



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**ESCUELA DE INGENIERÍA EN MECÁNICA
AUTOMOTRIZ**

**Optimización del chasis de la motocicleta “KUNTUR”, mediante el
uso de un programa computacional “CAE”**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

Autores:

PEDRO JOSÉ OCHOA PALACIOS

VICENTE ANDRÉS SALAMEA GONZÁLEZ

Director:

ROBERT ESTEBAN ROCKWOOD IGLESIAS

CUENCA, ECUADOR

2016

DEDICATORIA

A mi familia, pilar fundamental en mi realización académica y en todos los aspectos de mi vida, siendo un gran ejemplo de perseverancia y dedicación; así como por su constante apoyo y motivación.

Vicente Andrés Salamea González

A mi abuela, mis padres, hermanos y en especial a mi hermana que siempre ha sido la guía y base de todos mis proyectos de vida.

Pedro José Ochoa Palacios

AGRADECIMIENTOS

Nuestra gratitud al Ingeniero Robert Roockwood Iglesias, por compartir sus conocimientos, dedicación y ser una guía fundamental en el desarrollo de éste trabajo.

Al Tecnólogo Gustavo Coronel León y Paúl Cajamarca Sumba por sus experiencias transmitidas en los procesos de diseño y manufactura.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDOS	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
 CAPITULO 1: GENERALIDADES	 4
1.1 Problemática.....	4
1.2 Marco teórico.....	4
1.3 Estado del arte.....	6
 CAPITULO 2: CONCEPCIÓN	 11
2.1. Ergonomía.....	11
2.1.1. Ergonomía geométrica.....	11

2.1.2. Ergonomía ambiental.....	13
2.1.2.1. Ambiente térmico.....	13
2.1.2.2. Ambiente visual.....	13
2.1.2.3. Ambiente acústico.....	14
2.1.2.4. Ambiente mecánico.....	15
2.1.3. Ergonomía temporal.....	15
2.2. Tipología.....	15
2.3. Dimensiones.....	16
2.4. Materiales empleados.....	17
2.4.1. Soldabilidad acero ASTM A36.....	18
CAPITULO 3: OPTIMIZACIÓN TOPOLOGICA DEL MODELO.....	23
3.1. Geometría del modelo.....	23
3.2. Casos de carga.....	23
3.3. Hipótesis para el cálculo de fuerzas en el bastidor.....	24
3.4. Cálculo de cargas estáticas.....	25
3.4.1. Horquilla.....	27
3.4.2. Oscilante.....	29
3.5. Cálculo de fuerzas dinámicas externas.....	31
3.5.1. Aceleración máxima.....	32
3.5.2. Frenado máximo con el eje delantero.....	34
3.5.3. Frenado máximo con el eje posterior.....	35
3.6. Análisis (MEF).....	38
3.6.1. Selección del tamaño de malla.....	38
3.7. Análisis de esfuerzos.....	41
3.8. Optimización topológica.....	46

3.9. Análisis y validación de la optimización topológica	47
3.9.1. Análisis de esfuerzos.	47
3.9.2. Análisis de factor de seguridad a fatiga.	53
3.9.2.1. Cálculo del límite de la resistencia a la fatiga.....	53
3.9.2.2. Cálculo de los componentes de esfuerzo medio y de amplitud.	55
3.9.2.3 Teoría de “Goodman Modificado”.....	56
CAPITULO 4: CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS FÍSICAS DEL BASTIDOR OPTIMIZADO	57
4.1. Proceso de manufactura.....	57
4.2. Validación de la propuesta de diseño	64
4.2.1. Comparación de la capacidad de aceleración.	65
4.2.2. Comparación de la capacidad de frenado.	66
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	72
GLOSARIO	78
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106
ANEXOS	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Características estáticas.	12
Figura 2 Características dinámicas.....	12
Figura 3 Sensibilidad del ojo humano fotópica.	14
Figura 4 Sensibilidad del ojo humano escotópica.....	14
Figura 5 Soldabilidad de los aceros.	19
Figura 6 DCL de la motocicleta.	25
Figura 7 Esquema de parámetros de la horquilla.....	27
Figura 8 DCL de la horquilla.	28
Figura 9 Dimensiones del oscilante.	29
Figura 10 DCL del oscilante.	30
Figura 11 Esquema general de los diferentes parámetros geométricos.	31
Figura 12 Fuerzas externas en máxima aceleración.....	33
Figura 13 Fuerzas externas en frenado máximo con el eje delantero.	34
Figura 14 Fuerzas externas en frenado máximo con el eje posterior.	36
Figura 15 DCL de la horquilla en frenado máximo con el eje delantero.	37
Figura 16 Malla 4mm.....	39
Figura 17 Espacio de diseño y no diseño.	40
Figura 18 Refinamiento del mallado en el eje del oscilante.	40
Figura 19 Refinamiento del mallado en el soporte del monoshock.	41
Figura 20 Chasis optimizado en vista lateral izquierda.	46
Figura 21 Chasis optimizado vista superior.	47
Figura 22 Chasis optimizado vista inferior.	47
Figura 23 Esfuerzos en el bastidor optimizado en estático en vista lateral izquierda.	48
Figura 24 Esfuerzos en el bastidor optimizado en estático en vista frontal.	49
Figura 25 Esfuerzos en el bastidor optimizado en estático en vista posterior.	49
Figura 26 Esfuerzos en el bastidor optimizado en estático en vista superior.....	50
Figura 27 Esfuerzos en el bastidor optimizado en estático en vista inferior.....	50
Figura 28 Esfuerzos en el bastidor optimizado en frenado máximo con el eje delantero en vista lateral izquierda.....	51
Figura 29 Esfuerzos en el bastidor optimizado en frenado máximo con el eje delantero en vista frontal.....	51

Figura 30 Esfuerzos en el bastidor optimizado en frenado máximo con el eje delantero en vista posterior.	52
Figura 31 Esfuerzos en el bastidor optimizado en frenado máximo con el eje delantero en vista superior.	52
Figura 32 Esfuerzos en el bastidor optimizado en frenado máximo con el eje delantero en vista inferior.....	53
Figura 33 Esfuerzo en punto crítico en caso de aceleración de 80 MPa.....	55
Figura 34 Esfuerzo en punto crítico en caso de frenado máximo con el eje delantero de 117 MPa.	55
Figura 35 Ensamble de las planchas del bastidor.....	58
Figura 36 Cordones de soldadura con electrodo E-6013.	58
Figura 37 Mecanizado de la potencia.....	59
Figura 38 Soporte de la batería.	60
Figura 39 Soporte del monoshock.....	60
Figura 40 Soldadura elementos adicionales.	61
Figura 41 Estructura del asiento.....	62
Figura 42 Acabado superficial de componentes.	62
Figura 43 Lijado de componentes.	63
Figura 44 Aplicación de fondo o capa de imprimación.	63
Figura 45 Aplicación de pintura automotriz y capa protectora.....	64
Figura 46 Masa del bastidor original.	65
Figura 47 Masa del bastidor optimizado.....	65
Figura 48 Elementos para pruebas en bastidor original.	67
Figura 49 Elementos para pruebas en bastidor optimizado.	68
Figura 50 Diagrama de caja y bigotes en aceleración.....	70
Figura 51 Diagrama de caja y bigotes en frenado.....	71
Figura 52 Punto crítico para el análisis del factor de seguridad.	74
Figura 53. Distribución “Gaussiana” de probabilidades de la frecuencia estimada para la estatura de personas adultas.	81
Figura 54 Distancia entre ejes.....	83
Figura 55 Altura pipa.	84
Figura 56 Eje de dirección.	84
Figura 57 Inclinación del basculante.....	85
Figura 58 Avance.	86

Figura 59 Desplazamiento.....	87
Figura 60 Ángulo de caída.....	88
Figura 61 Ángulo de ataque.....	89
Figura 62 Ejes en la motocicleta.....	90
Figura. 63 Efecto giroscopio.....	90
Figura 64 Momento de dirección.....	91
Figura 65 Momento de balanceo.....	92
Figura 66 Momento de derrape.....	92
Figura 67 Truss.....	93
Figura 68 Beam.....	94
Figura 69 Triangular.....	94
Figura 70 Axisimétricos.....	95
Figura 71 Brick.....	95
Figura 72 Tetraedro y hexaedro.....	96
Figura 73 Mallado.....	97
Figura 74 Soldadura por arco eléctrico.....	101
Figura 75 Soldadura MIG.....	102
Figura 76 Ángulos de soldadura.....	103
Figura 77 Soldadura TIG.....	104
Figura 78 Uso de varilla de aporte en soldadura TIG.....	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Propiedades del acero ASTM A36	18
Tabla 2 Efecto del carbono en la soldabilidad del acero.....	20
Tabla 3 Soldabilidad del acero en función del carbono equivalente.....	21
Tabla 4 Esquema de parámetros de la horquilla	28
Tabla 5 Esquema general de los diferentes parámetros geométricos.....	32
Tabla 6 Coeficiente de fuerza de frenado	35
Tabla 7 Resumen de fuerzas externas	37
Tabla 8 Tabla comparativa de esfuerzos y optimización.....	42
Tabla 9 Resumen de pruebas de aceleración.....	68
Tabla 10 Resumen de pruebas de frenado.....	69
Tabla 11 Resumen cuantitativo de resultados.....	76

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Medidas de la motocicleta Kuntur.....	110
Anexo 2 Planos constructivos del bastidor	113
Anexo 3 Datos de las pruebas de aceleración y frenado	130
Anexo 4 Motocicleta Kuntur con chasis sin optimizar y optimizado	160

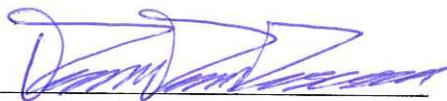
**OPTIMIZACIÓN DEL CHASIS DE LA MOTOCICLETA “KUNTUR”,
MEDIANTE EL USO DE UN PROGRAMA COMPUTACIONAL “CAE”**

RESUMEN

El presente estudio emplea herramientas computacionales para la optimización topológica del bastidor de la motocicleta eléctrica “Kuntur”, con el objetivo de reducir su peso; para ello se caracterizaron las cargas estáticas y dinámicas que este soporta; luego a partir del análisis de los resultados de las simulaciones computacionales, se definieron las zonas en las cuales es viable eliminar material; de esta manera se logró reducir el peso en un 17.3%.

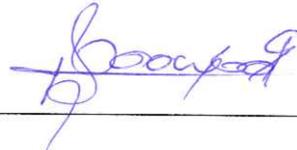
Sobre el modelo esbozado se realizaron estudios de validación de la propuesta de diseño; luego se manufacturó este componente, y finalmente se realizaron pruebas comparativas del desempeño dinámico de la motocicleta, obteniendo reducciones del 5.4% para el tiempo de aceleración de 0 a 50km/h, y del 10.04% en la distancia de frenado de 50 a 0km/h.

Palabras clave: diseño, chasis, bastidor, motocicleta eléctrica, optimización topológica.



Diego Francisco Torres Moscoso

Director de la Escuela

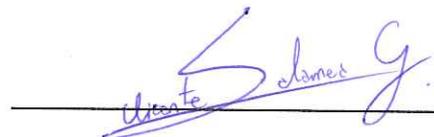


Robert Esteban Rockwood Iglesias

Director de Tesis



Pedro José Ochoa Palacios



Vicente Andrés Salamea González

Autores

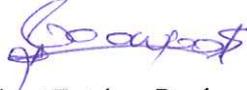
**OPTIMIZATION OF THE "KUNTUR" MOTORCYCLE CHASSIS USING "CAE"
SOFTWARE TOOLS**

ABSTRACT

This research uses computational tools for the topological optimization of the "Kuntur" electric motorcycle frame with the aim of reducing its weight. For this, the static and dynamic loads it supports were characterized. Then, based on the analysis of the computer simulations results, the areas in which material removal is feasible were defined; hence, it was possible to reduce the weight by 17.3%. Validation studies of the proposed design were made based on the model outlined; then, the component was manufactured. Finally, comparative tests of the motorcycle dynamic performance were carried out, obtaining reductions of 5.4% for the acceleration time from 0 to 50km / h, and 10.04% in the braking distance from 50 to 0km / h.

Keywords: Design, Chassis, Frame, Electric Motorcycle, Topology Optimization.


Diego Francisco Torres Moscoso
School Director


Robert Esteban Rockwood Iglesias
Thesis Director

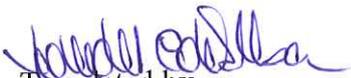

Pedro José Ochoa Palacios


Vicente Andrés Salamea González

Authors



UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
Dpto. Idiomas


Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

Pedro José Ochoa Palacios

Vicente Andrés Salamea González

Trabajo de Graduación

Ingeniero Robert Esteban Rockwood Iglesias

Enero, 2016

OPTIMIZACIÓN DEL CHASIS DE LA MOTOCICLETA “KUNTUR”, MEDIANTE EL USO DE UN PROGRAMA COMPUTACIONAL “CAE”

INTRODUCCIÓN

El estudio de motocicletas eléctricas es muy importante debido a que se presentan hoy en día como una alternativa de movilización limpia, ágil, rápida y eficaz; de esta manera se promueve un cambio en el estilo de vida de las personas que se alinean directamente por un *Sumak Kawsay*¹. Si bien la motocicleta sirve en esencia para movilizarse de un lugar a otro, también se la utiliza para tareas afines al esparcimiento y entretenimiento.

La motocicleta es un vehículo que puede resultar “difícil de conducir”, el conductor debe poseer habilidad y destreza, sin embargo el diseño de la motocicleta influye directamente en su maniobrabilidad, estabilidad en operación y por ello en la seguridad de sus ocupantes.

Estos vehículos están compuestos por una gran variedad de mecanismos simples y complejos; el elemento que sirve de bastidor es el chasis, y, en él se sujetan todos estos componentes. El diseño del chasis tiene mucha influencia en el desempeño de la motocicleta ya que interviene directamente en el peso, rigidez y maniobrabilidad de la misma; por otro lado su diseño se relaciona también con variables de interés para su manufactura (tiempos, costo, etc.).

¹ La traducción de *sumak kawsay* es “buen vivir”.

Es importante recalcar que, la propuesta pretende optimizar el peso del bastidor de la motocicleta eléctrica Kuntur, que ha sido ya valorada en la competición “*Smartmoto Challenge*” Barcelona 2014 en la que obtuvo el primer lugar en las pruebas dinámicas; con lo cual se aspira aumentar la eficiencia energética mediante la reducción de peso de los componentes; centrándonos específicamente en el bastidor.

OBJETIVO GENERAL

Optimizar el chasis de la motocicleta “Kuntur”, mediante el uso de un programa computacional “*CAE*”.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las técnicas de optimización que se emplean para diseñar el bastidor de una motocicleta, enfocadas a la disminución del peso de la misma.
- Aplicar los principios y técnicas identificando diferentes propuestas de optimización para reducir un 10% el peso del bastidor.
- Realizar en el modelado optimizado el análisis de cargas y esfuerzos; además estimar su vida media a fatiga.
- Construir el bastidor optimizado de la motocicleta eléctrica “Kuntur”, y realizar pruebas físicas de funcionamiento del mismo.

CAPITULO 1

GENERALIDADES

1.1 Problemática.

El estudio y diseño estructural de una motocicleta, es una actividad que no se realiza en el territorio ecuatoriano con fines productivos. Así, las empresas que ensamblan estos vehículos no realizan estudios y no han desarrollado experiencia en aplicaciones ingenieriles. Por lo tanto, actualmente no existen normas ni leyes que homologuen y verifiquen la calidad de las motocicletas que ingresan a territorio Ecuatoriano.

La motocicleta es un sistema complejo; el bastidor es un componente muy importante, y por ello el estudio del diseño del bastidor de la motocicleta es imprescindible debido a que este se relaciona directamente con la seguridad de los ocupantes, el confort, la estabilidad y su maniobrabilidad.

1.2 Marco teórico.

Las motocicletas son una alternativa eficiente de transportación de las personas, y ha sido muy importante en el desarrollo de muchas sociedades, ya que es un vehículo de tamaño reducido, económico, y ágil.

Por ello, varios diseñadores y constructores a lo largo de la historia han desarrollado distintos bastidores, los cuales han sido creados para diferentes propósitos. A continuación se presenta una breve reseña de autores que han marcado gran relevancia en el tema.

Cocco Gaetano.

Al tener presente que las motocicletas son el punto en el cual las tecnologías de rendimiento y la emoción del movimiento convergen, el autor se plantea preguntas como: ¿qué es lo que hace que las motocicletas tengan tal desempeño dinámico?

¿Cómo pueden inclinarse tanto en una curva? ¿Por qué aceleran con tanta rapidez? ¿Cómo pueden detenerse tan rápidamente? Para responder a las mismas, Gaetano Cocco comienza examinando de qué forma, cosas como; la fricción, los ángulos de inclinación, la fuerza centrípeta, cargas de la suspensión, y otras fuerzas externas influyen en el diseño de la motocicleta. Describe también cómo los sistemas principales: chasis, suspensión y motor, trabajan; tanto juntos como de manera aislada. (COCCO, 2004)

Cossalter Vittore.

El autor presenta la teoría de la dinámica de la motocicleta, tanto técnica como matemáticamente. Ofrece una gran cantidad de información recopilada a partir de investigaciones sobre el comportamiento y el rendimiento de las motocicletas. (COSSALTER, 2006)

Noakes Keith.

Se presenta un recuento de las empresas y personas que han desarrollado un papel importante en el diseño y desarrollo del bastidor de la motocicleta. Dichas empresas comenzaron a surgir en los primeros años de la posguerra, cuando las carreras de motos volvieron a tener lugar. Debido a la falta de máquinas y la necesidad de mejorar el rendimiento de los equipos ya envejecidos, los motociclistas comenzaron a construir sus propios bastidores en función de los motores ya disponibles. Debido a ello, las empresas comenzaron a surgir, con el fin de satisfacer la creciente demanda de bastidores personalizados. Algunos de los constructores pioneros se han convertido en nombres muy conocidos en el medio de las motocicletas, este libro relata la historia de estas empresas innovadoras con especificaciones completas para muchos bastidores. (NOAKES, 2007)

1.3 Estado del arte.

Inicios.

Los inicios de las motos eléctricas se documentan en 1865 cuando Ogden Bolton Jr. registró la primera patente para una bicicleta eléctrica siendo este antecedente la primera iniciativa de este tipo; posteriormente en el año 1897 en la exposición de “*Stanley Cycle Show*” se presenta una bicicleta eléctrica por parte de Humber.

Sería hasta el año 1919 donde se desarrolló un prototipo de motocicleta eléctrica, el cual no llegó a producirse, quedando solo en etapa de pruebas por parte de Ransomes, Sims & Jefferies. En 1941 los hermanos Limelette fundaron la empresa austriaca de motos eléctricas “*Socovel*”, la cual comienza su producción durante la Segunda Guerra Mundial debido al racionamiento de combustible, llegando a producir alrededor de 400 motocicletas las cuales eran alimentadas por tres baterías de 6v 45Ah y requerían 10 horas como tiempo de carga, brindando una autonomía de 48 km y una velocidad de unos 30 km/h, su motor se clasificó como de 1 hp y su peso total fue de 75 kg. Este medio de transporte disminuyó rápidamente su popularidad debido a que la gasolina se volvió nuevamente accesible, llegando la empresa a su fin en el año de 1948. (ZORRILLA, 2015; EBIKENUT, 2007; SCHNEIDER, 2013)

Brammo.

Es una empresa Norteamericana líder en la producción de motocicletas eléctricas, fundada por Craig Bramscher; fue registrada el 4 de Septiembre de 2002 con el nombre de “*Brammo Motorsports*”, la misma ha ido desarrollando y evolucionando su tecnología durante este tiempo hasta poder ofrecer productos de tan alta calidad, que son formidablemente reconocidas a nivel mundial. Entre sus modelos tenemos: (BRAMMO, 2015)

- **Brammo Enertia:** Funciona con un motor de alto rendimiento sin escobillas alimentado por una batería de litio fosfato de hierro, la cual se carga en aproximadamente 4 horas y alcanza velocidades sobre los 95 km/h, su autonomía media es de 68 km. Su bastidor es construido en aluminio ligero soldado y extruido, con lo que alcanza un peso de 145 kg. La empresa presenta su modelo *plus* en la cual se duplica su autonomía, modificando la batería de la misma para lograr una autonomía media de 126 km, incrementando también su peso y tiempo de carga.

- **Brammo Empluse:** Este modelo es el orgullo de la empresa Norteamericana, posee un motor síncrono de CA sellado, alimentado por una batería de ion-litio, la cual se carga en aproximadamente 6 horas y alcanza velocidades sobre los 160 km/h, su autonomía es de 96 km. El bastidor es construido en aluminio ligero soldado y extruido, con lo que alcanza un peso de 163 kg. Al igual que la Brammo Enertia presenta modelos *plus* en los cuales se incrementa la autonomía, el peso, y el tiempo de carga.

Zero.

Es una empresa fabricante de motocicletas eléctricas, fundada en el 2006 por Neil Saiki quien fuera ingeniero en la NASA, teniendo como localidad la ciudad de California. Entre sus principales propuestas están: (ZERO MOTORCYCLES, 2015)

- **Zero S:** Ofrece una autonomía de hasta 300 km en la ciudad y una velocidad máxima de 152 km/h, por medio de un motor de 54 hp. Su gran desempeño y maniobrabilidad se debe a un ligero chasis de aluminio de calidad aeronáutica, debido a los antecedentes de su fundador.
- **Zero SR:** Es la de máximo desempeño al tener un motor de 67 hp, ofrece una autonomía de hasta 300 km en la ciudad, una aceleración de 0 a 100 km/h en menos de 4 segundos y una velocidad máxima de 160 km/h. El chasis utilizado es el mismo que en el modelo Zero S.
- **Zero DS:** Es un modelo de motocicleta doble propósito, presenta una autonomía de sobre 273 km en la ciudad, alcanza velocidad de 158 km/h gracias a un motor de 54 hp. El chasis utilizado es el mismo que en el modelo Zero S.
- **Zero FX:** Diseñada para andar por cualquier tipo de terreno, con un peso de apenas 131 kg, alcanza velocidades de 137 km/h gracias a un motor de 44 hp. La empresa Norteamericana ha trabajado arduamente para conseguir un chasis en aluminio de alta calidad, pero esta vez con un menor peso y una mayor resistencia, con lo cual aumenta considerablemente su capacidad de respuesta.

Lucky Lion.

Es una empresa líder en la producción y desarrollo de vehículos eléctricos la cual nace en China en el año 2000, pertenecen a la firma china Linhai Orient Electric Bicycle la misma que se destaca en el mercado asiático. Actualmente en América Latina se encuentran en: Argentina, Uruguay, Chile y Colombia, con miras a expandir su mercado. (LUCKY LION, 2015)

Su propuesta de movilidad se centra principalmente en los *scooters*; los cuales han sido de gran aceptación y demanda, pero cabe recalcar que tienen una gran variedad de vehículos a escoger:

- **Bicicletas:** Se presentan varios modelos de las mismas, teniendo como características una autonomía de 40 km y una velocidad máxima de 40 km/h, son alimentadas por 4 baterías de plomo ácido que alimentan un motor *Brushless* (sin escobillas). Su tiempo de carga es de 4 a 6 horas; y el peso total es de aproximadamente 75 kg aceptando una carga máxima de 150 kg.
- **Motocicleta:** Su propuesta es el modelo JXS Cross, el cual tiene una autonomía de 70 km y una velocidad de 60 km/h. Posee un motor *Brushless* (sin escobillas) el cual es alimentado por 5 baterías secas de plomo en gel que tienen un tiempo de carga de 6 a 8 horas. Su peso es de 126 kg y soporta una carga de 200 kg.
- **Bicitaxis:** Son ideales para viajes urbanos cortos, presentan una autonomía de 65 km y una limitada velocidad máxima de 25km/h. Está alimentado por baterías de ácido plomo con tiempo de carga de 6 a 8 horas. Su peso es de 190 kg y su carga máxima de 320 kg.
- **Motocarros:** La marca china presenta dos modelos claramente diferenciados en sus características, su modelo *plus* presenta una autonomía de 80 km, con una velocidad máxima de 45 km/h, posee un motor *Brushless* (sin escobillas), el cual es alimentado por 5 baterías secas de plomo en gel con un tiempo de carga de entre 6 a 8 horas. Su peso total es de 450 kg y su carga máxima de 520 kg.

- **Carros:** En las opciones a escoger se presentan: un automóvil, una furgoneta y dos camiones, teniendo características generales como: una autonomía de 120 km y una velocidad máxima de 80 km/h aproximadamente. Se alimenta de baterías de ácido-plomo con un tiempo de carga de 8 a 10 horas.

Bultaco.

Es una empresa española de motocicletas fundada el 17 de mayo de 1958 por Paco Bultó, en la ciudad de Barcelona; la cual 25 años después desaparecería debido a una crisis. Esta empresa reaparece en el año 2014 con el nombre de “Bultaco *Motors*”, pero esta vez en el mercado de las motocicletas eléctricas dando un gran giro tecnológico. Esta empresa ha desarrollado dos prototipos los cuales saldrán a producción en mayo de 2015: (BULTACO, 2015)

- **Rapitán:** Este modelo fue diseñado para una movilidad urbana y su periferia, dispone de un motor de inducción sin escobillas alimentado por una batería de ion-litio con un módulo de ultra condensadores con lo que se consigue una autonomía superior, la cual se puede cargar de dos modos: el estándar con un tiempo de entre 3.5 y 5 horas y el modo rápido con un tiempo de entre 45 minutos a 1 hora. Su peso total es de 189 kg, alcanza una velocidad máxima de 145 km/h con una autonomía de entre 110 km y 200 km.
- **Rapitán Sport:** La marca Bultaco presenta esta alternativa con un estilo *naked*², cumpliendo todas las especificaciones del modelo Rapitán.

Sudaka.

Un grupo de estudiantes de la Universidad de Buenos Aires en Argentina en año 2013, al determinar los problemas existentes en las zonas urbanas de las principales ciudades de Latinoamérica, como; el crecimiento de las urbes metropolitanas, altos índices de contaminación, el elevado número de vehículos, que desemboca en un gran problema de movilidad por parte de sus habitantes. Buscando la solución al problema y

² Naked, anglicismo que refiere a las motocicletas que no poseen carenado.

brindando una alternativa de transporte nace la idea de diseñar y construir un medio de movilidad económica, ágil, silenciosa y amigable al medio ambiente; dando lugar a la moto eléctrica Sudaka; la cual fue desarrollada por estudiantes de la carrera de Diseño Industrial; fabricada en tubos de acero y chapas plegadas, la misma tiene un peso de alrededor de 70 kg y es desplazada por un motor ubicado en la rueda posterior de 0.75 kw, el cual es alimentado por tres baterías de plomo de 36 V y 20 Ah, ya que por dificultades de importación no lograron usar baterías de litio. Este prototipo logra una autonomía de 30 km con un tiempo de carga de 6 horas y alcanza una velocidad de 45 km/h.

Con ello han logrado como resultado un prototipo completamente funcional, el cual cumple con todas las normas de circulación de una motocicleta; pudiendo ser homologada para su producción y uso masivo. (WIEMEYER, 2014)

CAPITULO 2

CONCEPCIÓN

2.1. Ergonomía.

Es la ciencia que elimina las barreras que se oponen a un trabajo humano seguro, productivo y de calidad mediante el adecuado ajuste de productos y tareas de modo que coincidan con las características humanas, permitiendo la adaptación entre el hombre y las máquinas u objetos.

Partiendo de la definición citada anteriormente y por los diferentes entornos presentes el momento de usar una motocicleta se define diferentes ergonomías las cuales se detallan a continuación: (SUÁREZ, 2004).

2.1.1. Ergonomía geométrica.

Analiza la relación entre la persona y las condiciones geométricas de la posición en la motocicleta, mediante datos antropométricos y las dimensiones esenciales del puesto se definen los grados de libertad de cada articulación para adaptar los accionamientos del vehículo en las zonas de alcance óptimo. (Fig. 1 y Fig. 2).

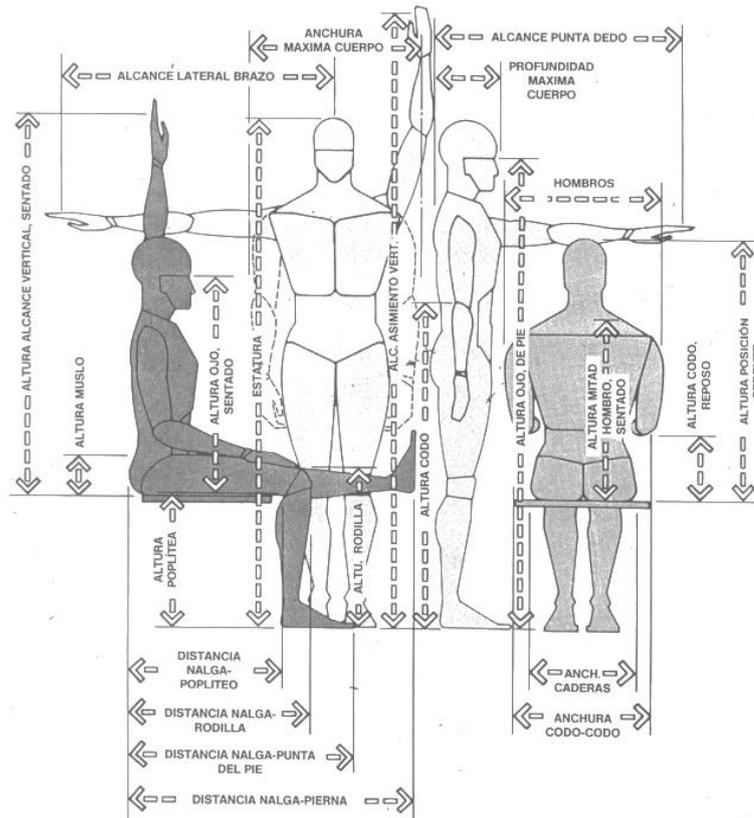


Figura 1 Características estáticas.

Fuente: (ARCE, 2014).

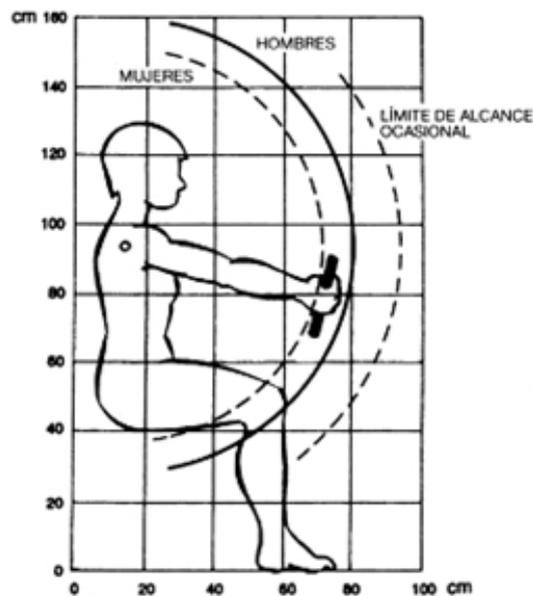


Figura 2 Características dinámicas.

Fuente: (SUÁREZ, 2004).

2.1.2. Ergonomía ambiental.

Se encarga del análisis de los factores ambientales que constituyen el entorno, son los más difíciles de manejar ya que no están relacionados directamente con la motocicleta, entre estos se tiene:

2.1.2.1. Ambiente térmico.

Al no ser modificables los factores: temperatura, humedad, velocidad del aire, etc., se puede diseñar sistemas que incrementen el confort, como: barreras de viento, bifurcadores, deflectores, etc. Ya que estos elementos pueden interferir con la visibilidad del conductor, maniobrabilidad y/o seguridad del vehículo, también se conciben alternativas como: vestimenta, cascos, sistemas de climatizaciones localizadas, etc.

2.1.2.2. Ambiente visual.

Involucrada directamente la iluminación de mandos, sistemas anti deslumbramiento, así también como la iluminación de la calzada. Se considera necesario tener niveles de iluminación adecuados en función del tamaño y detalles requeridos, tomado siempre en cuenta que la luz difusa es la más confortable. Por motivo de la sensibilidad del ojo humano; numerosos estudios han determinado las tonalidades adecuadas para las señales de advertencia en el panel de instrumentos. Para una correcta apreciación tanto en el día como en la noche se definen condiciones específicas:

- **Visión fotópica:** (Fig. 3) La misma se produce con niveles de iluminación diurnos, es decir a la luz del día. Esta visión posibilita la correcta interpretación del ojo, incrementando su agudeza visual y mejorando la percepción en los detalles de las imágenes. Se ubica en la zona de los 555 nanómetros. (WANDELL, 1995).

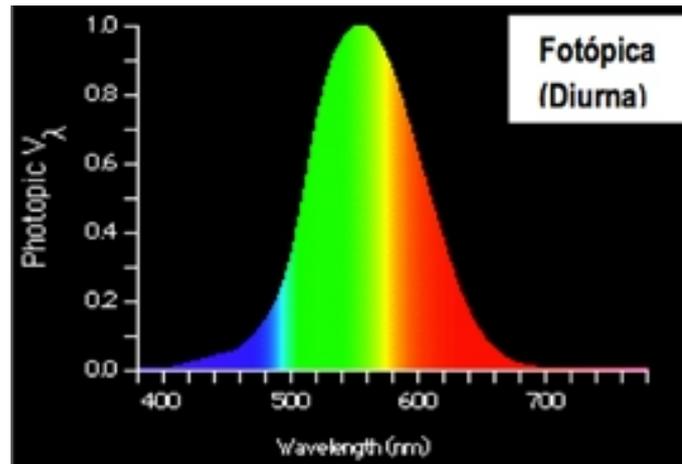


Figura 3 Sensibilidad del ojo humano fotópica.

Fuente: (RAMIREZ, 2013).

- **Visión escotópica:** (Fig. 4) Es la visión con niveles muy bajos de iluminación o durante la noche. Su máxima sensibilidad o agudeza visual se encuentra en la zona de los 510 nanómetros. (Westland, 2001)

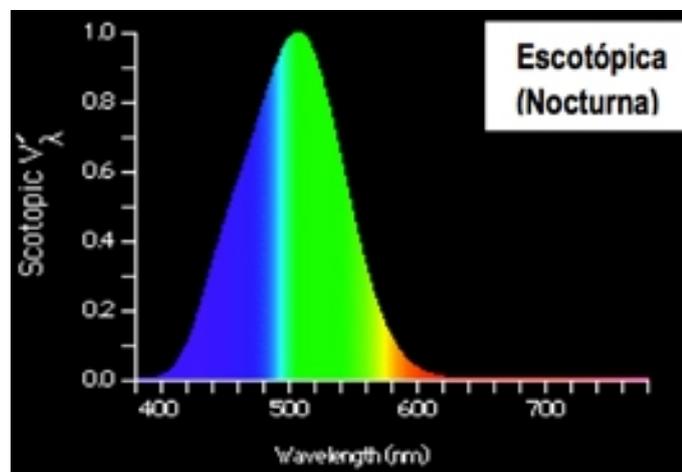


Figura 4 Sensibilidad del ojo humano escotópica.

Fuente: (RAMIREZ, 2013).

2.1.2.3. Ambiente acústico.

Se presentan ruidos o sonidos desagradables que pueden ocasionar perturbaciones al conductor, dependiendo de la susceptibilidad de cada individuo.

2.1.2.4. Ambiente mecánico.

Principalmente las vibraciones producidas por la motocicleta y su uso, las cuales producen efectos molestos y perjudiciales que inclusive pueden perjudicar la salud a corto o largo plazo de los ocupantes de la motocicleta; dependiendo de la amplitud de las vibraciones.

2.1.3. Ergonomía temporal.

Se centra en el bienestar de la persona considerando principalmente los tiempos de utilización del vehículo, evitando de esta manera fatiga física y mental del conductor.

Se debe tener presente además que la maniobrabilidad de las motocicletas dependen de la posición del conductor, con ello se garantizará una correcta distribución de peso, el mismo que se transmite a la motocicleta a través de los glúteos y las entrepiernas, dejando los pies con la libertad necesaria para accionar algunos mandos o para cualquier eventualidad. Las maniguetas deben tener una ligera inclinación hacia el suelo con ello se reduce el esfuerzo y el tiempo necesario para accionar las mismas; considera además que la posición del conductor debe garantizar una distancia adecuada entre el torso y los manubrios, dejando los brazos ligeramente inclinados, mas no, completamente estirados y tensionados, sujetando el manubrio de una forma relajada pero firme. (LOAIZA, 2013)

2.2. Tipología.

El presente estudio plantea la optimización topológica del bastidor de la motocicleta eléctrica Kuntur, la misma que posee un chasis tipo monoviga.

Este chasis se diferencia del resto ya que presenta una única viga longitudinal de gran sección que une la pipa de dirección con el eje del oscilante, además sirve de soporte para la batería. Su estructura debe ser robusta para transmitir el peso de los ocupantes hacia las ruedas y proveer al conjunto de la rigidez requerida para su desempeño dinámico.

También genera una gran flexibilidad en el diseño ya que por su simpleza permite el acople accesible de todos los elementos constitutivos de la motocicleta; además resulta sencillo y económico de fabricar, siendo usado este tipo en las motocicletas *naked* y todo terreno. (DISEÑO-ART, 2015)

Generalmente se fabrica en base a tubos de acero de gran diámetro con paredes relativamente delgadas, con ello se logra reducir significativamente el peso del vehículo sin comprometer su desempeño estructural. (GLIMMERVEEN, 2008)

2.3. Dimensiones.

Para llevar a cabo el diseño y la construcción del primer prototipo de la motocicleta eléctrica Kuntur se utilizaron estadísticas de medidas de las motocicletas urbanas, las cuales posean una cilindrada aproximada a 125cc, ya que el andar y el desempeño de dicha motocicleta eléctrica es muy similar a una motocicleta de combustión de esas características; con lo que se consiguió determinar las medidas básicas del bastidor y la motocicleta en general, como: distancia entre ejes, altura total, posición del asiento, posición de los apoya pies, ángulo de la dirección, ángulo del monoshock, etc.

Adicionalmente, se determinaron dos ángulos que tienen mucha relevancia, los cuales se pueden apreciar de forma sencilla en la motocicleta:

- **El ángulo de ataque.-** “*Rake angle*”. El valor de este ángulo está entre 20° y 35°, ubicándose las motos tipo *sport*³ de 21° a 24° y las motos tipo *touring*⁴ de 27° a 34°. Hay que tener muy en cuenta que el incremento de dicho ángulo causa mucha fatiga en la parte frontal de la motocicleta, específicamente en la horquilla. Es por ello, que el ángulo elegido para la motocicleta es de 20°, evitando así una excesiva fatiga, que pueda debilitar nuestra estructura, considerando además que mejora la maniobrabilidad de la motocicleta,

³ Sport, anglicismo que refiere a las motocicletas basadas en la competición, con buenas prestaciones y tecnología de punta.

⁴ Touring, anglicismo que refiere a las motocicletas diseñadas para largos viajes, muy bien equipadas y de gran peso.

reduciendo en gran medida su radio de giro. (JAVIER, 2014; COSSALTER, 2006)

- **Monoshock y su angulación.-** Principalmente este tipo de suspensión se eligió debido a su bajo costo y facilidad de construcción en comparación a otros tipos. Además su posicionamiento y respectivo ángulo nos permite determinar la distribución de fuerzas, evitando la concentración de las mismas en un solo eje. (COCCO, 2004)

Se estableció también el análisis en base al 5 y 95 percentil de la estatura a nivel mundial, determinando las medidas generales del cuerpo humano, para tener una referencia que permita mejorar la ergonomía y la adaptación hombre - motocicleta.

Por medio de los datos obtenidos y estudios realizados se alcanzó establecer las medidas adecuadas para el diseño y construcción del prototipo, los cuales se presentan en el Anexo 1.

2.4. Materiales empleados.

El material que emplea el chasis de la motocicleta eléctrica Kuntur es acero ASTM-A36, el cual se considera como acero apto para estructuras metálicas; en la tabla 1 se presentan las propiedades del acero ASTM A36.

Peculiaridades como; composición química, resistencia mecánica (a esfuerzos de tensión y compresión), límite de fluencia y rotura, comportamiento en esfuerzo – deformación (tenacidad), procesos de manufactura, maleabilidad, conductividad térmica, disponibilidad, reciclabilidad y costos, hicieron de éste el material seleccionado para la construcción del prototipo. Además, basado en la experiencia anterior del bastidor de la motocicleta eléctrica Kuntur.

Tabla 1 Propiedades del acero ASTM A36.

PROPIEDADES ACERO ASTM A36		
	Sist. Métrico	Sist. Inglés
Propiedades Físicas		
Densidad	7,85 g/cc	0,284 lb/inch
Propiedades Mecánicas		
Resistencia última a la tracción	400 - 550 Mpa	58000 - 79800 Psi
Límite de fluencia	250 Mpa	36300 Psi
Alargamiento a la rotura	en 200 mm	20%
	en 50 mm	23%
Módulo de elasticidad	200 Gpa	29000 Kpsi
Módulo de compresibilidad	160 Gpa	23200 Kpsi
Coefficiente de <i>Poisson</i>	0,26	0,26
Módulo de corte	79,3 Gpa	11500 Kpsi
Composición del material		
Carbón, C	0,25 - 0,29 %	0,25 - 0,29 %
Cobre, Cu	0,20%	0,20%
Hierro, Fe	98%	98%
Manganeso, Mn	1,03%	1,03%
Fósforo, P	<= 0,04 %	<= 0,04 %
Silicio, Si	0,28%	0,28%
Azufre, S	<= 0,05 %	<= 0,05 %

Fuente: (SAE Ferrous Materials Standards Manual, 1999).

2.4.1. Soldabilidad acero ASTM A36.

Al definirse la soldabilidad del acero como el conjunto de propiedades que permiten efectuar uniones o conexiones soldadas que posean características suficientes de continuidad metalúrgica se debe considerar particularmente su composición química ya que influye de gran manera en la misma. El acero ASTM A36 en específico es conocido como un acero de fácil soldabilidad, teniendo la posibilidad de usar un gran

número de tipos de soldaduras para sus diferentes aplicaciones, como se indica a continuación: (Fig. 5)

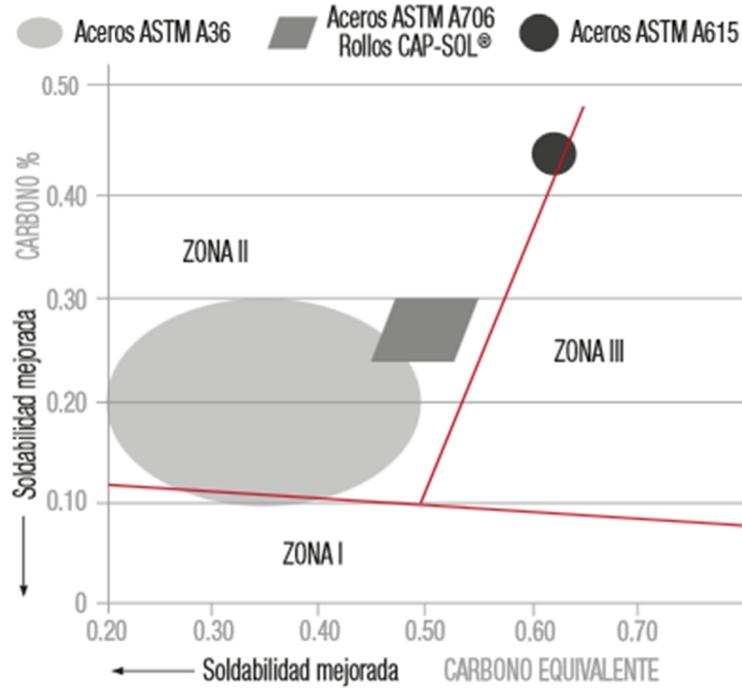
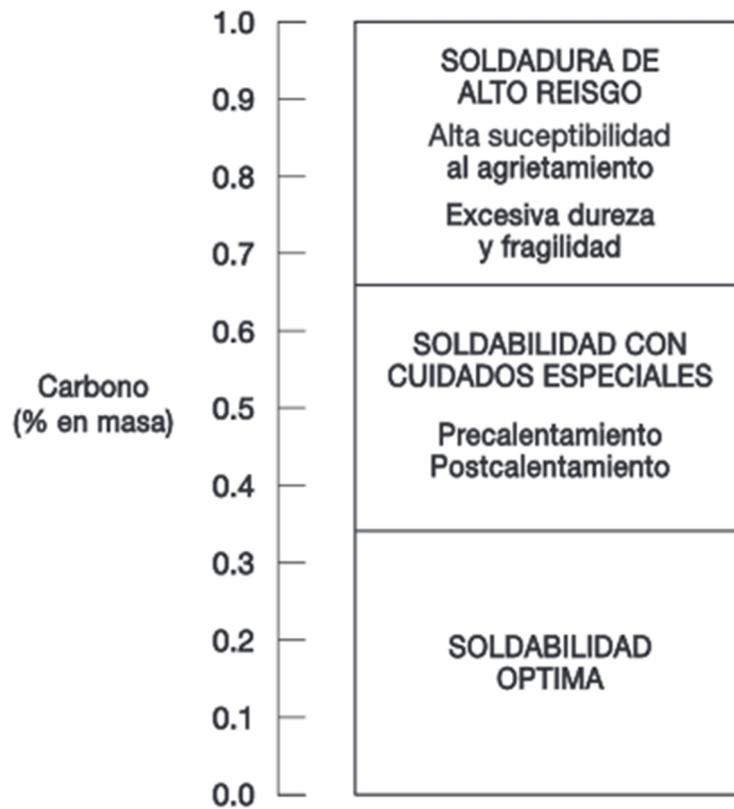


Figura 5 Soldabilidad de los aceros.

