

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ

“INVESTIGACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE UN BASTIDOR DE
MOTOCICLETA PARA UN MOTOR DE 250CC MEDIANTE SOFTWARE
DEDICADO PARA LA “V COMPETENCIA INTERNACIONAL MOTOSTUDENT”

Autores: Ortiz Ardila, Roberth Ismael

Ortiz Tipán, Byron Danilo

Director: Ing. Torres Muñoz, Guido Rafael





ANTECEDENTES

La competencia Internacional MotoStudent promueve un desafío entre equipos de estudiantes universitarios de todo el mundo, cuyo objetivo es diseñar, desarrollar y fabricar un prototipo de motocicleta de carreras real.



El diseño de prototipos de motocicletas de carrera, ha hecho énfasis en la evolución y desarrollo de bastidores, que cumplan con estándares necesarios para que la motocicleta tenga un óptimo funcionamiento.



OBJETIVO GENERAL

Investigar el comportamiento de un bastidor de motocicleta para un motor de 250cc mediante software dedicado para la “V Competencia Internacional Motostudent”.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar normas y tipos de bastidores en bases digitales estableciendo los parámetros de diseño del bastidor.
- Modelar un bastidor en software dedicado (CAD, CAE) que permita la participación en la “V Competencia Internacional Motostudent”.
- Analizar el bastidor mediante cálculos y modelos matemáticos que cumplan funciones estructurales de diseño.
- Analizar bastidor con pruebas estáticas y dinámicas en software dedicado (CAD, CAE) que validen el comportamiento.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Construir el bastidor utilizando normas estándares mejorando el comportamiento en condiciones físicas en una competencia.
- Validar el comportamiento del bastidor realizando pruebas estáticas y pruebas dinámicas para determinar su fiabilidad en tiempo real.

METAS

- Modelamiento de un bastidor que mejore las propiedades mecánicas, con materiales nacionales existentes en el país de acuerdo a la norma NEC satisfaciendo las necesidades de motociclistas que compiten en las carreras de GP.
- Construcción del bastidor, el cual va a estar tutelado por el reglamento de la “V Competencia Internacional Motostudent” y a estándares internacionales de Moto 3.
- Análisis del bastidor en software dedicado con una prueba estática de esfuerzos de Von Mises y Deformación Máxima, que permita la participación del bastidor en la competencia.
- Certificación del bastidor con pruebas estáticas y pruebas dinámicas en pista (aceleración, frenado y maniobrabilidad.)



Competición MotoStudent

¿Qué es MotoStudent?

Es un desafío entre los equipos de estudiantes universitarios en todo el mundo, que es promovido por Moto Engineering Foundation y TechnoPark MotorLand.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

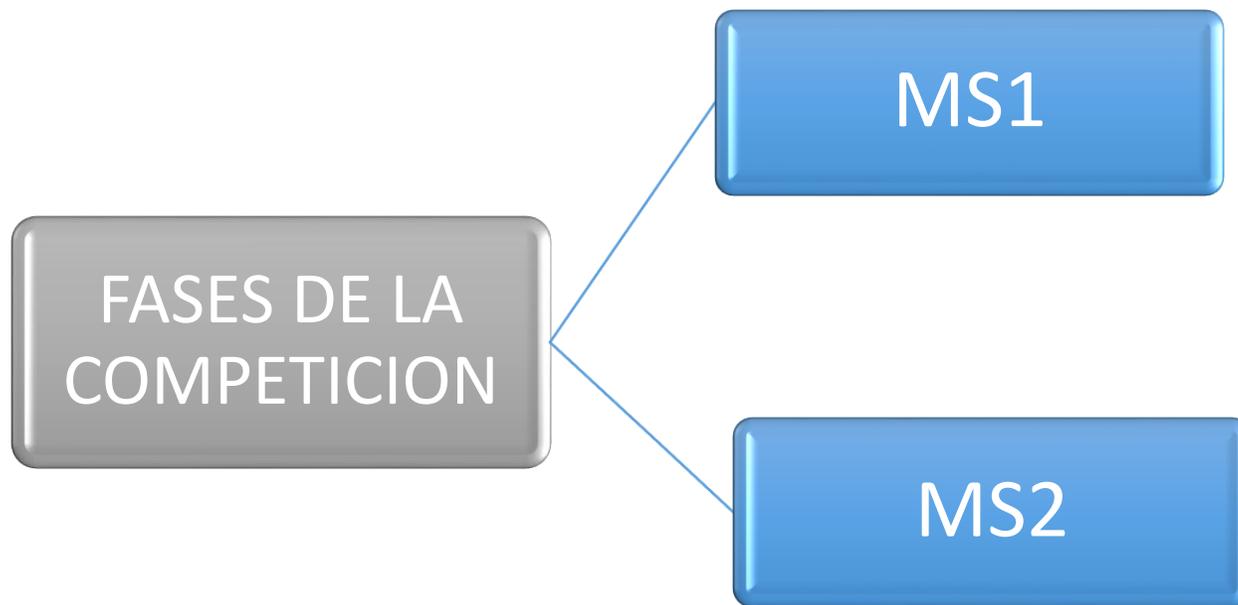
Competición MotoStudent

Objetivo

Emprender un plan empresarial real en el sector industrial a través de un proyecto donde deben diseñar, desarrollar y construir durante un período de tres semestres un prototipo de motocicleta de competición no profesional, que se evaluará y probará en el Circuito FIM de Motorland Aragón



Competición MotoStudent

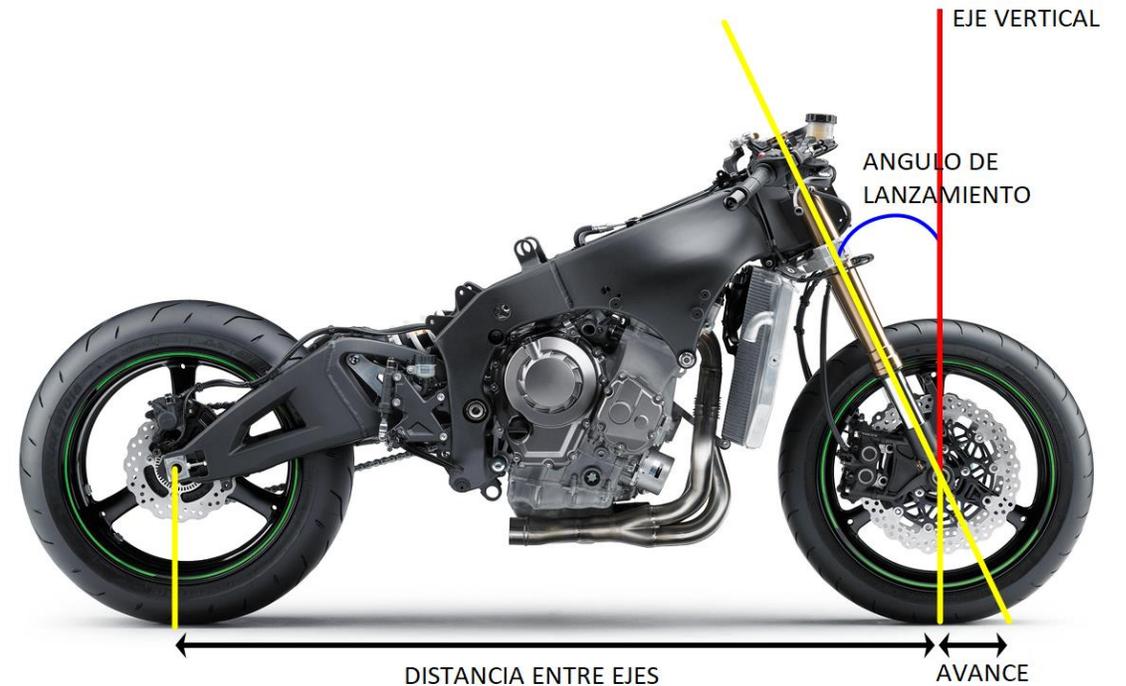


moto
student

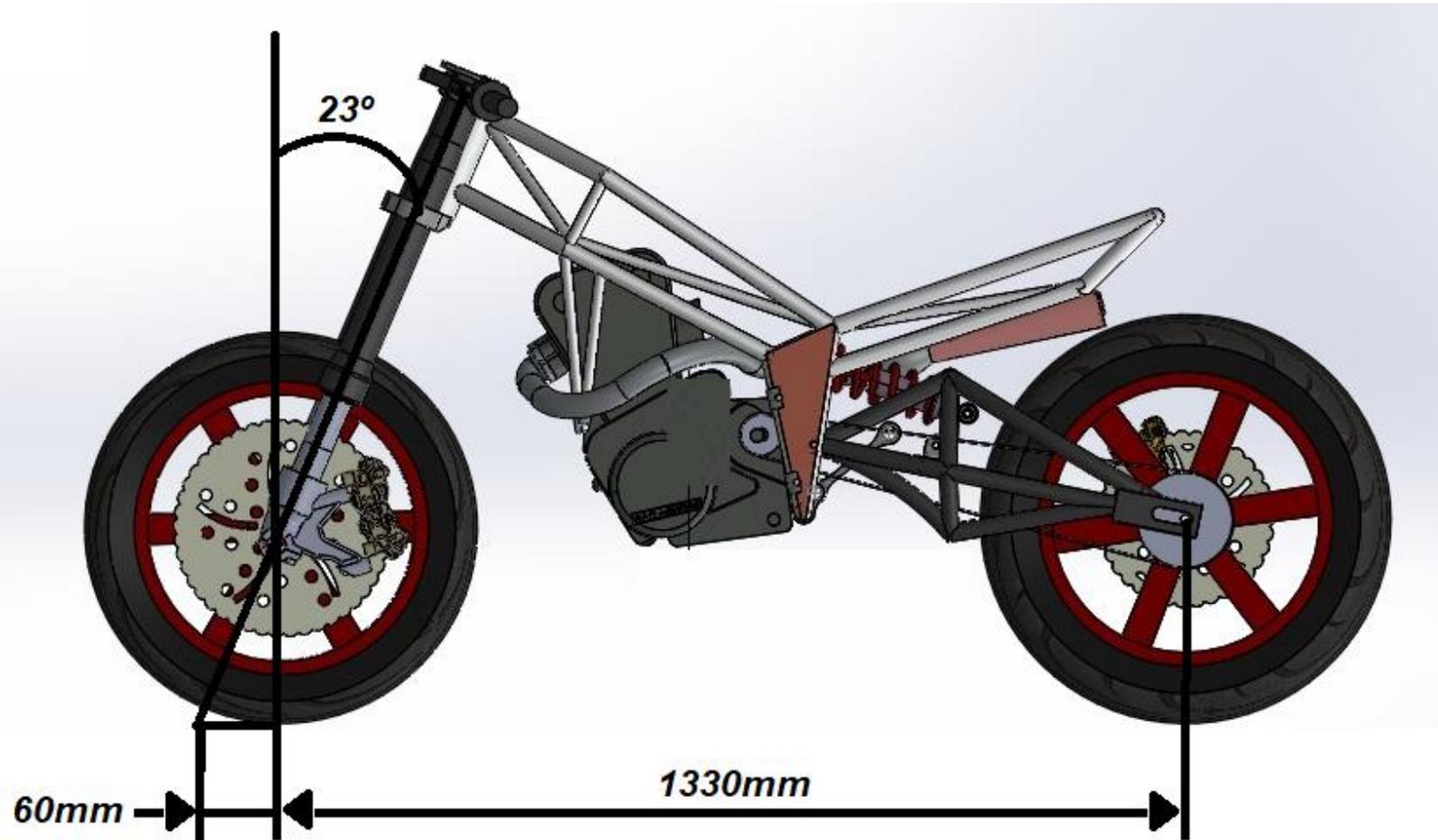


Diseño Geométrico

Las consideraciones geométricas en la estructura tienen como respuesta un cambio en el comportamiento y rendimiento de la motocicleta



Parámetros Geométricos



Elección del tipo de Bastidor

CHASIS	
Tipo	Tubular
Características	<ul style="list-style-type: none">• Formado por la unión de tubos• Forman una red de largueros y travesaños alrededor del motor• Fabricado con tubos de acero
Ventajas	<ul style="list-style-type: none">• Fácil construcción y accesibilidad de materiales.• Presenta una buena rigidez• Costo de fabricación bajo
Desventajas	<ul style="list-style-type: none">• Presentan un peso elevado que disminuye la eficiencia de la moto



Análisis de Cargas Muertas

Componentes	Valor (Kg)
Bastidor	37.00
Basculante	21.40
Carenado	6.00
Sistema de frenos	5.00
Motor de combustión interna	35.00
Suspensión delantera	25.00
Suspensión posterior	5.00
Sistema eléctrico	8.00
Accesorios	15.00
Total	131.40

Fuerza Generada por la Carga Muerta

$$F_{cm} = m_{cm} * a$$

$$F_{cm} = 131.4 * 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$F_{cm} = 1289.03N$$

Análisis de Cargas Vivas

Dato	Valor (kg)
Masa del piloto	70
Masa combustible	5
Total	75

Fuerza Generada por la Carga Viva

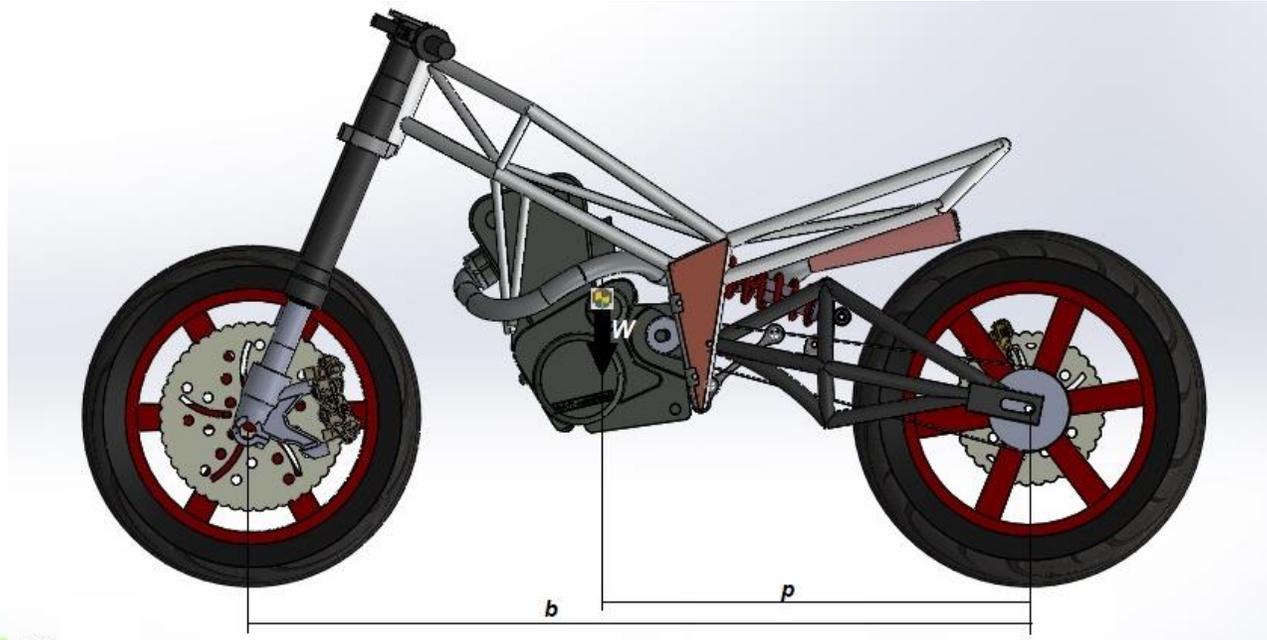
$$F_{cv} = m_{cv} * a$$

$$F_{cv} = 75kg * 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$F_{cv} = 735.75N$$

