

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTORES: GUACHO CONDOR LUIS MANUEL
TACO PALOMO MICHAEL FERNANDO**

**DIRECTOR: ING. TORRES GUIDO
ING. TERÁN HECTOR**

LATACUNGA, DICIEMBRE 2014



TEMA: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA TRICIMOTO MONOPLAZA CON MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA Y SISTEMA DE DIRECCIÓN BASCULANTE”



INTRODUCCIÓN

En la Universidad de las Fuerzas Armadas se requiere impulsar la investigación de nuevas tecnologías y generar nuevos medios de transporte que permitan un ambiente mas funcional en la vía publica y amigable con el medio ambiente, por lo cual se hace necesario un proyecto que aporte al desarrollo de la movilidad vehicular.

Debido a esta necesidad diseñaremos y construiremos una tricimoto monoplaza con motor de combustión interna de 150 cc y sistema de dirección basculante, considerado como un medio de transporte alternativo de bajo consumo de combustible, reducción de contaminación al medio ambiente, fácil parqueo en zonas altamente transitadas debido a sus dimensiones y seguridad al conductor en lo que se refiere a estabilidad.



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

EFFECTOS →

Dificultad de transitar en las avenidas debido al aumento del parque automotor en el país y no contar con medios de transporte alternativos.

PROBLEMA CENTRAL →

Aumento del congestionamiento vehicular excesiva contaminación ambiental.

CAUSAS →

Excesivo uso del automóvil para recorrer distancias cortas.

Falta de espacios destinados para la movilidad mediante vehículos alternativos.

Falta de vehículos alternativos y desconocimiento de la población.



JUSTIFICACIÓN

Una solución a este gran problema que crece constantemente, es general alternativas de transporte, entre ellos las motocicletas de las cuales se originan las tricimotos que tienen por finalidad permitir una movilidad de un lugar a otro con mayor facilidad, evitando o sin interferir de manera notoria en el tránsito de las ciudades, siendo éstas menos contaminantes ya que funcionan con motores de poco cilindraje.

Para el desarrollo del prototipo se toma en cuenta un diseño apropiado, los materiales que cumplan con las características necesarias, elección del motor de combustión interna y demás componentes, para producir una tricimoto de bajo consumo de combustible que genere menos emisiones contaminantes y que sea más seguro con lo que respecta a estabilidad.



OBJETIVOS

GENERAL:

- ✓ Diseñar y construir una tricimoto monoplaza con motor de combustión interna y sistema de dirección basculante, considerado como transporte alternativo que ayude a la solución del tráfico vehicular en ciudades del Ecuador

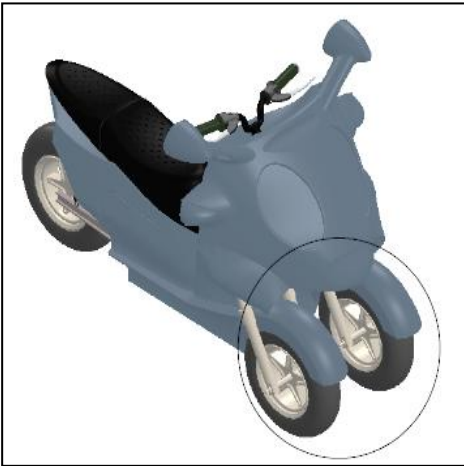


ESPECÍFICOS:

- ✓ Determinar los parámetros de diseño para los elementos y sistemas del prototipo.
- ✓ Selección de elementos y sistemas de acuerdo a las características y necesidades del prototipo.
- ✓ Diseñar y simular el prototipo en softwares CAD/CAE bajo parámetros de funcionamiento.
- ✓ Construcción del prototipo bajo altos estándares de calidad.
- ✓ Determinación de prestaciones.

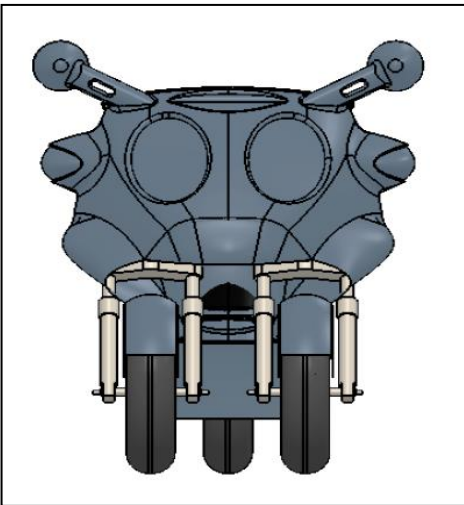
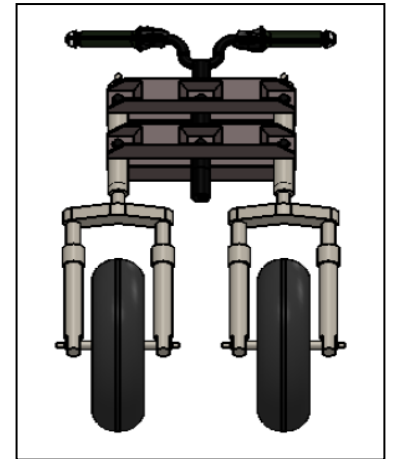


TRICIMOTO



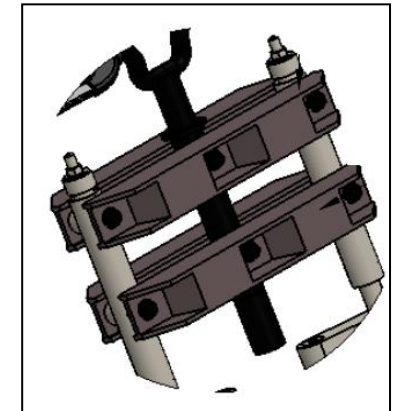
Alternativo

Maniobrable



Funcional

Seguro



- Tricimoto monoplaza

- Caminos de primer orden

**TIPO
VEHÍCULO**

USO

**VALORES A
TRANSMITIR
IMAGEN DE
MARCA**

**PÚBLICO
OBJETIVO**

- Diversión
- Exclusividad
- Estabilidad

- Mayores 18 años.
- Circuito de prueba:
menores de 18 años
según condiciones de
manejo.



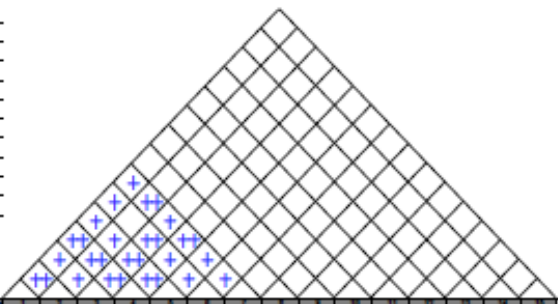
REQUERIMIENTOS TÉCNICOS PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA TRICIMOTO



Title: Diseño y construcción de una flota de helicópteros
 Author: Daniel Loa - Tico Muñoz
 Date: 19/03/2014
 Notes:

Legend

- ⊕ Strong Relationship 9
- Moderate Relationship 3
- △ Weak Relationship 1
- ++ Strong Positive Correlation
- + Positive Correlation
- Negative Correlation
- ▼ Strong Negative Correlation
- ▽ Objective To Monitor
- ▲ Objective To Maximize
- X Objective To Hit Target



| Row # | Max. Goal weight (Value In Use) | Relative Weight | Weight Importance | Customer # | Description of Requirement (Minimize, Maximize, A, or Target) | Customer # | | | | | | | | | | | | Competitive Analysis (Customer #) | | | | | | | | | |
|-------|---------------------------------|-----------------|-------------------|------------|--|--------------|----------------------------|----------------------|-------------|--------------------|-------|---------------------------------|---|---|----|----|----|-----------------------------------|----|----|----|----|----|--|--|--|--|
| | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | | | | |
| | | | | | Quality Characteristics (i.e. "Functional Requirements" or "Issues") | DEFINICIONES | IMPLEMENTACIÓN | SISTEMA DE DIRECCIÓN | PERO TO TAL | VELOCIDAD/AGILIDAD | MEJOR | ALTERNATIVA/ CORTES DE GANANCIA | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 9 | 17,4 | 4,0 | | BAJO PESO | ⊕ | ▲ | ○ | ○ | ○ | ○ | ▲ | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 9 | 17,4 | 4,0 | | ESTABLE | ▲ | ○ | ○ | ○ | ○ | ▲ | ▲ | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 9 | 15,2 | 3,5 | | CONFORTABLE | ○ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 9 | 15,2 | 3,5 | | DURADERO | ○ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 9 | 17,4 | 4,0 | | SEGURO AL VUELO | ▲ | ○ | ○ | ○ | ○ | ▲ | ○ | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 9 | 17,4 | 4,0 | | MANTENIBLE | ○ | ▲ | ○ | ○ | ○ | ▲ | ○ | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | Target or Limit Value | METROLOGIA | MANEJO DE TELECOMUNICACION | IMPLEMENTACION | 20 Kg | 45km | 7 Eje | 9 Eje | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | Difficulty (Only in Assembly, 1=Extremely Effort) | 5 | 5 | 7 | 5 | 7 | 5 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | Max. Relationship Value in Customer | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | Weight Importance | 440,3 | 269,3 | 324,9 | 480,2 | 667,0 | 348,9 | 311,4 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | Relative Weight | 14,8 | 8,6 | 10,9 | 15,3 | 21,8 | 6,4 | 11,2 | | | | | | | | | | | | | | | |

Powered by QFD Online <http://www.QFDOnline.com>

CASA DE CALIDAD

MAPA MORFOLÓGICO TRICIMOTO

| CRITERIOS DE EVALUACIÓN | ALTERNATIVA 1 | ALTERNATIVA 2 |
|-------------------------|--|--|
| MECANISMO | Mantenimiento Económico Confiabilidad | Mantenimiento Económico Confiabilidad |
| DIMENSIONES | Poca vibración Peso considerable Diseño aerodinámico | Poca vibración Peso considerable Diseño aerodinámico |
| DURABILIDAD | Materiales Estándar | Materiales Estándar |
| ERGONOMÍA | Operación Seguridad | Operación Seguridad |
| ALTA VELOCIDAD | Potencia Transmisión | Potencia Transmisión |

MAPA MORFOLÓGICOS



TRICIMOTO



| CRITERIOS DE EVALUACIÓN | PARÁMETROS | % | NOTA | PONDERACIÓN | NOTA | PONDERACIÓN |
|-------------------------|--------------------------|------|------|---------------|---------------|-------------|
| Mecanismo | 0,33 Económico | 0,26 | 3 | 0,2574 | 4 | 0,3432 |
| | 0,33 Confiabilidad | 0,22 | 4 | 0,2904 | 3 | 0,2178 |
| | 0,33 Versatilidad | 0,33 | 3 | 0,3267 | 5 | 0,5445 |
| | 0,33 Mantenimiento | 0,19 | 5 | 0,3135 | 5 | 0,3135 |
| Dimensiones | 0,22 Poca vibración | 0,47 | 4 | 0,4136 | 2 | 0,2068 |
| | 0,22 Peso | 0,2 | 3 | 0,132 | 4 | 0,176 |
| | 0,22 Diseño aerodinámico | 0,33 | 2 | 0,1452 | 5 | 0,363 |
| Durabilidad | 0,1 Materiales | 0,75 | 3 | 0,225 | 4 | 0,3 |
| | 0,1 Estándar | 0,25 | 4 | 0,1 | 5 | 0,125 |
| Ergonomía | 0,19 Modular | 0,3 | 4 | 0,228 | 4 | 0,228 |
| | 0,19 Operacional | 0,4 | 3 | 0,228 | 5 | 0,38 |
| | 0,19 Seguridad | 0,3 | 3 | 0,171 | 4 | 0,228 |
| Alta velocidad | 0,16 Potencia | 0,25 | 5 | 0,2 | 5 | 0,2 |
| | 0,16 Lubricación | 0,25 | 3 | 0,12 | 4 | 0,16 |
| | 0,16 Transmisión | 0,3 | 4 | 0,192 | 4 | 0,192 |
| | 0,16 Torque | 0,2 | 3 | 0,096 | 4 | 0,128 |
| TOTAL | | | | 3,4388 | 4,1058 | |