Fuente: (Capacero.cl, 2013).

En la tabla 2 se presenta la soldabilidad del acero en función de su porcentaje de carbono:

Tabla 2 Efecto del carbono en la soldabilidad del acero.



Fuente: (Manual de Diseño para la Construcción con Acero, 2013).

Una manera sencilla para determinar la soldabilidad del acero es con la relación del carbono equivalente; la cual se indica a continuación;

$$CE = \%C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Ni+Cu}{15} \quad [1]$$

Donde:

- CE → Carbono equivalente
- C → Carbono
- Mn → Manganeso
- Cr → Cromo
- Mo → Molibdeno
- V → Vanadio
- Ni → Níquel

- Cu → Cobre

Dicha fórmula expresa la influencia relativa de los elementos químicos respecto al carbono en la soldabilidad, la misma se considera la más utilizada, ya que es propuesta por el Instituto Internacional de la Soldadura (*Internacional Institute of Welding, IIW*).

Tabla 3 Soldabilidad del acero en función del carbono equivalente.

Carbono equivalente CE	Soldabilidad
CE < 0.40	Excelente
0.41 < CE ≤ 0.45	Buena
0.46 < CE ≤ 0.52	Regular
CE > 0.52	Pobre

Fuente: (Manual de Diseño para la Construcción con Acero, 2013).

Al aplicar la ecuación 1, tenemos:

$$CE = 0.25 + \frac{1.03}{6} + \frac{0 + 0 + 0}{5} + \frac{0 + 0.20}{15}$$

$$CE = 0.435$$

$$CE = 0.27 + \frac{1.03}{6} + \frac{0 + 0 + 0}{5} + \frac{0 + 0.20}{15}$$

$$CE = 0.455$$

$$CE = 0.29 + \frac{1.03}{6} + \frac{0 + 0 + 0}{5} + \frac{0 + 0.20}{15}$$

$$CE = 0.475$$

El resultado de la soldabilidad se ve directamente influenciado por el porcentaje de carbono en el material, variando el mismo en este caso entre buena y regular (Tabla 3).

CAPITULO 3

OPTIMIZACIÓN TOPOLÓGICA DEL MODELO

3.1. Geometría del modelo.

La geometría del bastidor a optimizar ha sido desarrollada anteriormente con base en esfuerzos establecidos para la competencia del “*Smartmoto Challenge*” Barcelona 2014, el cual obtuvo reconocimiento en puntaje por innovación de geometría del chasis; por lo tanto, ha provocado un reto en determinar los procedimientos de validación de la estructura ya que en la bibliografía adquirida no se presenta un diseño similar.

3.2. Casos de carga.

El momento de realizar el análisis del modelo se debe considerar todas las cargas necesarias a las que estará sometido el mismo en un funcionamiento real, para ello existen dos tipos de clasificaciones de cargas: (REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCIÓN, 2005)

La primera clasificación está conformada por una sub clasificación en donde encontramos tres tipos de cargas, las cuales son diferenciadas por la duración al momento de actuar en la estructura:

- **Cargas permanentes.-** Estas actúan de forma continua. También se considera cargas permanentes aquellas que sufren variaciones pequeñas en periodos de tiempo muy largos. Como ejemplo de este tipo de carga tenemos: el peso propio de la estructura, el peso de elementos no estructurales fijos, etc.
- **Cargas variables.-** Son aquellas cuya intensidad varía significativamente en el tiempo. Como ejemplo de este tipo de carga tenemos: cambios de temperatura, deformaciones impuestas, asentamientos diferenciales y las acciones de maquinarias y equipo sobre la estructura. (Además, en donde

aplique, se deberá considerar los efectos de impacto, frenado y vibraciones causadas por cargas variables durante la operación de la estructura).

- **Cargas accidentales.-** Son acciones no permanentes ni variables, de intensidad significativa, de duración breve y que pueden afectar a la estructura durante su operación. Como ejemplo de este tipo de carga tenemos: viento, impacto por irregularidad de la vía, etc.

En la segunda clasificación encontramos dos tipos de cargas, las cuales son diferenciadas por su permanencia o variabilidad en la estructura:

- **Cargas muertas.-** Representa el peso de todos los elementos constructivos, de acabado y todos los elementos que ocupan una posición permanente en la estructura, cuyo peso no cambia substancialmente con el tiempo.
- **Cargas vivas.-** Son aquellas fuerzas que se producen por el uso y ocupación de la estructura las cuales no son permanentes. Para su análisis se ocuparán las cargas más altas que se puedan generar.

3.3. Hipótesis para el cálculo de fuerzas en el bastidor.

- Todas las fuerzas y reacciones aplicadas en los neumáticos, serán afectadas directamente en el bastidor. Si bien los esfuerzos van a ser mucho mayores que en la realidad, ya que la suspensión es determinada como un elemento rígido; pero la validación final va ser en óptimas condiciones y de esta forma se asegura que el prototipo es muy seguro en condiciones normales.
- Una consideración importante es que los ocupantes de la motocicleta siempre mantendrán la posición ergonómica inicial en todos los casos; esto en condiciones normales modifica la ubicación del centro de gravedad de la motocicleta influenciando directamente su desempeño. Por ejemplo cuando la moto acelera, el centro de gravedad se desplazará hacia la parte posterior; al frenar hacia adelante y en curva lateralmente.

- No se han considerado cargas dinámicas accidentales, como por ejemplo: el viento; imperfecciones en la calzada, etc.
- Para el caso de los ocupantes (2) se considera una masa de 100 kg cada uno, debido al margen de carga de la motocicleta de 200 kg.
- La transmisión de fuerzas durante la aceleración y el frenado son consideradas constantes.
- El peso de la motocicleta ha sido considerado con todos los accesorios necesarios para circular en la ciudad (asiento, luces, panel indicador, retrovisores, etc.); teniendo un peso total en vacío de 80 kg.

3.4. Cálculo de cargas estáticas.

Este cálculo se realiza mediante un diagrama de cuerpo libre (Fig. 6) el que nos ayudará a determinar la magnitud y ubicación de las fuerzas en el bastidor.

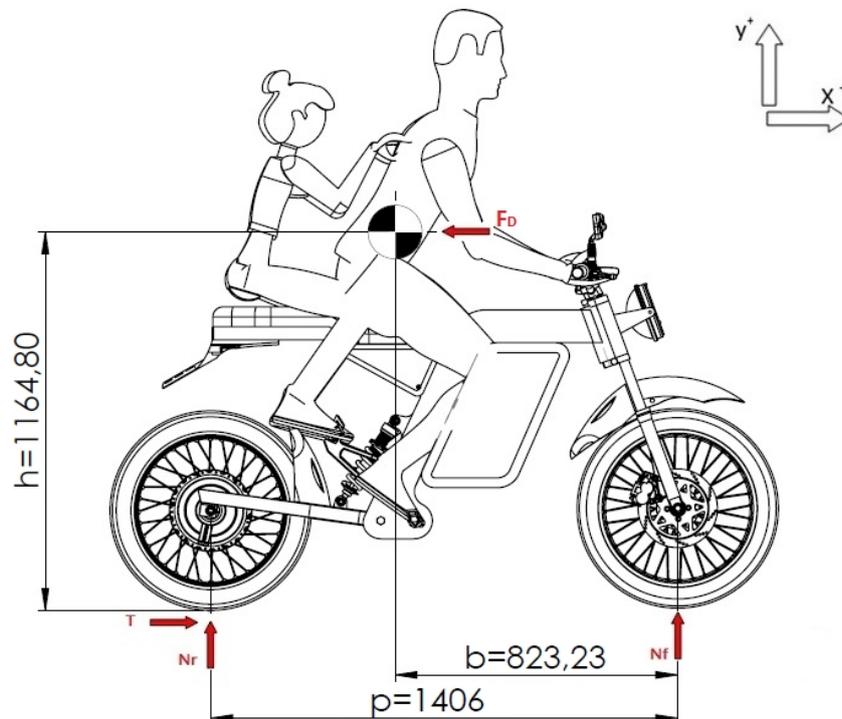


Figura 6 DCL de la motocicleta.

Fuente: Autores.

Considerando los siguientes datos obtenidos digital y físicamente:

- Masa motocicleta (medido en báscula): 80 kg
- Masa piloto: 100 kg
- Masa copiloto: 100 kg
- Masa total: 280 kg
- Gravedad: $9,81 \text{ m/s}^2$
- Ángulo de ataque: 20°
- Distancia entre ejes: $1406 \text{ mm} = 1,406 \text{ m} = p$
- Distancia horizontal del centro de gravedad al eje de rueda delantera: $823,23 \text{ mm} = 0,82323 \text{ m} = b$
- Altura al centro de gravedad: $1164,80 \text{ mm} = 1,1648 \text{ m} = h$
- N_f = Normal en rueda delantera
- N_r = Normal en rueda posterior
- T = Fuerza motriz
- F_D = Fuerza de arrastre
- (\rightarrow) Equilibrio de fuerzas horizontales
 - $T - F_D = 0$ [2]
- (\uparrow) Equilibrio de fuerzas verticales
 - $mg - N_r - N_f = 0$ [3]
- (\cap) Equilibrio de momentos respecto al CoG.
 - $Th - N_r(p - b) + N_f b = 0$ [4]
- Carga dinámica en el eje delantero:
 - $N_r = mg - N_f$ [5]

Al remplazar la ecuación 5 en la ecuación 4, tenemos:

- $(mg - N_f)(p - b) = Th + N_f b$
- $N_f p \approx mg(p - b) - Th$
- $N_f = \frac{mg(p-b) - Th}{p}$ [6]
- % de carga estática en el eje delantero:
 - $\frac{p-b}{p} = \frac{1,406\text{m} - 0,82323\text{m}}{1,406\text{m}} = 41,45 \%$. [7]
- % de peso en el eje posterior:

- 100% – % de carga en el eje delantero [8]
- 100% – 41,45% = 58,55%
- Normal entre el suelo y la motocicleta del eje delantero:
 - $N_f = mg * \% \text{ de peso en el eje delantero}$ [9]
 - $N_f = 280 \text{ kg} * \frac{9,81 \text{ m}}{\text{s}^2} * 0,4145 = \mathbf{1138,55 \text{ N}}$
- Normal entre el suelo y la motocicleta en el eje posterior:
 - $N_r = mg * \% \text{ de peso en el eje posterior}$ [10]
 - $N_r = 280 \text{ kg} * \frac{9,81 \text{ m}}{\text{s}^2} * 0,5855 = \mathbf{1608,25 \text{ N}}$

3.4.1. Horquilla.

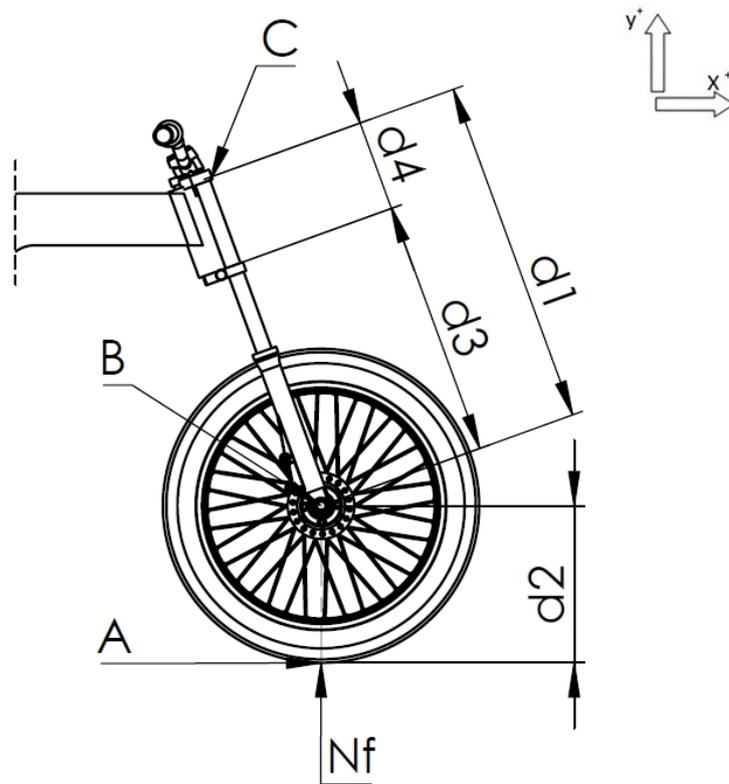


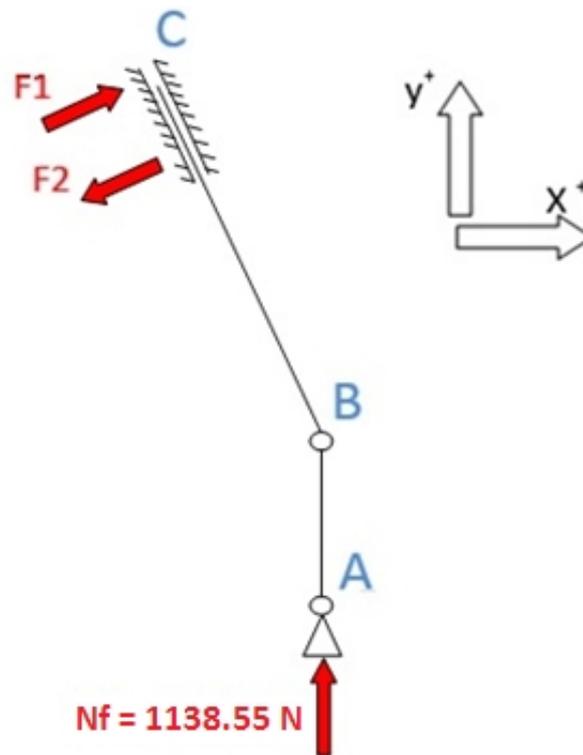
Figura 7 Esquema de parámetros de la horquilla

Fuente: Autores.

Tabla 4 Esquema de parámetros de la horquilla.

Parámetro	Valor (mm)
d1	665
d2	300
d3	480
d4	185

Fuente: Autores.



(A-B=300mm ; B-C=665mm ; B-F1=480mm ; F1-F2=185mm)

Figura 8 DCL de la horquilla.

Fuente: Autores.

$$\sum M_c = 0$$

$$F_2 * 0,185 \text{ m} = 1138,55 \text{ N} * (0,665 \text{ m} * \text{sen}20^\circ)$$

$$F_2 = \frac{258,96 \text{ Nm}}{0,185 \text{ m}} = 1399,76 \text{ N}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$F_1 * 0,665 \text{ m} = F_2 * 0,48 \text{ m}$$

$$F_1 = \frac{1399,76 \text{ N} * 0,48 \text{ m}}{0,665 \text{ m}} = 1010,35 \text{ N}$$

3.4.2. Oscilante.

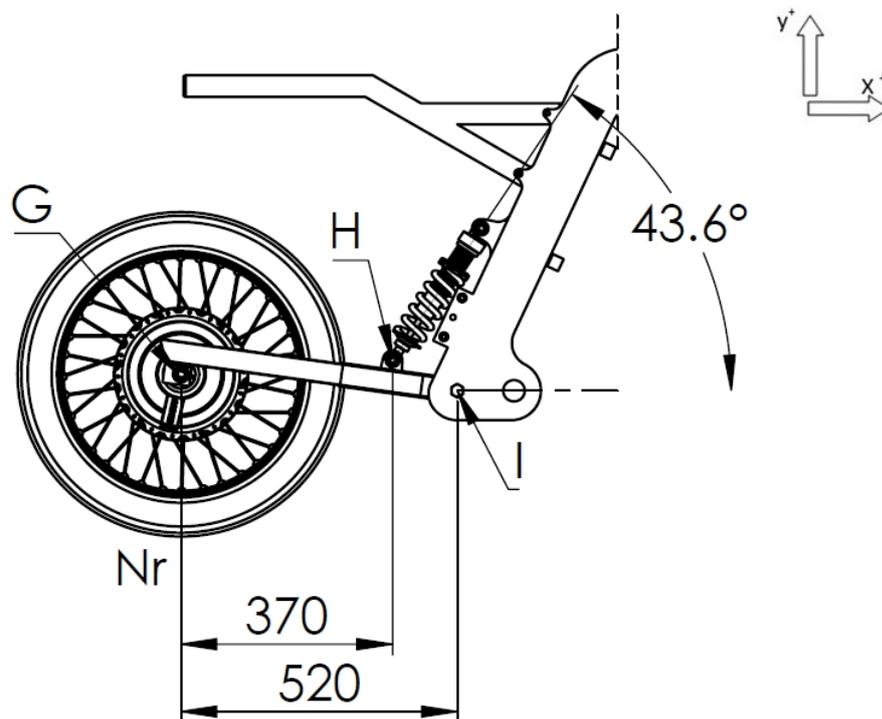


Figura 9 Dimensiones del oscilante.

Fuente: Autores.

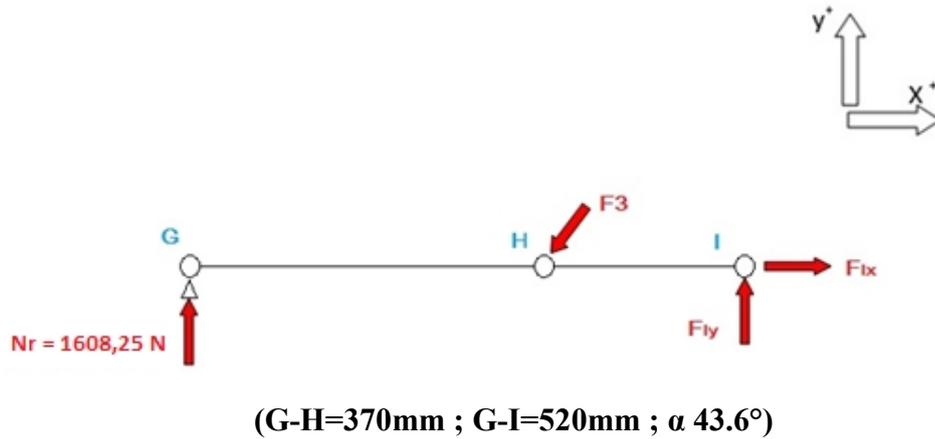


Figura 10 DCL del oscilante.

Fuente: Autores.

$$\sum M_I = 0$$

$$N_r * 0,52 \text{ m} = (F_3 * \text{sen } 43,6^\circ) * 0,15 \text{ m}$$

$$F_3 = \frac{1608,25 \text{ N} * 0,52 \text{ m}}{0,15 \text{ m} * \text{sen } 43,6^\circ} = \mathbf{8084,55 \text{ N}}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$N_r + F_{Iy} = F_3 * \text{sen } 43,6^\circ$$

$$1608,25 \text{ N} + F_{Iy} = 8084,55 \text{ N} * \text{sen } 43,6^\circ$$

$$F_{Iy} = 5575,26 \text{ N} - 1608,25 \text{ N} = \mathbf{3967,01 \text{ N}}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$F_3 * \cos 43,6^\circ = F_{Ix}$$

$$F_{Ix} = 8084,55 \text{ N} * \cos 43,6^\circ = \mathbf{5854,60 \text{ N}}$$

3.5. Cálculo de fuerzas dinámicas externas.

Para el estudio de la motocicleta se considerarán casos extremos de funcionamiento los cuales demostrarán en lo posterior los máximos esfuerzos a los que el bastidor estará sometido en las diferentes condiciones; ingresando al programa computacional de elementos finitos la información más detallada posible para un resultado muy cercano a la realidad.

Para ello se establecieron tres casos considerados en los estudios de bastidores como los más críticos: (COSSALTER, 2006)

- Máxima aceleración en el eje posterior.
- Máxima capacidad de frenado en el eje delantero.
- Máxima capacidad de frenado en el eje posterior.

En lo posterior se consideraran los siguientes parámetros (Fig. 11):

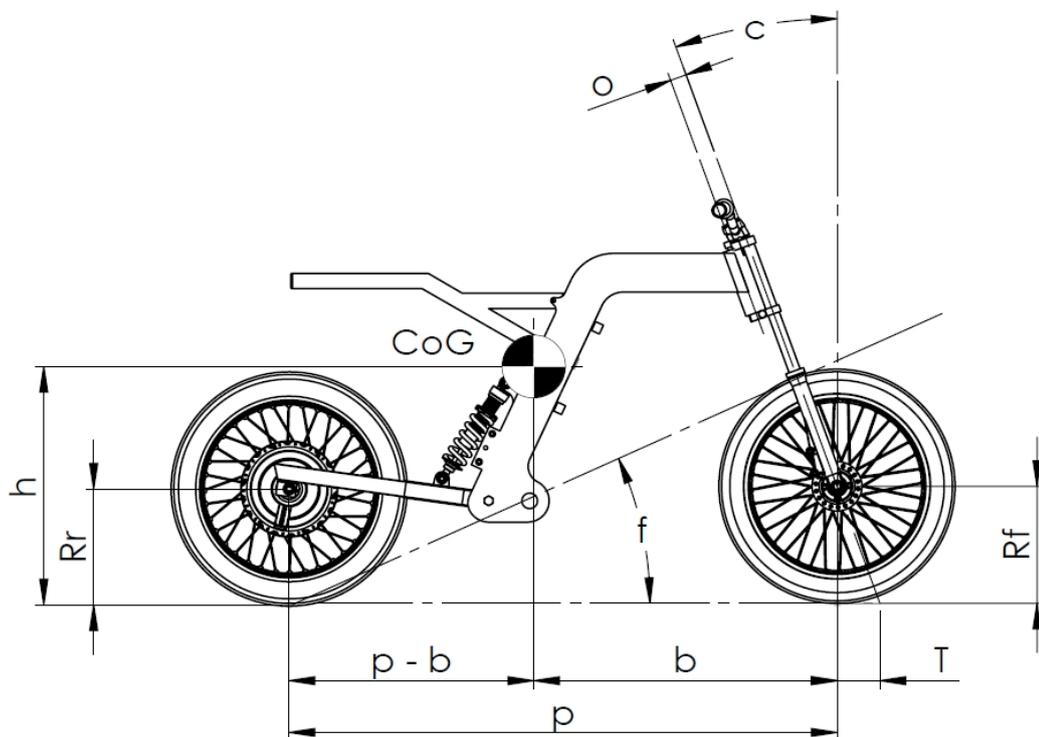


Figura 11 Esquema general de los diferentes parámetros geométricos.

Fuente: Autores.

Tabla 5 Esquema general de los diferentes parámetros geométricos.

Símbolo	Parámetro
p	Distancia entre ejes
b	CoG al frente
p - b	CoG hacia atrás
Rf	Radio delantero
Rr	Radio posterior
h	Altura CoG
c	Ángulo de avance
o	Desplazamiento
T	Avance
f	Ángulo de transferencia de carga
CoG	Centro de gravedad

Fuente: Autores.

3.5.1. Aceleración máxima.

Para el análisis en este caso se considerarán algunas hipótesis particulares:

- La fuerza de resistencia a la rodadura es cero.
- La fuerza de sustentación aerodinámica es cero.
- La superficie de la carretera es plana.
- La fuerza motriz T , se aplica en el punto de contacto de la rueda posterior con el suelo.
- La condición máxima de aceleración es precisamente cuando la rueda delantera pierde contacto con el suelo.

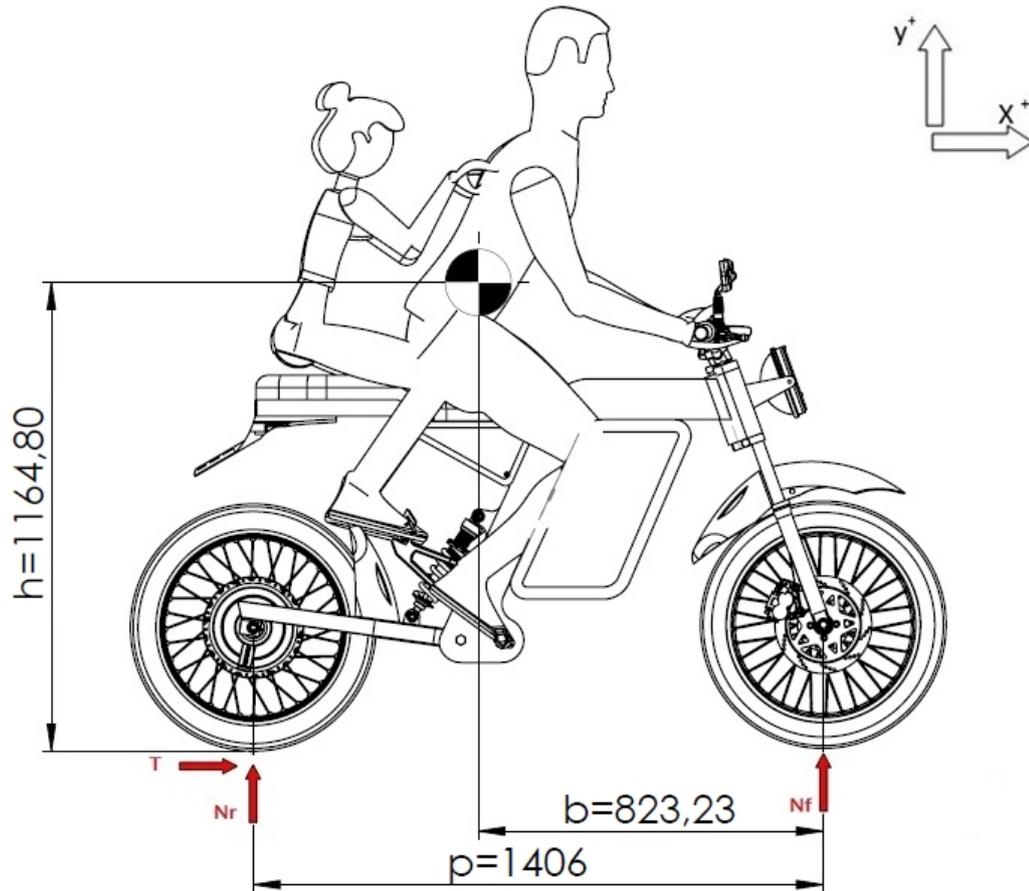


Figura 12 Fuerzas externas en máxima aceleración.

Fuente: Autores.

$$N_f = mg * \frac{b}{p} - T * \frac{h}{p} \quad [11]$$

$$N_f = 0$$

$$N_r = mg \quad [12]$$

$$N_r = 280 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 2746,8 \text{ N}$$

$$T = mg * \frac{(p-b)}{h} \quad [13]$$

$$T = 280 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * \frac{(1,406\text{m} - 0,82323\text{m})}{1,1648\text{m}} = 1374,28 \text{ N}$$

3.5.2. Frenado máximo con el eje delantero.

Para el análisis en el caso de frenado máximo con el eje delantero, se considera que la rueda posterior empieza a levantarse del suelo.

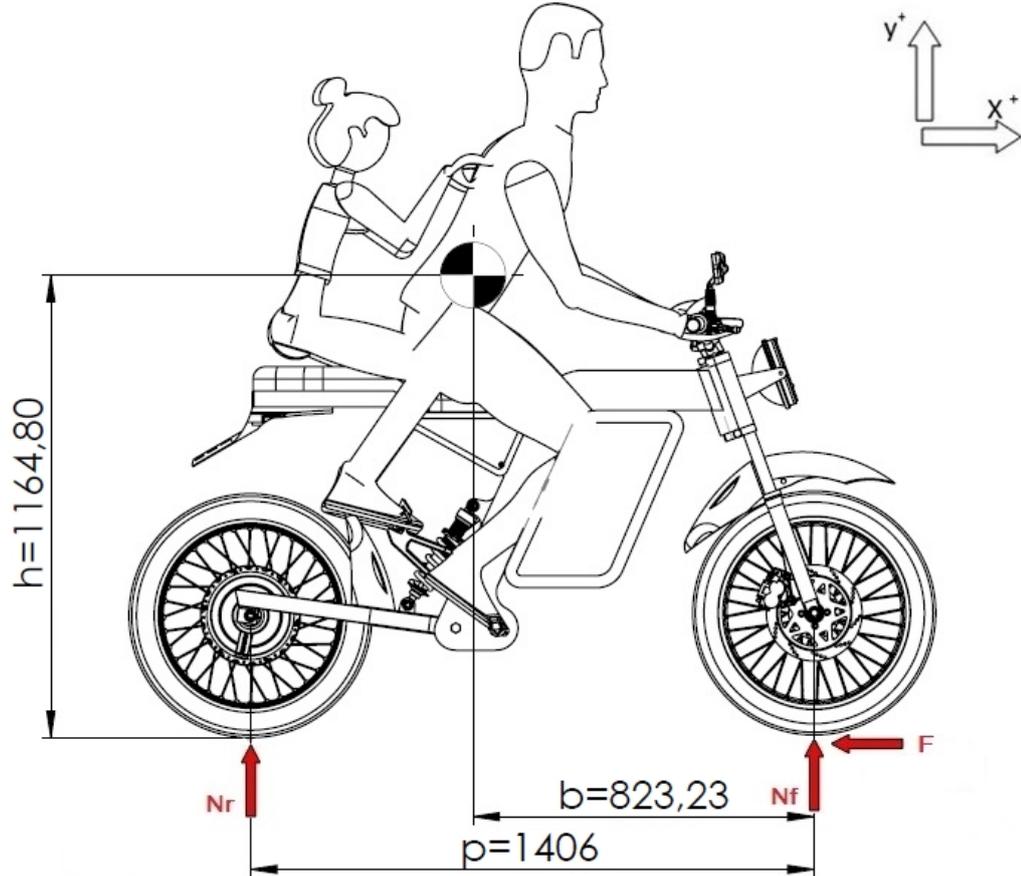


Figura 13 Fuerzas externas en frenado máximo con el eje delantero.

Fuente: Autores.

$$N_r = mg * \frac{b}{p} - F * \frac{h}{p} \quad [14]$$

$$N_r = 0$$

$$N_f = mg \quad [15]$$

$$N_f = 280 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 2746,8 \text{ N}$$

$$F = mg * \frac{b}{h} \quad [16]$$

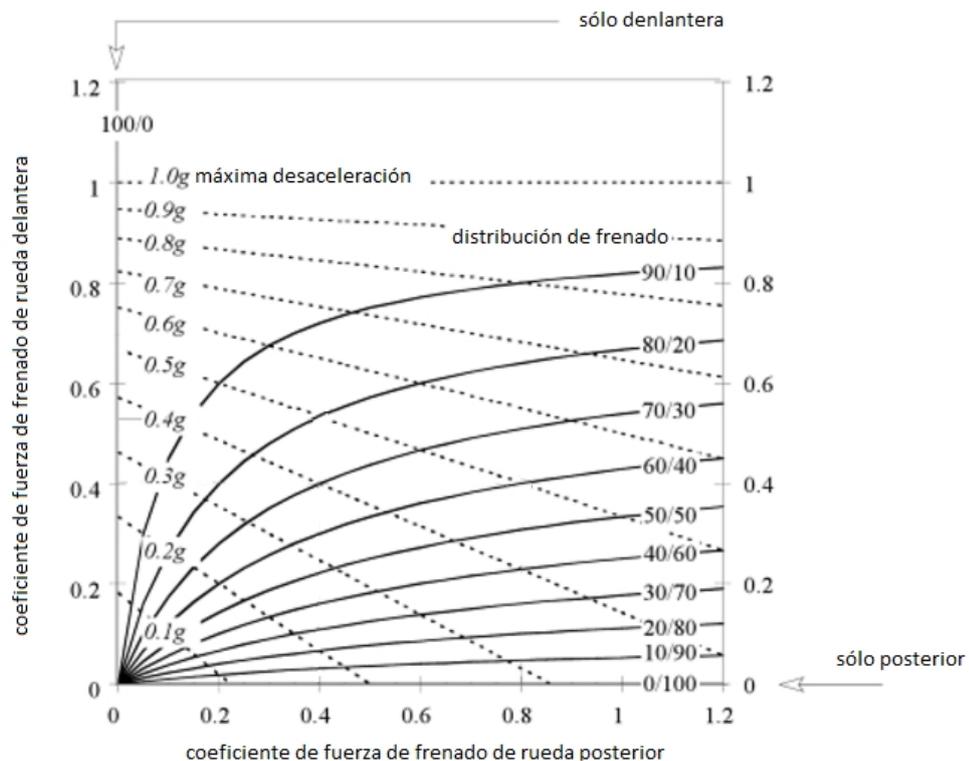
$$F = 280 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * \frac{0,82323\text{m}}{1,1648\text{m}} = 1941,32 \text{ N}$$

3.5.3. Frenado máximo con el eje posterior.

Para el análisis de este caso se supondrán las siguientes hipótesis:

- En el frenado con el eje posterior la carga en la rueda delantera aumenta 20%, disminuyendo el mismo porcentaje en la rueda posterior.
- Las dos ruedas se mantienen siempre en contacto con el suelo.
- El coeficiente de rozamiento entre la rueda y el suelo $\mu = 0,9$ como se indica en la tabla 6, para una distribución de frenado del 100% en el eje posterior y 0% en el eje delantero con una desaceleración aproximada de 0,3g obtenida en las pruebas de frenado.

Tabla 6 Coeficiente de fuerza de frenado.



Fuente: (COSSALTER, 2006)

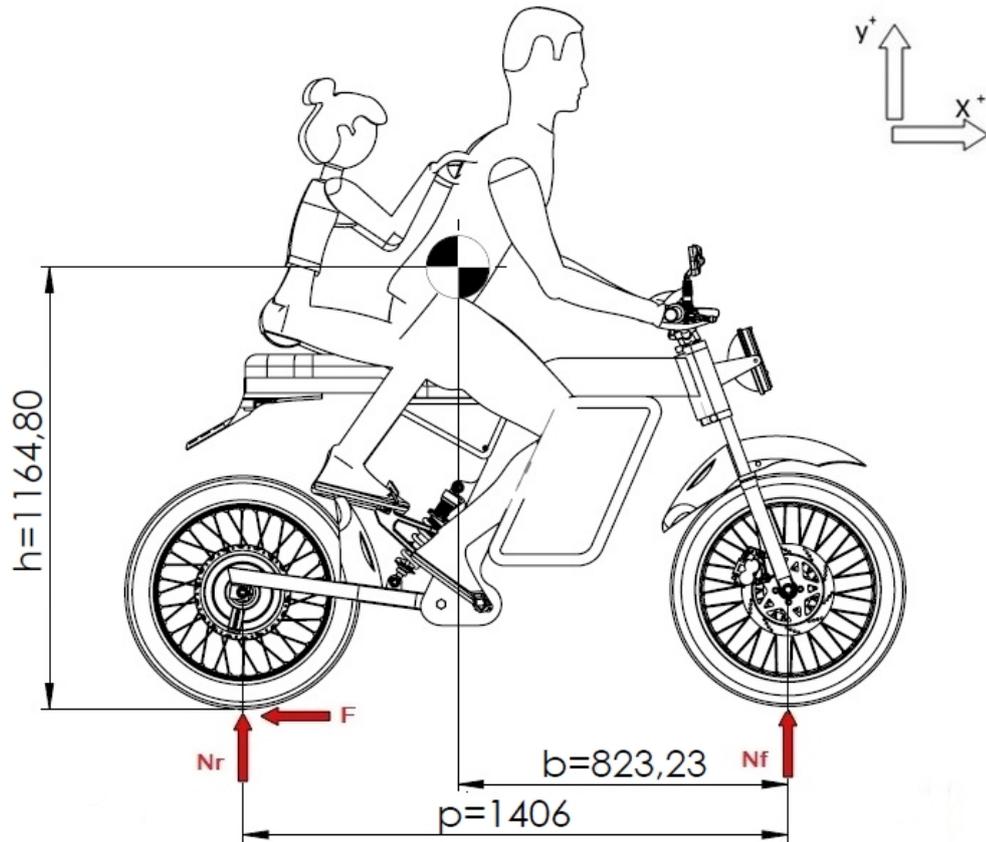


Figura 14 Fuerzas externas en frenado máximo con el eje posterior.

Fuente: Autores.

$$N_r = mg * \left(\frac{100-a}{100}\right) * \left[\frac{\% \text{ de peso en el eje posterior}}{100}\right] \quad [17]$$

$$N_r = 280 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * \left(\frac{100 - 20}{100}\right) * \left(\frac{58,55}{100}\right) = 1286,6 \text{ N}$$

$$F = N_r * \mu \quad [18]$$

$$F = 1286,6 \text{ N} * 0,9 = 1157,94 \text{ N}$$

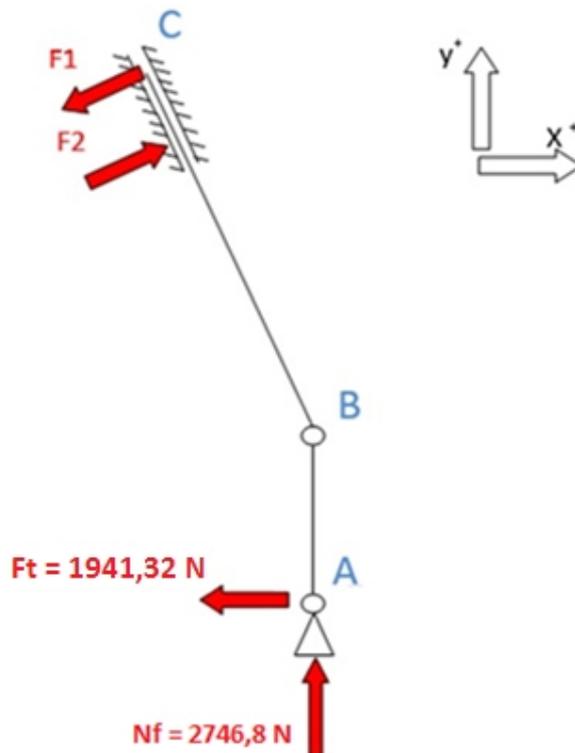
Tabla 7 Resumen de fuerzas externas.

Resumen de fuerzas externas		
Aceleración máxima	Frenado máximo con el eje delantero	Frenado máximo con el eje posterior
$T = 1374,28 \text{ N}$	$F_{\text{delantero}} = 1941,32 \text{ N}$	$F_{\text{eje pos}} = 1157,94 \text{ N}$
$\frac{F}{N} = 2746,8$	$\frac{F}{N} = 941,322$ $\frac{Nf}{N} = 2746,48$	$\frac{F}{N} = 1286,6$

Fuente: Autores.

3.5.4 Análisis de fuerzas de frenado máximo en el eje delantero.

Para el análisis se considera el siguiente diagrama de cuerpo libre:



(A-B=300mm ; B-C=665mm ; B-F2=480mm ; F1-F2=185mm)

Figura 15 DCL de la horquilla en frenado máximo con el eje delantero.

Fuente: Autores.

Por lo tanto ambas fuerzas aplicadas a los cojinetes de la horquilla son:

$$\sum M_C = 0$$

$$\begin{aligned} F_2 * 0,185 \text{ m} + 2746,8 \text{ N} * (0,665 \text{ m} * \text{sen } 20^\circ) \\ = 1941,32 \text{ N} * [0,3 \text{ m} + (0,665 \text{ m} * \text{cos } 20^\circ)] \end{aligned}$$

$$F_2 = \frac{1795,52 \text{ Nm} - 624,74 \text{ Nm}}{0,185 \text{ m}}$$

$$F_2 = \mathbf{6328,54 \text{ N}}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$1941,32 \text{ N} * 0,3 \text{ m} + F_2 * (0,665 \text{ m} - 0,185 \text{ m}) = F_1 * 0,665 \text{ m}$$

$$F_1 = \frac{582,4 \text{ Nm} + (6328,54 \text{ N} * 0,48 \text{ m})}{0,665 \text{ m}}$$

$$F_1 = \mathbf{5443,76 \text{ N}}$$

3.6. Análisis (MEF).

3.6.1. Selección del tamaño de malla.

El mallado es una parte muy importante en el proceso de simulación, ya que permite discretizar el modelo. Dependiendo de la calidad de la malla, la precisión de los resultados pueden variar; crear una malla muy fina plantea muchas más ecuaciones, lo que significa que se requiere más tiempo para ejecutar el estudio y visualizar los resultados, y esto no garantiza resultados precisos; el tamaño de elementos óptimo tiene que ser definido a través de un análisis de sensibilidad de la malla sobre la respuesta.

El momento de generar una malla intervienen diferentes parámetros y factores, como: (HERRERA & SOSA, 2012; DASSAULT SYSTEMES, 2014)

- La geometría creada para el mallado.
- Opciones de mallado activas del programa.
- Especificaciones de control de malla.
- Opciones de conexión para contacto.
- Tamaño y tolerancia de elementos.

Debido a lo anteriormente mencionado, es muy importante realizar una buena selección del tamaño de malla o elementos, ya que afecta directamente en la calidad del resultado.

Para obtener el tamaño ideal de malla se ha considerado el tiempo de ejecución del programa en las simulaciones y la delimitación de las superficies en la optimización obtenidos en cada caso luego de aplicar las restricciones y cargas correspondientes en el modelo. Una vez realizado el proceso de determinación de tamaño de malla, se concluye que el tamaño promedio general de los elementos para el análisis es de 4mm (Fig. 16).

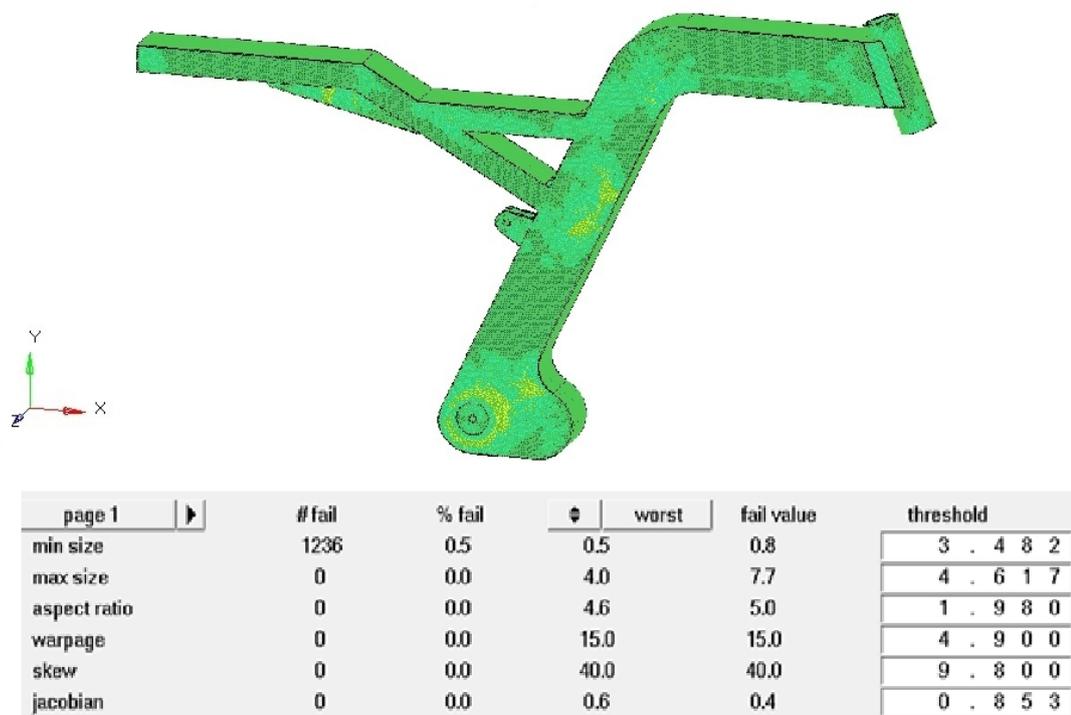


Figura 16 Malla 4mm.

Fuente: Autores.

Luego de establecer el tamaño de malla se procedió a definir las zonas de diseño y no diseño, que son superficies en las que se aplican cargas o restricciones. Como zonas de no diseño se consideró el soporte de la horquilla, soporte del monoshock y alojamiento del eje del oscilante (Fig. 17).

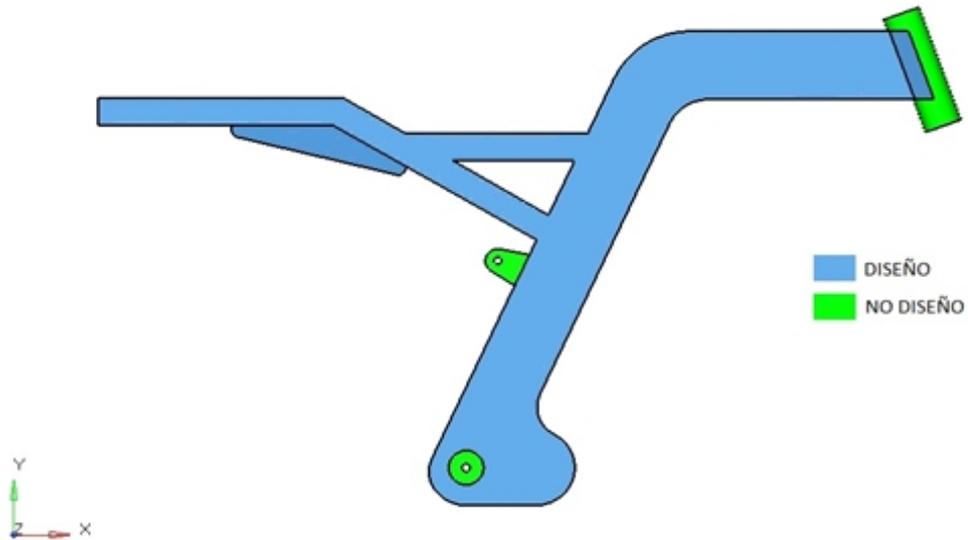


Figura 17 Espacio de diseño y no diseño.