Distancia al Centro de Gravedad

Longitudes	Valor (mm)
Distancia entre ejes (b)	1330
Distancia entre el CG al eje posterior (p)	724
Distancia entre el CG al eje delantero (b-p)	606



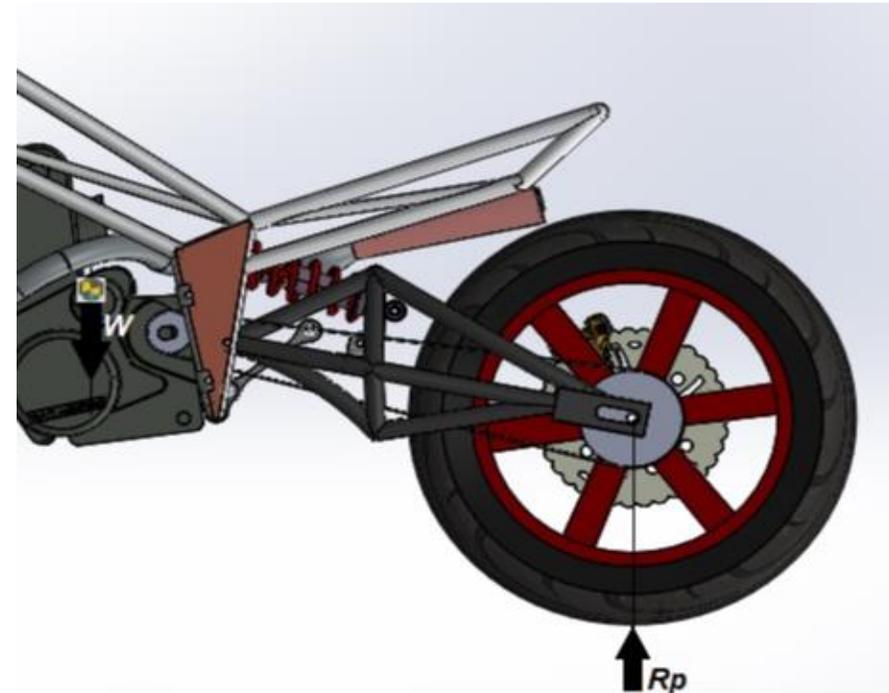
Análisis del comportamiento del bastidor: Estático