MAPA DE PONDERACIÓN

PROTOTIPO

TRICIMOTO

SUB- SISTEMA

SISTEMA ESTRUCTURAL

MECANISMO BASCULANTE

SISTEMA DE DIRECCIÓN

SISTEMA DE SUSPENSIÓN

SISTEMA DE FRENOS

SISTEMA DE ENCENDIDO

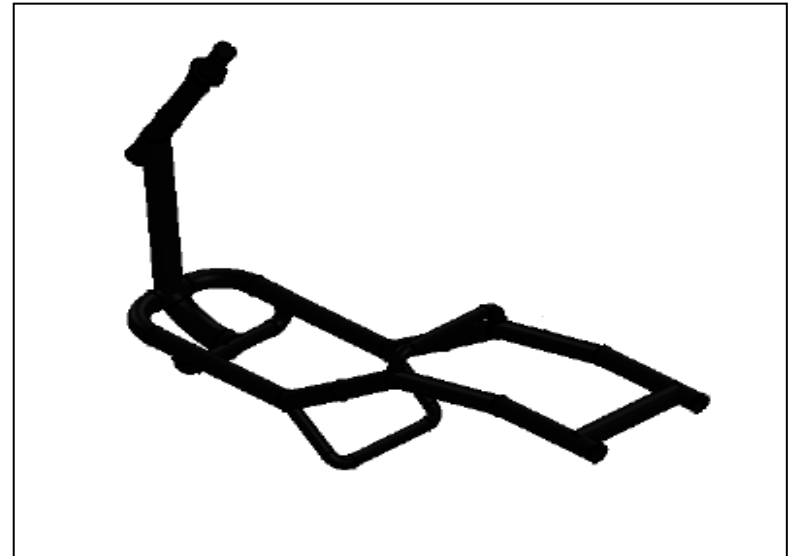
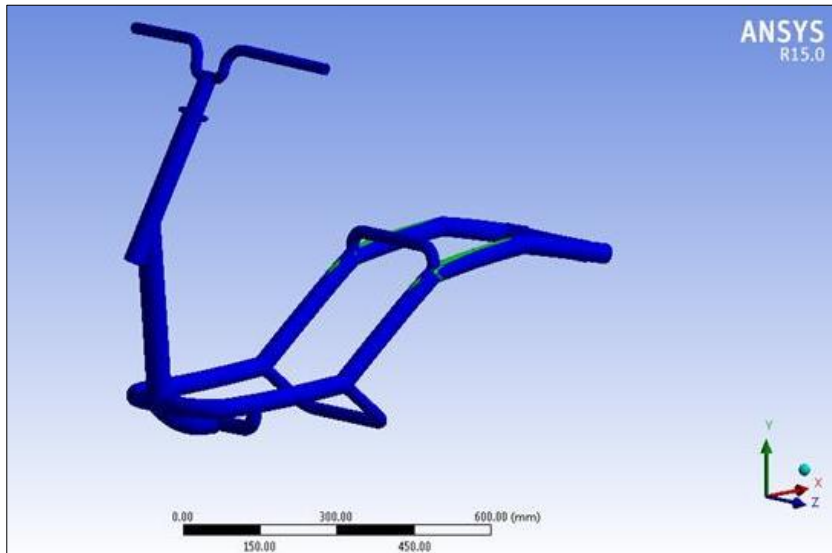
SISTEMA DE ELÉCTRICO

TREN MOTRIZ

DETERMINACIÓN DE SUBSISTEMAS



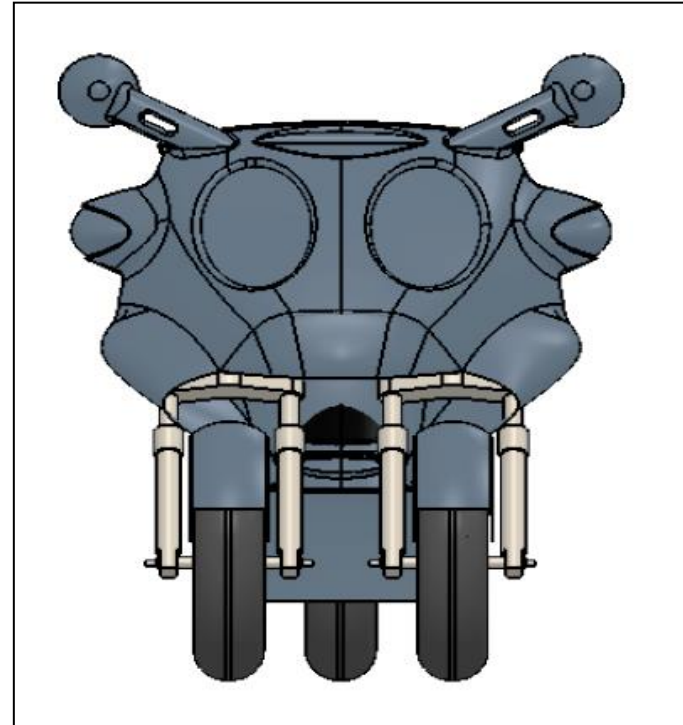
EL BASTIDOR



Sobre el se montan y sujetan todos los mecanismos



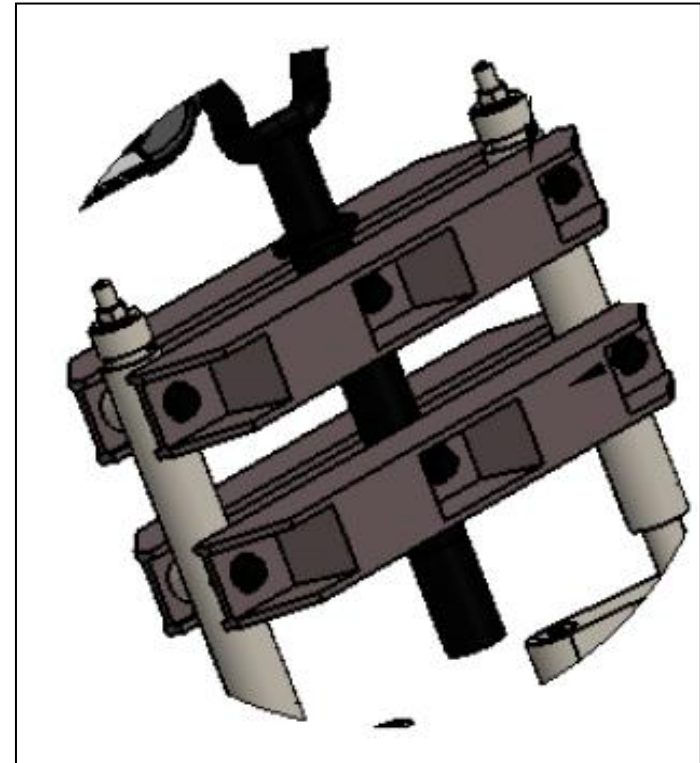
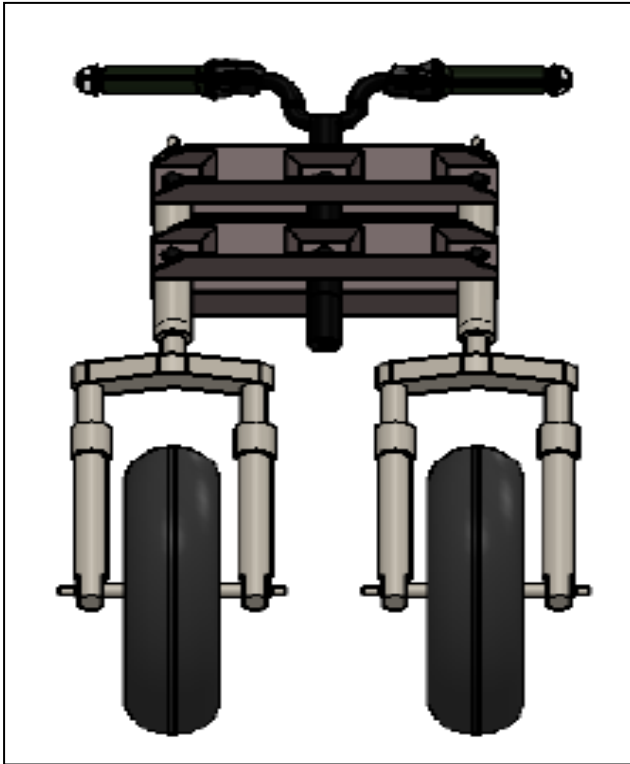
LA CARROCERÍA



Proteger a los ocupantes.
Dotar al vehículo de un aspecto aerodinámico.
Brindar una apariencia estética.



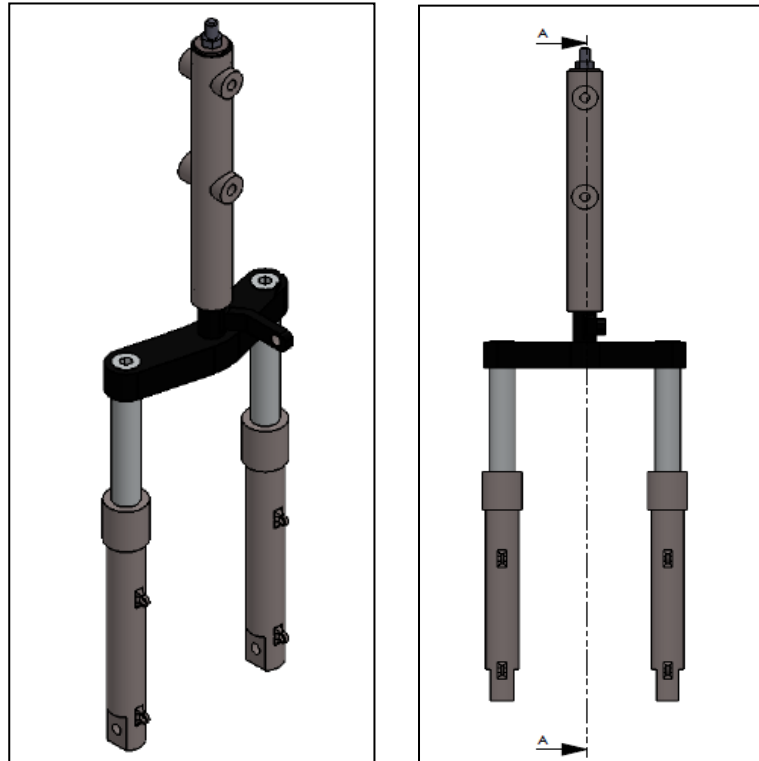
MECANISMO BASCULANTE



Permitir la inclinación y una conducción más segura con lo que respecta a estabilidad.

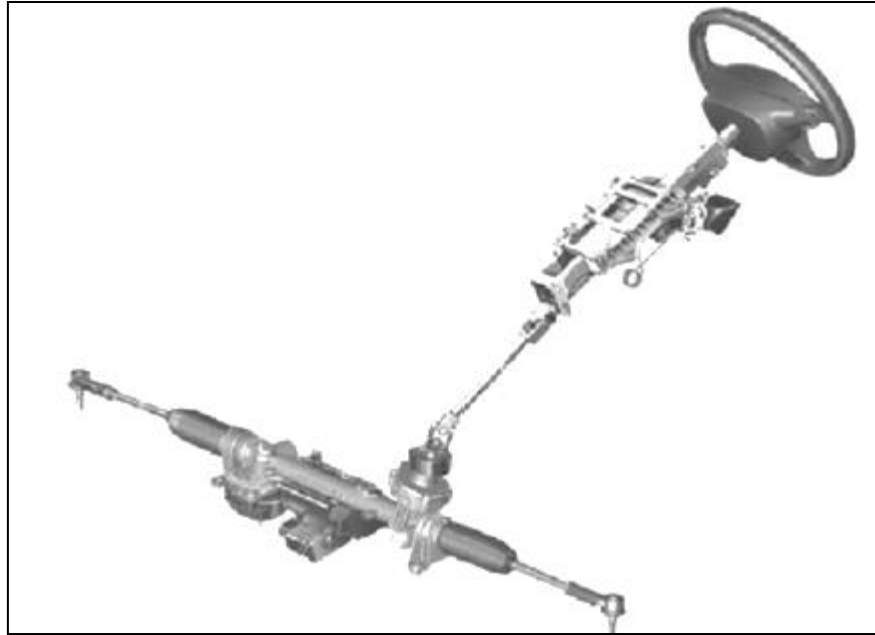


SISTEMA DE SUSPENSIÓN



Se tiene solo una tija de dirección, debido al reducido peso, espacio y diseño.

SISTEMA DE DIRECCIÓN MECÁNICA



Orientar las ruedas delanteras de acuerdo a las necesidades del conductor.



SISTEMA DE FRENOS



Los frenos de disco tiene la ventaja de un menor tiempo de frenado que se traduce en una menor distancia.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

ESTILO Y DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

El prototipo tendrá la capacidad para una persona siendo propulsado por un motor de combustión interna, transmisión automática y un mecanismo de paralelogramo deformable con articulaciones que permita una máxima inclinación de 35 grados de estilo scooter con tres ruedas, dos ruedas en la parte frontal y una posterior garantizando así la estabilidad durante la conducción.