Fuente: Autores

Posteriormente al proceso de mallado y definir las zonas de diseño y no diseño, se refinó manualmente las zonas vulnerables en el diseño: eje del oscilante (Fig. 18), soporte del monoshock (Fig. 19), las cuales presentaban una baja calidad de malla.

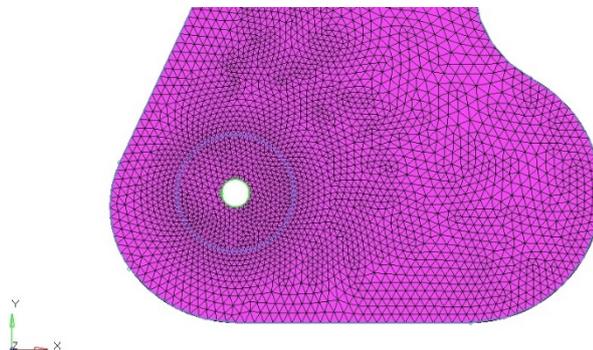


Figura 18 Refinamiento del mallado en el eje del oscilante.

Fuente: Autores.

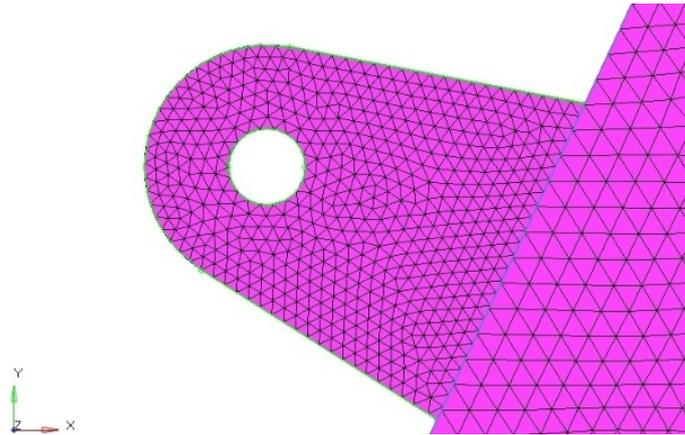


Figura 19 Refinamiento del mallado en el soporte del monoshock.

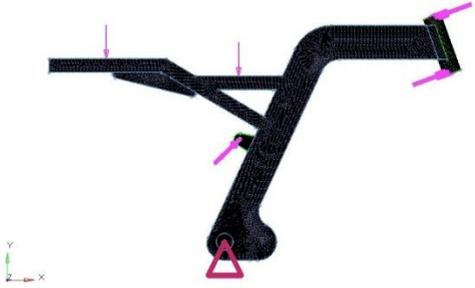
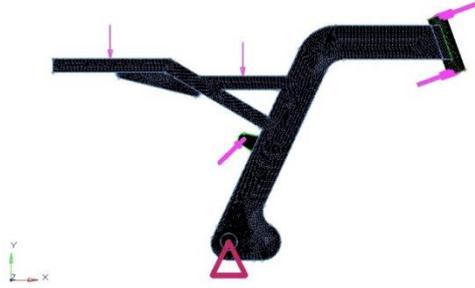
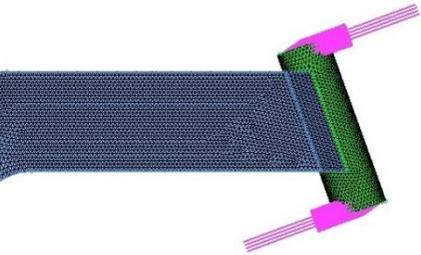
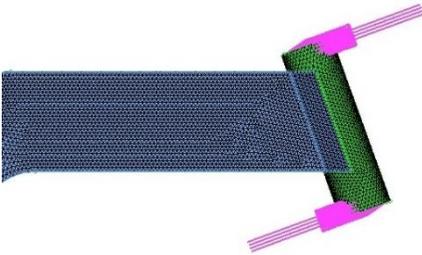
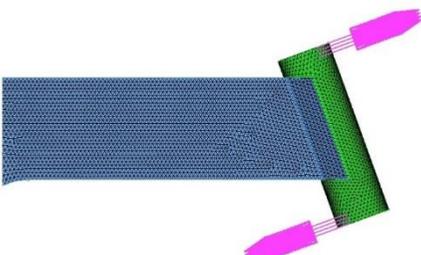
Fuente: Autores.

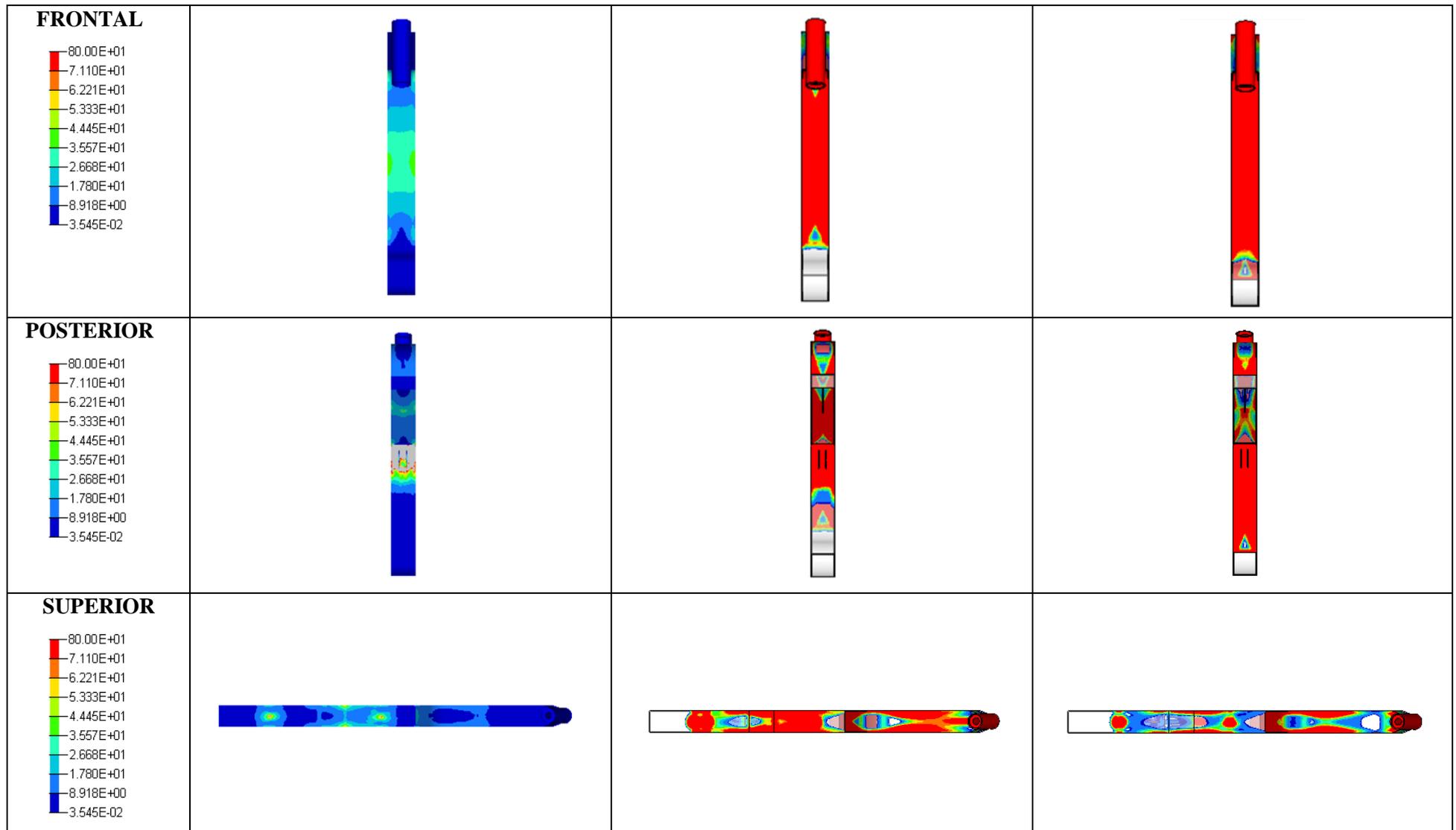
3.7. Análisis de esfuerzos.

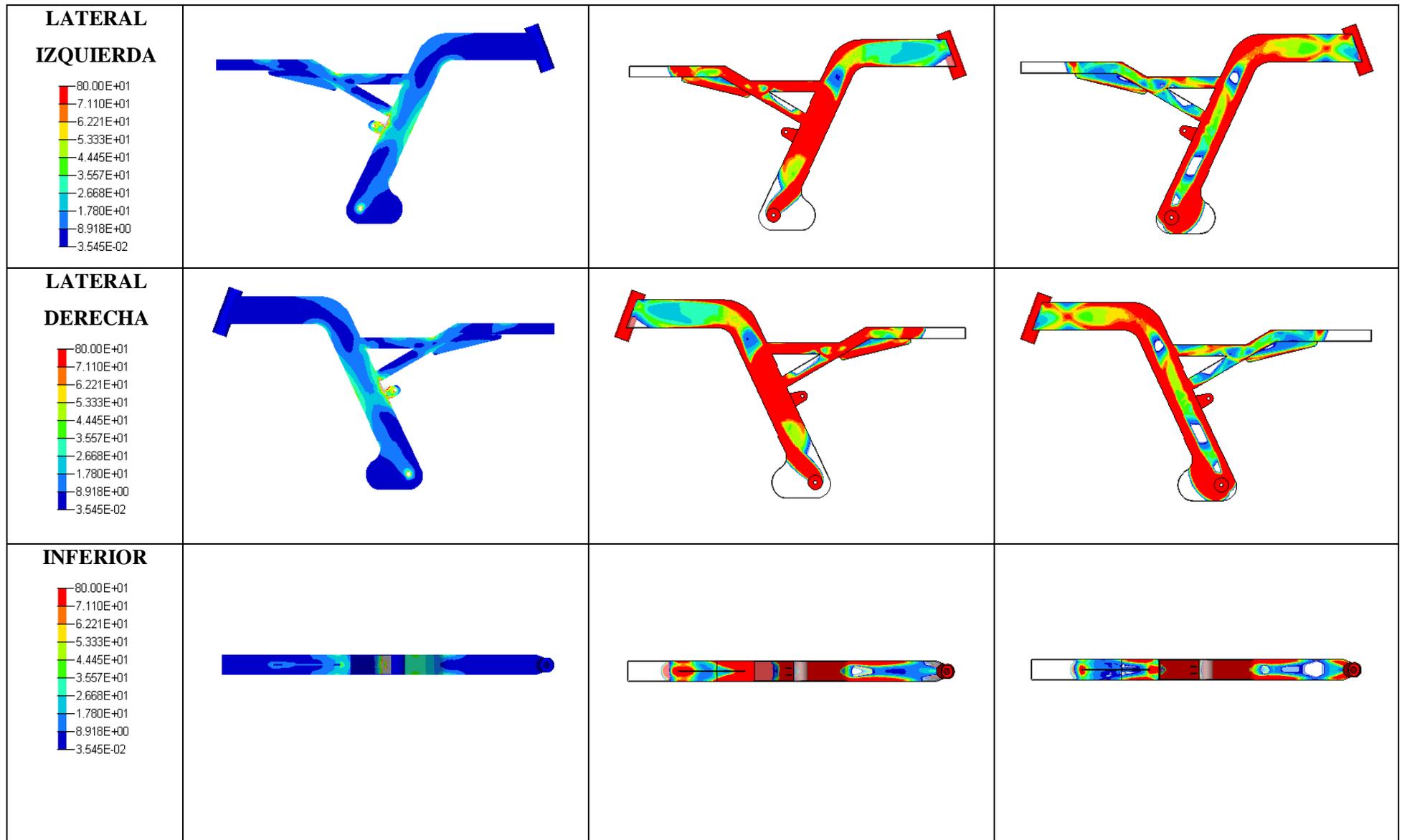
El proceso de análisis de esfuerzos del bastidor que guiará el estudio de optimización, se ha iniciado con las proyecciones de resultados ejecutados en el programa “CAE” mediante el método poli cromático que muestra un rango de valor en MPa lo que conlleva a una estimación de las zonas de esfuerzos críticos.

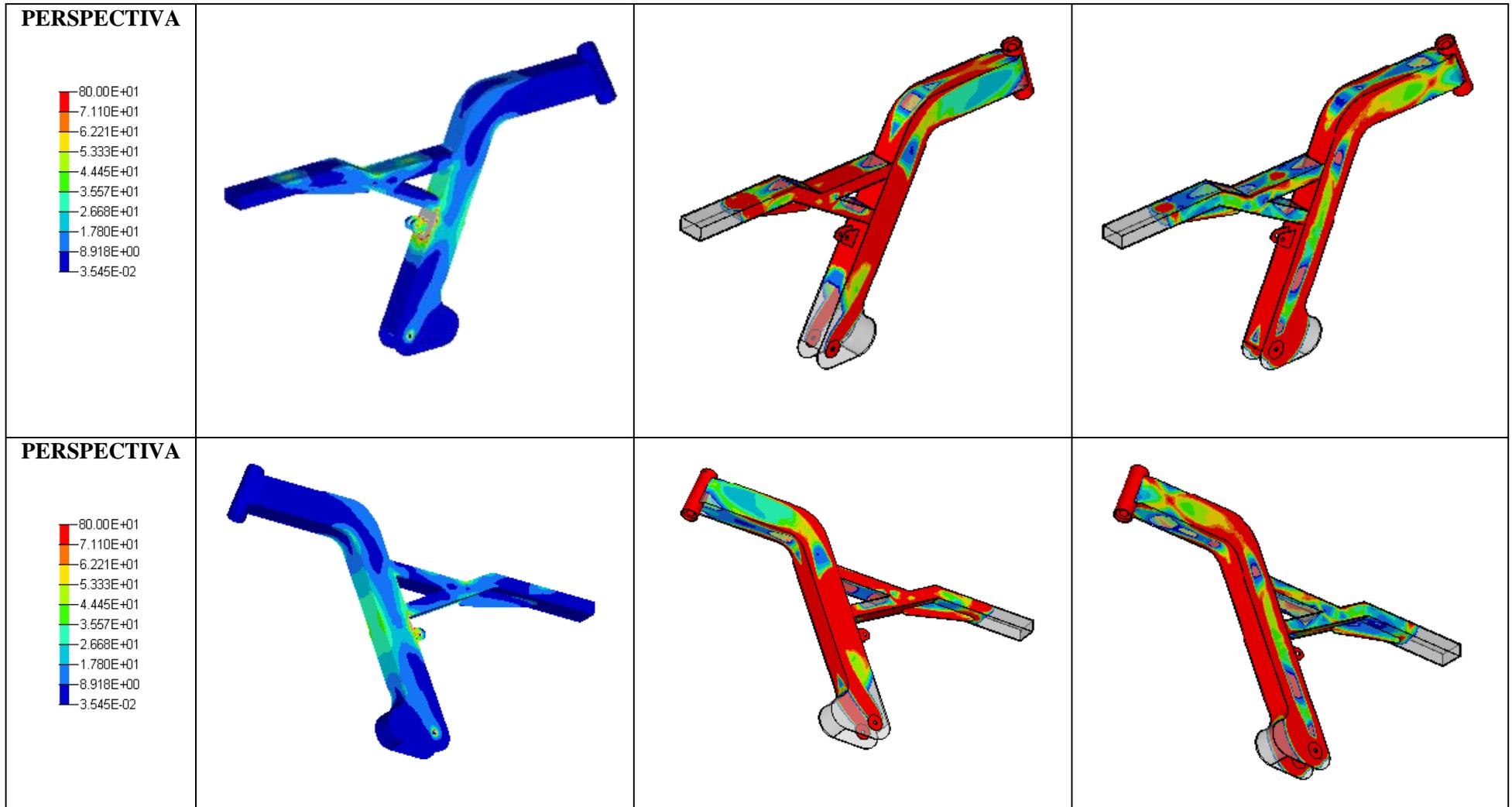
Para alcanzar el criterio de superficies donde se debe reducir el material en la optimización topológica se ha realizado una tabla comparativa (tabla 8) mediante la cual a través del análisis por vistas del modelo se ha logrado concluir en que zonas y con qué geometría se eliminará material para llegar al objetivo de reducción de peso en un 10%.

Tabla 8 Tabla comparativa de esfuerzos y optimización.

VISTA	ESTÁTICO	OPTIMIZACIÓN ESTÁTICO	OPTIMIZACIÓN FRENADO
FUERZA			
FUERZA			







Fuente: Autores.

3.8. Optimización topológica

La optimización se realizó mediante el criterio de reducción de masa en superficies con rangos de esfuerzos menores a 70MPa en los tres casos de la tabla comparativa (Tabla 8) anteriormente revisada; y, mediante geometrías triangulares caracterizada por su principal función indeformable; además, de redondeo en los vértices que evitan la concentración de esfuerzos en un solo punto.

En la vista frontal del bastidor (Fig. 20) se eliminó material en la superficie horizontal con la ubicación de cuatro triángulos equiláteros de 45mm de altura con un redondeo de vértice de radio 7mm, intercalados a un espacio de 14mm y centrados verticalmente; con el objetivo de garantizar una superficie resistente a esfuerzos de flexión y cortantes. De igual manera se ubicaron triángulos en la superficie inclinada en las zonas de esfuerzos menores a los 70MPa.

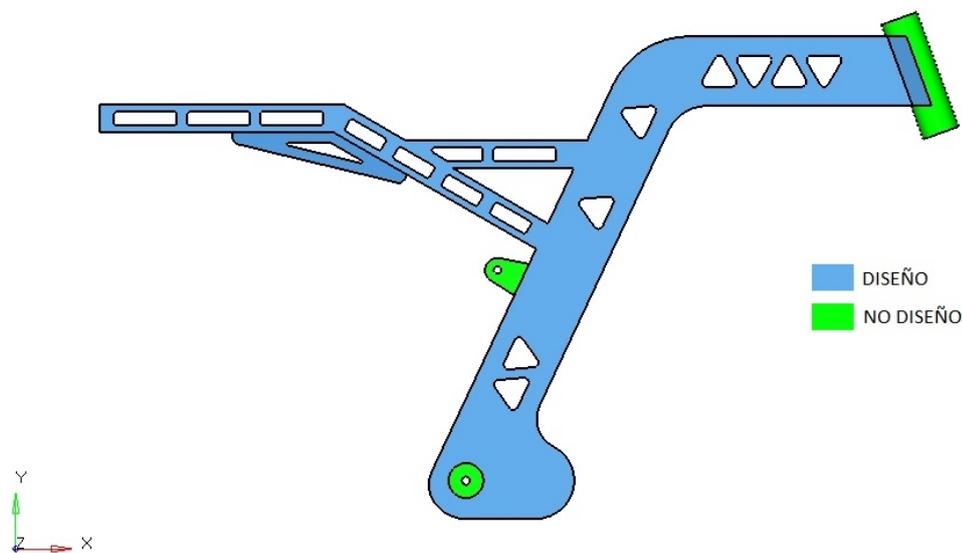


Figura 20 Chasis optimizado en vista lateral izquierda.

Fuente: Autores.

En la vista superior del bastidor (Fig. 21) no se realizó optimización por la objetividad de permeabilidad hacia los componentes electrónicos instalados.

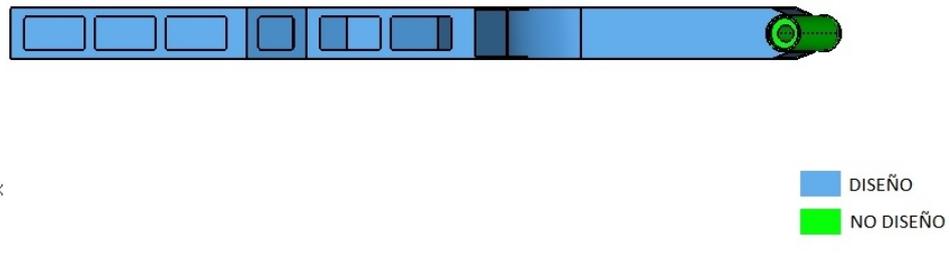


Figura 21 Chasis optimizado vista superior.

Fuente: Autores.

En la vista inferior del chasis (Fig. 22) se realizó optimización en la superficie cercana a la potencia donde en la tabla comparativa (Tabla 8) se pudo observar que en los tres casos se presentaban esfuerzos menores a los 70MPa; esto se realizó mediante un triángulo de 110mm de altura y 37mm de base con un redondeo de vértices de 7mm; esta geometría influye en una mejor distribución de esfuerzos a las zonas adyacentes.

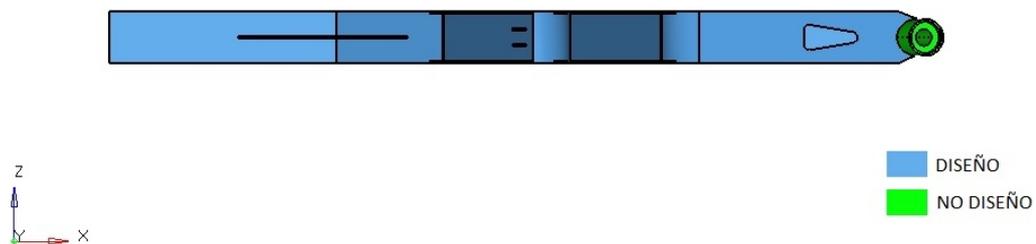


Figura 22 Chasis optimizado vista inferior.

Fuente: Autores.

3.9. Análisis y validación de la optimización topológica.

3.9.1. Análisis de esfuerzos.

Posterior a la aplicación de criterio de optimización topológica realizada en el modelo, se procedió a aplicar la simulación de los casos: estático y frenado máximo en el eje delantero mediante el programa “CAE” con resultados poli cromáticos aplicados anteriormente. Las superficies consideradas críticas en el análisis del modelo inicial se

han conservado; así, siendo dispuestas en el método de validación del factor de seguridad los valores actualmente analizados. La distribución de esfuerzos proyectados se puede observar a continuación:

En las proyecciones del análisis estático (Fig. 23, Fig. 24, Fig. 25, Fig. 26, Fig. 27) y en el análisis de frenado máximo con el eje delantero (Fig. 28, Fig. 29, Fig. 30, Fig. 31, Fig. 32) se ha establecido un rango poli cromático de 0 a 100MPa, y de 0 a 150MPa respectivamente debido a que en las zonas donde los esfuerzos mayores a estos valores son considerados inválidos por caso específico; es decir, son zonas donde se ubican las restricciones de grados de libertad y por ello los esfuerzos son mayores a los reales.

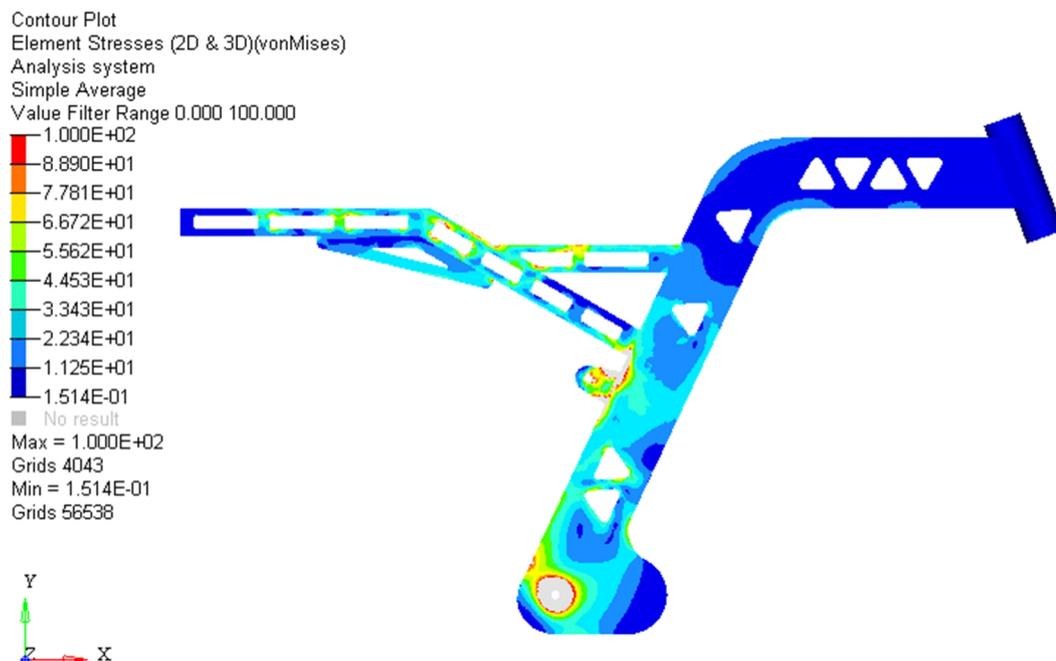


Figura 23 Esfuerzos en el bastidor optimizado en estático en vista lateral izquierda.

Fuente: Autores.

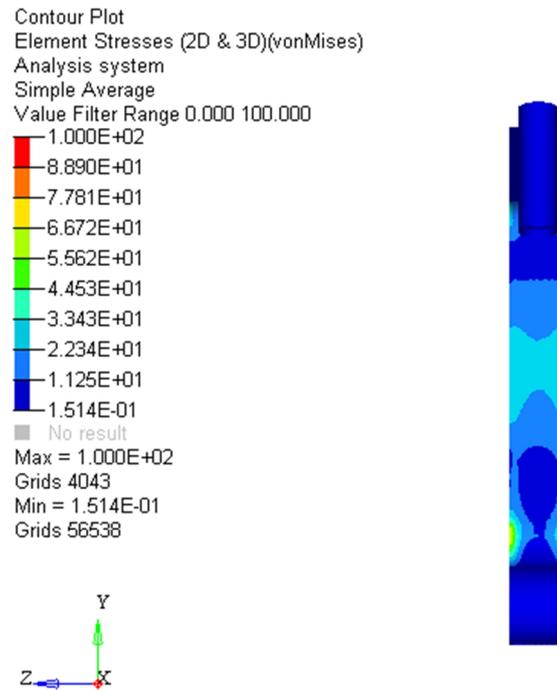


Figura 24 Esfuerzos en el bastidor optimizado en estático en vista frontal.

Fuente: Autores.

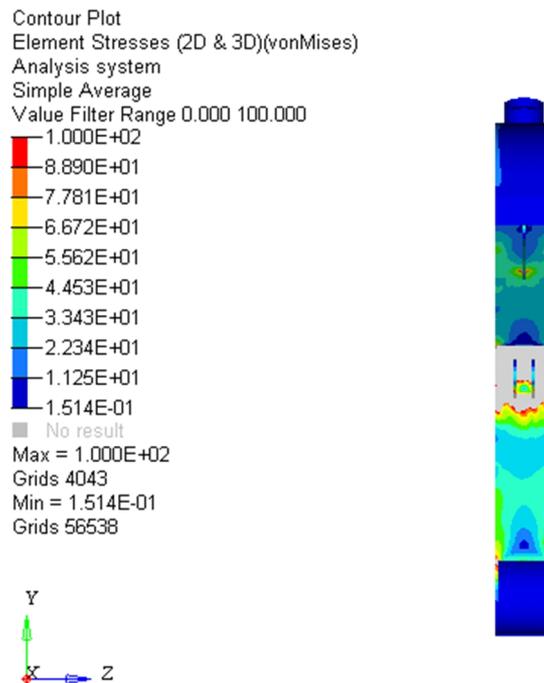


Figura 25 Esfuerzos en el bastidor optimizado en estático en vista posterior.

Fuente: Autores.

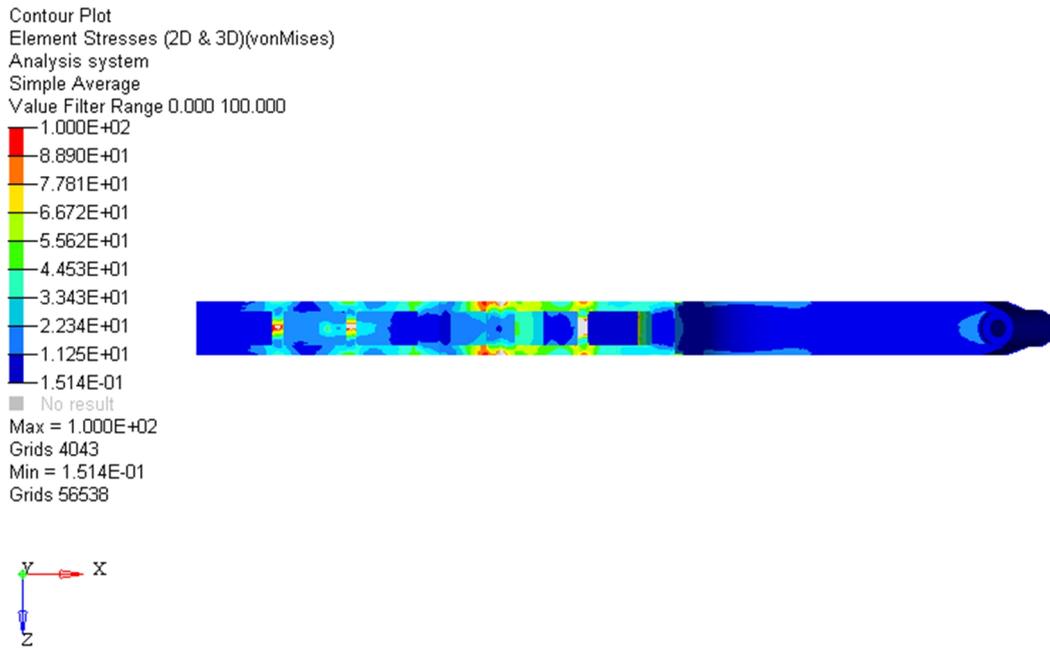


Figura 26 Esfuerzos en el bastidor optimizado en estático en vista superior.

Fuente: Autores.

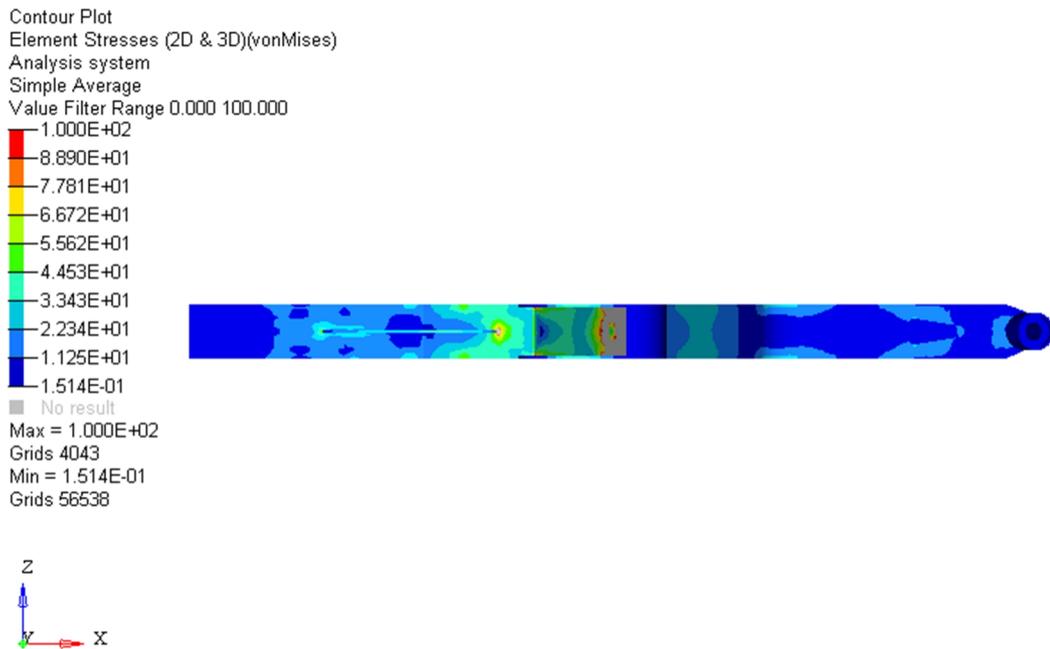


Figura 27 Esfuerzos en el bastidor optimizado en estático en vista inferior.

Fuente: Autores

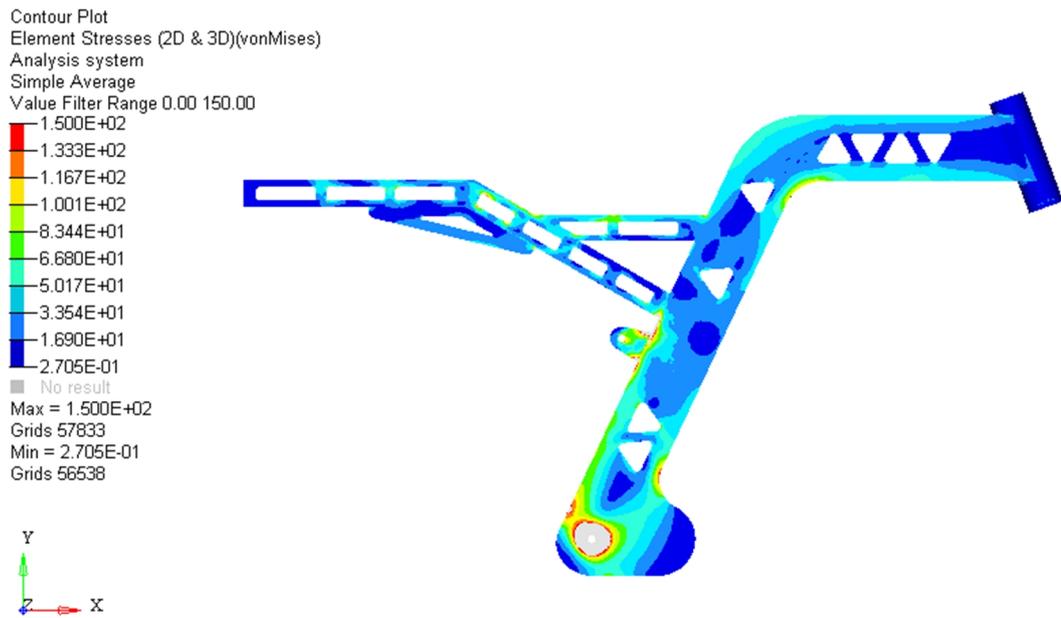


Figura 28 Esfuerzos en el bastidor optimizado en frenado máximo con el eje delantero en vista lateral izquierda.

Fuente: Autores.

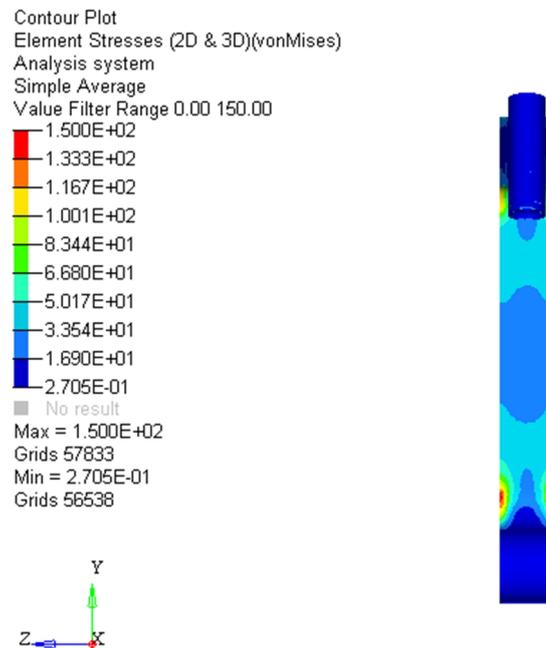


Figura 29 Esfuerzos en el bastidor optimizado en frenado máximo con el eje delantero en vista frontal.

Fuente: Autores.

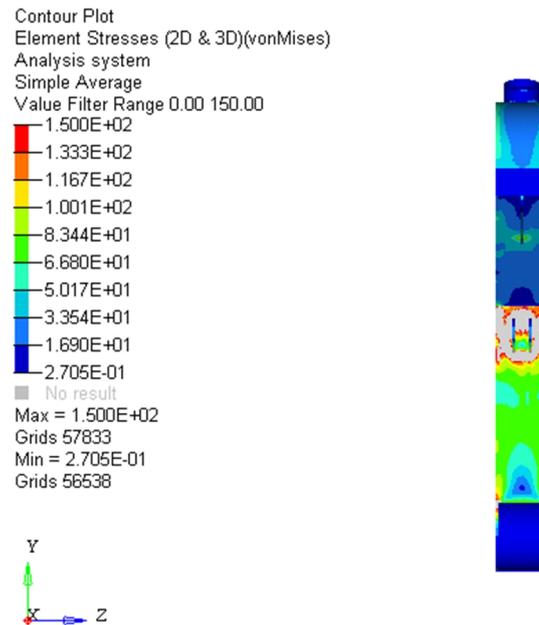


Figura 30 Esfuerzos en el bastidor optimizado en frenado máximo con el eje delantero en vista posterior.

Fuente: Autores.

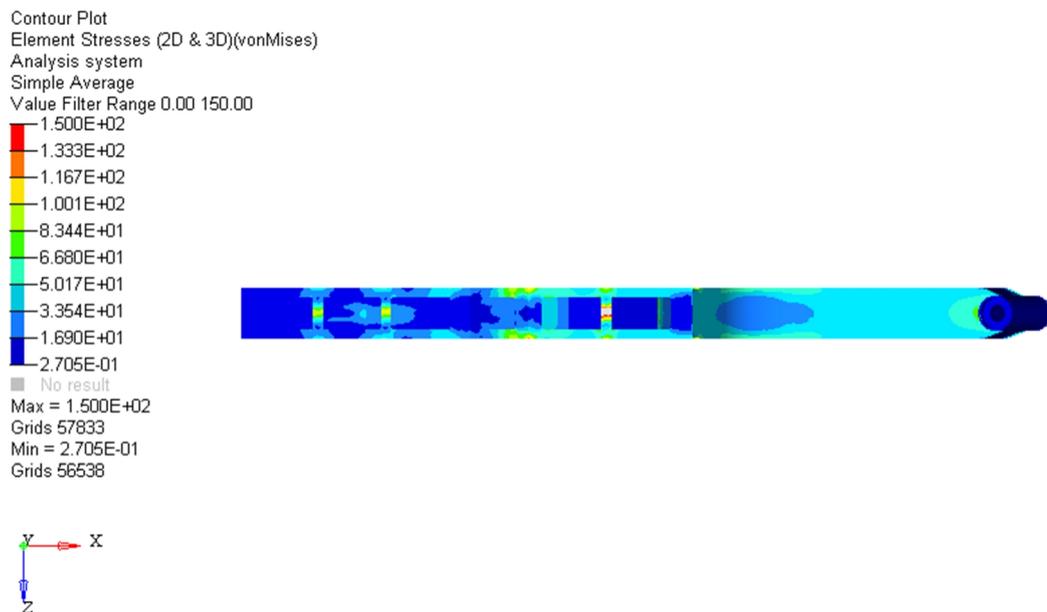


Figura 31 Esfuerzos en el bastidor optimizado en frenado máximo con el eje delantero en vista superior.

Fuente: Autores.

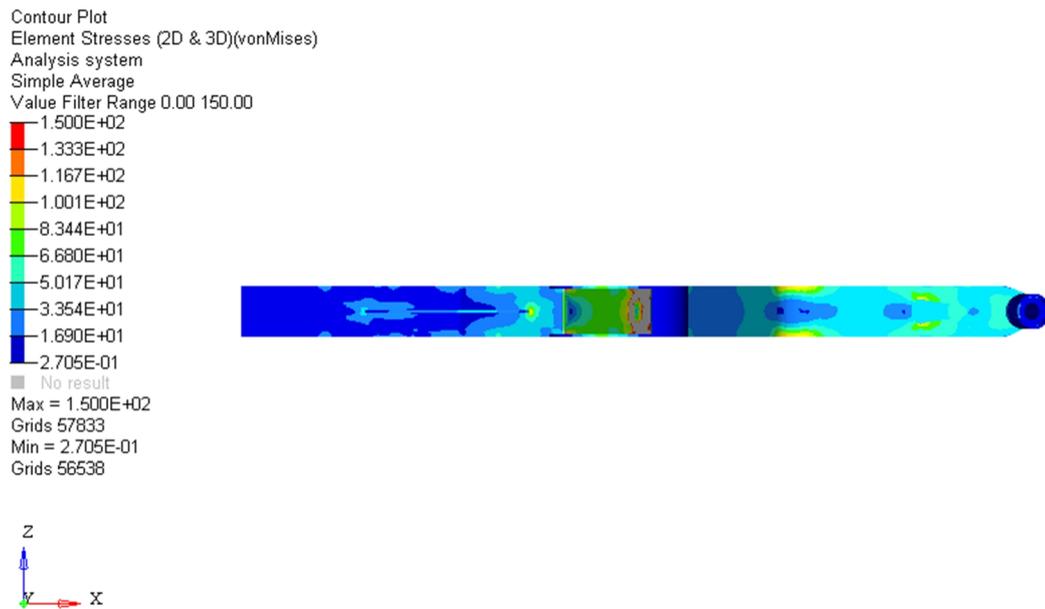


Figura 32 Esfuerzos en el bastidor optimizado en frenado máximo con el eje delantero en vista inferior.

Fuente: Autores.

3.9.2. Análisis de factor de seguridad a fatiga.

Para la validación del factor de seguridad se aplicó el método analítico de “Goodman Modificado” en el que se consideran las propiedades físicas, geométricas y ambientales del material; además de aplicar la hipótesis de esfuerzos medio y de amplitud tomando como esfuerzo máximo el caso de frenado con el eje delantero y mínimo el caso aceleración.

3.9.2.1. Cálculo del límite de la resistencia a la fatiga. (BUDYNAS & NISBETT, 2008)

$$S_{ut} = 400 \text{ MPa} = 58 \text{ KPsi}$$

$$ka = a S_{ut}^b \quad [19]$$

$$a = 4,51 \quad b = -0,265 \rightarrow \text{Acero laminado en frío}$$

$$ka = 4,51 * 400^{-0,265}$$

$$ka = 0,922$$

$$de = 0,808 \sqrt{(H * B) - (h * b)} \quad [20]$$

$$de = 0,808 \sqrt{(100 \text{ mm} * 92 \text{ mm}) - (76 \text{ mm} * 68 \text{ mm})}$$

$$de = 51,31 \text{ mm}$$

$$kb = 1,51 d^{-0,157} \rightarrow 51 \text{ mm} < d \leq 254 \text{ mm} \quad [21]$$

$$kb = 1,51 * 51,31^{-0,157}$$

$$kb = 0,814$$

$$kc = 1 \rightarrow \text{Combinación de esfuerzos}$$

$$kd = 1 \rightarrow \text{Temperatura ambiente}$$

$$ke = 0,868 \rightarrow 95\% \text{ de Confianza}$$

$$kf = 1 \rightarrow \text{Efectos varios}$$

$$Se' = 0,5 S_{ut} \quad [22]$$

$$Se' = 0,5 * 400 \text{ MP}$$

$$Se' = 200 \text{ MP}$$

$$Se = ka * kb * kc * kd * kf * Se' \quad [23]$$

$$Se = 0,922 * 0,814 * 1 * 1 * 0,868 * 1 * 200 \text{ MP}$$

$$Se = 130,29 \text{ MP}$$

3.9.2.2. Cálculo de los componentes de esfuerzo medio y de amplitud.

(BUDYNAS & NISBETT, 2008)

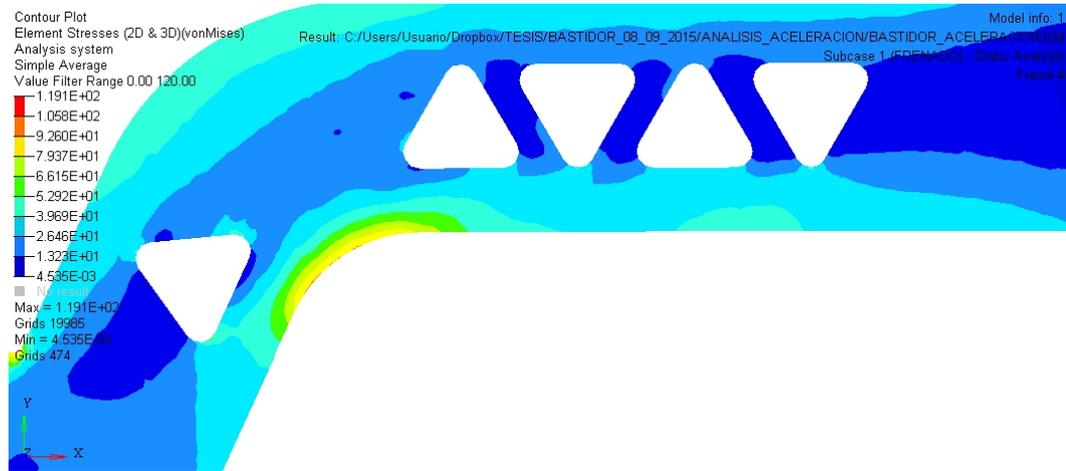


Figura 33 Esfuerzo en punto crítico en caso de aceleración de 80 MPa.