Fuerza aplicada al eje posterior

$$R_p = \frac{\%R_p * W}{100\%}$$

$$R_p = \frac{45.633\% * 2024.78N}{100\%}$$

$$R_p = 923.96N$$



Análisis del comportamiento del bastidor: Estático

Fuerza aplicada al eje delantero

$$R_f = \frac{\%R_f * W}{100\%}$$

$$R_f = \frac{54.36\% * 2024.78N}{100\%}$$

$$R_f = 1100.82N$$



Análisis del comportamiento del bastidor: Aceleración

Datos

$$v = 84.6 \frac{km}{h} = 23.5 \frac{m}{s}$$

$$t = 8,65 s$$

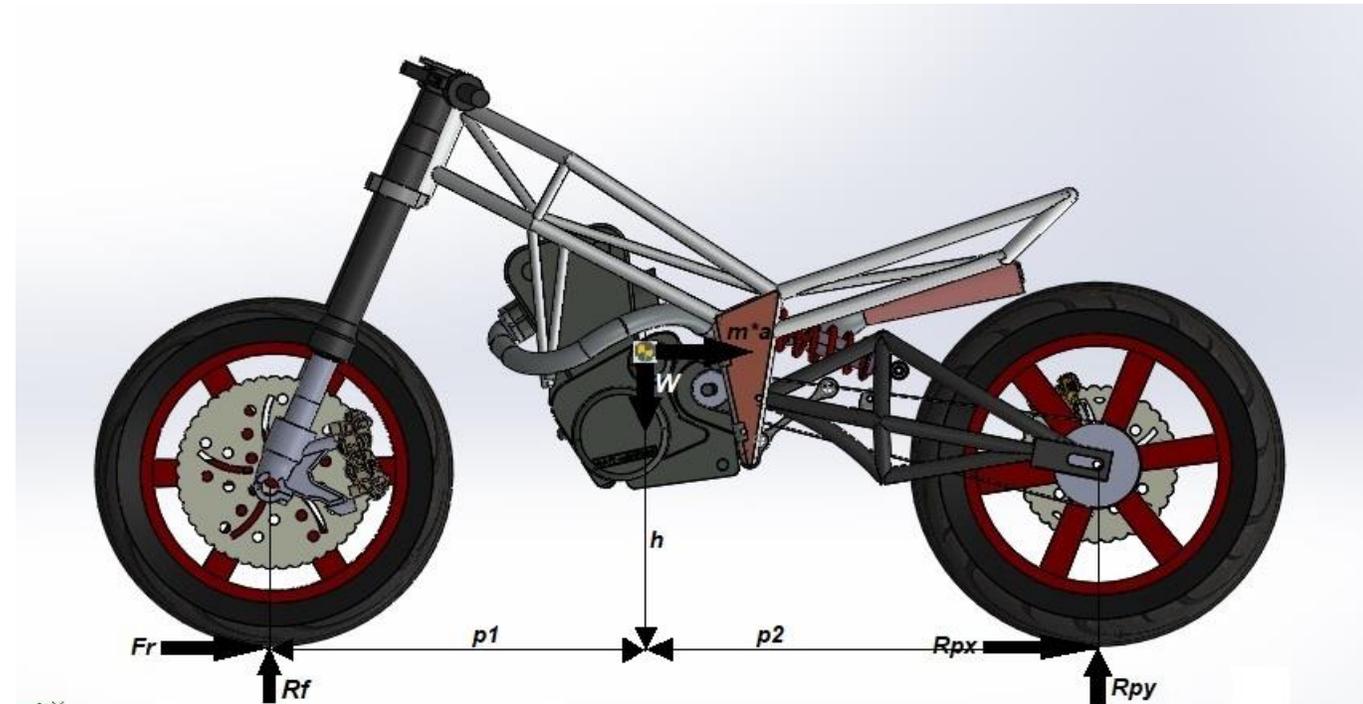
Formula de aceleración

$$a = \frac{v - v_0}{t}$$

$$a = \frac{23.5 \frac{m}{s} - 0 \frac{m}{s}}{8,65 s}$$

$$a = 2.71 \frac{m}{s^2}$$

Fuerzas que intervienen en la aceleración



Análisis del comportamiento del bastidor: Aceleración

Sumatoria de momentos en R_p

$$\sum MR_p = 0$$

$$-R_{fy}(p) + (m * g * p2) - (m * a * h) = 0$$

$$R_{fy} = \frac{(m * g * p2) - (m * a * h)}{p}$$

Aplicando la segunda ley de Newton

$$R_{px} = (m * a)$$

Sumatoria de fuerzas en y

$$\sum Fy = 0$$

$$R_{fy} + R_{py} - (m * g) = 0$$

$$R_{py} = (m * g) - R_{fy}$$

Fuerza de rozamiento

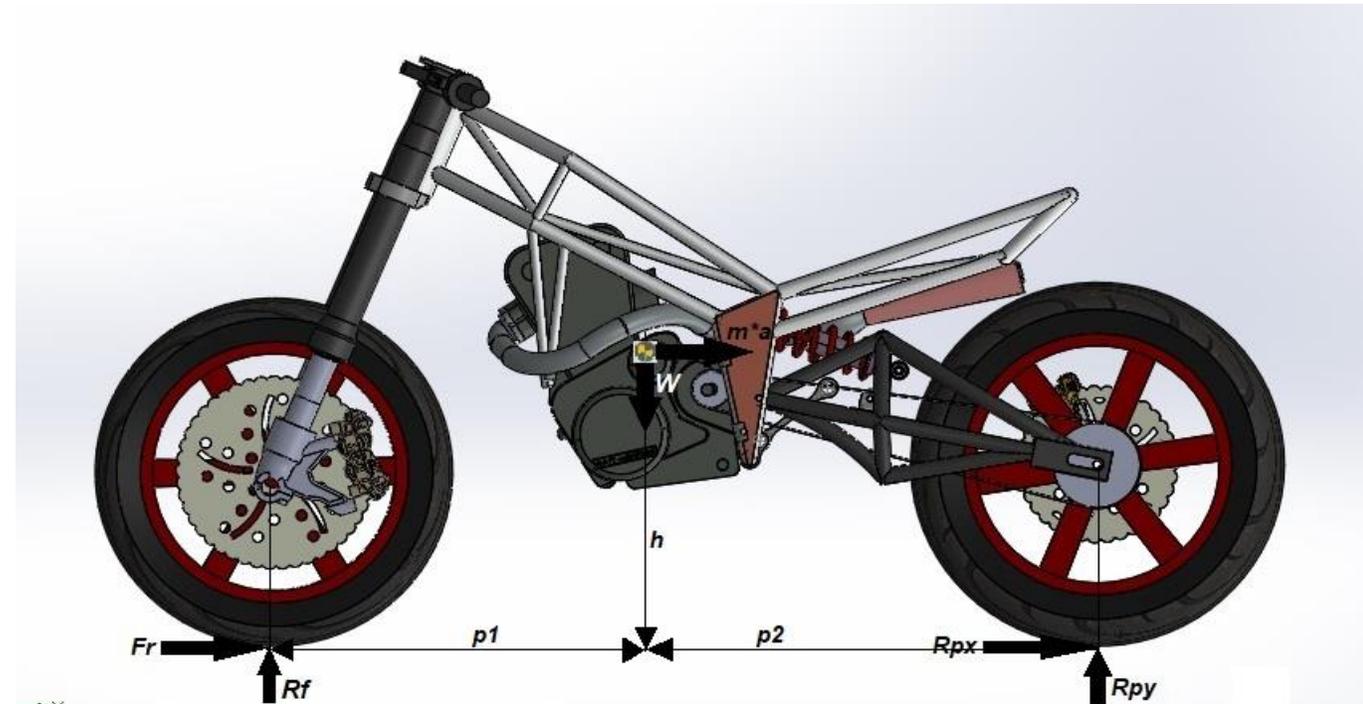
$$F_r = R_{fy} * \mu$$

Análisis del comportamiento del bastidor: Aceleración

Tabla de Resultados

Fuerza	Valor (N)
R_{fy}	1014.85
R_{px}	1009.94
R_{py}	560.74
F_r	1014.85

Fuerzas que intervienen en la aceleración



Análisis del comportamiento del bastidor: Frenado

Datos

$$v = 88.8 \frac{km}{h} = 24.67 \frac{m}{s}$$

$$t = 2.21 s$$

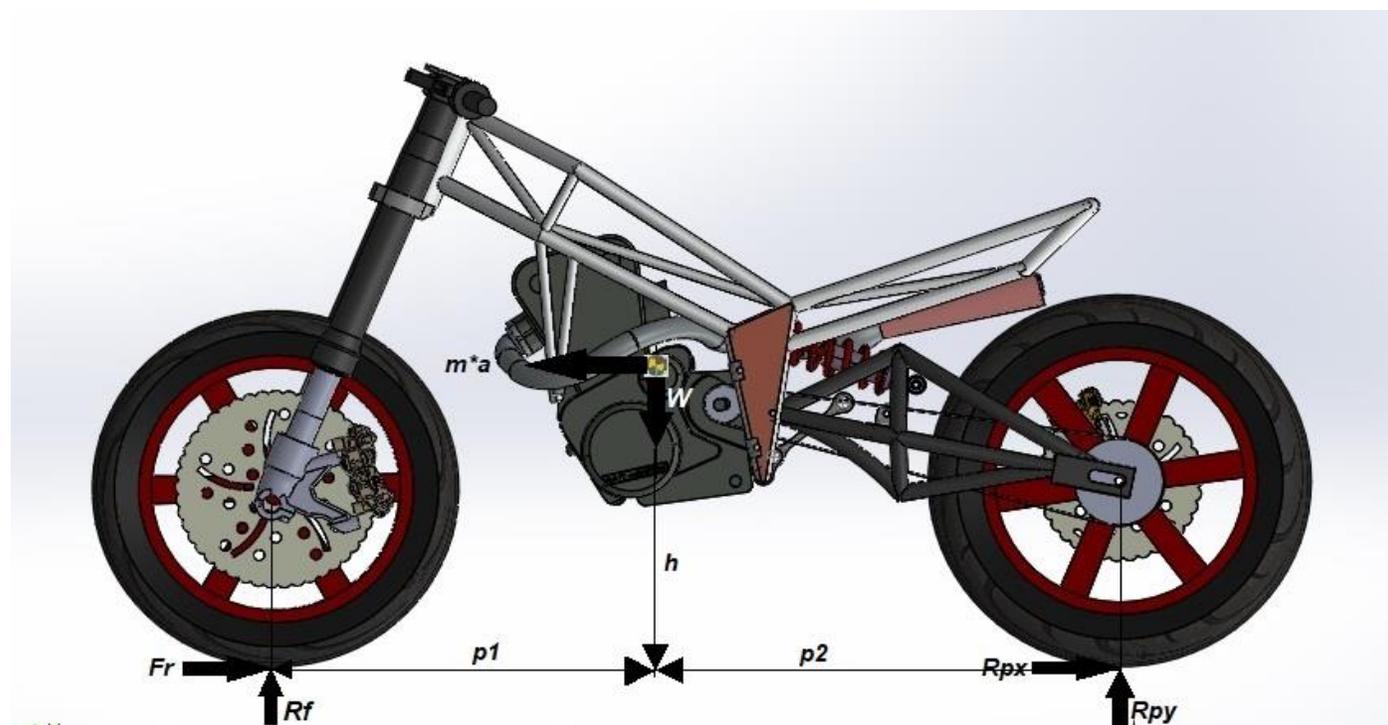
Formula de aceleración

$$a = \frac{v - v_0}{t}$$

$$a = \frac{0 \frac{m}{s} - 25.67 \frac{m}{s}}{2.21 s}$$

$$a = -11.16 \frac{m}{s^2}$$

Fuerzas que intervienen en el frenado



Análisis del comportamiento del bastidor: Frenado

Sumatoria de momentos en la rueda delantera

$$\sum MR_f = 0$$

$$R_{py}(p) - (m * g * p1) + (m * a * h) = 0$$

$$R_{py} = \frac{-(m * a * h) + (m * g * p1)}{p}$$

Sumatoria de fuerzas en x

$$\sum Fx = 0$$

$$-R_{fx} - R_{px} + (m * g) = 0$$

$$R_{fx} = (m * g) - R_{px}$$

Sumatoria de fuerzas en y

$$\sum Fy = 0$$

$$R_{fy} + R_{py} - (m * g) = 0$$

$$R_{fy} = (m * g) - R_{py}$$

Aplicando la segunda ley de Newton

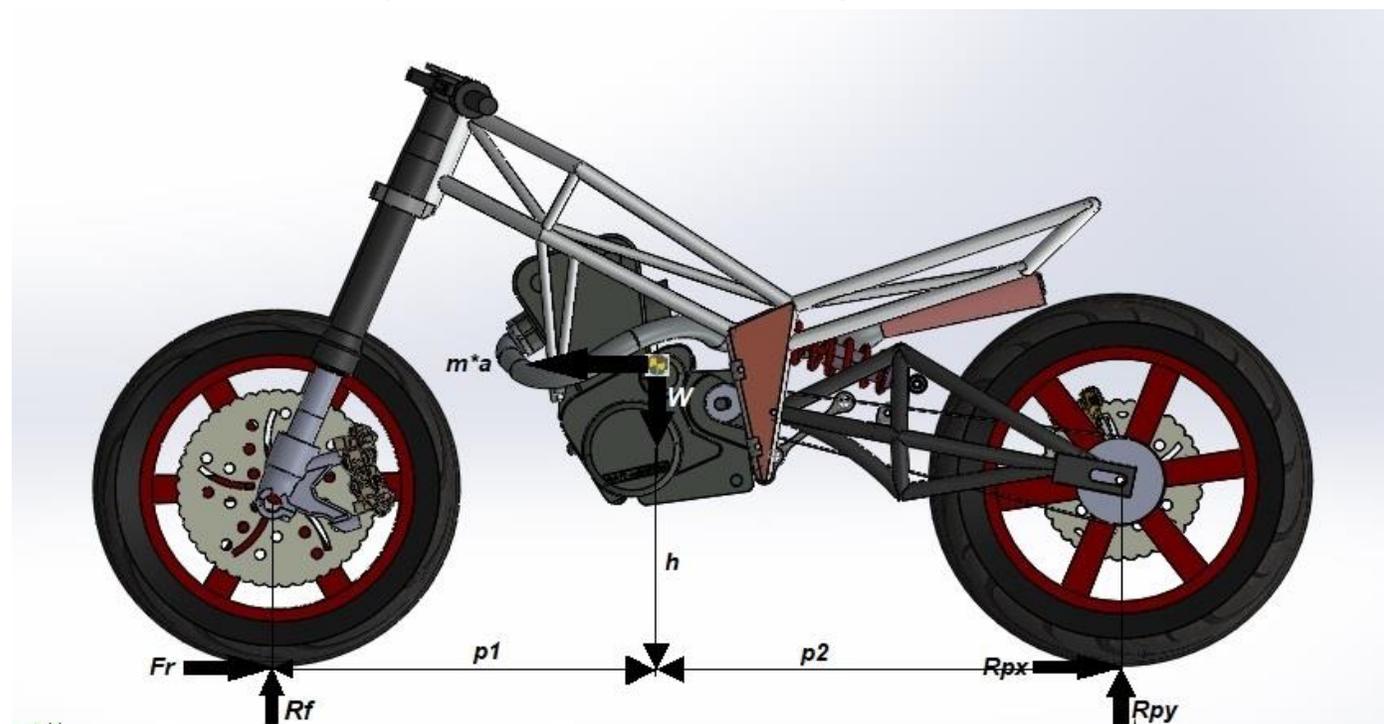
$$R_{px} = 0.3 * (m * a)$$

Análisis del comportamiento del bastidor: Frenado

Tabla de Resultados

Fuerza	Valor (N)
R_{fy}	1445.60
R_{py}	579.17
R_{px}	691.14
F_r	1445.60

Fuerzas que intervienen en el frenado



Fuerzas Aplicadas a la Horquilla de Dirección

Sumatoria de momentos en B.

$$\sum MB = 0$$

$$-M_C - F_C(d_1 - d_2) + F_A(d_2) = 0$$

Sumatoria de fuerzas en y

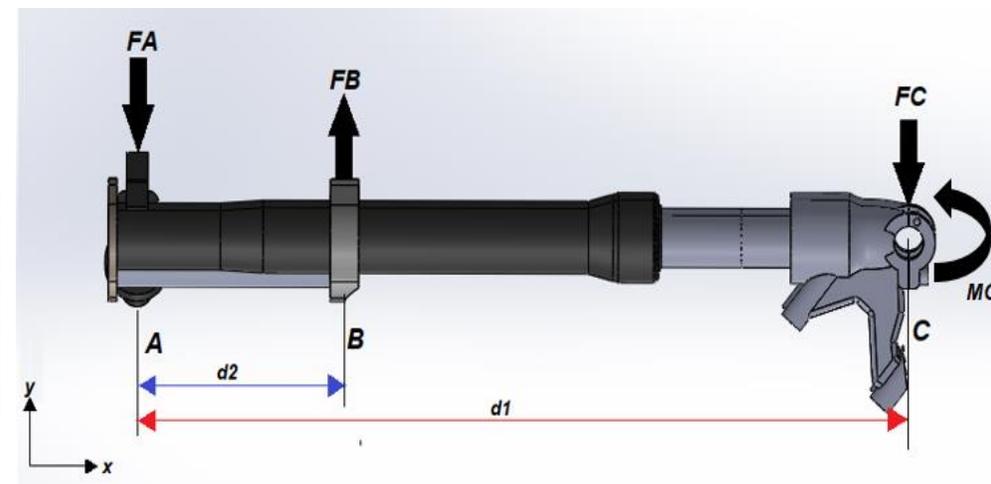
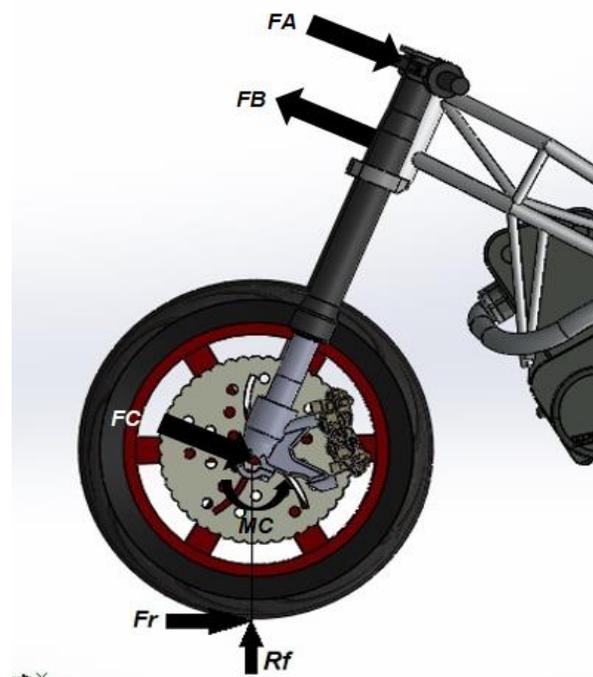
$$\sum Fy = 0$$

$$-F_C + F_B - F_A = 0$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones

$$F_B = \frac{M_C + F_C(d_1 - d_2) + F_C d_2}{d_2}$$

Fuerzas que intervienen en el frenado



Fuerzas Aplicadas a la Horquilla de Dirección

Análisis Estático

Fuerza	Valor	Unidad
F_A	2424.23	N
F_B	2854.96	N
F_C	430.12	N
M_C	248.70	Nm

Análisis Dinámico de Aceleración

Fuerza	Valor	Unidad
F_A	2235.45	N
F_B	2631.99	N
F_C	396.53	N
M_C	229.28	Nm

Análisis Dinámico de Frenado

Fuerza	Valor	Unidad
F_A	3184.29	N
F_B	3749.13	N
F_C	564.84	N
M_C	326.59	Nm

Fuerzas Aplicadas a los soportes del Motor Estático

Sistema de Ecuaciones

$$-162.7F_{m1} - 172F_{m2} + 121.8F_{m3} = 0 \quad (1)$$

$$12F_{m1} - 114.5F_{m2} + 12F_{m3} = 0 \quad (2)$$

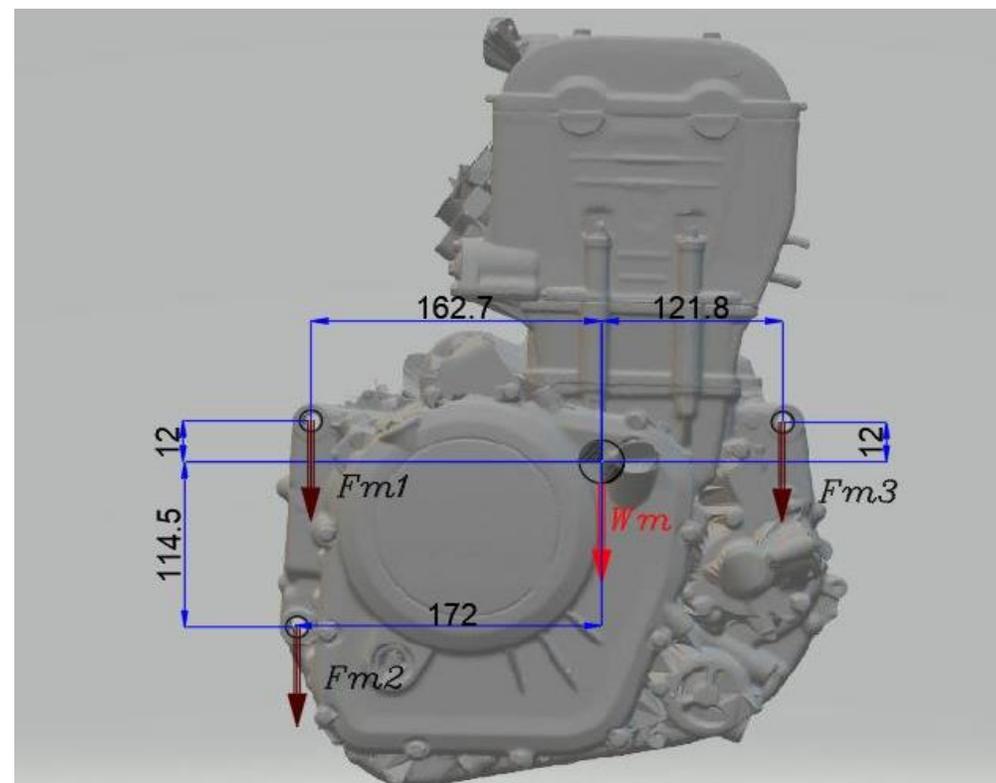
$$F_{m1} + F_{m2} + F_{m3} = 313.6 \text{ N} \quad (3)$$

Solución

$$F_{m1} = 103.54 \text{ N}$$

$$F_{m2} = 29.75 \text{ N}$$

$$F_{m3} = 180.31 \text{ N}$$



Fuerzas Aplicadas a los soportes del Motor Dinámico: Aceleración

Sistema de Ecuaciones

$$-162.7F_{a1} - 172F_{a2} + 121.8F_{a3} = 0 \quad (1)$$

$$12F_{a1} - 114.5F_{a2} + 12F_{a3} = 0 \quad (2)$$

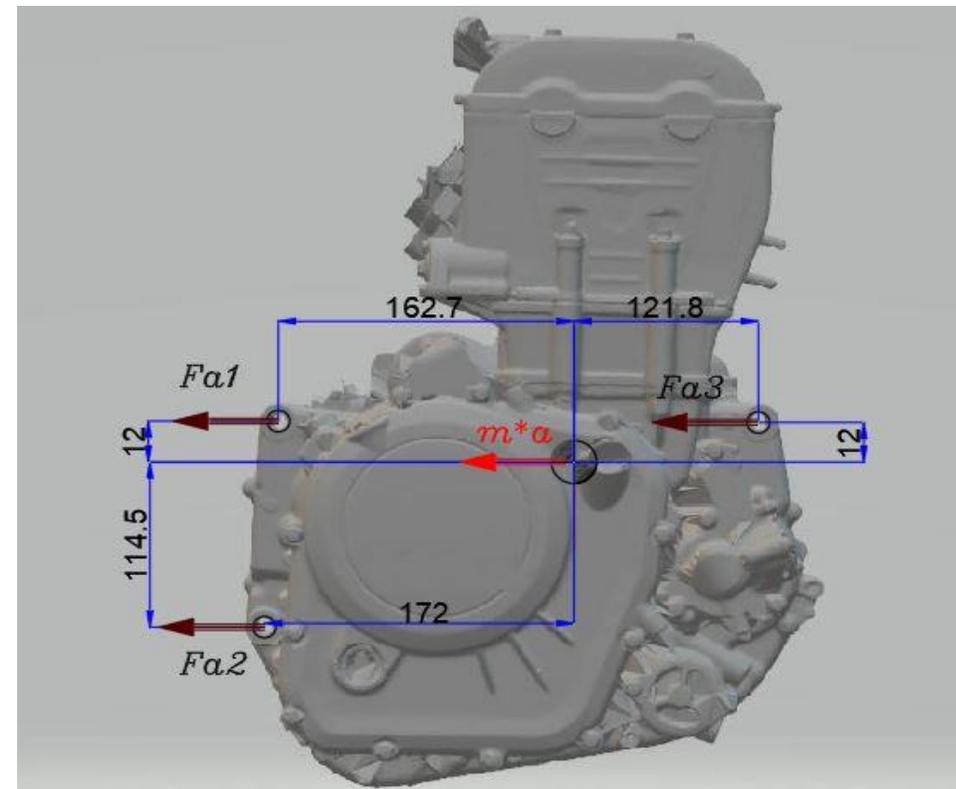
$$F_{a1} + F_{a2} + F_{a3} = 86.72 \text{ N} \quad (3)$$

