento del sistema de dirección



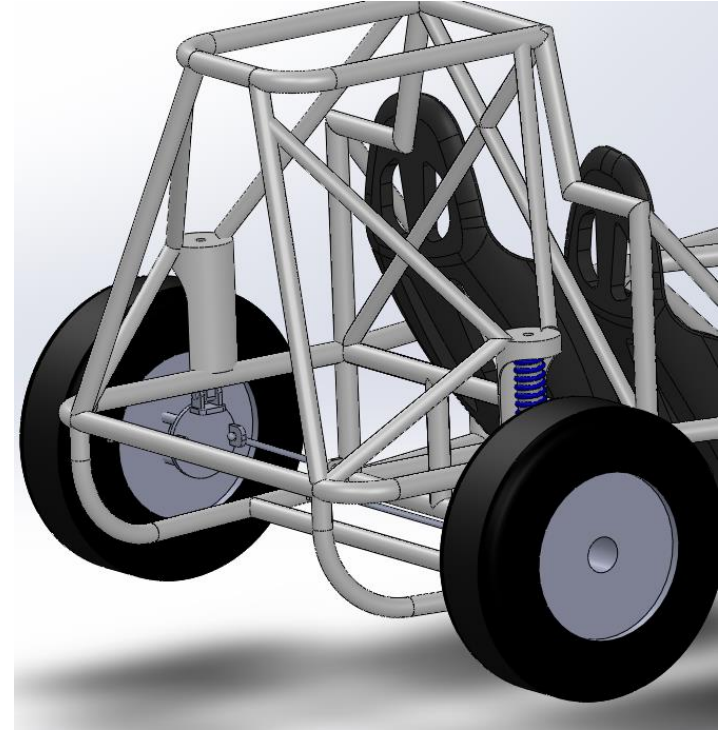
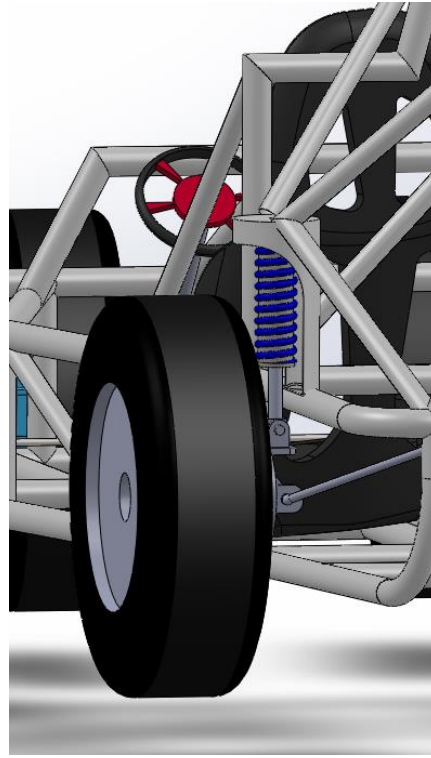
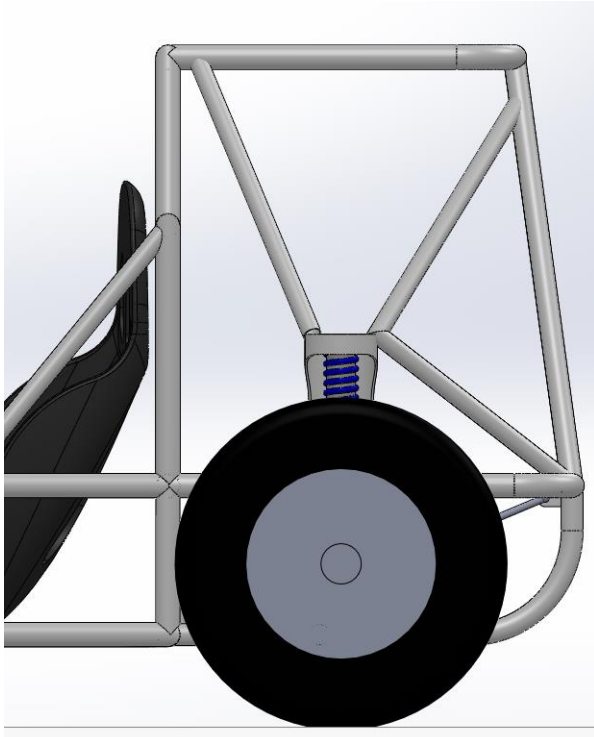
# Desarrollo de la propuesta

## Funcionamiento del sistema de suspensión delantera



# Desarrollo de la propuesta

## Funcionamiento del sistema de suspensión posterior



# Desarrollo de la propuesta

## Asignación de Fuerzas

### Capacidad de carga

Amortiguador	Capacidad (lb)
Moxal	300 lb
Trenssun	340 lb
<b>TOTAL</b>	<b>640 lb</b>



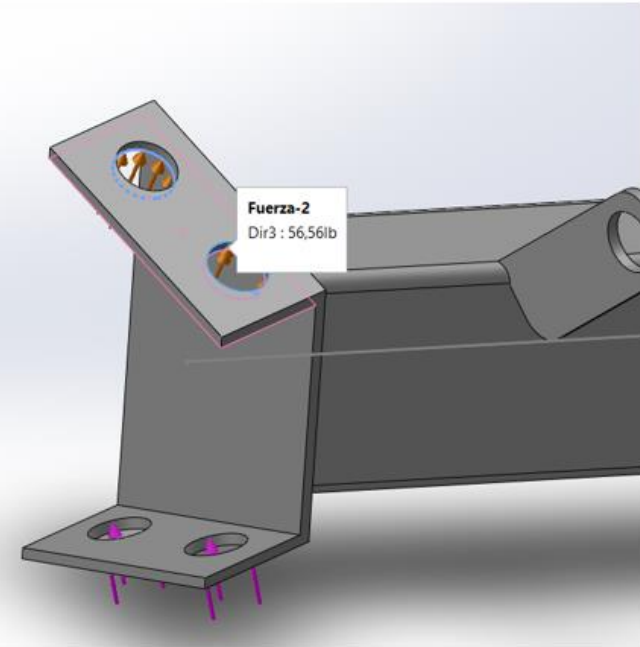
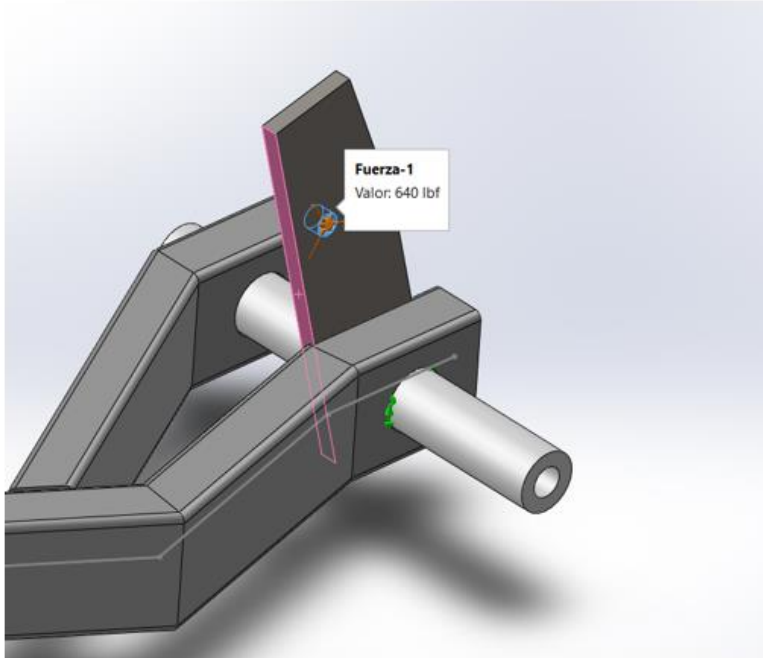
### Pesos del sistema de frenos

Componente	Peso (Libras)
Llanta y aro	24 lb
Manzana	2.6 lb
Disco	10 lb
Mordaza	2.2 lb
Soportes y extras	17.76 lb
<b>TOTAL</b>	<b>56,56 LB</b>



# Desarrollo de la propuesta

## Asignación de Fuerzas

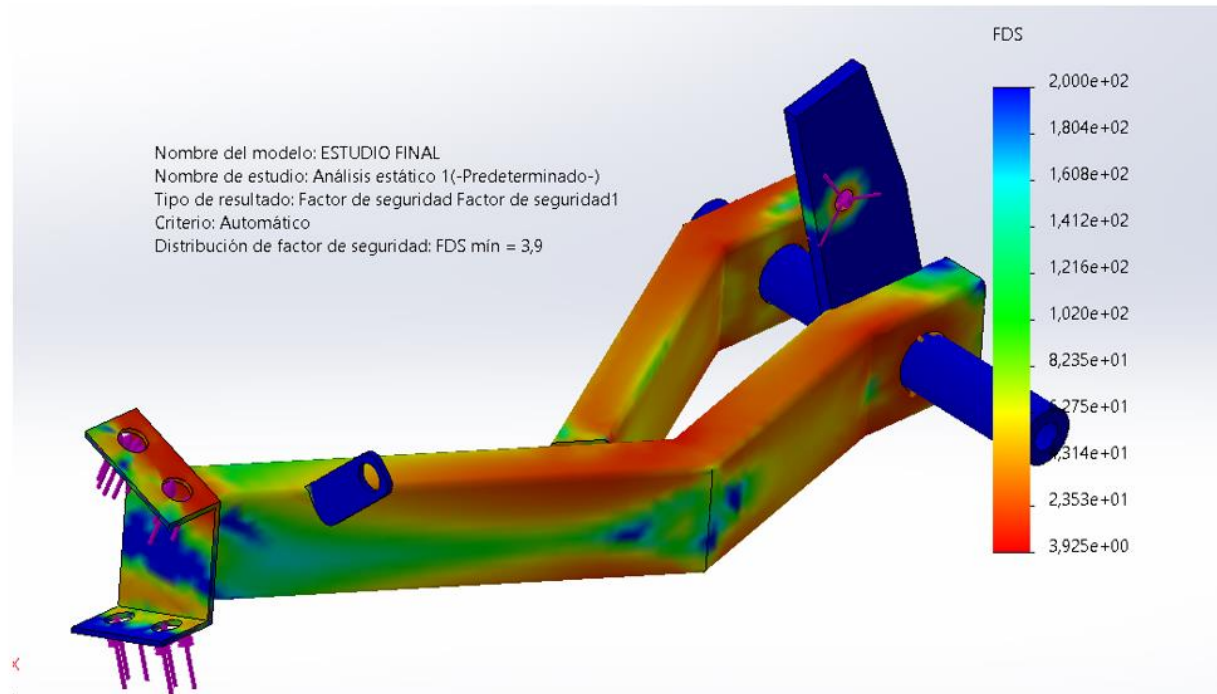


Para las fuerzas en el push rod, debemos tener en cuenta la ficha técnica que nos especifica los fabricantes de los amortiguadores, teniendo como resultado una capacidad de carga para Moxal de 300 lb y para la marca Trenssun una capacidad de 340 lb. Con la capacidad de carga de los amortiguadores, colocamos la fuerza de 640 lb en el pasador del push rod.



# Desarrollo de la propuesta

## Factor de Seguridad

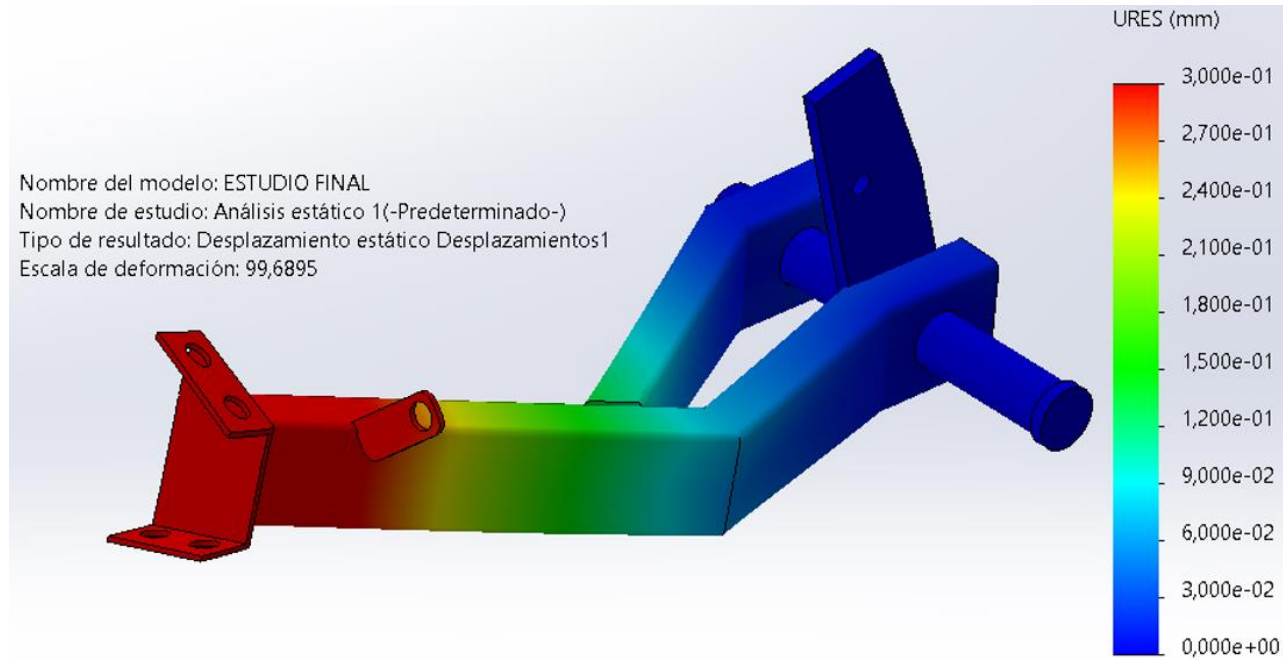


A través de la simulación realizada, hemos obtenido un factor de seguridad de 3.9, lo que indica una robustez adecuada en el diseño del brazo de dirección y el push rod, es crucial destacar que, durante el análisis, hemos identificado que las áreas más vulnerables se encuentran en el brazo de dirección, en el acople y en el pasador del push rod.



# Desarrollo de la propuesta

## Desplazamiento



Mediante la simulación llevada a cabo, hemos obtenido valor de 99.6895 mm en su desplazamiento, el cual está presente en el acople entre el extremo del brazo y la manzana, esta es la zona más crítica del diseño ya soporta grandes fuerzas cuando el prototipo pasa por un desnivel o por un bache, este desplazamiento es una medida crucial que indica la magnitud del movimiento relativo entre estas partes del sistema.





# Desarrollo de la propuesta

## Implementación del sistema de dirección

**Sistema de dirección seleccionado**



**Ubicación del sistema de dirección**



**Selección columna de dirección**



**Ubicación de la columna de dirección**



# Desarrollo de la propuesta

## Implementación del sistema de dirección

Selección de muñones hembra – hembra



Sujeción del brazo de dirección y suspensión



Chumaceras



Ubicación de chumacera y sujeción del brazo



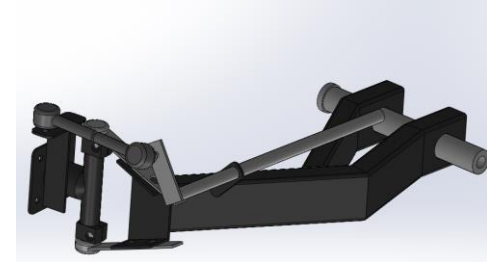
# Desarrollo de la propuesta

## Implementación del sistema de dirección

**Torneado de la pieza de sujeción del brazo**



**Diseño del brazo de dirección**



**Fabricación del brazo de dirección**



**Instalación del brazo dirección**



# Desarrollo de la propuesta

## Implementación del sistema de dirección

**Instalación del mango de dirección**



**Instalación de los axiales**



**Soportes de la barra de empuje**



**Instalación de la barra de empuje**



# Desarrollo de la propuesta

## Implementación del sistema de dirección

Ensamble final de los componentes de la dirección



# Desarrollo de la propuesta

## Implementación del sistema de suspensión

Análisis y especificaciones del peso suspendido del prototipo

Masa suspendida 337,634 kg

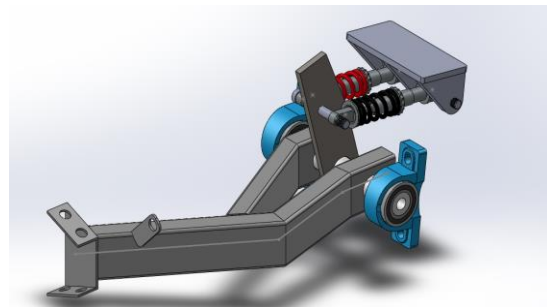
Selección de los amortiguadores delanteros



Selección de los amortiguadores posteriores



Diseño del Sistema de suspensión delantera



# Desarrollo de la propuesta

## Implementación del sistema de suspensión

**Fabricación del Push Rod**



**Instalación en el soporte del brazo de dirección**



**Soportes de la suspensión delantera**



**Instalación de los amortiguadores delanteros**



# Desarrollo de la propuesta

## Implementación del sistema de suspensión

**Anclaje al soporte de la manzana**



**Implementación del amortiguador**



**Soportes amortiguadores posterior**



**Instalación de los amortiguadores posteriores**





# Desarrollo de la propuesta

## PRUEBAS

### *Círculo de viraje*



$$R = 2 * B$$

$$R = 2 * 2,556 \text{ m}$$

$$R = 5,11 \text{ m}$$



# Desarrollo de la propuesta

## PRUEBAS

### Ángulo de giro interno



$$\delta_i = \tan^{-1} \frac{B}{\left(R + \frac{A_v}{2}\right)}$$

$$\delta_i = \tan^{-1} \frac{2,556 \text{ m}}{\left(5,11 + \frac{0,80 \text{ m}}{2}\right)}$$

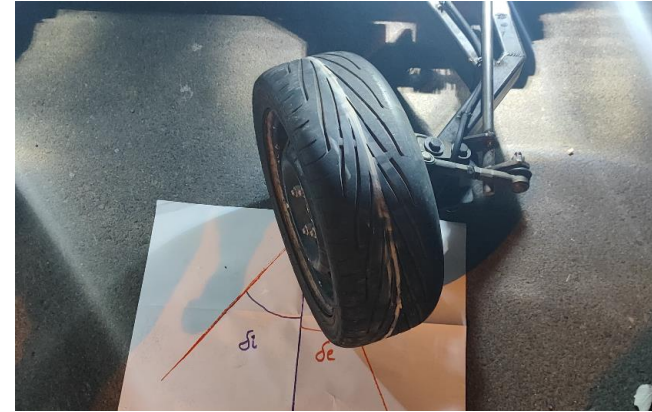
$$\delta_i = 24,89^\circ$$



# Desarrollo de la propuesta

## PRUEBAS

### Ángulo de giro externo



$$\delta_e = \tan^{-1} \frac{B}{\left(R - \frac{A_v}{2}\right)}$$

$$\delta_e = \tan^{-1} \frac{2,556 \text{ m}}{\left(5,11 - \frac{0,80 \text{ m}}{2}\right)}$$

$$\delta_e = 28,49^\circ$$



## Relación de la transmisión de la dirección

Referente al ángulo de giro del volante, se determinó que experimenta una rotación equivalente a una vuelta completa más un cuarto adicional, lo que representa un ángulo de giro total de 450 grados.



$$\beta = 1,25 * 360^{\circ}$$

$$\beta = 450^{\circ}$$



## Datos para el cálculo de la relación de transmisión de la dirección

Descripción	Simbología	Valor
Ángulo de giro del volante	$\beta$	450°
Ángulo de viraje externo de las ruedas delanteras	$\alpha$	28,49°



$$i_D = \frac{\beta}{\alpha}$$

$$i_D = \frac{450^\circ}{28,49^\circ}$$

$$i_D = 16^\circ$$



## Datos para el cálculo del ángulo de convergencia

Descripción	Simbología	Valor
Ángulo de giro externo de la rueda [°].	$\delta_e$	28,49°
Ángulo de giro interior de la rueda [°].	$\delta_i$	24,89°

$$\gamma = \delta_e - \delta_i$$

$$\gamma = 28,49^\circ - 24,89^\circ$$

$$\gamma = 3,6^\circ$$



# Relación de Compresión de los Amortiguadores delanteros

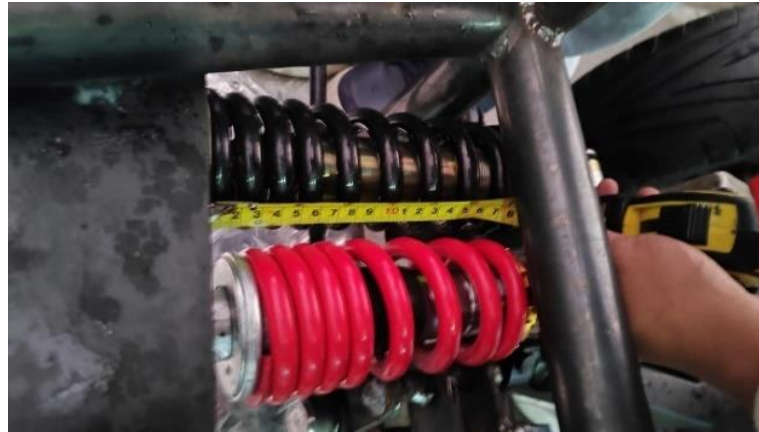


$$C = \frac{\text{Longitud libre del amortiguador}}{\text{Longitud del amortiguador bajo carga}}$$

Parámetro	Moxal	Trenssun
Longitud del amortiguador libre	160 mm	195 mm



## Amortiguadores bajo carga



Moxal	Trensun
$C1 = \frac{16 \text{ cm}}{14.5 \text{ cm}}$	$C2 = \frac{19.5 \text{ cm}}{18 \text{ cm}}$
$C1 = 1.103$	$C2 = 1.083$





## Relación de Compresión del Amortiguadores posterior



$$C = \frac{\text{Longitud libre del amortiguador}}{\text{Longitud del amortiguador bajo carga}}$$

$$C = \frac{22 \text{ cm}}{19.1 \text{ cm}}$$

$$C = 1.15$$



## *Prueba en 90°*

El parámetro de giro a un ángulo de 90°, se tuvo excelentes resultados, ya que existió una maniobrabilidad alta, el cual permiten al conductor girar el vehículo con cierta precisión, además su estabilidad fue excelente, mediante el control del vehículo, su agilidad fue alta permitiendo giros rápidos y precisos.



## Prueba en 180°

Su resultado fue medio en los diferentes parámetros, ya que para completar el giro de 180° necesita un mayor espacio para completar su respectiva función, además la agilidad juega un papel importante para el sistema de dirección



## Prueba en 360°

Para la prueba en 360° la maniobrabilidad implica que su giro será excesivamente grande, por lo cual, es necesario un espacio razonablemente amplio, en ese caso su estabilidad presenta cierto balanceo o desplazamiento durante la maniobra.



# Zig - Zag



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

## Zig - Zag



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

# CONCLUSIONES

- ❑ Mediante el diseño e implementación se obtuvo un funcionamiento óptimo del sistema de suspensión y dirección. Los resultados fueron positivos en términos de ángulos de giro y rendimiento del sistema, lo que asegura una maniobrabilidad y estabilidad adecuadas, aspectos críticos para la seguridad y el rendimiento del prototipo.
- ❑ El radio de giro del prototipo es de 5,112 metros, basado en una distancia entre ejes de 2.556 metros. Esto permite una gran capacidad de maniobra en espacios reducidos, mejorando la versatilidad y seguridad en la conducción.
- ❑ El ángulo de giro externo del prototipo es de  $28.49^\circ$ , determinado con precisión a partir del ancho de vía (800 mm) y la distancia entre ejes. Este dato es crucial para evaluar la capacidad de maniobra del vehículo en diversas condiciones de conducción. Un ángulo mayor significa una mayor capacidad de giro del prototipo.



# CONCLUSIONES

- ❑ Los resultados revelan un ángulo de giro interno de  $24.89^\circ$ , importante para evaluar la maniobrabilidad del prototipo en condiciones reales. La precisión de este ángulo es esencial para garantizar una conducción segura y eficiente en espacios reducidos, como curvas.
- ❑ Tras el análisis del sistema de dirección, se determinó que el ángulo de giro del volante es de 450 grados, equivalente a una vuelta completa más un cuarto adicional. Además, se identificó una relación de transmisión de 16:1, lo que indica que por cada vuelta completa del volante, las ruedas delanteras experimentan un movimiento angular de 16 grados.



# CONCLUSIONES

- ❑ Los amortiguadores fueron seleccionados según su capacidad de carga y el peso suspendido del prototipo. Con 2080 libras entre seis amortiguadores y un peso suspendido de 337.634 kg, se garantiza su eficaz soporte. Aunque su capacidad máxima de carga es de 943.4721 kg, superior al peso suspendido del prototipo.
- ❑ Las longitudes de los amortiguadores delanteros variaron bajo carga, con valores de 145 mm y 180 mm, y relaciones de compresión de 1.103 para Moxal y 1.083 para Trenssun. Los traseros pasaron de 220 mm sin carga a 191 mm bajo carga, con una relación de compresión de 1.15. Estas relaciones indican la capacidad de los amortiguadores para resistir la carga y absorber impactos durante la conducción.





# RECOMENDACIONES

- ❑ Al diseñar el brazo de dirección, es importante tener en cuenta el ángulo con el que se bosqueja este componente, dado que está directamente relacionado con la maniobrabilidad del prototipo y los ángulos de giro que puede alcanzar
- ❑ Para garantizar la estabilidad y seguridad del prototipo, es importante elegir amortiguadores con suficiente capacidad de carga, elegir unos amortiguadores con una capacidad de carga insuficiente puede provocar una suspensión ineficaz e inestabilidad al conducir.
- ❑ Para la fabricación del push rod, es recomendable considerar un diseño más compacto ya que ofrece varias ventajas, incluyendo un peso reducido, una instalación más sencilla y una mejor integración con otros componentes del sistema de suspensión. Además, al reducir el tamaño del push rod, mejora la aerodinámica del prototipo y minimizar cualquier interferencia con otros elementos, lo que puede conducir a una mejor eficiencia y rendimiento general.



# MUCHAS GRACIAS



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