MASA DE ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA TRICIMOTO

| ELEMENTOS | MASA (kg) |
|--|---------------|
| Persona promedio del 95% percentil x 2 | 110 |
| Motor | 25 |
| Estructura tubular/Mecanismo | 30 |
| Transmisión | 10 |
| Carrocería | 7 |
| Llantas y frenos | 25 |
| Suspensión | 15 |
| Dirección | 15 |
| Sistema eléctrico | 3 |
| Manubrio | 5 |
| TOTAL | 245 kg |

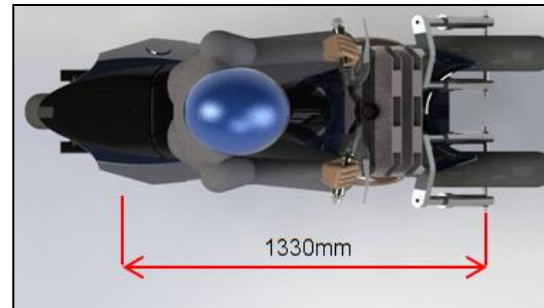
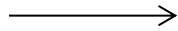


MODELACIÓN Y ANÁLISIS PRELIMINAR

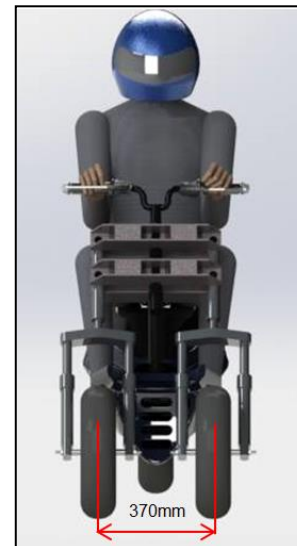
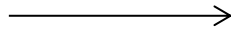


A. GEOMETRÍA PRELIMINAR DEL SISTEMA

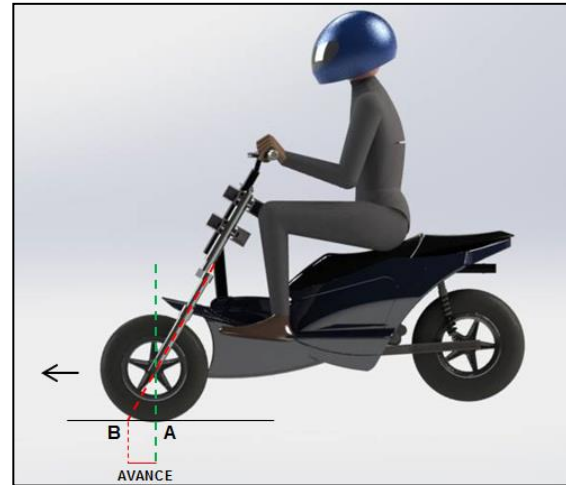
DISTANCIA
ENTRE EJES



ANCHO
DE VÍA



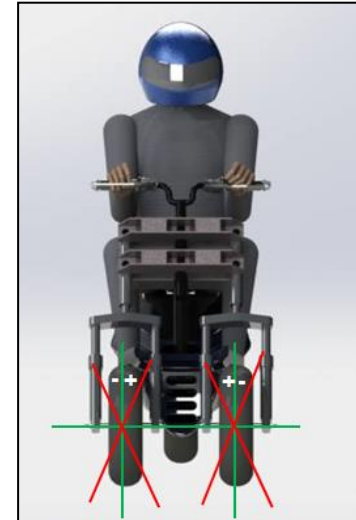
AVANCE →



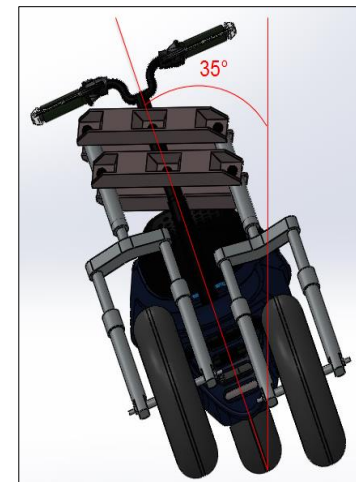
LANZAMIENTO →



**ÁNGULO DE
CONVERGENCIA - DIVERGENCIA** →



ÁNGULO CÁMBER →

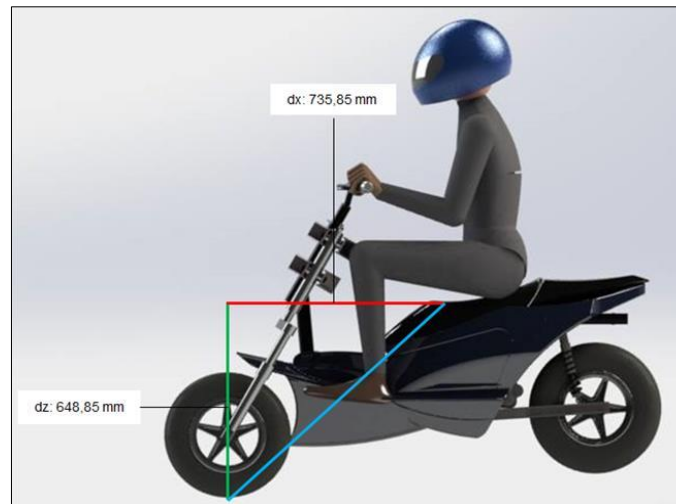


GEOMETRÍA UTILIZADA

| ÁNGULOS | MEDIDAS |
|------------------------------------|-------------------|
| Ángulo de lanzamiento | 28° |
| Ángulo de convergencia-divergencia | ± 5° |
| Ángulo de avance | 105 mm |
| Ángulo camber | Dinámico / Activo |



B. POSICIÓN DEL CENTRO DE MASAS



CENTRO DE MASAS 0 GRADOS

| Y(m) | Z(m) |
|------|---------|
| 0 | 0,64817 |

VARIACIÓN CENTRO DE MASAS

| Grados de inclinación | Y(m) | Z(m) |
|-----------------------|------|------|
| 0° | 0,00 | 0,65 |
| 5° | 0,06 | 0,65 |
| 10° | 0,11 | 0,64 |
| 15° | 0,17 | 0,63 |
| 20° | 0,22 | 0,61 |
| 25° | 0,27 | 0,59 |
| 30° | 0,32 | 0,56 |
| 35° | 0,37 | 0,53 |
| 40° | 0,43 | 0,51 |



C. CARGAS

C.1 CARGAS MUERTAS

| ELEMENTOS | MASA (kg) |
|------------------------------|---------------|
| Estructura tubular/Mecanismo | 30 |
| Transmisión | 10 |
| Carrocería | 7 |
| Llantas y frenos | 25 |
| Suspensión | 15 |
| Dirección | 15 |
| Sistema eléctrico | 3 |
| Manubrio | 5 |
| TOTAL | 110 kg |

$$F_{cm} = m_{cm} \cdot a$$

Dónde:

F_{cm} = Fuerza generada por la carga muerta

a = Aceleración ($g = 9,8 \frac{m}{s^2}$)

m_{cm} = Carga muerta del prototipo

$$F_{cm} = (110 \text{ kg}) \cdot \left(9,8 \frac{m}{s^2}\right)$$

$$F_{cm} = 1078 \text{ N}$$

$$F_{cm(20\%)} = F_{cm} + (0,2) F_{cm}$$

$$F_{cm(20\%)} = 1078 \text{ N} + (0,2)(1078 \text{ N})$$

$$F_{cm(20\%)} = 1293,6 \text{ N}$$



C.2 CARGAS VIVAS

| ELEMENTOS | MASA (kg) |
|--|---------------|
| Persona promedio del 95% percentil x 2 | 110 |
| Motor | 25 |
| TOTAL | 135 kg |

C.3 CARGAS TOTAL

| ELEMENTOS | MASA (kg) |
|--|---------------|
| Persona promedio del 95% percentil x 2 | 110 |
| Motor | 25 |
| Estructura tubular/Mecanismo | 30 |
| Transmisión | 10 |
| Carrocería | 7 |
| Llantas y frenos | 25 |
| Suspensión | 15 |
| Dirección | 15 |
| Sistema eléctrico | 3 |
| Manubrio | 5 |
| TOTAL | 245 kg |

$$F_{cv} = m_{cv} \cdot a$$

Dónde:

F_{cv} = Fuerzas generadas por las cargas vivas

a = Aceleración ($g = 9,8 \frac{m}{s^2}$)

m_{cv} = Cargas vivas del prototipo

$$F_{cv} = (135 \text{ kg}) \cdot (9,8 \frac{m}{s^2})$$

$$F_{cv} = 1323 \text{ N}$$

$$F_{cv(20\%)} = F_{cv} + (0,2) F_{cv}$$

$$F_{cv(20\%)} = 1323 \text{ N} + (0,2)(1323 \text{ N})$$

$$F_{cv(20\%)} = 1587,6 \text{ N}$$

$$F_{ct(20\%)} = F_{cm(20\%)} + F_{cv(20\%)}$$

Dónde:

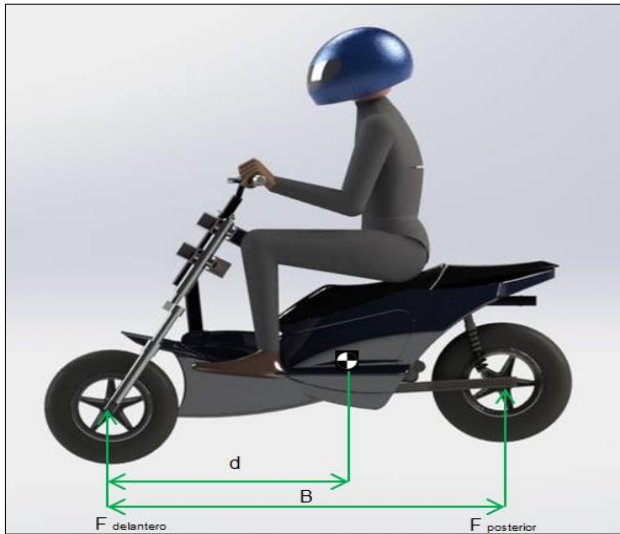
F_{ct} = Fuerza total generada por las cargas

$$F_{ct(20\%)} = 1293,6 \text{ N} + 1587,6 \text{ N}$$

$$F_{ct(20\%)} = 2881,2 \text{ N}$$



D. FUERZAS EJE DELANTERO Y EJE POSTERIOR



$$F_d = F_{ct(20\%)} \cdot \frac{d}{B}$$

Dónde:

F_d = Fuerza sobre el eje delantero

$F_{ct(20\%)}$ = Fuerza total generada por las cargas factor crítico

d = Distancia al centro de gravedad desde el eje delantero

B = Distancia entre ejes

$$F_d = 2881,2 \text{ N} \cdot \frac{(0,73585) \text{ m}}{(1,33) \text{ m}}$$

$$F_d = 1594,0843 \text{ N}$$

$$F_p = F_{ct(20\%)} \cdot \frac{(B-d)}{B}$$

Dónde:

F_p = Fuerza sobre el eje posterior

d = Distancia al centro de gravedad desde el eje delantero

B = Distancia entre ejes

$$F_p = 2881,2 \text{ N} \cdot \frac{(1,33 - 0,73585) \text{ m}}{(1,33) \text{ m}}$$

$$F_p = 1287,1165 \text{ N}$$

CENTRO DE MASAS RESPECTO A LOS EJES

| | |
|-----------------------------------|-----------|
| Distancia entre ejes | 1,33 m |
| Distancia del CG al eje delantero | 0,73585 m |
| Distancia del CG al eje posterior | 0,59415 m |

DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS

| | Fuerza (N) | Porcentaje (%) |
|---------------|---------------|----------------|
| Eje delantero | 1594,0834 | 55,3270 % |
| Eje posterior | 1287,1165 | 44,6729 % |
| TOTAL | 2881,2 | 100 % |



E. MASA TOTAL EJE DELANTERO

$$m_{ed} = \frac{m \cdot d}{B}$$

Dónde:

m_{ed} = Masa total eje delantero

d = Distancia al centro de gravedad desde el eje delantero

B = Distancia entre ejes

$$m_{ed} = \frac{245 \text{ kg} \cdot 0,7358 \text{ m}}{1,33 \text{ m}}$$

$$m_{ed} = 135,52 \text{ kg}$$

F. MASA TOTAL EJE POSTERIOR

$$m_{ep} = \frac{m \cdot (B-d)}{B}$$

Dónde:

m_{ep} = Masa total eje posterior

d = Distancia al centro de gravedad desde el eje delantero

B = Distancia entre ejes

$$m_{ep} = \frac{245 \text{ kg} \cdot (1,33 - 0,7358) \text{ m}}{1,33 \text{ m}}$$

$$m_{ep} = 109,44 \text{ kg}$$



G. TRANSFERENCIA DE MASAS

G.1 DURANTE LA ACELERACIÓN

ACELERACIÓN

$$v = v_o + a \cdot t$$

Dónde:

v = Velocidad final

v_o = Velocidad inicial

a = Aceleración

t = Tiempo

$$a = \frac{\left(16,66 \frac{m}{s} - 0\right)}{6 s}$$
$$a = 2,77 \frac{m}{s^2}$$

EJE POSTERIOR

$$W_a = \left(\frac{m \cdot d}{B}\right) + \frac{m \cdot a \cdot h}{g \cdot B}$$

Dónde:

w_a = Transferencia de masa durante aceleración (N)

m = Masa total (kg)

d = Distancia al centro de gravedad desde el eje delantero (m)

a = Aceleración $\left(\frac{m}{s^2}\right)$

h = Altura del centro de masa (m)