Fuente: Autores.

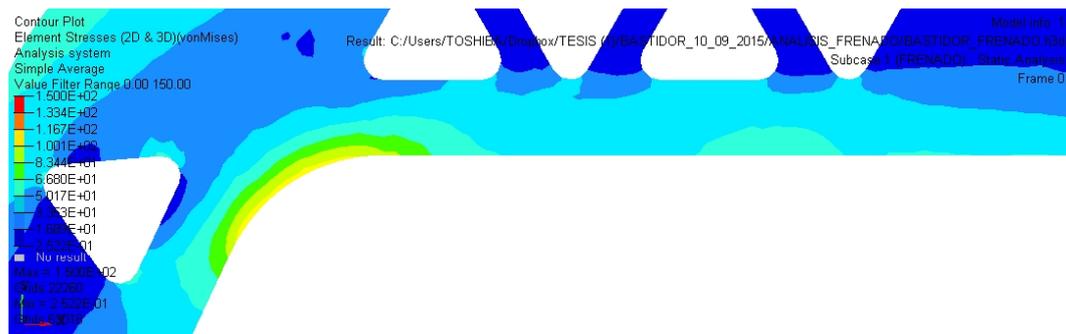


Figura 34 Esfuerzo en punto crítico en caso de frenado máximo con el eje delantero de 117 MPa.

Fuente: Autores.

$$\sigma_n = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2} \quad [24]$$

$$\sigma_n = \frac{117 \text{ MPa} + (-80 \text{ MPa})}{2}$$

$$\sigma_m = 18,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} \quad [25]$$

$$\sigma_a = \frac{117 \text{ MPa} - (-80 \text{ MPa})}{2}$$

$$\sigma_a = 98,5 \text{ MPa}$$

3.9.2.3 Teoría de “Goodman Modificado”. (BUDYNAS & NISBETT, 2008)

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{n} \quad [26]$$

$$\frac{98,5 \text{ MPa}}{130,29 \text{ MPa}} + \frac{18,5 \text{ MPa}}{400 \text{ MPa}} = \frac{1}{n}$$

$$0,8022 = \frac{1}{n}$$

$$n = 1,25$$

Mediante la aplicación de la teoría de “Goodman Modificado” se logró determinar que el factor de seguridad obtenido; evaluando las cargas alternantes que incidirán sobre el punto crítico y considerando una vida media a fatiga infinita es de 1,25.

CAPITULO 4

CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS FÍSICAS DEL BASTIDOR OPTIMIZADO

4.1. Proceso de manufactura

Luego de obtener el modelo optimizado mediante el programa computacional *CAE*, se realizó la adquisición tanto de la materia prima, como de los componentes necesarios para la fabricación del prototipo.

Para la construcción del bastidor o chasis se empleó planchas de acero ASTM A36 de 2 mm de espesor para las superficies superior e inferior y de 3 mm de espesor para las laterales, pero esta vez ya realizado el aligeramiento de dichas superficies con la extracción de material según los resultados obtenidos en las simulaciones realizadas (Fig. 35), mediante corte por plasma. Una vez con las planchas listas se procedió a rolar las planchas de las superficies superior e inferior para que se adapten de manera correcta con las planchas laterales.

Para la unión de las planchas superior e inferior con las laterales se utilizó soldadura eléctrica (Fig. 36), el electrodo elegido fue el E-6013 de 3/32” de diámetro; ya que no es necesario una gran penetración en el proceso de soldadura y se puede soldar en todas las posiciones; además el mismo debe ser lo más cercano al espesor de las piezas a soldar; encontrándose entre los valores de 2 y 3 mm del espesor correspondiente a las planchas utilizadas.



Figura 35 Ensamble de las planchas del bastidor.

Fuente: Autores.



Figura 36 Cordones de soldadura con electrodo E-6013.

Fuente: Autores.

Con las cuatro caras del chasis formando un solo cuerpo se procedió a realizar los elementos complementarios al chasis que posteriormente se soldarían al mismo. Para la potencia (Fig. 37); la cual se encarga de unir el chasis a la horquilla de la dirección se usó un tubo de acero AISI 1018 de 60*170 mm el mismo que se mecanizó para alcanzar las medidas exactas (Anexo 2, lamina 1.02). Para los soportes de la batería (Fig. 38) y los apoya pies posteriores se usó ángulo de acero de 25*2 mm, cuyas caras fueron perforadas con una serie de orificios circulares para reducir su masa (Anexo 2, láminas 1.03 y 1.04). Los soportes de los apoya pies delanteros se realizaron usando un tubo redondo de 38*2*40 mm en los cuales se soldó una tapa y una tuerca interna en donde se empernarían los apoya pies (Anexo 2, lamina 1.04). Finalmente para el soporte del monoshock (Fig. 39) se utilizó ángulo de 40*40*3 mm (Anexo 2, lamina 1.03).

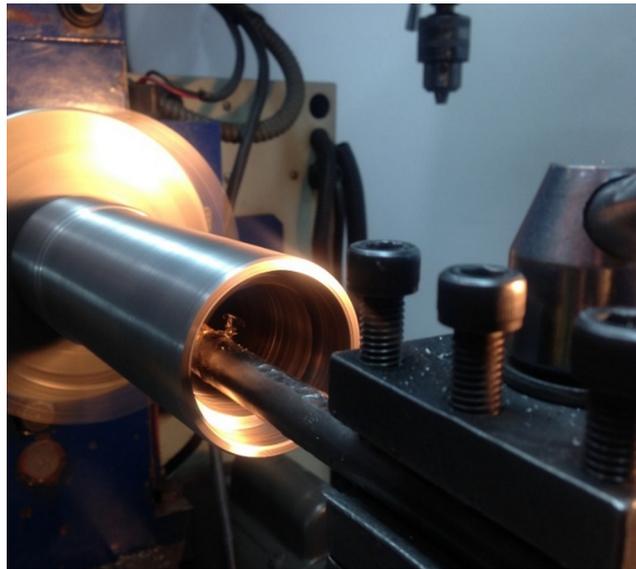


Figura 37 Mecanizado de la potencia.

Fuente: Autores.



Figura 38 Soporte de la batería.

Fuente: Autores.



Figura 39 Soporte del monoshock.

Fuente: Autores.

Una vez con todos los elementos listos, se realizó la soldadura de los mismos al chasis (Fig. 40), para finalmente realizar el desbaste y pulido de los cordones de soldadura mediante discos de esmeril y lija, quedando el chasis listo para su proceso de protección anticorrosiva personalizada.

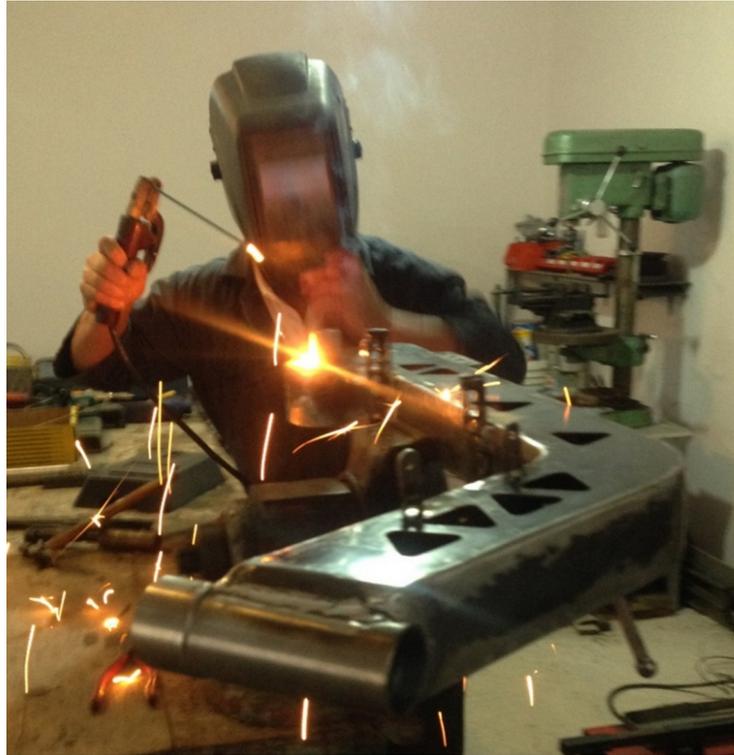


Figura 40 Soldadura elementos adicionales.

Fuente: Autores.

Luego de tener el chasis listo se fabricó la estructura del asiento (Fig. 41) en tubo rectangular de 70*40*3 mm, el cual fue alivianado mediante corte por plasma, con el patrón definido en el programa computacional. Una vez con el tubo alivianado, se cortó el mismo de acuerdo a los ángulos obtenidos por computadora para poder soldarlos de una manera adecuada; sujetándolos previamente a la estructura del bastidor, evitando así deformaciones en los tubos por la elevada temperatura que alcanzan. Al igual que el chasis se realizó un desbaste y pulido con discos de esmeril y lija mejorando así su estética y dejándolo listo para su proceso de protección anticorrosiva personalizada.



Figura 41 Estructura del asiento.

Fuente: Autores.

Para iniciar el proceso de protección anticorrosiva personalizada, primero se realizó el acabado superficial (Fig. 42), para lo cual se usó masilla, la misma que se colocó especialmente en superficies irregulares las cuales podían perjudicar la estética final del prototipo. Luego de haber transcurrido su tiempo de secado, lo siguiente fue lijar el bastidor y el asiento (Fig. 43) para obtener superficies planas y uniformes. Se lavaron y secaron dichos componentes para proceder a aplicar las capas de protección anticorrosiva.

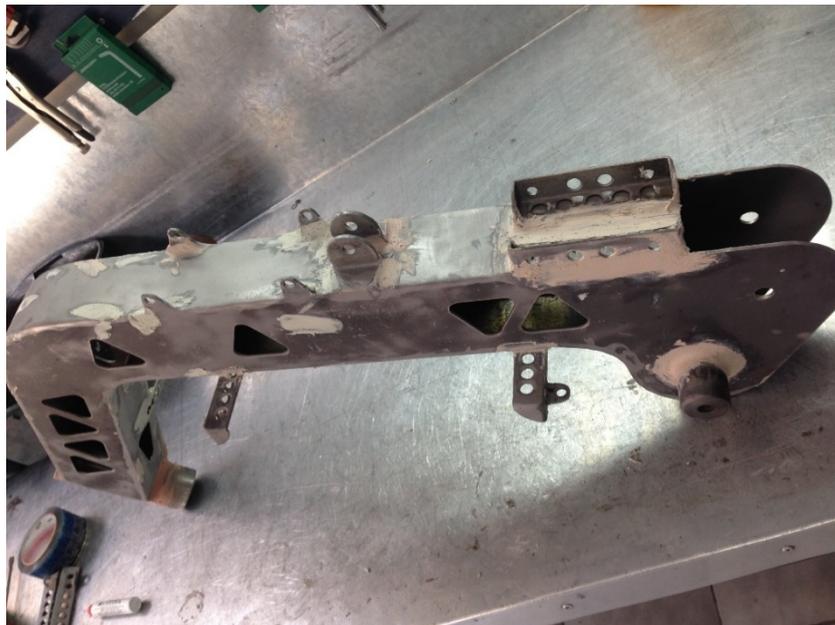


Figura 42 Acabado superficial de componentes.

Fuente: Autores.



Figura 43 Lijado de componentes.

Fuente: Autores.

La primera capa en el proceso de protección anticorrosiva fue la imprimación, en la que utilizamos un fondo de color blanco puro (Fig. 44), ya que, la selección de este depende del color de pintura final del prototipo. Luego de aplicar la misma en todas las superficies se deja secar y se pule con lija de agua para obtener un mejor acabado, posteriormente se lava y se deja secar para eliminar las impurezas y polvo.



Figura 44 Aplicación de fondo o capa de imprimación.

Fuente: Autores.

Con la capa de imprimación lista, se procedió a realizar la capa de personalización, en la que se utilizó pintura automotriz de color naranja y perla dorada con su respectivo tiempo de secado. Para finalizar el trabajo de protección anticorrosiva se aplica la capa protectora de pintura (Fig. 45), con el objetivo brindar durabilidad y obtener un brillo que resalte el acabado.

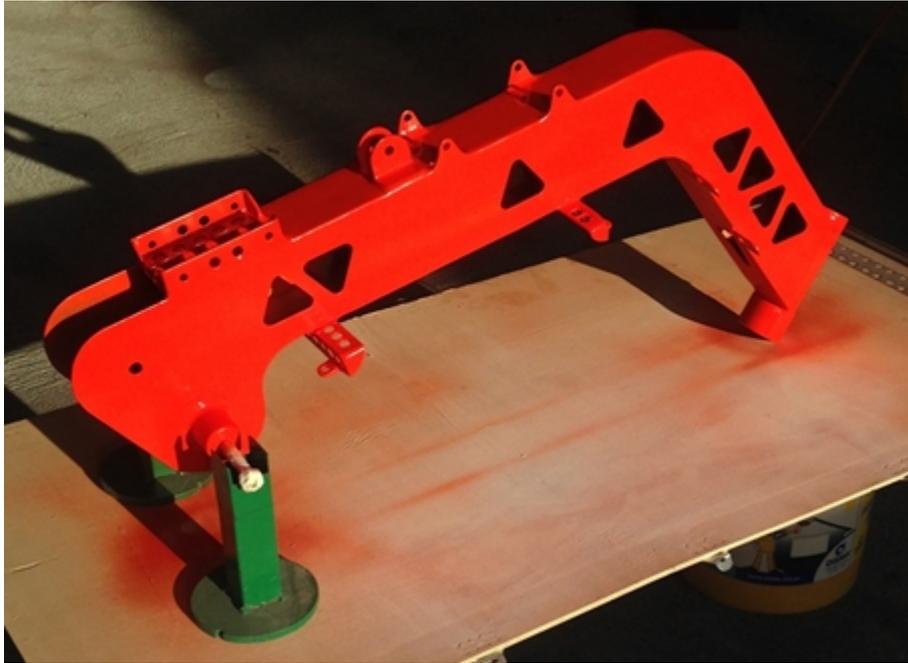


Figura 45 Aplicación de pintura automotriz y capa protectora.

Fuente: Autores.

4.2. Validación de la propuesta de diseño

Para llevar a cabo la validación del nuevo diseño, nos basamos principalmente en la comparación estadística de la capacidad de aceleración y frenado entre los dos prototipos de motocicletas eléctricas, con sus respectivos bastidores; teniendo en cuenta que se obtuvo una diferencia de masa entre el bastidor inicial (Fig. 46) y el bastidor optimizado (Fig. 47) de 1,8kg (10,4kg – 8,6kg, bastidor original - bastidor optimizado), representando una reducción de masa del 17,3%.



Figura 46 Masa del bastidor original.

Fuente: Autores.



Figura 47 Masa del bastidor optimizado.

Fuente: Autores.

4.2.1. Comparación de la capacidad de aceleración.

Basado en las normas SAE J 1491 intitulada: “Medición de la aceleración de un vehículo” y SAE J 1666 intitulada: “Procedimiento de prueba de aceleración, pendiente superable y frenado en vehículos eléctricos”, se estableció el proceso de validación, el cual se detalla a continuación:

1. Cargar 8 horas la batería de la motocicleta.

2. Pesar la moto en vacío y al conductor.
3. Comprobar que la presión de los neumáticos sea la adecuada.
4. Registrar el día y hora de la prueba.
5. Registrar el tiempo necesario para alcanzar 50 km/h.
6. Realizar repetidas veces la prueba.
7. Realizar la prueba en ambos sentidos de circulación, para eliminar el efecto de la gradiente.
8. Realizar cálculos estadísticos: media, desviación estándar, margen de error.

4.2.2. Comparación de la capacidad de frenado.

De igual manera que para la comparación de la capacidad de aceleración, regidos por la norma SAE J 299 que lleva por título: “Procedimiento de prueba de distancia de frenado”, se definió un proceso de validación, acatando los siguientes puntos:

1. Pesar la moto en vacío y al conductor.
2. Comprobar que la presión de los neumáticos sea la adecuada.
3. Registrar el día y hora de la prueba.
4. Establecer línea de inicio de frenado.
5. Llegar a la línea de inicio de frenado a una velocidad de 50 Km/h.
6. Determinar la distancia recorrida durante el frenado.
7. Realizar repetidas veces la prueba y registrar la distancia de frenado en cada una aplicando los dos frenos de manera simultánea.
8. Realizar la prueba en ambos sentidos de circulación, para eliminar el efecto de la gradiente.
9. Realizar cálculos estadísticos: media, desviación estándar, margen de error.

Una vez establecidos los procedimientos con los cuales se llevarían a cabo las pruebas de aceleración y frenado, se realizaron las mismos con ayuda de varios elementos como: cinta de medición, pintura en aerosol, cámaras fotográficas y dos GPS marca GARMIN®; uno modelo etrex 30 y otro, modelo 76CS x, ambos con recolección de datos cada segundo; los cuales fueron colocados en los bastidores para realizar dichas pruebas.

Para las pruebas de aceleración y frenado con el bastidor original se alimentó de energía durante 8 horas previas a las pruebas la motocicleta, se registró el peso de la motocicleta el cual fue 80 kg y el peso del piloto de 80kg. Se comprobó la presión de los neumáticos, siendo la misma de 18 Psi. Las pruebas se realizaron el día 10 de Octubre de 2015, a partir de las 9h26 am, culminando las mismas a las 10h27 am, estas se realizaron en la calle Isabela Católica en el tramo comprendido entre las calles 12 de Octubre y avenida Loja. Se establecieron líneas de aceleración y frenado para, con ayuda de los GPS realizar la toma de datos adecuadamente, se realizaron repetidas tomas y en ambos sentidos, para finalmente realizar los cálculos estadísticos.



Figura 48 Elementos para pruebas en bastidor original.

Fuente: Autores.

El proceso para las pruebas de aceleración y frenado (20 en cada caso) con el bastidor optimizado fue igual al realizado con el bastidor original, pero esta vez registrando un peso de la motocicleta de 78,2 kg. Las pruebas se realizaron el día 11 de Octubre de 2015 entre las 10h48 am y las 11h29 am, en el mismo lugar.



Figura 49 Elementos para pruebas en bastidor optimizado.

Fuente: Autores.

Una vez concluidas las pruebas y mediante el análisis estadístico de los datos obtenidos que se expresan en el Anexo 3, a continuación se presentan los resultados en las Tablas 8 y 9.

Tabla 9 Resumen de pruebas de aceleración.

Pruebas Aceleración					
Sin Optimización		Con Optimización		Diferencia (seg) respecto a la media	% de reducción respecto a la media
Media (seg)	19,45	Media (seg)	18,40	-1,05	5,40
Desviación estandar	0,83	Desviación estandar	1,14		
Margen de error	0,39	Margen de error	0,53		
Rango (seg)	19,45±0,39	Rango (seg)	18,40±0,53		

Fuente: Autores.

La media registrada en alcanzar los 50 km/h con el bastidor sin optimizar es de 19,45 segundos, mientras que la media con el bastidor optimizado es de 18,40 segundos; esto representa una disminución del tiempo requerido para alcanzar dicha velocidad de 1,05 segundos, expresando una mejora del 5,40% respecto a la media.

Mediante la distribución “T” la cual fue aplicada debido al tamaño de la muestra⁵ se determinó que: con una confianza del 95%, el tiempo que se tarda el bastidor sin optimizar en alcanzar 50 km/h estará entre el rango de 19,06 y 19,84 segundos. Mientras que el tiempo que se tarda con el bastidor optimizado estará entre 17,87 y 18,93 segundos.

Tabla 10 Resumen de pruebas de frenado.

Pruebas Frenado					
Sin Optimización		Con Optimización		Diferencia (m) respecto a la media	% de reducción respecto a la media
Media (m)	13,63	Media (m)	12,26	-1,37	10,05
Desviación estandar	1,03	Desviación estandar	1,11		
Margen de error	0,48	Margen de error	0,52		
Rango (seg)	13,63±0,48	Rango (seg)	12,26±0,52		

Fuente: Autores.

La distancia media requerida para frenar al circular con una velocidad de 50 km/h al aplicar los dos frenos simultáneamente, con el bastidor sin optimizar es de 13,63 metros, mientras que la distancia media requerida con el bastidor optimizado es de 12,26 metros; esto representa una disminución de la distancia requerida de frenado de 1,37 metros, expresando una mejora del 10,05% respecto a la media.

Mediante la distribución “T” se determinó que: con una confianza del 95%, la distancia requerida para frenar al circular a 50 km/h con el bastidor sin optimizar estará entre 13,14 y 14,11 metros. Mientras que la distancia que se requiere con el bastidor optimizado estará entre 11,74 y 12,77 metros.

Para una valoración más gráfica de los resultados se los expresó en un diagrama de caja y bigotes, estableciendo las mejoras obtenidas con el bastidor optimizado.

⁵ Para muestras mayores a 30 utilizar función z (Normal), para muestras menores a 30 utilizar “T” de *student*. (DEPOOL & MONASTERIO, 2013)

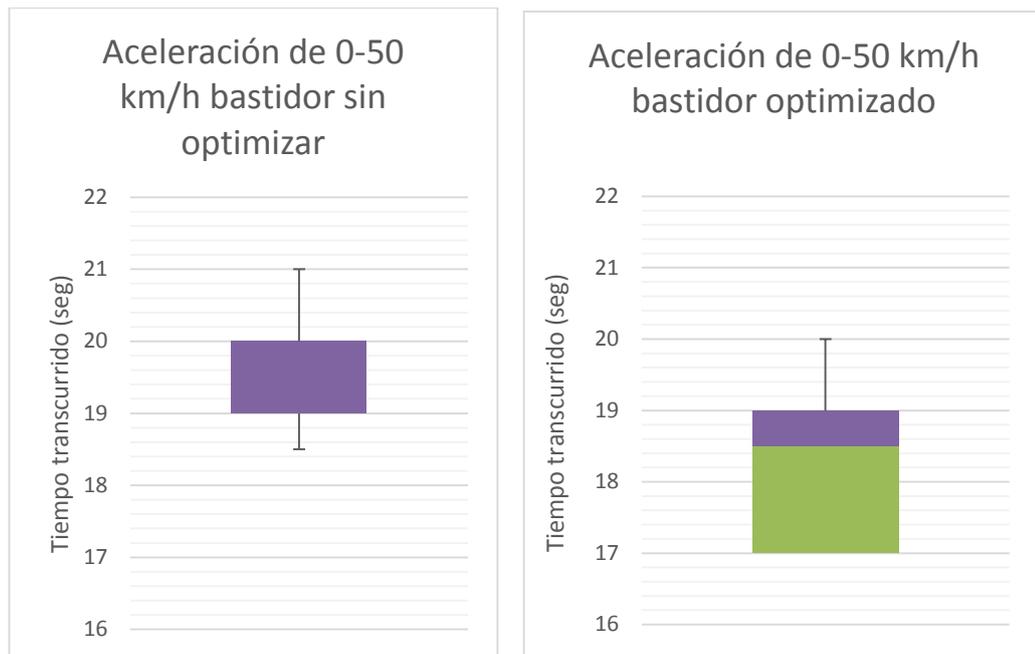


Figura 50 Diagrama de caja y bigotes en aceleración.

Fuente: Autores.

Mediante el diagrama de aceleraciones (Fig. 50), se puede apreciar claramente que la menor dispersión en la toma de datos de aceleración con el bastidor sin optimizar se encuentra entre los 19 y 20 segundos, mientras que en la toma de datos de aceleración con el bastidor optimizado; la menor dispersión se encuentra entre 18,5 y 19 segundos. Apreciando gráficamente la disminución del tiempo de aceleración.

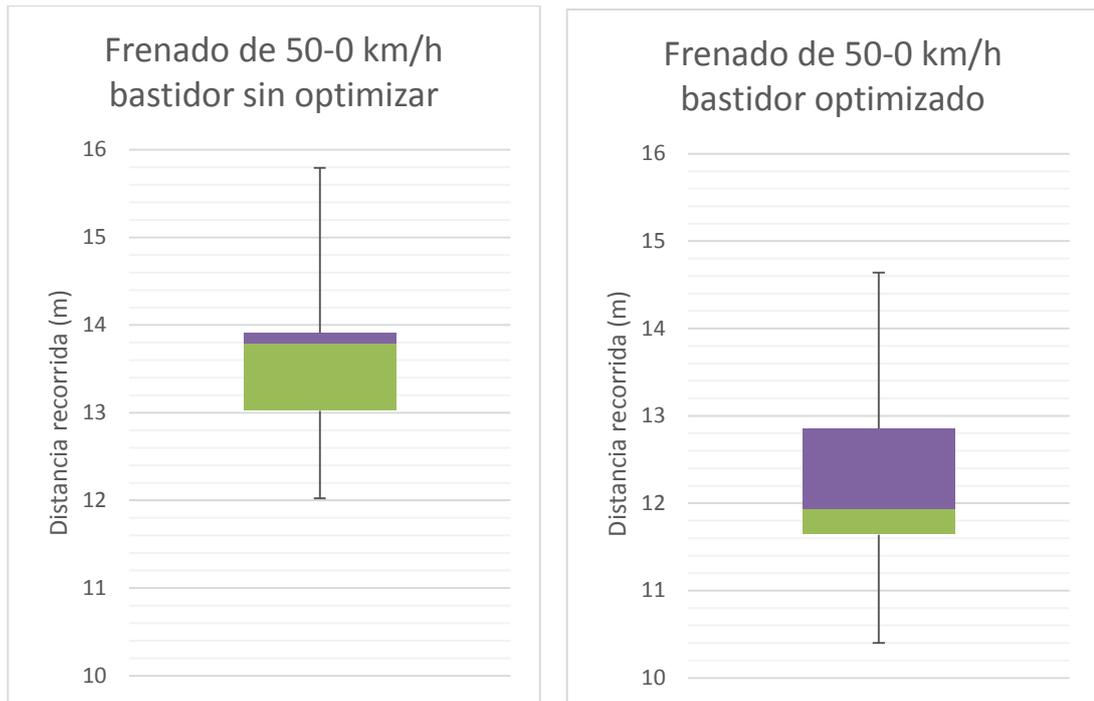


Figura 51 Diagrama de caja y bigotes en frenado.

Fuente: Autores.

Con el diagrama de frenado (Fig. 51), se observa que la menor dispersión de datos en el frenado con el bastidor sin optimizar se encuentra entre 13,7 y 13,9 metros, mientras que la menor dispersión de datos de frenado con el bastidor optimizado se encuentra entre 11,6 y 11,9 metros. Evidenciando así una clara disminución del 10,05% en la distancia de frenado.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.

- A través del análisis del estado del arte, así como del estudio de la información relacionada a los procesos de análisis estructural y dinámico de las motocicletas, se han identificado diferentes metodologías que permiten caracterizar las cargas que esta soporta, a partir de variables como: peso y posición de los ocupantes, peso de la motocicleta, ubicación del centro de masa, distancia entre ejes, ángulo de avance, desplazamiento del eje de la horquilla, capacidad de aceleración, y capacidad de frenado. A partir del análisis de la interacción de estas variables, es posible definir tanto las cargas estáticas y dinámicas que la motocicleta soporta, las mismas que sirven como punto de partida para cualquier estudio de desempeño estructural.
- Por otro lado, es importante mencionar que la metodología empleada para caracterizar las cargas no toman en cuenta algunos factores como lo son: desplazamientos del centro de masa, influencia de la suspensión y las ruedas sobre la carga transmitida por los impactos en la rueda, fuerzas inerciales cuando la motocicleta toma curvas, fuerzas inerciales debido a la masa de las ruedas, así como otros fenómenos, como: fenómenos asociados con las vibraciones que se producen en la interface rueda – calzada, fenómenos ambientales que inciden sobre la interface rueda – calzada, coeficientes aerodinámicos, coeficientes de rodadura, influencia de la pendiente de la calzada sobre la distribución de cargas, entre otros.
- Sin embargo, y a partir de las experiencias y la información analizada, se sabe que las variables que se consideraron en este estudio con el fin de caracterizar las cargas que soporta la motocicleta, son las más influyentes; y ante la incertidumbre que se genera por no considerar todos los factores posibles, el criterio de evaluación se centró en considerar factores de seguridad relativamente altos, en el caso del análisis de esfuerzos, los factores de

seguridad permisibles se fijaron en 1.8; mientras que para la evaluación de las cargas alternantes y la vida a fatiga del componente se fijaron en 1.2; con ello se pretende garantizar la funcionalidad de este componente mecánico ante cualquier eventualidad.

- La metodología de optimización topológica empleada en este estudio, se basa en el análisis de esfuerzo que soportan cada uno de los elementos que forman la malla, de acuerdo a las condiciones de carga especificadas en cada modelo de estudio; luego, de acuerdo a los criterios y las condiciones introducidas al análisis, el programa discrimina entre los elementos que cumplen la condición y aquellos que no; de forma automática. Por ello la metodología empleada para realizar el estudio de optimización topológica está basada en análisis de esfuerzos y es aplicable a este tipo de simulaciones.
- El proceso de validación del bosquejo propuesto se basa en el análisis de esfuerzos y deformaciones en tres casos críticos, como lo son: aceleración máxima, frenado máximo con el eje posterior, y frenado máximo con el eje delantero, de estos tres casos de carga se pudo observar que el que mayor esfuerzos produce sobre el bastidor, es cuando se frena únicamente con el eje delantero, el cual produce un esfuerzo cuya magnitud equivalente (Von Misses) es de 117Mpa. El punto crítico para el análisis de factores de seguridad es en el radio inferior de la curvatura del bastidor (Fig. 52), en los tres casos de carga críticos. El factor de seguridad mínimo en este punto es por ello de 2.13 (Limite de fluencia del Acero ASTM A36 = 250Mpa).

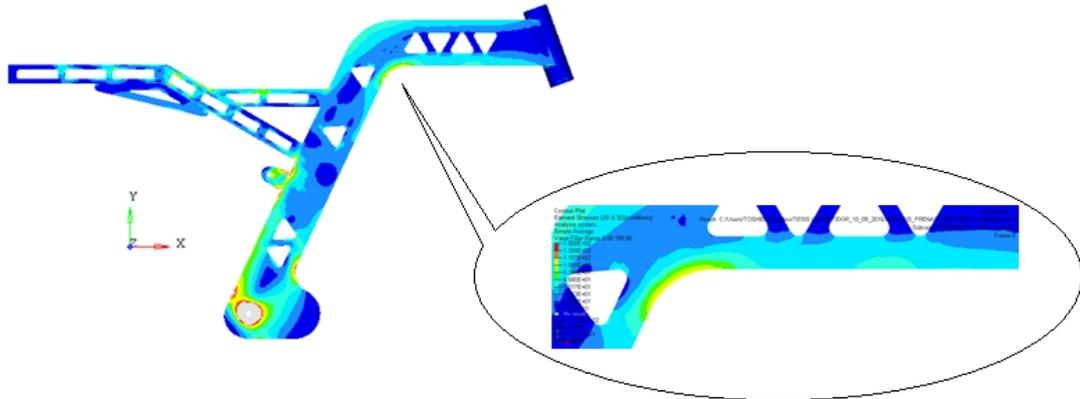


Figura 52 Punto crítico para el análisis del factor de seguridad.

Fuente: Autores.

- Para el análisis de la vida a fatiga se consideraron como cargas alternantes las que se producirían en un bucle de ciclo cerrado de aceleración y frenado, el punto en el cual se realizaron las mediciones de las cargas, es el punto crítico (Fig. 52); se optó además por utilizar el criterio de análisis basado en el modelo de pronóstico de esfuerzo – vida, fue el de “Goodman” por ser uno de los que mejores resultados predice con respecto a los presentados en pruebas físicas, así se verificó que el factor de seguridad para vida del componente a fatiga es de 1.25.
- El bastidor de la motocicleta fue construido con acero ASTM A36, para la selección del material se estudiaron características como: composición química, resistencia mecánica (a esfuerzos de tensión y compresión), límite de fluencia y rotura, comportamiento en esfuerzo – deformación (tenacidad), procesos de manufactura, maleabilidad, disponibilidad, soldabilidad, reciclabilidad y costos; además, basado en la experiencia anterior del bastidor de la motocicleta eléctrica Kuntur.
- Las láminas de acero de 2 y 3mm de espesor fueron cortadas por plasma, debido a las ventajas que presenta el proceso como lo son: precisión del corte

no lineal, sin retoque post-corte (sin rebaba), rapidez y costos que son variables determinantes en la producción. También se estudiaron los efectos termo mecánicos asociados con esta tecnología que fueron analizados y criticados en términos de pérdida de propiedades en las microestructuras que influyen directamente en el desempeño mecánico como la resistencia a la fatiga.

- La unión de las partes que forman el bastidor se realizó utilizando soldadura “*SMAW*” con la aplicación de electrodo revestido E-6013 de diámetro 2.4mm, ya que se caracteriza por su material de aporte con un límite elástico de 330MPa, elongación del 22%, alta penetración en láminas de acero de mediano y bajo carbono, incluyendo las prestaciones para soldar en cualquier posición.
- No obstante, siempre de lado de la seguridad para el diseño del modelo propuesto se consideró que durante el proceso de soldadura las variables influyentes de cargas residuales y reducción del límite de fluencia debido a los cambios de temperatura no controlados y el alivio de tensiones no tecnificados; se opta por un rango de seguridad del 50% respecto al límite de fluencia del acero (250MPa). Para finalizar la manufactura del bastidor, se recubrió el componente con resinas imprimantes con gran adherencia, una capa de fondo y pintura personalizada, con el fin de aminorar la corrosión.
- Una vez fabricado el bastidor, se procedió a verificar la reducción de masa alcanzada, la misma que equivale a una disminución del 17.3% en comparación con el original; en efecto, superando el objetivo del 10% planteado inicialmente.
- Para conocer la influencia de la reducción de masa del bastidor sobre el desempeño dinámico de la motocicleta se realizaron pruebas de aceleración y frenado basadas en las normas SAE J 1491, SAE J 1666 y SAE J 299. En la prueba de aceleración se planteó como objetivo determinar el tiempo

transcurrido en llegar de 0 a 50 km/h; en consecuencia, los resultados indicaron una disminución con el bastidor optimizado del 5.4% en comparación con el original; mientras tanto, en las pruebas de frenado se definió como objetivo la distancia que recorre la motocicleta desde la aplicación de los frenos hasta su completa detención, obteniendo de esta manera datos que representan una disminución del 10,05% en la distancia recorrida, entre el chasis optimizado y el original.

En la tabla 11 se muestra el resumen de los resultados de las pruebas de la motocicleta.

Tabla 11 Resumen cuantitativo de resultados.

RESUMEN CUANTITATIVO DE RESULTADOS				
	Sin optimizar	Optimizado	Diferencia respecto a la media	% de opt. respecto a la media
Masa del bastidor (kg)	10.4	8.6	-1.8	17.3
Aceleración de 0-50Km/h (seg)	19.45	18.40	-1.05	5.40
Frenado de 50-0Km/h (m)	13.63	12.26	-1.37	10.05

Fuente: Autores.

Recomendaciones.

Una vez culminado el estudio del chasis de la motocicleta eléctrica Kuntur, se considera necesario realizar trabajos a futuro, debido que la implementación del transporte vehicular eléctrico como movilidad urbana alternativa ha crecido exponencialmente en la última década. Por lo tanto, se propone analizar los componentes y mecanismos que permitan un mejor rendimiento y desempeño dinámico en la ciudad a la cual está enfocada su circulación.

A continuación se lista algunos de los criterios de estudio más relevantes:

1. Experimentar computacional y constructivamente la geometría del modelo propuesto de chasis en este trabajo con materiales de mayor tecnología; por ejemplo: aluminio, fibra de carbono, etc.; sin perjudicar la rigidez y robustez que lo caracteriza.
2. Evaluar y proponer alternativas del sistema de suspensión, debido a que su influencia es radical en el desempeño dinámico de la motocicleta, además de la seguridad y confort en la conducción.
3. Seleccionar, validar y experimentar sistemas de frenos que aporten a la seguridad vial, ya que de esta forma se podrán establecer de mejor manera los parámetros necesarios para una deseada y segura distancia de frenado, el peso de los componentes, y un mejor equilibrio de la motocicleta al frenar.
4. Calcular y aplicar un sistema de propulsión en términos de eficiencia energética en la topografía característica de los Andes para un mejor rendimiento y beneficio económico a los usuarios.
5. Diseñar y evaluar la estética (carenado) de la motocicleta considerando la influencia aerodinámica ambiental y la ergonómica de los ocupantes.
6. Diseñar y proponer nuevos bastidores de motocicletas eléctricas aplicando otras estructuras como por ejemplo: de doble viga, multi tubular, monocasco, etc.

GLOSARIO

Motocicleta.

Es un vehículo de dos ruedas autopropulsado por una fuente de energía.

Motocicleta eléctrica.

Es un vehículo que utiliza un motor eléctrico como medio de propulsión y este puede ser directo en la rueda o transmisión de movimiento mediante cadena, banda o piñón.

Manejo.

También llamado “*handling*”. Percepción del conductor ante la versatilidad, manejabilidad y estilo de la motocicleta con la que se desempeña. El factor principal es la geometría de la motocicleta, la rigidez del chasis, el peso y su distribución, el tipo y tamaño de neumáticos. El piloto tiene gran influencia en las características de manejo, por afectar las fuerzas dinámicas que controlan el movimiento de la misma. (FOALE, 2002)

Estabilidad.

Dependiendo del factor de estudio se divide en varios tipos de estabilidad e inestabilidad que actúan en la motocicleta; ejemplos de ello, son la estabilidad de balance o equilibrio y la aerodinámica. Todos los tipos de estabilidad estarán debidamente establecidas con el fin de mantener la maniobra deseada sin desviarse del camino; y en caso que ocurra, tener la capacidad de volver a su posición inicial. (FOALE, 2002)

Estabilidad en carretera.

Capacidad de la motocicleta en mantener el contacto rueda - carretera y su desplazamiento sin cambiar de sentido debido a fuerzas externas que provoquen movimientos no deseados. Principalmente depende del tipo de neumáticos y el tamaño, características de la suspensión, el peso y su distribución, y la rigidez del bastidor. (FOALE, 2002)

Viento.

Fenómeno natural producido en la atmósfera debido al encuentro de diversas presiones en diferentes áreas que generan movimiento de aire relativo a la superficie de la Tierra.

Gravedad.

Tendencia de los cuerpos a dirigirse al centro de la Tierra, cuando cesa la causa que lo impida. (ARNÉS CARRASCO, 2012)

Ergonomía en la motocicleta.

Posiciones de manejo del motociclista. Depende de la forma del cuerpo humano (antropometría) combinada con la geometría de la motocicleta. Estos factores crean las siguientes 3 posturas de manejo básicas. (MAHER & GREISLER, 1998)

- **Deportiva.**

El piloto se inclina hacia adelante, con los estribos abajo hacia atrás y las manos en el manubrio, abajo y hacia adelante. La resistencia del aire es disminuida por el poco perfil presentado. Parte del peso del torso y cabeza es soportado por la fricción del aire a altas velocidades (superiores a 80 km/h) de modo que la posición es cómoda a altas velocidades pero no tanto a velocidades inferiores, por el peso adicional en los brazos del motociclista.

- **Estándar.**

El piloto se mantiene sentado erguido o ligeramente inclinado hacia adelante y los pies abajo en la vertical del cuerpo. Son motocicletas que no están especializadas para carretera, de modo que es una posición ideal para motocicletas de ciudad, trabajo, motocross, enduro, trial y doble propósito. Es una posición ventajosa también para principiantes.

- **Crucero.**

El asiento del piloto tiene una posición muy baja, con el torso alto ligeramente inclinado hacia atrás y las piernas están extendidas hacia adelante. El tener el asiento bajo es una ventaja para los principiantes y personas de corta estatura. El manillar tiende a estar alto y de gran amplitud lateral. El énfasis cae en la comodidad, mientras que el asiento bajo impide giros a alta velocidad y vueltas pronunciadas porque el piso de la moto podría tocar el suelo en las curvas.

Intervalo de confianza para las muestras de ergonomía 5 y 95 percentil.

Es estadísticamente la manera de determinar la variabilidad antropométrica de las dimensiones del cuerpo humano en una delimitada población. Normalmente para valorar las medidas de la población se utiliza una curva de distribución de probabilidades “Normal” o “Gaussiana” (Fig. 53).

Para efectos de diseño vehicular se toman las dimensiones establecidas en el 5 y 95 percentil ya que nos generará un margen de funcionalidad, confort, salud y seguridad para el 90% del mercado objetivo que se desea aplicar el vehículo. (PHEASANT & HASLEGRAVE, 2005)

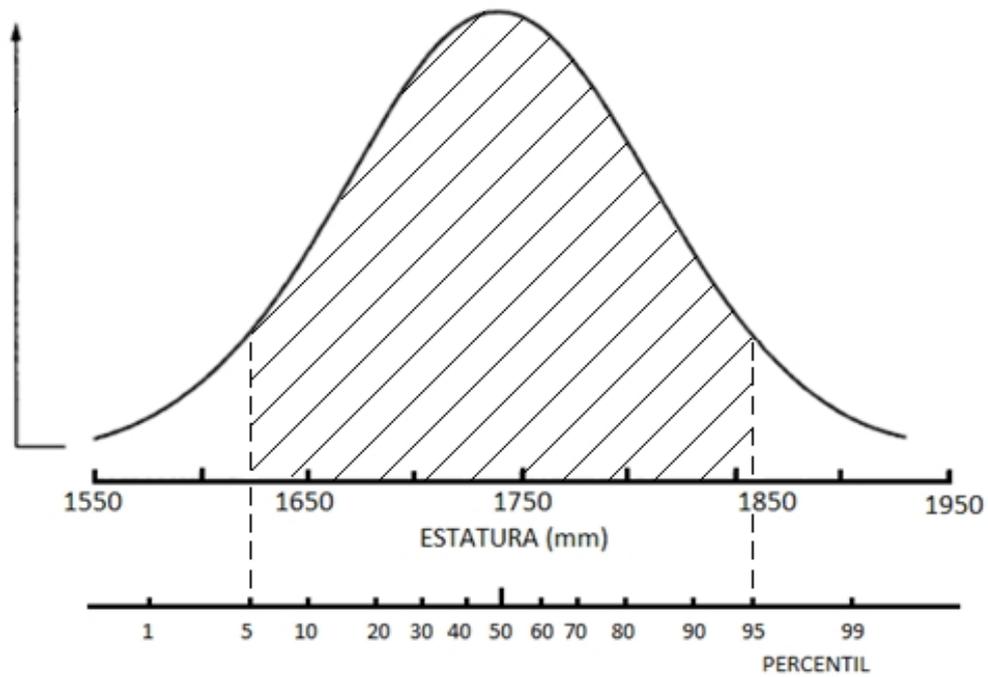


Figura 53. Distribución “Gaussiana” de probabilidades de la frecuencia estimada para la estatura de personas adultas.

Fuente: (PHEASANT & HASLEGRAVE, 2005).

El bastidor.

Elemento estructural de la motocicleta que involucra geometrías, configuraciones y procesos constructivos novedosos en cada nuevo diseño. Las principales funciones son:

- **Estructural.**

Garantizar rigidez y seguridad de unión de los componentes de suspensión delantera y posterior; así como también la batería y elementos auxiliares.

- **Geométrica.**

Satisfacer los requerimientos necesarios para un buen desempeño de la motocicleta y una conducción confortable.

Los tipos de bastidores pueden ser:

- **Cuna simple:** Dispone de perfiles en un solo plano vertical que parten desde la pipa de dirección hasta el eje del oscilante; es decir, desciende un solo tubo el cual pasa por debajo del motor formando una cuna. (CASAJÚS, 2012)
- **Cuna doble:** Se utilizan dos tubos los cuales parten de la pipa de dirección, pasando por debajo del motor formando una cuna, llegando al eje del basculante por separado. (CASAJÚS, 2012)
- **Multitubular:** Consiste en tubos de tamaño medio doblados alrededor del motor para conectar la pipa de dirección con el pivote de la suspensión trasera. A pesar de haber sido muy comunes, eran pobres en cuanto a eficiencia estructural, siendo principalmente diseñados por la disponibilidad y consideraciones de espacio. (FOALE, 2002)
- **Monoviga:** Conocido también como bastidor de espina central, el motor se encuentra colgado bajo un perfil tubular o una viga los cuales disponen de soportes laterales para permitir sujetar el motor. (CASAJÚS, 2012)
- **Doble viga:** Consiste en utilizar dos vigas una a cada lado del motor y la caja de cambios, uniendo de esta forma la pipa de dirección con el eje del oscilante. Muy utilizados en todos los rangos de motocicletas deportivas y de pista, incluso en modelos de motocicletas multipropósito. (FOALE, 2002)
- **Monocasco:** Inspirado en los bastidores de automóviles, en donde el cuerpo también tiene una función estructural. Son raramente usadas en motocicletas de media a alta cilindrada por su poca capacidad de adaptación. (COCCO, 2004)

Todos estos suelen ser construidos en acero o aluminio, y en casos especiales de magnesio, carbono o titanio. La rigidez y geometría del chasis es vital para su estabilidad. En el proceso de manufactura si obtenemos menos puntos móviles y de soldadura; obtendremos un bastidor con mayor rigidez. Por lo tanto los bastidores tubulares son menos rígidos que los enchapados.