Solución

$$F_{a1} = 28.63 \text{ N}$$

$$F_{a2} = 8.23 \text{ N}$$

$$F_{a3} = 49.86 \text{ N}$$



Fuerzas Aplicadas a los soportes del Motor Dinámico: Frenado

Sistema de Ecuaciones

$$-162.7F_{f1} - 172F_{f2} + 121.8F_{f3} = 0 \quad (1)$$

$$12F_{f1} - 114.5F_{f2} + 12F_{f3} = 0 \quad (2)$$

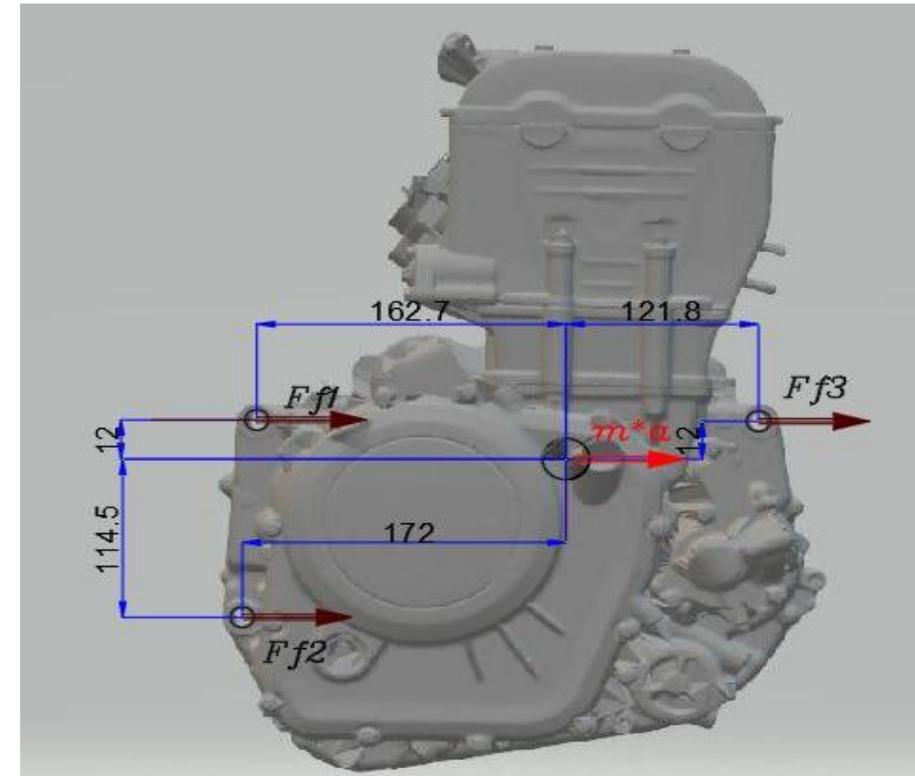
$$F_{f1} + F_{f2} + F_{f3} = 357.12 \text{ N} \quad (3)$$

Solución

$$F_{f1} = 117.91 \text{ N}$$

$$F_{f2} = 33.88 \text{ N}$$

$$F_{f3} = 205.33 \text{ N}$$



Fuerzas Generadas por la Suspensión Trasera

Fuerzas Análisis Estático

Fuerza	Valor	Unidad
F_{sa}	473.00	N
F_{sb}	-776.40	N
φ	18.28	°
ω	32.50	°

Fuerzas análisis Dinámico: Aceleración

Fuerza	Valor	Unidad
F_{sa}	962.30	N
F_{sb}	1391.78	N
φ	16.86	°
ω	33.00	°

Fuerzas análisis Dinámico: Frenado

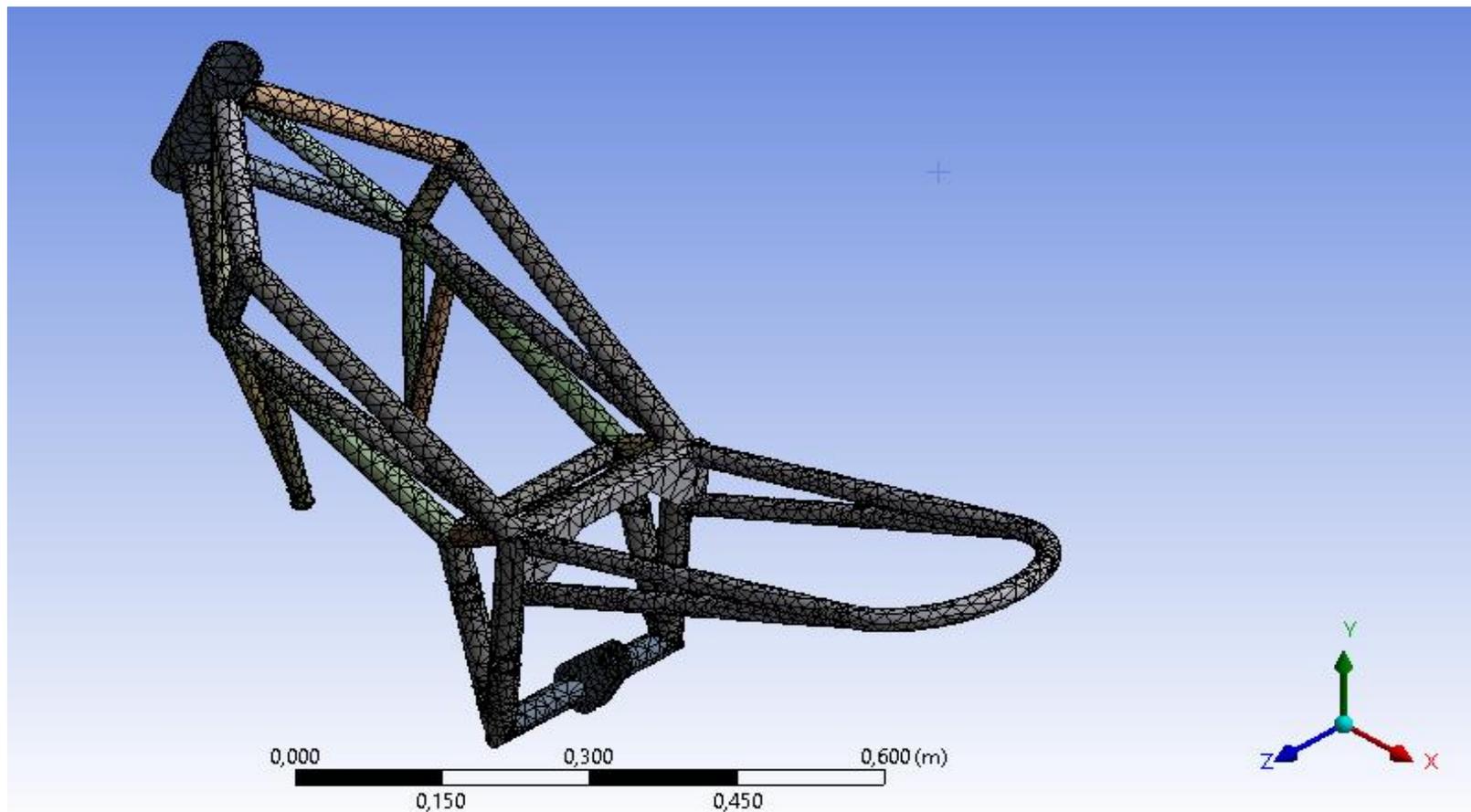
Fuerza	Valor	Unidad
F_{sa}	962.30	N
F_{sb}	1391.78	N
φ	16.86	°
ω	33.00	°



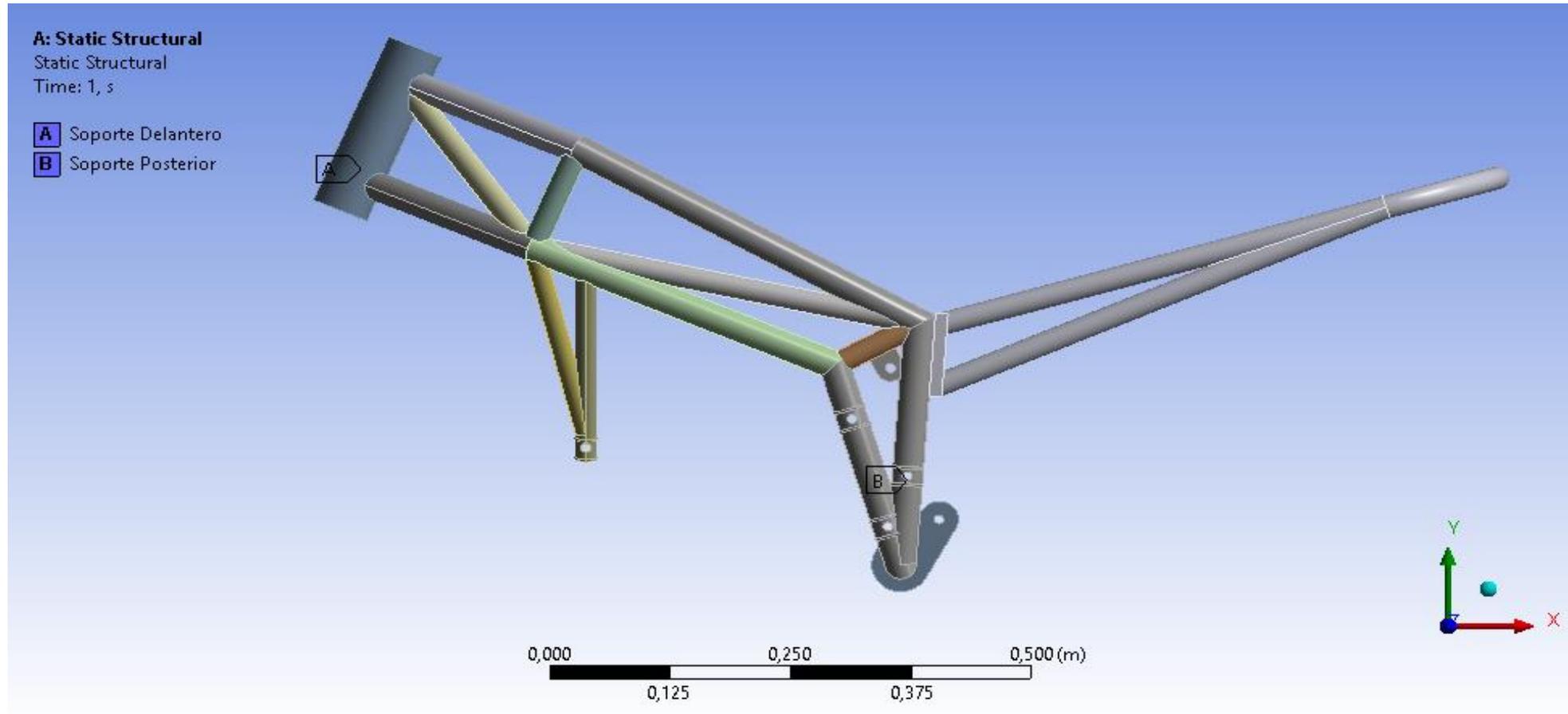
Simulación y Análisis Estructural mediante Software dedicado CAE



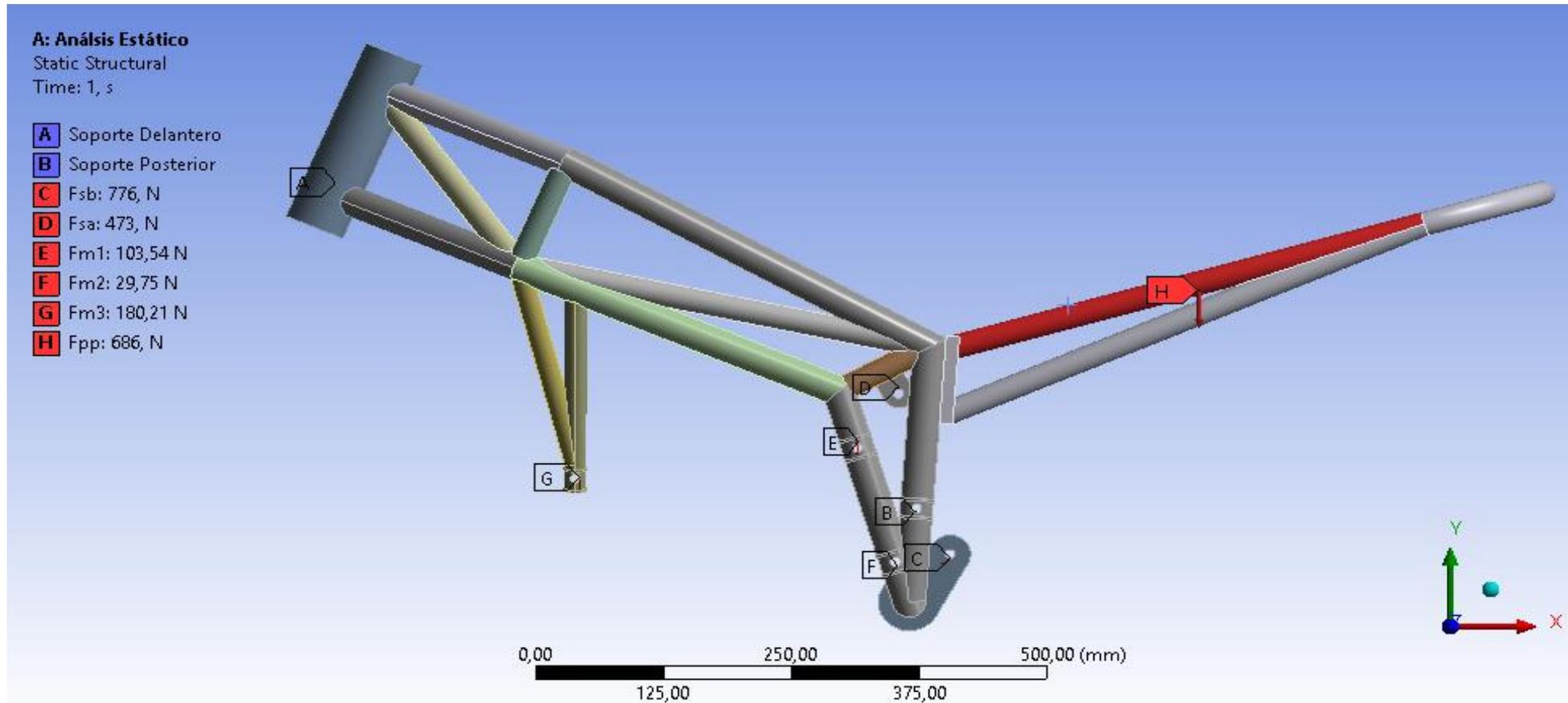
Creación de la Malla



Puntos de Sujeción



Simulación del Análisis Estático

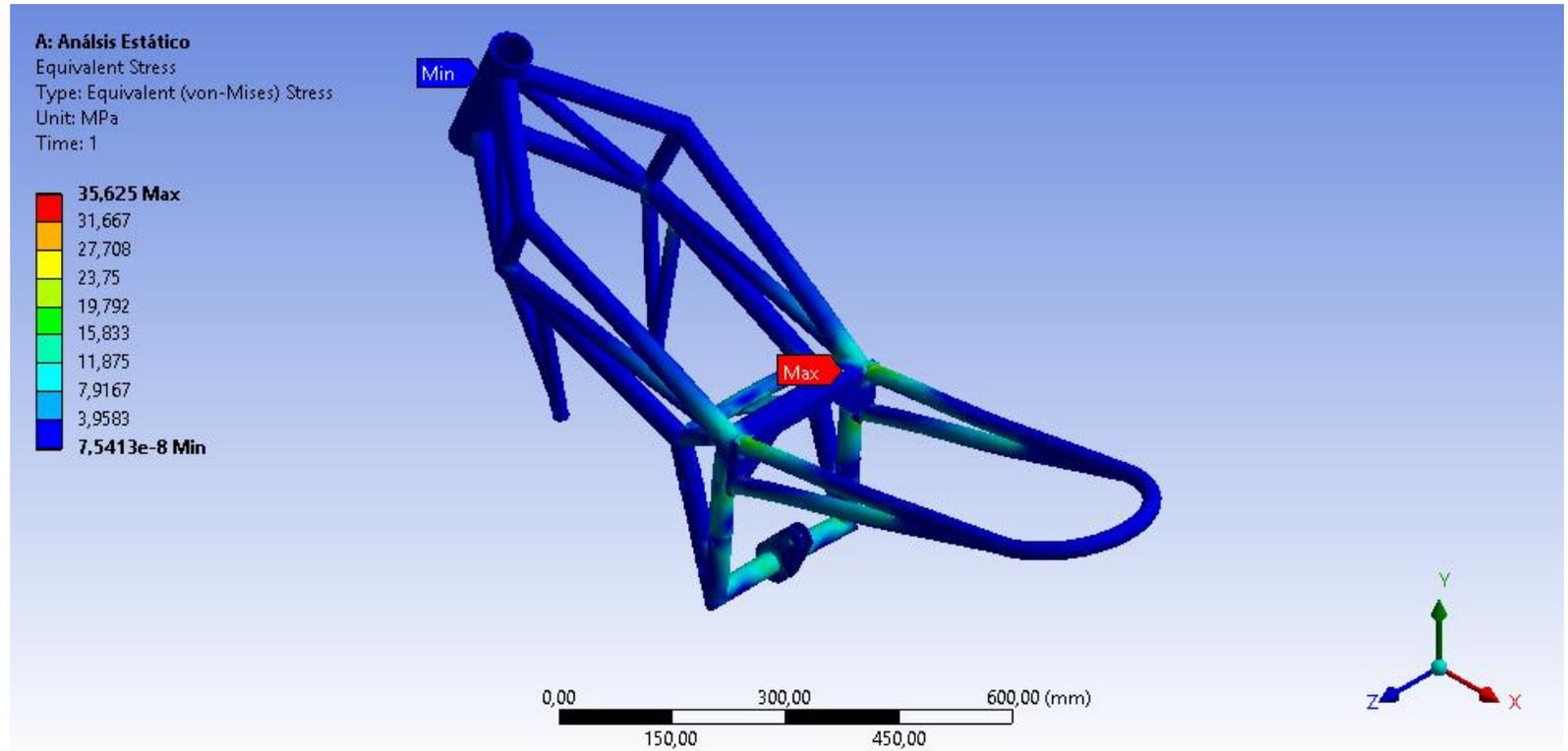


Simulación del Análisis Estático

Resultados de la Prueba

Prueba	Esfuerzo de Von Mises
Máximo	35.62MPa
Mínimo	3.95MPa
Valor Max	250MPa

Realización de la Prueba

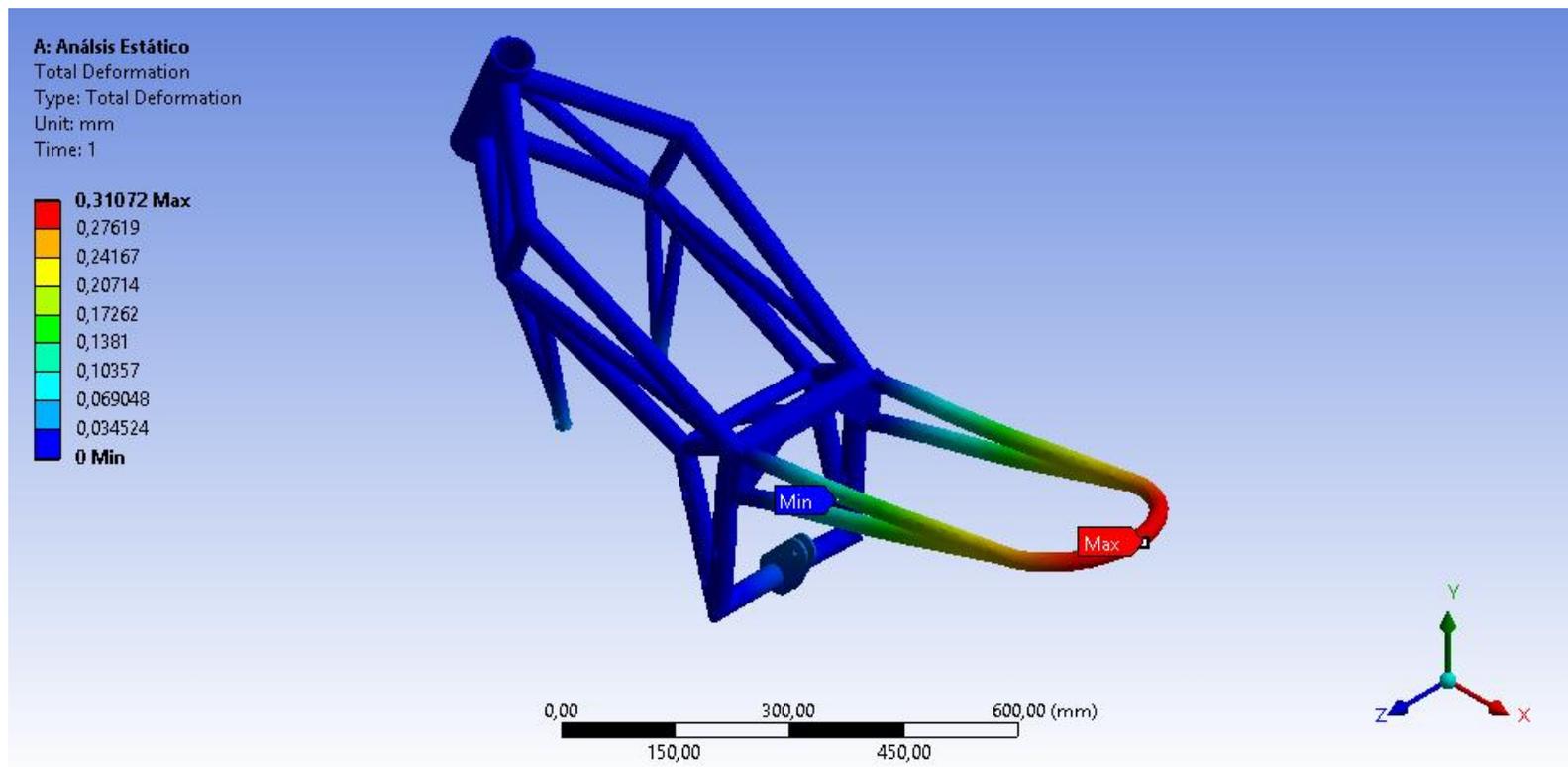


Simulación del Análisis Estático

Resultados de la Prueba

Prueba	Deformación
Máximo	0.31mm
Mínimo	0mm

Realización de la Prueba

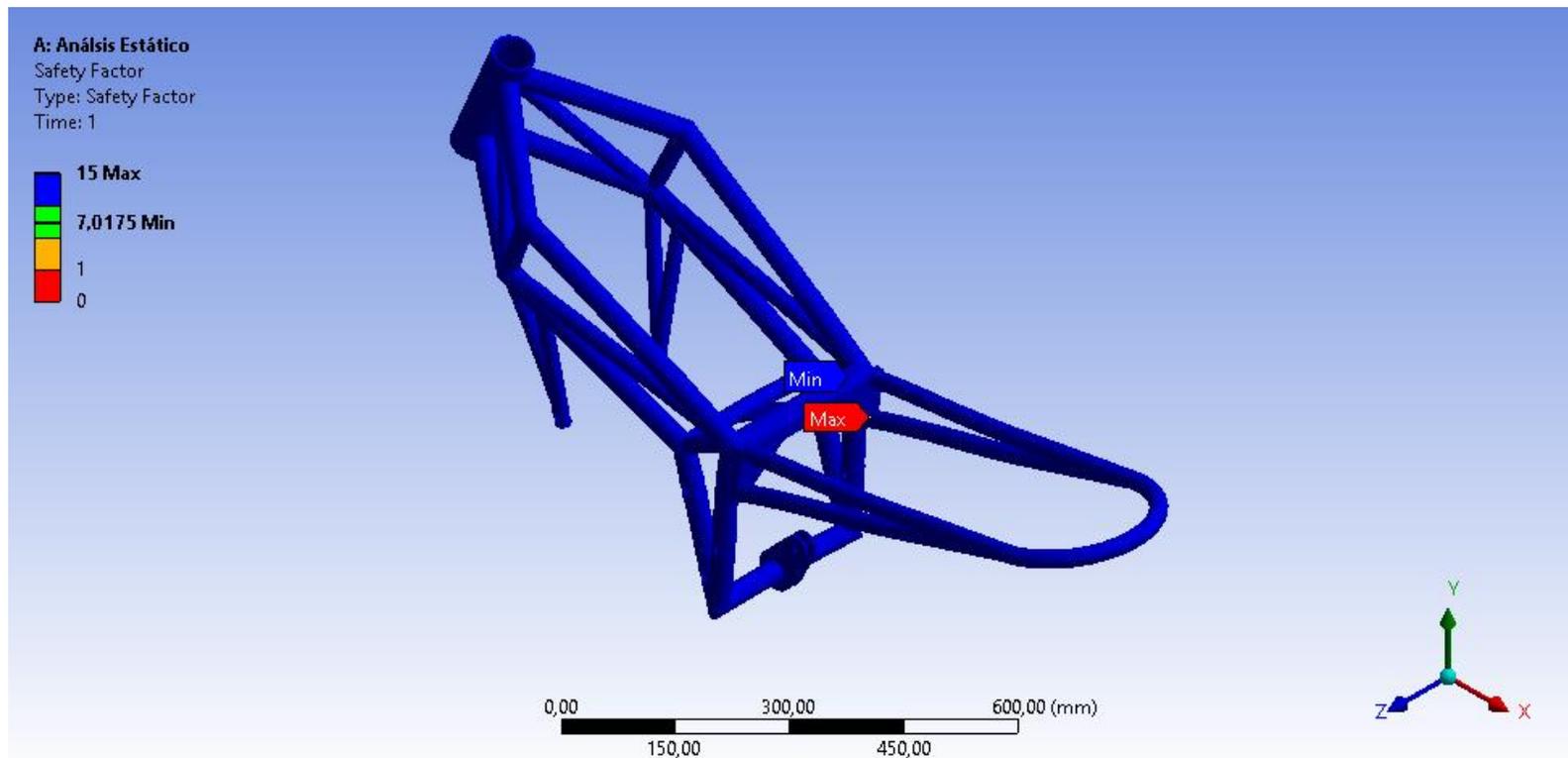


Simulación del Análisis Estático

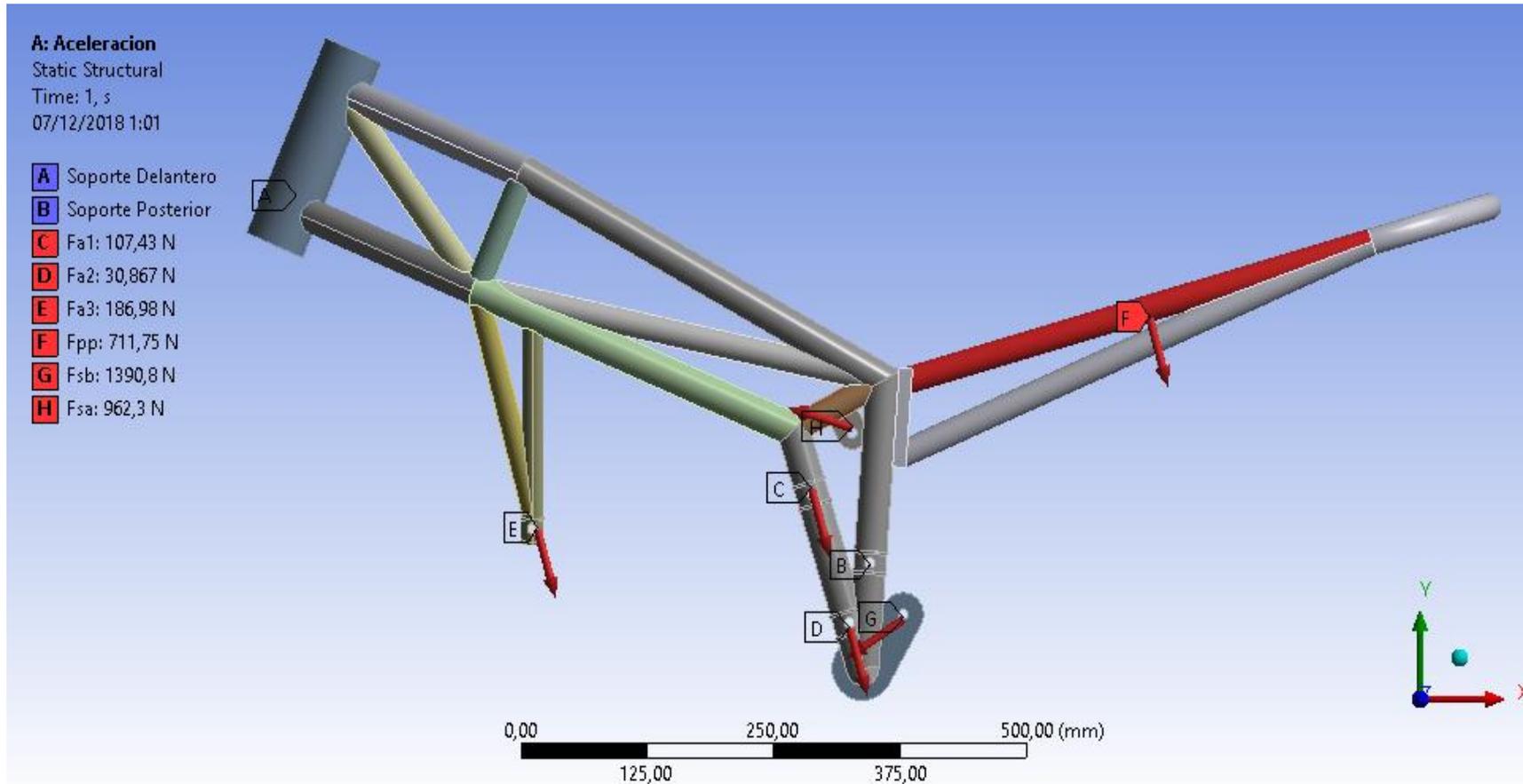
Resultados de la Prueba

Prueba	Factor de Diseño
Máximo	15
Mínimo	7.01

Realización de la Prueba



Simulación del Análisis Dinámico de Aceleración

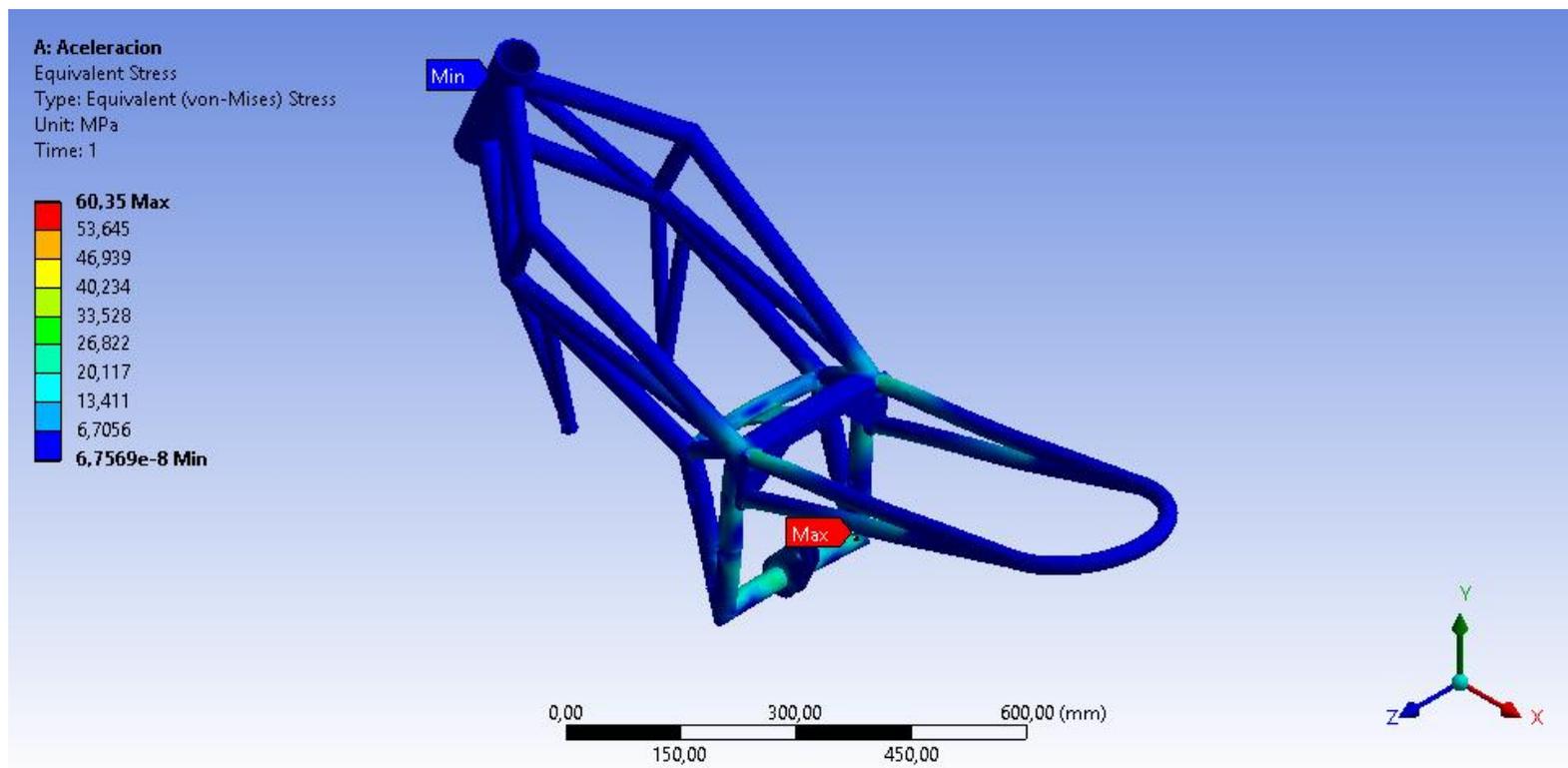


Simulación del Análisis Dinámico de Aceleración

Resultados de la Prueba

Prueba	Esfuerzo de Von Mises
Máximo	60.35MPa
Mínimo	6.70MPa
Valor Max	250MPa

Realización de la Prueba

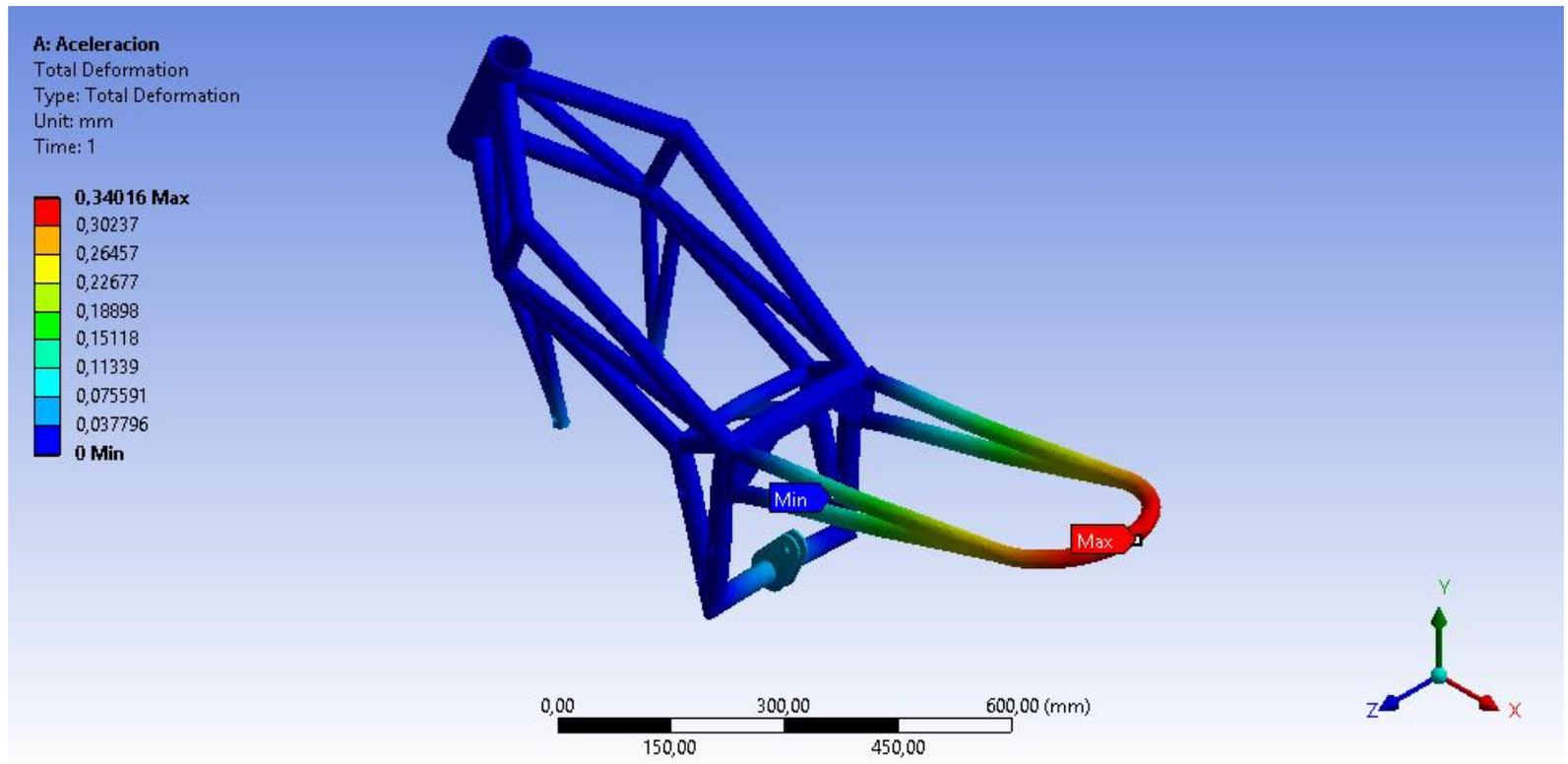


Simulación del Análisis Dinámico de Aceleración

Resultados de la Prueba

Prueba	Deformación
Máximo	0.34mm
Mínimo	0mm

Realización de la Prueba

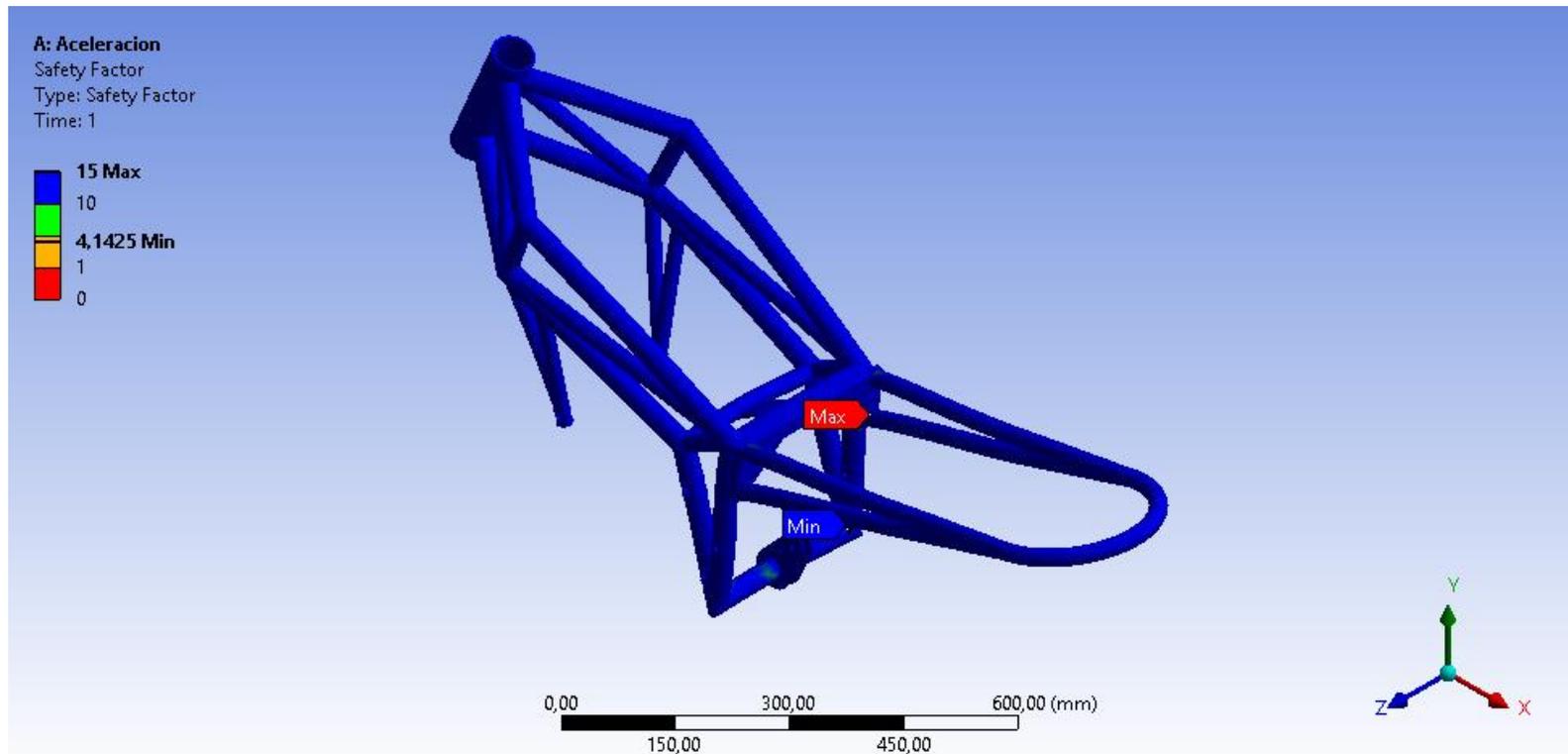


Simulación del Análisis Dinámico de Aceleración

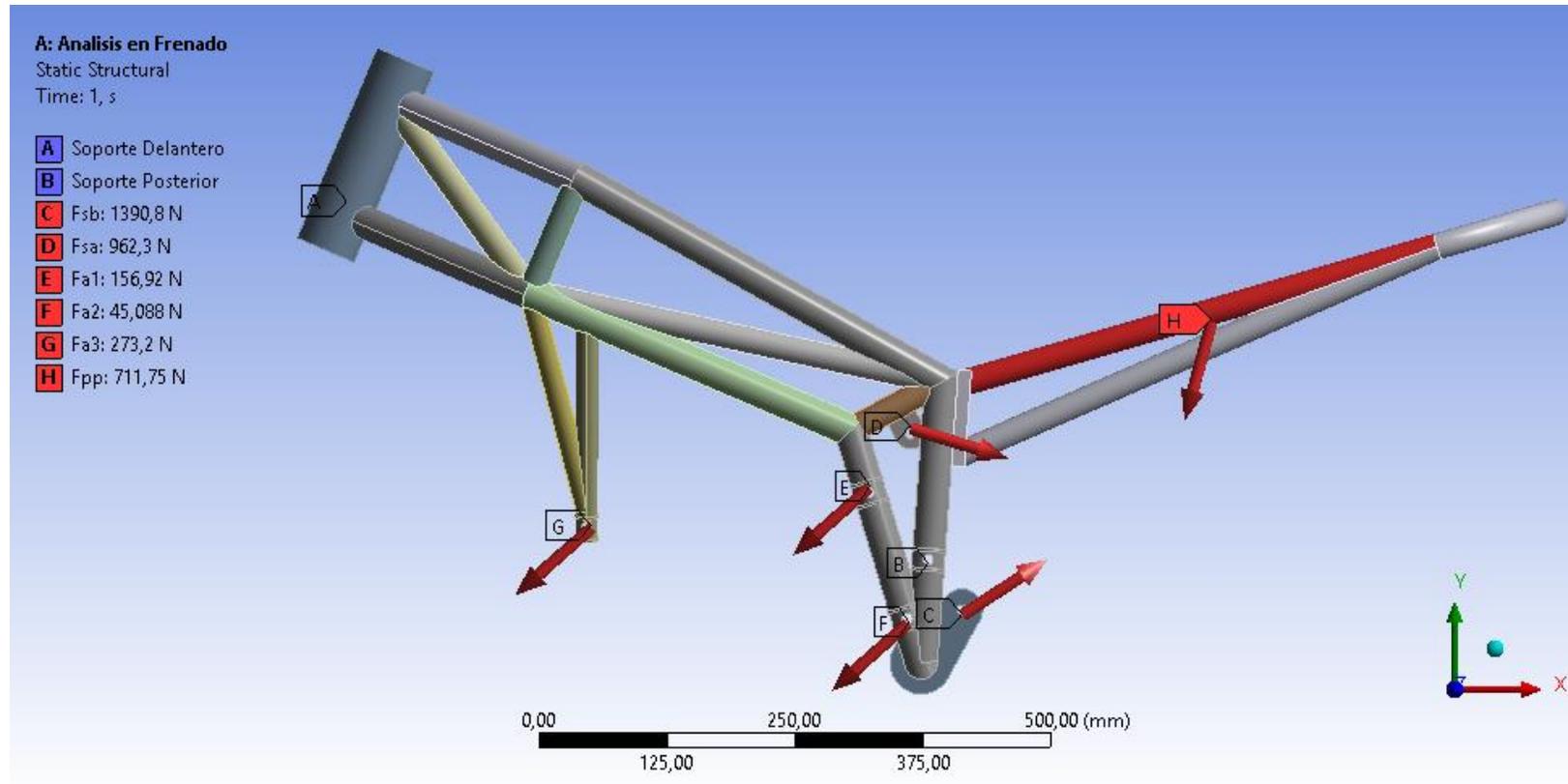
Resultados de la Prueba

Prueba	Factor de Diseño
Máximo	15
Mínimo	7.01

Realización de la Prueba



Simulación del Análisis Dinámico de Frenado

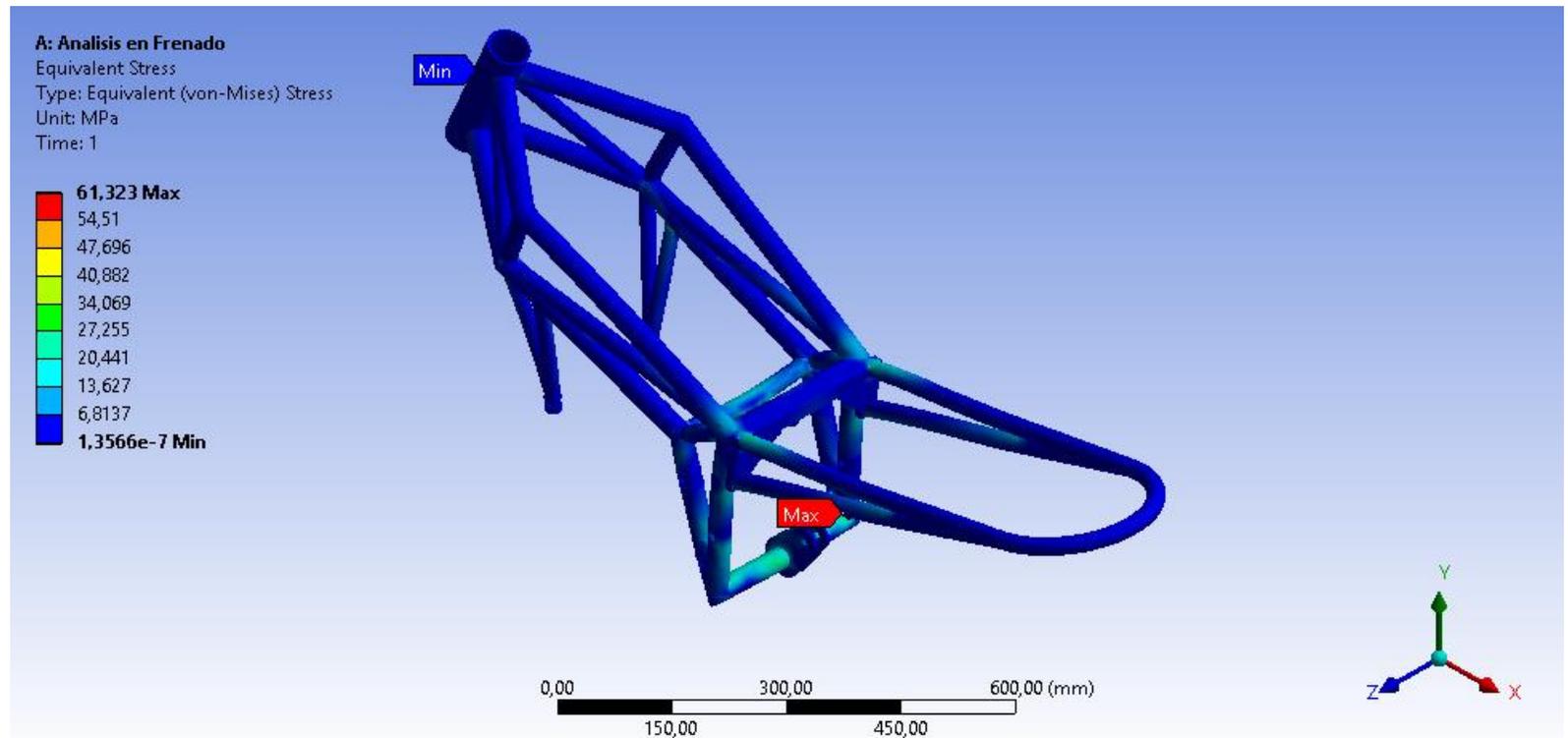


Simulación del Análisis Dinámico de Frenado

Resultados de la Prueba

Prueba	Esfuerzo de Von Mises
Máximo	61.32MPa
Mínimo	6.81MPa
Valor Max	250MPa

Realización de la Prueba

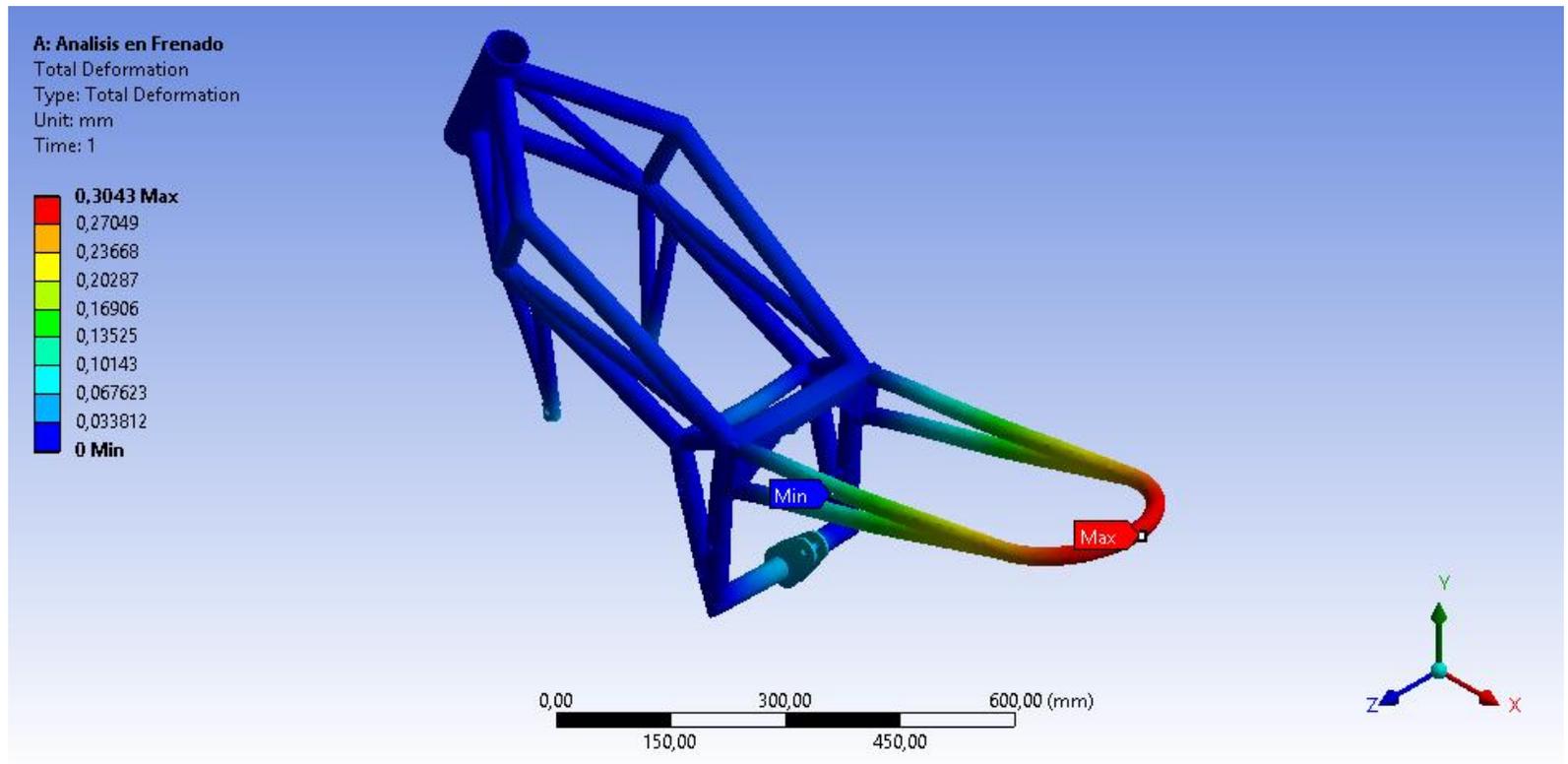


Simulación del Análisis Dinámico de Frenado

Resultados de la Prueba

Prueba	Deformación
Máximo	0.30mm
Mínimo	0mm

Realización de la Prueba

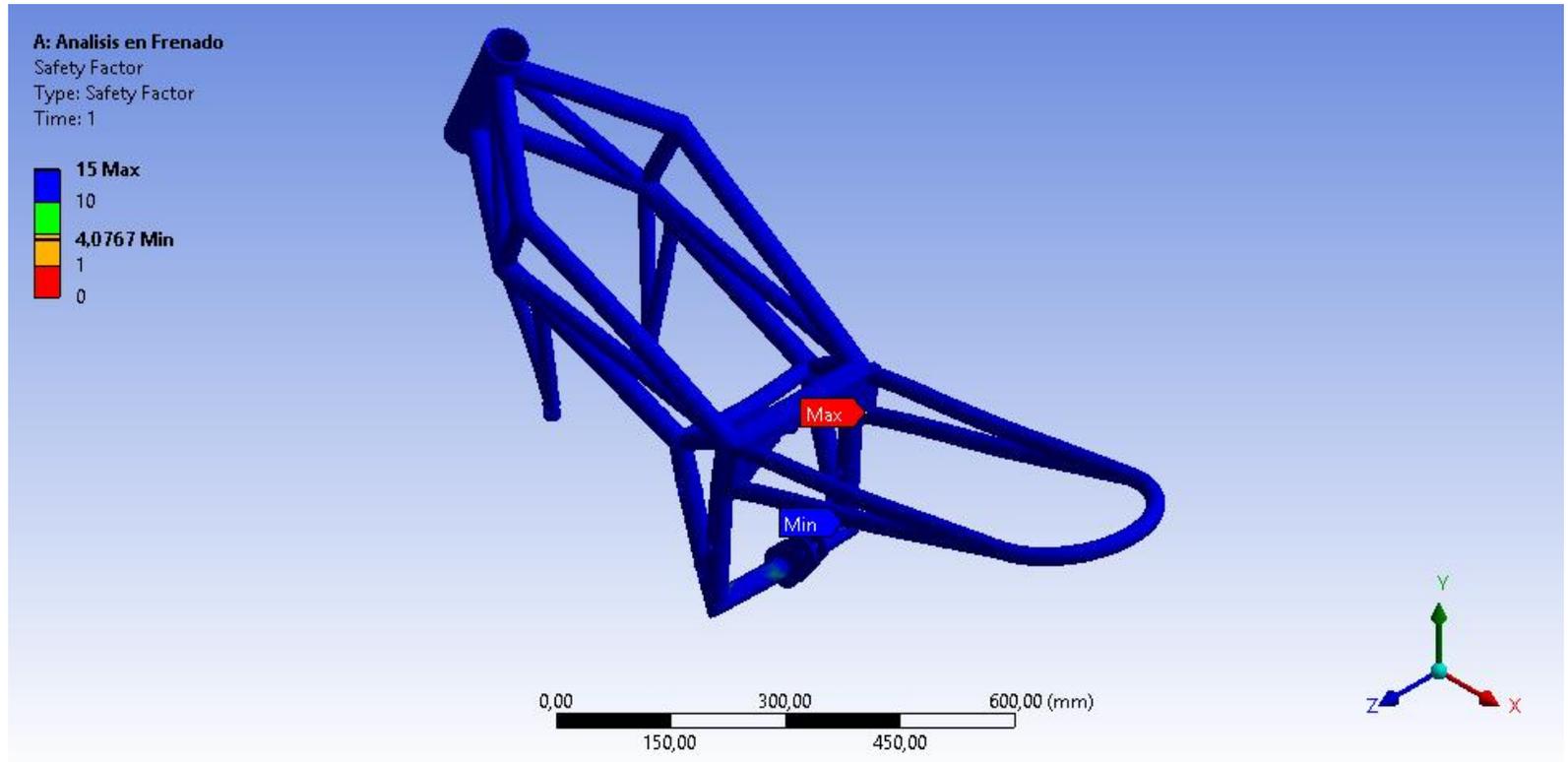


Simulación del Análisis Dinámico de Frenado

Resultados de la Prueba

Prueba	Factor de Diseño
Máximo	15
Mínimo	7.01

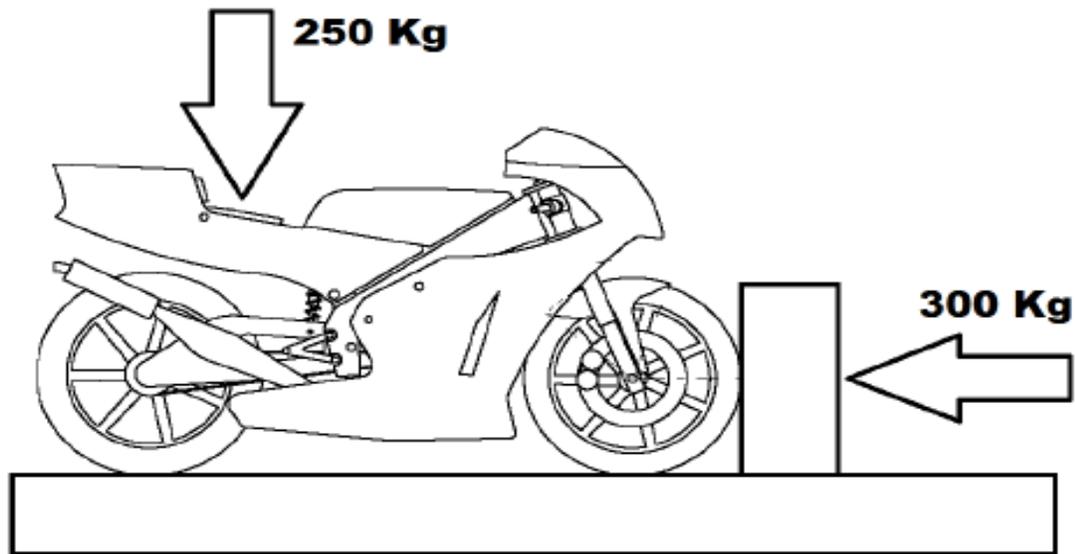
Realización de la Prueba



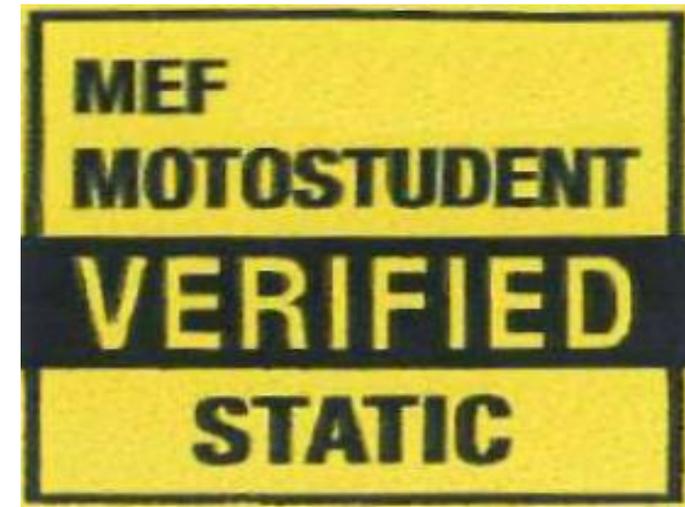
Pruebas Estáticas y Dinámicas

Prueba Estática

Descripción grafica de la Prueba



Adhesivo de Verificación de las Pruebas Estáticas



Prueba Estática

Realización de la Prueba Estática



Prueba Estática

*Aprobación con la colocación
del adhesivo de Verificación Estática*



Prueba Dinámica de Aceleración

Descripción grafica de la Prueba



Prueba Dinámica de Aceleración

Resultados de la Prueba

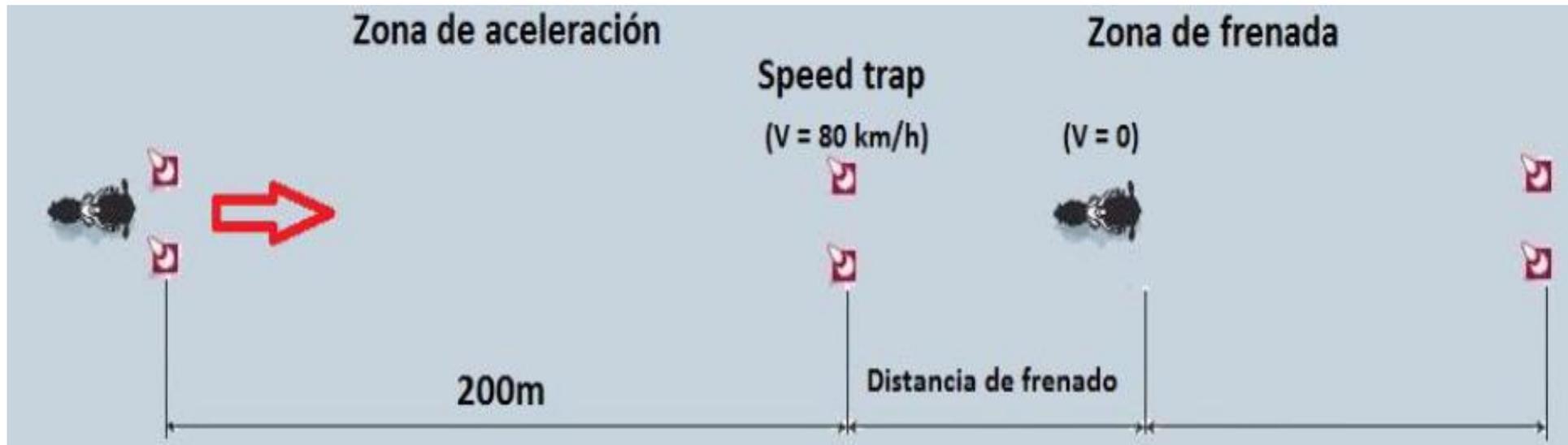
PRUEBA DE ACELERACION				
Nº de Prueba	Tiempo (s)	Velocidad Final (km/h)	Velocidad Final (m/s)	Aceleración (m/s ²)
Round 1	9.32	89	24.72	2.65
Round 2	8.57	93	25.83	3.04
Promedio	8.95	91	25.27	2.82

Realización de la Prueba



Prueba Dinámica de Frenado

Descripción grafica de la Prueba

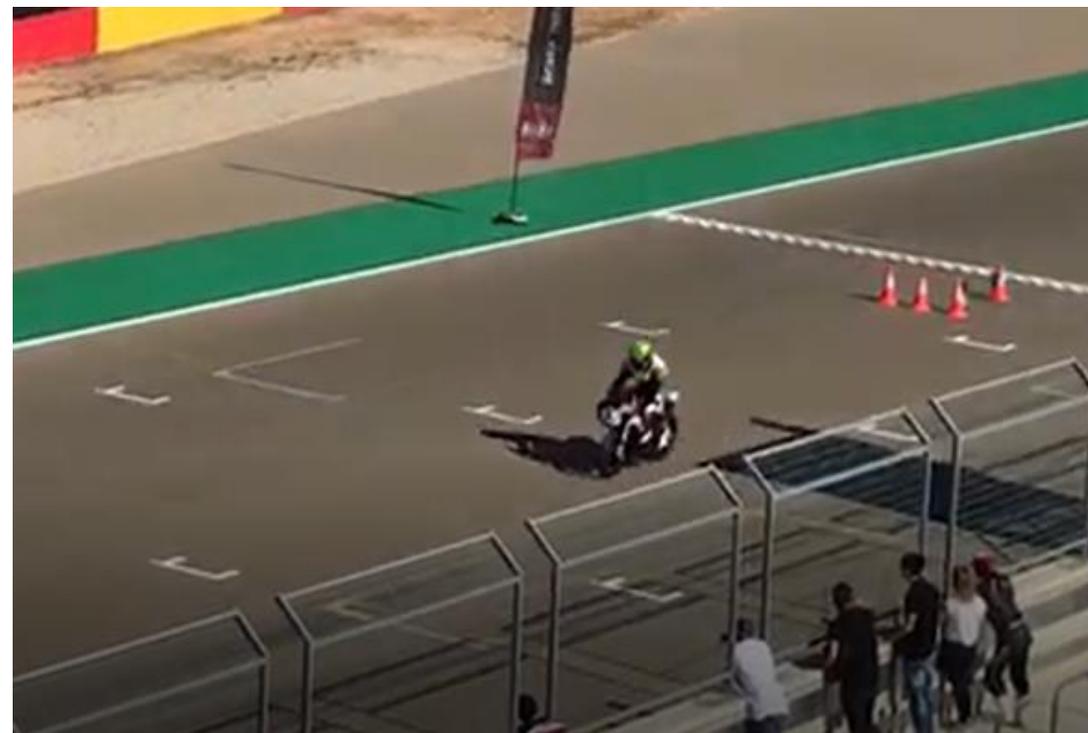


Prueba Dinámica de Frenado

Resultados de la Prueba

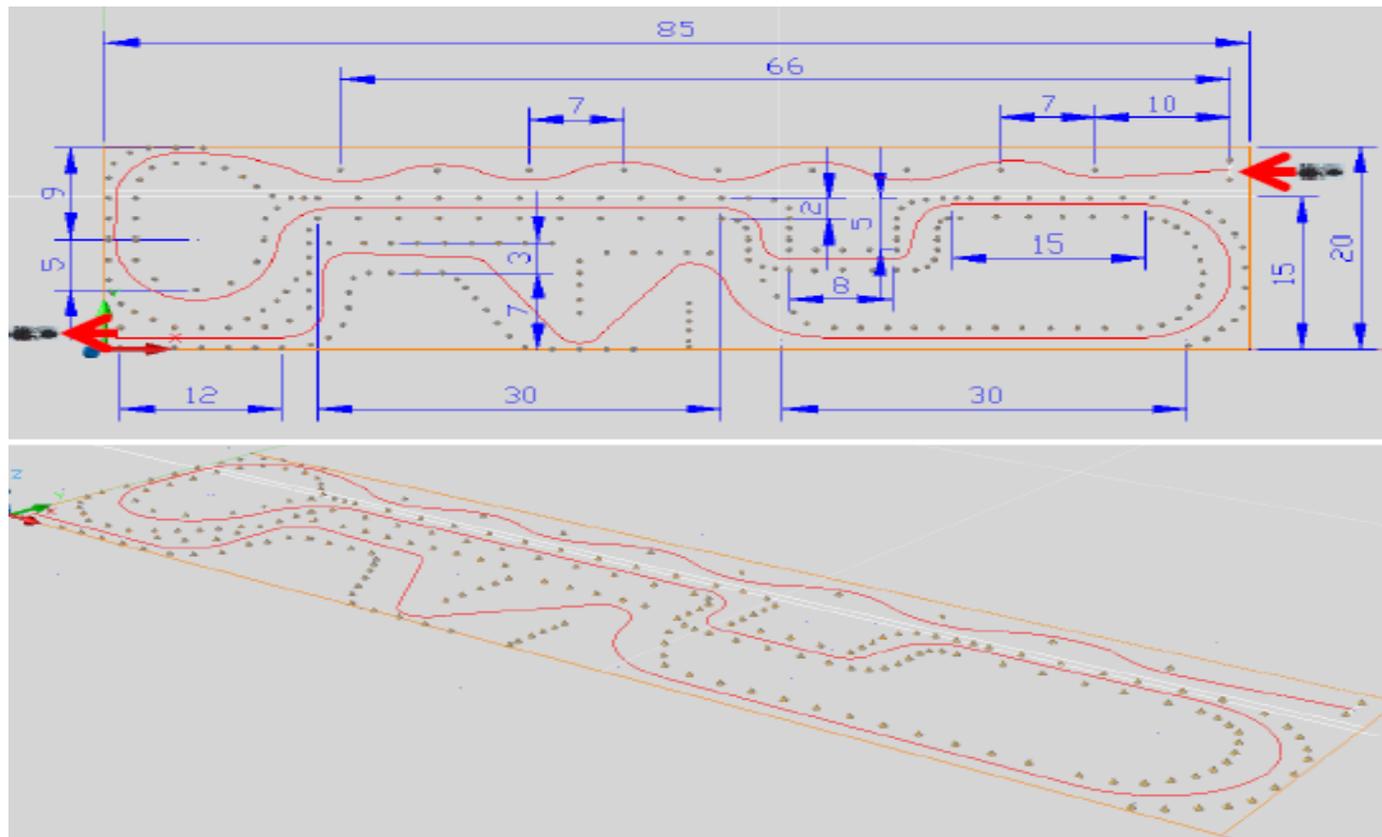
Prueba de frenado		
Nº de prueba	Velocidad (km/h)	Distancia de frenado (m)
Round 1	85	45
Round 2	83	43
Total	84	44

Realización de la Prueba



Prueba Dinámica de Maniobrabilidad

Descripción grafica de la Prueba



Prueba Dinámica de Maniobrabilidad

Resultados de la Prueba

Prueba de maniobrabilidad	
Nº de prueba	Tiempo (s)
Round 1	43.09
Round 2	41.85
Total	42.47

Realización de la Prueba



Pruebas Dinámicas

*Aprobación con la colocación
del adhesivo de Verificación Dinámica*



CONCLUSIONES

- Se establece que el bastidor de tipo Tubular cumple con las condiciones de trabajo para el correcto funcionamiento de la motocicleta, como se lo demostró en la prueba estática realizada en el área técnica de la Competencia MotoStudent.
- La modelación en el software dedicado CAD, permitió la realización del diseño del bastidor para obtener una simulación computarizada de los esfuerzos, al mismo que fue sometido, para verificar su resistencia estructural, antes de ser llevado a su proceso de fabricación.
- Con el cálculo matemático que se realizó, se determinaron las fuerzas que se aplican en el bastidor, en los análisis estáticos y dinámicos. Los puntos de aplicación de las fuerzas fueron: la pipa de dirección, las sujeciones del motor y los anclajes de la suspensión posterior. Las mayores fuerzas presentadas fueron en el análisis dinámico de Frenado, obteniendo los valores de: 3749N en la Pipa de Dirección, 205.33N en la sujeción del motor y 1166N en los anclajes de la suspensión trasera.

- Los datos obtenidos en el proceso de cálculos, son ingresados en el software CAE, el mismo que sirvió para el análisis de esfuerzos de Von Mises, deformación total y factor de diseño. Se determinó que el mayor esfuerzo de Von Mises se da en el análisis de frenado, con un valor de 61.32MPa en la unión inferior del bastidor, la mayor deformación total se dio en la aceleración, con un valor de 34mm, en el asiento. El factor de diseño obtenido para este prototipo es de 4.07, este a la vez, cumple con las garantías de seguridad porque es mayor a 1.
- La validación del bastidor se dio en el laboratorio de la pista de Motorland, Alcañiz-España, donde se realizó la prueba estructural, con la aplicación de una fuerza vertical en el asiento de 250Kg y una fuerza horizontal en la rueda delantera de 300Kg. La aprobación se puede validar con el adhesivo de color amarillo que fue colocado en bastidor para su verificación, obteniendo el puesto N° 13, en diseño, entre 46 universidades participantes.

- Las pruebas dinámicas se realizaron en la pista de Motorland en la V edición de la Competencia Motostudent, la misma que fue aprobada con la colocación del adhesivo de color verde en el bastidor; obteniendo en la prueba de aceleración un resultado de 2.82 m/s^2 y en la prueba de frenado consiguió detenerse en una distancia de 44 m. Con esto se determinó que el bastidor tiene un diseño eficiente para la aceleración y frenado.
- Una vez realizadas todas las pruebas a la motocicleta, el equipo Ecuatoriano “MAC-ESPE” obtuvo el puesto N° 23, entre 46 universidades participantes a nivel mundial, en la V edición de la competencia Internacional Motostudent 2017-2018”, demostrando que la motocicleta diseñada cumple con estándares internacionales.

RECOMENDACIONES

- Es recomendable a las generaciones posteriores que vayan a construir un bastidor, deben emplear aleaciones de aluminio, con la finalidad de reducir el peso de la motocicleta.
- Construir un mecanismo en el bastidor para acoplar un asiento regulable el cual brindará una ergonomía adecuada de acuerdo a la estatura del piloto.
- Construir un chasis desarmable para poder trasladarle con facilidad hacia las pistas de competencia a nivel nacional e internacional.
- Realizar un plan de auspicios para que haya conocimiento en la industria de la participación de los estudiantes en competencias internacionales.
- Realizar un plan de auspicios para que haya conocimiento en la industria de la participación de los estudiantes en competencias internacionales.