B = Distancia entre ejes (m)

$$W_a = \frac{(245 \text{ kg}) \cdot (0,73585 \text{ m})}{(1,33 \text{ m})} + \frac{(245 \text{ kg}) \cdot \left(2,77 \frac{m}{s^2}\right) \cdot (0,64817 \text{ m})}{\left(9,81 \frac{m}{s^2}\right) (1,33 \text{ m})}$$

$$W_a = 135,5513 \text{ kg} + 33,714 \text{ kg}$$

$$W_a = 169,33 \text{ kg}$$

EJE DELANTERO

$$W_{aed} = m - W_a$$

Dónde:

W_{aed}

= Transferencia de masas durante aceleración eje delantero

$$W_{aed} = 245 \text{ kg} - 169,33 \text{ kg}$$

$$W_{aed} = 75,67 \text{ kg}$$



G.2 DURANTE EL FRENO

ACELERACIÓN

$$v = v_0 + a \cdot t$$

Dónde:

v = Velocidad final

v_0 = Velocidad inicial

a = Aceleración

t = Tiempo

$$a = \frac{\left(0 - 22,22 \frac{m}{s}\right)}{4 s}$$
$$a = -5,55 \frac{m}{s^2}$$

EJE DELANTERO

$$W_f = \left(\frac{m \cdot (B-d)}{B}\right) + \frac{m \cdot a \cdot h}{g \cdot B}$$

Dónde:

w_f = Transferencia de masa durante frenado (N)

m = Masa total (kg)

d = Distancia al centro de gravedad desde el eje delantero (m)

a = Aceleración $\left(\frac{m}{s^2}\right)$

h = Altura del centro de masa (m)

B = Distancia entre ejes (m)

$$W_f = \frac{(245 \text{ kg}) \cdot (1,33 \text{ m} - 0,7358 \text{ m})}{(1,33 \text{ m})} + \frac{(245 \text{ kg}) \cdot \left(5,55 \frac{m}{s^2}\right) \cdot (0,64817 \text{ m})}{\left(9,81 \frac{m}{s^2}\right) (1,33 \text{ m})}$$

$$W_f = \frac{(245 \text{ kg}) \cdot (0,594 \text{ m})}{(1,33 \text{ m})} + \frac{(245 \text{ kg}) \cdot \left(5,55 \frac{m}{s^2}\right) \cdot (0,64817 \text{ m})}{\left(9,81 \frac{m}{s^2}\right) (1,33 \text{ m})}$$

$$W_f = 109,4210 \text{ kg} + 71,28 \text{ kg}$$

$$W_f = 180,701 \text{ kg}$$

EJE POSTERIOR

$$W_{fed} = m - W_f$$

Dónde:

W_{fed} = Transferencia de masas durante frenado eje posterior

$$W_{fed} = 245 \text{ kg} - 180,701 \text{ kg}$$

$$W_{fed} = 64,299 \text{ kg}$$



G.3 DURANTE CURVA 0 GRADOS DE INCLINACIÓN

CENTRO DE MASAS 0 GRADOS

| Y(m) | Z(m) |
|------|---------|
| 0 | 0,64817 |

$$a_n = \frac{v^2}{r}$$

Dónde:

a_n = Aceleración normal $\left(\frac{m}{s^2}\right)$

v = Velocidad $\left(\frac{m}{s}\right)$

r = Radio de la curva (m)

ACELERACIÓN NORMAL DURANTE CURVA 0 GRADOS

| V(km/h) | V(m/s) | r(m) | $a_n(m/s^2)$ |
|---------|--------|------|--------------|
| 40 | 11,11 | 60 | 2,06 |
| 40 | 11,11 | 100 | 1,23 |
| 40 | 11,11 | 130 | 0,95 |
| 50 | 13,89 | 60 | 3,22 |
| 50 | 13,89 | 100 | 1,93 |
| 50 | 13,89 | 130 | 1,48 |
| 75 | 20,83 | 60 | 5,56 |
| 75 | 20,83 | 100 | 4,34 |
| 75 | 20,83 | 130 | 3,34 |

$$m_f = \frac{m \cdot d}{B}$$

$$m_f = \frac{(245 \text{ kg}) \cdot (0,735 \text{ m})}{(1,33 \text{ m})}$$

$$m_f = 135,39 \text{ kg}$$

$$W_{c1} = \left(\frac{m_f \cdot (A/2)}{A} \right) + \frac{m \cdot a_n \cdot h}{g \cdot A}$$

Dónde:

w_{c1} = Transferencia de masa durante curva rueda comprime (kg)

a_n = Aceleración normal $\left(\frac{m}{s^2}\right)$

h = Altura del centro de masa (m)

A = Ancho de vía (m)

TRANSFERENCIA DE MASA DURANTE CURVA 0 GRADOS DE INCLINACIÓN

| $a_n(m/s^2)$ | $m_f(kg)$ | h(m) | A(m) | g(m/s ²) | x(m) | $W_{c1}(kg)$ |
|--------------|-----------|-------|------|----------------------|-------|--------------|
| 2,06 | 135,39 | 0,648 | 0,37 | 9,81 | 0,175 | 14,302 |
| 1,23 | 135,39 | 0,648 | 0,37 | 9,81 | 0,175 | 34,195 |
| 0,95 | 135,39 | 0,648 | 0,37 | 9,81 | 0,175 | 41,082 |
| 3,22 | 135,39 | 0,648 | 0,37 | 9,81 | 0,175 | 13,674 |
| 1,93 | 135,39 | 0,648 | 0,37 | 9,81 | 0,175 | 17,410 |
| 1,48 | 135,39 | 0,648 | 0,37 | 9,81 | 0,175 | 28,170 |
| 7,23 | 135,39 | 0,648 | 0,37 | 9,81 | 0,175 | 80,020 |
| 4,34 | 135,39 | 0,648 | 0,37 | 9,81 | 0,175 | 40,872 |
| 3,34 | 135,39 | 0,648 | 0,37 | 9,81 | 0,175 | 16,663 |



G.4 DURANTE CURVA 35 GRADOS DE INCLINACIÓN

CENTRO DE MASA 35 GRADOS

| Grados de inclinación | Y(m) | Z(m) |
|-----------------------|------|------|
| 35° | 0,37 | 0,53 |

$$W_{hy} = \left(\frac{m_f \cdot (A/2)}{A} \right) + \frac{m \cdot a_n \cdot h_y}{g \cdot A}$$

Dónde:

w_{hy} = Transferencia de masa durante curva 35 grados eje Y (kg)

a_n = Aceleración normal $\left(\frac{m}{s^2}\right)$

h_y = Altura del centro de masa eje y (m)

A = Ancho de vía (m)

$$W_{hz} = \left(\frac{m_f \cdot (A/2)}{A} \right) + \frac{m \cdot a_n \cdot h_z}{g \cdot A}$$

Dónde:

w_{hz} = Transferencia de masa durante curva 35 grados eje Z (kg)

a_n = Aceleración normal $\left(\frac{m}{s^2}\right)$

h_z = Altura del centro de masa eje z (m)

A = Ancho de vía (m)

TRANSFERENCIA DE MASA DURANTE CURVA 35 GRADOS DE INCLINACIÓN

| $a_n(m/s^2)$ | $m_f(kg)$ | $h_y(m)$ | $A(m)$ | $g(m/s^2)$ | $x(m)$ | $W_{hy}(kg)$ |
|--------------|---------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| 2,06 | 135,39 | 0,370 | 0,37 | 9,81 | 0,175 | 35,64 |
| 1,23 | 135,39 | 0,370 | 0,37 | 9,81 | 0,175 | 47,00 |
| 0,95 | 135,39 | 0,370 | 0,37 | 9,81 | 0,175 | 50,93 |
| 3,22 | 135,39 | 0,370 | 0,37 | 9,81 | 0,175 | 19,66 |
| 1,93 | 135,39 | 0,370 | 0,37 | 9,81 | 0,175 | 37,41 |
| 1,48 | 135,39 | 0,370 | 0,37 | 9,81 | 0,175 | 43,56 |
| 5,56 | 135,39 | 0,370 | 0,37 | 9,81 | 0,175 | 35,80 |
| 4,34 | 135,39 | 0,370 | 0,37 | 9,81 | 0,175 | 4,13 |
| 3,34 | 135,39 | 0,370 | 0,37 | 9,81 | 0,175 | 17,96 |

TRANSFERENCIA DE MASA DURANTE CURVA 35 GRADOS DE INCLINACIÓN

| $a_n(m/s^2)$ | $m_f(kg)$ | $h_y(m)$ | $A(m)$ | $g(m/s^2)$ | $x(m)$ | $W_{hz}(kg)$ |
|--------------|---------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| 2,06 | 135,39 | 0,530 | 0,37 | 9,81 | 0,175 | 23,36 |
| 1,23 | 135,39 | 0,530 | 0,37 | 9,81 | 0,175 | 39,63 |
| 0,95 | 135,39 | 0,530 | 0,37 | 9,81 | 0,175 | 45,26 |
| 3,22 | 135,39 | 0,530 | 0,37 | 9,81 | 0,175 | 0,48 |
| 1,93 | 135,39 | 0,530 | 0,37 | 9,81 | 0,175 | 25,90 |
| 1,48 | 135,39 | 0,530 | 0,37 | 9,81 | 0,175 | 34,70 |
| 5,56 | 135,39 | 0,530 | 0,37 | 9,81 | 0,175 | 78,97 |
| 4,34 | 135,39 | 0,530 | 0,37 | 9,81 | 0,175 | 21,77 |
| 3,34 | 135,39 | 0,530 | 0,37 | 9,81 | 0,175 | 1,97 |



$$W_{c-35} = \sqrt{W_{hy}^2 + W_{hz}^2}$$

TRANSFERENCIA DE MASA TOTAL

| W_{hy}^2 (kg) | W_{hz}^2 (kg) | W_{c-35} (kg) |
|--------------------|--------------------|--------------------|
| 1270,08 | 545,61 | 42,611 |
| 2208,74 | 1570,48 | 61,475 |
| 2593,79 | 2048,61 | 68,135 |
| 386,70 | 0,23 | 19,670 |
| 1399,74 | 670,84 | 45,504 |
| 1897,19 | 1204,16 | 55,690 |
| 1281,60 | 6236,49 | 82,027 |
| 17,10 | 473,87 | 22,158 |
| 322,49 | 3,87 | 18,065 |

$$W_{D-35} = m - W_{C-35}$$

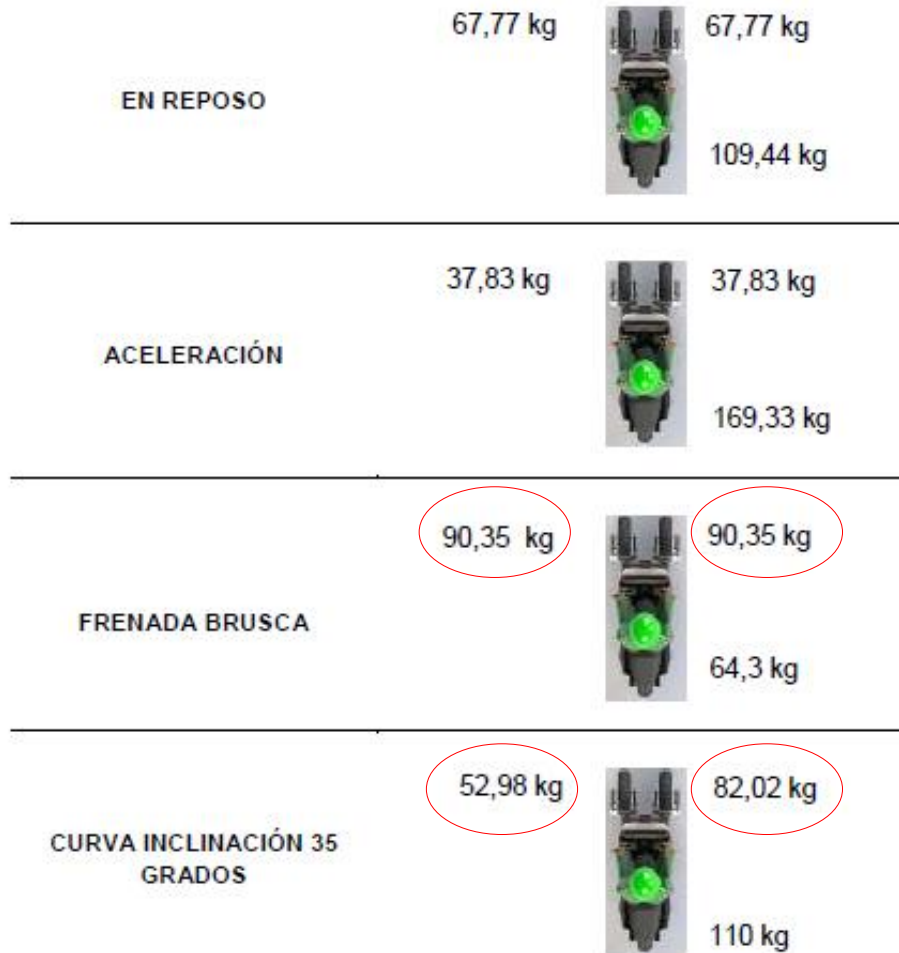
Dónde:

$W_{CD-35} =$ Transferencia de masa durante curva rueda descarga (kg)

| $W_{D-35}(kg)$ |
|----------------|
| 92,78 |
| 73,91 |
| 67,25 |
| 115,72 |
| 89,89 |
| 79,70 |
| 48,68 |
| 113,23 |
| 117,32 |



H. TRANSFERENCIA DE MASAS



Material asignado

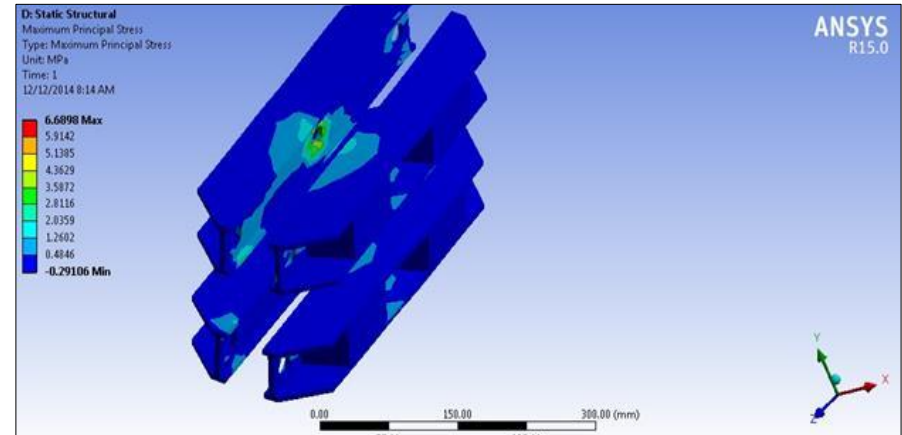
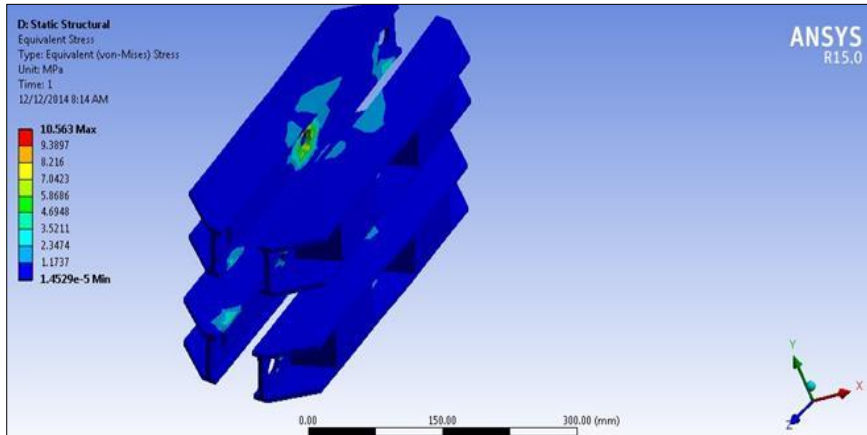
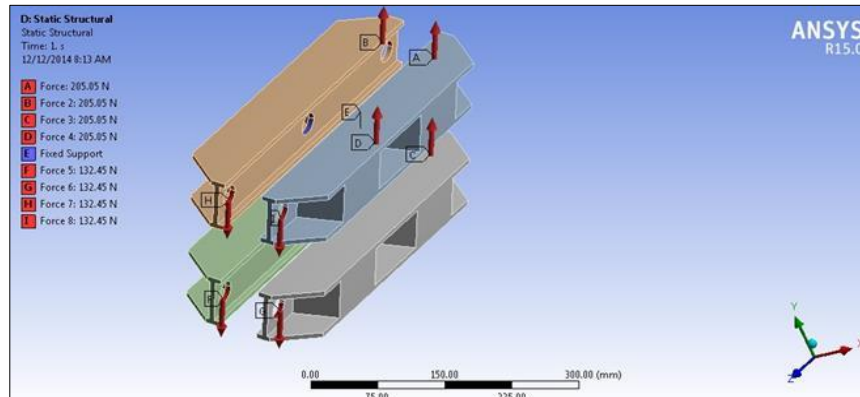
| Componente | Material asignado | Limite elástico | |
|--------------------------|-------------------------|-----------------|-----|
| | | Ksi | Mpa |
| Bastidor | ASTM A36 / Tubo redondo | 36 | 250 |
| Paralelogramo deformable | ASTM A36 / Plancha | 36 | 250 |
| Conjunto ejes de ruedas | ASTM A36 / Barra - Ejes | 36 | 250 |

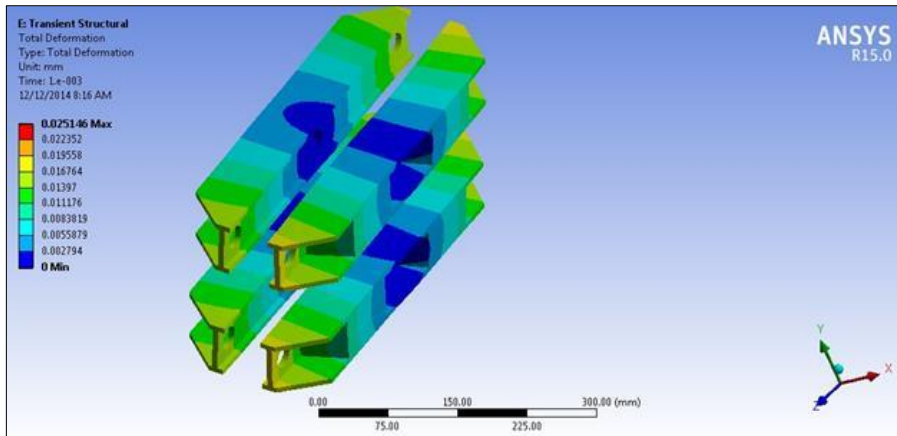


OPTIMIZACIÓN Y DESARROLLO DE ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS



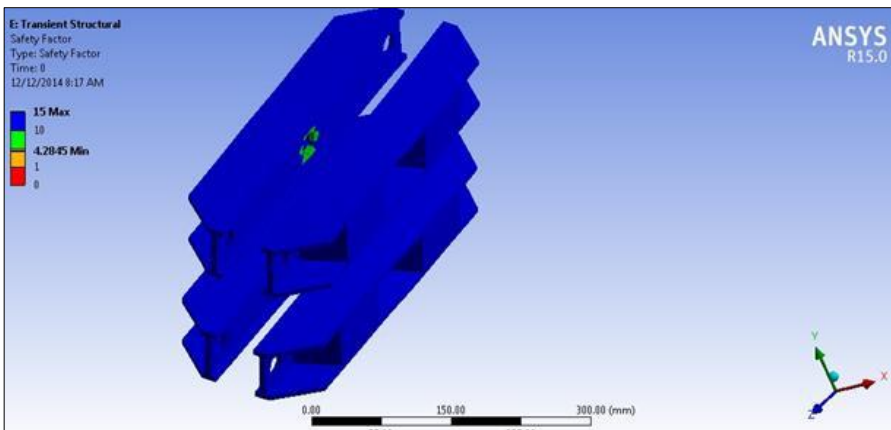
A. PARALELOGRAMO DEFORMABLE CON ARTICULACIONES DURANTE LA INCLINACIÓN



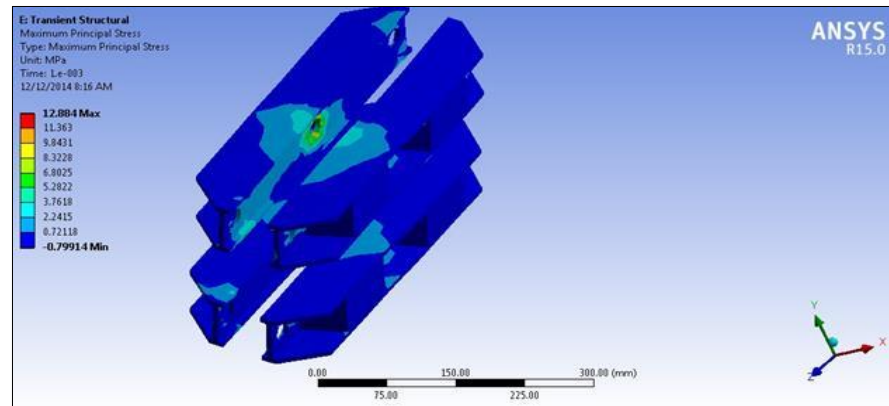
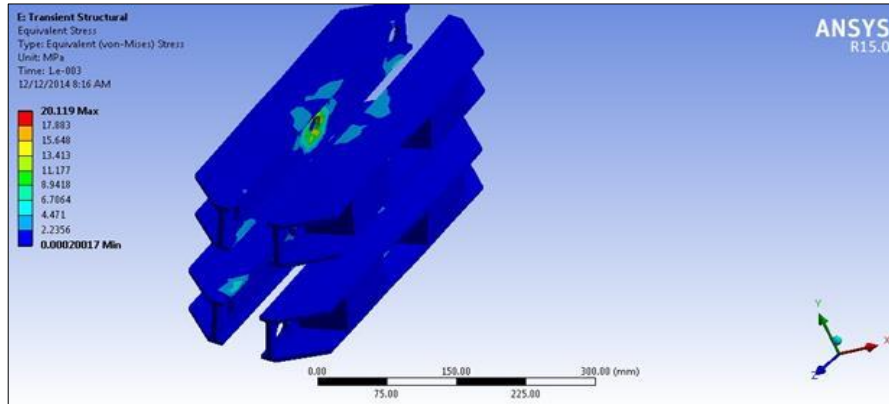


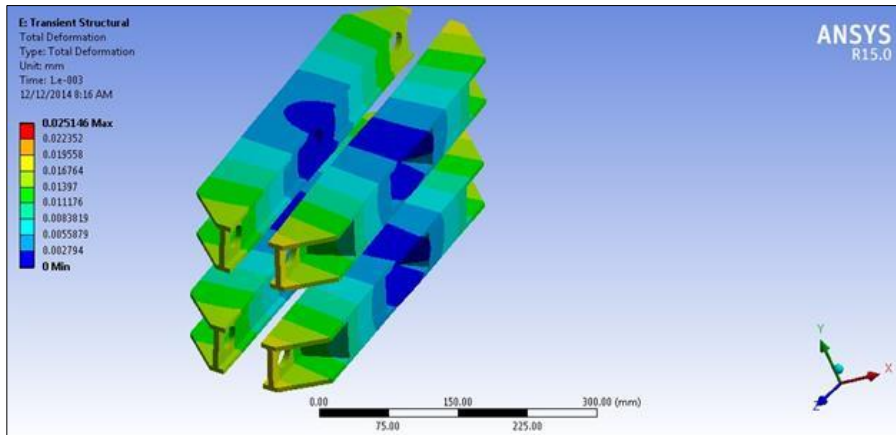
Esfuerzos resultantes paralelogramo durante inclinación (Static Structural)

| Parámetro | Esfuerzo de Von Mises | Esfuerzo principal máximo | Deformación |
|-----------|-----------------------|---------------------------|-------------|
| Mínimo | 1,4529e-5 MPa | -0,29106 MPa | 0 mm |
| Máximo | 10,563 MPa | 6,6898 MPa | 0,011406 mm |



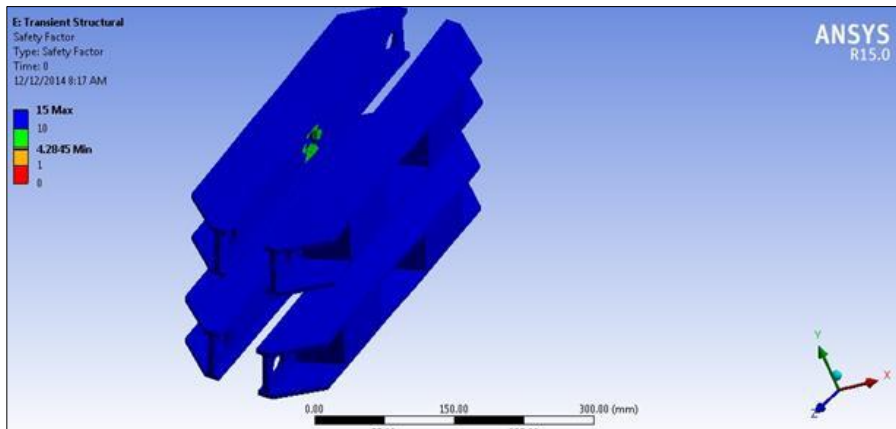
El análisis del factor de seguridad con Static Structural para el paralelogramo durante la inclinación con un valor mínimo de 8,1603, siendo este adecuado bajo cargas estáticas y un escenario de simulación extrema.