Cotas importantes del bastidor.

Para determinar la geometría ideal de una motocicleta aplicada a un entorno específico, se debe considerar y analizar las medidas y ángulos específicos que se presentan en el diseño del chasis; ya que, influyen directamente en el comportamiento y estabilidad

de la motocicleta siendo fundamental en la seguridad del vehículo. Como consideraciones principales a tener en cuenta, tenemos:

- **Distancia entre ejes.**

Se denomina a la distancia entre los centros de las ruedas (Fig. 54). Esta distancia determina la maniobrabilidad de la motocicleta en las curvas y en los trayectos de larga distancia. A menor distancia mayor facilidad de girar curvas cerradas; pero en conducción en trayectos largos, se necesita mayor cuidado en el balance. (FOALE, 2002)

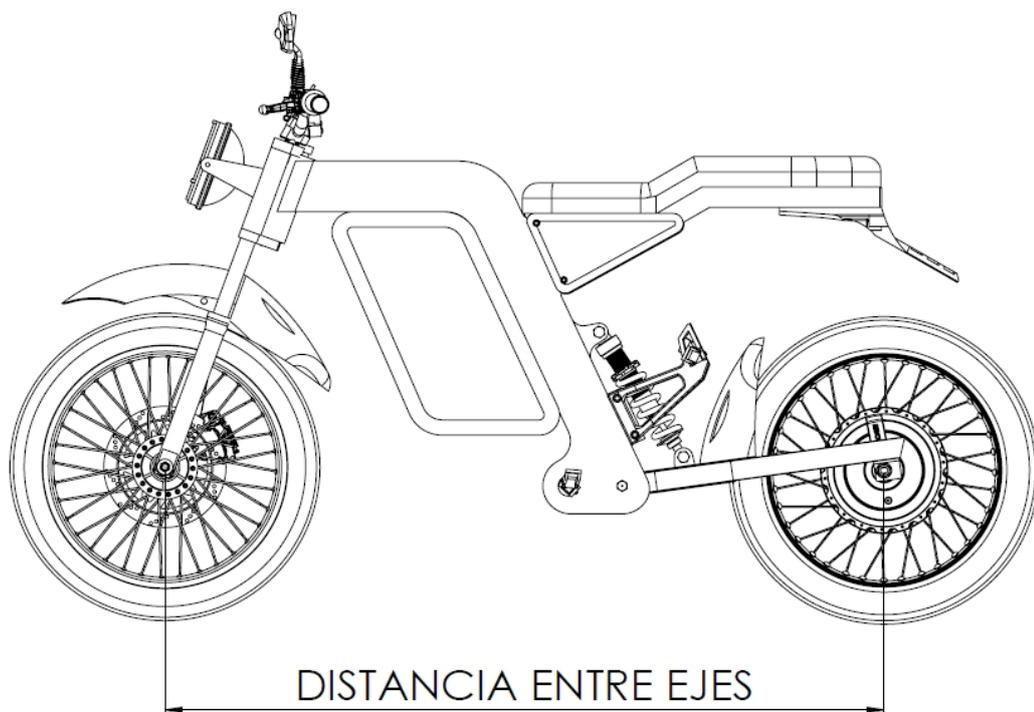


Figura 54 Distancia entre ejes.

Fuente: Autores.

- **Altura de la pipa (o cuello) de la dirección.**

La altura de la pipa de la dirección viene fundamentalmente determinada por la horquilla delantera (Fig. 55). Ésta no puede verse perjudicada en su recorrido, de tal forma que en ningún instante del funcionamiento la horquilla pueda colisionar con algún otro elemento de la motocicleta, como el carenado de la rueda delantera. (GONZÁLES FERNANDEZ, 2012)

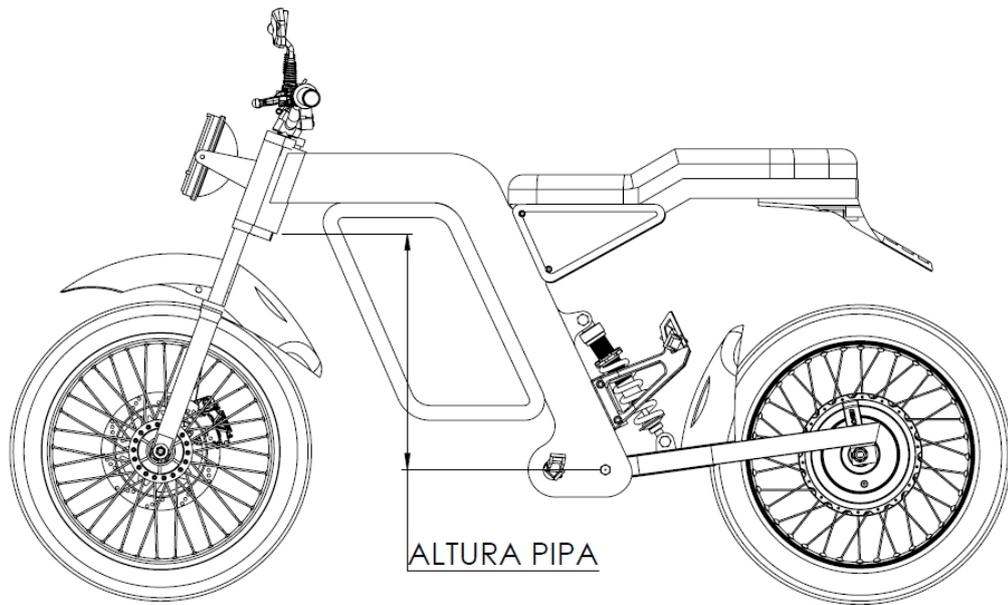


Figura 55 Altura pipa.

Fuente: Autores.

- **Eje de dirección.**

Es el eje interno de los cojinetes guía donde la suspensión delantera gira (Fig. 56).

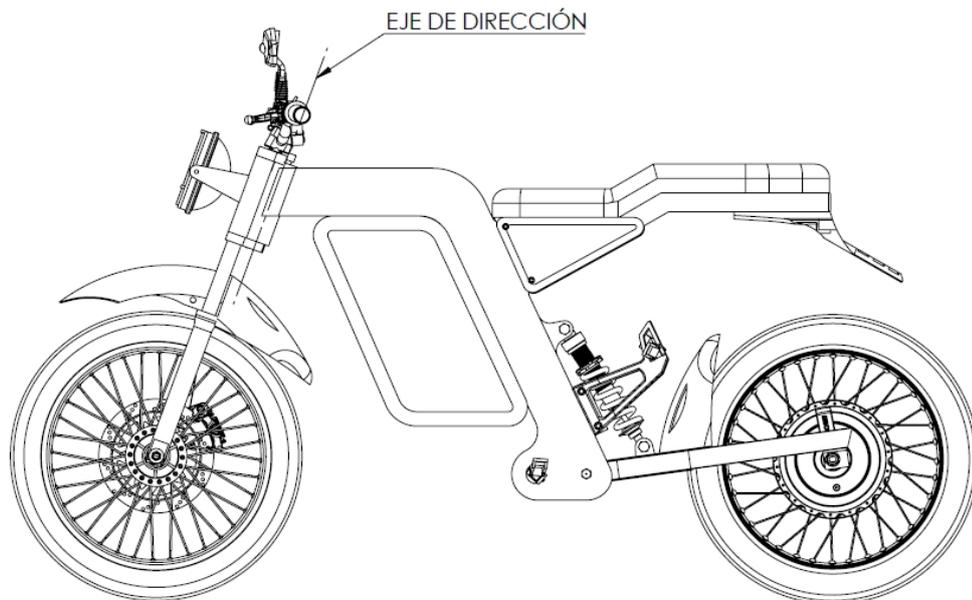


Figura 56 Eje de dirección.

Fuente: Autores.

- **Eje del basculante.**

Eje sobre el que gira el basculante u oscilante posterior. (AUTOCAACION, 2009)

- **Longitud del basculante.**

Esta longitud es importante para el correcto funcionamiento del sistema de la suspensión, ya que una variación en la longitud del basculante supone un mayor brazo en el par que generan las fuerzas en la rueda posterior. (GONZÁLES FERNANDEZ, 2012).

- **Inclinación del basculante.**

Sin carga, éste deberá tener un cierto ángulo positivo (el eje del basculante por encima del eje de la rueda) para que una vez el piloto se monte, se encuentren aproximadamente alineados los citados puntos (Fig. 57). (GONZÁLES FERNANDEZ, 2012).

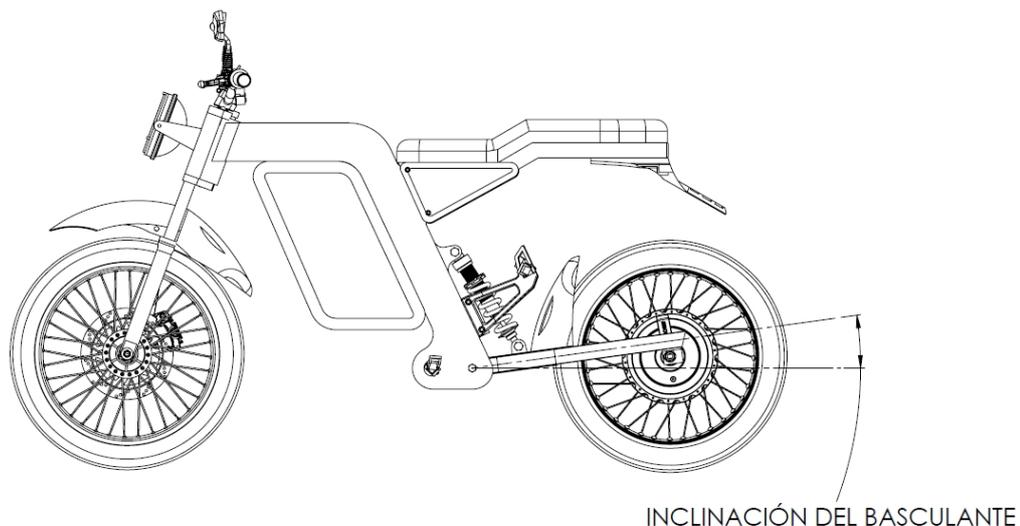


Figura 57 Inclinación del basculante.

Fuente: Autores.

- **Altura del asiento.**

Distancia desde la superficie del suelo hasta la posición del asiento del piloto.

- **Avance.**

Es la distancia entre el punto de contacto del neumático delantero con el suelo y la intersección del eje de dirección con el suelo (Fig. 58). (COCCO, 2004)

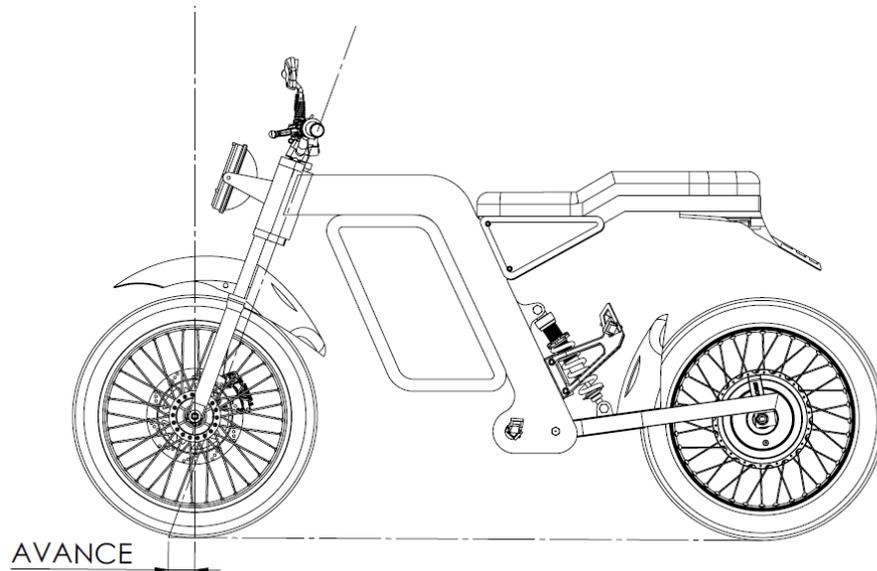


Figura 58 Avance.

Fuente: Autores.

- **Desplazamiento.**

Distancia perpendicular entre el eje de dirección y el eje de rueda delantera (Fig. 59). (COCCO, 2004)

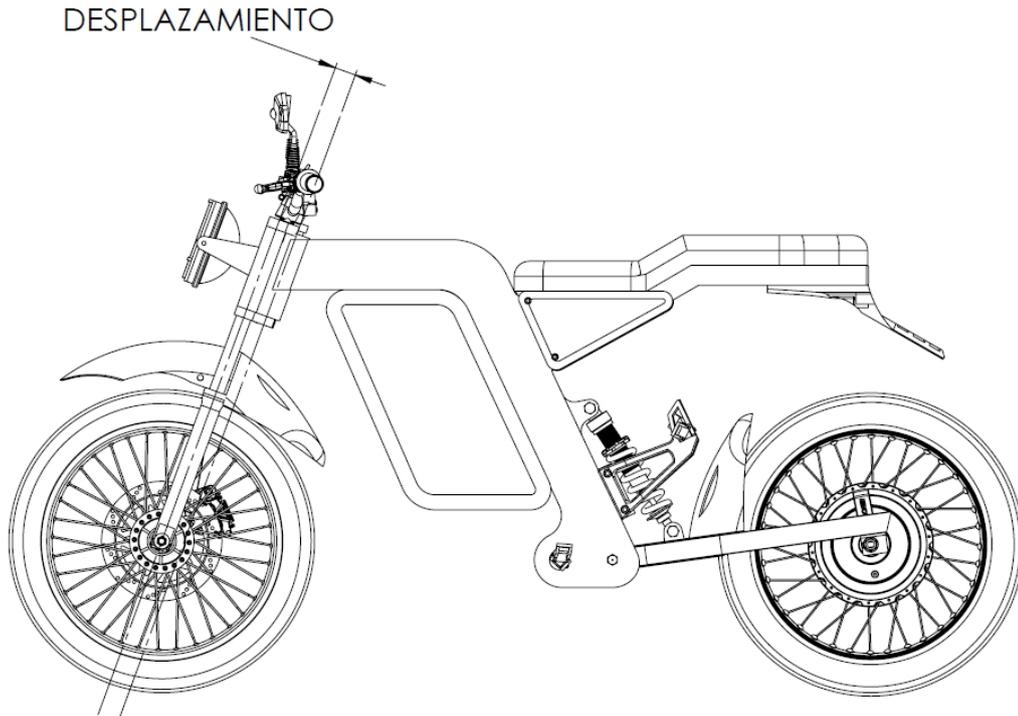


Figura 59 Desplazamiento.

Fuente: Autores.

Ángulos principales en el diseño del bastidor:

- **Ángulo de caída.**

Es el ángulo formado por la vertical o eje de simetría y el eje del cabezal de la dirección, visto desde la parte delantera (Fig. 60). Es decir, el ángulo entre la vertical de la rueda delantera y la vertical de la rueda posterior. Debe ser cero en todas las motocicletas. (AUTOCACION, 2009)



Figura 60 Ángulo de caída.

Fuente: (AUTOCAACION, 2009).

- **Ángulo de deslizamiento.**

Este ángulo resulta en una velocidad de deslizamiento lateral, lo que provoca una fuerza lateral a la dirección de las ruedas. Esta fuerza puede ser dividida en dos componentes: la primera, normal a la dirección de desplazamiento que equilibra las fuerzas de viraje, y la segunda, la cual está alineada con la dirección desplazamiento. (FOALE, 2002)

- **Ángulo de ataque.**

La horquilla necesita un ángulo de lanzamiento (ángulo que forma el eje de la horquilla o suspensión delantera, con la vertical medido en sentido horario) positivo para una correcta estabilidad direccional y que la huella de la misma se encuentre por detrás del eje de rotación de la misma, permitiendo la generación de un par que evite que la dirección se desestabilice (Fig. 61). (GONZÁLES FERNANDEZ, 2012)

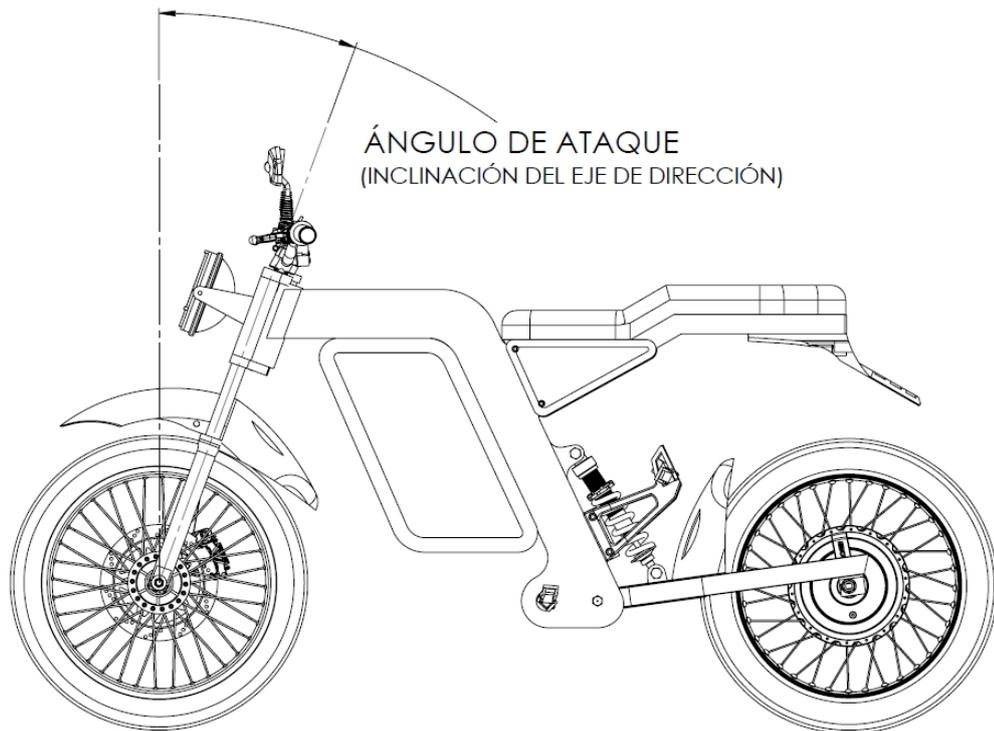


Figura 61 Ángulo de ataque.

Fuente: Autores.

Movimientos lineales y angulares.

- **Eje de derrape.**

Es el movimiento angular alrededor del eje vertical (Fig. 62). Este ocurre a medida que tomamos una curva o puede ser causado por efectos externos como vientos laterales. (FOALE, 2002)

- **Eje de cabeceo.**

Es un eje horizontal y pasa de lado a través de la moto (Fig. 62). Se obtiene este movimiento en el momento de acelerar y frenar, como también con las irregularidades de la carretera. (FOALE, 2002)

- **Eje de balanceo.**

Es un eje horizontal y está orientado de proa a popa (Fig. 62). Es probablemente el más familiar de los tres ejes, debido a que es el movimiento más obvio que se

produce al momento de apoyarnos la motocicleta mientras tomamos una curva. (FOALE, 2002)

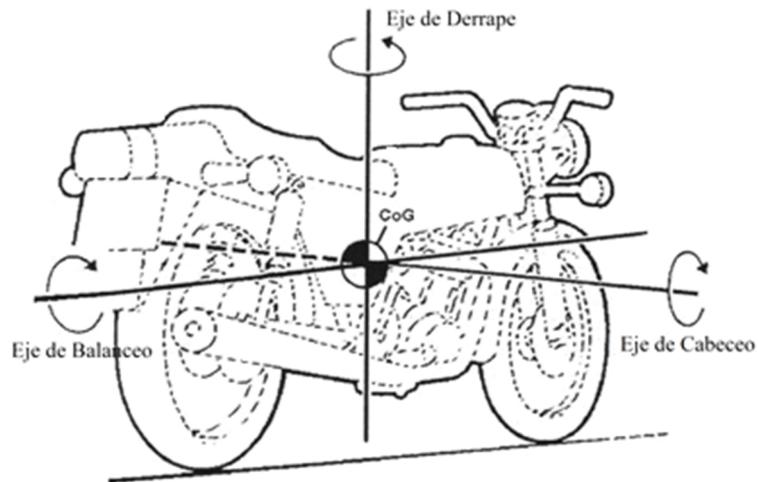


Figura 62 Ejes en la motocicleta.

Fuente: (FOALE, 2002).

Efecto giroscopio.

Fenómeno físico que se genera cuando un momento actúa sobre un tercer eje perpendicular a los otros dos momentos en acción (Fig. 63). Mientras mayor sea la velocidad de la motocicleta, mayor será la ayuda del efecto giroscópico a mantener la motocicleta estable en posición vertical. (COCCO, 2004)

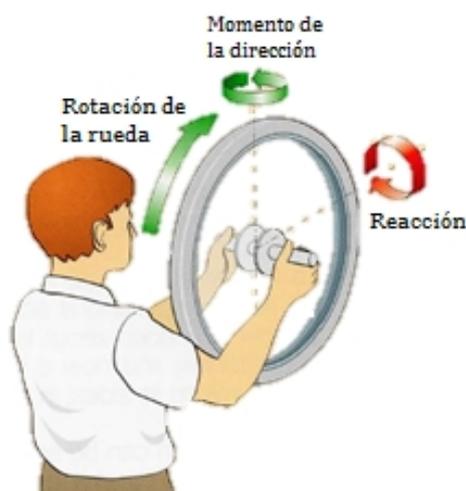


Figura. 63 Efecto giroscopio.

Fuente: (COCCO, 2004).

- **Momento de dirección.**

Inicia cuando se empieza a girar el timón hacia un lado (Fig. 64), manteniendo la motocicleta en posición vertical y circulando en línea recta. (COCCO, 2004)

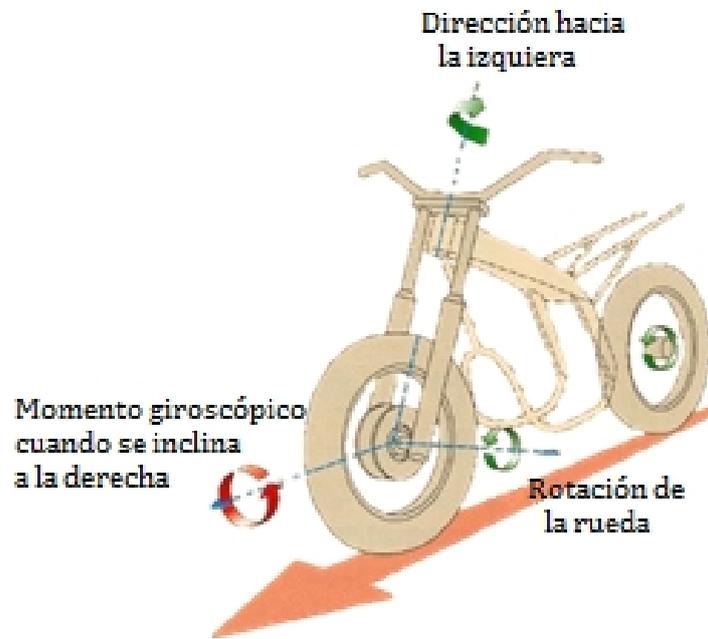


Figura 64 Momento de dirección.

Fuente: (COCCO, 2004).

- **Momento de balanceo.**

Hace referencia a la motocicleta como un todo, asumiendo que el timón se encuentra bloqueado, circulando en línea recta y la motocicleta se ha inclinado hacia un costado (Fig. 65). (COCCO, 2004)

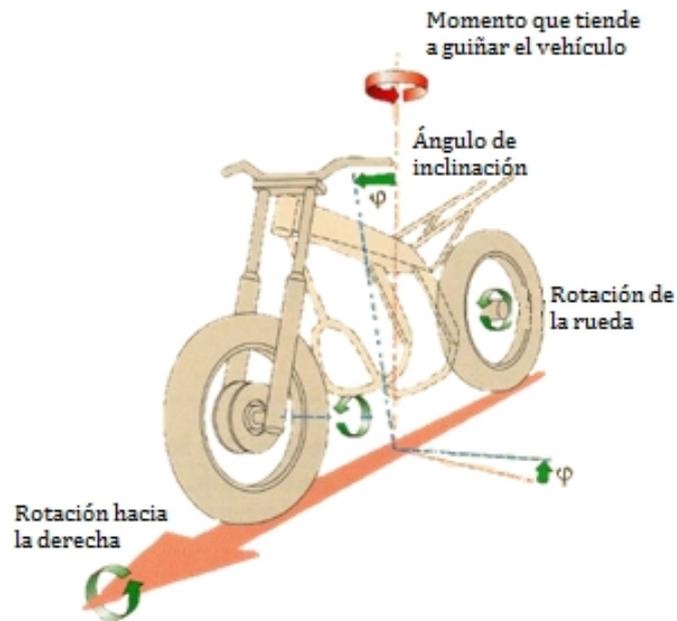


Figura 65 Momento de balanceo.

Fuente: (COCCO, 2004).

- **Momento de derrape.**

Se genera al tomar las curvas; generando movimiento en la dirección e inclinado la motocicleta hacia un costado (Fig. 66). (COCCO, 2004)

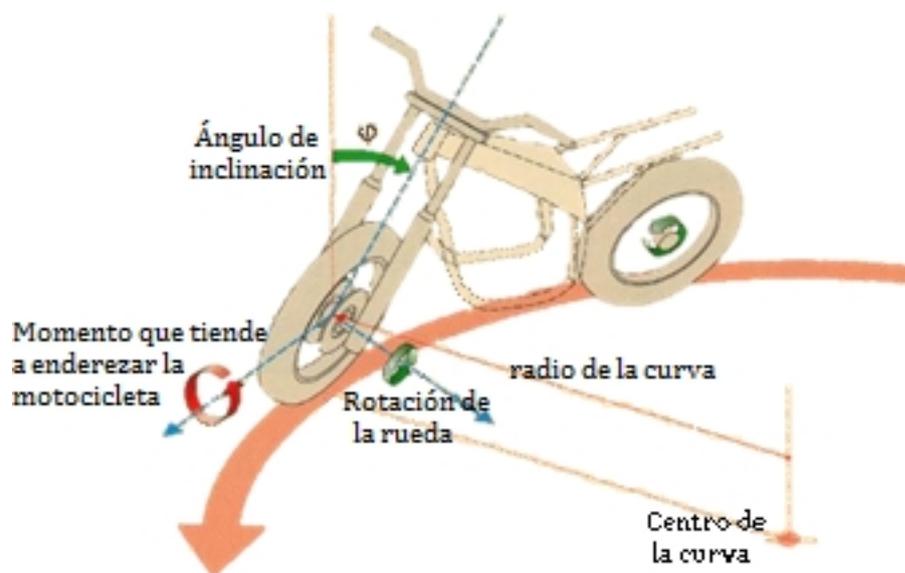


Figura 66 Momento de derrape.

Fuente: (COCCO, 2004).

Programa “CAE”.

Ingeniería asistida por computadora “*Computer Aided Engineering*”, es un software computacional utilizado en ingeniería para verificar diseños realizados, así como también validar el comportamiento, propiedades, viabilidad de construcción y optimización del objeto para reducir costos de fabricación.

Método de elementos finitos (MEF).

Es un proceso numérico, actualmente hay muchos programas computacionales que lo utilizan para el análisis de estructuras y sistemas continuos. Según su correcto y adecuado uso se puede llegar a estimaciones muy acertadas determinando de forma precisa la respuesta de un sistema modelado. (CUBILLOS, 2007)

- **Tipos de elementos utilizados en estudios de ingeniería asistida por computadora:**
 - **Truss.-** (Fig. 67) Se caracteriza por que solo puede estar sometido a dos fuerzas: tracción o compresión.

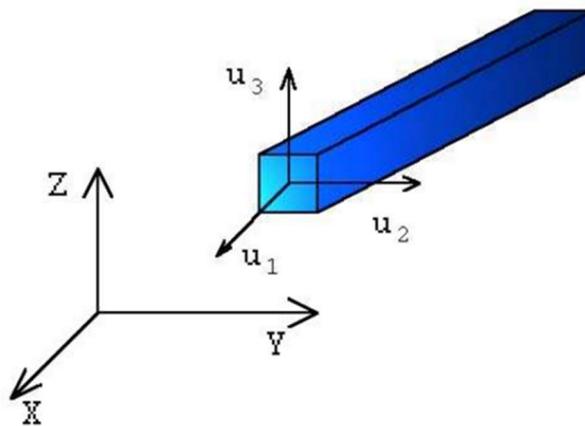


Figura 67 Truss.

Fuente: (CUBILLOS, 2007).

- **Beam.-** (Fig. 68) Este elemento puede estar sometido a cargas transversales y/o momentos flectores, adicionalmente a la tracción y compresión.

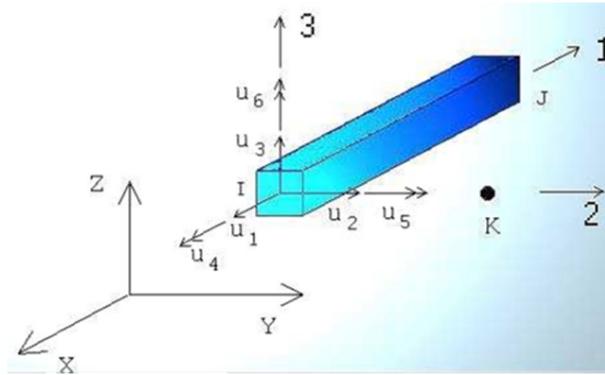


Figura 68 Beam.

Fuente: (CUBILLOS, 2007).

- **Elásticos bidimensionales.**- Tenemos tres tipos:

Esfuerzo plano: (Fig. 69) Se usan dos tipos de elementos: Triangular (a) y Cuadrilátero (b). Se prefieren los elementos cuadriláteros por isotropía geométrica, pero se recomienda el uso de elementos triangulares cuando existe irregularidades en la geometría.

Deformación plana: (Fig. 69) Se usan dos tipos de elementos: Triangular (a) y Cuadrilátero (b). Se prefieren los elementos cuadriláteros por isotropía geométrica, pero se recomienda el uso de elementos triangulares cuando existe irregularidades en la geometría.

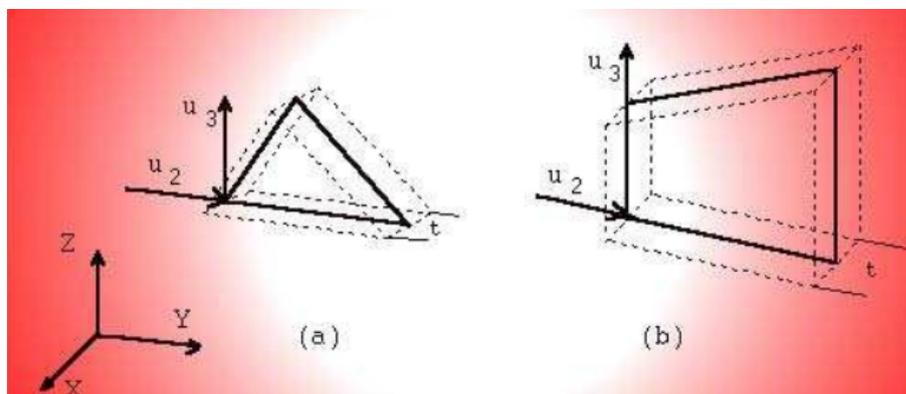


Figura 69 Triangular.

Fuente: (CUBILLOS, 2007).

Axisimétricos: (Fig. 70) Cuadriláteros y triángulos axisimétricos poseen dos grados de libertad en cada nodo.

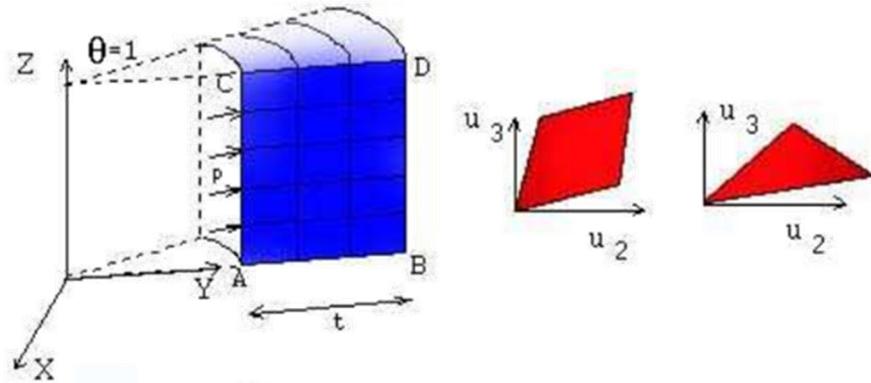


Figura 70 Axisimétricos.

Fuente: (CUBILLOS, 2007).

- **Brick.-** (Fig. 71) Elementos tridimensionales con tres grados de libertad translacional por nodo. Provee información acerca de la variación tridimensional de los esfuerzos y deformaciones del elemento.

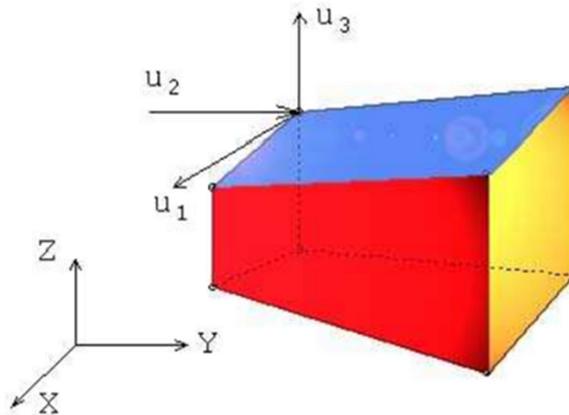


Figura 71 Brick.

Fuente: (CUBILLOS, 2007).

- **Tetraedro y hexaedro.-** (Fig. 72) La diferencia entre estos dos elementos es la precisión computacional, por lo general poseen tres grados de libertad

por nodo y se puede incrementar su precisión incrementando nodos en la mitad de los lados.

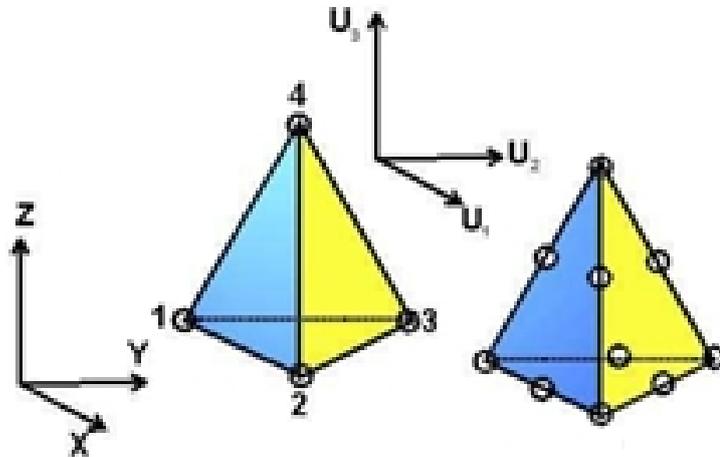


Figura 72 Tetraedro y hexaedro.

Fuente: (CUBILLOS, 2007).

Malla.

Es un proceso que consiste en subdividir un modelo geométrico en pequeñas partes y formas muy básicas, para poder realizar un análisis de elementos finitos. Los programas consideran el modelo como una red de elementos interconectados, los cuales se unen por puntos comunes llamados nodos. Hay que tener en cuenta que de la calidad de la malla depende la precisión del resultado, generalmente, cuando más delgada es la malla mayor es la precisión. (Fig. 73)

La malla depende principalmente de:

- Geometría creada.
- Opciones de malla activas.
- Control de malla.
- Condiciones de contacto.
- Tamaño global del elemento y tolerancia de la malla.

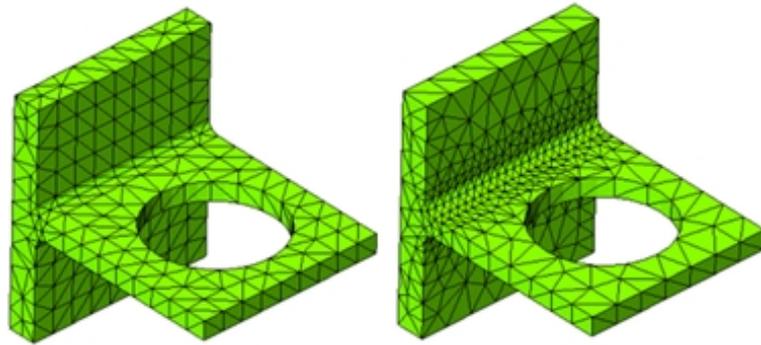


Figura 73 Mallado.

Fuente: (DASSAULT SYSTEMES, 2015).

Tenemos diferentes tipos de malla como:

- **Sólida.**

Este tipo de malla es la más adecuada para los modelos voluminosos o complejos, utilizando elementos tetraédricos.

- **De vaciado.**

Es adecuada para piezas delgadas y de espesor uniforme, se usan elementos triangulares.

- **De viga.**

Es ideal para miembros estructurales, estos elementos pueden resistir cargas axiales, de flexión, cortantes y de torsión.

- **Mixta.**

Se usa cuando hay varias geometrías en el mismo modelo.

Optimización topológica.

La optimización topológica es un campo de investigación de rápido crecimiento, donde intervienen distintas áreas como: matemáticas, mecánica y ciencias computacionales, que cuenta con importantes aplicaciones prácticas en la industria y en el sector de

manufactura. Esta técnica permite diseñar estructuras óptimas al límite con una configuración deseada; encontrando la mejor distribución de material, con el menor peso posible para un estado de carga y una determinada restricción de volumen, partiendo de una morfología inicial distante de la óptima. Se logra sintetizar topologías óptimas minimizando o maximizando características deseadas.

La optimización topológica aplicada al diseño de estructuras consiste en encontrar la configuración que tenga mayor rigidez con una restricción en el volumen final del material; considerando sus restricciones y cargas correspondientes. Dentro de la optimización topológica de estructuras tenemos dos tipos:

- **Optimización topológica de estructuras continuas.**

Cuando parte de un medio continuo, buscando optimizar la configuración de la estructura, donde el dominio se discretiza en elementos finitos que representan divisiones muy pequeñas del material.

- **Optimización topológica de estructuras discretas.**

Cuando parte de un dominio discreto se divide en dos categorías:

- **Optimización topológica de estructura de malla continua:** Considera un dominio continuo de la estructura discretizando por un número infinito barras rígidas distanciadas por un espacio infinitesimal, cuya solución óptima es obtenida analíticamente por la teoría de la elasticidad.
- **Optimización topológica de estructuras discretas:** Considera un dominio donde hay varios puntos distribuidos y pueden ser posibles juntas, cuya solución óptima se obtiene numéricamente.

Procedimiento para la implementación de la optimización topológica: (VALENCIA MEZA, 2012)

- Definir un dominio inicial; este debe ser lo más grande posible para poder garantizar que no se presenten limitaciones, pues un dominio pequeño estaría reduciendo el espacio de soluciones. El dominio inicial está intrínsecamente relacionado con el tipo y aplicación de carga además de las restricciones.
- Discretización del dominio en elementos finitos.
- Implementación del algoritmo de optimización topológica, que comienza a analizar el dominio iterativamente calculando las tensiones mecánicas por elementos finitos, distribuyendo y eliminando el material de la estructura para obtener como resultado la óptima distribución de material.
- Interpretación del resultado obtenido.
- Verificación del resultado obtenido por medio de algún programa de elementos finitos.

Peso del vehículo en vacío.

El peso total del vehículo con todo el equipamiento estándar; incluyendo baterías, lubricantes en la capacidad nominal.

Estado de carga.

“*State Of Charge*” Es el nivel de carga de la batería, expresado como un porcentaje del total de la capacidad máxima que tiene.

Es la capacidad residual en Amperes-Hora de la batería luego de la descarga (total o parcial) expresada como porcentaje de la capacidad total Amperes-Hora de la batería. (AUGERI, 2012)

Profundidad de descarga.

“*Deep Of Discharge*” El complemento del estado de carga es la profundidad de descarga, indicando la descarga de la batería. Así un 40 % de SOC es equivalente a un 60 % de DOD.

Son los Amperes-Hora retirados de la batería expresados como porcentaje de la capacidad total de la batería. (AUGERI, 2012)

Pruebas de aceleración, frenado y eficiencia energética.

Analíticamente las principales e importantes pruebas para determinar el rendimiento y eficiencia del diseño, son: aceleración, frenado y eficiencia energética.

- **Aceleración.**

La metodología internacional recomendada para esta prueba se encuentra en las normas SAE J1491 y SAE J1666, en las cuales se establecen los parámetros de la motocicleta y las condiciones de entorno para que una validación de datos obtenidos posean un margen de error mínimo. La información recogida será valorada de forma estadística para la comparación entre las motocicletas a considerar. (SAE International, 2015)

- **Frenado.**

La norma que establece los requerimientos a tener en consideración durante la prueba es la norma SAE J299. Los principales conceptos a tener en cuenta en la prueba son:

- **Inicio de frenado:** Movimiento inicial del sistema de control de freno.
- **Distancia de frenado:** Distancia recorrida por el vehículo desde el inicio de frenado hasta donde el vehículo se detenga totalmente.
- **Inicio de disminución de velocidad:** Velocidad del vehículo a la que se inicia el frenado. (SAE International, 2015)

- **Eficiencia energética.**

La óptima relación del conjunto de trabajo realizado para obtener un resultado o producto final, lo llamamos eficiencia energética. Para esta prueba se consideran variables que involucren a la eficiencia de la batería que abastece al motor impulsor de la motocicleta.

Acero ASTM A36.

Es un acero estructural dulce (bajo porcentaje de carbono), utilizado en construcción de estructuras metálicas, puentes, torres de energía, torres para comunicación y

edificaciones remachadas, atornilladas o soldadas, herrajes eléctricos y señalización. (HERNÁNDEZ CASTRO, 2012)

Este acero se produce en una amplia variedad de formas, que incluyen: planchas, perfiles estructurales, tubos, láminas.

Las piezas hechas a partir de acero A36 son fácilmente unidas mediante casi todos los procesos de soldadura. Los más comúnmente usados para el A36 son los menos costosos y rápidos como la Soldadura por arco metálico protegido *SMAW* “*Shielded Metal Arc Welding*”, Soldadura con arco metálico y gas *GMAW* “*Gas Metal Arc Welding*”, y soldadura oxiacetilénica. El acero A36 es también comúnmente atornillado y remachado en las aplicaciones estructurales: edificios, puentes, torres, etc. (HERNÁNDEZ CASTRO, 2012)

Soldadura de arco eléctrico.

Se basa en someter a dos conductores que están en contacto a una diferencia de potencial, por lo que termina estableciéndose una corriente eléctrica entre ambos (Fig. 74). Posteriormente se separan ambas piezas, provocando una chispa que ioniza el aire circundante permitiendo el paso de corriente a través del mismo, aunque las piezas no estén en contacto. De esta manera creamos un arco eléctrico entre ellos, mediante la transformación de la energía eléctrica en energía calórica y luminosa. (Ingemecánica, 2015)

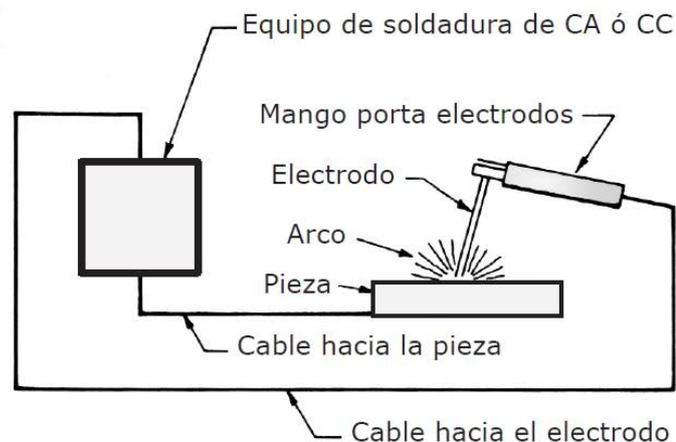


Figura 74 Soldadura por arco eléctrico.

Fuente: (AUTOVAZCLUB, 2011).

Soldadura *MIG*.

Conocida también como *GMAW* “*Gas Metal Arc Welding*” o soldadura a gas y arco metálico (Fig. 75), es un método de soldadura por arco con el uso de un gas protector y un electrodo continuo.

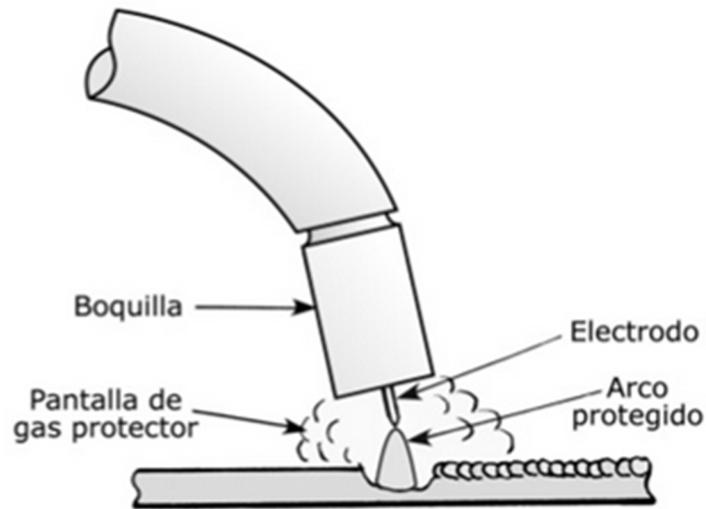


Figura 75 Soldadura *MIG*.

Fuente: (RODRIGUEZ, 2004).

Dependiendo del gas que se use puede denominarse:

- ***MIG*.**

“*Metal Inert Gas*”, por el uso de un gas inerte, ya sea: Argón el cual no se usa para soldar acero, es ideal para soldar piezas pequeñas. Argón con oxígeno, la cual es apta para acero inoxidable y se mejora la penetración de la soldadura. Helio, con lo que obtenemos cordones anchos de soldadura pero con poca penetración.

- ***MAG*.**

“*Metal Active Gas*”, por el uso de un gas activo, ya sea: Anhídrido carbónico (CO_2), el cual se limita para el uso en acero, obteniendo una mejor penetración. Argón y Anhídrido carbónico (Ar 80% y CO_2 20%), el cual mejora el aspecto de los cordones de soldadura teniendo un costo mayor.

Presentan ventajas contundentes en comparación a la soldadura por electrodo revestido; ya que se eliminan los tiempos muertos usados en reponer los electrodos consumidos, se resalta la versatilidad del proceso, ya que, se puede depositar el material de aporte a una gran velocidad y en todas las posiciones. Por otro lado presenta inconvenientes como el ajuste de la velocidad de alimentación del electrodo continuo, el voltaje y el caudal de salida del gas a utilizar.

A continuación se indica los ángulos óptimos para llevar a cabo la soldadura: (Fig. 76) (RODRIGUEZ, 2004)

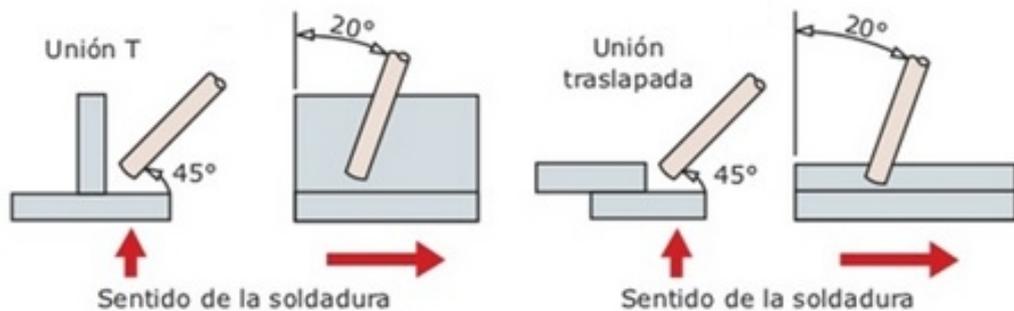


Figura 76 Ángulos de soldadura.

Fuente: (RODRIGUEZ, 2004).

Soldadura TIG.

“*Tungsten Inert Gas*”, conocida también como *GTAW* “*Gas Tungsten Arc Welding*” o soldadura por arco eléctrico con electrodo de tungsteno y gas inerte (Fig. 77), es un método de soldadura por arco con el uso de un gas protector y un electrodo no consumible de tungsteno. Este método a diferencia del *GMAW* puede o no usar un material de aporte, conocidos como barras o longitudes a medida.

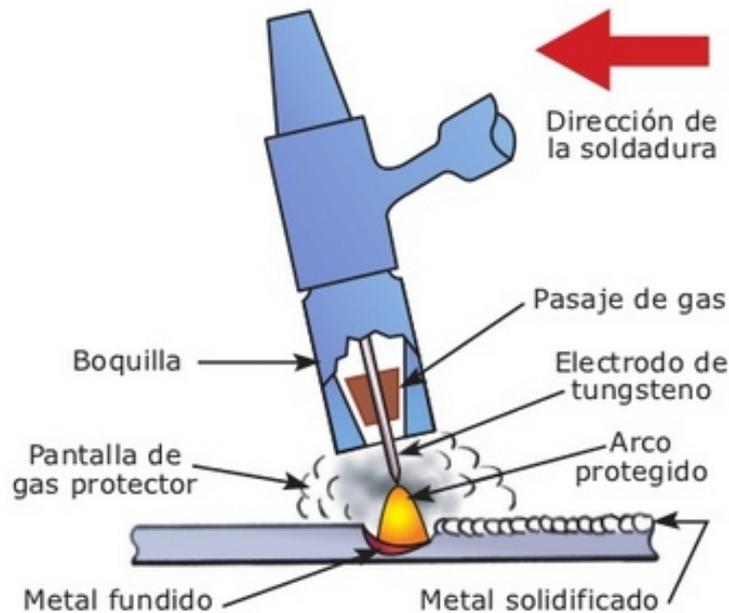


Figura 77 Soldadura *TIG*.

Fuente: (RODRIGUEZ, 2004).

La soldadura *TIG* es muy utilizada para soldar: aluminio, magnesio, níquel, titanio y acero inoxidable. Debido a sus características y altas prestaciones, como: flexibilidad, resistencia, excelente acabado y mayor resistencia a la corrosión es usado en trabajos de alta exigencia como cañerías de alta presión, soldadura nuclear, etc.

Este tipo de soldadura no produce salpicaduras ni chispas siendo un proceso más limpio a comparación de otros tipos. Como desventaja, debido a la necesidad del material de aporte externo que requiere el proceso y la gran responsabilidad que tiene el operario en el resultado final, se necesita una mayor práctica y destreza para conseguir dominar la soldadura y obtener un acabado de primera calidad.

A continuación se indica el correcto uso de la varilla de aporte: (Fig. 78) (RODRIGUEZ, 2004)

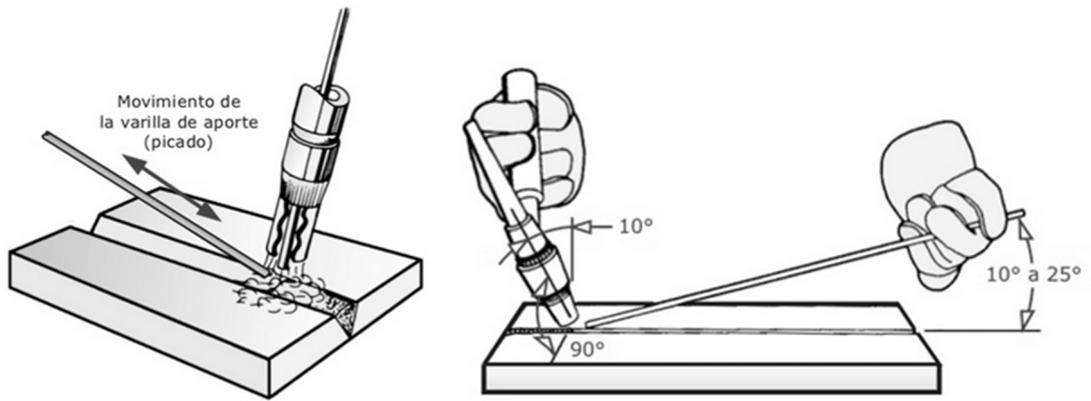


Figura 78 Uso de varilla de aporte en soldadura TIG.

Fuente: (RODRIGUEZ, 2004).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCE, S. (27 de Febrero de 2014). *stevenpatinoblog*. Recuperado el 27 de Junio de 2015, de <https://stevenpatinoblog.wordpress.com/2014/02/27/antropometria/>
- ARNÉS CARRASCO, S. (2012). *Un regalo del cielo. Energía renovable "EPARNES"*. España: Editorial Club Universitario. Recuperado el 3 de Julio de 2015
- AUGERI, F. (27 de Diciembre de 2012). *Cise.com*. Recuperado el 25 de Junio de 2015, de <http://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/item/583-estado-de-carga-soc-state-of-charge.html>
- AUTOCAACION. (24 de Noviembre de 2009). Recuperado el 15 de Septiembre de 2015, de Autocasion:
<http://www.autocasion.com/actualidad/reportajes/21144/geometria-de-la-motocicleta/>
- AUTOVAZCLUB. (1 de Junio de 2011). Recuperado el 4 de Noviembre de 2015, de <http://www.autovazclub.com/t1835-2-equipo-electrico-basico-para-soldadura-por-arco>
- BRAMMO. (2015). Recuperado el 25 de Junio de 2015, de <http://legacy.brammo.com/home/>
- BUDYNAS, R., & NISBETT, K. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley* (Octava ed.). México D.F, México: Mc Graw Hill. Recuperado el 1 de Noviembre de 2015
- BULTACO. (2015). Recuperado el 25 de Junio de 2015, de <http://bultaco.es/>
- CAPACERO.CL. (2013). Recuperado el 7 de Julio de 2015, de <http://www.capacero.cl/bcapsol.pdf>
- CASAJÚS, L. (Marzo de 2012). Recuperado el 15 de Mayo de 2015, de http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R51_A2.pdf
- COCCO, G. (2004). *Motorcycle Design and Technology*. Motorbooks International. Recuperado el 11 de Junio de 2015
- COSSALTER, V. (2006). *Motorcycle Dynamics*. lulu.com. Recuperado el 16 de Junio de 2015

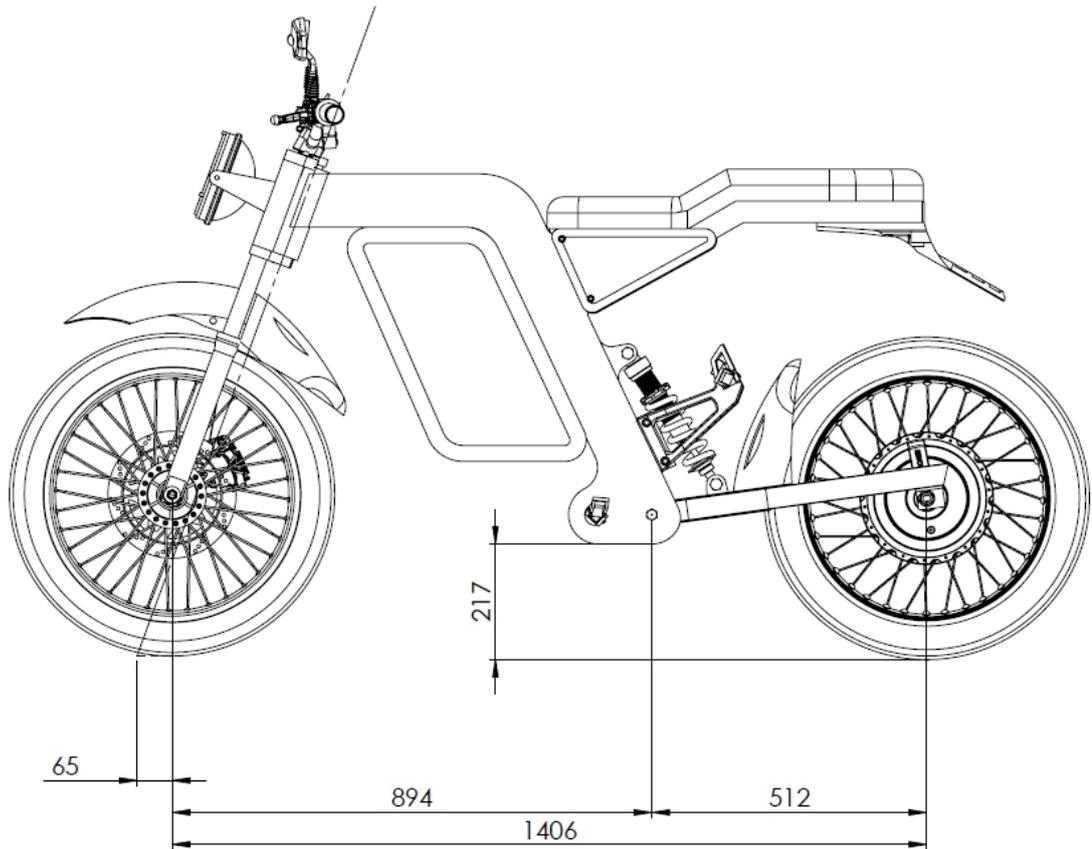
- CUBILLOS, A. (Octubre de 2007). *Introducción al método de elementos finitos*. Recuperado el 24 de Marzo de 2015, de Universidad de Ibagué: <https://almec.files.wordpress.com/2007/10/resumen.pdf>
- DASSAULT SYSTEMES. (2015). Recuperado el 14 de Junio de 2015, de http://help.solidworks.com/2015/Spanish/SolidWorks/cworks/c_Background_on_Meshing.htm?id=aa000853b8fe4b93863cf61de0c545a8#Pg0%29
- DEPOOL, R., & MONASTERIO, D. (2013). *Probabilidad y Estadística*. Recuperado el 23 de Noviembre de 2015, de [http://www.bqto.unexpo.edu.ve/avisos/PROBABILIDADYESTADISTICA\(2-7-13\).pdf](http://www.bqto.unexpo.edu.ve/avisos/PROBABILIDADYESTADISTICA(2-7-13).pdf)
- DISEÑO-ART. (11 de Febrero de 2015). Recuperado el 28 de Junio de 2015, de http://www.disenio-art.com/encyclopedia/archive/motorcycle_frames.html
- DOCUMENTO EN LÍNEA. Recuperado el 2 de Junio de 2015, de <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/reglamento-nacional-de-costruccion-curva1.pdf>
- EBIKENUT. (23 de Marzo de 2007). *Electrifying Rides*. Recuperado el 23 de Junio de 2015, de http://electrifyingrides.blogspot.com/2007/03/history-of-electric-motorcycle-part-1_23.html
- FOALE, T. (2002). *Motorcycle Handling and Chassis Design: The Art and Science*. España. Recuperado el 24 de Mayo de 2015
- GLIMMERVEEN, J. (2008). *About autos*. Recuperado el 1 de Julio de 2015, de <http://classicmotorcycles.about.com/od/historicaldevelopment/a/Motorcycle-Frames-History-And-Development.htm>
- GONZÁLES FERNANDEZ, O. (2012). *Diseño, modelización y fabricación de un chasis para una motocicleta de competición*. Sevilla. Recuperado el 17 de Julio de 2015
- HARVEY, P. D. (1982). *Engineering Properties of Steels*. American Society for Metals. Recuperado el 14 de Octubre de 2015
- HERNÁNDEZ CASTRO, P. (16 de Abril de 2012). *Acero ASTM A36*. Recuperado el 7 de Febrero de 2015, de <http://es.scribd.com/doc/89693272/Acero-ASTM-A36#scribd>
- HERRERA, F. J., & SOSA, C. D. (2012). *DocSlide*. Recuperado el 3 de Junio de 2015, de <http://myslide.es/documents/analisis-mecanico-solidworks.html>
- INGEMECÁNICA. (4 de Noviembre de 2015). Recuperado el 28 de Junio de 2015, de Ingemecánica: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn40.html>

- JAVIER. (9 de Abril de 2014). *moto noticias*. Recuperado el 9 de Julio de 2015, de <http://www.motonoticias.com/principal/index.php/component/k2/item/267-geometria-moto-1>
- LOAIZA, A. (23 de Mayo de 2013). *sura*. Recuperado el 28 de Junio de 2015, de <http://www.sura.com/blogs/autos/postura-correcta-moto.aspx>
- LUCKY LION. (2015). Recuperado el 25 de Junio de 2015, de <http://www.luckylion.com.ar/>
- MAHER, B., & GREISLER, K. (7 de Febrero de 1998). *Chilton's Motorcycle Handbook*. Estados Unidos: Haynes Manuals. Recuperado el 6 de Julio de 2015, de <http://es.wikipedia.org/wiki/Motocicleta>
- MANUAL DE DISEÑO PARA LA CONSTRUCCIÓN CON ACERO. (2013). Recuperado el 7 de Julio de 2015, de http://www.ahmsa.com/Acero/Complem/Manual_Construccion_2013/Capitulo_1.pdf
- NOAKES, K. (2007). *Motorcycle Road and Racing Chassis Design*. The Crowood Press.
- PHEASANT, S., & HASLEGRAVE, C. (2005). *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work, Third Edition*. New York: CRC Press. Recuperado el 05 de Noviembre de 2015
- RAMIREZ, A. (21 de Octubre de 2013). *Iluminet*. Recuperado el 07 de Julio de 2015, de <http://iluminet.com/paradigma-medicion-luz/>
- RODRIGUEZ, P. C. (2004). *Manual de Soldadura*. Buenos Aires: ALSINA. Recuperado el 8 de Agosto de 2015
- SAE FERROUS MATERIALS STANDARDS MANUAL. (1999). Society of Automotive Engineers. Recuperado el 22 de Julio de 2015
- SAE INTERNATIONAL. (2015). Recuperado el 20 de Junio de 2015, de <http://www.sae.org/>
- SCHNEIDER, L. (16 de Abril de 2013). *ELECTRIC VEHICLE INSTITUTE*. Recuperado el 23 de Junio de 2015, de <https://evinstitute.wordpress.com/2013/04/16/electric-motorcycles/>
- SUÁREZ, M. R. (2004). Recuperado el 18 de Mayo de 2015, de <http://www.jmcprl.net/PUBLICACIONES/ERGO%20MOTOCICLETAS.pdf>
- VALENCIA MEZA, C. A. (2012). Recuperado el 2 de Junio de 2015, de <http://bdigital.uao.edu.co/bitstream/10614/4209/1/TME01179.pdf>

- WANDELL, B. (1995). *Foundations of vision*. Sunderland: Sinauer Associates.
Recuperado el 16 de Agosto de 2015
- WESTLAND, S. (2001). *Imagen Digital*. Recuperado el 23 de Julio de 2015, de http://www.gusgsm.com/son_vision_escotopica_fotopica
- WIEMEYER, F. (13 de Mayo de 2014). *TECNO*. Recuperado el 25 de Junio de 2015, de http://tn.com.ar/tecno/f5/probamos-sudaca-una-moto-electrica-argentina_498892
- ZERO MOTORCYCLES. (2015). Recuperado el 25 de Junio de 2015, de <http://www.zeromotorcycles.com/es/>
- ZORRILLA, A. (5 de Enero de 2015). *De Motos Online*. Recuperado el 22 de Junio de 2015, de <http://demotosonline.com/historia-de-la-moto-electrica/>

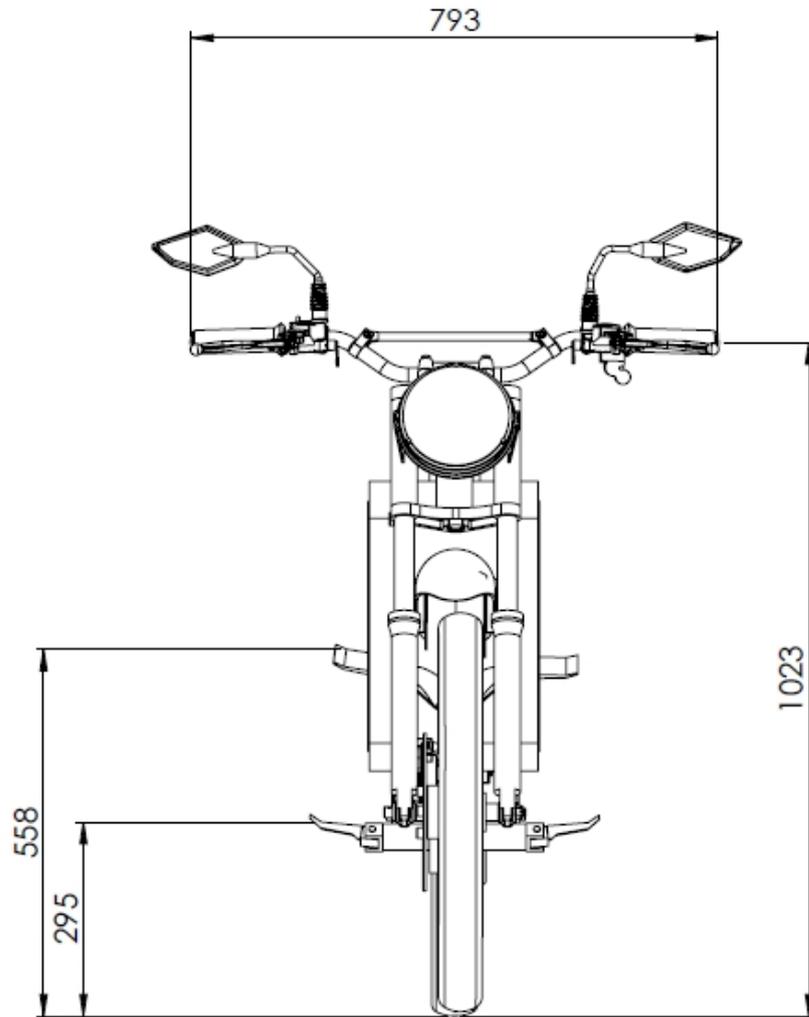
ANEXOS

Anexo 1. Medidas de la motocicleta Kuntur.



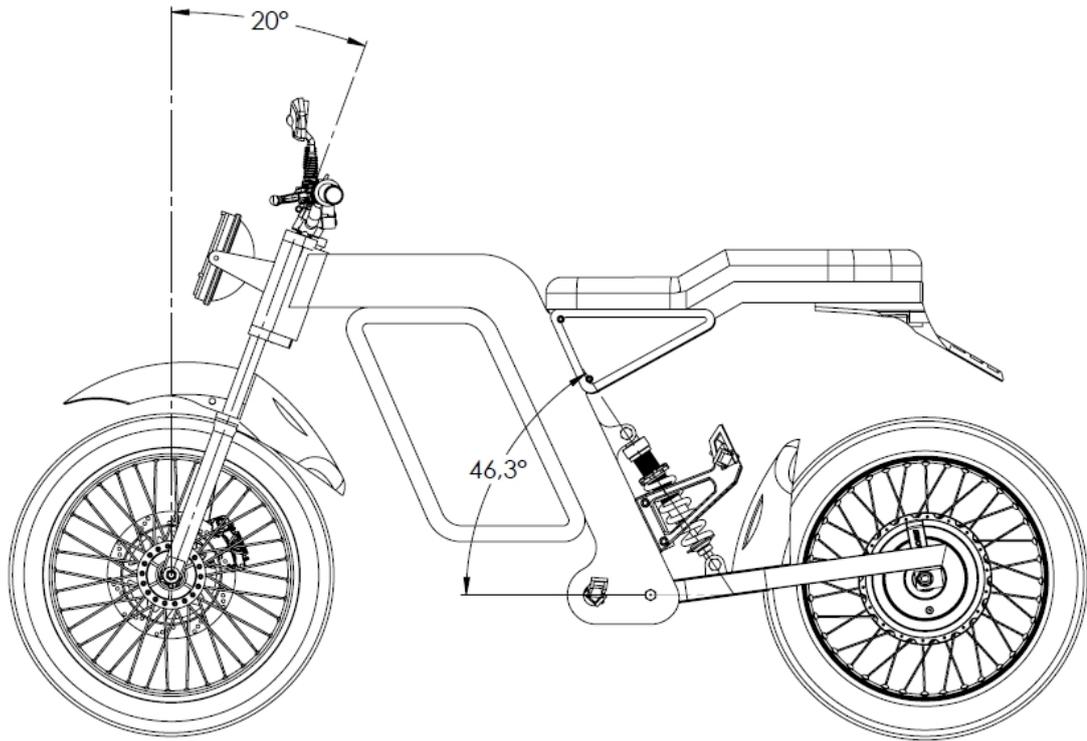
Vista lateral de la motocicleta.

Fuente: Autores.



Vista frontal de la motocicleta.

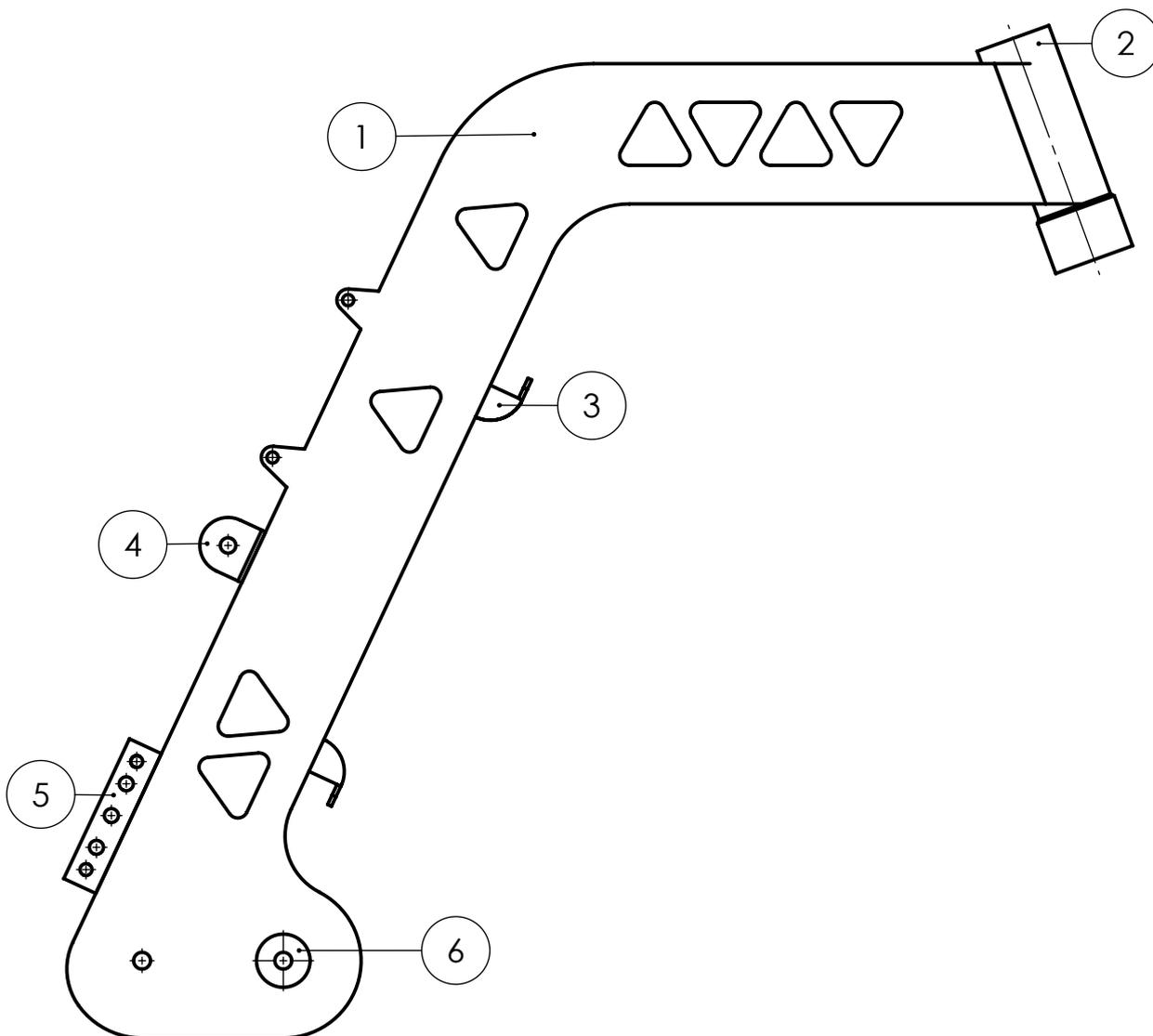
Fuente: Autores.



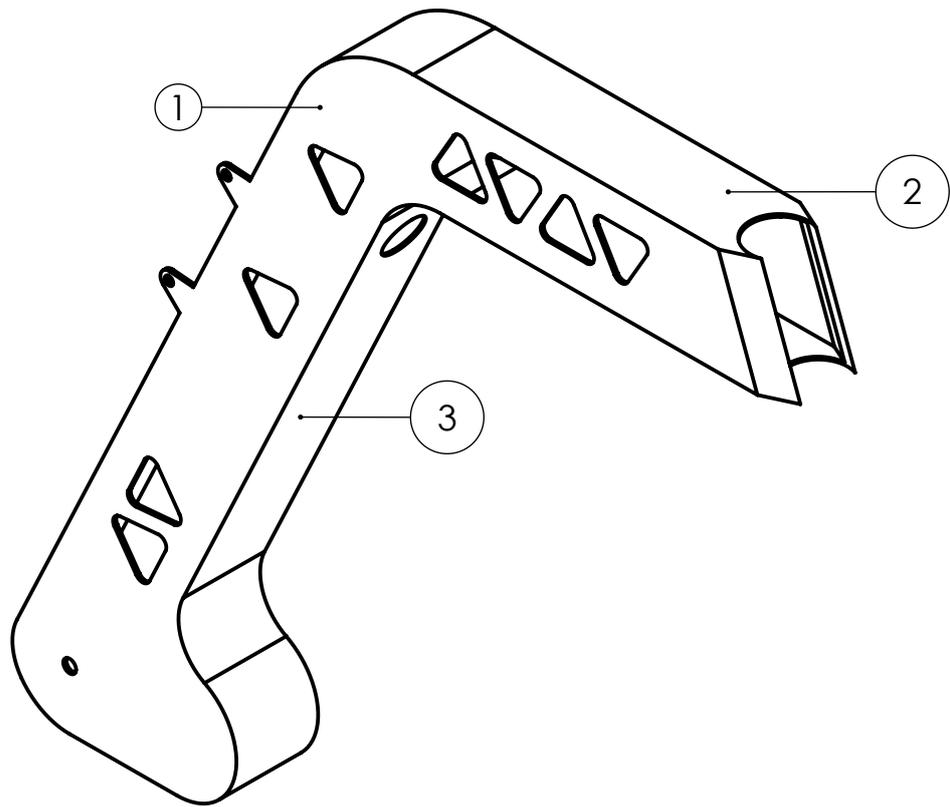
Ángulos principales de la motocicleta.

Fuente: Autores.

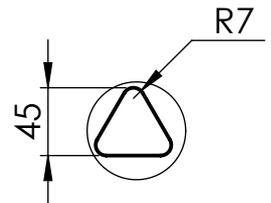
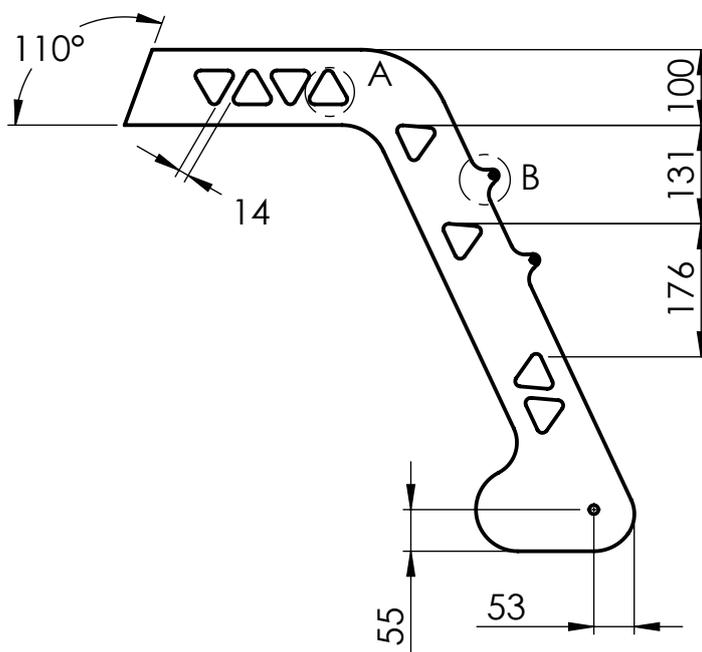
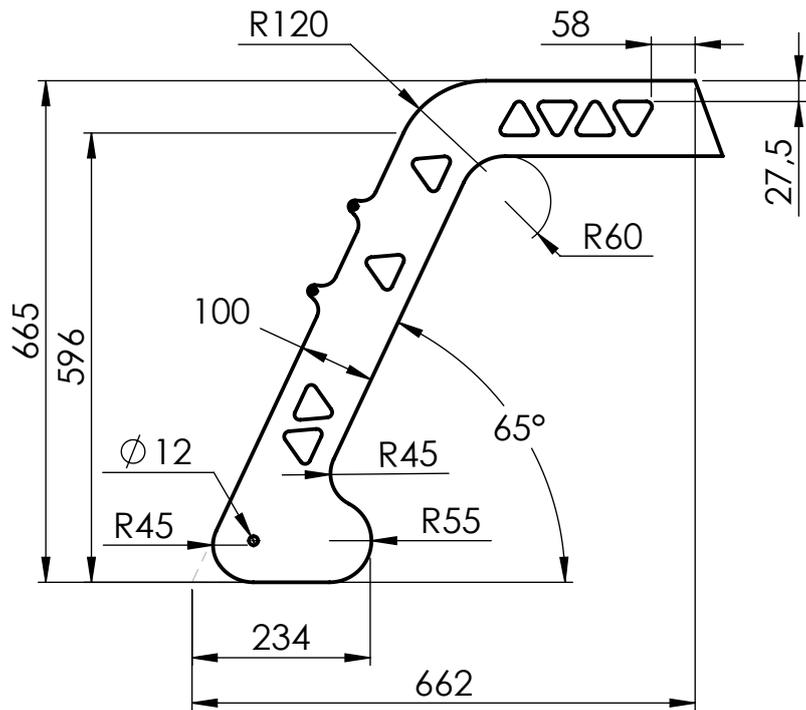
Anexo 2. Planos constructivos del bastidor.



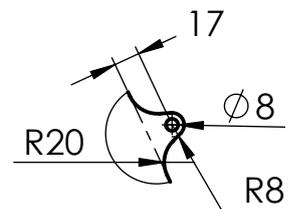
6	2	SOPORTE DE APOYA PIES	42 X 38	ACERO ASTM-A36	TUBO REDONDO 38 x 2
5	2	APOYA PIES POSTERIOR	25 X 110	ACERO ASTM-A36	ÁNGULO 25 X 25 X 2
4	2	OREJAS DE MONOSHOCK	40 X 40	ACERO ASTM-A36	ÁNGULO 40 X 40 X 3
3	4	SOPORTE DE BATERÍA	25 X 185	ACERO ASTM-A36	ÁNGULO 25 X 25 X 2
2	1	POTENCIA	168 X 58	ACERO AISI-1018	TORNEADO
1	1	BASTIDOR	665 X 662	ACERO ASTM-A36	CORTE EN PLASMA
POS.	CANT.	DENOMINACIÓN	DIB. BRUTO	MATERIAL	NOTAS
ESCALA: 1:5		FECHA: 14/10/2015	REVISIÓN: ROBERT ROCKWOOD		
<h1>BASTIDOR</h1>			 UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ESCUELA DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ		
			DIBUJO: OCHOA - SALAMEA		
TÍTULO:			LAMINA: 1.00	A4	



3	1	LAMINA INFERIOR	70 X 1044	LAMINA ACERO ASTM-A36	ESPESOR 2
2	1	LAMINA SUPERIOR	70 X 1024	LAMINA ACERO ASTM-A36	ESPESOR 2
1	2	LAMINA LATERAL	665 X 662	LAMINA ACERO ASTM-A36	ESPESOR 3
POS.	CANT.	DENOMINACIÓN	DIB. BRUTO	MATERIAL	NOTAS
ESCALA: 1:5	FECHA: 14/10/2015	REVISIÓN: ROBERT ROCKWOOD	 UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ESCUELA DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ		
BASTIDOR					
TÍTULO:			LAMINA: 1.01	A4	



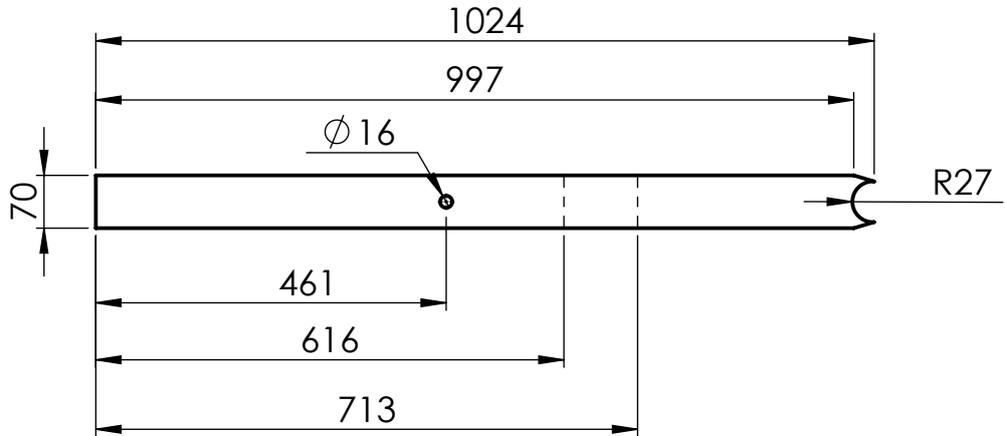
DETALLE A
ESCALA 1 : 5



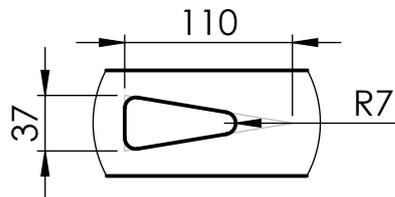
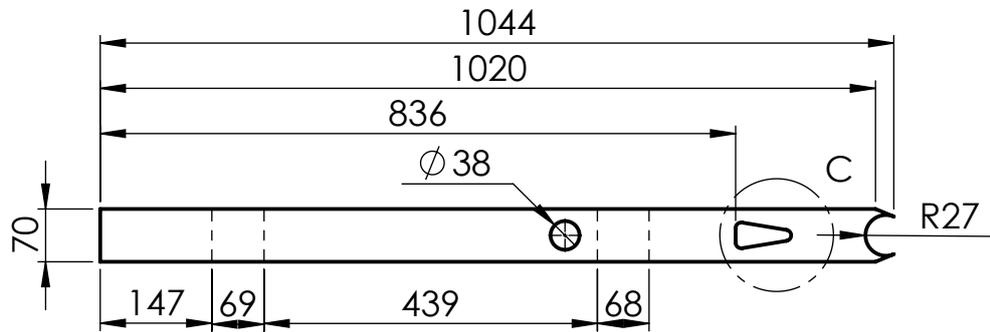
DETALLE B
ESCALA 1 : 5

1	2	LAMINA LATERAL	665 X 662	LAMINA ACERO ASTM-A36	ESPELOR 3
POS.	CANT.	DENOMINACIÓN	DIB. BRUTO	MATERIAL	NOTAS
ESCALA: 1:10	FECHA: 14/10/2015	REVISIÓN: ROBERT ROCKWOOD	 UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ESCUELA DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ		
BASTIDOR					
TÍTULO:			LAMINA: 1.01.01	A4	

②

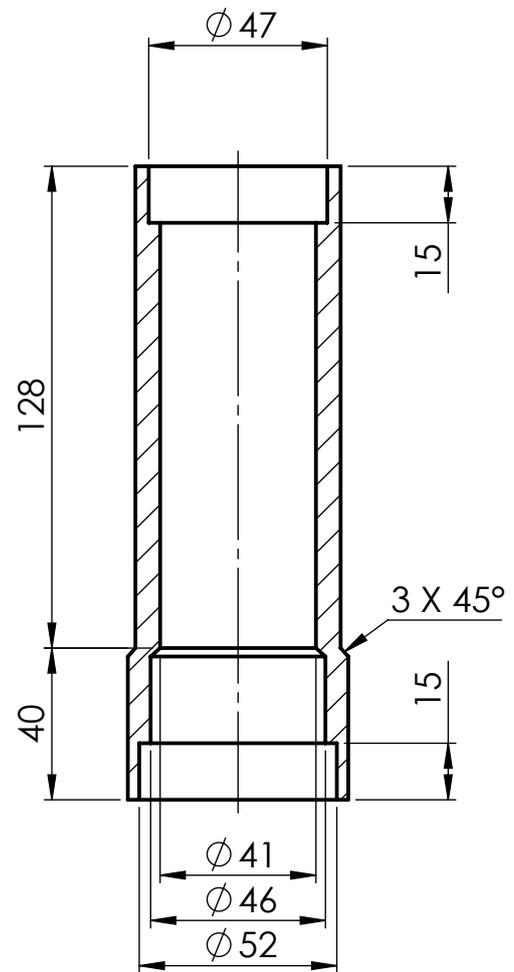
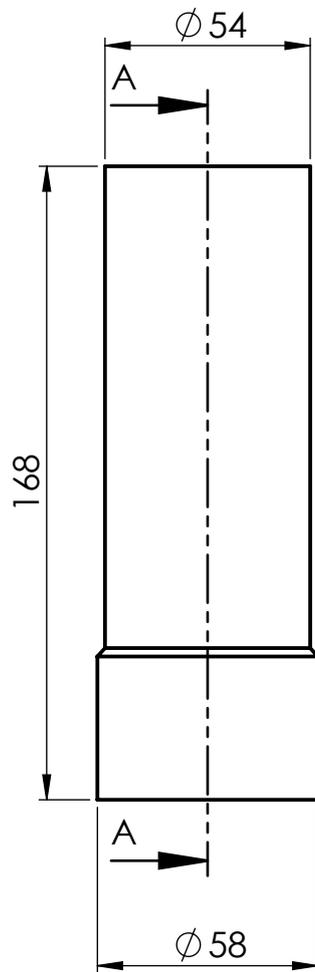


③

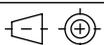


DETALLE C
ESCALA 1 : 5

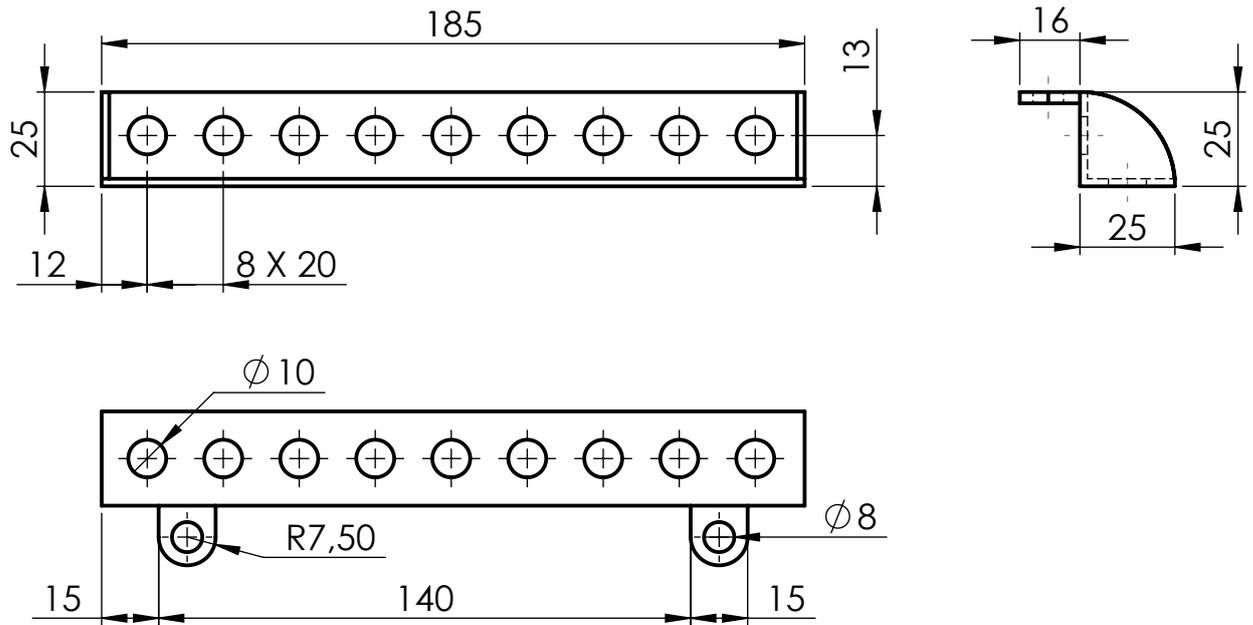
3	1	LAMINA INFERIOR	70 X 1044	LAMINA ACERO ASTM-A36	ESPESOR 2
2	1	LAMINA SUPERIOR	70 X 1024	LAMINA ACERO ASTM-A36	ESPESOR 2
POS.	CANT.	DENOMINACIÓN	DIB. BRUTO	MATERIAL	NOTAS
ESCALA: 1:10	FECHA: 14/10/2015	REVISIÓN: ROBERT ROCKWOOD	 UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ESCUELA DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ		
<h1>BASTIDOR</h1>					
			LAMINA: 1.01.02	A4	
TÍTULO:			LAMINA:	1.01.02	A4



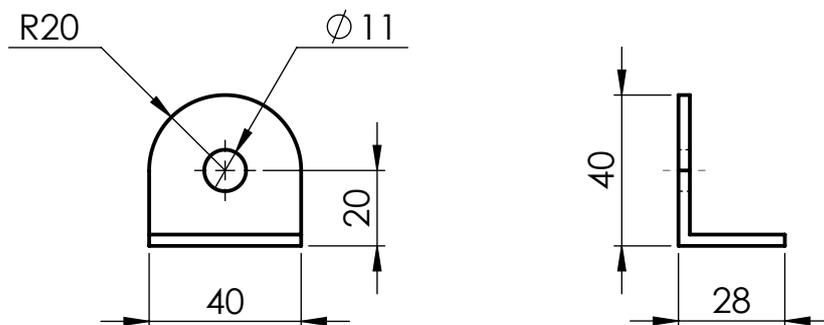
SECCIÓN A-A

2	1	POTENCIA	168 X 58	ACERO AISI - 1018	TORNEADO
POS.	CANT.	DENOMINACIÓN	DIB. BRUTO	MATERIAL	NOTAS
ESCALA: 1:2	FECHA: 14/10/2015	REVISIÓN: ROBERT ROCKWOOD	 UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ESCUELA DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ		
<h1>BASTIDOR</h1>			DIBUJO: OCHOA - SALAMEA		
			LAMINA: 1.02	A4	
TÍTULO:					

③

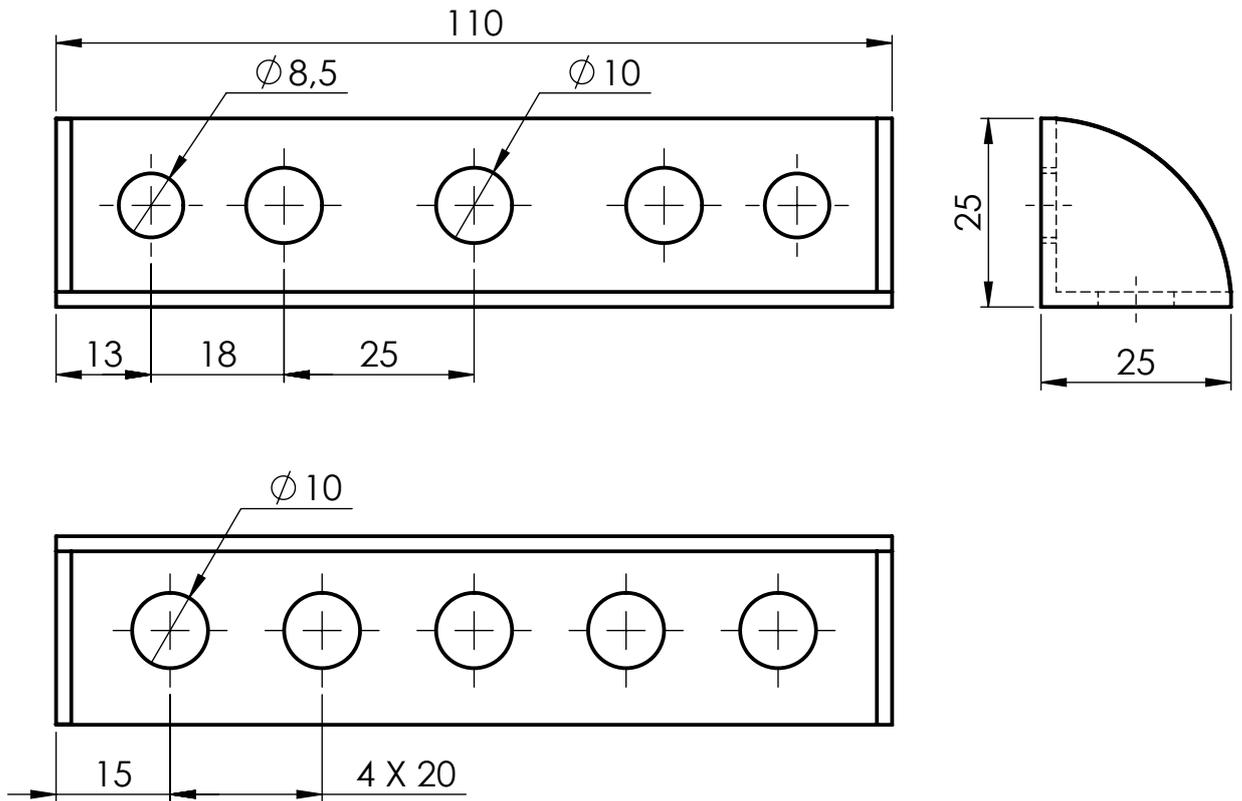


④

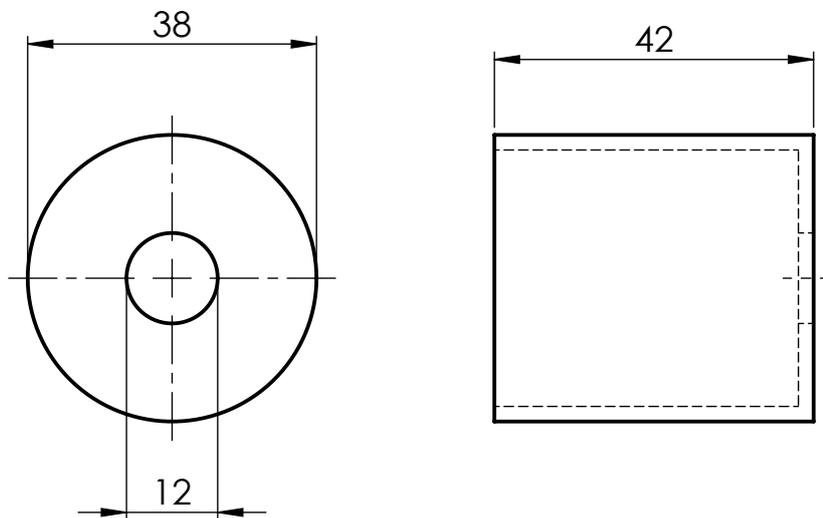


4	2	OREJAS DE MONOSHOCK	40 X 40	ACERO AISI-1018	ÁNGULO 40 X 40 X 3
3	4	SOPORTE DE BATERÍA	25 X 185	ACERO ASTM-A36	ÁNGULO 25 X 25 X 2
POS.	CANT.	DENOMINACIÓN	DIB. BRUTO	MATERIAL	NOTAS
ESCALA: 1:2	FECHA: 14/10/2015	REVISIÓN: ROBERT ROCKWOOD	 UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ESCUELA DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ		
<h1>BASTIDOR</h1>					
TÍTULO:			LAMINA: 1.03	A4	

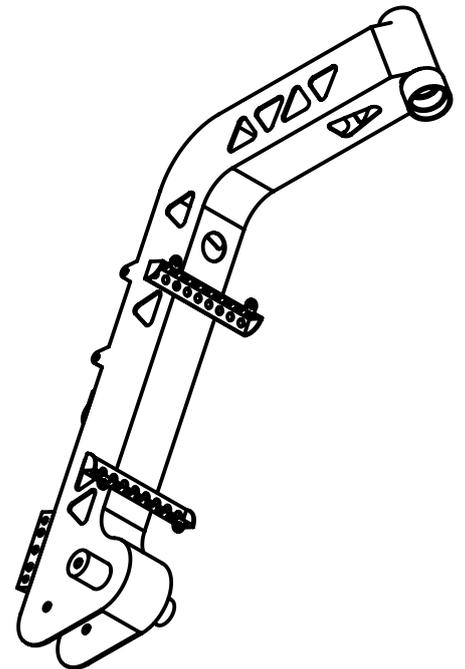
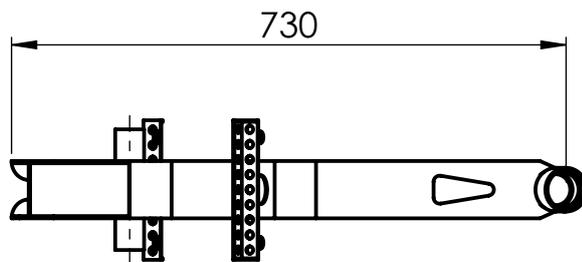
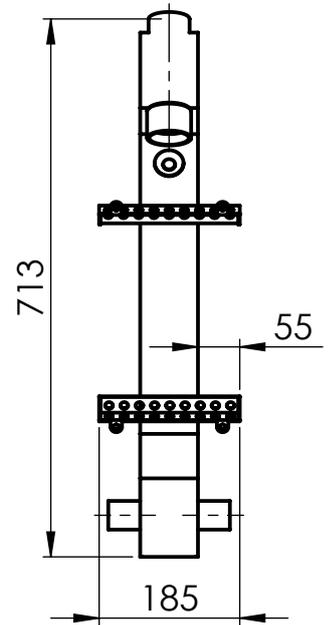
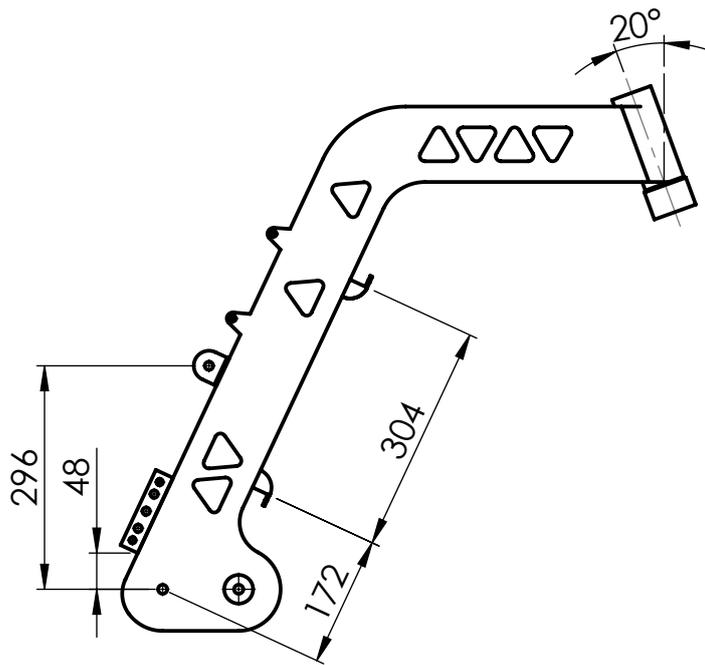
5



6



6	2	SOPORTE DE APOYA PIES	42 X 38	ACERO ASTM - A36	TUBO REDONDO 38 X 2
5	2	APOYA PIES POSTERIOR	25 X 110	ACERO ASTM-A36	ÁNGULO 25 X 25 X 2
POS.	CANT.	DENOMINACIÓN	DIB. BRUTO	MATERIAL	NOTAS
ESCALA: 1:1	FECHA: 14/10/2015	REVISIÓN: ROBERT ROCKWOOD	 UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ESCUELA DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ		
BASTIDOR					
TÍTULO:			LAMINA: 1.04	A4	



-	-	UBICACIÓN DE ACCESORIOS DEL BASTIDOR	713 X 730	ACERO ASTM - A36	-
POS.	CANT.	DENOMINACIÓN	DIB. BRUTO	MATERIAL	NOTAS
ESCALA: 1:10	FECHA: 14/10/2015	REVISIÓN: ROBERT ROCKWOOD	 UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ESCUELA DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ		
BASTIDOR					
TÍTULO:			LAMINA: 2.00	A4	

Anexo 3. Datos de las pruebas de aceleración y frenado.

Datos de aceleración del bastidor sin optimizar				
Tiempo	Latitud	Longitud	Altitud (m)	Velocidad (km/h)
Prueba 1				
10/10/2015 9:26:44	-2.912.519.000	-79.024.129.000	2571.7	0.0
10/10/2015 9:26:45	-2.912.518.000	-79.024.139.000	2572.4	4.0
10/10/2015 9:26:46	-2.912.517.000	-79.024.160.000	2571.7	8.4
10/10/2015 9:26:47	-2.912.511.000	-79.024.192.000	2572.2	13.0
10/10/2015 9:26:48	-2.912.502.000	-79.024.232.000	2571.7	16.4
10/10/2015 9:26:49	-2.912.488.000	-79.024.282.000	2572.1	20.7
10/10/2015 9:26:50	-2.912.469.000	-79.024.341.000	2571.7	24.8
10/10/2015 9:26:51	-2.912.447.000	-79.024.409.000	2572.8	28.6
10/10/2015 9:26:52	-2.912.424.000	-79.024.483.000	2573.2	31.0
10/10/2015 9:26:53	-2.912.398.000	-79.024.563.000	2572.4	33.6
10/10/2015 9:26:54	-2.912.370.000	-79.024.649.000	2572.5	36.1
10/10/2015 9:26:55	-2.912.341.000	-79.024.741.000	2572.7	38.5
10/10/2015 9:26:56	-2.912.310.000	-79.024.838.000	2573.7	40.7
10/10/2015 9:26:57	-2.912.281.000	-79.024.940.000	2573.7	42.4
10/10/2015 9:26:58	-2.912.252.000	-79.025.046.000	2574.3	43.9
10/10/2015 9:26:59	-2.912.221.000	-79.025.154.000	2574.2	44.9
10/10/2015 9:27:00	-2.912.186.000	-79.025.266.000	2574.6	46.9
10/10/2015 9:27:01	-2.912.150.000	-79.025.380.000	2575.3	47.8
10/10/2015 9:27:02	-2.912.112.000	-79.025.497.000	2575.2	49.2
10/10/2015 9:27:03	-2.912.069.000	-79.025.621.000	2575.5	52.4
Prueba 2				
10/10/2015 9:33:21	-2.911.976.000	-79.026.250.000	2577.1	0.0
10/10/2015 9:33:22	-2.911.974.000	-79.026.245.000	2577.1	2.2
10/10/2015 9:33:23	-2.911.974.000	-79.026.232.000	2576.4	5.2
10/10/2015 9:33:24	-2.911.977.000	-79.026.213.000	2577.1	6.7
10/10/2015 9:33:25	-2.911.980.000	-79.026.199.000	2576.9	8.7
10/10/2015 9:33:26	-2.911.981.000	-79.026.192.000	2576.7	9.8
10/10/2015 9:33:27	-2.911.986.000	-79.026.182.000	2577.0	11.5

10/10/2015 9:33:28	-2.911.993.000	-79.026.159.000	2577.2	13.6
10/10/2015 9:33:29	-2.912.005.000	-79.026.122.000	2576.2	15.5
10/10/2015 9:33:30	-2.912.020.000	-79.026.072.000	2576.5	20.9
10/10/2015 9:33:31	-2.912.037.000	-79.026.013.000	2576.0	24.5
10/10/2015 9:33:32	-2.912.057.000	-79.025.946.000	2576.5	27.9
10/10/2015 9:33:33	-2.912.082.000	-79.025.872.000	2575.9	31.2
10/10/2015 9:33:34	-2.912.110.000	-79.025.788.000	2576.4	35.4
10/10/2015 9:33:35	-2.912.141.000	-79.025.698.000	2576.4	38.0
10/10/2015 9:33:36	-2.912.173.000	-79.025.602.000	2576.1	40.4
10/10/2015 9:33:37	-2.912.203.000	-79.025.501.000	2576.1	42.1
10/10/2015 9:33:38	-2.912.233.000	-79.025.394.000	2575.3	44.4
10/10/2015 9:33:39	-2.912.266.000	-79.025.281.000	2575.3	47.0
10/10/2015 9:33:40	-2.912.301.000	-79.025.165.000	2575.1	48.4
10/10/2015 9:33:41	-2.912.338.000	-79.025.042.000	2574.7	51.3
Prueba 3				
10/10/2015 9:35:58	-2.912.528.000	-79.024.129.000	2574.4	0.0
10/10/2015 9:35:59	-2.912.526.000	-79.024.133.000	2574.5	1.8
10/10/2015 9:36:00	-2.912.523.000	-79.024.147.000	2573.4	5.7
10/10/2015 9:36:01	-2.912.518.000	-79.024.175.000	2573.8	11.4
10/10/2015 9:36:02	-2.912.508.000	-79.024.216.000	2574.1	16.9
10/10/2015 9:36:03	-2.912.492.000	-79.024.264.000	2574.1	20.2
10/10/2015 9:36:04	-2.912.471.000	-79.024.322.000	2574.1	24.7
10/10/2015 9:36:05	-2.912.438.000	-79.024.400.000	2574.4	33.0
10/10/2015 9:36:06	-2.912.411.000	-79.024.478.000	2574.4	34.8
10/10/2015 9:36:07	-2.912.386.000	-79.024.565.000	2574.8	36.2
10/10/2015 9:36:08	-2.912.359.000	-79.024.653.000	2574.8	37.8
10/10/2015 9:36:09	-2.912.330.000	-79.024.748.000	2574.6	39.7
10/10/2015 9:36:10	-2.912.302.000	-79.024.845.000	2574.9	40.3
10/10/2015 9:36:11	-2.912.272.000	-79.024.946.000	2575.1	42.1
10/10/2015 9:36:12	-2.912.247.000	-79.025.051.000	2575.1	43.0
10/10/2015 9:36:13	-2.912.223.000	-79.025.156.000	2575.2	43.1
10/10/2015 9:36:14	-2.912.196.000	-79.025.264.000	2575.1	44.5
10/10/2015 9:36:15	-2.912.159.000	-79.025.371.000	2575.3	45.2

10/10/2015 9:36:16	-2.912.120.000	-79.025.481.000	2575.6	46.6
10/10/2015 9:36:17	-2.912.078.000	-79.025.594.000	2575.8	48.2
10/10/2015 9:36:18	-2.912.036.000	-79.025.714.000	2575.7	50.8
Prueba 4				
10/10/2015 9:38:41	-2.911.979.000	-79.026.257.000	2578.8	0.0
10/10/2015 9:38:42	-2.911.979.000	-79.026.248.000	2578.9	3.6
10/10/2015 9:38:43	-2.911.980.000	-79.026.228.000	2578.7	5.3
10/10/2015 9:38:44	-2.911.981.000	-79.026.203.000	2578.1	6.0
10/10/2015 9:38:45	-2.911.984.000	-79.026.191.000	2578.7	6.9
10/10/2015 9:38:46	-2.911.987.000	-79.026.189.000	2578.7	7.4
10/10/2015 9:38:47	-2.911.990.000	-79.026.181.000	2578.5	9.4
10/10/2015 9:38:48	-2.911.999.000	-79.026.157.000	2579.0	10.2
10/10/2015 9:38:49	-2.912.010.000	-79.026.118.000	2578.4	16.2
10/10/2015 9:38:50	-2.912.022.000	-79.026.066.000	2577.7	21.3
10/10/2015 9:38:51	-2.912.038.000	-79.026.006.000	2577.1	24.8
10/10/2015 9:38:52	-2.912.057.000	-79.025.938.000	2577.0	28.2
10/10/2015 9:38:53	-2.912.081.000	-79.025.853.000	2577.2	35.3
10/10/2015 9:38:54	-2.912.105.000	-79.025.763.000	2576.9	37.2
10/10/2015 9:38:55	-2.912.133.000	-79.025.669.000	2576.6	39.2
10/10/2015 9:38:56	-2.912.163.000	-79.025.569.000	2577.0	41.7
10/10/2015 9:38:57	-2.912.193.000	-79.025.464.000	2576.8	43.6
10/10/2015 9:38:58	-2.912.224.000	-79.025.354.000	2576.6	45.7
10/10/2015 9:38:59	-2.912.257.000	-79.025.240.000	2576.6	47.4
10/10/2015 9:39:00	-2.912.296.000	-79.025.116.000	2576.8	51.9
Prueba 5				
10/10/2015 9:42:27	-2.912.497.000	-79.024.117.000	2575.9	0.0
10/10/2015 9:42:28	-2.912.498.000	-79.024.123.000	2575.6	2.4
10/10/2015 9:42:29	-2.912.495.000	-79.024.145.000	2576.0	8.9
10/10/2015 9:42:30	-2.912.491.000	-79.024.179.000	2575.5	13.7
10/10/2015 9:42:31	-2.912.484.000	-79.024.223.000	2576.1	17.8
10/10/2015 9:42:32	-2.912.470.000	-79.024.275.000	2575.8	21.5
10/10/2015 9:42:33	-2.912.450.000	-79.024.335.000	2576.1	25.3
10/10/2015 9:42:34	-2.912.423.000	-79.024.406.000	2576.5	30.4

10/10/2015 9:42:35	-2.912.398.000	-79.024.482.000	2575.9	32.0
10/10/2015 9:42:36	-2.912.375.000	-79.024.573.000	2576.4	37.5
10/10/2015 9:42:37	-2.912.349.000	-79.024.665.000	2576.8	38.2
10/10/2015 9:42:38	-2.912.322.000	-79.024.760.000	2577.0	39.5
10/10/2015 9:42:39	-2.912.294.000	-79.024.859.000	2577.6	41.1
10/10/2015 9:42:40	-2.912.265.000	-79.024.961.000	2577.5	42.4
10/10/2015 9:42:41	-2.912.235.000	-79.025.066.000	2577.8	43.6
10/10/2015 9:42:42	-2.912.204.000	-79.025.174.000	2577.8	44.9
10/10/2015 9:42:43	-2.912.171.000	-79.025.282.000	2578.1	45.1
10/10/2015 9:42:44	-2.912.136.000	-79.025.392.000	2577.9	46.1
10/10/2015 9:42:45	-2.912.101.000	-79.025.504.000	2578.0	46.9
10/10/2015 9:42:46	-2.912.067.000	-79.025.619.000	2578.2	47.9
10/10/2015 9:42:47	-2.912.034.000	-79.025.737.000	2577.8	49.0
10/10/2015 9:42:48	-2.912.001.000	-79.025.857.000	2577.9	50.7
Prueba 6				
10/10/2015 9:44:23	-2.911.973.000	-79.026.297.000	2579.3	0.0
10/10/2015 9:44:24	-2.911.974.000	-79.026.295.000	2578.7	0.9
10/10/2015 9:44:25	-2.911.975.000	-79.026.292.000	2579.4	2.3
10/10/2015 9:44:26	-2.911.977.000	-79.026.279.000	2579.5	4.1
10/10/2015 9:44:27	-2.911.975.000	-79.026.254.000	2579.2	5.3
10/10/2015 9:44:28	-2.911.974.000	-79.026.229.000	2579.6	7.2
10/10/2015 9:44:29	-2.911.976.000	-79.026.211.000	2579.0	8.2
10/10/2015 9:44:30	-2.911.986.000	-79.026.193.000	2579.1	10.0
10/10/2015 9:44:31	-2.911.996.000	-79.026.163.000	2579.1	12.6
10/10/2015 9:44:32	-2.912.009.000	-79.026.119.000	2579.2	18.3
10/10/2015 9:44:33	-2.912.023.000	-79.026.064.000	2578.0	22.7
10/10/2015 9:44:34	-2.912.041.000	-79.025.999.000	2578.4	27.0
10/10/2015 9:44:35	-2.912.064.000	-79.025.925.000	2578.4	31.0
10/10/2015 9:44:36	-2.912.090.000	-79.025.845.000	2578.5	33.6
10/10/2015 9:44:37	-2.912.118.000	-79.025.758.000	2578.4	36.5
10/10/2015 9:44:38	-2.912.145.000	-79.025.664.000	2578.3	39.1
10/10/2015 9:44:39	-2.912.175.000	-79.025.562.000	2578.3	42.5
10/10/2015 9:44:40	-2.912.207.000	-79.025.456.000	2578.2	44.2

10/10/2015 9:44:41	-2.912.243.000	-79.025.346.000	2577.6	46.3
10/10/2015 9:44:42	-2.912.280.000	-79.025.230.000	2578.0	48.7
10/10/2015 9:44:43	-2.912.318.000	-79.025.104.000	2578.2	52.6
Prueba 7				
10/10/2015 9:48:51	-2.912.496.000	-79.024.099.000	2578.1	0.0
10/10/2015 9:48:52	-2.912.494.000	-79.024.113.000	2578.3	4.7
10/10/2015 9:48:53	-2.912.491.000	-79.024.137.000	2578.1	9.7
10/10/2015 9:48:54	-2.912.486.000	-79.024.171.000	2578.4	13.7
10/10/2015 9:48:55	-2.912.480.000	-79.024.210.000	2578.6	15.8
10/10/2015 9:48:56	-2.912.465.000	-79.024.261.000	2578.6	21.2
10/10/2015 9:48:57	-2.912.447.000	-79.024.321.000	2579.0	25.0
10/10/2015 9:48:58	-2.912.427.000	-79.024.388.000	2579.4	27.9
10/10/2015 9:48:59	-2.912.400.000	-79.024.478.000	2579.5	33.5
10/10/2015 9:49:00	-2.912.378.000	-79.024.564.000	2578.8	36.5
10/10/2015 9:49:01	-2.912.345.000	-79.024.659.000	2578.9	38.2
10/10/2015 9:49:02	-2.912.315.000	-79.024.756.000	2579.5	40.1
10/10/2015 9:49:03	-2.912.283.000	-79.024.851.000	2579.8	40.6
10/10/2015 9:49:04	-2.912.253.000	-79.024.952.000	2580.1	42.1
10/10/2015 9:49:05	-2.912.224.000	-79.025.059.000	2579.9	44.3
10/10/2015 9:49:06	-2.912.191.000	-79.025.169.000	2580.3	45.9
10/10/2015 9:49:07	-2.912.157.000	-79.025.282.000	2580.5	47.2
10/10/2015 9:49:08	-2.912.121.000	-79.025.395.000	2580.3	47.4
10/10/2015 9:49:09	-2.912.085.000	-79.025.511.000	2580.2	48.5
10/10/2015 9:49:10	-2.912.049.000	-79.025.628.000	2580.4	48.9
10/10/2015 9:49:11	-2.912.014.000	-79.025.747.000	2580.8	50.6
Prueba 8				
10/10/2015 9:51:35	-2.912.002.000	-79.026.210.000	2581.3	0.0
10/10/2015 9:51:36	-2.911.995.000	-79.026.197.000	2581.4	1.9
10/10/2015 9:51:37	-2.911.990.000	-79.026.180.000	2581.3	3.1
10/10/2015 9:51:38	-2.911.991.000	-79.026.163.000	2581.5	4.8
10/10/2015 9:51:39	-2.911.994.000	-79.026.158.000	2581.3	6.3
10/10/2015 9:51:40	-2.911.998.000	-79.026.148.000	2581.1	7.3
10/10/2015 9:51:41	-2.912.006.000	-79.026.125.000	2581.3	9.7

10/10/2015 9:51:42	-2.912.017.000	-79.026.087.000	2580.4	15.8
10/10/2015 9:51:43	-2.912.029.000	-79.026.040.000	2580.9	19.4
10/10/2015 9:51:44	-2.912.045.000	-79.025.982.000	2580.6	24.0
10/10/2015 9:51:45	-2.912.064.000	-79.025.918.000	2580.4	26.7
10/10/2015 9:51:46	-2.912.089.000	-79.025.843.000	2581.0	31.6
10/10/2015 9:51:47	-2.912.115.000	-79.025.760.000	2581.5	34.8
10/10/2015 9:51:48	-2.912.143.000	-79.025.670.000	2581.2	37.7
10/10/2015 9:51:49	-2.912.173.000	-79.025.573.000	2581.0	40.6
10/10/2015 9:51:50	-2.912.204.000	-79.025.471.000	2581.1	42.6
10/10/2015 9:51:51	-2.912.237.000	-79.025.362.000	2581.7	45.5
10/10/2015 9:51:52	-2.912.271.000	-79.025.249.000	2581.0	47.2
10/10/2015 9:51:53	-2.912.307.000	-79.025.131.000	2581.0	49.3
10/10/2015 9:51:54	-2.912.345.000	-79.025.009.000	2580.5	51.1
Prueba 9				
10/10/2015 9:54:21	-2.912.512.000	-79.024.128.000	2579.4	0.0
10/10/2015 9:54:22	-2.912.510.000	-79.024.137.000	2579.2	3.7
10/10/2015 9:54:23	-2.912.506.000	-79.024.160.000	2579.1	9.3
10/10/2015 9:54:24	-2.912.499.000	-79.024.196.000	2578.8	14.7
10/10/2015 9:54:25	-2.912.492.000	-79.024.239.000	2579.4	17.4
10/10/2015 9:54:26	-2.912.477.000	-79.024.291.000	2579.0	21.6
10/10/2015 9:54:27	-2.912.445.000	-79.024.354.000	2579.6	28.2
10/10/2015 9:54:28	-2.912.408.000	-79.024.427.000	2579.4	31.2
10/10/2015 9:54:29	-2.912.383.000	-79.024.501.000	2579.1	32.7
10/10/2015 9:54:30	-2.912.358.000	-79.024.580.000	2579.5	33.1
10/10/2015 9:54:31	-2.912.334.000	-79.024.665.000	2580.0	35.3
10/10/2015 9:54:32	-2.912.307.000	-79.024.756.000	2580.5	37.9
10/10/2015 9:54:33	-2.912.279.000	-79.024.853.000	2580.7	40.3
10/10/2015 9:54:34	-2.912.250.000	-79.024.952.000	2581.1	41.2
10/10/2015 9:54:35	-2.912.220.000	-79.025.054.000	2581.0	42.5
10/10/2015 9:54:36	-2.912.190.000	-79.025.167.000	2581.1	45.7
10/10/2015 9:54:37	-2.912.164.000	-79.025.279.000	2582.3	45.9
10/10/2015 9:54:38	-2.912.139.000	-79.025.384.000	2583.1	47.9
10/10/2015 9:54:39	-2.912.112.000	-79.025.491.000	2581.5	49.1

10/10/2015 9:54:40	-2.912.077.000	-79.025.602.000	2581.6	50.5
Prueba 10				
10/10/2015 9:57:07	-2.911.984.000	-79.026.243.000	2581.7	0.0
10/10/2015 9:57:08	-2.911.983.000	-79.026.239.000	2581.6	1.6
10/10/2015 9:57:09	-2.911.980.000	-79.026.225.000	2581.9	5.7
10/10/2015 9:57:10	-2.911.979.000	-79.026.208.000	2582.3	6.0
10/10/2015 9:57:11	-2.911.978.000	-79.026.193.000	2581.6	6.8
10/10/2015 9:57:12	-2.911.980.000	-79.026.179.000	2582.0	8.7
10/10/2015 9:57:13	-2.911.981.000	-79.026.155.000	2581.5	9.6
10/10/2015 9:57:14	-2.911.988.000	-79.026.119.000	2581.2	14.7
10/10/2015 9:57:15	-2.912.002.000	-79.026.070.000	2580.5	20.4
10/10/2015 9:57:16	-2.912.022.000	-79.026.012.000	2580.8	24.5
10/10/2015 9:57:17	-2.912.044.000	-79.025.947.000	2580.1	27.4
10/10/2015 9:57:18	-2.912.069.000	-79.025.874.000	2579.7	30.8
10/10/2015 9:57:19	-2.912.096.000	-79.025.793.000	2580.2	34.1
10/10/2015 9:57:20	-2.912.124.000	-79.025.706.000	2580.5	36.5
10/10/2015 9:57:21	-2.912.154.000	-79.025.612.000	2580.1	39.4
10/10/2015 9:57:22	-2.912.185.000	-79.025.511.000	2579.7	42.2
10/10/2015 9:57:23	-2.912.217.000	-79.025.405.000	2580.1	44.2
10/10/2015 9:57:24	-2.912.251.000	-79.025.293.000	2579.8	46.8
10/10/2015 9:57:25	-2.912.288.000	-79.025.176.000	2580.1	49.0
10/10/2015 9:57:26	-2.912.328.000	-79.025.057.000	2580.1	50.2
Prueba 11				
10/10/2015 10:00:42	-2.912.538.000	-79.024.126.000	2579.6	0.0
10/10/2015 10:00:43	-2.912.534.000	-79.024.138.000	2579.6	5.1
10/10/2015 10:00:44	-2.912.528.000	-79.024.164.000	2579.4	10.7
10/10/2015 10:00:45	-2.912.519.000	-79.024.200.000	2579.7	14.8
10/10/2015 10:00:46	-2.912.507.000	-79.024.243.000	2579.6	17.8
10/10/2015 10:00:47	-2.912.490.000	-79.024.297.000	2580.1	22.6
10/10/2015 10:00:48	-2.912.468.000	-79.024.359.000	2579.8	26.3
10/10/2015 10:00:49	-2.912.438.000	-79.024.432.000	2579.9	31.5
10/10/2015 10:00:50	-2.912.419.000	-79.024.512.000	2580.0	32.9
10/10/2015 10:00:51	-2.912.395.000	-79.024.599.000	2580.3	36.1

10/10/2015 10:00:52	-2.912.371.000	-79.024.689.000	2580.2	37.2
10/10/2015 10:00:53	-2.912.344.000	-79.024.781.000	2580.8	38.3
10/10/2015 10:00:54	-2.912.314.000	-79.024.878.000	2580.6	40.6
10/10/2015 10:00:55	-2.912.283.000	-79.024.981.000	2580.2	43.0
10/10/2015 10:00:56	-2.912.251.000	-79.025.086.000	2581.8	43.9
10/10/2015 10:00:57	-2.912.219.000	-79.025.194.000	2581.1	45.0
10/10/2015 10:00:58	-2.912.185.000	-79.025.305.000	2581.1	46.4
10/10/2015 10:00:59	-2.912.140.000	-79.025.419.000	2581.7	47.6
10/10/2015 10:01:00	-2.912.102.000	-79.025.532.000	2580.9	49.0
10/10/2015 10:01:01	-2.912.062.000	-79.025.649.000	2581.1	49.4
10/10/2015 10:01:02	-2.912.025.000	-79.025.770.000	2581.5	50.6
Prueba 12				
10/10/2015 10:03:29	-2.912.002.000	-79.026.184.000	2583.1	0.0
10/10/2015 10:03:30	-2.912.000.000	-79.026.185.000	2582.8	2.9
10/10/2015 10:03:31	-2.911.998.000	-79.026.185.000	2582.8	4.8
10/10/2015 10:03:32	-2.911.996.000	-79.026.185.000	2582.6	6.8
10/10/2015 10:03:33	-2.912.000.000	-79.026.175.000	2583.0	8.3
10/10/2015 10:03:34	-2.912.003.000	-79.026.150.000	2582.7	10.1
10/10/2015 10:03:35	-2.912.009.000	-79.026.112.000	2582.3	15.4
10/10/2015 10:03:36	-2.912.017.000	-79.026.058.000	2582.7	21.8
10/10/2015 10:03:37	-2.912.030.000	-79.025.996.000	2582.9	25.3
10/10/2015 10:03:38	-2.912.050.000	-79.025.927.000	2582.4	28.7
10/10/2015 10:03:39	-2.912.077.000	-79.025.850.000	2582.2	32.6
10/10/2015 10:03:40	-2.912.106.000	-79.025.765.000	2582.1	35.9
10/10/2015 10:03:41	-2.912.135.000	-79.025.676.000	2582.5	37.4
10/10/2015 10:03:42	-2.912.164.000	-79.025.580.000	2582.2	40.1
10/10/2015 10:03:43	-2.912.193.000	-79.025.476.000	2582.0	43.1
10/10/2015 10:03:44	-2.912.226.000	-79.025.367.000	2581.6	45.5
10/10/2015 10:03:45	-2.912.260.000	-79.025.249.000	2581.9	47.1
10/10/2015 10:03:46	-2.912.295.000	-79.025.130.000	2581.4	48.6
10/10/2015 10:03:47	-2.912.331.000	-79.025.011.000	2580.4	49.7
10/10/2015 10:03:48	-2.912.367.000	-79.024.886.000	2580.5	52.0

Prueba 13				
10/10/2015 10:05:19	-2.912.528.000	-79.024.118.000	2580.2	0.0
10/10/2015 10:05:20	-2.912.525.000	-79.024.123.000	2580.1	2.3
10/10/2015 10:05:21	-2.912.523.000	-79.024.123.000	2580.0	3.8
10/10/2015 10:05:22	-2.912.519.000	-79.024.130.000	2579.9	4.2
10/10/2015 10:05:23	-2.912.515.000	-79.024.148.000	2580.0	7.4
10/10/2015 10:05:24	-2.912.512.000	-79.024.179.000	2579.7	12.4
10/10/2015 10:05:25	-2.912.506.000	-79.024.219.000	2579.7	16.2
10/10/2015 10:05:26	-2.912.491.000	-79.024.270.000	2580.0	21.2
10/10/2015 10:05:27	-2.912.470.000	-79.024.326.000	2579.7	23.9
10/10/2015 10:05:28	-2.912.447.000	-79.024.388.000	2580.5	26.4
10/10/2015 10:05:29	-2.912.424.000	-79.024.460.000	2580.4	30.2
10/10/2015 10:05:30	-2.912.400.000	-79.024.540.000	2580.4	33.4
10/10/2015 10:05:31	-2.912.375.000	-79.024.623.000	2581.0	34.6
10/10/2015 10:05:32	-2.912.345.000	-79.024.710.000	2581.4	36.8
10/10/2015 10:05:33	-2.912.313.000	-79.024.804.000	2581.5	39.7
10/10/2015 10:05:34	-2.912.282.000	-79.024.907.000	2581.9	43.0
10/10/2015 10:05:35	-2.912.252.000	-79.025.012.000	2581.8	43.6
10/10/2015 10:05:36	-2.912.221.000	-79.025.118.000	2581.6	44.1
10/10/2015 10:05:37	-2.912.184.000	-79.025.233.000	2581.8	48.3
10/10/2015 10:05:38	-2.912.142.000	-79.025.351.000	2581.8	50.1
Prueba 14				
10/10/2015 10:07:10	-2.911.983.000	-79.026.199.000	2583.1	0.0
10/10/2015 10:07:11	-2.911.984.000	-79.026.201.000	2583.2	0.9
10/10/2015 10:07:12	-2.911.983.000	-79.026.195.000	2582.7	2.4
10/10/2015 10:07:13	-2.911.982.000	-79.026.188.000	2583.1	2.8
10/10/2015 10:07:14	-2.911.981.000	-79.026.177.000	2583.0	4.4
10/10/2015 10:07:15	-2.911.985.000	-79.026.164.000	2583.1	5.4
10/10/2015 10:07:16	-2.911.993.000	-79.026.142.000	2582.8	9.4
10/10/2015 10:07:17	-2.912.002.000	-79.026.105.000	2583.0	15.2
10/10/2015 10:07:18	-2.912.014.000	-79.026.052.000	2583.1	21.7
10/10/2015 10:07:19	-2.912.029.000	-79.025.986.000	2582.5	27.0
10/10/2015 10:07:20	-2.912.050.000	-79.025.915.000	2582.4	29.6

10/10/2015 10:07:21	-2.912.073.000	-79.025.835.000	2582.7	33.3
10/10/2015 10:07:22	-2.912.100.000	-79.025.749.000	2582.4	36.0
10/10/2015 10:07:23	-2.912.129.000	-79.025.658.000	2582.2	38.2
10/10/2015 10:07:24	-2.912.160.000	-79.025.559.000	2582.2	41.5
10/10/2015 10:07:25	-2.912.192.000	-79.025.455.000	2582.7	43.5
10/10/2015 10:07:26	-2.912.227.000	-79.025.348.000	2581.8	45.0
10/10/2015 10:07:27	-2.912.262.000	-79.025.234.000	2581.5	47.7
10/10/2015 10:07:28	-2.912.295.000	-79.025.118.000	2580.8	48.2
10/10/2015 10:07:29	-2.912.330.000	-79.024.998.000	2580.9	50.0
Prueba 15				
10/10/2015 10:12:37	-2.912.507.000	-79.024.113.000	2580.1	0.0
10/10/2015 10:12:38	-2.912.505.000	-79.024.128.000	2580.5	6.0
10/10/2015 10:12:39	-2.912.500.000	-79.024.154.000	2579.5	10.6
10/10/2015 10:12:40	-2.912.492.000	-79.024.189.000	2580.0	14.3
10/10/2015 10:12:41	-2.912.481.000	-79.024.232.000	2580.4	17.7
10/10/2015 10:12:42	-2.912.467.000	-79.024.285.000	2579.8	21.9
10/10/2015 10:12:43	-2.912.447.000	-79.024.345.000	2580.3	25.3
10/10/2015 10:12:44	-2.912.425.000	-79.024.413.000	2580.4	28.6
10/10/2015 10:12:45	-2.912.402.000	-79.024.487.000	2580.4	31.0
10/10/2015 10:12:46	-2.912.378.000	-79.024.583.000	2580.6	37.2
10/10/2015 10:12:47	-2.912.354.000	-79.024.673.000	2580.5	37.5
10/10/2015 10:12:48	-2.912.327.000	-79.024.763.000	2580.8	39.5
10/10/2015 10:12:49	-2.912.299.000	-79.024.861.000	2581.0	40.7
10/10/2015 10:12:50	-2.912.267.000	-79.024.961.000	2581.0	41.1
10/10/2015 10:12:51	-2.912.236.000	-79.025.059.000	2581.0	42.0
10/10/2015 10:12:52	-2.912.209.000	-79.025.164.000	2581.1	43.3
10/10/2015 10:12:53	-2.912.175.000	-79.025.272.000	2581.3	45.2
10/10/2015 10:12:54	-2.912.137.000	-79.025.382.000	2581.4	46.5
10/10/2015 10:12:55	-2.912.097.000	-79.025.491.000	2581.7	48.4
10/10/2015 10:12:56	-2.912.057.000	-79.025.599.000	2581.6	49.0
10/10/2015 10:12:57	-2.912.023.000	-79.025.709.000	2581.7	51.2
Prueba 16				
10/10/2015 10:15:22	-2.911.954.000	-79.026.139.000	2582.2	0.0

10/10/2015 10:15:23	-2.911.954.000	-79.026.140.000	2582.5	1.4
10/10/2015 10:15:24	-2.911.953.000	-79.026.140.000	2582.1	3.4
10/10/2015 10:15:25	-2.911.955.000	-79.026.134.000	2582.1	5.5
10/10/2015 10:15:26	-2.911.961.000	-79.026.117.000	2581.7	7.2
10/10/2015 10:15:27	-2.911.972.000	-79.026.090.000	2581.9	11.7
10/10/2015 10:15:28	-2.911.985.000	-79.026.046.000	2582.3	18.3
10/10/2015 10:15:29	-2.911.998.000	-79.025.989.000	2582.1	23.4
10/10/2015 10:15:30	-2.912.014.000	-79.025.925.000	2581.5	26.4
10/10/2015 10:15:31	-2.912.034.000	-79.025.852.000	2581.6	30.2
10/10/2015 10:15:32	-2.912.057.000	-79.025.764.000	2581.9	36.3
10/10/2015 10:15:33	-2.912.088.000	-79.025.680.000	2581.0	35.8
10/10/2015 10:15:34	-2.912.121.000	-79.025.591.000	2581.7	37.9
10/10/2015 10:15:35	-2.912.154.000	-79.025.495.000	2581.1	40.6
10/10/2015 10:15:36	-2.912.186.000	-79.025.393.000	2580.8	42.7
10/10/2015 10:15:37	-2.912.220.000	-79.025.286.000	2580.6	44.9
10/10/2015 10:15:38	-2.912.253.000	-79.025.174.000	2580.1	46.7
10/10/2015 10:15:39	-2.912.288.000	-79.025.058.000	2580.4	48.4
10/10/2015 10:15:40	-2.912.324.000	-79.024.939.000	2580.1	49.7
10/10/2015 10:15:41	-2.912.360.000	-79.024.818.000	2580.0	50.4
Prueba 17				
10/10/2015 10:20:49	-2.912.535.000	-79.024.098.000	2581.8	0.0
10/10/2015 10:20:50	-2.912.535.000	-79.024.099.000	2581.9	1.4
10/10/2015 10:20:51	-2.912.534.000	-79.024.108.000	2581.8	4.6
10/10/2015 10:20:52	-2.912.528.000	-79.024.127.000	2582.2	8.0
10/10/2015 10:20:53	-2.912.521.000	-79.024.158.000	2582.0	12.7
10/10/2015 10:20:54	-2.912.507.000	-79.024.198.000	2582.3	16.9
10/10/2015 10:20:55	-2.912.489.000	-79.024.247.000	2582.2	20.9
10/10/2015 10:20:56	-2.912.469.000	-79.024.304.000	2582.4	24.1
10/10/2015 10:20:57	-2.912.447.000	-79.024.368.000	2581.9	27.0
10/10/2015 10:20:58	-2.912.424.000	-79.024.439.000	2581.8	29.8
10/10/2015 10:20:59	-2.912.397.000	-79.024.518.000	2582.3	33.4
10/10/2015 10:21:00	-2.912.368.000	-79.024.604.000	2582.1	36.3
10/10/2015 10:21:01	-2.912.338.000	-79.024.709.000	2582.1	38.6

10/10/2015 10:21:02	-2.912.307.000	-79.024.826.000	2582.0	39.4
10/10/2015 10:21:03	-2.912.272.000	-79.024.921.000	2582.5	40.5
10/10/2015 10:21:04	-2.912.238.000	-79.025.029.000	2582.8	45.2
10/10/2015 10:21:05	-2.912.207.000	-79.025.138.000	2582.9	45.3
10/10/2015 10:21:06	-2.912.165.000	-79.025.253.000	2582.8	48.9
10/10/2015 10:21:07	-2.912.149.000	-79.025.381.000	2582.8	51.5
Prueba 18				
10/10/2015 10:22:58	-2.911.977.000	-79.026.230.000	2585.0	0.0
10/10/2015 10:22:59	-2.911.979.000	-79.026.222.000	2584.8	3.3
10/10/2015 10:23:00	-2.911.982.000	-79.026.206.000	2584.8	5.5
10/10/2015 10:23:01	-2.911.980.000	-79.026.190.000	2584.9	6.4
10/10/2015 10:23:02	-2.911.987.000	-79.026.168.000	2584.6	9.2
10/10/2015 10:23:03	-2.911.996.000	-79.026.146.000	2584.5	9.5
10/10/2015 10:23:04	-2.912.008.000	-79.026.109.000	2584.8	15.5
10/10/2015 10:23:05	-2.912.024.000	-79.026.053.000	2584.2	23.3
10/10/2015 10:23:06	-2.912.042.000	-79.025.985.000	2584.2	28.1
10/10/2015 10:23:07	-2.912.063.000	-79.025.909.000	2584.1	31.5
10/10/2015 10:23:08	-2.912.089.000	-79.025.826.000	2584.5	34.8
10/10/2015 10:23:09	-2.912.116.000	-79.025.738.000	2584.5	36.8
10/10/2015 10:23:10	-2.912.144.000	-79.025.641.000	2584.2	40.3
10/10/2015 10:23:11	-2.912.173.000	-79.025.539.000	2583.9	42.4
10/10/2015 10:23:12	-2.912.202.000	-79.025.431.000	2583.4	44.7
10/10/2015 10:23:13	-2.912.233.000	-79.025.320.000	2583.2	46.1
10/10/2015 10:23:14	-2.912.264.000	-79.025.208.000	2583.1	46.4
10/10/2015 10:23:15	-2.912.295.000	-79.025.093.000	2582.3	47.6
10/10/2015 10:23:16	-2.912.327.000	-79.024.977.000	2581.2	48.1
10/10/2015 10:23:17	-2.912.363.000	-79.024.859.000	2581.4	49.3
10/10/2015 10:23:18	-2.912.401.000	-79.024.736.000	2581.2	51.4
Prueba 19				
10/10/2015 10:23:41	-2.912.541.000	-79.024.103.000	2581.3	0.0
10/10/2015 10:23:42	-2.912.538.000	-79.024.103.000	2581.2	1.2
10/10/2015 10:23:43	-2.912.533.000	-79.024.110.000	2581.2	3.4
10/10/2015 10:23:44	-2.912.527.000	-79.024.128.000	2581.1	7.6

10/10/2015 10:23:45	-2.912.519.000	-79.024.158.000	2581.5	12.4
10/10/2015 10:23:46	-2.912.508.000	-79.024.199.000	2581.4	17.0
10/10/2015 10:23:47	-2.912.489.000	-79.024.249.000	2581.4	21.4
10/10/2015 10:23:48	-2.912.467.000	-79.024.307.000	2581.5	24.8
10/10/2015 10:23:49	-2.912.445.000	-79.024.370.000	2581.4	26.7
10/10/2015 10:23:50	-2.912.423.000	-79.024.443.000	2581.7	30.5
10/10/2015 10:23:51	-2.912.400.000	-79.024.523.000	2581.5	33.3
10/10/2015 10:23:52	-2.912.376.000	-79.024.608.000	2581.7	35.3
10/10/2015 10:23:53	-2.912.341.000	-79.024.711.000	2582.3	39.5
10/10/2015 10:23:54	-2.912.305.000	-79.024.807.000	2581.9	41.0
10/10/2015 10:23:55	-2.912.272.000	-79.024.905.000	2581.5	41.3
10/10/2015 10:23:56	-2.912.240.000	-79.025.006.000	2582.2	42.3
10/10/2015 10:23:57	-2.912.210.000	-79.025.111.000	2583.5	43.6
10/10/2015 10:23:58	-2.912.174.000	-79.025.221.000	2583.4	45.1
10/10/2015 10:23:59	-2.912.135.000	-79.025.327.000	2583.3	46.3
10/10/2015 10:24:00	-2.912.108.000	-79.025.448.000	2583.8	48.9
10/10/2015 10:24:01	-2.912.072.000	-79.025.565.000	2583.3	49.5
10/10/2015 10:24:02	-2.912.043.000	-79.025.691.000	2584.5	51.7
Prueba 20				
10/10/2015 10:26:24	-2.911.985.000	-79.026.186.000	2584.2	0.0
10/10/2015 10:26:25	-2.911.985.000	-79.026.186.000	2584.3	1.2
10/10/2015 10:26:26	-2.911.986.000	-79.026.184.000	2584.3	3.9
10/10/2015 10:26:27	-2.911.990.000	-79.026.171.000	2584.1	5.4
10/10/2015 10:26:28	-2.911.997.000	-79.026.148.000	2584.0	9.6
10/10/2015 10:26:29	-2.912.006.000	-79.026.111.000	2584.4	15.2
10/10/2015 10:26:30	-2.912.017.000	-79.026.058.000	2583.7	21.6
10/10/2015 10:26:31	-2.912.030.000	-79.025.995.000	2583.7	25.7
10/10/2015 10:26:32	-2.912.049.000	-79.025.925.000	2584.1	29.0
10/10/2015 10:26:33	-2.912.071.000	-79.025.847.000	2584.6	32.4
10/10/2015 10:26:34	-2.912.096.000	-79.025.763.000	2584.5	35.0
10/10/2015 10:26:35	-2.912.123.000	-79.025.672.000	2584.3	37.9
10/10/2015 10:26:36	-2.912.152.000	-79.025.576.000	2584.1	40.1
10/10/2015 10:26:37	-2.912.185.000	-79.025.474.000	2584.3	42.8

10/10/2015 10:26:38	-2.912.218.000	-79.025.367.000	2584.2	44.7
10/10/2015 10:26:39	-2.912.252.000	-79.025.255.000	2583.6	46.8
10/10/2015 10:26:40	-2.912.287.000	-79.025.140.000	2583.1	48.0
10/10/2015 10:26:41	-2.912.325.000	-79.025.020.000	2583.1	49.3
10/10/2015 10:26:42	-2.912.364.000	-79.024.897.000	2583.0	51.6

Resumen de datos de aceleración del bastidor sin optimizar	
No. de Prueba	Tiempo total transcurrido (seg)
1	19
2	20
3	20
4	19
5	21
6	20
7	20
8	19
9	19
10	19
11	20
12	19
13	19
14	19
15	20
16	19
17	18
18	20
19	21
20	18

Datos de aceleración del bastidor optimizado				
Tiempo	Latitud	Longitud	Altitud (m)	Velocidad (km/h)
Prueba 1				
11/10/2015 10:48:30	-2.912.503.000	-79.024.101.000	2575.8	0.0
11/10/2015 10:48:31	-2.912.500.000	-79.024.108.000	2575.7	3.0
11/10/2015 10:48:32	-2.912.495.000	-79.024.124.000	2575.8	6.7
11/10/2015 10:48:33	-2.912.488.000	-79.024.151.000	2575.3	11.1
11/10/2015 10:48:34	-2.912.476.000	-79.024.193.000	2574.9	17.5
11/10/2015 10:48:35	-2.912.460.000	-79.024.246.000	2575.4	22.1
11/10/2015 10:48:36	-2.912.438.000	-79.024.311.000	2576.2	27.4
11/10/2015 10:48:37	-2.912.414.000	-79.024.381.000	2575.8	29.6
11/10/2015 10:48:38	-2.912.392.000	-79.024.453.000	2576.2	30.1
11/10/2015 10:48:39	-2.912.370.000	-79.024.531.000	2575.4	32.4
11/10/2015 10:48:40	-2.912.341.000	-79.024.625.000	2576.1	39.3
11/10/2015 10:48:41	-2.912.314.000	-79.024.721.000	2577.4	39.8
11/10/2015 10:48:42	-2.912.287.000	-79.024.821.000	2577.8	40.4
11/10/2015 10:48:43	-2.912.261.000	-79.024.919.000	2577.3	41.5
11/10/2015 10:48:44	-2.912.232.000	-79.025.029.000	2577.3	45.5
11/10/2015 10:48:45	-2.912.203.000	-79.025.139.000	2577.6	45.5
11/10/2015 10:48:46	-2.912.168.000	-79.025.252.000	2578.1	47.3
11/10/2015 10:48:47	-2.912.134.000	-79.025.368.000	2578.3	48.3
11/10/2015 10:48:48	-2.912.096.000	-79.025.486.000	2578.0	49.5
11/10/2015 10:48:49	-2.912.058.000	-79.025.604.000	2577.8	49.5
11/10/2015 10:48:50	-2.912.022.000	-79.025.724.000	2576.9	50.1
Prueba 2				
11/10/2015 10:50:17	-2.911.937.000	-79.026.176.000	2579.6	0.0
11/10/2015 10:50:18	-2.911.940.000	-79.026.179.000	2579.7	1.7
11/10/2015 10:50:19	-2.911.942.000	-79.026.180.000	2579.9	3.9
11/10/2015 10:50:20	-2.911.944.000	-79.026.181.000	2579.9	5.9
11/10/2015 10:50:21	-2.911.946.000	-79.026.177.000	2580.0	6.8
11/10/2015 10:50:22	-2.911.951.000	-79.026.157.000	2579.9	8.2
11/10/2015 10:50:23	-2.911.960.000	-79.026.123.000	2579.7	14.1

11/10/2015 10:50:24	-2.911.974.000	-79.026.079.000	2579.2	18.5
11/10/2015 10:50:25	-2.911.991.000	-79.026.019.000	2579.2	24.9
11/10/2015 10:50:26	-2.912.009.000	-79.025.948.000	2578.7	29.3
11/10/2015 10:50:27	-2.912.029.000	-79.025.869.000	2578.6	32.6
11/10/2015 10:50:28	-2.912.054.000	-79.025.783.000	2579.0	35.8
11/10/2015 10:50:29	-2.912.085.000	-79.025.692.000	2578.3	38.4
11/10/2015 10:50:30	-2.912.114.000	-79.025.592.000	2579.0	41.6
11/10/2015 10:50:31	-2.912.143.000	-79.025.486.000	2578.4	43.9
11/10/2015 10:50:32	-2.912.180.000	-79.025.377.000	2577.7	46.0
11/10/2015 10:50:33	-2.912.218.000	-79.025.263.000	2577.6	48.0
11/10/2015 10:50:34	-2.912.256.000	-79.025.143.000	2577.7	50.3
Prueba 3				
11/10/2015 10:52:10	-2.912.545.000	-79.024.104.000	2577.1	0.0
11/10/2015 10:52:11	-2.912.543.000	-79.024.112.000	2576.8	3.3
11/10/2015 10:52:12	-2.912.531.000	-79.024.130.000	2576.6	8.6
11/10/2015 10:52:13	-2.912.518.000	-79.024.162.000	2576.3	13.8
11/10/2015 10:52:14	-2.912.504.000	-79.024.209.000	2577.0	19.6
11/10/2015 10:52:15	-2.912.487.000	-79.024.272.000	2577.7	26.1
11/10/2015 10:52:16	-2.912.467.000	-79.024.340.000	2577.2	28.3
11/10/2015 10:52:17	-2.912.444.000	-79.024.411.000	2577.4	29.8
11/10/2015 10:52:18	-2.912.419.000	-79.024.487.000	2576.9	32.0
11/10/2015 10:52:19	-2.912.390.000	-79.024.576.000	2576.8	37.4
11/10/2015 10:52:20	-2.912.361.000	-79.024.670.000	2577.5	39.1
11/10/2015 10:52:21	-2.912.334.000	-79.024.764.000	2578.4	39.3
11/10/2015 10:52:22	-2.912.300.000	-79.024.865.000	2578.9	42.6
11/10/2015 10:52:23	-2.912.269.000	-79.024.971.000	2578.6	44.1
11/10/2015 10:52:24	-2.912.236.000	-79.025.080.000	2578.0	45.5
11/10/2015 10:52:25	-2.912.200.000	-79.025.190.000	2578.2	46.3
11/10/2015 10:52:26	-2.912.161.000	-79.025.305.000	2577.9	48.5
11/10/2015 10:52:27	-2.912.121.000	-79.025.421.000	2578.4	49.0
11/10/2015 10:52:28	-2.912.085.000	-79.025.537.000	2578.3	49.7
11/10/2015 10:52:29	-2.912.049.000	-79.025.656.000	2578.6	50.1

Prueba 4				
11/10/2015 10:54:01	-2.911.968.000	-79.026.239.000	2580.0	0.0
11/10/2015 10:54:02	-2.911.967.000	-79.026.233.000	2579.9	0.9
11/10/2015 10:54:03	-2.911.964.000	-79.026.217.000	2580.1	2.9
11/10/2015 10:54:04	-2.911.957.000	-79.026.199.000	2580.1	3.2
11/10/2015 10:54:05	-2.911.960.000	-79.026.194.000	2580.1	4.9
11/10/2015 10:54:06	-2.911.960.000	-79.026.188.000	2580.6	6.5
11/10/2015 10:54:07	-2.911.961.000	-79.026.173.000	2580.0	7.7
11/10/2015 10:54:08	-2.911.970.000	-79.026.147.000	2579.6	11.0
11/10/2015 10:54:09	-2.911.982.000	-79.026.107.000	2579.5	16.7
11/10/2015 10:54:10	-2.911.997.000	-79.026.053.000	2580.0	22.4
11/10/2015 10:54:11	-2.912.010.000	-79.025.982.000	2579.6	28.8
11/10/2015 10:54:12	-2.912.036.000	-79.025.904.000	2579.6	32.9
11/10/2015 10:54:13	-2.912.059.000	-79.025.816.000	2579.3	36.3
11/10/2015 10:54:14	-2.912.089.000	-79.025.727.000	2579.3	37.5
11/10/2015 10:54:15	-2.912.120.000	-79.025.633.000	2579.7	39.6
11/10/2015 10:54:16	-2.912.150.000	-79.025.529.000	2579.6	43.3
11/10/2015 10:54:17	-2.912.185.000	-79.025.420.000	2579.1	45.7
11/10/2015 10:54:18	-2.912.220.000	-79.025.305.000	2578.7	48.0
11/10/2015 10:54:19	-2.912.257.000	-79.025.186.000	2578.0	49.8
11/10/2015 10:54:20	-2.912.294.000	-79.025.062.000	2578.0	51.7
Prueba 5				
11/10/2015 10:55:41	-2.912.509.000	-79.024.104.000	2578.0	0.0
11/10/2015 10:55:42	-2.912.507.000	-79.024.110.000	2577.7	2.5
11/10/2015 10:55:43	-2.912.500.000	-79.024.128.000	2577.6	7.7
11/10/2015 10:55:44	-2.912.495.000	-79.024.159.000	2577.9	12.5
11/10/2015 10:55:45	-2.912.482.000	-79.024.201.000	2577.9	17.6
11/10/2015 10:55:46	-2.912.463.000	-79.024.259.000	2577.9	24.4
11/10/2015 10:55:47	-2.912.443.000	-79.024.327.000	2577.8	28.3
11/10/2015 10:55:48	-2.912.421.000	-79.024.400.000	2577.5	30.5
11/10/2015 10:55:49	-2.912.398.000	-79.024.481.000	2577.4	33.6
11/10/2015 10:55:50	-2.912.374.000	-79.024.566.000	2577.7	35.3
11/10/2015 10:55:51	-2.912.346.000	-79.024.657.000	2577.9	38.0

11/10/2015 10:55:52	-2.912.317.000	-79.024.750.000	2578.2	38.9
11/10/2015 10:55:53	-2.912.289.000	-79.024.848.000	2578.4	40.7
11/10/2015 10:55:54	-2.912.263.000	-79.024.952.000	2578.6	42.8
11/10/2015 10:55:55	-2.912.231.000	-79.025.058.000	2578.6	44.2
11/10/2015 10:55:56	-2.912.192.000	-79.025.164.000	2578.5	45.1
11/10/2015 10:55:57	-2.912.153.000	-79.025.271.000	2578.6	45.5
11/10/2015 10:55:58	-2.912.114.000	-79.025.381.000	2579.6	46.6
11/10/2015 10:55:59	-2.912.075.000	-79.025.494.000	2578.7	47.8
11/10/2015 10:56:00	-2.912.038.000	-79.025.612.000	2578.4	49.4
11/10/2015 10:56:01	-2.912.000.000	-79.025.730.000	2578.8	50.5
Prueba 6				
11/10/2015 10:57:38	-2.911.963.000	-79.026.218.000	2581.3	0.0
11/10/2015 10:57:39	-2.911.961.000	-79.026.217.000	2581.3	0.9
11/10/2015 10:57:40	-2.911.960.000	-79.026.215.000	2581.3	2.9
11/10/2015 10:57:41	-2.911.960.000	-79.026.210.000	2581.1	5.0
11/10/2015 10:57:42	-2.911.964.000	-79.026.195.000	2581.2	7.2
11/10/2015 10:57:43	-2.911.971.000	-79.026.169.000	2581.2	10.8
11/10/2015 10:57:44	-2.911.979.000	-79.026.125.000	2580.6	17.9
11/10/2015 10:57:45	-2.911.990.000	-79.026.068.000	2580.7	23.2
11/10/2015 10:57:46	-2.912.006.000	-79.026.002.000	2580.7	27.1
11/10/2015 10:57:47	-2.912.026.000	-79.025.928.000	2580.5	30.6
11/10/2015 10:57:48	-2.912.049.000	-79.025.845.000	2580.3	34.4
11/10/2015 10:57:49	-2.912.078.000	-79.025.755.000	2580.3	37.8
11/10/2015 10:57:50	-2.912.108.000	-79.025.659.000	2579.7	40.2
11/10/2015 10:57:51	-2.912.141.000	-79.025.557.000	2579.4	42.8
11/10/2015 10:57:52	-2.912.176.000	-79.025.453.000	2579.4	43.9
11/10/2015 10:57:53	-2.912.211.000	-79.025.342.000	2578.8	46.5
11/10/2015 10:57:54	-2.912.247.000	-79.025.226.000	2578.7	48.5
11/10/2015 10:57:55	-2.912.286.000	-79.025.105.000	2578.5	50.8
Prueba 7				
11/10/2015 10:59:17	-2.912.506.000	-79.024.100.000	2577.0	0.0
11/10/2015 10:59:18	-2.912.503.000	-79.024.103.000	2577.1	1.7
11/10/2015 10:59:19	-2.912.498.000	-79.024.114.000	2577.3	4.8

11/10/2015 10:59:20	-2.912.490.000	-79.024.135.000	2577.1	9.0
11/10/2015 10:59:21	-2.912.481.000	-79.024.177.000	2577.2	17.2
11/10/2015 10:59:22	-2.912.471.000	-79.024.227.000	2577.1	20.4
11/10/2015 10:59:23	-2.912.452.000	-79.024.287.000	2577.6	25.1
11/10/2015 10:59:24	-2.912.425.000	-79.024.351.000	2577.4	27.8
11/10/2015 10:59:25	-2.912.400.000	-79.024.424.000	2577.3	30.8
11/10/2015 10:59:26	-2.912.374.000	-79.024.503.000	2577.0	33.2
11/10/2015 10:59:27	-2.912.348.000	-79.024.585.000	2577.0	34.4
11/10/2015 10:59:28	-2.912.320.000	-79.024.675.000	2578.0	37.7
11/10/2015 10:59:29	-2.912.293.000	-79.024.770.000	2577.8	39.5
11/10/2015 10:59:30	-2.912.271.000	-79.024.875.000	2578.1	42.9
11/10/2015 10:59:31	-2.912.248.000	-79.024.980.000	2578.4	43.0
11/10/2015 10:59:32	-2.912.218.000	-79.025.089.000	2578.4	45.2
11/10/2015 10:59:33	-2.912.183.000	-79.025.200.000	2578.7	46.5
11/10/2015 10:59:34	-2.912.147.000	-79.025.315.000	2578.8	48.2
11/10/2015 10:59:35	-2.912.110.000	-79.025.433.000	2579.8	49.4
11/10/2015 10:59:36	-2.912.075.000	-79.025.557.000	2579.0	51.5
Prueba 8				
11/10/2015 11:01:18	-2.911.940.000	-79.026.168.000	2581.4	0.0
11/10/2015 11:01:19	-2.911.943.000	-79.026.170.000	2581.5	1.4
11/10/2015 11:01:20	-2.911.945.000	-79.026.172.000	2581.3	3.1
11/10/2015 11:01:21	-2.911.948.000	-79.026.164.000	2581.3	6.4
11/10/2015 11:01:22	-2.911.955.000	-79.026.143.000	2581.2	8.8
11/10/2015 11:01:23	-2.911.966.000	-79.026.109.000	2581.4	14.3
11/10/2015 11:01:24	-2.911.981.000	-79.026.061.000	2581.5	20.1
11/10/2015 11:01:25	-2.911.998.000	-79.025.998.000	2581.5	26.1
11/10/2015 11:01:26	-2.912.021.000	-79.025.928.000	2581.4	29.4
11/10/2015 11:01:27	-2.912.048.000	-79.025.852.000	2581.1	32.2
11/10/2015 11:01:28	-2.912.078.000	-79.025.767.000	2580.8	36.0
11/10/2015 11:01:29	-2.912.110.000	-79.025.676.000	2580.5	38.5
11/10/2015 11:01:30	-2.912.143.000	-79.025.580.000	2580.6	40.6
11/10/2015 11:01:31	-2.912.176.000	-79.025.479.000	2580.4	42.5
11/10/2015 11:01:32	-2.912.208.000	-79.025.372.000	2580.3	44.6

11/10/2015 11:01:33	-2.912.242.000	-79.025.259.000	2579.9	47.2
11/10/2015 11:01:34	-2.912.276.000	-79.025.144.000	2579.5	47.9
11/10/2015 11:01:35	-2.912.313.000	-79.025.026.000	2579.4	49.4
11/10/2015 11:01:36	-2.912.350.000	-79.024.903.000	2579.6	51.3
Prueba 9				
11/10/2015 11:03:05	-2.912.505.000	-79.024.102.000	2578.8	0.0
11/10/2015 11:03:06	-2.912.504.000	-79.024.109.000	2578.8	2.8
11/10/2015 11:03:07	-2.912.500.000	-79.024.126.000	2578.5	7.0
11/10/2015 11:03:08	-2.912.495.000	-79.024.160.000	2578.6	13.7
11/10/2015 11:03:09	-2.912.483.000	-79.024.204.000	2578.1	18.2
11/10/2015 11:03:10	-2.912.469.000	-79.024.262.000	2578.3	23.8
11/10/2015 11:03:11	-2.912.453.000	-79.024.327.000	2578.5	26.7
11/10/2015 11:03:12	-2.912.432.000	-79.024.396.000	2578.5	28.8
11/10/2015 11:03:13	-2.912.406.000	-79.024.470.000	2578.6	31.3
11/10/2015 11:03:14	-2.912.378.000	-79.024.551.000	2579.3	34.2
11/10/2015 11:03:15	-2.912.351.000	-79.024.639.000	2579.3	36.8
11/10/2015 11:03:16	-2.912.326.000	-79.024.736.000	2578.9	40.0
11/10/2015 11:03:17	-2.912.299.000	-79.024.836.000	2579.0	41.4
11/10/2015 11:03:18	-2.912.268.000	-79.024.939.000	2579.4	43.0
11/10/2015 11:03:19	-2.912.233.000	-79.025.041.000	2579.6	43.1
11/10/2015 11:03:20	-2.912.199.000	-79.025.148.000	2580.1	44.9
11/10/2015 11:03:21	-2.912.167.000	-79.025.253.000	2579.5	43.9
11/10/2015 11:03:22	-2.912.133.000	-79.025.364.000	2580.6	46.4
11/10/2015 11:03:23	-2.912.098.000	-79.025.478.000	2579.6	47.7
11/10/2015 11:03:24	-2.912.063.000	-79.025.596.000	2581.0	49.2
11/10/2015 11:03:25	-2.912.028.000	-79.025.715.000	2581.3	50.6
Prueba 10				
11/10/2015 11:04:58	-2.911.961.000	-79.026.180.000	2582.3	0.0
11/10/2015 11:04:59	-2.911.960.000	-79.026.180.000	2582.1	1.4
11/10/2015 11:05:00	-2.911.959.000	-79.026.179.000	2582.1	3.6
11/10/2015 11:05:01	-2.911.959.000	-79.026.173.000	2581.9	4.4
11/10/2015 11:05:02	-2.911.966.000	-79.026.156.000	2581.6	7.3
11/10/2015 11:05:03	-2.911.980.000	-79.026.134.000	2581.4	10.4

11/10/2015 11:05:04	-2.911.996.000	-79.026.099.000	2581.4	15.4
11/10/2015 11:05:05	-2.912.009.000	-79.026.038.000	2581.3	24.9
11/10/2015 11:05:06	-2.912.026.000	-79.025.966.000	2581.6	29.6
11/10/2015 11:05:07	-2.912.048.000	-79.025.886.000	2580.8	33.2
11/10/2015 11:05:08	-2.912.075.000	-79.025.799.000	2581.0	36.4
11/10/2015 11:05:09	-2.912.102.000	-79.025.701.000	2581.2	40.6
11/10/2015 11:05:10	-2.912.130.000	-79.025.600.000	2580.3	41.9
11/10/2015 11:05:11	-2.912.163.000	-79.025.498.000	2580.5	42.8
11/10/2015 11:05:12	-2.912.197.000	-79.025.390.000	2580.7	45.2
11/10/2015 11:05:13	-2.912.234.000	-79.025.276.000	2580.4	47.9
11/10/2015 11:05:14	-2.912.266.000	-79.025.156.000	2580.5	49.6
11/10/2015 11:05:15	-2.912.301.000	-79.025.033.000	2579.6	51.1
Prueba 11				
11/10/2015 11:07:37	-2.912.515.000	-79.024.124.000	2579.5	0.0
11/10/2015 11:07:38	-2.912.514.000	-79.024.121.000	2579.2	1.3
11/10/2015 11:07:39	-2.912.512.000	-79.024.128.000	2579.2	2.9
11/10/2015 11:07:40	-2.912.505.000	-79.024.144.000	2579.1	7.0
11/10/2015 11:07:41	-2.912.495.000	-79.024.179.000	2579.6	14.5
11/10/2015 11:07:42	-2.912.487.000	-79.024.227.000	2579.3	19.4
11/10/2015 11:07:43	-2.912.473.000	-79.024.282.000	2579.8	22.7
11/10/2015 11:07:44	-2.912.447.000	-79.024.346.000	2579.8	27.6
11/10/2015 11:07:45	-2.912.422.000	-79.024.416.000	2579.4	29.7
11/10/2015 11:07:46	-2.912.397.000	-79.024.494.000	2578.8	32.7
11/10/2015 11:07:47	-2.912.373.000	-79.024.574.000	2579.6	33.4
11/10/2015 11:07:48	-2.912.346.000	-79.024.663.000	2579.6	37.2
11/10/2015 11:07:49	-2.912.317.000	-79.024.760.000	2579.9	40.5
11/10/2015 11:07:50	-2.912.286.000	-79.024.860.000	2580.3	41.8
11/10/2015 11:07:51	-2.912.255.000	-79.024.972.000	2580.3	43.4
11/10/2015 11:07:52	-2.912.225.000	-79.025.085.000	2580.2	44.7
11/10/2015 11:07:53	-2.912.169.000	-79.025.216.000	2580.2	46.9
11/10/2015 11:07:54	-2.912.140.000	-79.025.318.000	2580.6	48.4
11/10/2015 11:07:55	-2.912.105.000	-79.025.428.000	2580.4	49.1
11/10/2015 11:07:56	-2.912.071.000	-79.025.546.000	2580.3	50.3

Prueba 12				
11/10/2015 11:09:34	-2.911.937.000	-79.026.175.000	2581.8	0.0
11/10/2015 11:09:35	-2.911.941.000	-79.026.176.000	2581.2	1.6
11/10/2015 11:09:36	-2.911.944.000	-79.026.177.000	2581.7	2.3
11/10/2015 11:09:37	-2.911.947.000	-79.026.170.000	2581.6	3.0
11/10/2015 11:09:38	-2.911.952.000	-79.026.173.000	2581.6	6.3
11/10/2015 11:09:39	-2.911.961.000	-79.026.170.000	2581.5	8.8
11/10/2015 11:09:40	-2.911.968.000	-79.026.151.000	2581.6	9.1
11/10/2015 11:09:41	-2.911.976.000	-79.026.118.000	2581.5	13.6
11/10/2015 11:09:42	-2.911.989.000	-79.026.067.000	2581.2	21.0
11/10/2015 11:09:43	-2.912.004.000	-79.025.998.000	2581.4	28.2
11/10/2015 11:09:44	-2.912.026.000	-79.025.922.000	2580.9	31.6
11/10/2015 11:09:45	-2.912.048.000	-79.025.845.000	2580.9	32.0
11/10/2015 11:09:46	-2.912.074.000	-79.025.758.000	2581.2	36.3
11/10/2015 11:09:47	-2.912.105.000	-79.025.664.000	2580.8	39.6
11/10/2015 11:09:48	-2.912.140.000	-79.025.565.000	2580.8	42.0
11/10/2015 11:09:49	-2.912.174.000	-79.025.459.000	2580.7	44.5
11/10/2015 11:09:50	-2.912.207.000	-79.025.346.000	2580.5	47.0
11/10/2015 11:09:51	-2.912.241.000	-79.025.228.000	2580.4	49.1
11/10/2015 11:09:52	-2.912.276.000	-79.025.105.000	2580.3	51.1
Prueba 13				
11/10/2015 11:12:19	-2.912.521.000	-79.024.150.000	2579.6	0.0
11/10/2015 11:12:20	-2.912.517.000	-79.024.151.000	2579.7	1.6
11/10/2015 11:12:21	-2.912.517.000	-79.024.154.000	2579.6	3.2
11/10/2015 11:12:22	-2.912.511.000	-79.024.165.000	2579.1	5.0
11/10/2015 11:12:23	-2.912.499.000	-79.024.182.000	2579.6	8.3
11/10/2015 11:12:24	-2.912.483.000	-79.024.224.000	2579.2	18.0
11/10/2015 11:12:25	-2.912.463.000	-79.024.281.000	2579.2	24.1
11/10/2015 11:12:26	-2.912.441.000	-79.024.353.000	2579.1	30.1
11/10/2015 11:12:27	-2.912.416.000	-79.024.425.000	2579.4	30.5
11/10/2015 11:12:28	-2.912.396.000	-79.024.505.000	2579.3	33.0
11/10/2015 11:12:29	-2.912.368.000	-79.024.588.000	2579.2	35.0
11/10/2015 11:12:30	-2.912.341.000	-79.024.675.000	2579.5	36.4

11/10/2015 11:12:31	-2.912.312.000	-79.024.770.000	2580.4	39.7
11/10/2015 11:12:32	-2.912.280.000	-79.024.865.000	2579.7	40.1
11/10/2015 11:12:33	-2.912.250.000	-79.024.966.000	2579.9	42.1
11/10/2015 11:12:34	-2.912.220.000	-79.025.074.000	2579.9	44.4
11/10/2015 11:12:35	-2.912.190.000	-79.025.181.000	2580.0	44.8
11/10/2015 11:12:36	-2.912.161.000	-79.025.297.000	2579.9	47.8
11/10/2015 11:12:37	-2.912.131.000	-79.025.414.000	2579.8	48.3
11/10/2015 11:12:38	-2.912.094.000	-79.025.535.000	2580.0	50.6
Prueba 14				
11/10/2015 11:14:08	-2.911.926.000	-79.026.205.000	2582.6	0.0
11/10/2015 11:14:09	-2.911.927.000	-79.026.205.000	2583.0	1.4
11/10/2015 11:14:10	-2.911.927.000	-79.026.203.000	2582.5	2.8
11/10/2015 11:14:11	-2.911.927.000	-79.026.195.000	2582.3	5.2
11/10/2015 11:14:12	-2.911.933.000	-79.026.173.000	2582.9	9.1
11/10/2015 11:14:13	-2.911.949.000	-79.026.142.000	2582.5	13.9
11/10/2015 11:14:14	-2.911.967.000	-79.026.094.000	2582.4	20.5
11/10/2015 11:14:15	-2.911.982.000	-79.026.027.000	2582.0	27.4
11/10/2015 11:14:16	-2.912.004.000	-79.025.958.000	2582.0	28.9
11/10/2015 11:14:17	-2.912.026.000	-79.025.876.000	2581.9	33.9
11/10/2015 11:14:18	-2.912.052.000	-79.025.789.000	2582.2	36.3
11/10/2015 11:14:19	-2.912.082.000	-79.025.696.000	2581.7	39.0
11/10/2015 11:14:20	-2.912.114.000	-79.025.596.000	2581.5	42.0
11/10/2015 11:14:21	-2.912.147.000	-79.025.492.000	2581.0	43.6
11/10/2015 11:14:22	-2.912.181.000	-79.025.381.000	2579.9	46.4
11/10/2015 11:14:23	-2.912.220.000	-79.025.267.000	2578.9	48.1
11/10/2015 11:14:24	-2.912.259.000	-79.025.149.000	2578.6	49.7
11/10/2015 11:14:25	-2.912.293.000	-79.025.026.000	2577.8	51.0
Prueba 15				
11/10/2015 11:15:49	-2.912.550.000	-79.024.127.000	2578.9	0.0
11/10/2015 11:15:50	-2.912.549.000	-79.024.133.000	2578.6	2.4
11/10/2015 11:15:51	-2.912.541.000	-79.024.149.000	2578.3	7.1
11/10/2015 11:15:52	-2.912.529.000	-79.024.175.000	2578.6	11.4
11/10/2015 11:15:53	-2.912.514.000	-79.024.208.000	2579.6	14.5

11/10/2015 11:15:54	-2.912.501.000	-79.024.256.000	2579.5	19.9
11/10/2015 11:15:55	-2.912.481.000	-79.024.316.000	2579.5	25.3
11/10/2015 11:15:56	-2.912.454.000	-79.024.383.000	2579.2	28.9
11/10/2015 11:15:57	-2.912.420.000	-79.024.456.000	2578.6	32.2
11/10/2015 11:15:58	-2.912.389.000	-79.024.539.000	2578.3	35.4
11/10/2015 11:15:59	-2.912.355.000	-79.024.626.000	2578.8	37.3
11/10/2015 11:16:00	-2.912.325.000	-79.024.721.000	2579.0	39.8
11/10/2015 11:16:01	-2.912.293.000	-79.024.821.000	2579.4	42.0
11/10/2015 11:16:02	-2.912.262.000	-79.024.924.000	2580.2	43.0
11/10/2015 11:16:03	-2.912.227.000	-79.025.029.000	2580.6	44.2
11/10/2015 11:16:04	-2.912.190.000	-79.025.134.000	2580.4	44.5
11/10/2015 11:16:05	-2.912.155.000	-79.025.246.000	2580.2	46.9
11/10/2015 11:16:06	-2.912.120.000	-79.025.362.000	2580.0	48.4
11/10/2015 11:16:07	-2.912.082.000	-79.025.478.000	2579.9	48.8
11/10/2015 11:16:08	-2.912.047.000	-79.025.597.000	2579.2	49.6
11/10/2015 11:16:09	-2.912.011.000	-79.025.718.000	2579.1	50.4
Prueba 16				
11/10/2015 11:17:49	-2.911.966.000	-79.026.190.000	2581.7	0.0
11/10/2015 11:17:50	-2.911.970.000	-79.026.191.000	2581.9	1.6
11/10/2015 11:17:51	-2.911.974.000	-79.026.194.000	2581.8	2.0
11/10/2015 11:17:52	-2.911.973.000	-79.026.184.000	2581.8	4.0
11/10/2015 11:17:53	-2.911.977.000	-79.026.160.000	2582.0	9.7
11/10/2015 11:17:54	-2.911.983.000	-79.026.121.000	2581.7	15.8
11/10/2015 11:17:55	-2.911.992.000	-79.026.067.000	2581.8	21.9
11/10/2015 11:17:56	-2.912.008.000	-79.026.003.000	2581.3	26.4
11/10/2015 11:17:57	-2.912.026.000	-79.025.929.000	2581.3	30.4
11/10/2015 11:17:58	-2.912.048.000	-79.025.850.000	2581.0	32.8
11/10/2015 11:17:59	-2.912.066.000	-79.025.762.000	2580.7	35.9
11/10/2015 11:18:00	-2.912.097.000	-79.025.667.000	2581.2	39.9
11/10/2015 11:18:01	-2.912.128.000	-79.025.566.000	2580.7	42.2
11/10/2015 11:18:02	-2.912.159.000	-79.025.458.000	2580.9	44.9
11/10/2015 11:18:03	-2.912.193.000	-79.025.349.000	2580.8	45.6
11/10/2015 11:18:04	-2.912.229.000	-79.025.236.000	2580.6	47.4

11/10/2015 11:18:05	-2.912.267.000	-79.025.119.000	2580.4	49.2
11/10/2015 11:18:06	-2.912.304.000	-79.024.996.000	2580.3	51.3
Prueba 17				
11/10/2015 11:21:20	-2.912.538.000	-79.024.115.000	2579.1	0.0
11/10/2015 11:21:21	-2.912.537.000	-79.024.114.000	2579.2	0.6
11/10/2015 11:21:22	-2.912.536.000	-79.024.114.000	2579.3	2.4
11/10/2015 11:21:23	-2.912.533.000	-79.024.121.000	2579.1	4.0
11/10/2015 11:21:24	-2.912.525.000	-79.024.140.000	2579.1	8.2
11/10/2015 11:21:25	-2.912.516.000	-79.024.172.000	2578.9	13.3
11/10/2015 11:21:26	-2.912.501.000	-79.024.212.000	2579.1	17.1
11/10/2015 11:21:27	-2.912.486.000	-79.024.264.000	2579.1	21.6
11/10/2015 11:21:28	-2.912.458.000	-79.024.324.000	2579.5	26.5
11/10/2015 11:21:29	-2.912.432.000	-79.024.389.000	2579.1	28.0
11/10/2015 11:21:30	-2.912.408.000	-79.024.463.000	2579.2	31.1
11/10/2015 11:21:31	-2.912.381.000	-79.024.545.000	2579.4	34.5
11/10/2015 11:21:32	-2.912.351.000	-79.024.636.000	2579.6	38.3
11/10/2015 11:21:33	-2.912.320.000	-79.024.732.000	2579.7	40.3
11/10/2015 11:21:34	-2.912.290.000	-79.024.829.000	2579.7	40.6
11/10/2015 11:21:35	-2.912.259.000	-79.024.930.000	2579.4	42.2
11/10/2015 11:21:36	-2.912.226.000	-79.025.037.000	2580.6	44.7
11/10/2015 11:21:37	-2.912.179.000	-79.025.163.000	2579.8	53.7
Prueba 18				
11/10/2015 11:23:18	-2.911.919.000	-79.026.196.000	2581.8	0.0
11/10/2015 11:23:19	-2.911.918.000	-79.026.197.000	2582.2	0.6
11/10/2015 11:23:20	-2.911.918.000	-79.026.195.000	2582.3	1.8
11/10/2015 11:23:21	-2.911.921.000	-79.026.200.000	2582.0	3.3
11/10/2015 11:23:22	-2.911.923.000	-79.026.200.000	2582.2	6.8
11/10/2015 11:23:23	-2.911.924.000	-79.026.188.000	2581.8	9.8
11/10/2015 11:23:24	-2.911.930.000	-79.026.170.000	2582.0	12.6
11/10/2015 11:23:25	-2.911.936.000	-79.026.133.000	2582.1	15.0
11/10/2015 11:23:26	-2.911.950.000	-79.026.078.000	2581.3	22.7
11/10/2015 11:23:27	-2.911.970.000	-79.026.010.000	2581.6	28.3
11/10/2015 11:23:28	-2.911.995.000	-79.025.934.000	2581.6	32.0

11/10/2015 11:23:29	-2.912.024.000	-79.025.852.000	2581.3	34.8
11/10/2015 11:23:30	-2.912.058.000	-79.025.762.000	2580.7	38.4
11/10/2015 11:23:31	-2.912.091.000	-79.025.667.000	2580.5	40.2
11/10/2015 11:23:32	-2.912.125.000	-79.025.567.000	2580.3	42.2
11/10/2015 11:23:33	-2.912.160.000	-79.025.460.000	2580.5	45.0
11/10/2015 11:23:34	-2.912.195.000	-79.025.350.000	2579.9	46.1
11/10/2015 11:23:35	-2.912.235.000	-79.025.236.000	2579.6	48.3
11/10/2015 11:23:36	-2.912.278.000	-79.025.117.000	2579.3	50.6
Prueba 19				
11/10/2015 11:25:07	-2.912.544.000	-79.024.132.000	2579.4	0.0
11/10/2015 11:25:08	-2.912.535.000	-79.024.139.000	2579.3	4.2
11/10/2015 11:25:09	-2.912.527.000	-79.024.154.000	2579.4	6.8
11/10/2015 11:25:10	-2.912.518.000	-79.024.180.000	2579.5	11.0
11/10/2015 11:25:11	-2.912.502.000	-79.024.220.000	2579.1	17.2
11/10/2015 11:25:12	-2.912.479.000	-79.024.268.000	2580.0	21.3
11/10/2015 11:25:13	-2.912.456.000	-79.024.325.000	2580.1	24.6
11/10/2015 11:25:14	-2.912.433.000	-79.024.389.000	2579.9	27.2
11/10/2015 11:25:15	-2.912.409.000	-79.024.461.000	2579.9	30.3
11/10/2015 11:25:16	-2.912.387.000	-79.024.541.000	2579.2	33.2
11/10/2015 11:25:17	-2.912.360.000	-79.024.631.000	2579.5	37.5
11/10/2015 11:25:18	-2.912.331.000	-79.024.725.000	2580.0	39.3
11/10/2015 11:25:19	-2.912.301.000	-79.024.819.000	2580.0	39.4
11/10/2015 11:25:20	-2.912.272.000	-79.024.917.000	2579.9	40.8
11/10/2015 11:25:21	-2.912.243.000	-79.025.019.000	2580.4	42.4
11/10/2015 11:25:22	-2.912.210.000	-79.025.128.000	2580.2	45.5
11/10/2015 11:25:23	-2.912.163.000	-79.025.234.000	2581.1	46.3
11/10/2015 11:25:24	-2.912.132.000	-79.025.392.000	2581.2	48.3
11/10/2015 11:25:25	-2.912.091.000	-79.025.499.000	2581.1	49.8
11/10/2015 11:25:26	-2.912.055.000	-79.025.615.000	2580.7	50.5
Prueba 20				
11/10/2015 11:27:55	-2.911.925.000	-79.026.177.000	2583.4	0.0
11/10/2015 11:27:56	-2.911.924.000	-79.026.174.000	2583.8	1.3
11/10/2015 11:27:57	-2.911.923.000	-79.026.171.000	2583.0	2.3

11/10/2015 11:27:58	-2.911.922.000	-79.026.164.000	2583.5	4.8
11/10/2015 11:27:59	-2.911.926.000	-79.026.142.000	2582.9	8.9
11/10/2015 11:28:00	-2.911.938.000	-79.026.107.000	2583.3	14.8
11/10/2015 11:28:01	-2.911.947.000	-79.026.058.000	2583.3	19.9
11/10/2015 11:28:02	-2.911.968.000	-79.026.000.000	2583.2	24.7
11/10/2015 11:28:03	-2.911.996.000	-79.025.937.000	2582.7	27.6
11/10/2015 11:28:04	-2.912.014.000	-79.025.862.000	2581.8	30.8
11/10/2015 11:28:05	-2.912.041.000	-79.025.774.000	2581.5	36.8
11/10/2015 11:28:06	-2.912.081.000	-79.025.679.000	2581.5	41.2
11/10/2015 11:28:07	-2.912.124.000	-79.025.581.000	2581.5	42.0
11/10/2015 11:28:08	-2.912.153.000	-79.025.480.000	2581.1	42.8
11/10/2015 11:28:09	-2.912.182.000	-79.025.370.000	2581.0	45.5
11/10/2015 11:28:10	-2.912.216.000	-79.025.258.000	2580.0	46.8
11/10/2015 11:28:11	-2.912.250.000	-79.025.143.000	2580.3	47.9
11/10/2015 11:28:12	-2.912.290.000	-79.025.027.000	2579.7	49.0
11/10/2015 11:28:13	-2.912.327.000	-79.024.903.000	2579.1	51.7

Resumen de datos de aceleración del bastidor optimizado	
No. de Prueba	Tiempo transcurrido (seg)
1	20
2	17
3	19
4	19
5	20
6	17
7	19
8	18
9	20
10	17
11	19
12	18
13	19
14	17
15	20
16	17
17	17
18	18
19	19
20	18

Datos de frenado del bastidor sin optimizar	
No. de prueba	Distancia recorrida (m)
1	15,812
2	15,114
3	13,054
4	14,220
5	13,242
6	13,912
7	13,720
8	13,912
9	12,996
10	13,912
11	12,024
12	13,412
13	12,260
14	13,912
15	12,320
16	13,846
17	12,442
18	13,846
19	13,032
20	15,526

Datos de frenado del bastidor optimizado	
No. de prueba	Distancia recorrida (m)
1	13,114
2	14,116
3	11,014
4	12,772
5	10,402
6	11,46
7	11,958
8	12,772
9	11,494
10	13,718
11	12,288
12	11,902
13	11,756
14	13,402
15	10,826
16	11,852
17	12,086
18	14,642
19	11,69
20	11,852

Anexo 4. Motocicleta Kuntur con chasis sin optimizar y optimizado.

Sin optimizar:



Optimizado:

