



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

# UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE

**IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN PARA UN VEHÍCULO BIPLAZA TIPO BUGGY PARA LA CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS ESPE**

**Santamaría Castro Jorge Luis**

**Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica**

**Carrera de tecnología en Mecánica Automotriz**

**Monografía, previo a la obtención del título de tecnólogo en mecánica automotriz**

**Ing. Carrera Tapia Romel David**

**LATACUNGA - 2020**



# OBJETIVOS:

## GENERAL

Implementar un sistema de suspensión independiente en las cuatro ruedas de un vehículo biplaza tipo buggy que garantice rendimiento eficaz conforme a las características de su estructura tubular para brindar mayor seguridad y confort.

## ESPECÍFICOS

- Analizar diferentes tipos de suspensiones automotrices que pueden ser implementadas en un vehículo biplaza tipo buggy y los materiales adecuados para la adaptación en la estructura del buggy aumentando el rendimiento del sistema de suspensión.
- Investigar los procedimientos de implementación del sistema de suspensión en una estructura tubular para un vehículo tipo buggy tomando en cuenta los parámetros de construcción y adaptación que intervienen en el sistema.
- Implementar el sistema de suspensión independiente en las cuatro ruedas del vehículo prototipo considerando el eje delantero y el eje posterior según las características de construcción de la estructura tipo buggy.
- Efectuar pruebas de funcionamiento basadas en una trayectoria diseñada para simular las irregularidades del terreno donde se moviliza el vehículo prototipo y comprobar el rendimiento, eficiencia y confort en la conducción del mismo.



**ANTECEDENTES**

**PLATEAMIENTO DEL PROBLEMA**

**JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

**ALCANCE**



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

# ANTECEDENTES

El sistema de suspensión de un vehículo es muy importante porque se debe considerar el diseño del vehículo y el trabajo al que va estar expuesto, afirmando que “las diferentes compañías desarrollan sistemas óptimos de suspensión, cada compañía realiza su diseño según las características y necesidades que requieran” (Mejía E.& Reyes D, 2018, p. 2).

Los vehículos buggies al ser de nivel competitivo por sus características y diseño, Ayala ,A.& Guevara, D. (2015) afirman que “Ya que disponen de un sistema de suspensión como el diseñador lo desee, no hay alguna normativa que las clasifique” (p. 2). Motivo por el cual se ha implementado suspensiones en la mayoría de prototipos de buggy el sistema de suspensión del Volkswagen escarabajo desde el año 1964.

“Hay que resaltar que siempre en las modificaciones de estos vehículos, se ingenia el diseño de la carrocería, puesto que siempre es tubular y con las condiciones de seguridad adecuadas”. (Ayala A.& Guevara D. 2015, p. 2).

En la actualidad la mayoría de repuestos que son implementados en los vehículos, son económicos y accesibles en el mercado. La demanda de cada repuesto va en aumento según la calidad y el costo, en los vehículos de competencia es fundamental conocer el funcionamiento de cada sistema y reemplazar si este no cumple con sus requerimientos.

El motivo de este proyecto es implementar un sistema de suspensión independiente a las cuatro ruedas enfocándose en la estabilidad, seguridad y confort. Teniendo en cuenta que también esté a nivel de competir en un evento automovilístico de rally, entidad que es la encargada de establecer los estándares y reglamentos, Federación Ecuatoriana De Automovilismo y Kartismo (FEDAK).

# PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La tendencia por construir y modificar es muy alta para las personas que disfrutan del deporte automovilístico, es aquí donde se reconoce una problemática como es el desconocimiento al no tener en cuenta ciertos criterios para la construcción y modificación llegando a presentar problemas de funcionamiento y rendimiento en el vehículo.

En mayor parte los vehículos tipo buggy son de construcción artesanal, adaptando y modificando cada uno de sus sistemas automotrices y tomando como base los componentes del Volkswagen Escarabajo o Brasilia, sin considerar los efectos que se pueden producir al cambiar a una estructura tubular.

En consecuencia, de lo mencionado, al implementar un sistema de suspensión específico para un vehículo buggy, puede ocasionar problemas a sus ocupantes tanto de inseguridad y molestias, incluso problemas en adquisición de componentes para sus sistemas motrices y mantenimiento periódico siendo desfavorable para los propietarios del vehículo.

Al construir buggies en talleres automotrices lo hacen de forma empírica, tomando como una de las consideraciones que los diseños de construcción de estos buggies deben estar a nivel competitivo usando materiales resistentes y adaptando componentes automotrices que rindan al buggy de la mejor manera posible.

Las posibles modificaciones que llegan a tener los buggies están centrados en su estructura tubular y motor, llegando a cambiar por completo, pero también hay sistemas críticos como el sistema de suspensión. El cual puede ser modificado y adaptado según las características que tenga el diseño de la estructura mejorando en su fiabilidad, maniobrabilidad y confort

# JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La implementación del sistema de suspensión para un vehículo buggy, debe garantizar un rendimiento eficaz al vehículo comprometiéndose en la seguridad del mismo como la de sus ocupantes. Considerando las posibles modificaciones y adaptaciones posibles según el diseño de la estructura tubular del buggy.

Una de las razones para implementar un sistema de suspensión independiente es para que el buggy pueda competir en eventos automovilísticos de rally, adaptando una suspensión especial para competiciones considerando los parámetros de la estructura tubular del buggy, esta suspensión debe ser ideal para adaptarse a las diferentes condiciones del camino que pueden presentarse al momento de conducir el buggy.

Para realizar la implementación primero hay que comparar resultados de otras suspensiones que fueron implementadas en buggies o los problemas que tienen al momento de no implementar una suspensión adecuada. Tomando en cuenta ciertos procesos que pueden servir de ayuda al momento de adaptar una suspensión diferente al buggy.

Los beneficiarios de este proyecto serán los ocupantes del vehículo debido que el buggy será seguro, presentará estabilidad a diferentes condiciones del camino y el confort que sentirán al momento de conducir. También el buggy estará en la capacidad de competir en un evento automovilístico de rally despertando el espíritu competitivo para los amantes de este deporte que va en aumento en nuestro país.

El estudio pertinente al conocer de forma práctica y teórica el funcionamiento y los elementos que conforman la suspensión, es de gran importancia porque al momento de implementar el sistema el rendimiento debe ser el ideal para que los elementos que conforman no tengan un desgaste prematuro aprovechando cada uno de estos elementos al conducir el buggy.



# ALCANCE

El alcance del proyecto tendrá la finalidad de implementar un sistema de suspensión enfocada a la competición de rally categoría buggy, la cual se adapte a las especificaciones de la estructura tubular del vehículo.

Para implementar la suspensión se hará la selección de las suspensiones recomendadas para vehículos buggy y se tomaran en cuenta aspectos como maniobrabilidad, eficiencia y diseño referente al diseño de la estructura tubular.

Se utilizará materiales que brinden la resistencia y seguridad en la suspensión, considerando las recomendaciones que emite la FEDAK en sus reglamentos técnicos, además de adquirir los materiales los cuales deben ser accesibles y económicos.

Según sean las condiciones del camino el buggy estará adecuado a adaptarse a estos cambios de forma segura brindando eficiencia y confort al conducir el vehículo buggy.

# MARCO TÉORICO



# SISTEMA DE SUSPENSIÓN



# SISTEMA DE SUSPENSIÓN

## FUNCIONES

AYUDAR



CONSERVAR



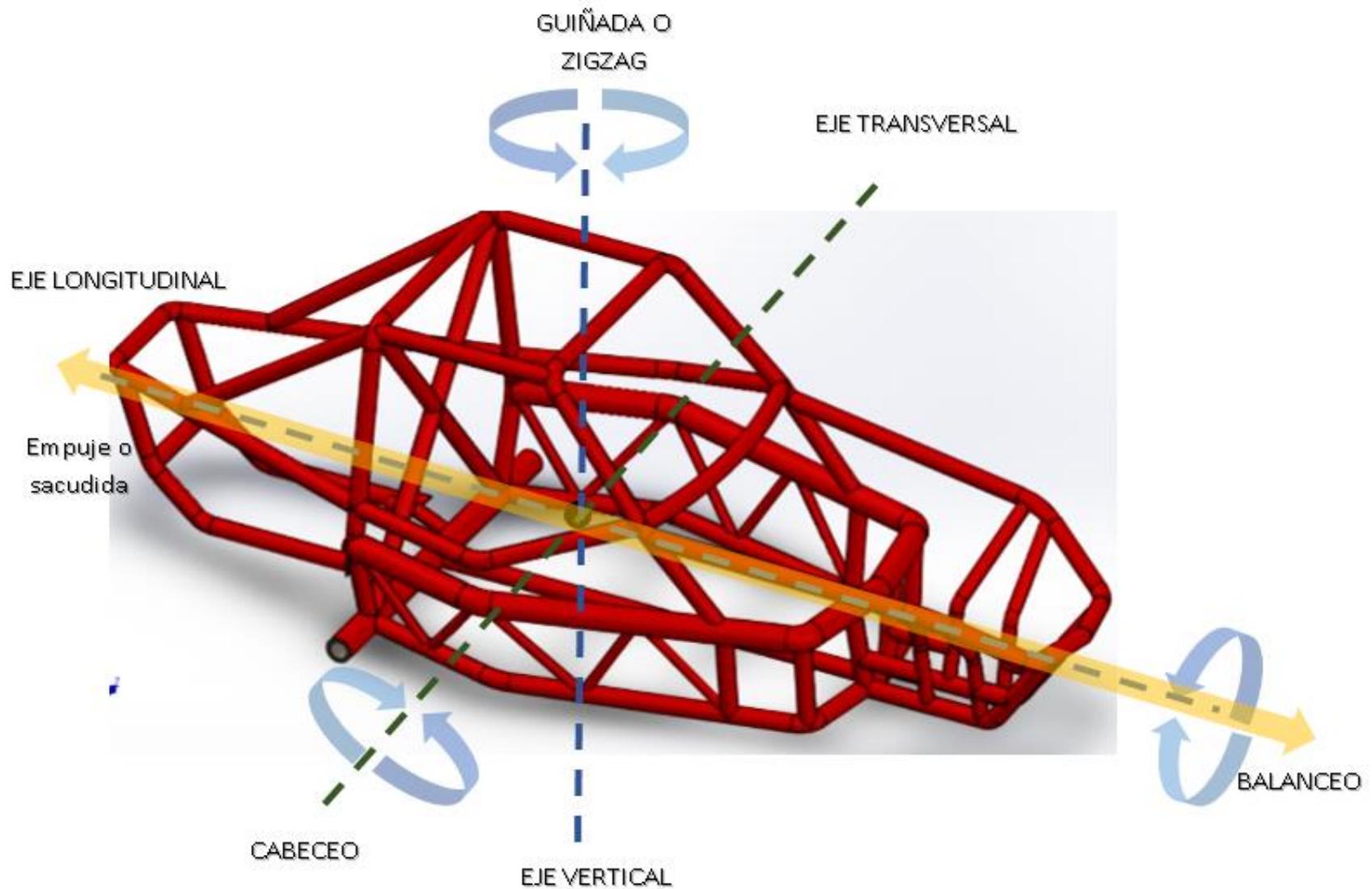
SOPORTAR



DISMINUIR

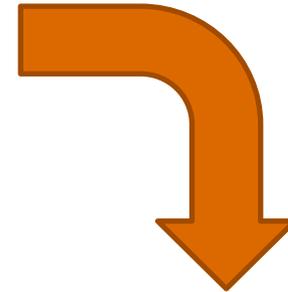
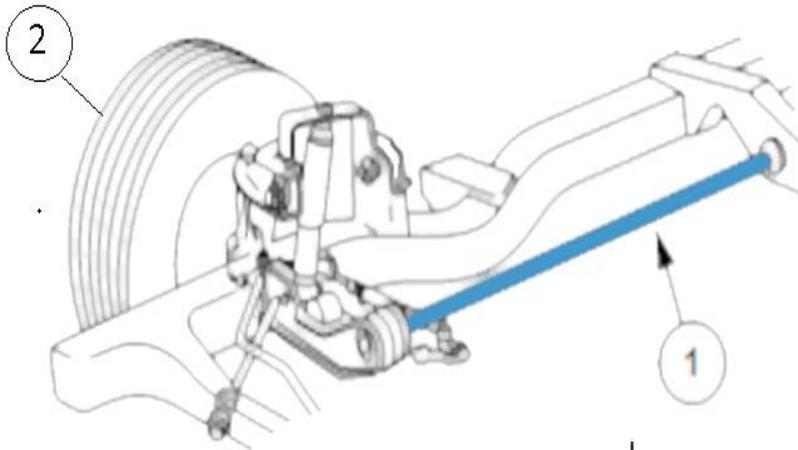


# ANOMALÍAS EN LA ESTRUCTURA TUBULAR DEL BUGGY

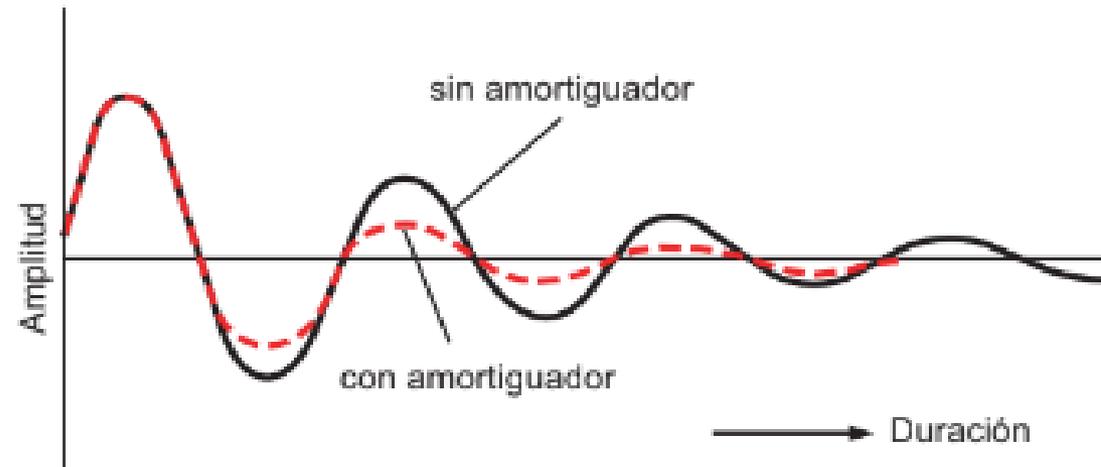


# SISTEMA DE SUSPENSIÓN

## ELEMENTOS ELÁSTICOS



## ELEMENTOS DE AMORTIGUACIÓN



# AMORTIGUADORES

## FUNCIONES

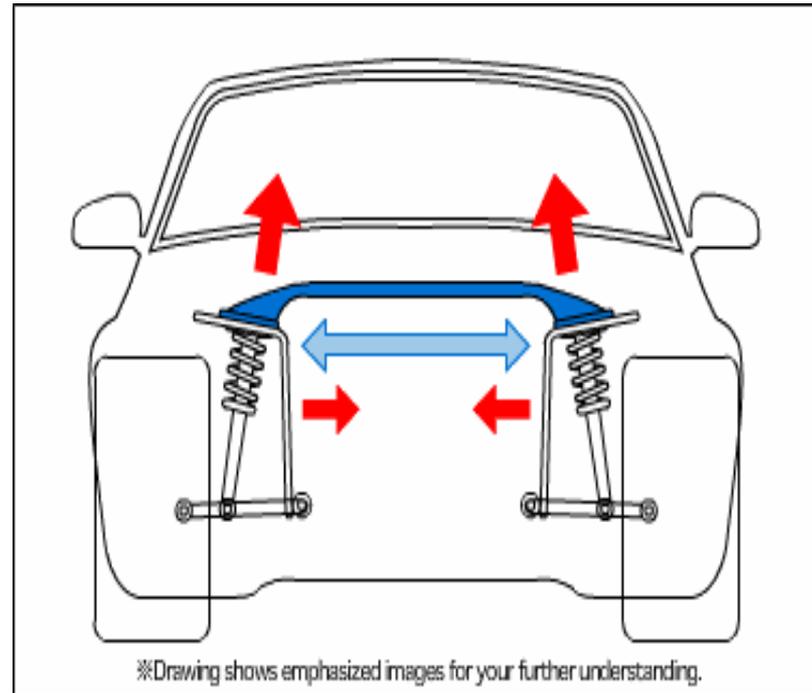
CONTROLAR

BRINDAR

MANTENER

AYUDAR

DISMINUIR



Nota. adoptado de *Diseño Automotriz*. Pacheco M, S.f.

<https://dautomotrizuft.weebly.com/suspensioacuten.html>

Una característica que también se debe tomar en cuenta, Chacón (2009) afirma “La resistencia es inversa a la velocidad, cuanto más rápido se mueva la suspensión, más resistencia suministra el amortiguador” (p. 18).



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

# AMORTIGUADORES



DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS
Largo de punta a punta	42 mm
Tipo de amortiguador	Hidráulico
Lado de instalación	posterior
Longitud extendida	397 mm
Longitud comprimida	254 mm
Carrera	143 mm

Nota. Adoptado de *Ficha Técnica* , Refaccionaria Mario, 2020,

<https://refaccionariamario.com/amortiguadores/182-amortiguador-hidraulico-trasero-boge-para-vw-sedan-1500-1600-1600i-safari-brasilia>



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

# AMORTIGUADORES



DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS
Longitud Comprimida	12.500" (317.5 mm)
Longitud Extendida	20.375" (517.525 mm)
Material cubre polvo	Metálico
Tipo de montura inferior	5/8" x 1,5/16" (127mm x 38.1 mm )
Tipo de montura superior	5/8" x 1,5/16" (127mm x 38.1 mm )
Viaje	7.875" (200.025 mm)
Peso de carga máxima	450 kg

Nota. adoptado de *Monroe Amortiguadores y Struts*, Monroe , s.f,

[http://www.monroe.com/es-US/e-catalog/58567?fbclid=IwAR0-](http://www.monroe.com/es-US/e-catalog/58567?fbclid=IwAR0-6JeJmxHsP-u6tyKyTJtGfSrMtackDnYs9EBA473s2DzazDCozjPzcl)

[6JeJmxHsP-u6tyKyTJtGfSrMtackDnYs9EBA473s2DzazDCozjPzcl](http://www.monroe.com/es-US/e-catalog/58567?fbclid=IwAR0-6JeJmxHsP-u6tyKyTJtGfSrMtackDnYs9EBA473s2DzazDCozjPzcl)



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

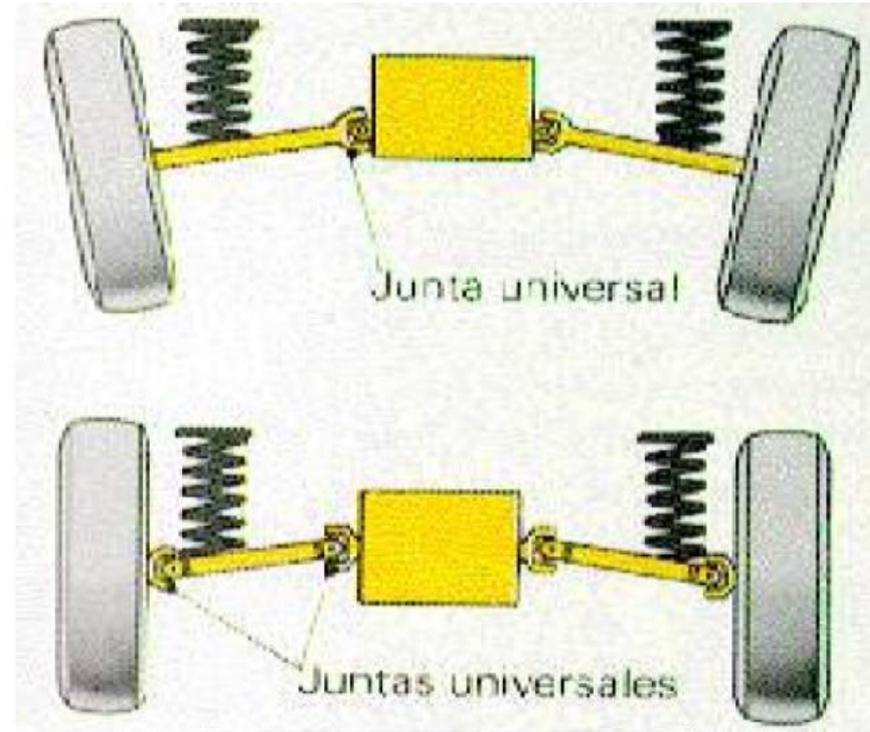
# ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS Y DE GUIADO



# ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS Y DE GUIADO

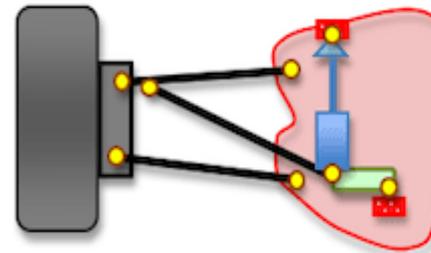
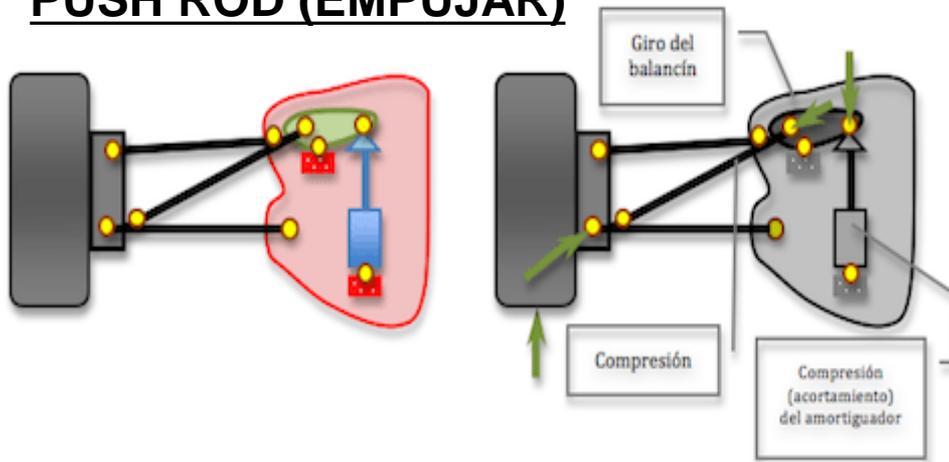


# SISTEMA DE SUSPENSIÓN INDEPENDIENTE

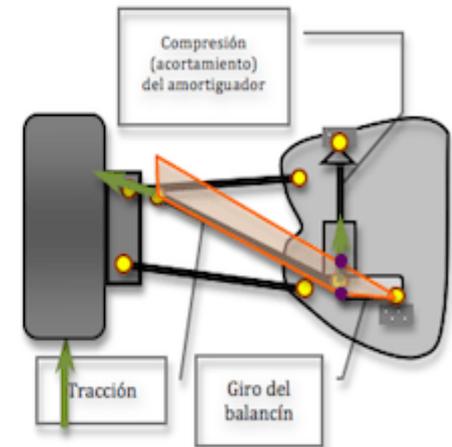


# SISTEMA DE SUSPENSIÓN DE COMPETICIÓN

## PUSH ROD (EMPUJAR)



## PULL ROD (TIRAR)



# SELECCIÓN SUSPENSIÓN INDEPENDIENTE

REQUERIMIENTOS	ESPECIFICACIÓN	PORCENTAJE
<b>Implementación para el buggy</b>	-La suspensión tiene que ser especialmente para la parte delantera y de fácil implementación.	10%
<b>Recorrido de la suspensión</b>	-El recorrido es fundamental porque el sistema tiene que tener movilidad sin inconvenientes y esta sea eficaz en todas las condiciones de terreno	15%
<b>Resistencia</b>	-Debe ser lo más resistente posible ya que va estar expuesto a condiciones de carretera off –road, también va estar en condiciones de soportar grandes cargas como: obstáculos, golpes, entre otros.	25%
<b>Maniobrabilidad y estabilidad</b>	-En este sentido la suspensión no debe ser ni muy blanda ni muy rígida, para que el conductor pueda maniobrar con facilidad el vehículo sin perder el control. También tiene que ver mucho con los ángulos de convergencia, cáster y cámbber.	30%
<b>Peso</b>	-Su material debe ser el adecuado tomando en cuenta el diseño del buggy	10%
<b>Estética</b>	- Si el tipo de suspensión va a ser propia de un vehículo ya que podría quedar desproporcionado al diseño del buggy o en otros casos diseñarlos y construirlos ya que este sistema va estar a la vista este sería un factor muy importante para el buggy.	10%

# SELECCIÓN SUSPENSIÓN INDEPENDIENTE

## SELECCIÓN DE LA SUSPENSIÓN DELANTERA

Puntuación de 0 a 10

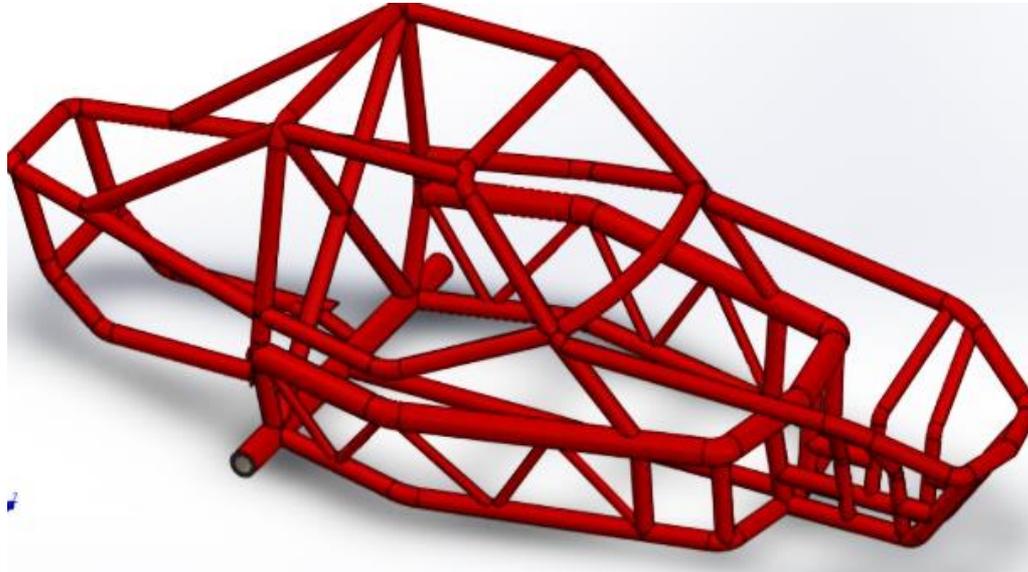
Donde 0 es la más baja puntuación y 10 es la puntuación más alta, con la valoración de porcentaje de cada requerimiento realizada en la tabla N 3.

TIPOLOGÍA	Brazos tirados con Barras de torsión	(Doble Triángulo)	Especiales
REQUERIMIENTOS			
Implementación para buggy (10%)	7	10	8
Recorrido de la suspensión (15%)	6	9	8
Resistencia (25%)	8	8	5
Maniobrabilidad y estabilidad (30%)	5	8	9
Peso (10%)	4	9	8
Estética (10%)	6	8	5
Puntaje total	36	52	45
Porcentaje	61%	84%	75%
Selección	<b>NO</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>

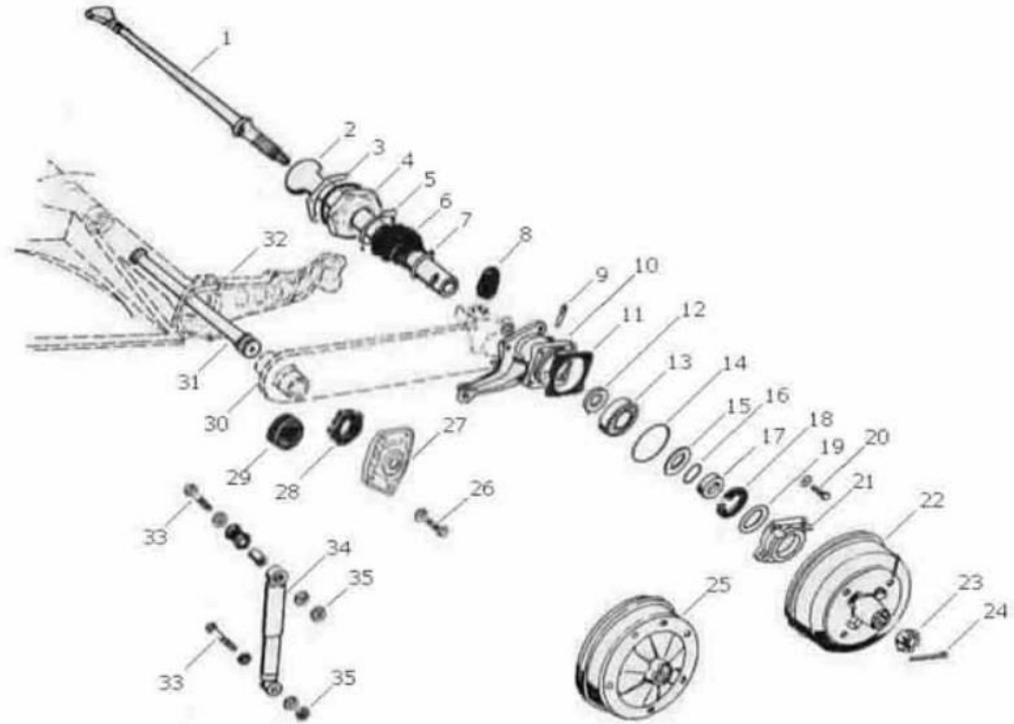
**IMPLEMENTACIÓN Y  
ADAPTACIÓN  
DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN  
INDEPENDIENTE EN LAS CUATRO  
RUEDAS  
PARA UN VEHÍCULO TIPO BUGGY**



# ESTRUCTURA TUBULAR DEL BUGGY



# SISTEMA DE SUSPENSIÓN TRASERA



10	Fundición de cojinete del tubo del eje exterior	31	Barra de torsión
26	Perno hexagonal	32	Corte de carcasa de torsión
27	Tapa de placa de resorte	33	Perno de choque
28	Arandelas de placa de resorte	34	Amortiguador trasero
29	Ojal de placa de resorte	35	Tuerca para amortiguador con tuercas autoblocantes
30	Placa de resorte (pluma)		

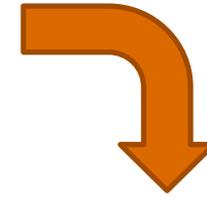


# VENTAJAS Y DESVENTAJAS

<b>SISTEMA DE (DOBLE TRIÁNGULO)</b>	
<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
-Utilizados para el tren delantero y trasero	-Sistemas muy costosos
-Permite mayor maniobrabilidad	-Alta complejidad de construcción
-Absorbe gran cantidad de ruidos y vibraciones	-Mantenimiento muy complejo
<b>SISTEMA DE BRAZOS OSCILANTES (SWING AXLE)</b>	
-Tiene mayor resistencia	-Puede llegar a ser inestable provoca cambios de inclinación positivos en ambos lados
-Mayor agarre en carretera	-Pueden presentar fallas
-Facilita estabilidad al vehículo	-Tiene que tener una altura adecuada para evitar el desgaste excesivo de los neumáticos
-Funcionamiento sencillo	-El recorrido vertical es muy limitado



# SISTEMA DE SUSPENSIÓN TRASERA





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

# MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Aplicación	Materiales	Especificaciones
Mesas de suspensión	Tubería	<ul style="list-style-type: none"><li>-ASTM A53 GRB</li><li>conducción de fluidos y gases y en general.</li><li>-Recubrimiento negro</li><li>- Dimensión 42.2 mm</li><li>- Tubería sin costura célula 40</li></ul>
Bases de bujes	Eje de acero	<ul style="list-style-type: none"><li>-Eje AISI 4340</li><li>- Resistente a la tracción, torsión, y a cambios de flexión.</li><li>-Aplicaciones para brazos de dirección, barras de torsión, cigüeñales, ejes para aviones, entre otros.</li><li>-Dimensión 58.8 mm</li></ul>
Bases de suspensión delantera	Platinas	<ul style="list-style-type: none"><li>-ASTM A36 (NTC1920)</li><li>-Soldabilidad alta</li><li>-Dimensión 2" x 1/4" (50 mm x 6.35 mm)</li></ul>



Silentblocks Barra de Grilon

- Poliamida PA-6
- Soporta temperaturas de 10°a 100°
- Buena resistencia mecánica, fatiga y desgaste.

de

- Estabilidad dimensional por la absorción de humedad.
- dimensiones diámetro 3" (76 mm)



Sujeción de las mesas de la suspensión

- Norma ASTM A3534 BD o SAE J429
- Pernos hexagonales de grado 8
- Aplicaciones para de alta tensión, válvulas, bombas y sistemas de suspensión automotriz.
- Dimensión de diámetro 1/2"
- Cada perno con su respectiva tuerca de seguridad.



Unión de tubería de Sueda

- MIG (METAL INERT GAS), también denominado GMAW (GAS METAL ARC WELDING) soldadura a gas y arco metálico
- Eficiencia de soldadura de 80% a 95%.
- soldadura desde 0.7 a 6mm sin preparación de bordes.
- Buen acabado superficial.



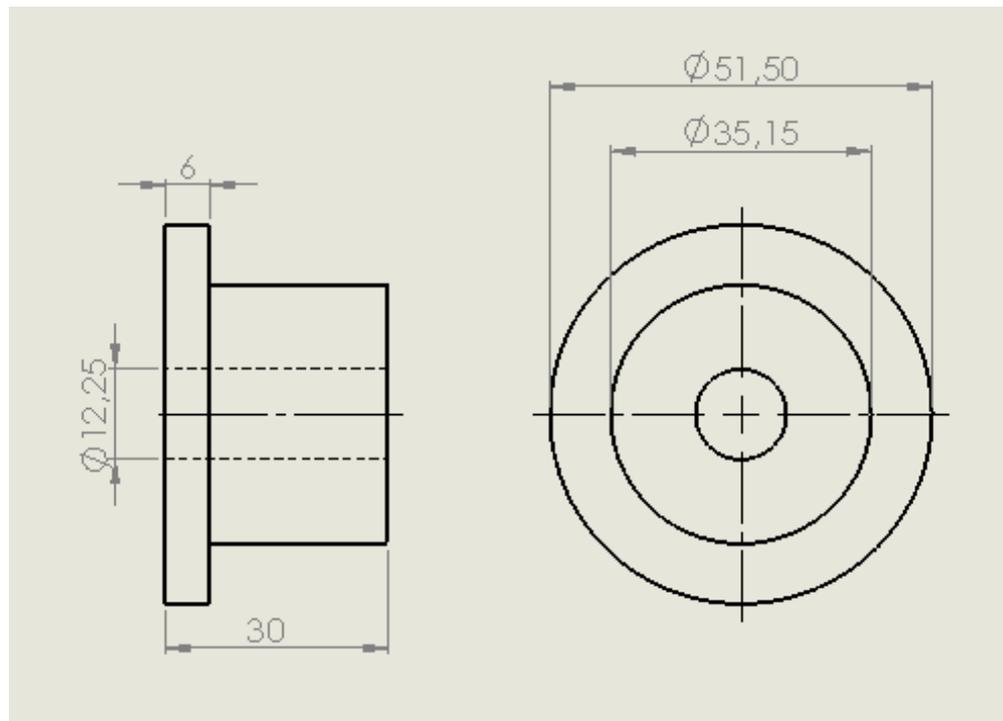
# SISTEMA DE SUSPENSIÓN DELANTERA



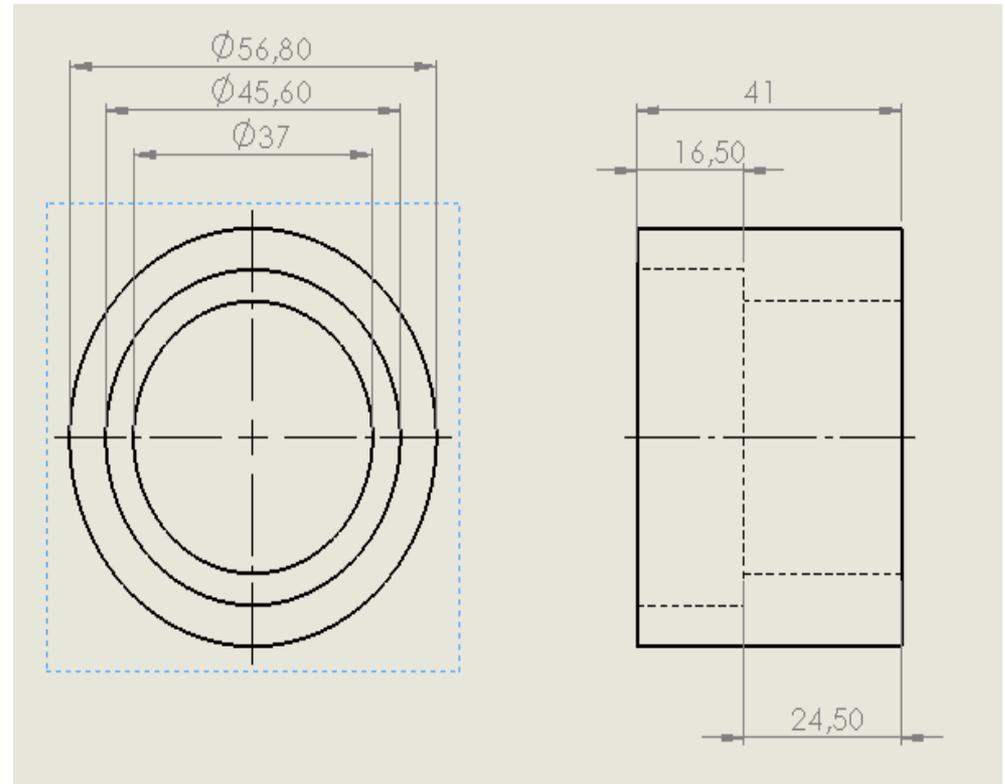
## BASES SILENTBLOCKS



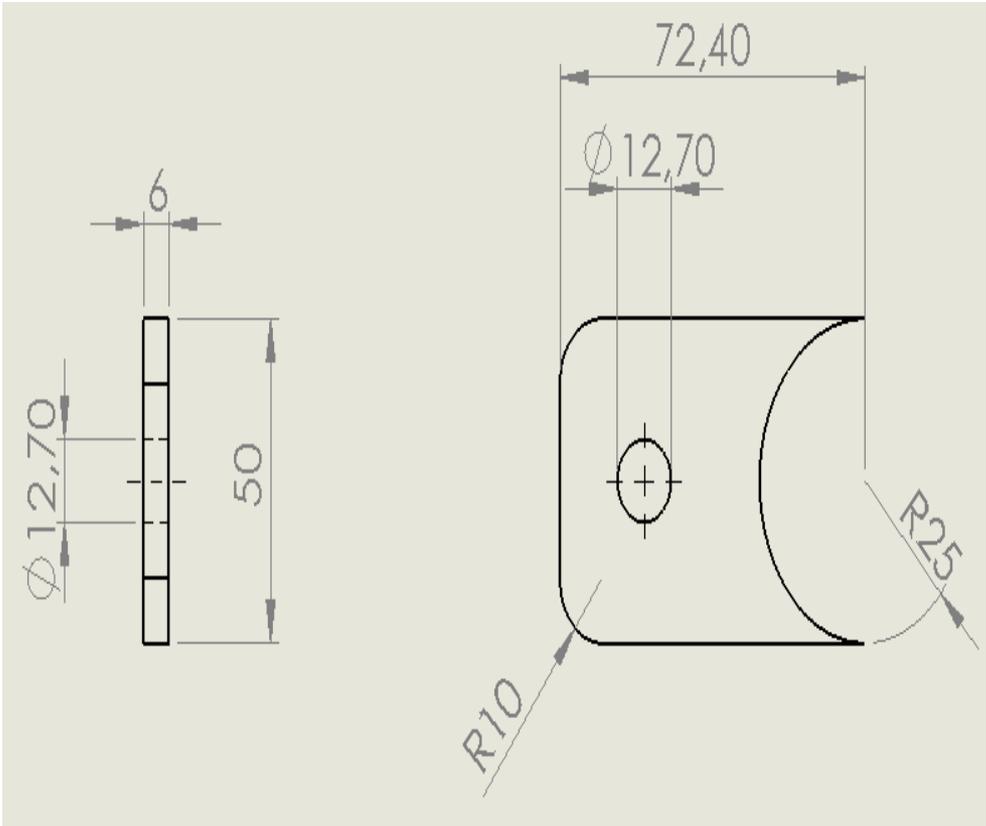
## SILENTBLOCKS



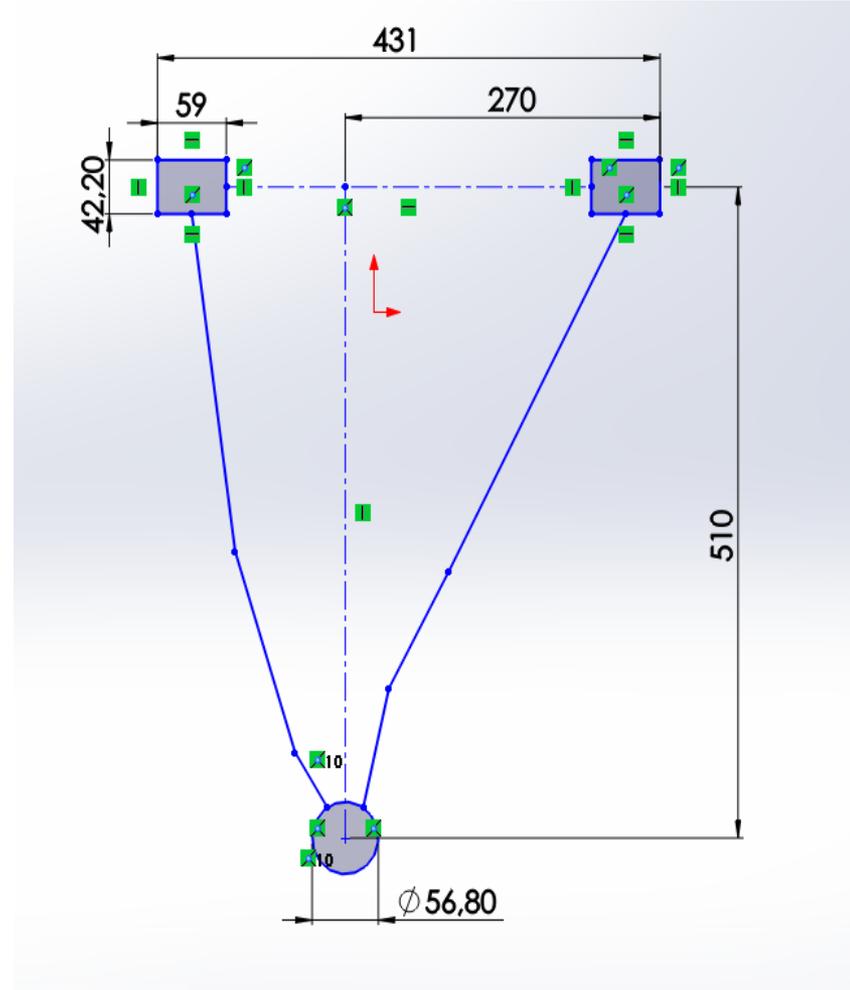
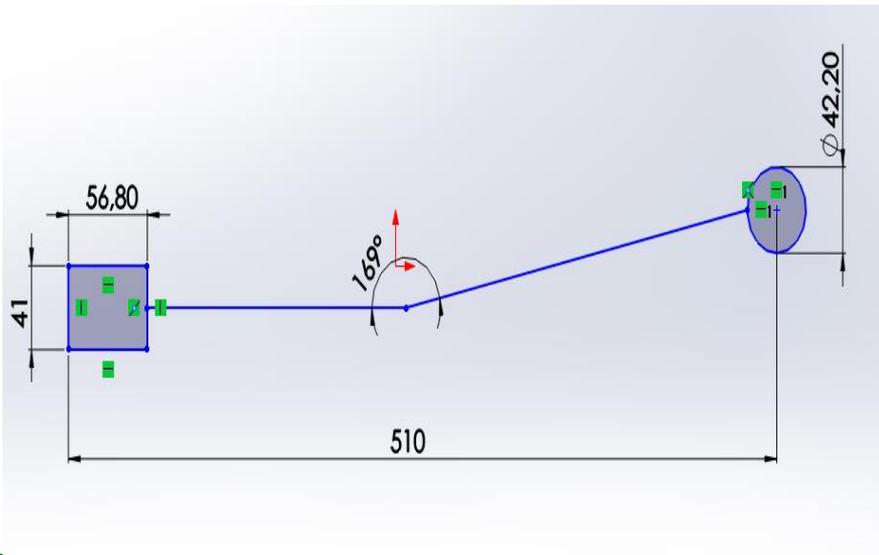
# BASES RÓTULAS



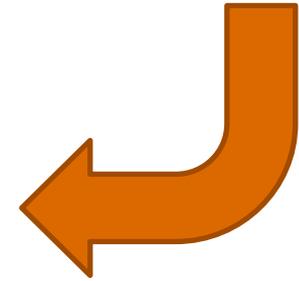
# SOPORTES DE LOS TRIÁNGULOS DE SUSPENSIÓN



# TRIÁNGULOS INFERIORES

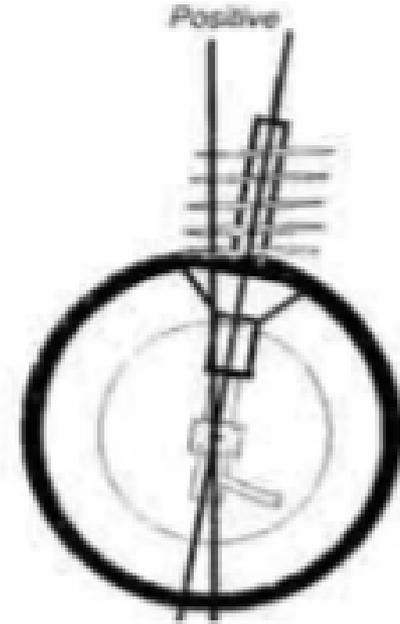


# TRIÁNGULOS INFERIORES



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

# TRIÁNGULOS SUPERIORES

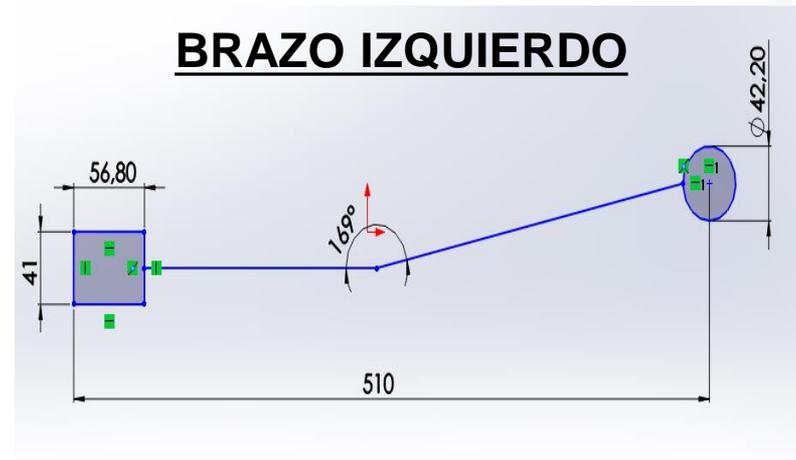
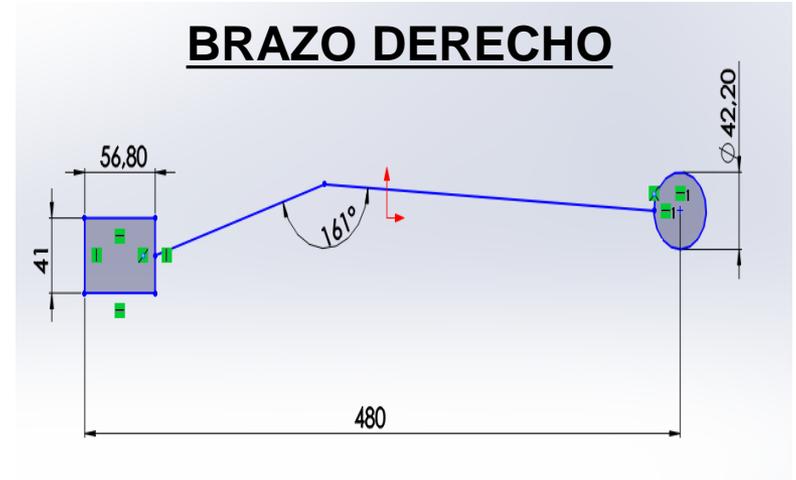
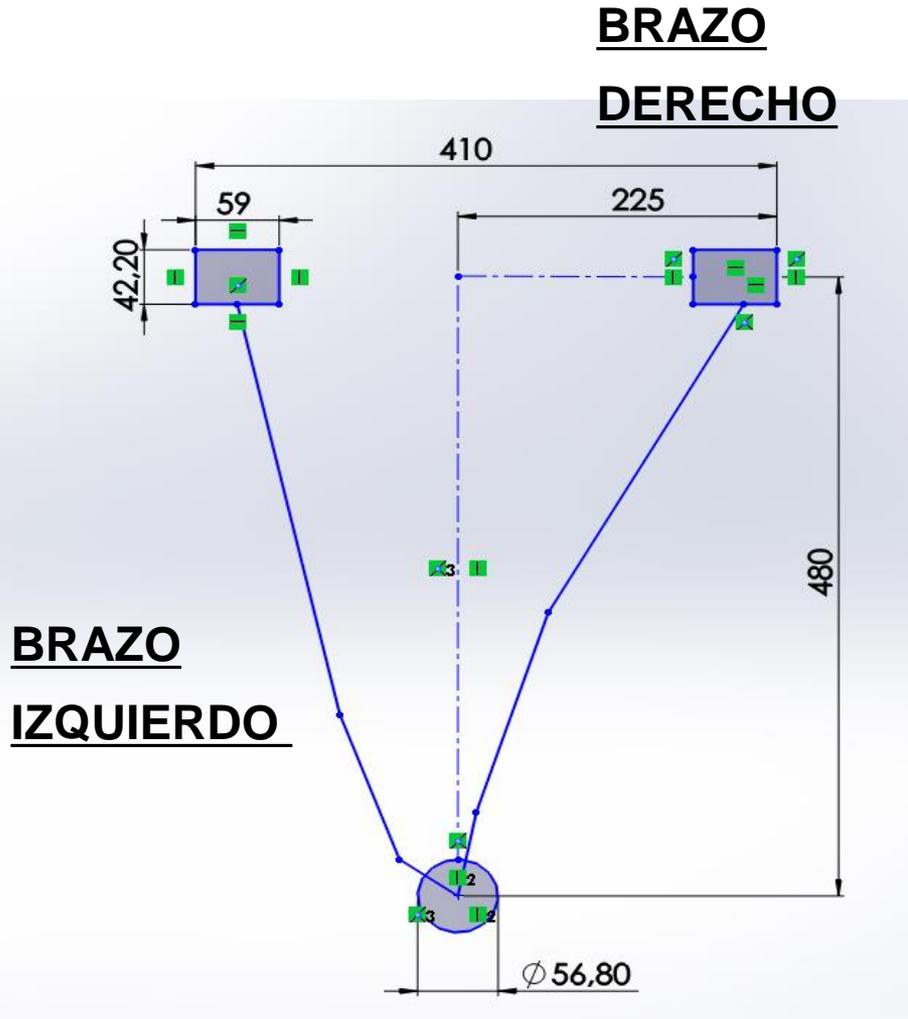


El ángulo de avance se considera en sentido de la marcha



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

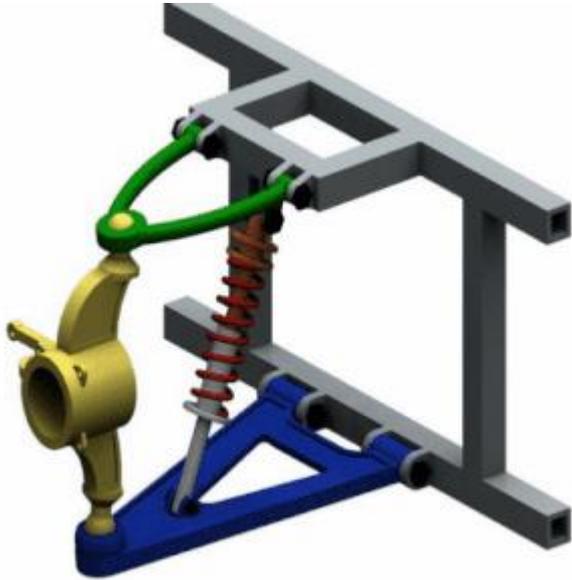
# TRIÁNGULOS SUPERIORES



# TRIÁNGULOS SUPERIORES



# BASES DE LOS AMORTIGUADORES DELANTEROS



Nota. adoptado de *Diseño Automotriz*. Pacheco M, S.f.  
<https://dautomotrizuft.weebly.com/suspensioacuten.html>

## DIMENSIONES DEL RECORRIDO

Compresión: 310,5mm

Expansión: 510,5mm





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

# ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS Y DE GUIADO



# PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL VEHÍCULO BIPLAZA TIPO BUGGY

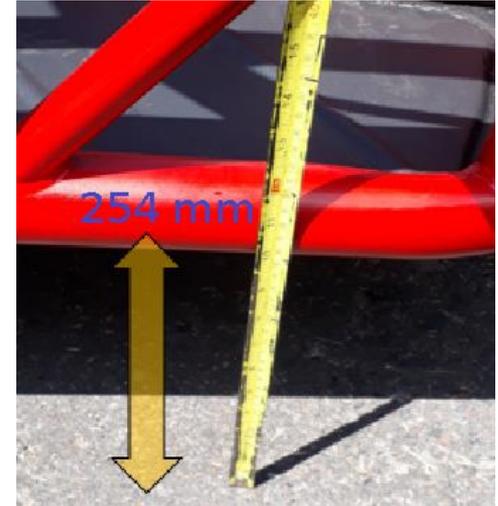


# ALTURA DEL VEHÍCULO

## CON CARGA

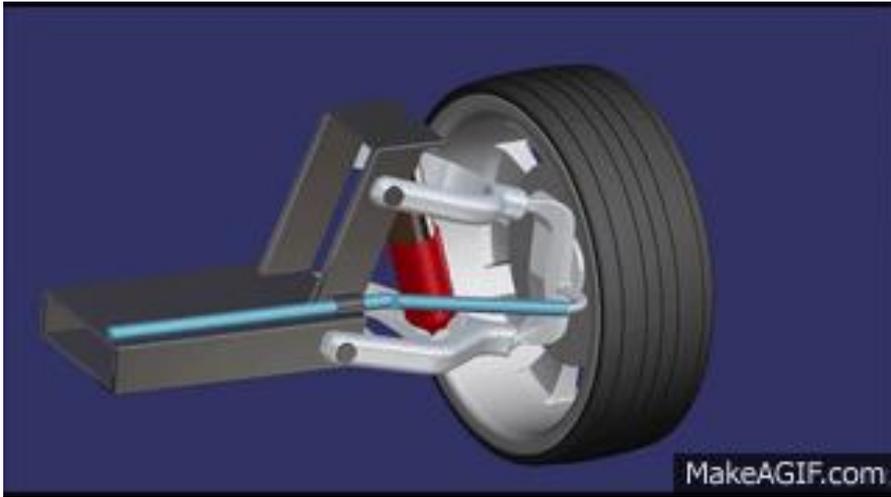


## SIN CARGA



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

# VERIFICACION SUSPENSION DELANTERA



Nota. Adoptado de *Double wishbone suspension system.*, makeagif, 2020  
<https://makeagif.com/gif/double-wishbone-suspension-system-BpFwRW>



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



## VERIFICACIONES SISTEMA DE SUSPENSIÓN

Accionamiento	Malo	Regular	Excelente	Observación
Cabeceo al Frenar		x		Leve
Anomalías en la carrocería			x	Ninguna
Rebotes del sistema			x	Ninguna
Absorción del sistema			x	Ninguna
Comportamiento del sistema en rompe velocidades			x	Ninguna
Estabilidad a 10 km/h			x	Ninguna
Estabilidad a 30 km/h			x	Ninguna
Viraje a 10 km/h			x	Ninguna
Viraje a 30 km/h			x	Ninguna



# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



## CONCLUSIONES

Al analizar los sistemas de suspensión que existen para los vehículos buggy y prototipos son similares pero cada suspensión era adaptada a las condiciones que a estructura tubular presenta y en la mayor parte de vehículos prototipos llegan a modificar sus suspensiones al grado de construir sus propias piezas para tener un buen rendimiento según las características y requerimientos del prototipo.

El procedimiento para adaptar un sistema de suspensión diferente es de que hay que tomar en cuenta el diseño del buggy y al eje al que va ser implementada, para el eje delantero existen ciertas características de funcionamiento ideal en las ruedas directrices para evitar problemas en una competencia de rally.

Al implementar las bases del amortiguador, las características del amortiguador coincidían con el recorrido al momento de comprimirse y expandirse, de igual manera la ubicación del amortiguador fue muy importante para que estos mantengan a las llantas firmes al suelo y pueda vencer la fuerza de impacto fácilmente al pasar por un obstáculo evitando inconvenientes a sus ocupantes.

En las pruebas realizada en el buggy al momento de pasar por varios obstáculos como rompe velocidades a alta velocidades el vehículo siempre se mantuvo estabilizado su rendimiento fue muy eficaz en donde se pudo observar con claridad como es el funcionamiento del sistema de suspensión delantera y trasera del vehículo biplaza tipo buggy.



## RECOMENDACIONES

El buggy al ser un vehículo de construcción artesanal son vehículos en donde se puede apreciar de mejor manera los sistemas automotrices implementados en el vehículo, de tal manera que se llegan a usar materiales resistentes dedicados especialmente para competencia de rally.

Si el vehículo tipo buggy cuenta con la mayoría de componentes en especial de vehículos Volkswagen es recomendable seguir las recomendaciones que el manual ofrece realizando su debido mantenimiento y cambios en sus repuestos automotrices.

La suspensión trasera fue implementada del Volkswagen Brasilia, fue importante revisar que cada elemento esté en buen estado y que no presenten roturas o torceduras que limiten su rendimiento al conducir por vías asfaltadas o fuera de pista.

La suspensión delantera no debe ser muy rígida porque al momento de pasar por una curva las ruedas no responderían al movimiento de la dirección lo cual podría causar un accidente deben ser sutilmente blanda para poder tener un leve cabeceo el cual haría que los neumáticos respondan al movimiento de la dirección haciendo que este movimiento sea suave para el conductor.



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

*Inteligencia mas carácter esa es la meta de la verdadera educación  
-Martin Luther King Jr.*

**GRACIAS**