Esfuerzos resultantes paralelogramo durante inclinación (Transient Structural)

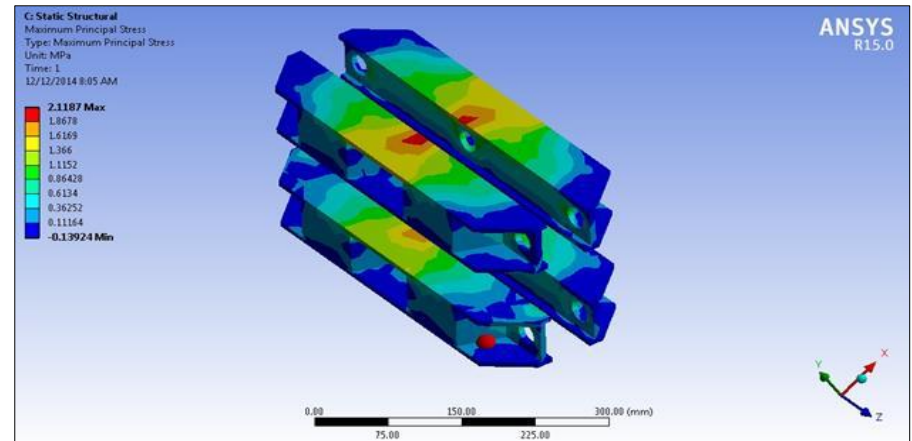
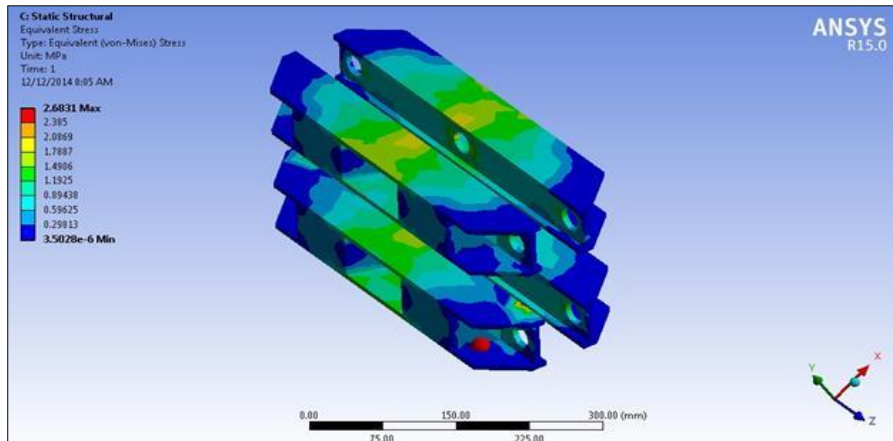
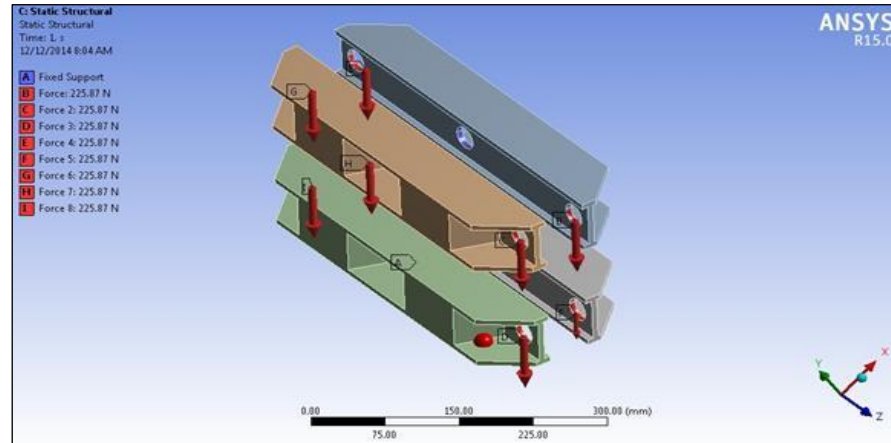
| Parámetro | Esfuerzo de Von Mises | Esfuerzo principal máximo | Deformación |
|-----------|-----------------------|---------------------------|-------------|
| Mínimo | 0,00020017 MPa | -0,79914 MPa | 0 mm |
| Máximo | 20,119 MPa | 12,884 MPa | 0,025146 mm |

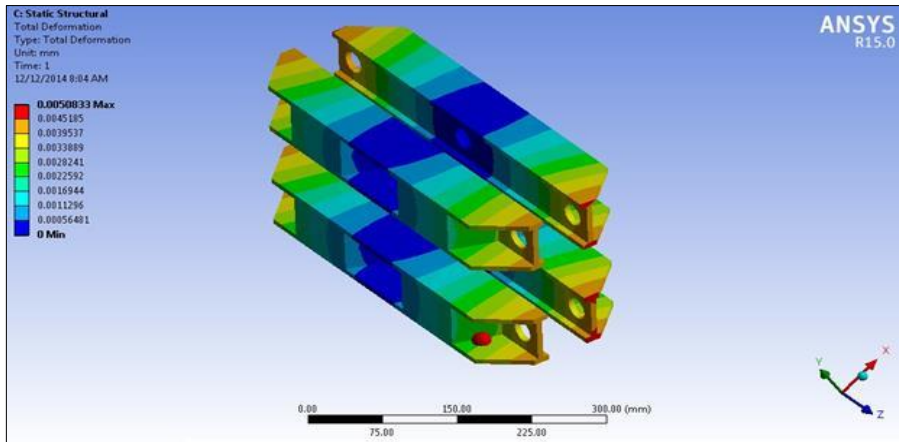


El análisis del factor de seguridad con Transient Structural para el paralelogramo durante la inclinación con un mínimo de 4,2845 siendo este adecuado bajo cargas dinámicas y un escenario de simulación extrema.



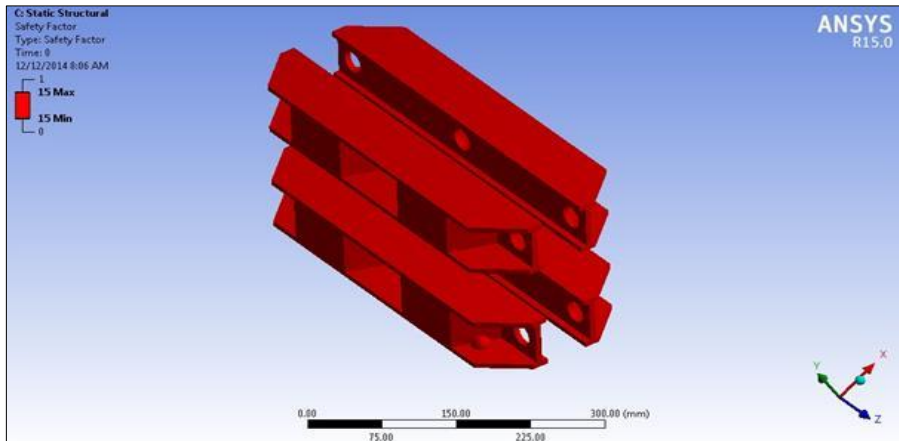
B. PARALELOGRAMO DEFORMABLE CON ARTICULACIONES DURANTE EL FRENADO





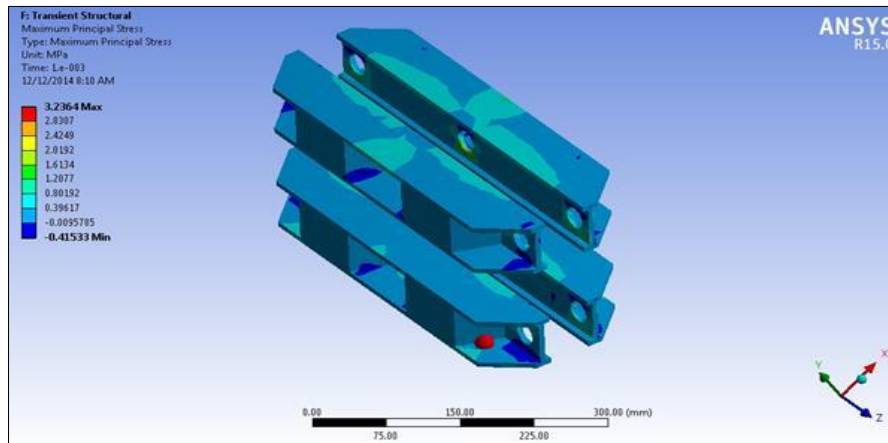
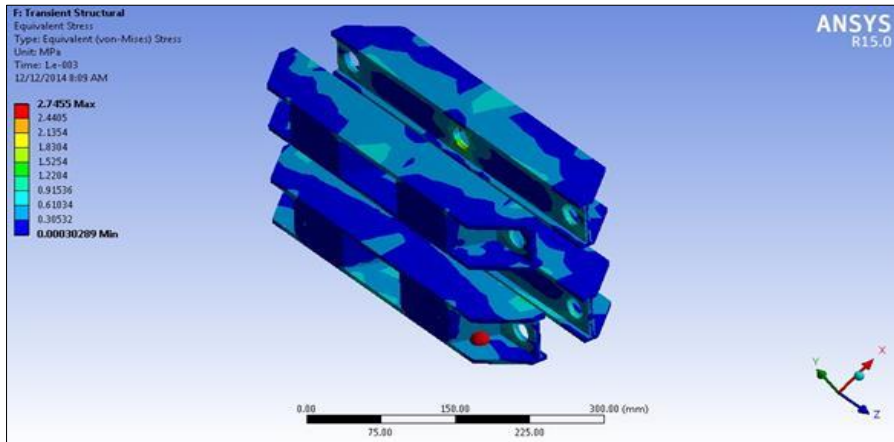
Esfuerzos resultantes paralelogramo durante frenado (Static Structural)

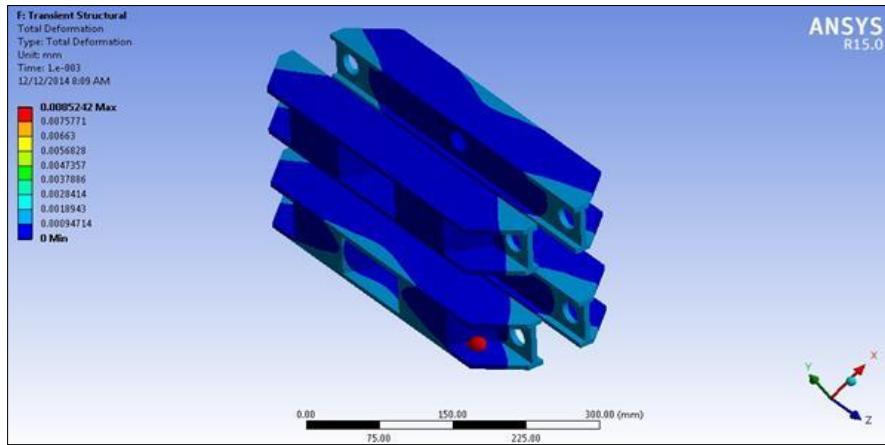
| Parámetro | Esfuerzo de Von Mises | Esfuerzo principal máximo | Deformación |
|-----------|-----------------------|---------------------------|--------------|
| Mínimo | 3,5028e-6 MPa | -0,13924 MPa | 0 mm |
| Máximo | 2,6831 MPa | 2,1187 MPa | 0,0050833 mm |



El análisis del factor de seguridad con Static Structural para el paralelogramo durante el frenado con un valor mínimo de 15 para cargas estáticas y un escenario de simulación extrema.

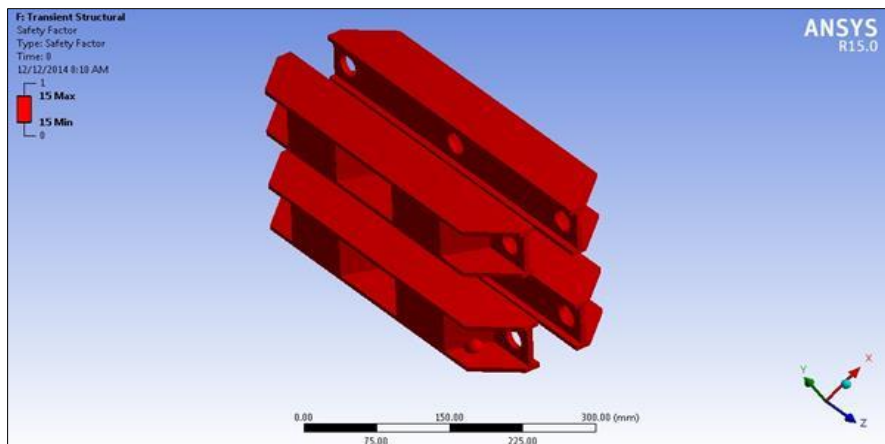






Esfuerzos resultantes paralelogramo durante frenado (Transient Structural)

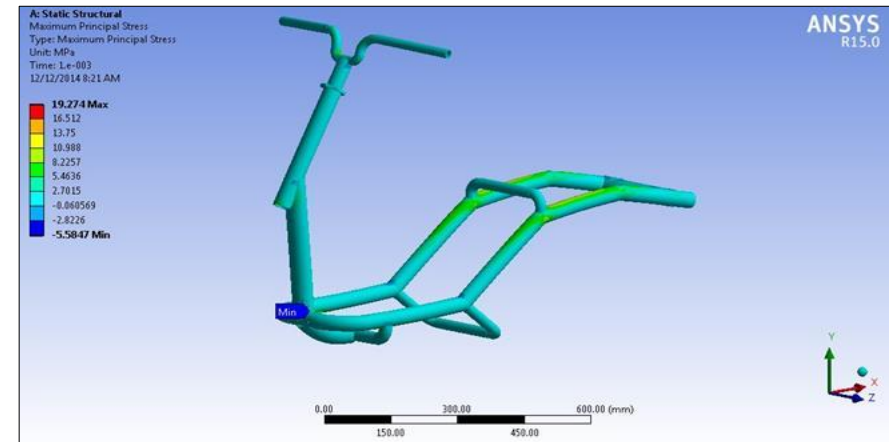
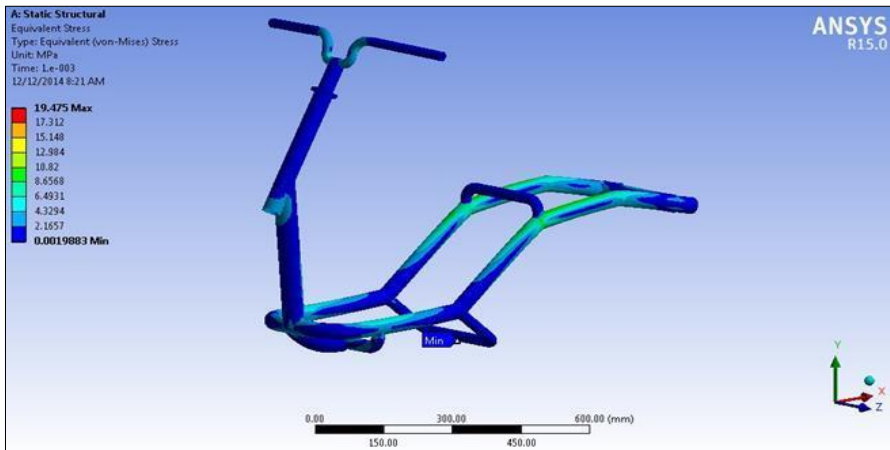
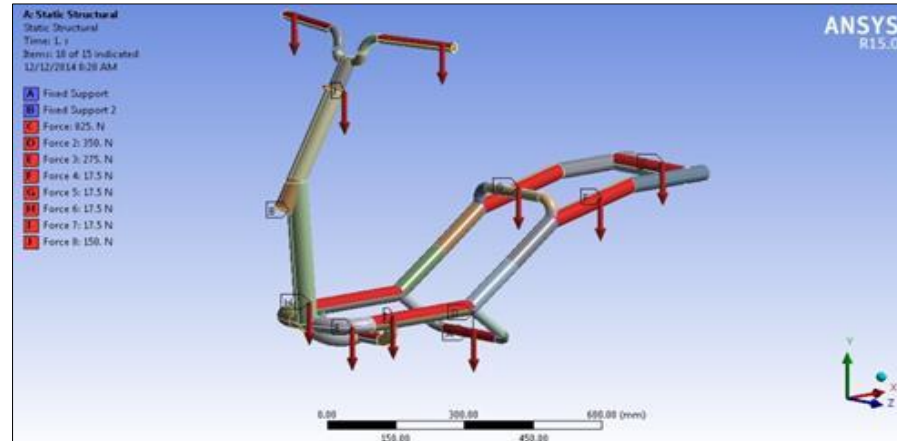
| Parámetro | Esfuerzo de Von Mises | Esfuerzo principal máximo | Deformación |
|-----------|-----------------------|---------------------------|--------------|
| Mínimo | 0,00030289 MPa | -0,41533 MPa | 0 mm |
| Máximo | 2,7455 MPa | 3,2364 MPa | 0,0085242 mm |

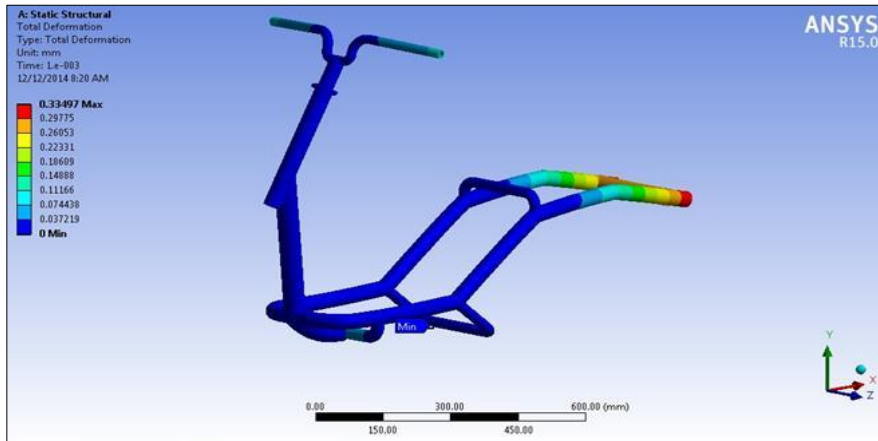


El análisis del factor de seguridad con Transient Structural para el paralelogramo durante el frenado con un valor mínimo de 15 para cargas dinámicas y un escenario de simulación extrema.



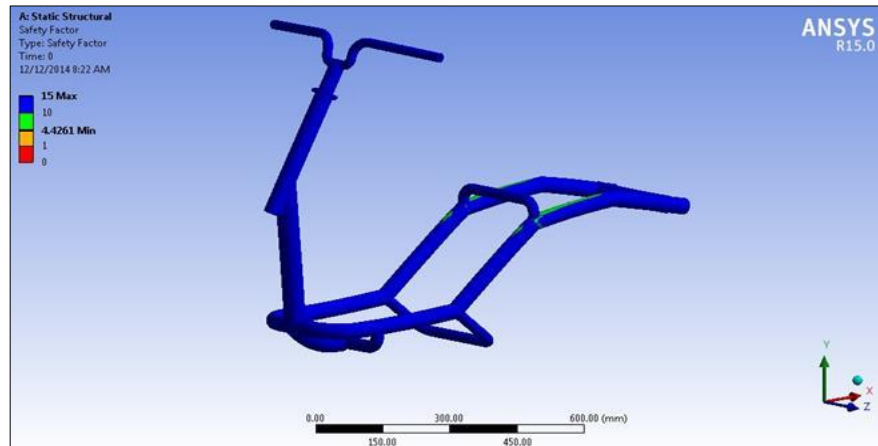
C. BASTIDOR MÁXIMO ESFUERZO SOPORTADO



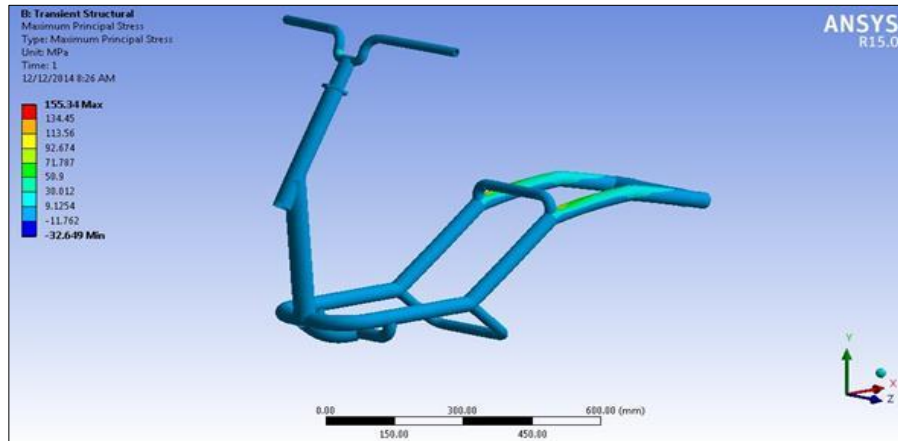
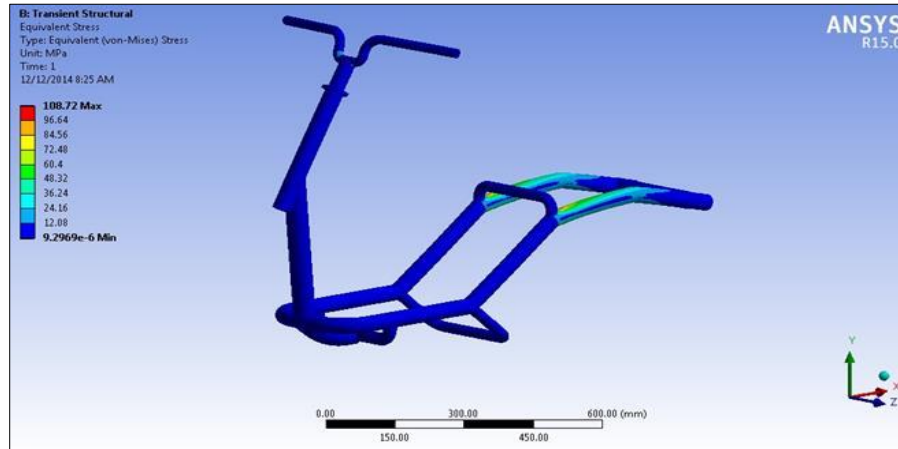


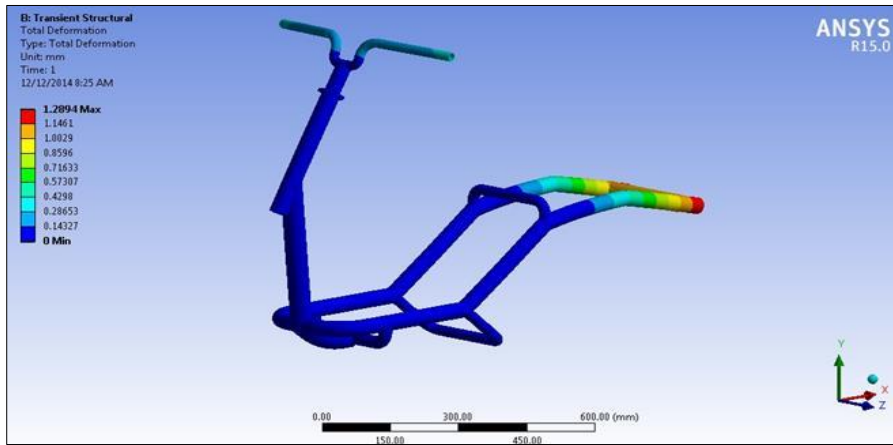
Esfuerzos resultantes bastidor máximo esfuerzo soportado (Static Structural)

| Parámetro | Esfuerzo de Von Mises | Esfuerzo principal máximo | Deformación |
|-----------|-----------------------|---------------------------|-------------|
| Mínimo | 0,0019883 MPa | -5,5847 MPa | 0 mm |
| Máximo | 19,4751 MPa | 19,274 MPa | 0,33497 mm |



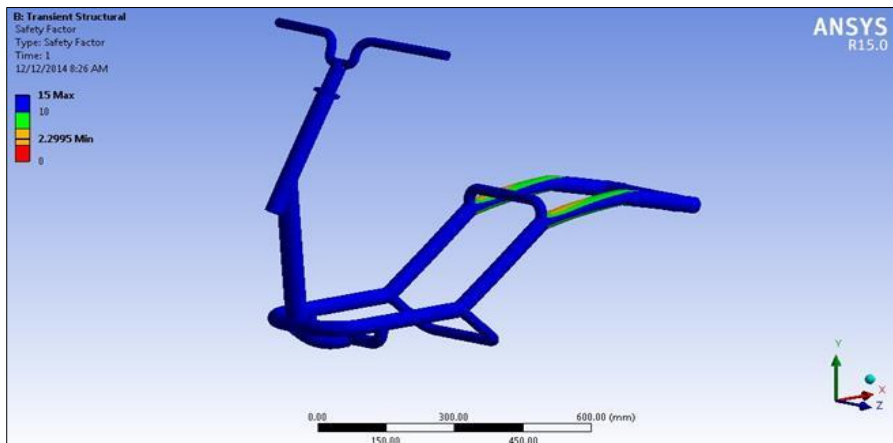
El análisis de factor de seguridad para el bastidor con un valor mínimo de 4,4261 siendo este adecuado bajo cargas estáticas y un escenario de simulación extrema.





Esfuerzos resultantes bastidor máximo esfuerzo soportado (Transient Structural)

| Parámetro | Esfuerzo de Von Mises | Esfuerzo principal máximo | Deformación máxima |
|-----------|-----------------------|---------------------------|--------------------|
| Mínimo | 9,2969e-6 MPa | -32,649 MPa | 0 mm |
| Máximo | 108,72 MPa | 155,34 MPa | 1,2894 mm |



El factor de seguridad para el bastidor con un valor mínimo de 2,2995 MPa siendo este adecuado bajo cargas dinámicas y un escenario de simulación extrema.

MANUFACTURA, ENSAMBLE Y MONTAJE



A. CONSTRUCCIÓN DEL BASTIDOR Y BASES





ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

B. CONSTRUCCIÓN DE EJES Y BRAZOS ARTICULADOS





ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

C. ADAPTACIÓN DE SISTEMAS DE SEGURIDAD



D. ADAPTACIÓN SISTEMA DE DIRECCIÓN Y SISTEMA DE SUSPENSIÓN



E. LUCES MEDIAS/ALTAS Y DIRECCIONALES



F. CARROCERÍA





ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

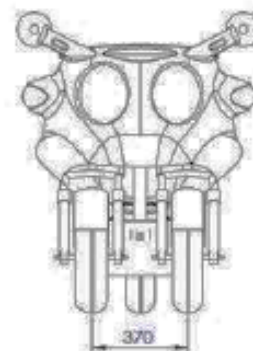
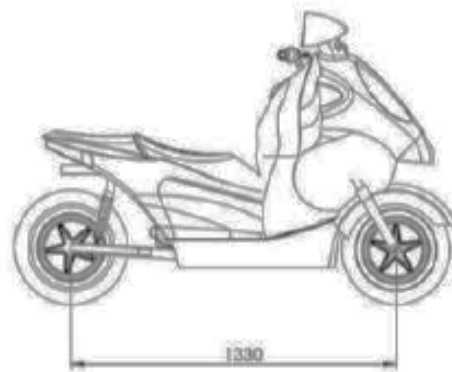
FICHA TÉCNICA TRICIMOTO



| | | |
|--------------------|--------------------|---|
| MOTOR | Tipo | 4 tiempos |
| | Refrigeración | Aire |
| | Cilindrada | 150cc |
| | No. De cilindros | 1 |
| | Potencia | 8.1 kw (11 PS) (10,86 Hp) / 9,000 RPM |
| | Torque Max | 10,4 Nm (1.1 kgfm) / 5,500 RPM |
| | Velocidad Max | 80 km/h |
| | Tipo de arranque | Eléctrico |
| TRANSMISIÓN | Transmisión | Correa |
| | Embrague | Automático |
| BASTIDOR | Estructura tubular | Cuna simple |
| SUSPENSIÓN | Delantera | Mecanismo de paralelogramo deformable articulado compuesto por cuatro brazos que sujetan dos ejes con una máxima inclinación de 35 grados y barras telescópicas independientes. |
| | Posterior | Tipo basculante motor conectado al bastidor, conjunto resorte amortiguador. |



| | | |
|---|------------------------|-----------------|
| DIRECCIÓN | Mecánica | Terminales |
| FRENOS | Delantero | Discos |
| | Posterior | Tambor |
| NEUMÁTICOS | Delantero | 130/70/12 |
| | Posteriores | 120/90/10 |
| CARROCERÍA | Moldeado | Fibra de vidrio |
| DIMENSIONES CAPACIDAD PESO | Longitud total | 1,60 m |
| | Distancia entre ejes | 1,33 m |
| | Ancho total | 0,70 m |
| | Ancho de vía | 0,37 m |
| | Altura total | 1,60 m |
| | Peso | 245 kg |
| | Capacidad de pasajeros | 1 |



Costo total

| ELEMENTOS | COSTO |
|---------------------------------|----------------|
| Elementos eléctricos | 80,50 |
| Elementos sistema de frenos | 198,00 |
| Elementos sistema de dirección | 269,75 |
| Elementos sistema de suspensión | 608,00 |
| Elementos bastidor | 80,00 |
| Materiales y herramientas | 117,25 |
| Pintura y acabados | 550,00 |
| Gastos varios | 1250,00 |
| TOTAL | 3153,50 |



PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

SISTEMA ESTRUCTURAL



SISTEMA DE SUSPENSIÓN



SISTEMA DE DIRECCIÓN



SISTEMA DE FRENOS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Escenario de pruebas

ESCENARIO DE PRUEBAS

25 de noviembre del 2014 / 11H00

Conductor: Taco Palomo Michael Fernando

Camarógrafo: Guacho Condor Luis Manuel

Ubicación: Pichincha, Cantón, Quito

| Material calzada | Longitud | Curvas | Sector |
|------------------|----------|--------|--------|
| Asfalto | 11 km | 11 | Urbano |



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Pruebas de funcionamiento

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

| | | | |
|----------------|------------------------------|------------------------|------------|
| Realizado por: | Guacho Condor Luis Manuel | | |
| | Taco Palomo Michael Fernando | | |
| Lugar: | Pichincha, Cantón Quito | | |
| Fecha: | 25 de noviembre 2014 | Duración de la prueba: | 40 minutos |
| Responsable: | Autores | Hora: | 11H00 |

ACELERACIÓN

| N° | Tiempo (seg) | Distancia (m) | Aceleración (m/s ²) | Velocidad final (km/h) |
|-------------|--|---------------|---------------------------------|------------------------|
| Prueba 1 | 9.7 | 50 | 1.28 | 45 |
| Prueba 2 | 9.2 | 50 | 1.29 | 43 |
| Prueba 3 | 9.5 | 50 | 1.34 | 46 |
| Promedio | 9.46 | 50 | 1.30 | 44.66 |
| Conclusión: | El prototipo puede alcanzar una velocidad final promedio de 0 a 44.66 km/h en 9.46 segundos. | | | |

FRENADO

| N° | Superficie | Velocidad (km/h) | Distancia de frenado(m) | Resultado |
|-------------|--|------------------|-------------------------|-----------|
| Prueba 1 | Asfalto | 44 | 7.0 | OK |
| Prueba 2 | Asfalto | 44 | 7.5 | OK |
| Prueba 3 | Asfalto | 44 | 7.3 | OK |
| Promedio | | 44 | 7.26 | |
| Conclusión: | El prototipo logra un frenado adecuado en línea recta con una velocidad promedio de 44 km/h con una distancia de frenado de 7.26 metros, además dependerá del coeficiente de fricción de la superficie para una distancia de frenado efectiva. | | | |



MANIOBRABILIDAD MECANISMO BASCULANTE

| N° | Radio | Velocidad 40 (km/h) | Velocidad 60 (km/h) | Inclinación-Resultado |
|--------------------|--|---------------------|---------------------|-----------------------|
| Curva 1 | 50 | Estable | Estable | Derecha-OK |
| Curva 2 | 30 | Estable | Estable | Izquierda-OK |
| Curva 3 | 150 | Aumentar velocidad | Estable | Derecha-OK |
| Curva 4 | 90 | Estable | Estable | Derecha-OK |
| Curva 5 | 80 | Estable | Estable | Izquierda-OK |
| Curva 6 | 100 | Aumentar velocidad | Estable | Derecha-OK |
| Curva 7 | 30 | Estable | Estable | Izquierda-OK |
| Curva 8 | 100 | Aumentar velocidad | Estable | Izquierda-OK |
| Curva 9 | 100 | Aumentar velocidad | Estable | Izquierda-OK |
| Curva 10 | 110 | Aumentar velocidad | Estable | Derecha-OK |
| Curva 11 | 30 | Estable | Estable | Izquierda-OK |
| Conclusión: | El prototipo es fácil de maniobrar ya que responde adecuadamente a los movimientos realizados por el piloto cumpliendo efectivamente su función en curvas. | | | |

Análisis de resultados prototipo

ANÁLISIS DE RESULTADOS MANIOBRABILIDAD

| Prueba | Velocidad | Escenario | Conclusión |
|--------------------|-----------|----------------------------------|---|
| Velocidad baja | 40 km/h | Conducción a baja velocidad. | Conducción estable manteniendo la velocidad en caminos rectos y en curvas abiertas, en curvas cerradas aumentar la velocidad. |
| Velocidad promedio | 60 km/h | Conducción a velocidad promedio. | Conducción estable manteniendo la velocidad en caminos rectos y en curvas abiertas y cerradas. |
| Velocidad máxima | 80 km/h | Conducción a velocidad máxima. | Conducción estable manteniendo la velocidad en caminos rectos, en curvas abiertas y curvas cerradas disminuir la velocidad. |



AUTONOMÍA

- Con el depósito de combustible vacío se coloca 1 litro de combustible.
- Poner en marcha el prototipo por diferentes tipos de caminos así se tiene pendientes y rectas a diferentes velocidades.
- El régimen de revoluciones debe ser de 4000 rpm que es un rango promedio de conducción.
- Se observa el kilometraje que brinda esta cantidad de combustible, realizando un promedio por los diferentes caminos recorridos.

Consumo de combustible

| Tipo de camino | Cantidad de combustible (litros) | Pendiente (°) | Distancia (km) |
|-----------------|----------------------------------|---------------|----------------|
| Plano | 1 | 0 | 42 |
| Pendiente | 1 | 10 | 28 |
| | | - 10 | 51 |
| Mixto | 1 | 0 - 15 | 32 |
| PROMEDIO | | | 38 |



CONCLUSIONES

- Se diseñó y construyó la tricimoto monoplaza, haciendo uso de manufactura nacional y recurriendo a herramientas informáticas.
- Mediante las herramientas computacionales en software SolidWorks y ANSYS se diseñó y analizó los esfuerzos que son generados en el bastidor y en el mecanismo de paralelogramo deformable con articulaciones, comprobando así que los elementos analizados presentan un factor de seguridad mayor a 2.0.
- Se diseñó y construyó un mecanismo de paralelogramo deformable con articulaciones con su respectivo sistema de suspensión y sistema de dirección que actúan de manera simultánea e independiente.
- La mayoría de los sistemas acoplados al bastidor fueron modificados para que se adapten adecuadamente a este, como es el caso del sistema de frenos, suspensión, dirección y mecanismo de paralelogramo deformable con articulaciones satisfaciendo así las necesidades requeridas por la tricimoto en lo que respecta a confort y seguridad.

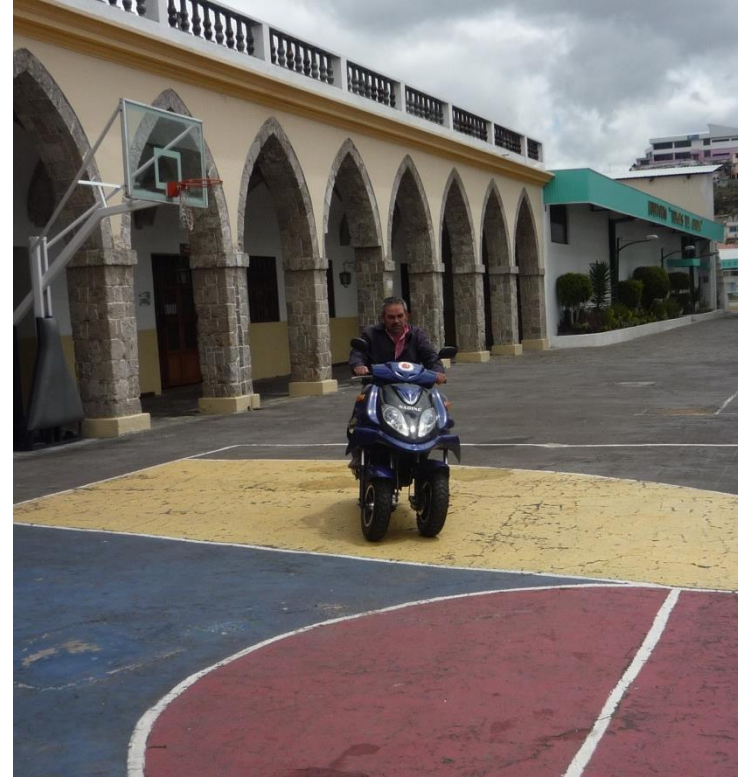
- El ancho de vía de la tricimoto es de 0,37 metros en la parte frontal, por lo que presenta una transferencia de masas directamente proporcional a la inclinación que se realiza, con una máxima de 35 grados brindando así mayor estabilidad durante la conducción y mejor adherencia de la tricimoto en caminos rectos, curvas abiertas y curvas cerradas.
- Se determinó que el diseño del mecanismo de paralelogramo deformable con articulaciones al tener un límite de inclinación de 35 grados con respecto a su vertical permite una conducción dinámica favorable.
- Los materiales e insumos utilizados durante la construcción de la tricimoto son de fácil acceso en el mercado nacional, generando así un prototipo funcional en lo que respecta a mantenimiento y reparaciones con un costo bajo.



RECOMENDACIONES

- Se recomienda no tomar curvas abiertas y cerradas a una velocidad de 80 km/h, ya que el prototipo presenta inestabilidad y disminuye su maniobrabilidad.
- Se recomienda realizar el respectivo mantenimiento del conjunto motor/transmisión cada 1000 km según manuales de mantenimiento para motores de 150 cc y transmisión automática.
- Se recomienda realizar el engrase del conjunto mecanismo de paralelogramo deformable en cada una de sus articulaciones cada 1000 km
- Se recomienda realizar un mantenimiento preventivo a los elementos del sistema de suspensión y sistema de dirección, para evitar que el mecanismo de paralelogramo deformable presente inconvenientes durante la conducción garantizando así la seguridad del conductor.
- Se recomienda utilizar un software de diseño para obtener dimensiones y resultados fiables los cuales permitan mayor precisión y rapidez.
- Se recomienda que el prototipo sea difundido a la colectividad universitaria y a la comunidad en general con el fin de dar a conocer el transporte alternativo diseñado y construido.





GRACIAS...



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA