

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

Facultad de Arquitectura e Ingeniería

Maestría en Diseño Mecánico

Mención en Fabricación De Autopartes De Vehículos

Diseño mediante Simulación de la estructura para una motocicleta eléctrica.

Rodrigo Daniel Molina Redrobán

Nota del Autor

Rodrigo Molina, Facultad de Arquitectura e Ingeniería, Universidad Internacional SEK.

Director: Ing. Jaime Molina, Msc.

Codirector: Ing. Gustavo Moreno, Msc.

Cualquier correspondencia concerniente a este trabajo puede dirigirse a:

rmolina.mdm@uisek.edu.ec

Declaración Juramentada

Yo, Rodrigo Molina, con cédula de identidad 17171091951, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y que se ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

El presente trabajo pertenece al programa de Desarrollo Tecnológico correspondiente a la línea de Eficiencia, impacto ambiental e innovación en la industria a fin a la Facultad de Arquitectura e Ingeniería

Rodrigo Molina

CI: 1717091951

Índice de Contenido

Declaración Juramentada	2
Resumen	15
Abstract	16
Introducción	17
Antecedentes	17
Problema	18
Justificación	18
Objetivo general	19
Objetivos específicos	19
Hipótesis	20
Norma INEN 136 (1R) Motocicletas	21
Índice de Ventas de motos en el Ecuador	22
Carga contaminante de una motocicleta	23
Uso de Motocicletas Eléctricas	24
Variables Estructurales	25
Estructuras de Motocicletas	25
Estudio para la elección del tipo de chasis	29
Requerimientos Estructurales	30
Cálculos	31
Centro de gravedad	31
Transferencia de cargas por frenada delantera	33
Ángulo de Avance	34

Avance.....	35
Reparto de pesos.	35
Análisis y simulación del chasis	37
Diseños actuales de Motocicletas Eléctricas	38
Motos Zero s.....	38
Motos Vectrix.....	38
Motos Brammo.....	39
Método	41
Metodología descriptiva	41
Método Selectivo - experimental.....	42
Método selectivo-modelación	42
Metodología	43
Método de selección para el chasis.	43
Herramientas.....	44
Matriz de selección de materiales.....	45
Determinación del Centro de gravedad moto eléctrica.	48
Diseño CAD del Chasis.....	50
Geometría del Chasis CAD 3D	50
Generación del mallado en la estructura.....	51
Tipo de malla.....	51
Mallado global del Chasis.	52
Pre – Procesamiento.	53
Post – Procesamiento Chasis con Acero A36.....	55
Post – Procesamiento Chasis con Acero A500 galvanizado.	56
Post – Procesamiento Chasis con Acero A500 galvanizado.	57

Chasis ensamblado.....	58
Distribución de las cargas en el chasis	59
Post – Procesamiento de la fuerza de frenada en él chasis.....	60
Geometría del basculante	61
Generación de la malla del Basculante	61
Tipo de malla.....	61
Pre – Procesamiento.	62
Post – Procesamiento.....	63
Geometría del amortiguador	¡Error! Marcador no definido.
Generación de la malla del Amortiguador	¡Error! Marcador no definido.
Tipo de malla.....	¡Error! Marcador no definido.
Pre – Procesamiento.	¡Error! Marcador no definido.
Post – Procesamiento.....	¡Error! Marcador no definido.
Geometría de la base del motor eléctrico.....	64
Malla de la Base del motor	65
Tipo de malla.....	65
Pre – Procesamiento.	65
Post – Procesamiento.....	66
Geometría para las bases del controlador	67
Malla para las bases del controlador	68
Tipo de malla.....	68
Pre – Procesamiento.	68
Post – Procesamiento.....	69
Geometría para las bases de la Batería.....	70
Malla de las bases del pack de baterías.....	71

Tipo de malla.....	71
Pre – Procesamiento.	71
Post – Procesamiento.....	72
Construcción del chasis	73
Adquisición del material.	73
Operaciones.....	74
Doblado de tubos.....	75
Chasis ensamblado.....	75
Adaptación del motor eléctrico.....	76
Adaptación del Pack de baterías.	77
Montaje de la dirección.	78
Montaje de la suspensión.	79
Moto eléctrica ensamblada.	80
Factores económicos	80
Protocolo de Pruebas	81
Peso promedio del Piloto.	81
Simulación con 70 kg.....	85
Simulación con 140 kg.....	86
Simulación con 280 kg.....	86
Resultados.....	88
Análisis de esfuerzos en el chasis (Acero A36)	89
Análisis de desplazamiento en el chasis (Acero A36).....	90

Análisis de esfuerzos en el chasis (Acero A500 Galvanizado)	90
Análisis de desplazamiento en el chasis (Acero A500 Galvanizado)	91
Análisis de esfuerzos en el chasis (Acero Inoxidable)	92
Análisis de desplazamiento en el chasis (Acero Inoxidable)	93
Análisis de esfuerzos en el chasis ensamblado (Acero A36)	94
Factor de seguridad Acero A36	95
Análisis de desplazamiento en el chasis (Acero A36)	96
Reacciones en el Chasis	97
Análisis de esfuerzos en el chasis ensamblado (Acero A500)	99
Factor de seguridad Acero A500	100
Análisis de desplazamiento en el chasis (Acero A500)	100
Análisis de esfuerzos en el chasis ensamblado (Acero Inoxidable)	101
Factor de seguridad Acero Inoxidable	102
Análisis de desplazamiento en el chasis (Acero Inoxidable)	103
Análisis de esfuerzos en la frenada	104
Análisis de desplazamiento en frenada	106
Reacción provocada en la frenada	106
Análisis de esfuerzos en el Basculante	107
Análisis de desplazamiento en el Basculante	108
Análisis de esfuerzos en el Amortiguador	¡Error! Marcador no definido.
Análisis de desplazamiento en el Amortiguador	¡Error! Marcador no definido.
Análisis de esfuerzos de la base del motor	109
Análisis de desplazamiento en la base del motor	110
Análisis de esfuerzos en las bases del controlador electrónico	110
Análisis de desplazamiento en las bases del controlador	111
Análisis de esfuerzos en las bases para el Pack de Baterías	112
Análisis de desplazamiento en las bases del pack de baterías	113
Gráfico de convergencia y validación del chasis	114
Gráfico de convergencia del Basculante	115
Gráfico de convergencia del Amortiguador	¡Error! Marcador no definido.
Gráfico de convergencia de la Base del Motor	116
Gráfico de convergencia de las Bases del Controlador	117
Gráfico de convergencia de la base del Pack de Baterías	118

Análisis financiero de la Moto eléctrica	119
Requerimientos Básicos	120
Costos de mano de obra Administrador	120
Costos de mano de obra Mecánico	121
Costos de mano de obra secretaria	122
Costos de mano de obra Supervisor	123
Costos Fijos	124
Costos Totales de Producción	125
Análisis de Flujo	127
Discusión de Resultados	128
Discusión cuantitativa de los esfuerzos producidos en el chasis	128
Discusión de Materiales	130
Discusión del esfuerzo máximo en el Chasis	133
Discusión del rango de desplazamiento en el Chasis	135
Discusión de chasis	136
Conclusiones	139
Recomendaciones	140
Referencias	142

Índice de Tablas

Tabla 1 Comparativa de los tipos de Chasis	30
Tabla 2 Cálculos aplicables en el Chasis	31
Tabla 3 Pesos estimados para el chasis de la motocicleta eléctrica	41

Tabla 4 Propiedades del Acero ASTM A36	45
Tabla 5 Propiedades del Acero Galvanizado A500	46
Tabla 6 Propiedades del Acero Inoxidable	46
Tabla 7 Norma INEN 2415 propiedades para aceros estructurales	47
Tabla 8 Tubo mecánico redondo ASTM A36.....	73
Tabla 9 Tabla de operaciones para la fabricación del chasis	74
Tabla 10 Dimensiones del chasis.....	75
Tabla 11 Dimesiones de la base del motor	76
Tabla 12 Datos del piloto.....	82
Tabla 13 Resumen de las pruebas realizadas.....	85
Tabla 14 Resultados del Chasis con los diferentes materiales.....	94
Tabla 15 Resultados de los coponentes del chasis.....	114
Tabla 16 Datos de esfuerzos con los diferentes materiales.....	128
Tabla 17 Resultados obtenidos del chasis.....	130
Tabla 18 Perfil mecánico redondo ASTM A36	132
Tabla 19 Propiedades del Acero SAE 1010.....	133

Índice de Figuras

Figura 1. Demanda de energía por sectores en el Ecuador (Delgado, 2015).....	20
Figura 2 Demanda de energía por tipo de transporte en el Ecuador (IEA, 2013).....	21
Figura 3. Ventas de motos en el Ecuador (AEADE, 2018).	22
Figura 4. Uso de Motos eléctricas (Moya, 2013).....	25
Figura 5. Chasis simple cerrado (Gamoneda, Y, 2016).....	26
Figura 6. Chasis simple abierto (Gamoneda, Y, 2016).....	26
Figura 7. Chasis simple desdoblado (García, 2013).	27
Figura 8. Chasis doble viga perimetral (Casajús, 2012).	27
Figura 9. Chasis monocasco (Casajús, 2012).	28

Figura 10. Chasis mono viga (García G. , 2013)	29
Figura 11. Ubicación del centro de gravedad (Motor, Honda, 2015)	33
Figura 12. Análisis de fuerzas (Motor, Honda, 2015)	34
Figura 13. Ángulo de Avance	34
Figura 14. Avance en una motocicleta.....	35
Figura 15. Frenada de una motocicleta.....	36
Figura 16. Análisis de MEF en un chasis de motocicleta (Noriega & Pantoja, 2014).....	37
Figura 17. Zero S motorcycle (http://www.zeromotorcycles.com , 2018).	38
Figura 18. Vectrix motocicletas (http://www.vectrix.com , 2016).	39
Figura 19. Brammo Motorsports (http://www.brammo.com , 2015).....	40
Figura 20. Variables de selección.	42
Figura 21. Matriz de calidad para selección del chasis.....	44
Figura 22. Simulación del chasis en ANSYS (Rivero&Dominguez, 2013)	45
Figura 23. Matriz de selección de material	47
Figura 24. Ubicación del centro de gravedad	49
Figura 25. Croquis del chasis.....	50
Figura 26. CAD 3D del chasis simple abierto	51
Figura 27. Información de la malla.....	52
Figura 28. Chasis mallado	52
Figura 29. Gestor de propiedades físicas del Material A36.....	53
Figura 30. Asignación de Material Acero A500 Galvanizado.....	54
Figura 31. Asignación de Material Acero Inoxidable.....	54
Figura 32. Carga aplicada en el chasis.....	55
Figura 33. Post-procesamiento chasis A36.....	56
Figura 34. Post-procesamiento chasis con A500 galvanizado.....	57
Figura 35. Post-procesamiento chasis con Acero Inoxidable.	58

Figura 36. Chasis ensamblado.	58
Figura 37. Distribución de las cargas.....	59
Figura 38. Fuerza de frenada.	60
Figura 39. Post procesamiento de la fuerza de frenada.....	60
Figura 40. Basculante	61
Figura 41. Información de la malla del basculante.....	62
Figura 42. Cargas sobre el basculante.....	63
Figura 43. Post-procesamiento basculante.....	64
Figura 44. Base del motor.....	64
Figura 45. Información sobre la malla de la base del motor.....	65
Figura 46. Cargas en la base del motor eléctrico.	66
Figura 47. Post-procesamiento base del motor.	67
Figura 48. Bases para el controlador.....	67
Figura 49. Información de la malla para las bases del controlador.....	68
Figura 50. Cargas sobre las bases del controlador.	69
Figura 51. Post-procesamiento bases del controlador.....	70
Figura 52. Bases para el pack de baterías.	70
Figura 53. Información del mallado para las bases del pack de baterías.	71
Figura 54. Cargas sobre las bases de las baterías.....	72
Figura 55. Post-procesamiento bases del pack de baterías.	73
Figura 56. Tubería mecánica redonda ASTM A36.....	74
Figura 57. Dobladora de tubos.....	75
Figura 58. Chasis ensamblado.	76
Figura 59. Placa base del motor eléctrico.	77
Figura 60. Montaje del Motor eléctrico.	77
Figura 61. Bases del pack de baterías.	78

Figura 62. Montaje del pack de baterías.	78
Figura 63. Montaje de la dirección.	79
Figura 64. Montaje de la suspensión.....	79
Figura 65. Ensamble final de la moto.	80
Figura 66. Tasa de crecimiento de las motocicletas desde el 2010 (INEC).....	81
Figura 67. Ubicación de los esfuerzos en la motocicleta (Rivero&Dominguez, 2013).....	81
Figura 68. Peso promedio de una persona.	82
Figura 69. Chasis sin Carga.	83
Figura 70. Prueba con 71kg.	83
Figura 71. Prueba con 140k.	84
Figura 72. Simulación con 70kg.	85
Figura 73. Simulación con 140 kg.	86
Figura 74.Simulación con 280 kg.	87
Figura 75. Esfuerzos máximos en la motocicleta	88
Figura 76. Esfuerzos producidos en el chasis (acero A36).....	89
Figura 77. Desplazamientos producidos en el chasis (acero A36).	90
Figura 78. Esfuerzos producidos en el chasis (acero A500).....	91
Figura 79. Desplazamientos producidos en el chasis (acero A500).	92
Figura 80. Esfuerzos producidos en el chasis (acero inoxidable).....	92
Figura 81. Desplazamientos producidos en el chasis (acero inoxidable).....	93
Figura 82. Esfuerzo – chasis ensamblado A36.	95
Figura 83. Factor de seguridad Acero A36.....	96
Figura 84. Desplazamiento – chasis ensamblado A36.....	97
Figura 85. Reacciones en el chasis.	97
Figura 86. Diagrama de reacciones.....	98
Figura 87. Esfuerzo – chasis ensamblado A500.	99

Figura 88. Factor de Seguridad Acero A500.	100
Figura 89. Desplazamiento – chasis A500.....	101
Figura 90. Esfuerzo – chasis Acero Inoxidable.	101
Figura 91. Factor de seguridad – Acero Inoxidable.....	102
Figura 92. Desplazamiento – chasis Acero Inoxidable.....	103
Figura 93. Fuerza en la pipa en frenada (FOALE, 2013).	104
Figura 94. Esfuerzo máximo en frenada.	105
Figura 95. desplazamientos en la frenada.	106
Figura 96. Reacción provocada en la Frenada.	107
Figura 97. Esfuerzos producidos en el Basculante.	107
Figura 98. Desplazamientos producidos en el Basculante.	108
Figura 99. Esfuerzos producidos en la base del motor eléctrico.....	109
Figura 100. Desplazamientos producidos en la base del motor.	110
Figura 101. Esfuerzos producidos en las bases del controlador.	111
Figura 102. Desplazamientos producidos en las bases del controlador.	112
Figura 103. Esfuerzos producidos en las bases del pack de baterías.	113
Figura 104. Desplazamientos producidos en las bases de las baterías.....	114
Figura 105. Grafica de Convergencia del Chasis.....	115
Figura 106. Gráfica de convergencia del Basculante.....	116
Figura 107. Grafica de convergencia de la base del Motor.	117
Figura 108. Grafica de convergencia de las bases del controlador.	118
Figura 109. Grafica de convergencia de la base del Pack de Baterías.....	119
Figura 110. Requerimientos básicos de proyecto.	120
Figura 111. Cuadro del Administrador general.	121
Figura 112. Cuadro del Mecánico.....	122
Figura 113. Cuadro de la secretaria.	123

Figura 114. Mano de obra del Supervisor.....	124
Figura 115. Costos Fijos.....	125
Figura 116. Costos de Producción.....	126
Figura 117. Costos Hundidos.....	126
Figura 118. Análisis de Flujo.....	127
Figura 119. VAN Y TIR.....	127
Figura 120. Gráfico de dispersión de los materiales.....	128
Figura 121. Gráfico de caja y bigotes de los materiales.....	129
Figura 122. Esfuerzo máximo ASTM A36.....	130
Figura 123. Esfuerzo máximo ASTM A500.....	131
Figura 124. Esfuerzo máximo Acero Inoxidable.....	131
Figura 125. Resultados del Chasis propuesto.....	134
Figura 126. Esfuerzos obtenidos del chasis. (Noriega & Pantoja, 2014).....	134
Figura 127. Rango de desplazamiento. (Larrauri A. , 2012).	135
Figura 128. Rango de desplazamiento del chasis.....	136
Figura 129. Prototipo Anterior (Valencia, 2018).....	136
Figura 130. Prototipo Actual.....	137

Resumen

En el presente estudio se propone diseñar un chasis y su respectiva construcción para una motocicleta eléctrica, con materiales del mercado local.

El método se hará mediante matrices de calidad para la selección de la materia prima adecuada entre los Aceros ASTM A36, Acero Inoxidable y el Acero ASTM A500 para la fabricación de la estructura y sus respectivas simulaciones a través del software NX mediante el método de elementos finitos del mismo. Se seleccionó el acero ASTM A36 porque este cumple con los valores adecuados de resistencia máxima y desplazamiento máximo, bajo la normativa INEN 2415 de las propiedades del acero en el país.

Los resultados que se obtuvo del chasis simulado y fabricado con el Acero A36 con un límite elástico de 250 MPa, al aplicar las cargas respectivas al peso del conductor, motor eléctrico y pack de baterías proyecto los siguientes resultados en la simulación de 121.48 MPa en el esfuerzo máximo, un desplazamiento máximo de 0.291mm y un factor de seguridad de 1.8 por lo que se determinó que no existe riesgo de rupturas en la estructura y se puede construir bajo los parámetros de diseño planteado.

Se demostró que este tipo de proyectos aportan al cambio de matriz productiva ya que no producen contaminación, ya que su fuente de almacenamiento y de transmisión es eléctrica.

Palabras claves: diseño estructural, electricidad, energía, Vehículo automotor, transporte.

Abstract

In the present study it is proposed to design a chassis and its respective construction for an electric motorcycle, with materials from the local market.

The method will be done through quality matrices for the selection of the appropriate raw material between ASTM A36 steels, Stainless Steel and Steel ASTM A500 for the manufacture of the structure and their respective simulations through the NX software using the finite element method. of the same. ASTM A36 steel was selected because it meets the adequate values of maximum strength and maximum displacement, under the INEN 2415 standard of steel properties in the country.

The results obtained from the simulated chassis and manufactured with Steel A36 with an elastic limit of 250 MPa, when applying the respective loads to the weight of the driver, electric motor and battery pack project the following results in the simulation of 137.90 MPa in the maximum effort, a maximum displacement of 0.311mm and a safety factor of 1.8, so it was determined that there is no risk of ruptures in the structure and can be built under the proposed design parameters.

It was demonstrated that this type of projects contributes to the change of productive matrix since they do not produce pollution and transmission is electrical.

Keywords: structural design, electricity, energy, Motor vehicle, chassis, transport.

Introducción

Antecedentes

En el presente estudio se propone diseñar un chasis para una motocicleta eléctrica y adaptar un motor eléctrico, el cual permita un óptimo desempeño de la motocicleta y cumpla con los estándares de calidad confort y seguridad establecidas en las normativas de tránsito ecuatorianas. Como antecedente, se podría decir que un chasis es una estructura que mantiene sujetas entre sí las distintas partes necesarias para formar un vehículo u objeto y además de aportar rigidez al conjunto, dicho de otra forma, es donde sujeta la dirección, el motor, el basculante trasero, etc. y es el armazón de la motocicleta. El chasis de una motocicleta debe cumplir dos funciones básicas las cuales son: estáticas y dinámicas dentro de la función estática abarca un aspecto que, aunque es evidente, cabe destacarlo, y no es otro que soportar el peso de la moto, el piloto, el motor y todo el resto de elementos necesarios, como por ejemplo los depósitos de gasolina y aceite (Vergara, 2011).

La función dinámica es quizás es la menos apreciada, pero es de vital importancia: el chasis, en conjunto con el resto de las partes, deben proporcionar una dirección precisa, un buen garre, un buen confort y una buena manejabilidad. Por todo ello, la estructura de la moto debe resistir adecuadamente los esfuerzos de torsión y flexión, de forma que las ruedas puedan mantener una relación correcta entre ellas, sin importar las dificultades u obstáculos que se presenten durante el uso de la motocicleta (Vergara, 2011).

Una relación correcta quiere decir que el eje de la dirección debe permanecer en el mismo plano que la rueda trasera, de forma que la geometría de la dirección no se vea afectada por posibles deformaciones del chasis (Bradley, 2012). Además, el chasis debe permitir una buena conducción de la moto ya sea esta eléctrica o de combustión interna, refiriéndose a

manejabilidad como al esfuerzo físico necesario para que la moto responda a las acciones. Este aspecto dependerá fundamentalmente de la altura del centro de gravedad, la rigidez el peso la geometría, el tamaño de los neumáticos y los momentos de inercia de las ruedas y el conjunto piloto/moto (García G. , 2013).

Problema

El problema radica por el aumento de la contaminación que generan los motores de combustión interna, la carencia de empresas que se dediquen al diseño y construcción de vehículos eléctricos EV los cuales aporten a un transporte eficiente dentro de las distintas ciudades del territorio Ecuatoriano, sin utilización de combustibles fósiles ocupados en los automotores convencionales es lo que impulsa a realizar este tipo de investigaciones para aportar con ideas innovadoras al cambio de matriz productiva en nuestro país.

Justificación

Esta investigación tiene como objetivo principal la simulación y construcción de una estructura para una motocicleta eléctrica. Es de gran interés este estudio tanto para el Estado como para la población Ecuatoriana ya que actualmente, según el Instituto Nacional de Estadística (INEC) y Ministerio del Ambiente (MAE) en ciudades como Quito, Santo Domingo de los Tsáchilas y Milagro reportaron los índices más altos de contaminación PM 2.5($\mu\text{g}/\text{m}^3$) excediendo lo recomendado por la Organización Mundial de la salud (OMS) (ELCOMERCIO, 2016). Por eso es fundamental realizar este tipo de proyectos los cuales contribuyan a disminuir y cuidar el medio ambiente, introduciendo vehículos de tipo eléctrico, los cuales tienen un cero por ciento de emisiones de CO₂ y son amigables tanto para el ambiente como para los usuarios.

La importancia de esta investigación no solo radica en la problemática medioambiental sino en la contribución por parte del sector manufacturero, con el aumento de autopartes de producción

nacional para motocicletas eléctricas, que se puedan realizar con maquinaria y mano de obra ecuatoriana, teniendo en cuenta, que actualmente el estado ecuatoriano obliga a las empresas a realizar un 20% (<http://www.industrias.gob.ec>, 2013) de accesorios para motocicletas como: basculante, volante, parrilla y accesorios extras, fabricados en el Ecuador y normalizados bajo la Norma ISO 9001-2008 y próximamente con la Norma ISO 9001-2015 con el fin de certificar estos productos (UNO, 2018).

Este tipo de proyectos contribuirá al cambio de matriz productiva impulsada por el gobierno anterior y que hoy en día se mantiene con el Plan de Desarrollo Nacional Toda una Vida (<http://www.planificacion.gob.ec/>, 2017).

Desarrollar este tipo de proyectos a base de energías autosustentables aportará a la principal problemática de la contaminación ambiental, que se ve envuelta por la utilización de combustibles fósiles por parte del sector de la transportación.

Objetivo general

Diseñar un chasis de una motocicleta eléctrica mediante un software de simulación y su construcción para fomentarse la producción de motocicletas eléctricas en el país.

Objetivos específicos

1. Analizar el comportamiento estructural mediante el software de simulación NX para observarse los esfuerzos producidos por las cargas de motor, pasajero y pack de baterías.
2. Realizar la construcción de un chasis para motocicleta eléctrica a través de materiales del mercado local para satisfacerse sus rendimientos en su elaboración.
3. Aportar a la reducción de emisiones de CO₂ mediante el desarrollo de una motocicleta eléctrica para aportarse al cambio de matriz productiva en el Ecuador.

Hipótesis

La innovación y la introducción de motocicletas eléctricas para el mercado automotor ecuatoriano, creara una nueva fuente de estudio y empleo a la industria, con el fin de reducir las emisiones de CO₂ en el Ecuador e impulsar el cambio de matriz productiva de nuestro país.

Estado del Arte

Según el informe del Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos (Delgado, 2015), el uso de combustibles fósiles en el Ecuador ha obtenido un alto crecimiento en las últimas décadas siendo el petróleo la fuente con una mayor contribución como se muestra en la figura 1. Una de las razones que permite dicho crecimiento es a causa de los combustibles fósiles son subsidiados en el país. Por otra parte, su uso en vehículos ha crecido también gracias al aumento del parque automotor.

Los principales combustibles para motores vehiculares en Ecuador que provienen del petróleo fósil son: la gasolina (en vehículos livianos), diésel (en vehículos pesados), en la (figura 1), se representa la demanda de energía por sectores (con base al 2014), el transporte posee el 42 % de la demanda, siendo igual al comportamiento a nivel mundial donde el transporte representa el 59 % con un pronóstico en su crecimiento al 63 % para el 2040 (IEA, 2013).

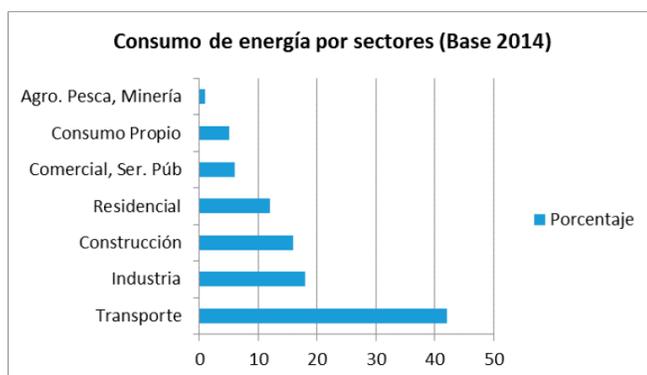


Figura 1. Demanda de energía por sectores en el Ecuador (Delgado, 2015).

Dentro de los resultados de la actividad del transporte, el terrestre abarca el 86 % del total de la energía, muy por encima del marítimo con un 8 % y el aéreo con el 6 %. Dentro del transporte terrestre, el de carga pesada y liviana, son los que más energía consumen con un 42 % y 18 %, respectivamente (figura 2), trabajo desarrollado por Sierra (2016), muestran resultados similares reportados por el Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, solo que en su caso la carga liviana y pesada, son los que más energía consumen con un 42 % y 22 %, respectivamente.

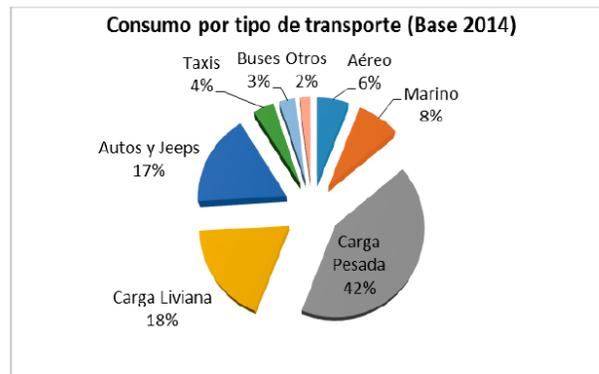


Figura 2 Demanda de energía por tipo de transporte en el Ecuador (IEA, 2013).

Norma INEN 136 (1R) Motocicletas.

Este Reglamento Técnico Ecuatoriano establece los requisitos que deben cumplir las motocicletas y tricimotos. Quedan fuera del alcance de este reglamento técnico las motos acuáticas, motocicletas clásicas y de competencia deportiva.

Prueba Estática en ralentí.

Límites máximos de emisiones permitidas para motocicletas y tricimotos

Tipo de motor: Todas las motocicletas.

Monóxido de carbono CO(% V): 3.5.

Hidrocarburos HC (ppm): 2000.

En el 2015, se matricularon 1'925.368 vehículos motorizados en Ecuador, 57% más que lo registrado en el 2010 cuando la cifra llegó a 1'226.349, según los últimos datos del Anuario de Transportes 2015. La tasa de crecimiento del parque automotor de las motocicletas es del 6.4% anual a nivel nacional (INEC, 2015). En Quito-Pichincha Motor uno produce 1500 motos mensuales este valor varía según la demanda y la producción de scooters eléctricos fluctúa entre las 50 y 90 unidades mensuales (Multimotos, 2018).

Índice de Ventas de motos en el Ecuador.

En la (figura 3) se puede observar el histórico de ventas de motos de los años 2013 al 2018 notándose un incremento en la adquisición de este medio de transporte por los ecuatorianos en los últimos años por ende un promedio mayor de consumo de combustible y emisiones.

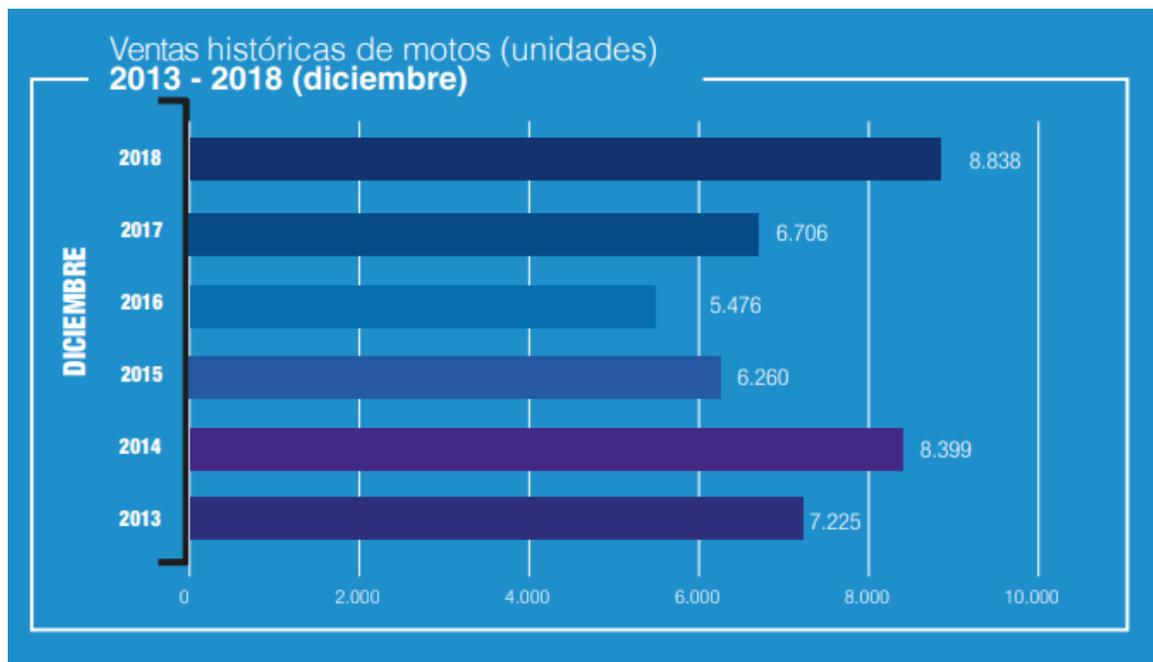


Figura 3. Ventas de motos en el Ecuador (AEADE, 2018).

Carga contaminante de una motocicleta.

Se estima que la carga contaminante de una motocicleta promedio de CO y de HC emanados por las motos en ciudades, con una media de 20 km por día recorridos es de 2.16 toneladas de monóxido de carbono, y de 0.04 toneladas de hidrocarburos diariamente (Toledo, 2016).

Considerando los antecedentes anteriores de las ventas y de las emisiones de una sola motocicleta se puede suponer que en 8.838 unidades por 2.16 Ton de CO en un mes se producen 572.702 toneladas de monóxido de carbono y 10.605 Ton de HC al mes.

Si se logra reemplazar al menos 100 unidades de motos a combustión por motocicletas eléctricas al mes, se estaría reduciendo en 6.480 Ton de CO y 12 Ton de hidrocarburos en un solo periodo y a nivel nacional. Si bien aún las cifras son bajas en la reducción de emisiones si se toma estas cifras a futuro o en un lapso de 365 días los resultados aumentan teniendo así una reducción de 2.365,200 TON de CO y 4.380 TON de HC, el impulso que se le dé a este tipo de tecnologías es importante para un cambio en el medio ambiente.

Por esta razón, es importante y necesario acelerar la introducción de la tecnología eléctrica. Vehículos (VE) en la actividad del transporte privado. Las organizaciones, como Better Place, han posicionado modelos comerciales atractivos con la intención de que sea más viable económicamente para el usuario adquirir y operar un EV. Estos modelos demandan cambios en la infraestructura de la ciudad y no se espera que estén completamente operativos en los próximos años.

Motos Eléctricas.

Los diseñadores siguiendo la tendencia de desarrollo automotor y tecnológico, han tomado grandes riesgos por los altos costos de producción para desarrollar vehículos eléctricos (EV) de cuatro ruedas.

Una de las empresas más innovadoras dentro del mercado de autos eléctricos de mayor vanguardia es TESLA (Zhao, 2018).

En los últimos años se han desarrollado varias motos eléctricas plegables de diferentes tipos, aunque la mayoría de ellas nunca llegaron a la etapa de producción, ya que parece de poco interés aun este tipo de vehículos unipersonales por la baja potencia, corto alcance y alto costo (Gudmundsson, 2012).

Por lo tanto, es importante darle un enfoque a vehículos unipersonales como las motocicletas para dar más opciones a los usuarios que opten por este tipo de vehículos eléctricos.

Uso de Motocicletas Eléctricas.

La mayor cantidad de motocicletas eléctricas utilizadas a nivel mundial se debe en gran parte a la tecnología que crean ciertos países desarrollados, otro uso es por el nivel de contaminación ambiental.

Estados Unidos de Norteamérica, Europa, Asia, y una parte de América Latina, disponen de motocicletas eléctricas. Alrededor del 60% de personas de estas ciudades, se desplazan aproximadamente 60 km diarios a su lugar de trabajo, en vehículos de combustión a gasolina, consumiendo un monto importante de combustibles fósiles y emitiendo sustancias contaminantes al ambiente, según comenta (Moya, 2013, pág. 23) Por ejemplo, en el año 2013 en España, se matricularon alrededor de 171 motocicletas eléctricas, como se muestra en la (figura 4) este país está tratando de reducir la contaminación atmosférica y al mismo tiempo, reducir el nivel de congestión vehicular.



Figura 4. Uso de Motos eléctricas (Moya, 2013).

Variables Estructurales

Estructuras de Motocicletas.

En el diseño del chasis se tiene muy en cuenta el uso que se le vaya a dar a la motocicleta, es decir, si va a ser de campo, carretera o ciudad y el motor que vaya a incorporar (nº de cilindros, disposición, si va a realizar funciones portantes, ...). Para ello, además de la geometría del chasis, se tienen en cuenta criterios como son la rigidez y la ligereza del chasis. El chasis es el elemento principal de la motocicleta, estructuralmente hablando, une mediante la pipa o cabezal de dirección el conjunto delantero (la rueda delantera) con el basculante (rueda trasera) y soporta todos los elementos mecánicos, manteniendo la geometría y el reparto de pesos con una rigidez adecuada (Larrauri, 2012).

El chasis de simple cuna cerrado.

Dicho chasis se forma de varios perfiles en un mismo plano vertical y tienen su partida desde el cabezal de dirección hasta la zona del eje del basculante. Está formado por un tubo que desciende desde la columna de dirección y pasa por debajo del motor formando una cuna. (Casajús, 2012). La estructura, compuesta por tubos soldados, contiene al motor en su interior. El perfil en la parte inferior del chasis es continuo desde el cabezal de dirección hasta la zona del basculante (figura 5).



Figura 5. Chasis simple cerrado (Gamoneda, Y, 2016).

Chasis simple abierto o interrumpido.

Es aquel cuya elaboración toma como referencia al chasis de simple cuna cerrado, pero con diferencia en el diseño en la parte inferior del perfil ya que este se interrumpe al llegar al motor y el motor es la parte que cierra esta zona por lo tanto el motor sirve como estructura resistente (figura 6). Estos chasis son muy económicos y son habituales sobre todo en cilindradas pequeñas, 125 y 250 cc y en la mayoría de las motocicletas trail.



Figura 6. Chasis simple abierto (Gamoneda, Y, 2016).

Chasis simple desdoblado.

Es aquel cuya elaboración toma como referencia al chasis de simple cuna cerrado, pero con diferencia en que del cabezal de dirección desciende un único tubo pero que se desdobra

delante o debajo del motor, llegando a la zona del eje del basculante trasero dos tubos (figura 7). Este tipo de chasis se utiliza habitualmente en motocicletas de campo y trail.



Figura 7. Chasis simple desdoblado (García, 2013).

Chasis doble viga perimetral cerrado.

Este tipo de chasis está formado por una estructura que contiene dos vigas de elevada sección que abrazan al motor en su zona superior por los laterales, parten otros dos tubos del cabezal de dirección hacia la zona inferior del motor y al basculante, haciendo de cuna y con sección muy inferior que las de la doble viga (figura 8). Este tipo de chasis se utilizaba en motocicletas deportivas como la Suzuki GSX R 750 (1993), la Kawasaki ZXR 750 o la Suzuki GS 500.

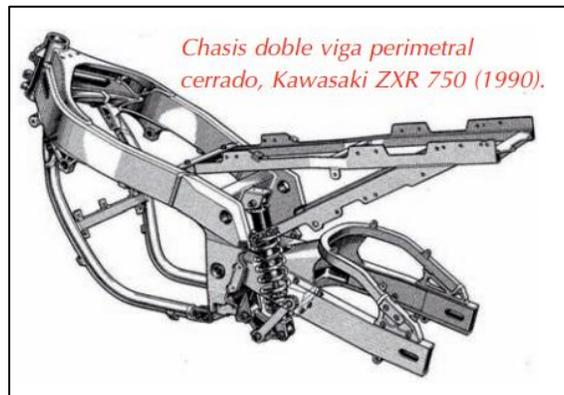


Figura 8. Chasis doble viga perimetral (Casajús, 2012).

Chasis monocasco.

Este chasis tiene el nombre de autoportante ya que se soporta a sí mismo. Las ventajas de utilizarla actualmente son debido a su bajo costo. Contiene una chapa estampada que hace las funciones de chasis y a la vez de carrocería (figura 9). Es un tipo de chasis muy inusual en otros modelos de motocicletas, sin embargo, lo utiliza una moto deportiva como la Kawasaki ZX12R (2005) y la ZZR 1400, fabricado en aleación de aluminio, en el que el chasis conforma además parte de la caja de admisión-airbox (Casajús, 2012).



Figura 9. Chasis monocasco (Casajús, 2012).

Chasis Mono viga o de espina central.

Este es un chasis tubular en el cual el tubo va por la parte superior toma mayor protagonismo, con mayores dimensiones y llega a ser prácticamente una viga. El motor ya no se rodea en la parte inferior por la cuna, sino que queda colgado bajo el perfil tubular o espina central del chasis. Esta mono viga dispone de unos soportes laterales para permitir anclar al motor (figura 10).



Figura 10. Chasis mono viga (García G. , 2013)

Estudio para la elección del tipo de chasis.

El estudio se comenzará valorando la rigidez y el peso que cada tipo de chasis podría proporcionar. Estos dos aspectos son de vital importancia ya que, por un lado, el chasis diseñado deberá soportar cargas relativamente elevadas. Mientras que por otro lado el peso resultará algo determinante debido a que todas las motocicletas participantes montarán el mismo motor. Otro aspecto a valorar será el espacio que proporcionará el chasis. Dicho espacio determinará la rapidez y facilidad con la que se será capaz de subsanar averías o cambiar reglajes (García, 2013). Esto será, como se ha mencionado en apartados anteriores, un punto muy importante teniendo en cuenta que el diseño está orientado al mundo de la competición. Los últimos puntos a tener en cuenta a la hora de decidir qué tipo de chasis se diseñará son el coste del material y la viabilidad de su fabricación. Es por ello que en este apartado también se valorará el material a emplear, siendo éste decisivo en el diseño y coste del chasis, así como en el peso final y prestaciones (Pontiveros, 2011). En la tabla 1, se realiza una comparativa de los tipos de chasis.

Tabla 1
Comparativa de los tipos de chasis

Tipo	Rigidez	Peso	Espacio	Material	Fabricación	Coste
Tubular	media/alta	medio	medio	acero/Al	complicada	medio
Simple Abierto	media	bajo	medio	acero	fácil	bajo
Monocasco	media	medio	bajo	Aluminio	media	alto
Doble viga	media/alta	medio	alto	Aluminio	complicada	medio

Fuente: (García, 2013).

Requerimientos Estructurales.

Los requerimientos estructurales del bastidor son la ligereza y una larga vida útil (5 años) para considerar esto con más detalle, primero se tiene que definir la rigidez y la fuerza, la rigidez se refiere a la deformación temporal de una estructura cuando se carga y descarga esta se mide en términos de la flexión lineal o angular en comparación con la fuerza definida por las cargas aplicadas sobre la estructura. La otra sería la resistencia que es una medida al aplicar una carga antes de que ocurra una falla estructural y son las que proporcionan la rigidez a la misma.

Al instante de diseñar el bastidor hay que tener muy presente el uso para el cual va a estar destinada la motocicleta y el motor que se quiere alojar en ella. Entonces independientemente de la geometría del chasis, se tienen en cuenta parámetros tales como la rigidez y la ligereza del mismo para que estas no sen cargas extras para el motor y su potencia.

El bastidor está definido como el elemento primordial de la motocicleta en cuanto a estructura se refiere, ya que une mediante el eje de dirección el conjunto delantero con el basculante soportando todos los elementos mecánicos, conservando la geometría de la motocicleta y

mediante reparto de pesos de manera de equilibrar la carga a lo largo del bastidor. La pipa de la dirección y la zona del eje del basculante son las partes de la motocicleta que mayores esfuerzos soportan, entonces por este motivo son las zonas más reforzadas del chasis.

Durante el funcionamiento de una motocicleta surgen diversas fuentes de flexión, fenómeno que no es beneficioso para el bastidor. Entonces se deben minimizar si se desea que la motocicleta diseñada tenga el comportamiento esperado (FOALE, 2013).

Cálculos

Una vez seleccionada la mejor configuración para la moto, se establecen los materiales y los componentes necesarios para el diseño del chasis. El motor eléctrico, el pack de baterías y la unidad de control, se importan, puesto que no se encuentran disponibles en el mercado nacional. Debido a la configuración especial de las baterías y motor, es necesario realizar un diseño propio del chasis. La relación del torque, así como de la velocidad se hacen directamente con el motor, razón por la cual la moto no cuenta con un sistema de cambios manual (Noriega & Pantoja, 2014). Tabla 2, cálculos aplicables en el chasis.

Tabla 2
Cálculos aplicables en el chasis

Sistema	Cálculos a realizar
Chasis	Cálculos estructurales (factor de seguridad) Longitudes para la distribución del motor y celdas eléctricas Centro de gravedad Distancia entre ejes

Centro de gravedad.

Al instante de diseñar una motocicleta, es clave importante procurar un peso mínimo que permita acelerar rápidamente o frenar con mayor facilidad así mismo, es necesaria una buena

distribución del peso y una óptima distribución del centro de gravedad. Una distribución desproporcionada con respecto al C.G., puede acarrear serios problemas para la integridad del piloto (Cano, 2013).

Un peso adecuado de la moto, más la del conductor y un centro de gravedad bajo, ayudan a tener un buen equilibrio para un determinado grado de inclinación. El par del motor que desestabiliza al piloto es directamente proporcional al peso y a la altura del centro de gravedad.

Los valores presentados a continuación son de motos, de similares características en cuanto al peso y geometría, como ejemplo, se presenta la moto Honda CBR 600RR, de 184 kg de peso y una distancia entre ejes de 1.375mm, así, el centro de gravedad se sitúa a 709,5 mm del eje delantero y 665, 5 mm del eje trasero; valores que se aproximan a los obtenidos para la motocicleta eléctrica (Motor, Honda, 2015).

Peso de la motocicleta aprox: 170 kg

Peso del piloto aprox: 70 kg

Peso total aprox: 240 kg.

Si el centro de gravedad se encuentra adelantado, la moto tendrá una mejor dirección, mientras que, si está retrasado o próximo a la rueda posterior, favorecerá a la tracción. En este caso, el centro de gravedad se encuentra ligeramente atrasado, beneficiando la tracción del vehículo (FOALE, 2013).

Si se analiza la ubicación vertical del centro de gravedad, lo ideal sería contar con una posición baja, lo que mejora la estabilidad de la marcha, ya que contar con un centro de gravedad alto no es nada aconsejable, puesto que desequilibraría al conductor en las curvas, venidos a la práctica la altura del centro de gravedad suele ser la mitad de la distancia entre

ejes, lo que implica que la mayoría de la fuerza de frenado sea ejercida por la rueda delantera (Cano, 2013)(figura 11).

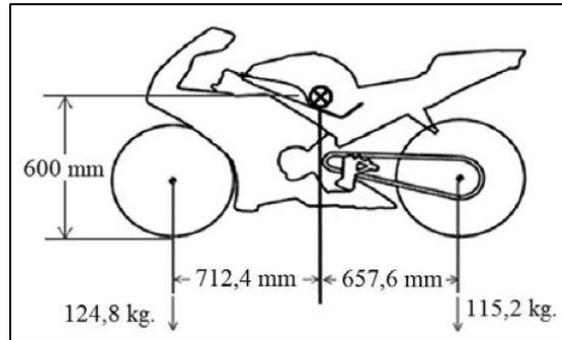


Figura 11. Ubicación del centro de gravedad (Motor, Honda, 2015)

Transferencia de cargas por frenada delantera.

Para el siguiente análisis se debe tener en cuenta la masa de la rueda trasera con sus componentes, para así poder determinar el valor de la aceleración de la masa suspendida que provoca que la rueda trasera se despegue del suelo y, por consiguiente, se transfiera toda la carga hacia la parte delantera (figura 12). Se calcula su valor en Newtons (Pérez, 2014).

Ecuación 1 se muestra la fuerza de arrastre (Mott, 1996).

$$F_d = C_d * A_f \frac{V^2}{2} \quad (1)$$

Donde:

F_d: fuerza de arrastre

C_d: coeficiente de arrastre

A_f: área frontal

V: velocidad máxima

P: densidad del aire

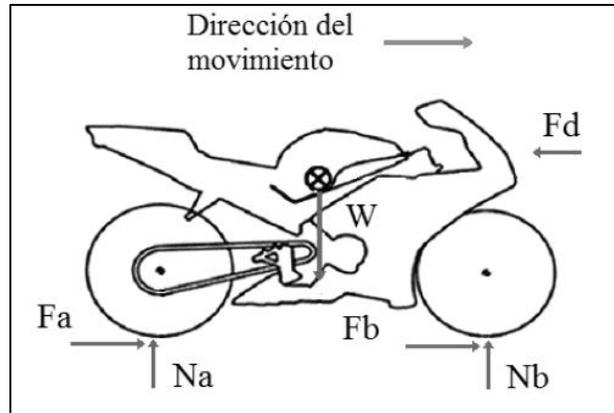


Figura 12. Análisis de fuerzas (Motor, Honda, 2015)

Ángulo de Avance.

El ángulo de avance o de dirección, también llamado lanzamiento, es el formado por el eje de la dirección con la vertical. Es un ángulo muy importante, pues determina, en colaboración con otros factores, la facilidad de la motocicleta para inclinarse al tomar curvas. De hecho, las motocicletas de un mismo segmento suelen tener un ángulo de lanzamiento muy similar. Para un mismo avance sucede generalmente que un ángulo de dirección menor confiere mayor facilidad de giro (figura 13).

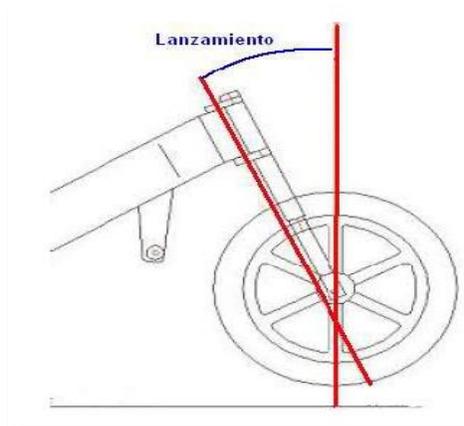


Figura 13. Ángulo de Avance

Para motos convencionales este ángulo varía entre 20 y 29 grados, pero se pueden encontrar casos especiales como las chopper con mayores ángulos (FOALE, 2013).

Avance.

Es la distancia entre el punto de contacto de la rueda delantera con el terreno y la prolongación del eje de la dirección a su intersección con el suelo. La rueda, debido a la inclinación del eje de dirección y a que éste no pasa por el centro de la rueda, no gira alrededor del punto de contacto del neumático con el suelo (figura 14). Esto provoca el autoalineamiento de la rueda delantera que, de no mediar fuerzas aplicadas sobre la dirección, tiende a seguir siempre una trayectoria rectilínea aportando estabilidad. Mientras mayor es el avance, más intensa es esta tendencia. El objetivo principal del avance es el de dar a la motocicleta una cierta estabilidad en línea recta (FOALE, 2013).

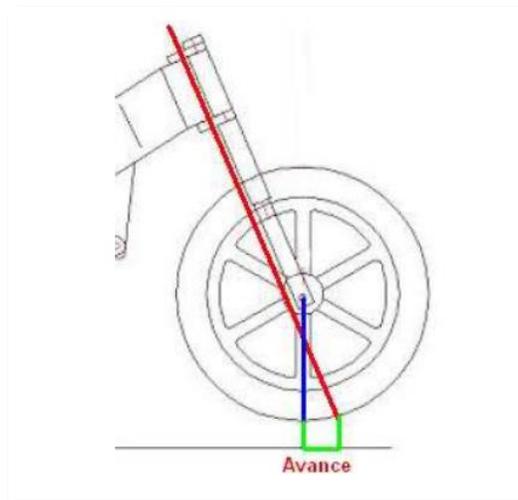


Figura 14. Avance en una motocicleta.

Reparto de pesos.

Este apartado tratará de explicar el fenómeno reparto o transferencia de peso en la fase de frenada y aceleración. Durante la fase de frenada, la carga sobre la rueda delantera aumenta, mientras que la carga sobre la trasera disminuye, esto es debido a este fenómeno de transferencia de peso, esto sucede porque al frenar, la fuerza de inercia se opone a la frenada (figura 15).

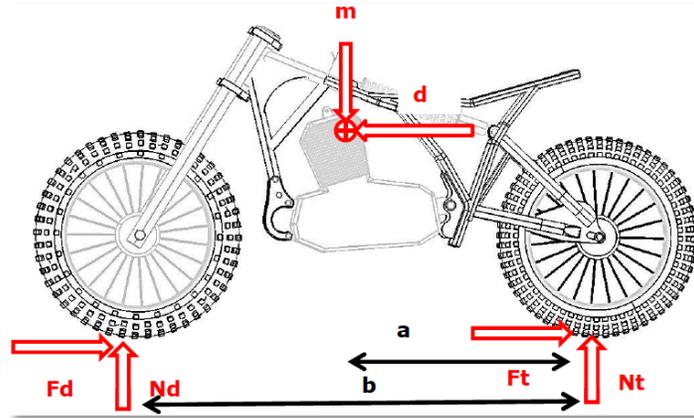


Figura 15. Frenada de una motocicleta.

Si se aplican las ecuaciones de equilibrio al vehículo entero, se podrá obtener una expresión para calcular la transferencia de carga sobre las ruedas.

Equilibrio de fuerzas horizontales.

La fuerza de deceleración inercial (m : masa del conjunto, d : deceleración) es igual a la suma de las fuerzas de frenado en cada rueda (F_d : fuerza de frenado de la rueda delantera, F_t : fuerza de frenado de la trasera). Ecuación 2, equilibrios de fuerzas (Mott, 1996).

$$m * d = F_d + F_t \quad (2)$$

Equilibrio de fuerzas verticales.

El peso ($m * g$: gravedad) es igual a la suma de las reacciones verticales producidas por la carga sobre cada rueda (N_d : reacción de la rueda delantera, N_t : reacción de la rueda trasera).

Ecuación 3, equilibrio de fuerzas (Mott, 1996).

$$m * d = N_d + N_t \quad (3)$$

Equilibrio de momentos en el centro de gravedad.

Se aplicará la suma de momentos que son ($F = F_d + F_t$, h : altura del centro de gravedad; a : distancia del centro de gravedad a la rueda trasera; b : distancia entre ejes). Ecuación 4, suma de momentos (Mott, 1996).

$$-F * h - N_t * a + N_d(b - a) \quad (4)$$

Análisis y simulación del chasis

El análisis se realiza mediante el método de elementos finitos en la simulación estática del software NX11, empleando un modelo isotrópico elástico lineal. Para ello, se aplica una fuerza aproximada de 700 N en los puntos críticos (asiento, apoyos del motor eléctrico y pack de baterías). El límite de fluencia del material dará en MPa, así como el resultado, que se obtiene del esfuerzo máximo que soportaría el chasis con la condición de que no supere el 50 % de la fuerza requerida para deformarse (figura 16) (FOALE, 2013).

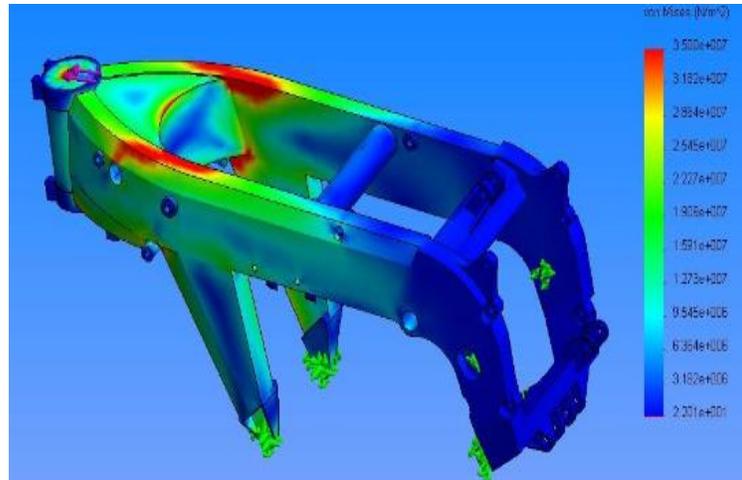


Figura 16. Análisis de MEF en un chasis de motocicleta (Noriega & Pantoja, 2014).

Diseños actuales de Motocicletas Eléctricas

Motos Zero s.

Diseñada para un entorno urbano e impulsar un desvío ocasional a lo rural, la Zero S integra tecnología y equipamiento revolucionarios además de su diseño innovador. Posee una aceleración instantánea aparte que su diseño ligero se combinan para conformarse líderes en la industria de la relación energía-peso que aumenta el alcance de la moto y maniobrabilidad. Alcanzando un peso de 102kg, la Zero S cuenta con un rendimiento de hasta 90km y una velocidad máxima de 80km/h, está pensada para un rendimiento óptimo de la línea, en curvas cerradas, y en esquivar obstáculos. Además de su rendimiento y maniobrabilidad, gran parte de la moto está fabricada de materiales reciclables. La recarga de energía tarda 4 horas aproximadamente mientras está enchufada a una toma de corriente de 110-220V. Respetando así el medio ambiente con cero emisiones de gases tóxicos, es económica y con un costo de operación de menos de 1 centavo de dólar por km además la Zero S ha sido desarrollada para cumplir con las normas de tránsito y pueden otorgar licencias para el camino en la mayoría de países donde se las distribuye (figura 17). (Pontiveros, 2011)



Figura 17. Zero S motorcycle (<http://www.zeromotorcycles.com>, 2018).

Motos Vectrix.

Es una empresa dedicada a la fabricación de motocicletas eléctricas, que cuentan con una potencia máxima de 27 CV (20 KW), las cuales pueden alcanzar velocidades en torno a los

110Km/hora, ya que su peso es alto necesita de un motor de esas características las baterías empleadas son las de Níquel-Metal Hidruro, para las que son necesarios cargadores de 110-230 V, y 1,5 KW, que se acoplan fácilmente a las tomas corrientes ordinarias. El tiempo de carga de las baterías oscila entre 3 y 5 horas, dependiendo del estado inicial de la carga la autonomía que consta en la ficha técnica del fabricante es de aproximadamente 110 Km. para un uso urbano. Otra de las ventajas a destacar de estos modelos es que están compuestas por un número menor de piezas que las motocicletas o scooters comunes, con motor de combustión interna, lo que las hace más robustas frente a fallos de los diferentes elementos, y les proporciona unos requerimientos de mantenimiento mínimos (el motor no necesita mantenimiento, y los diferentes elementos no sufren desgaste)(figura 18). (Pontiveros, 2011)



Figura 18. Vectrix motocicletas (<http://www.vectrix.com>, 2016).

Motos Brammo.

Brammo es una empresa Estadounidense que baso su desarrollo en una moto eléctrica llamada Enertia salio a la venta en los Estados Unidos a principios del 2008 hasta la fecha cuenta con una velocidad máxima de 177 kilómetros por hora y una autonomía de 200 km, y se puede recargar totalmente a través de un enchufe estándar en aproximadamente unas 3 horas, su peso es de sólo 120 kg y utiliza una cadena de transmisión directa para su transmisión de potencia. La potencia se almacena en un pack de seis baterías compuestas de fosfato de litio

que se montan por encima y por debajo de su estructura la moto está impulsada por un motor eléctrico de alta prestación de corriente directa con un bajo momento de inercia y un ángulo de ataque agresivo, esta motocicleta no denota ningun inconveniente para su manejo y tiene un gran control es su mecanismos de dirección si unimos esto con la entrega de potencia suave y eficiente desde el tren de transmisión eléctrica, todo esto da un gran vehículo eléctrico, con el 100% de su par motor disponible desde 0 rpm, la Enertia, sin duda no se queda atrás de la línea de motos eléctricas disponibles en el mercado (figura 19). (Pontiveros, 2011)



Figura 19. Brammo Motorsports (<http://www.brammo.com>, 2015).

Método

El presente proyecto tiene como alcance la realización de un prototipo de chasis para la adaptación un motor eléctrico y un sistema de almacenamiento de energía con baterías de Ion-Litio, este último, es un trabajo de investigación se efectúa en paralelo que luego será acoplado al chasis diseñado, con esto la Facultad de Arquitecturas e Ingenierías de la Universidad Internacional SEK ser pionero en diseñar y construir un vehículo eléctrico de dos ruedas en el país.

Primero se elaborará una investigación bibliográfica para determinar los métodos que permitan ejecutar correctamente el análisis para la selección correcta del chasis en base a normas y procesos nacionales para el tipo de chasis necesario para la simulación y su respectiva validación diseño, la cual será a través de los pesos colocados del pasajero pack de baterías y motor eléctrico Brushless Tabla 3, para obtener resultados reales que permitan validar los resultados de las simulaciones realizadas en NX.

Tabla 3
Pesos estimados para el chasis de la motocicleta eléctrica

Descripción	Peso
Chasis	12.5 kg
Motor eléctrico Brushless	11 kg
Controlador y accesorios	3.5 kg
Baterías Ion – Litio	10 kg
Persona promedio	70 kg
Total	107 kg

Metodología descriptiva

Para esta investigación se ha elegido un tipo de metodología descriptiva como parte principal ya que es fundamental describir a detalle cómo se procederá ya que la finalidad de la misma no se restringe únicamente a la recopilación de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables planteadas (figura 20).

VARIABLES		NIVELES		
		1	2	3
MATERIALES		acero estructural	acero inoxidable	acero galvanizado
	cód o Norma	ASTM A36 INEN2415	INEN 2415	INEN 2415
	referencias	Noriega & Pantoja. (2014)	Noriega & Pantoja. (2014)	Noriega & Pantoja. (2014)
		Nirmal Raj, R., & Arunkumar, T. (2016)	(Rívero&Dominguez, 2013)	Nirmal Raj, R., & Arunkumar, T. (2016)
CARGAS			PACK DE BATERIAS	
	Cod o Norma	ECE/TRANS/WP.29/GRPE/2014/13	ECE/TRANS/WP.29/GRPE/2014/13	ECE/TRANS/WP.29/GRPE/2014/13
	Referencia	Salmerón Ruiz, Á. (2015)	Noriega & Pantoja. (2014)	Noriega & Pantoja. (2014)
		Noriega & Pantoja. (2014)	Salmerón Ruiz, Á. (2015)	Salmerón Ruiz, Á. (2015)
CHASIS		Tubular	Espina central	Monocasco
	Cod o Norma	ISO standard 612-1978	ISO standard 612-1978	ISO standard 612-1978
	Referencia	Rivero (2013) diseño chasis moto	Rivero (2013) diseño chasis moto	Salmerón Ruiz, Á. (2015)

Figura 20. Variables de selección.

Método Selectivo - experimental

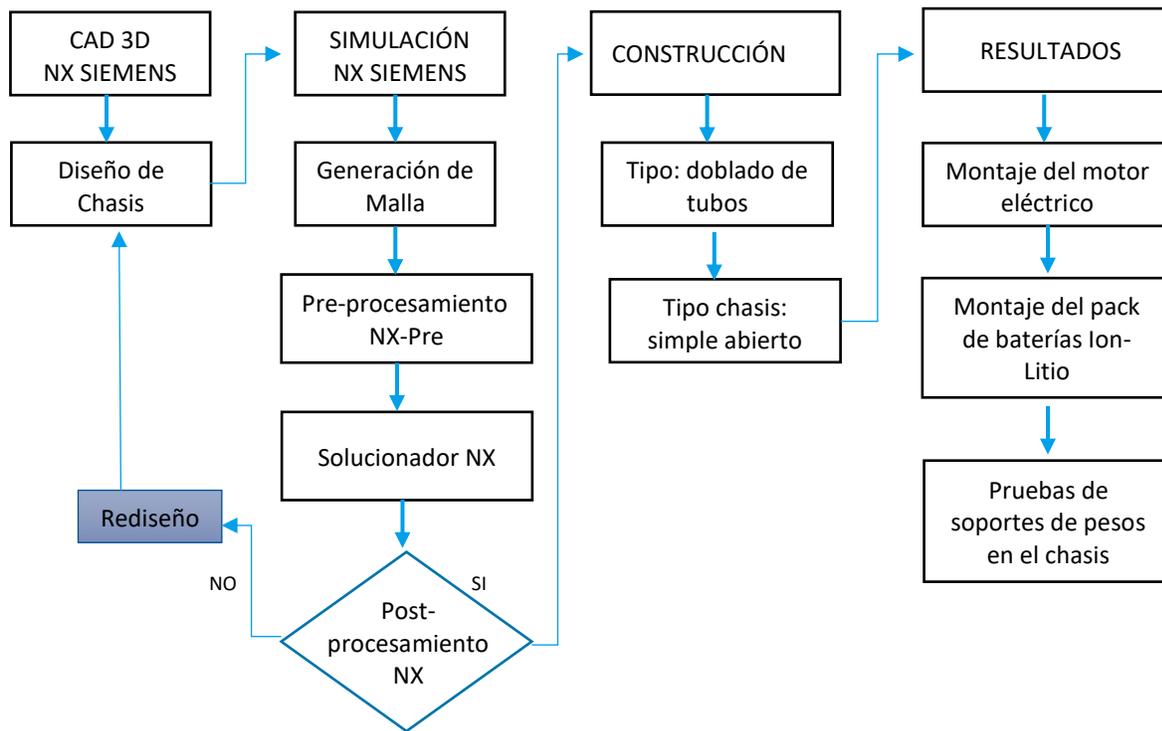
Acorde a la importancia que representa la selección del material para el diseño del chasis se plantean tres tipos de materiales los cuales se encuentran dentro del mercado ecuatoriano como son acero inoxidable, acero galvanizado y acero A36 los cuales se ocuparan para la simulación y respectiva construcción del chasis una vez que se obtuvo los resultados de la simulación.

Un planteo similar se llevó acabo en México por (Rivero&Dominguez, 2013) donde se diseñó un marco de motocicleta implementando materiales similares.

Método selectivo-modelación

A través de una matriz de calidad se escogerá la mejor configuración del chasis dentro de los cuales se tiene simple abierto, chasis doble viga y de monocasco una vez realizada la selección se procederá a las respectivas simulaciones de esfuerzos en el software NX, permitiendo por medio de este obtener los resultados esperados de confort y seguridad. Investigaciones parecidas se realizaron en Barcelona por (Salmerón, 2015) donde se realizó una motocicleta deportiva eléctrica para lo cual se utilizó una configuración de chasis tipo monocasco.

Metodología



Método de selección para el chasis.

Para la correcta selección del chasis de una moto eléctrica se procederá a utilizar una matriz de selección como se muestra en la (figura 21) entre las opciones con las que se cuentan para el diseño de la estructura se tienen las de tipo: tubular, simple abierto, Monocasco y doble viga los cuales se medirán bajo los parámetros de calidad de: rigidez, peso, espacio, material, fabricación y coste del mismo. Un diagrama de matriz de calidad es una herramienta gráfica que muestra la conexión o relación entre ideas, problemas, causas y procesos, métodos y objetivos y, en general, entre conjuntos de datos, en la forma de una tabla (matriz), la relación se indica en cada intersección de filas y columnas.

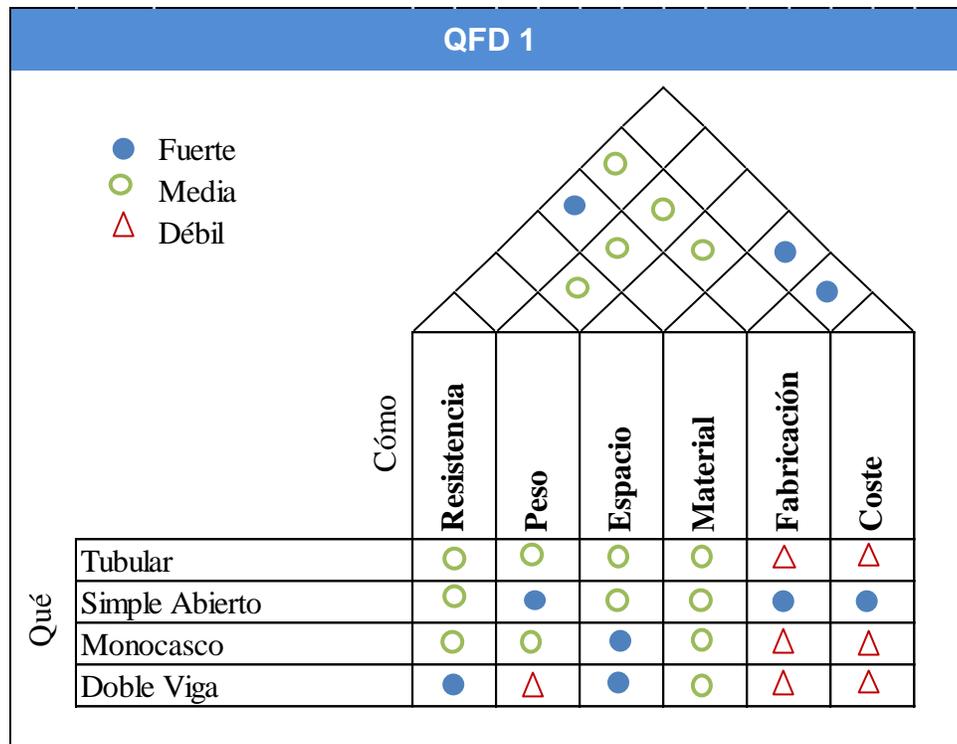


Figura 21. Matriz de calidad para selección del chasis

Una vez realizada la matriz se puede observar que la elección de un chasis simple abierto es la mejor opción bajo los aspectos analizados ya que ofrece un mayor número de relaciones fuertes por lo tanto una mejor viabilidad para el proyecto en cuanto a costos de fabricación y facilidad del mismo, los otros rangos son aceptables en comparación a los demás tipos de chasis propuestos en la matriz de calidad a que las otras opciones tienen relaciones débiles importantes que afectarían el desarrollo del mismo.

Por tales beneficios en el diseño y construcción se optará por esta selección como la más viable para este proyecto el cual se pretende reducir los costos y pesos finales del mismo.

Herramientas

Uno de los parámetros principales es la realización del CAD 3D del diseño del chasis y su respectivo material seleccionados mediante una matriz de selección de calidad, posteriormente a esto se hará la simulación respectiva seleccionando la malla adecuada, para el correspondiente

Pre-procesamiento en el software NX Siemens y enviar al solucionador y pertinente Post-procesamiento en caso de no cumplir los requisitos de confort y factor de seguridad se pasara a su rediseño de lo contrario pasara a la fase de construcción, mediante el doblado de tubos según el tipo de chasis elegido y el material anteriormente seleccionado, normado y simulado (Arroyo, 2017).

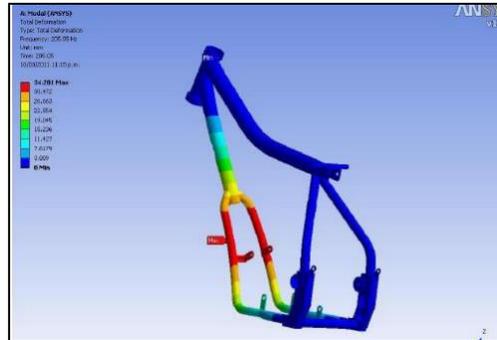


Figura 22. Simulación del chasis en ANSYS (Rivero&Dominguez, 2013)

Matriz de selección de materiales

Entre los materiales que se pueden obtener en el mercado ecuatoriano se escogió tres tipos de aceros por sus características mecánicas, dimensiones y precio los cuales son: Acero ASTM A366, Acero ASTM A 500 galvanizado y Acero inoxidable AISI 304 las propiedades de los mismos se observan en las tablas 4, 5 y 6, los cuales en base a una matriz de selección se escogerá al mejor para la simulación y construcción.

Tabla 4

Propiedades del acero ASTM A36

Propiedades del material	referencias del acero
Tipo de modelo	isométrico elástico
Límite elástico	250 MPa
Resistencia a la tracción	400 MPa
Módulo elástico	200 GPa

densidad	7.85g/cm ³
Módulo cortante	79.300 MPa
Costo c/u	6.80\$

Fuente: IPAC.

Tabla 5

Propiedades del acero galvanizado ASTM A500

<u>Propiedades del material</u>	<u>referencias del acero</u>
Tipo de modelo	isométrico elástico
Límite elástico	300 MPa
Resistencia a la fluencia	317 MPa
Esfuerzo último	4.348kg/cm ²
densidad	7.87g/cm ³
Esfuerzo de fluencia	3.241kg/cm ²
Costo c/u	13.25\$

Fuente: IPAC.

Tabla 6

Propiedades del acero Inoxidable

<u>Propiedades del material</u>	<u>referencias del acero</u>
Tipo de modelo	isométrico elástico
Límite elástico	210 MPa
Resistencia a la tracción	460 MPa
Módulo elástico	190 GPa
densidad	7.93g/cm ³
Módulo cortante	85.500 MPa
Costo c/u	33.30 \$

Fuente: IPAC.

Tabla 7

Norma INEN 2415 propiedades para aceros estructurales

Grado	Límite de fluencia (MPa)	Resistencia a la tracción (MPa)
B	180	270
C	205	340
D	250	365
E	345	450

Fuente: INEN

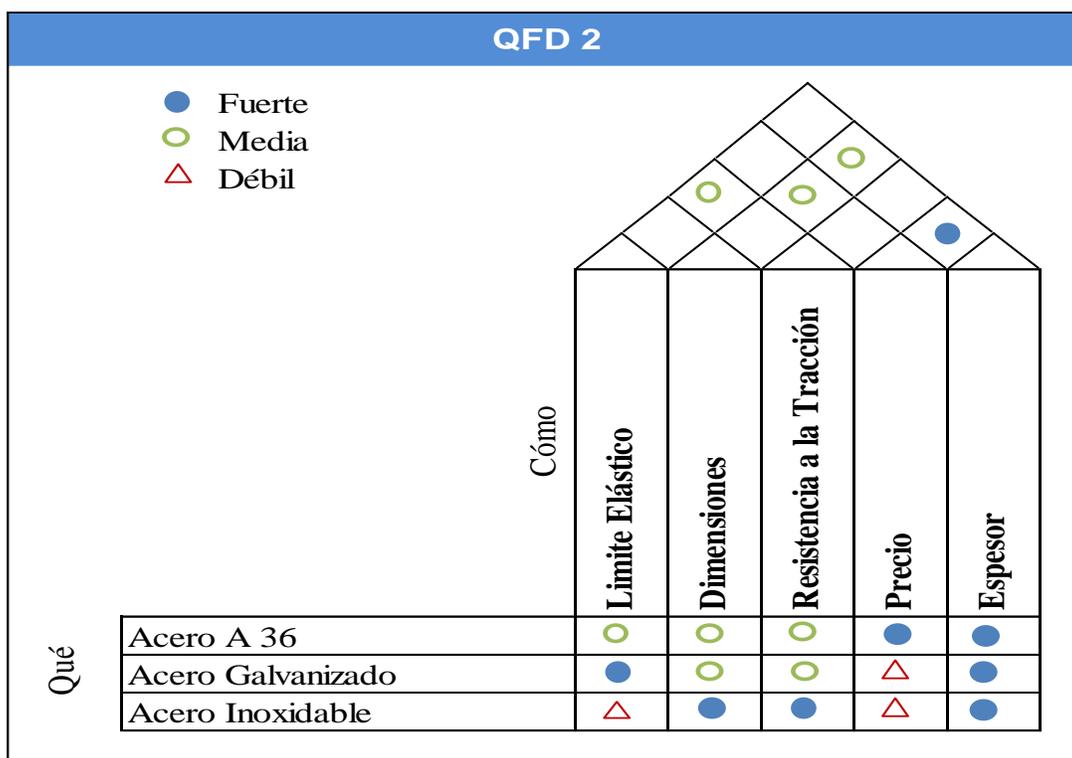


Figura 23. Matriz de selección de material

Para el chasis se utilizó un Tubo estructural en base a la norma de calidad y fabricación ASTM A36, INNEN 2415 ya que esta propuesta fue la mejor en cuanto a precio y calidad del mismo. Se seleccionó este acero debido a sus características de resistencia, para la fabricación de la estructura y soporte de los pesos del motor, baterías y controlador ya que cuenta con una relación aceptable de puntos fuertes y no tiene ítems débiles dentro del análisis de la matriz de calidad propuesta (figura 23).

Determinación del Centro de gravedad moto eléctrica.

El peso del conductor y un centro de gravedad bajo, ayudan a tener un buen equilibrio para un determinado grado de inclinación por lo cual es de suma importancia para el proyecto determinar un adecuado C.G.

Los valores presentados a continuación son los que se utilizaron en base a cálculos y proyectos previos de similares características (Noriega & Pantoja, 2014). En cuanto al peso y geometría se aplicaron las mismas fórmulas y procedimiento para la obtención mediante las ecuaciones respectivas las distancias entre ejes que se mostraran a continuación.

Peso de la motocicleta aprox: 120 kg

Peso del piloto aprox: 70 kg

Peso total aprox: 190 kg.

El lugar real del centro de gravedad se puede determinar experimentalmente, una vez este culminada la construcción de la moto eléctrica para ello, se pesará cada eje, obteniendo los siguientes datos aproximados:

Eje delantero aprox: 70 kg

Eje trasero aprox: 120 kg

Peso total aprox: 190 kg

Porcentaje de distribución desde el tren delantero. Ecuaciones 5 y 6 muestran los porcentajes de distribución (FOALE, 2013):

Para el tren delantero:

$$\% \text{ Eje delantero} = \frac{\text{peso eje delantero} * 100\%}{\text{peso total}} \quad (5)$$

$$\% \text{ Eje delantero} = \frac{70\text{kg} * 100\%}{190\text{kg}} = 36.84\%$$

Para el tren trasero:

$$\% \text{ Eje delantero} = \frac{\text{peso eje trasero} * 100\%}{\text{peso total}}$$

(6)

$$\% \text{ Eje delantero} = \frac{120\text{kg} * 100\%}{190\text{kg}} = 63.15\%$$

Para una distancia entre ejes de 1.300 mm, se encuentra la ubicación horizontal del centro de gravedad:

$$1300 * 0.36 = 468 \text{ mm del eje trasero}$$

$$1300 * 0.63 = 819 \text{ mm del eje delantero}$$

Si el centro de gravedad se encuentra adelantado, la moto tendrá una mejor dirección, mientras que, si está retrasado o próximo a la rueda posterior, favorecerá a la tracción. En este caso, el centro de gravedad se encuentra ligeramente atrasado, beneficiando la tracción del vehículo.

Si se analiza la ubicación vertical del centro de gravedad, lo ideal sería contar con una posición baja, lo que mejora la estabilidad de la marcha, ya que contar con un centro de gravedad alto no es nada aconsejable, puesto que desequilibraría al conductor en las curvas (figura 24).



Figura 24. Ubicación del centro de gravedad

Diseño CAD del Chasis

El Croquis al realizarse metodológicamente acorde al chasis seleccionado se debe tomar en cuenta las medidas y cálculos realizados tanto para el eje delantero y trasero, todo esto conforme al tipo de material y diámetros del tubo estructural previamente se calcularon la distancia entre eje y eje Ecuaciones 2 y 3 con un valor de 1300mm y centro de gravedad que está a 650 mm de distancia con relación al suelo medida importantes para el equilibrio del chasis y seguridad del piloto.

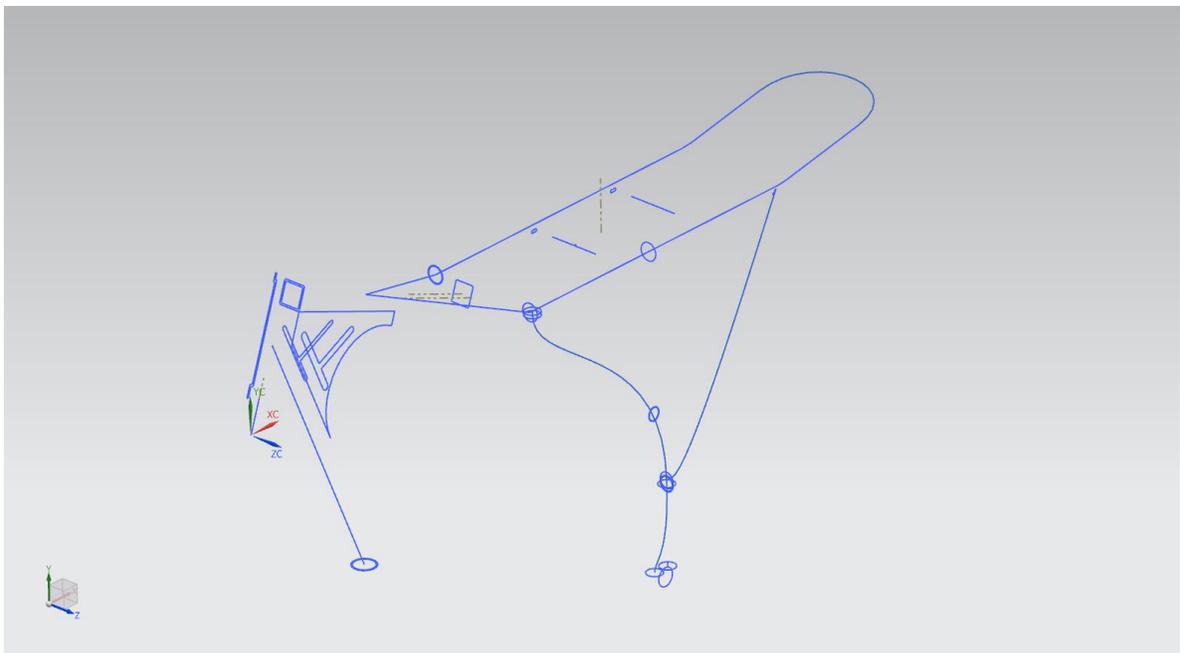


Figura 25. Croquis del chasis

Geometría del Chasis CAD 3D

Una vez obtenido el croquis de la estructura en base a las ecuaciones principales se realiza la geometría del mismo utilizando las herramientas del software como las de barrido, extrusión y un sistema de planos datum que facilitan el diseño en 3D, el cual deberá mantener los diámetros respectivos y reales que se emplearan en la construcción posterior.

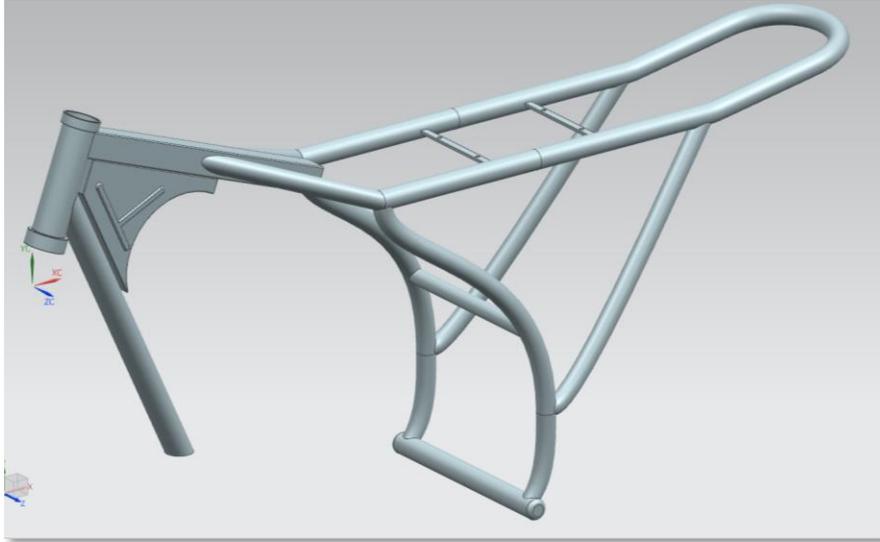


Figura 26. CAD 3D del chasis simple abierto

Generación del mallado en la estructura

Tipo de malla.

La malla que se utilizó tiene un tamaño de elemento de 3mm, la calidad de la malla es de tipo lineal de elementos tetraédricos, el número de elementos de la malla es de 507784 así como el número de nodos en la malla son 942184 y el material utilizado será el acero ASTM A366 como se muestra en la (figura 27).

Un estudio similar realizado en Pamplona- España por (Larrauri, 2012) demuestra que la mejor forma de para la elección del elemento de malla es el tetraédrico puesto que este mallara aun incluso en las zonas más conflictivas que se presenten dentro de la estructura planteada.

De igual manera una investigación en Cantabria- España (Ruiz, 2016) plantea en su proyecto que previo a la simulación de su elemento mecánico, el mallado adecuado y que no presenta ningún error es el de tipo tetraédrico por lo cual se demuestra así que previa experiencia se puede aplicar al chasis de moto planteado en el método.

```

INFORMACIÓN SOBRE LA MALLA
Nombre                : 3d_mesh(1)
Tipo de malla         : 3D
Número de elementos en la malla : 507784
Número de nodos en la malla   : 942184
Tetra10 elementos     : 507784

==== Orientación del material
Método por orientación del material : Tabla de propiedades físicas

Capa                : 1
Material heredado    : ASTM A366

INFORMACIÓN SOBRE RECOLECTOR DE MALLAS
Nombre              : Solid(1)
Tipo               : Solid

==== Propiedad física
Propiedad del cuerpo sólido : PSOLID1
Nombre              : PSOLID1
Tipo               : PSOLID
Etiqueta           : 1
Material            : Inherited from geometry.
Material heredado de 3d_mesh(1) : ASTM A366
Definición de CORDM : Definido por el usuario
CORDM              : Absoluto
Red de integración  : Valor predeterminado
Ubicación de la salida del esfuerzo : Valor predeterminado
Esquema de integración : Valor predeterminado

INFORMACIÓN SOBRE FÓRMULA DE MALLA
Element Type        : CTETRA(10)

==== Parámetros de la malla
Tamaño del elemento : 3 mm
Intento de mallado con mapeo libre : true
Intento con cilindros multibloque : false
Transición con elementos piramidal : false

==== Opciones de la calidad de la malla
Método del nodo medio : Lineal
Tolerancia en geometría : false
Jacobiano              : 10

```

Figura 27. Información de la malla

Mallado global del Chasis.

Para el correcto mallado del chasis de debe verificar previamente que no haya aberturas ni irregularidades en el modelado caso contrario aparecerán errores indefinidos por el programa y no se efectuará correctamente la simulación.

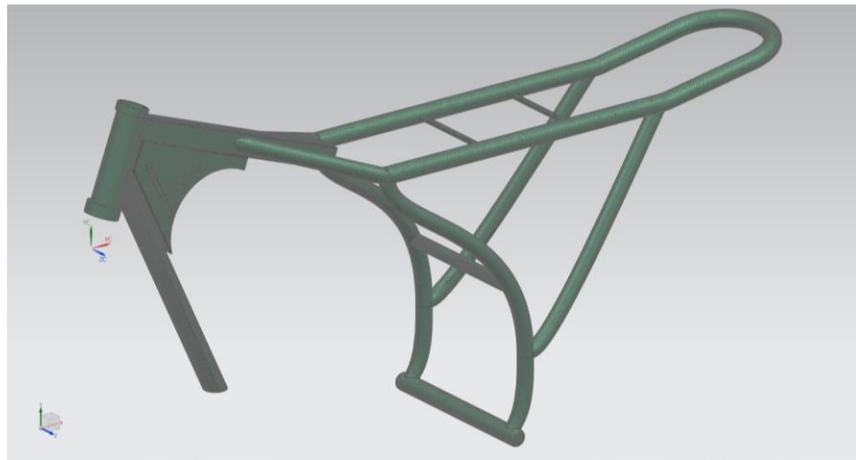


Figura 28. Chasis mallado

Pre – Procesamiento.

Una vez realizado el mallado de la estructura se asignará el material del chasis para lo cual se ocupará el comando de Gestor de propiedades físicas para cargar el acero A36 correspondiente (figura 29), este paso se lo realizará en cada elemento acoplado al chasis.

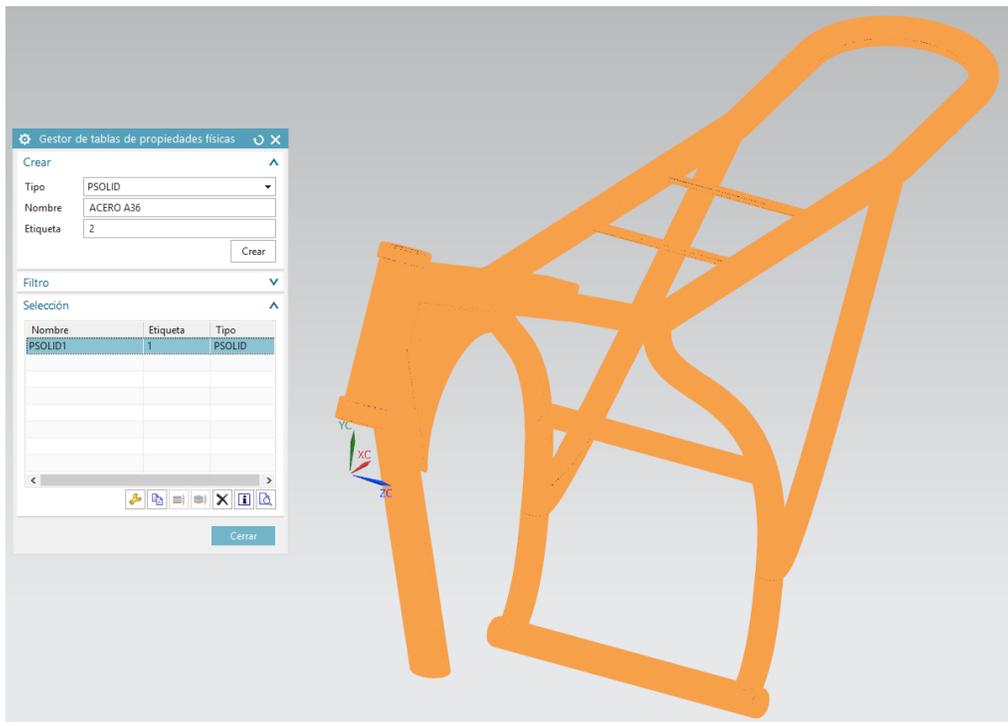


Figura 29. Gestor de propiedades físicas del Material A36

Se realizarán tres tipos de asignaciones de materiales diferentes los cuales serán: acero ASTM A 366, acero galvanizado ASTM A 500 y acero inoxidable AISI 304 con la finalidad de comprobar que el material escogido en la matriz de selección de calidad sea el apropiado y cumpla con los requerimientos de seguridad los cuales se compararan en el apartado de resultados, para la simulación se aplicara una carga aproximada de 1000 N correspondiente al peso del piloto baterías y motor en los tres escenarios como se muestra en las figuras subsiguientes. Ecuación 7 formula para una fuerza externa (Alarcón, 2006)

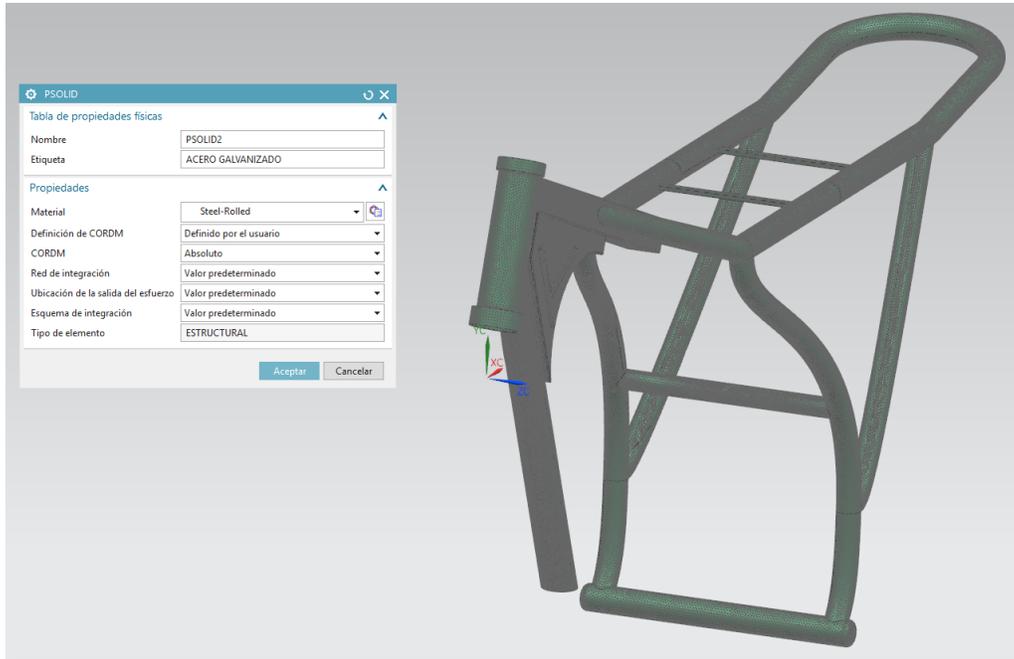


Figura 30. Asignación de Material Acero A500 Galvanizado

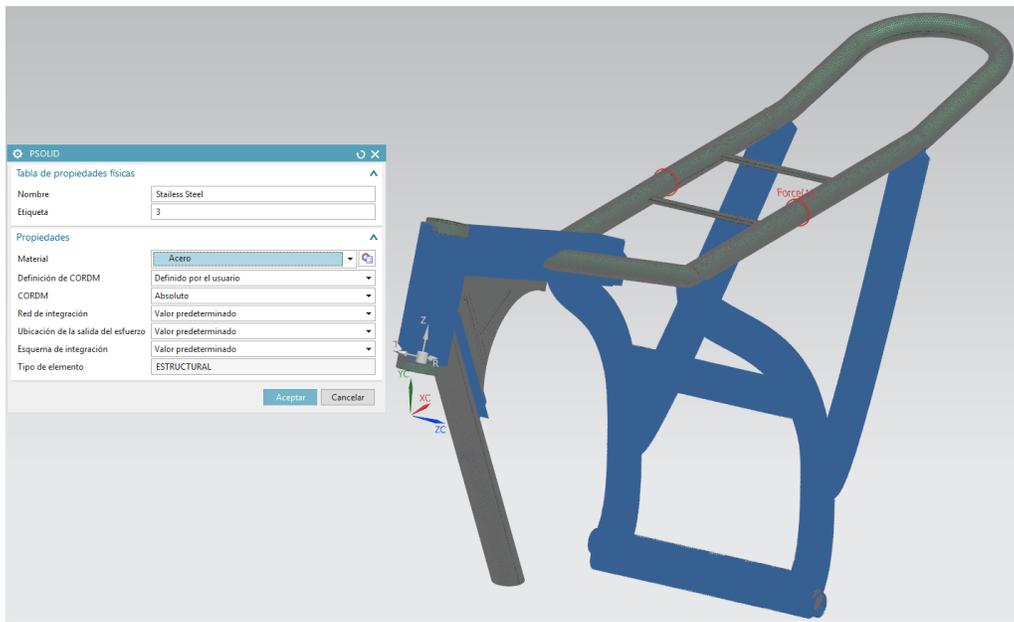


Figura 31. Asignación de Material Acero Inoxidable

Fuerza

masa:100kg (piloto, baterías y motor)

gravedad:9.8m/s²

$$W = m * g \quad (7)$$

$$W = 100kg * 9.8m/s^2$$

$W = 980 \text{ N}$ fuerza externa generada por las cargas del piloto, motor y baterías.

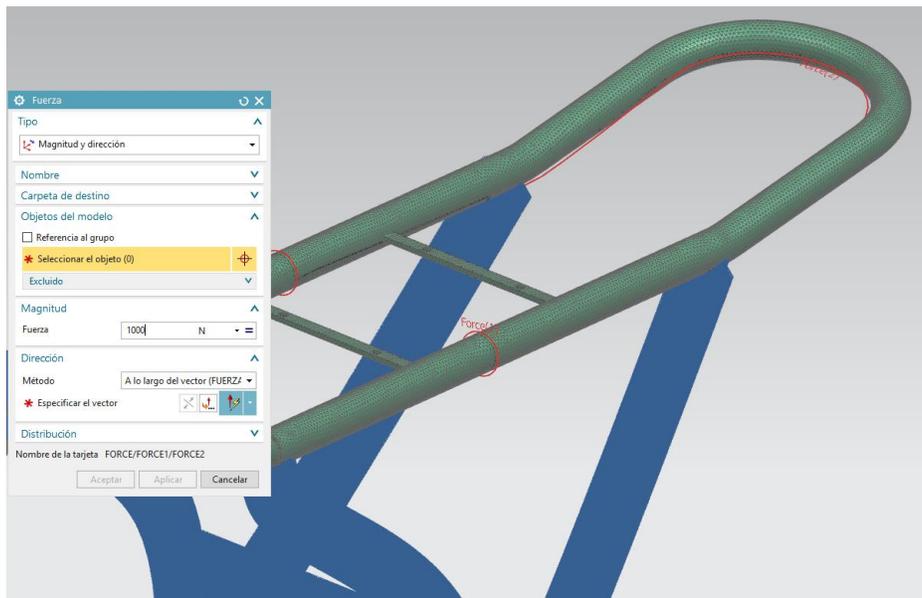


Figura 32. Carga aplicada en el chasis

Post – Procesamiento Chasis con Acero A36.

Una vez asignada la carga respectiva sobre la estructura se procede a realizar la simulación en el software con el comando resolver para obtener los esfuerzos máximos y mínimos respectivos con los cuales se calculará el factor de seguridad para verificar que el chasis soporte las cargas del motor, baterías y piloto. Como se muestra en la (figura 33), el máximo esfuerzo en el primer ensayo con el Acero ASTM A366 da un máximo esfuerzo de 137.904 MPa y un esfuerzo mínimo de 11.49 MPa.

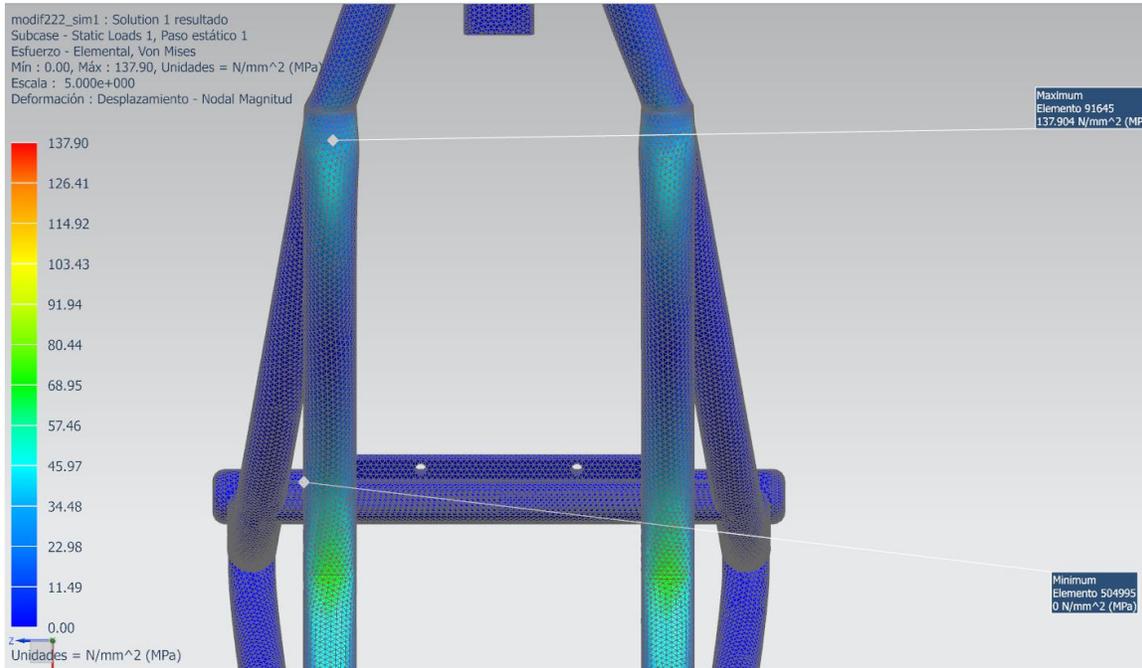


Figura 33. Post-procesamiento chasis A36

Post – Procesamiento Chasis con Acero A500 galvanizado.

Una vez asignada la carga respectiva sobre la estructura se procede a realizar la simulación en el software con el comando resolver para obtener los esfuerzos máximos y mínimos respectivos con los cuales se calculará el factor de seguridad para verificar que el chasis soporte las cargas del motor, baterías y piloto. Como se muestra en la (figura 34), el máximo esfuerzo en el segundo ensayo con el Acero A500 galvanizado da un máximo esfuerzo de 121.36 MPa y un esfuerzo mínimo de 10.11 MPa.

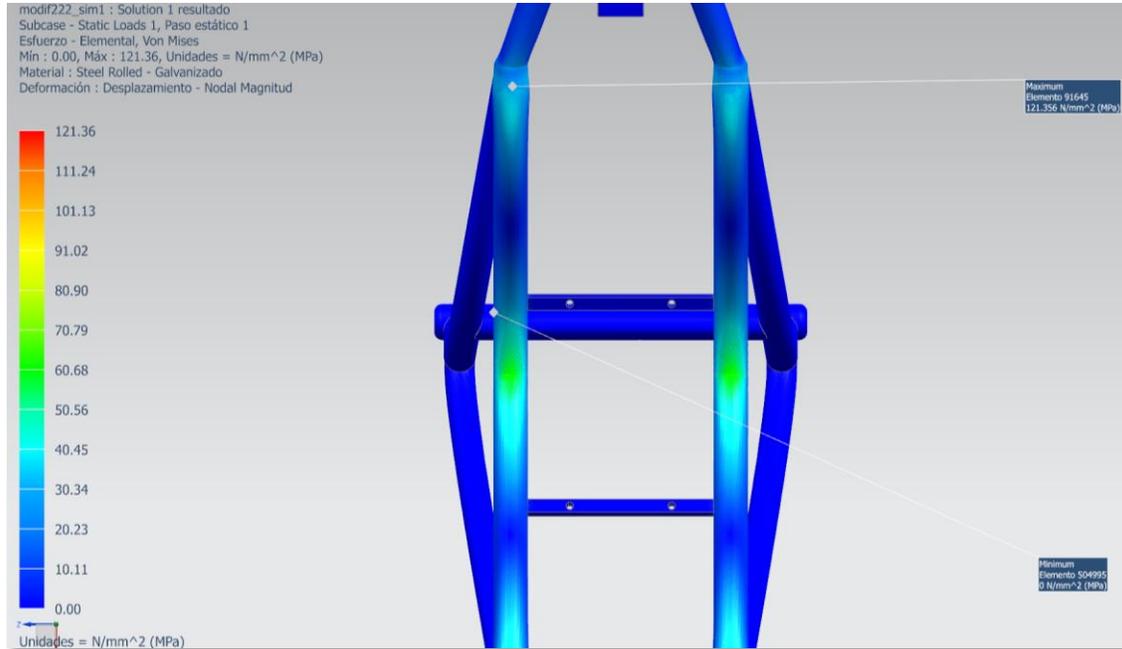


Figura 34. Post-procesamiento chasis con A500 galvanizado

Post – Procesamiento Chasis con Acero A500 galvanizado.

Una vez asignada la carga respectiva sobre la estructura se procede a realizar la simulación en el software con el comando resolver para obtener los esfuerzos máximos y mínimos respectivos con los cuales se calculará el factor de seguridad para verificar que el chasis soporte las cargas del motor, baterías y piloto. Como se muestra en la (figura 35), el máximo esfuerzo en el tercer ensayo con el Acero Inoxidable da un máximo esfuerzo de 143.42 MPa y un esfuerzo mínimo de 11.95 MPa.

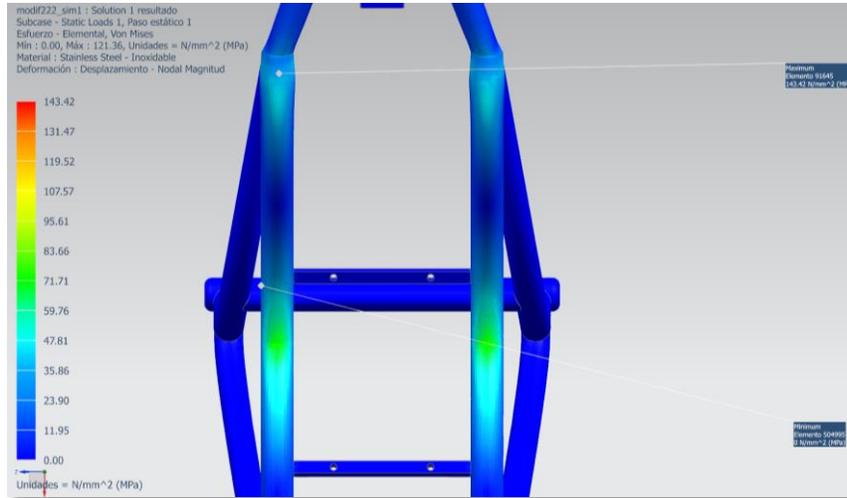


Figura 35. Post-procesamiento chasis con Acero Inoxidable.

Chasis ensamblado

una vez analizado el chasis es su forma simple se procede a realizar el ensamblado final, para la aplicación real de las cargas del piloto y motor que influyen sobre el chasis, para lo cual se analizara con los tres materiales planteados Acero A36, Acero Galvanizado A500 y Acero inoxidable para determinar cuál de los tres ofrece mejores características de esfuerzo, desplazamiento y factor de Seguridad (figura 36).

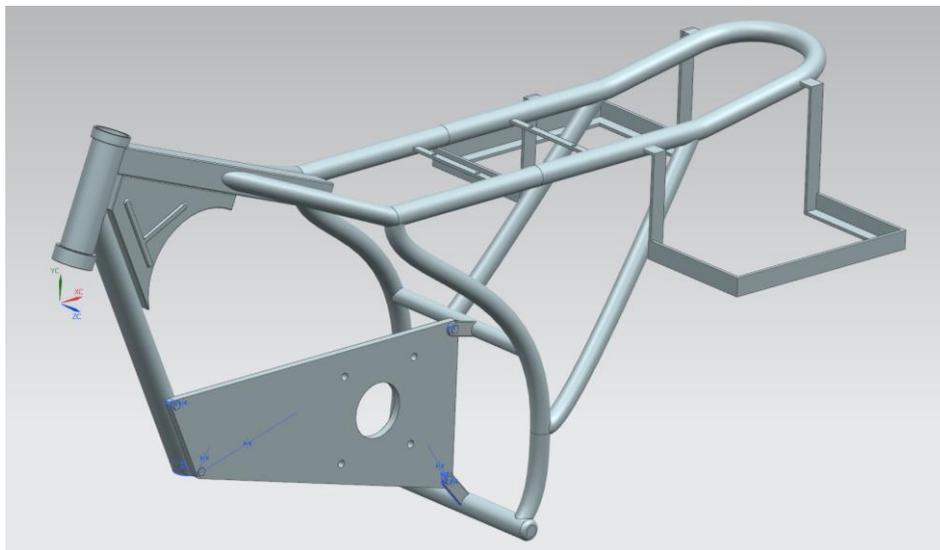


Figura 36. Chasis ensamblado.

Distribución de las cargas en el chasis

Una vez finalizado el ensamblaje final del chasis se colocan las fuerzas que van a intervenir en los diferentes puntos de la estructura (figura 37).

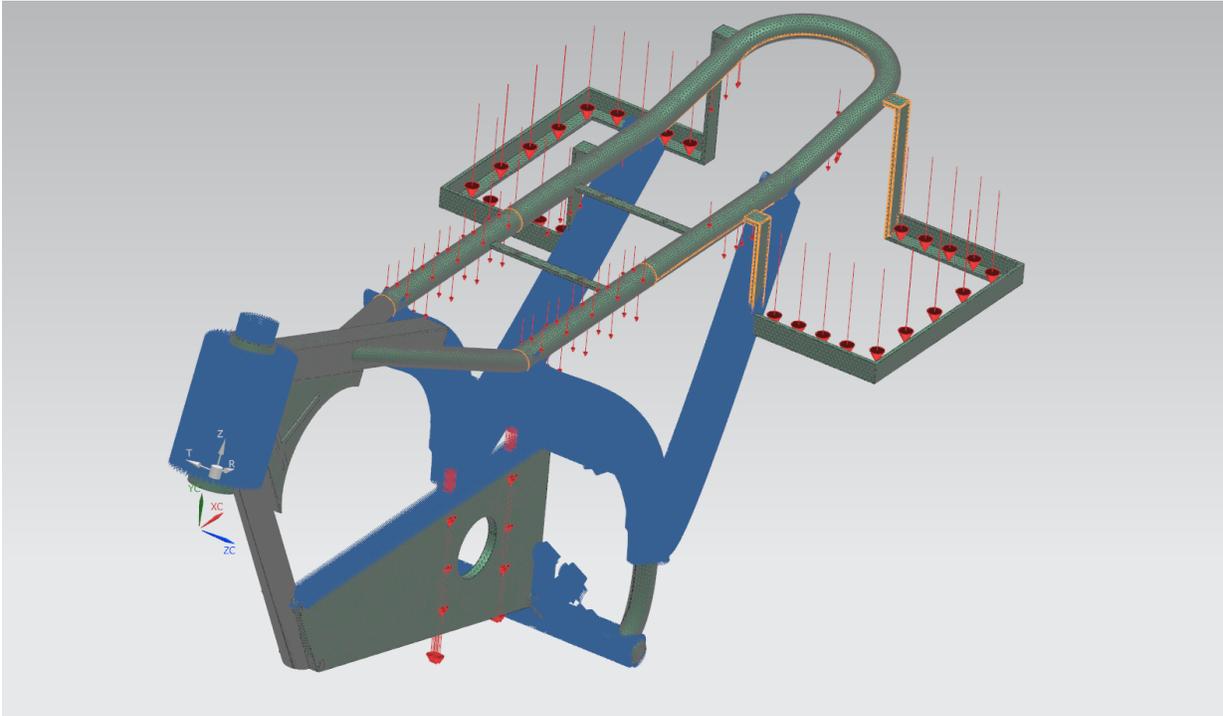


Figura 37. Distribución de las cargas.

Simulación de la fuerza de Frenada

Se aplicará el par de fuerzas en la pipa de dirección ya que esta pieza auxiliar es necesaria para que la fuerza se transmita de forma frontal y homogénea al chasis simulando de la pipa de dirección. La pieza es sólida para que sea capaz de transmitir la completamente la fuerza recibida al resto de componentes del chasis. La fuerza que se usará será de 2732.5N ya que es la carga calculada (FOALE, 2013) esta se ejercerá sobre las caras exteriores (figura 38).

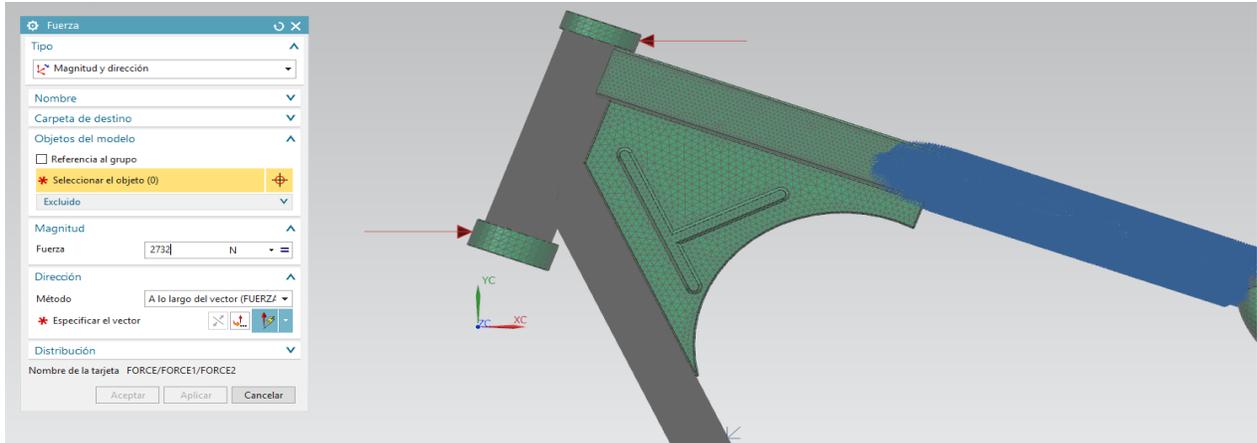


Figura 38. Fuerza de frenada.

Post – Procesamiento de la fuerza de frenada en el chasis.

Una vez asignada la carga respectiva sobre la estructura se procede a realizar la simulación en el software con el comando resolver para obtener los esfuerzos máximos y mínimos respectivos con los cuales se calculará el factor de seguridad para verificar que el chasis soporte la carga respectiva de frenada. Como se muestra en la (figura 39), el máximo esfuerzo es de 135.15 MPa y un esfuerzo mínimo de 11.26 MPa.

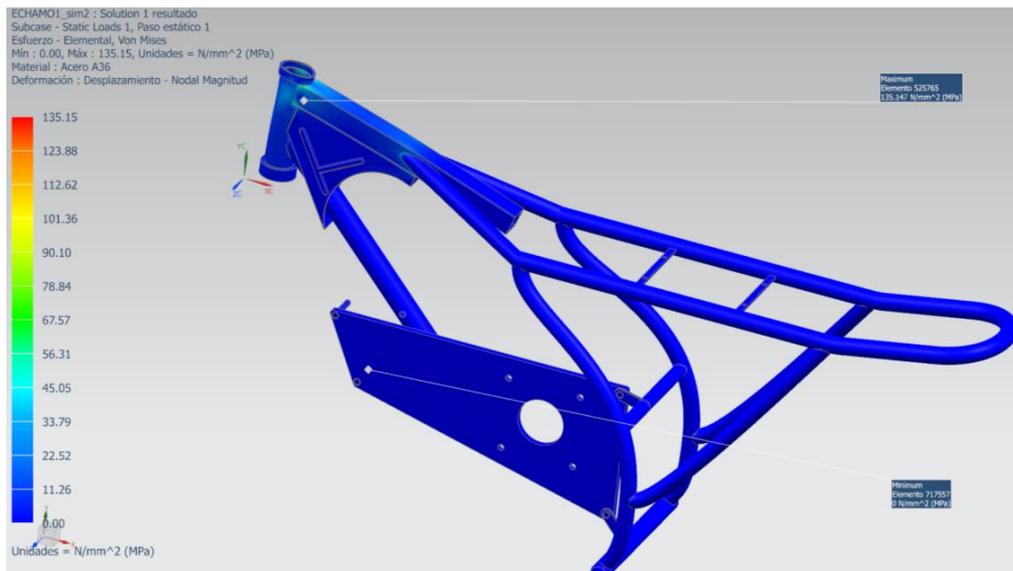


Figura 39. Post procesamiento de la fuerza de frenada.

Geometría del basculante

El basculante es el elemento que conecta la rueda trasera al chasis se debe considerar que tiene tres puntos clave de unión, una es la unión con la rueda. Los otros dos relacionan el basculante con el chasis. Uno de ellos se encuentra en el extremo del basculante, donde pivota sobre el chasis, permitiendo así el recorrido de la suspensión trasera su diseño y simulación se las realiza por separado como la de los demás elementos ya que son partes de otros sistemas de la moto mas no propios del chasis (figura 40).

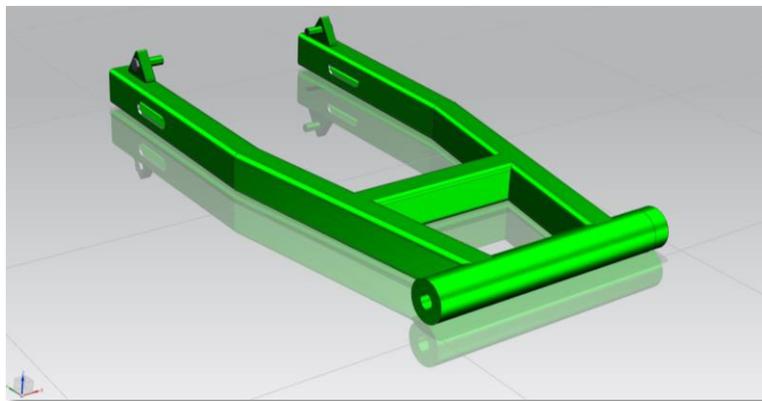


Figura 40. Basculante

Generación de la malla del Basculante

Tipo de malla.

La malla que se utilizó tiene un tamaño de elemento de 3mm, la calidad de la malla es de tipo lineal de tipo de elementos tetraédricos, el número de elementos de la malla es de 247726 así como el número de nodos en la malla son 465785 y el material utilizado será el acero ASTM A366 como se muestra en la (figura 41).

```

INFORMACIÓN SOBRE MALLA
-----
INFORMACIÓN SOBRE LA MALLA
Nombre : Basculante
Tipo de malla : 3D
Número de elementos en la malla : 247726
Número de nodos en la malla : 465785
Tetra10 elementos : 247726

==== Orientación del material
Método por orientación del material : Tabla de propiedades físicas

Capa : 1
Material heredado : ASTM A366

INFORMACIÓN SOBRE RECOLECTOR DE MALLAS
Nombre : Solid(1)
Tipo : Solid

==== Propiedad física
Propiedad del cuerpo sólido : PSOLID1
Nombre : PSOLID1
Tipo : PSOLID
Etiqueta : 1
Material : Inherited from geometry.
Material heredado de 3d_mesh(1) : No se asignó ningún material
Definición de CORDM : Definido por el usuario
CORDM : Absoluto
Red de integración : Valor predeterminado
Ubicación de la salida del esfuerzo : Valor predeterminado
Esquema de integración : Valor predeterminado

INFORMACIÓN SOBRE FÓRMULA DE MALLA
Element Type : CTETRA(10)

==== Parámetros de la malla
Tamaño del elemento : 3 mm
Intento de mallado con mapeo libre : true
Intento con cilindros multibloque : false
Transición con elementos piramidal : false

==== Opciones de la calidad de la malla
Método del nodo medio : Lineal
Tolerancia en geometría : false
Jacobiano : 10

==== Ajustes de malla
Variación del tamaño en base a la curvatura de la superficie: 50.3
Coeficiente de aumento del elemento mediante el volumen: 50
Grosor mínimo mediante dos elementos: false
La corrección automática produjo un fallo en los elementos: false

==== Opciones de limpieza del modelo
Tolerancia de la figura pequeña (% del tamaño del elemento): 10
Longitud mínima del elemento (solo lectura): 0.3

```

Figura 41. Información de la malla del basculante

Pre – Procesamiento.

Una vez realizado el mallado del basculante se realizará la asignación del material el cual será: acero ASTM A 366 el cual cumple con los requerimientos de seguridad, para la simulación se aplicará una carga aproximada de 1010 N en base a los pesos de las baterías, chasis y el pasajero (figura 42). Ecuación 8 (Alarcón, 2006).

Fuerza

masa:103 kg (piloto, chasis y pack de baterías)

gravedad:9.8m/s²

$$W = m * g \tag{8}$$

$$W = 103kg * 9.8m/s^2$$

$$W = 1010 N$$

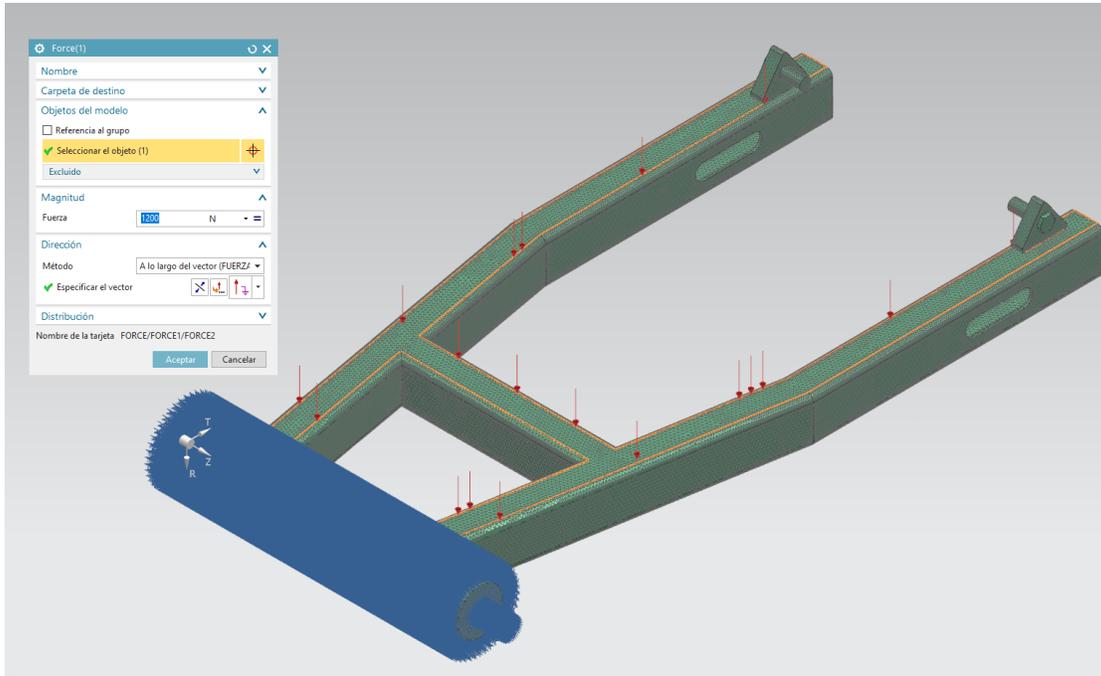


Figura 42. Cargas sobre el basculante

Post – Procesamiento.

Una vez asignadas las cargas respectivas sobre el basculante se procede a realizar la simulación en el software con el comando resolver para obtener los esfuerzos máximos y mínimos respectivos con los cuales se calculará el factor de seguridad para verificar que el basculante soporte las cargas de las baterías y piloto. Como se muestra en la (figura 43) el máximo esfuerzo en el ensayo con el Acero ASTM A366 da un máximo esfuerzo de 185.78 MPa y un esfuerzo mínimo de 15.48 MPa.

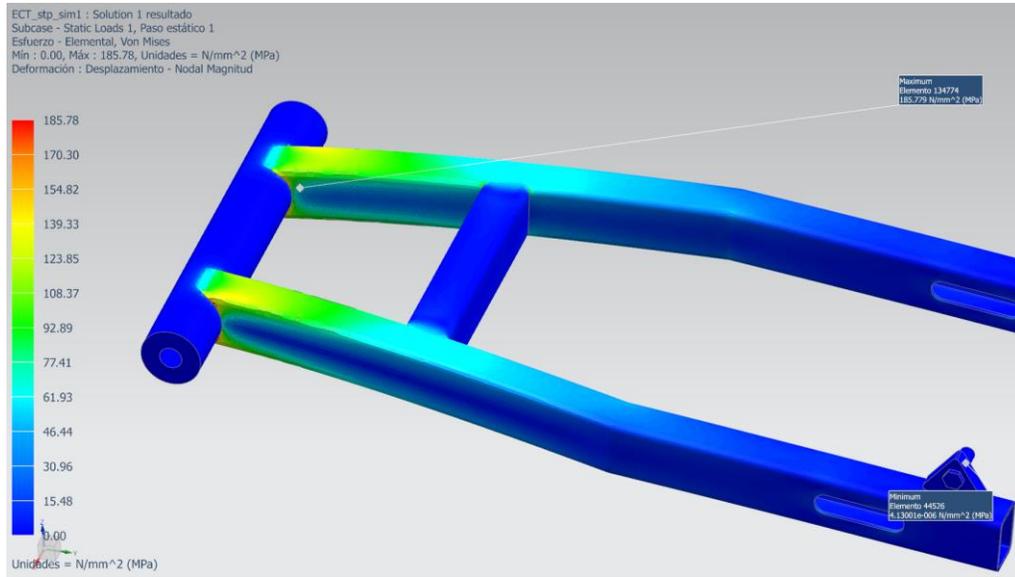


Figura 43. Post-procesamiento basculante

Geometría de la base del motor eléctrico

La base del motor se realizará en una plancha de acero ASTM A36 de 39.2cm*22.4cm*0.8cm la cual se adaptará al chasis con el fin de soportar el peso del motor y alinear la cadena de la transmisión de giro.

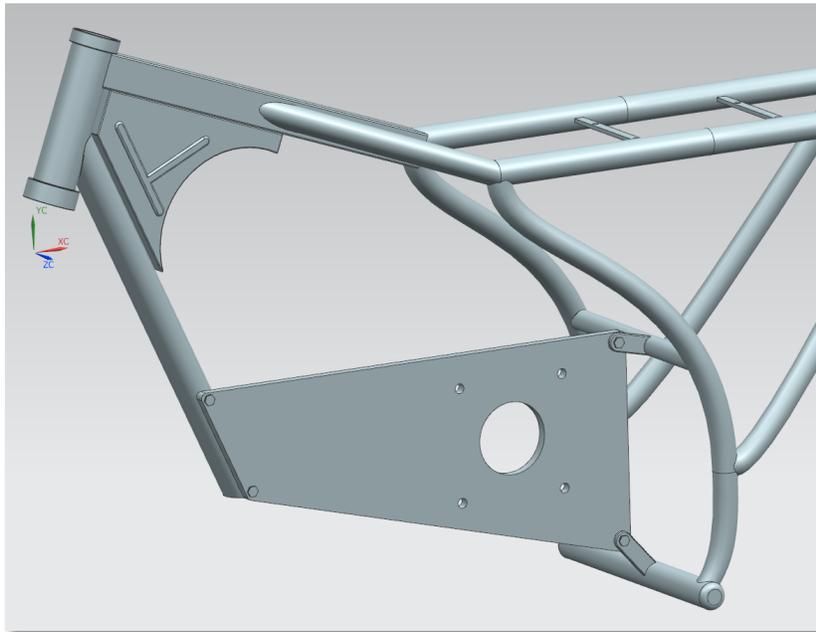


Figura 44. Base del motor

Malla de la Base del motor

Tipo de malla.

La malla que se utilizó tiene un tamaño de elemento de 3mm, la calidad de la malla es de tipo lineal de tipo de elementos tetraédricos, el número de elementos de la malla es de 111319 así como el número de nodos en la malla son 183872 y el material utilizado será una plancha de acero ASTM A36 como se muestra en la (figura 45).

```

INFORMACIÓN SOBRE MALLA
-----
INFORMACIÓN SOBRE LA MALLA
Nombre                : 3d_mesh(1)
Tipo de malla         : 3D
Número de elementos en la malla : 111319
Número de nodos en la malla   : 183872
Tetra10 elementos     : 111319

==== Orientación del material
Método por orientación del material : ASTM A366

Capa                   : 1

INFORMACIÓN SOBRE RECOLECTOR DE MALLAS
Nombre                 : Solid(1)
Tipo                   : Solid

==== Propiedad física
Propiedad del cuerpo sólido : Ninguno

INFORMACIÓN SOBRE FÓRMULA DE MALLA
Element Type          : CTETRA(10)

==== Parámetros de la malla
Tamaño del elemento   : 3 mm
Intento de mallado con mapeo libre : true
Intento con cilindros multibloque  : false
Transición con elementos piramidial : false

==== Opciones de la calidad de la malla
Método del nodo medio : Lineal
Tolerancia en geometría : false
Jacobiano              : 10

==== Ajustes de malla
Variación del tamaño en base a la curvatura de la superficie: 50.3
Coeficiente de aumento del elemento mediante el volumen: 50
Grosor mínimo mediante dos elementos: false
La corrección automática produjo un fallo en los elementos: false

==== Opciones de limpieza del modelo
Tolerancia de la figura pequeña (% del tamaño del elemento): 10
Longitud mínima del elemento (solo lectura): 0.3

```

Figura 45. Información sobre la malla de la base del motor.

Pre – Procesamiento.

Una vez realizado el mallado de la base se realizará la asignación del material el cual será: acero ASTM A36 que cumple con los requerimientos de seguridad, para la simulación se

aplicará una carga aproximada de 110 N del peso del motor eléctrico en los 4 puntos de sujeción del motor (figura 46). Ecuación 9 (Alarcón, 2006).

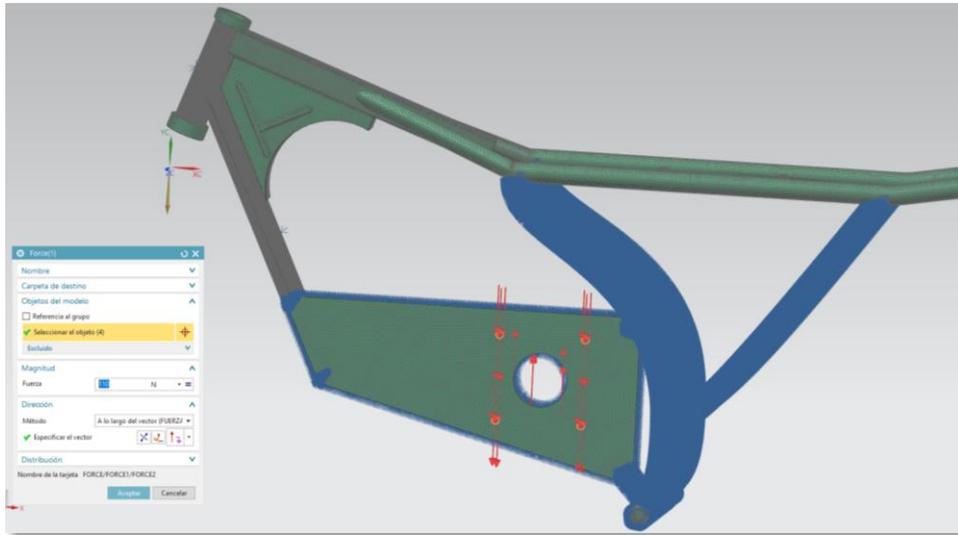


Figura 46. Cargas en la base del motor eléctrico.

Fuerza

masa:10kg

gravedad: $9.8m/s^2$

$$W = m * g \quad (9)$$

$$W = 11kg * 9.8m/s^2$$

$$W = 110 N$$

Post – Procesamiento.

Una vez asignadas las cargas respectivas sobre la base del motor se procede a realizar la simulación en el software con el comando resolver para obtener los esfuerzos máximos y mínimos respectivos con los cuales se calculará el factor de seguridad para verificar que la base soporte la carga del motor. Como se muestra en la (figura 47) el máximo esfuerzo en el ensayo con el Acero ASTM A36 da un máximo esfuerzo de 87.12 MPa y un esfuerzo mínimo de 7.26 MPa.

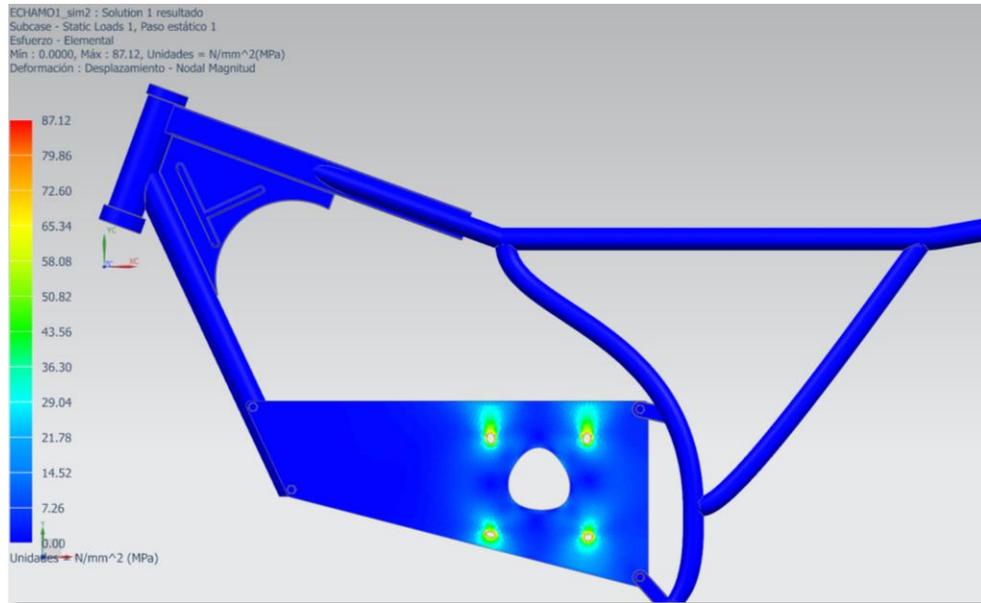


Figura 47. Post-procesamiento base del motor.

Geometría para las bases del controlador

El controlador empleado para la moto eléctrica es un modelo VEC300 de medidas 18cm*19cm*5cm con un peso de 3.5kg el cual se instalará debajo del asiento del piloto sujeto por unas bases adaptadas al chasis (figura 48).

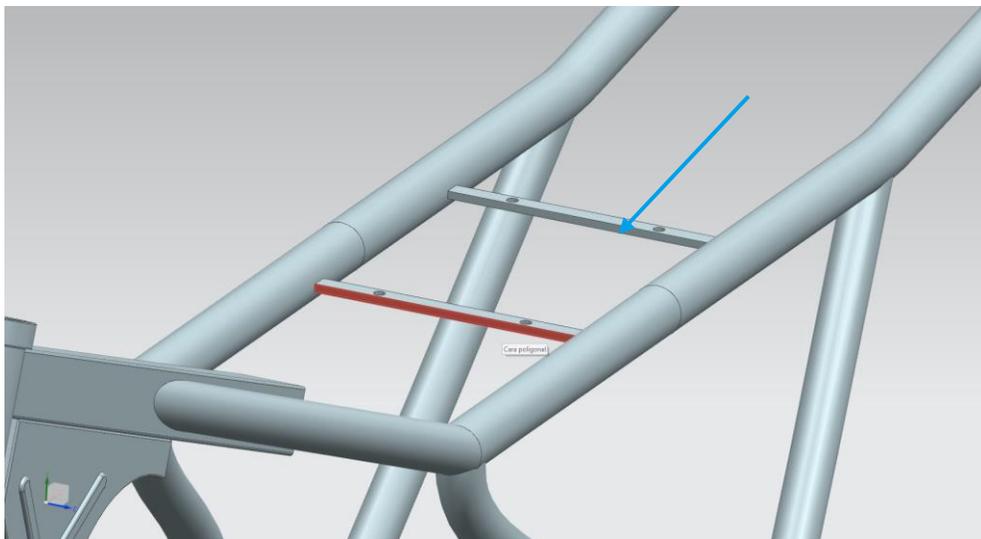


Figura 48. Bases para el controlador.

Malla para las bases del controlador

Tipo de malla.

La malla que se utilizó tiene un tamaño de elemento de 5mm, la calidad de la malla es de tipo lineal de tipo de elementos tetraédricos, el número de elementos de la malla es de 10745 así como el número de nodos en la malla son 14301 y el material utilizado será una plancha de acero ASTM A36 como se muestra en la (figura 49).

```

INFORMACIÓN SOBRE LA MALLA
Nombre                : 3d_mesh(1)
Tipo de malla         : 3D
Número de elementos en la malla : 10745
Número de nodos en la malla   : 443015
Tetra10 elementos     : 10745

==== Orientación del material
Método por orientación del material : Tabla de propiedades físicas

Capa                  : 1

INFORMACIÓN SOBRE RECOLECTOR DE MALLAS
Nombre                : Solid(1)
Tipo                  : Solid

==== Propiedad física
Propiedad del cuerpo sólido : PSOLID1
Nombre                 : PSOLID1
Tipo                   : PSOLID
Etiqueta               : 1
Material                : STEEL ASTM A366
Definición de CORDM    : Definido por el usuario
CORDM                  : Absoluto
Red de integración     : Valor predeterminado
Ubicación de la salida del esfuerzo : Valor predeterminado
Esquema de integración : Valor predeterminado
Tipo de elemento       : ESTRUCTURAL

INFORMACIÓN SOBRE FÓRMULA DE MALLA
Element Type          : CTETRA(10)

==== Parámetros de la malla
Tamaño del elemento   : 5 mm
Intento de mallado con mapeo libre : true
Intento con cilindros multibloque : false
Transición con elementos piramidal : false

==== Opciones de la calidad de la malla
Método del nodo medio : Lineal
Tolerancia en geometría : false
Jacobiano              : 10

==== Ajustes de malla
Variación del tamaño en base a la curvatura de la superficie: 50.3
Coeficiente de aumento del elemento mediante el volumen: 50
Grosor mínimo mediante dos elementos: false
La corrección automática produjo un fallo en los elementos: false

```

Figura 49. Información de la malla para las bases del controlador.

Pre – Procesamiento.

Una vez realizado el mallado de las bases se realizará la asignación del material el cual será: acero ASTM A36 que cumple con los requerimientos de seguridad necesarios, para la

simulación se aplicará una carga aproximada de 35 N en las 2 bases de sujeción del controlador (figura 50). Ecuación 10 (Alarcón, 2006).

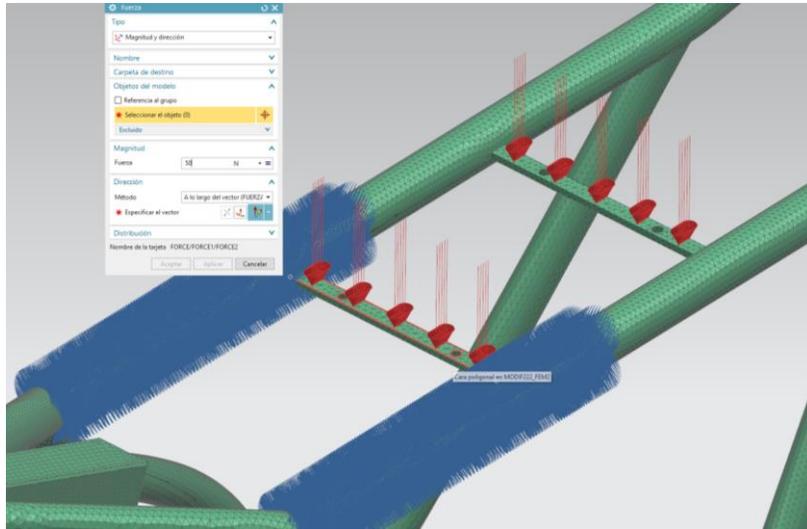


Figura 50. Cargas sobre las bases del controlador.

Fuerza

masa:3.5kg

gravedad:9.8m/s²

$$W = m * g$$

(10)

$$W = 3.5kg * 9.8m/s^2$$

$$W = 35 N$$

Post – Procesamiento.

Una vez asignadas las cargas respectivas sobre las bases del controlador se procede a realizar la simulación en el software con el comando resolver para obtener los esfuerzos máximos y mínimos respectivos con los cuales se calculará el factor de seguridad para verificar que la base soporte la carga del motor. Como se muestra en la (figura 51) el máximo esfuerzo en el ensayo con el Acero ASTM A36 da un máximo esfuerzo de 51.23 MPa y un esfuerzo mínimo

de 4.27 MPa.

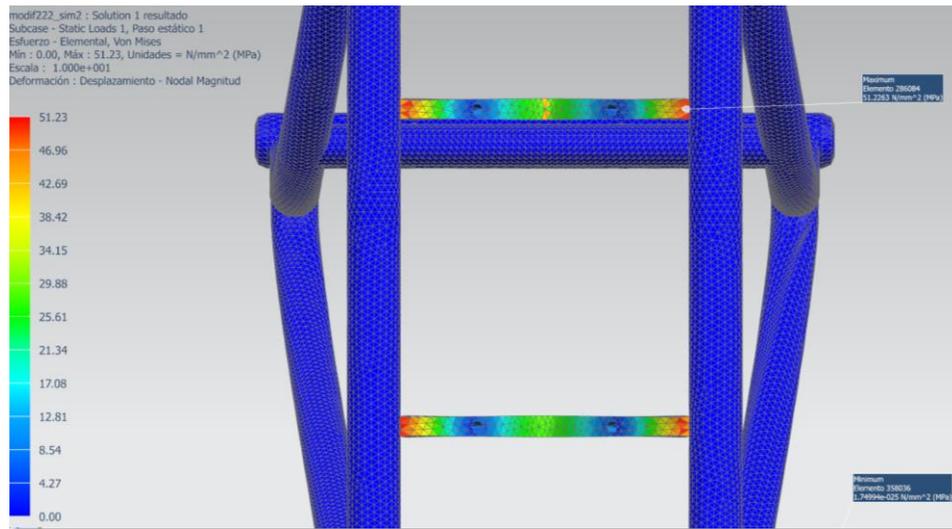


Figura 51. Post-procesamiento bases del controlador.

Geometría para las bases de la Batería

Las bases se realizaron en función a las medidas del pack de baterías 45cm*19.5cm*27cm las cuales irán acopladas al chasis en los costados posteriores de la estructura simulando a los maleteros de las motos convencionales, su geometría será mediante perfiles en L de acero ASTM A36 (figura 52).

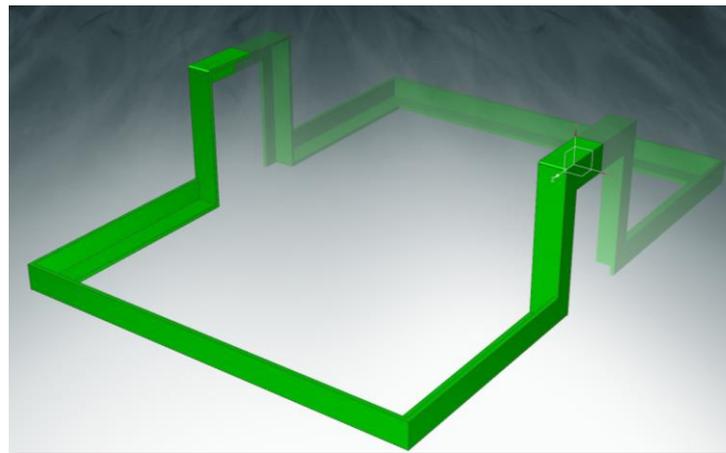


Figura 52. Bases para el pack de baterías.

Malla de las bases del pack de baterías

Tipo de malla.

La malla que se utilizó tiene un tamaño de elemento de 5mm, la calidad de la malla es de tipo lineal de tipo de elementos tetraédricos, el número de elementos de la malla es de 17325 así como el número de nodos en la malla son 36568 cuyo material será un perfil de acero ASTM A36 como se muestra en la (figura 53).

```

INFORMACIÓN SOBRE LA MALLA
Nombre                : 3d_mesh(1)
Tipo de malla         : 3D
Número de elementos en la malla : 17325
Número de nodos en la malla   : 36568
Tetra10 elementos     : 17325

==== Orientación del material
Método por orientación del material : Tabla de propiedades físicas

Capa                   : 1

INFORMACIÓN SOBRE RECOLECTOR DE MALLAS
Nombre                 : Solid(1)
Tipo                   : Solid

==== Propiedad física
Propiedad del cuerpo sólido : PSOLID1
Nombre                 : PSOLID1
Tipo                   : PSOLID
Etiqueta               : 1
Material               : ASTM A366
Definición de CORDM    : Definido por el usuario
CORDM                  : Absoluto
Red de integración     : Valor predeterminado
Ubicación de la salida del esfuerzo : Valor predeterminado
Esquema de integración : Valor predeterminado
Tipo de elemento       : ESTRUCTURAL

INFORMACIÓN SOBRE FÓRMULA DE MALLA
Element Type          : CTETRA(10)

==== Parámetros de la malla
Tamaño del elemento   : 5 mm
Intento de mallado con mapeo libre : true
Intento con cilindros multibloque : false
Transición con elementos piramidal : false

==== Opciones de la calidad de la malla
Método del nodo medio : Lineal
Tolerancia en geometría : false
Jacobiano              : 10

==== Ajustes de malla
Variación del tamaño en base a la curvatura de la superficie: 50.3
Coeficiente de aumento del elemento mediante el volumen: 50
Grosor mínimo mediante dos elementos: false
La corrección automática produjo un fallo en los elementos: false

```

Figura 53. Información del mallado para las bases del pack de baterías.

Pre – Procesamiento.

Una vez realizado el mallado los soportes para el pack de baterías se realizará la asignación del material el cual será: acero ASTM A36 que cumple con los requerimientos de seguridad necesarios, para la simulación se aplicará una carga aproximada de 100 N en las bases de las baterías (figura 54). Ecuación 11 (Alarcón, 2006).

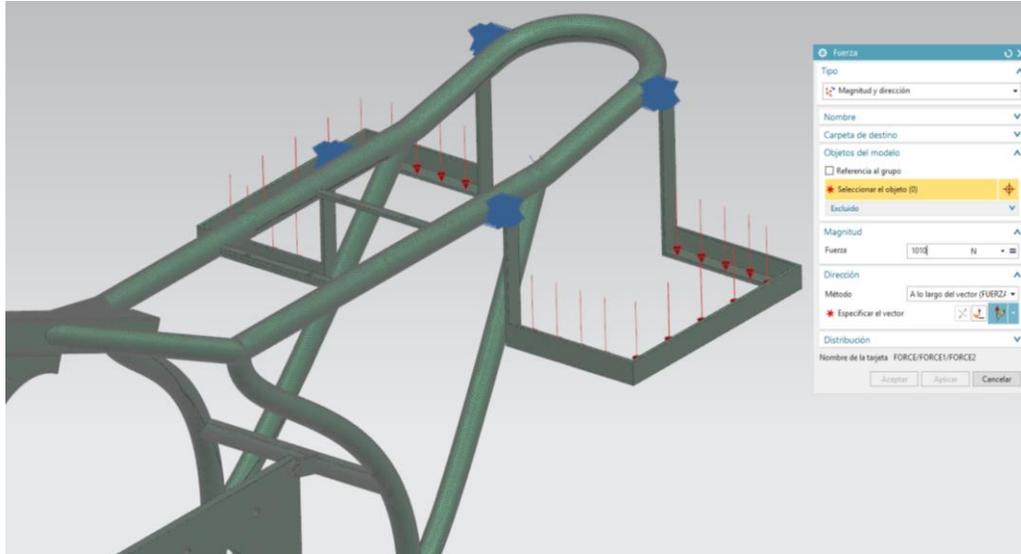


Figura 54. Cargas sobre las bases de las baterías

Fuerza

masa:10kg

gravedad:9.8m/s²

$$W = m * g$$

(11)

$$W = 10kg * 9.8m/s^2$$

$$W = 100 N$$

Post – Procesamiento.

Una vez asignadas las cargas respectivas sobre los soportes del pack de baterías se procede a realizar la simulación en el software con el comando resolver para obtener los esfuerzos máximos y mínimos respectivos con los cuales se calculará el factor de seguridad para verificar que la base soporte la carga del motor. Como se muestra en la (figura 55) el máximo esfuerzo en el ensayo con el Acero ASTM A36 da un máximo esfuerzo de 59.80 MPa y un esfuerzo mínimo de 5.01 MPa.

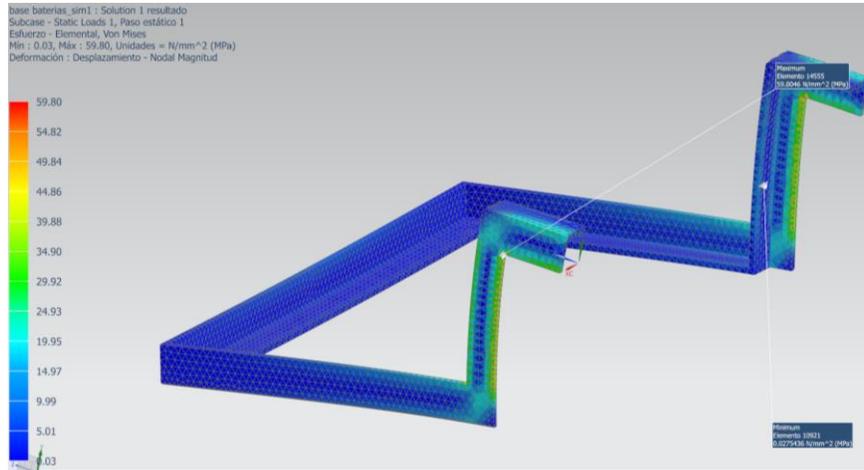


Figura 55. Post-procesamiento bases del pack de baterías.

Construcción del chasis

Adquisición del material.

El material fue seleccionado a través de matrices de calidad en las cuales por calidad resistencia y precios la tubería mecánica de acero ASTM A36 era la mejor opción, por lo cual se adquirió dicho material, Tabla 9 de la empresa IPAC.

Tabla 8

Tubo mecánico redondo ASTM A36

Especificaciones	Datos
Largo nominal	6m
Recubrimiento	negro
Norma	ASTM A366
Norma de fabricación	INEN 2415
Espesor	2 mm
Diámetro	25mm
Peso	1.15kg/m
Precio	6.80\$/u
Unidades	3

Fuente: IPAC



Figura 56. Tubería mecánica redonda ASTM A36.

Operaciones.

El detalle de las operaciones previstas se muestra en la tabla 8, en donde se muestran las operaciones de corte y ensamble de las bases tanto para baterías y motor. Los tiempos de trabajos efectivos representados en la tabla 8 son tomados del proceso de corte, doblado y soldadura en el chasis. El resultado del ensamble final de la estructura se ve en la (figura 58) y en la (figura 65) se aprecia la motocicleta eléctrica final.

Tabla 9.

Tabla de operaciones para la fabricación del chasis.

N°	Operación	Longitud de trabajo	Tiempos
1	Corte de la plancha de acero base del motor 8mm	392*224 mm	12 min
2	Corte del perfil para la espina central	370 mm	2 min
3	Corte del perfil para el tubo soporte	410 mm	3 min
4	Cilindrado interior en la pipeta de dirección	16 mm	1.5 min
5	Cilindrado exterior de la pipeta de dirección	146mm	2 min
6	Soldadura MIG del soporte con la espina centra	205mm	10 min
7	Corte del perfil tubular Acero A36	6000 m	15 min
8	Dobladora CNC de tubos	-	2 min
9	Ensamble final de la estructura	-	47 min

Doblado de tubos.

El doblado de los tubos se lo realizará según las medidas obtenidas del CAD, las distancias calculadas entre ejes y las especificaciones del material, las curvaturas requeridas se las harán en una dobladora de tubos CNC en la empresa SIDERTECH Ecuador que dispone de los equipos necesarios para el doblado y soldadura de estos.

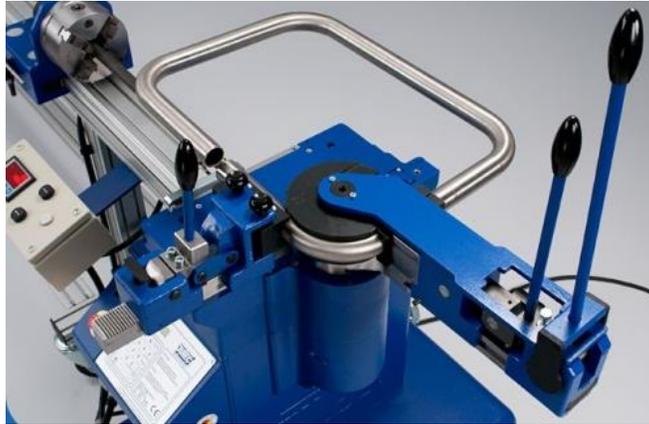


Figura 57. Dobladora de tubos.

Chasis ensamblado.

El chasis ensamblado consta de determinadas dimensiones, para poder adaptar al mismo las bases del motor eléctrico y para el pack de baterías las cuales se acoplarán a la estructura ya realizada, además debe cumplir con la adaptación de los otros sistemas restantes de dirección y suspensión los cuales deben encajar perfectamente con el chasis final asegurando la estabilidad seguridad y confort en el mismo (figura 58). Tabla 10 dimensiones del chasis.

Tabla 10

Dimensiones del chasis

Especificaciones	Datos
Largo	1180 mm
Ancho	260 mm
Altura respecto al piso	680 mm



Figura 58. Chasis ensamblado.

Adaptación del motor eléctrico.

Una vez culminado la construcción del chasis se adaptará al mismo una placa base tomando en cuenta las dimensiones del motor para el montaje sobre la base, tabla 11 teniendo en cuenta que el eje del motor debe quedar alineado para realizar la transferencia del movimiento mediante la catalina y cadena de transmisión (figura 60).

Tabla 11

Dimensiones de la base del motor

Especificaciones	Datos
Largo	392 mm
Alto	224 mm
Espesor	8 mm
Material	ASTM A36



Figura 59. Placa base del motor eléctrico.



Figura 60. Montaje del Motor eléctrico.

Adaptación del Pack de baterías.

El pack de baterías se acoplará a los laterales del chasis para lo cual se fabricarán dos bases con perfiles en L, conforme a las medidas de las baterías eléctricas con la finalidad de repartir las cargas y mantener el equilibrio de la motocicleta eléctrica sin afectar a la manejabilidad del piloto teniendo en cuenta su seguridad confort y estética.



Figura 61. Bases del pack de baterías.

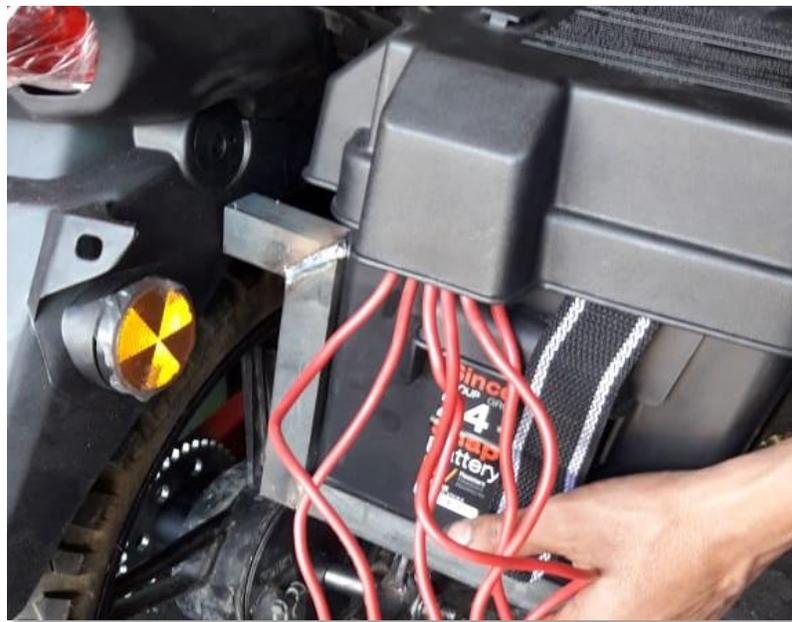


Figura 62. Montaje del pack de baterías.

Montaje de la dirección.

Para el montaje de la dirección se utilizaron moto partes como el volante y pistas de dirección, que se adaptan al chasis correctamente manteniendo las premisas de brindar seguridad, manejabilidad y mantener la liviandad de la motocicleta para que el motor tenga la mayor inercia posible al momento del arranque.



Figura 63. Montaje de la dirección.

Montaje de la suspensión.

Para el montaje de la suspensión tanto delantera y trasera se utilizaron moto partes como amortiguadores, basculante y un set de suspensiones que se adapten al chasis correctamente manteniendo las premisas de brindar seguridad, manejabilidad, confort y mantener la liviandad de la motocicleta, además de absorber las irregularidades del camino.



Figura 64. Montaje de la suspensión.

Moto eléctrica ensamblada.

Como se observa en la (figura 69) una vez adaptados los diferentes sistemas de suspensión, dirección y freno, así como la instalación de las bases para el motor y el pack de baterías se complementó la moto proporcionándole una capa de pintura que resalte los trabajos realizados, de similar manera la adaptación de accesorios como el asiento, porta placas y estribos necesarios para el uso del piloto.



Figura 65. Ensamble final de la moto.

Factores económicos

Una de las premisas del proyecto es que sea económicamente viable, socialmente aceptable y ambiental mente amigable dos de las cuales ya las cumple por el tipo de investigación que se lleva acabo como Universidad.

Para los factores económicos que se observaran en la parte de los resultados es obtener un TIR y VAN positivos para que el proyecto sea viable económicamente por lo que en este apartado se iniciara con las tasas de crecimientos en los últimos años del parque de motocicletas a nivel nacional para obtener una idea inicial del nicho de mercado con el que se cuenta en el Ecuador y si este aumenta se tendrá un índice de partida para el análisis económico posterior (figura 66).

Año	Cantidad	% crecimiento
2010	301.453	
2011	327.383	9%
2012	353.313	8%
2013	379.243	7%
2014	405.173	7%
2015	431.173	6%
Tasa promedio de crecimiento		7,42%

Figura 66. Tasa de crecimiento de las motocicletas desde el 2010 (INEC).

Protocolo de Pruebas

Para la validación de los resultados obtenidos se ejecutará la comprobación del chasis mediante su construcción y la imposición de pesos correspondientes del motor, pack de baterías y peso del pasajero verificando así la estructura realizada en la simulación y su respectivo modelo creado (figura 67).

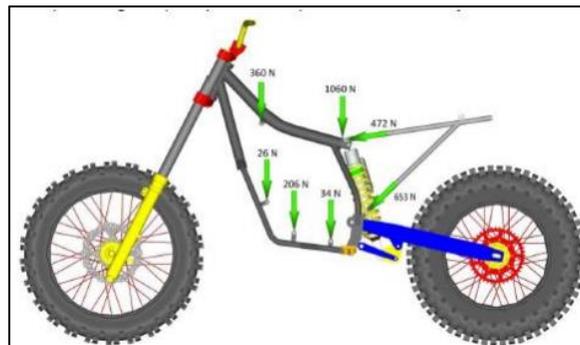


Figura 67. Ubicación de los esfuerzos en la motocicleta (Rivero&Dominguez, 2013).

Peso promedio del Piloto.

En el Ecuador según el Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC), una persona tiene una altura promedio de 1.67m y un peso promedio de 71kg (tabla 12) dichos datos sirven para realizar las pruebas necesarias en la motocicleta eléctrica (figura 68).

Tabla 12.
Datos del piloto.

Piloto	Valores
Estatura	1.67 m
Peso	71 Kg

Fuente: INEC



Figura 68. Peso promedio de una persona.

Prueba de cargas en la Moto.

El protocolo de pruebas propuesto probará la resistencia del chasis con diferentes pesos de 70kg, y 140kg, a razón de corroborar los datos de desplazamientos arrojados en las simulaciones y así verificar que se cumplan con los factores de seguridad y no exista deformaciones en la estructura diseñada y construida.

En primera instancia se tomarán los valores de altura del chasis con respecto al piso sin ninguna carga arrojando un valor de 630mm (figura 69).



Figura 69. Chasis sin Carga.

Prueba del chasis con 71kg.

Acorde con lo planteado el primer protocolo de pruebas se realizará con una persona de estatura 1.68 y peso de 71kg promedio cada prueba se hará tres veces, por un período de prueba de 15 días desde la construcción, para verificar que no haya deformaciones en la estructura ni desplazamientos considerables si no que mantenga su medida original (figura 70).



Figura 70. Prueba con 71kg.

Prueba del chasis con 140kg.

Acorde con lo planteado el segundo protocolo de pruebas se realizará simulando la carga correspondiente a dos personas, un total de 140kg aproximadamente de igual manera cada prueba se hará tres veces, por un período de prueba de 15 días desde la construcción, para verificar que no haya deformaciones en la estructura ni desplazamientos considerables si no que mantenga su medida original, cabe destacar que la moto originalmente está planteada para un solo piloto (figura 71).



Figura 71. Prueba con 140k.

En la (tabla 13) se puede observar los datos que se obtuvieron luego de realizar cada una de las pruebas planteadas previamente, y se puede verificar que en efecto no existieron deformaciones considerables en la estructura y que los desplazamientos finales (d_f) están dentro de lo aceptable y simulado comprobando así la resistencia del chasis al ser sometido a diferentes tipos de cargas.

Tabla 13.

Resumen de las pruebas realizadas.

Pruebas	Carga	Período	d ₀ (mm)	d _r (mm)	Deformaciones
Prueba (1)	71kg	45 días	0	1	ninguna
Prueba (2)	140kg	45 días	0	2	ninguna

Para corroborar lo realizado en las pruebas, se realizará la simulación con cargas de 700 N, 1400N y 2800N correspondientes a los pesos impuestos y el ultimo con la finalidad de comprobar que al exceder el límite máximo de fluencia del Acero A36 que es de 250 (MPa) este pierdes sus propiedades.

Simulación con 70 kg.

Con una carga de 700 N equivalentes a los 70 kg de una persona el chasis no se ve afectado dando un esfuerzo máximo de 107.19 (MPa) de 250(MPa) admisibles del Acero ASTM A36 (figura 72).

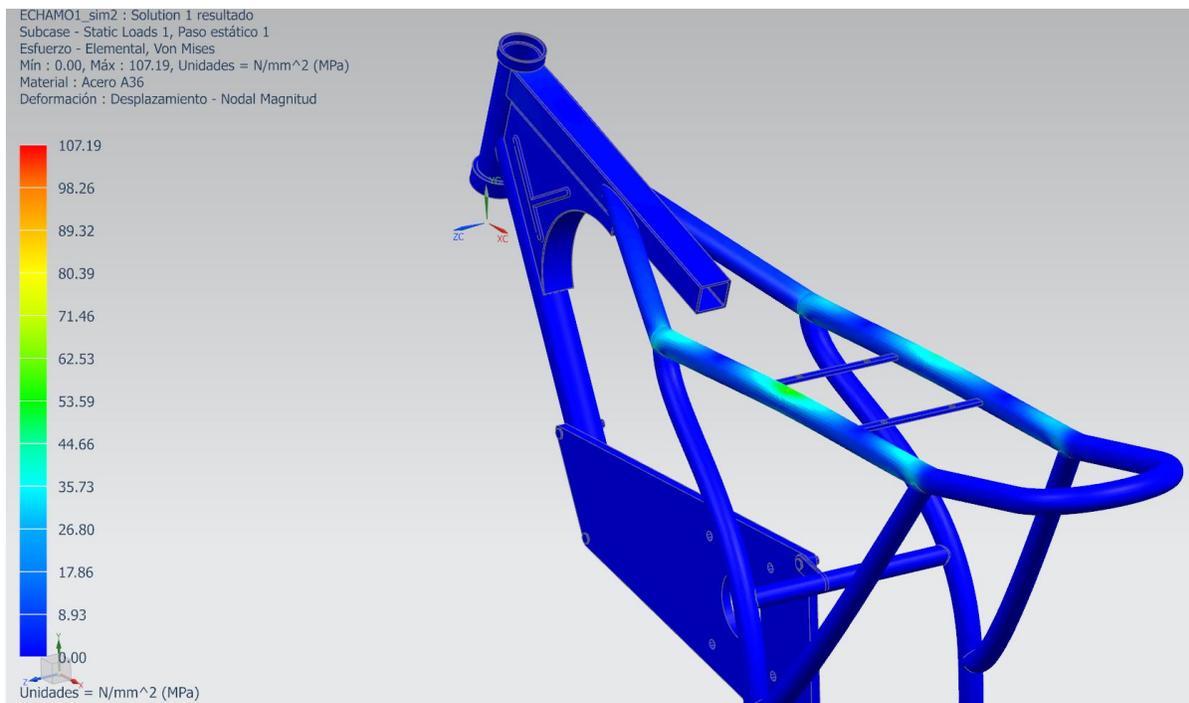


Figura 72. Simulación con 70kg.

Simulación con 140 kg.

Con una carga de 1400 N equivalentes al doble de peso de una persona promedio 1400kg el chasis no se ve afectado dando un esfuerzo máximo de 200.09 (MPa) de 250(MPa) admisibles del Acero ASTM A36 (figura 73).

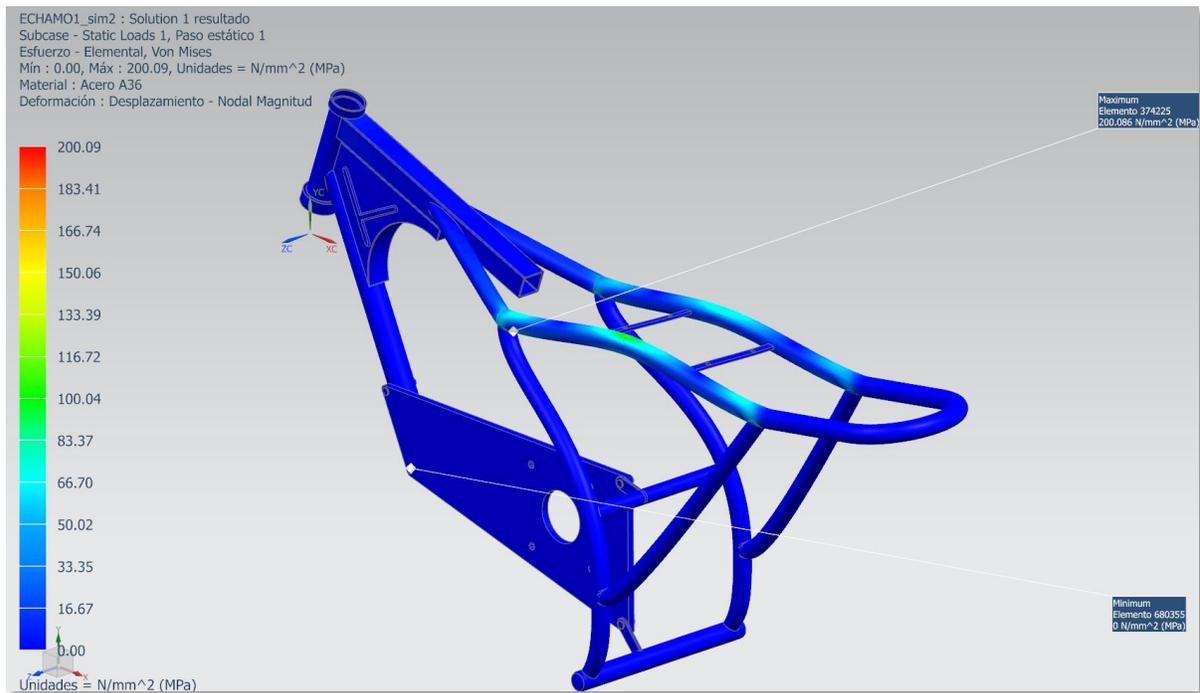


Figura 73. Simulación con 140 kg.

Simulación con 280 kg.

Con una carga de 2800 N equivalentes al doble de peso de 2 personas promedio 280kg el chasis se ve afectado dando un esfuerzo máximo de 476.40 (MPa) de 250(MPa) admisibles del Acero ASTM A36 por lo cual se produciría fallas estructurales (figura 74).

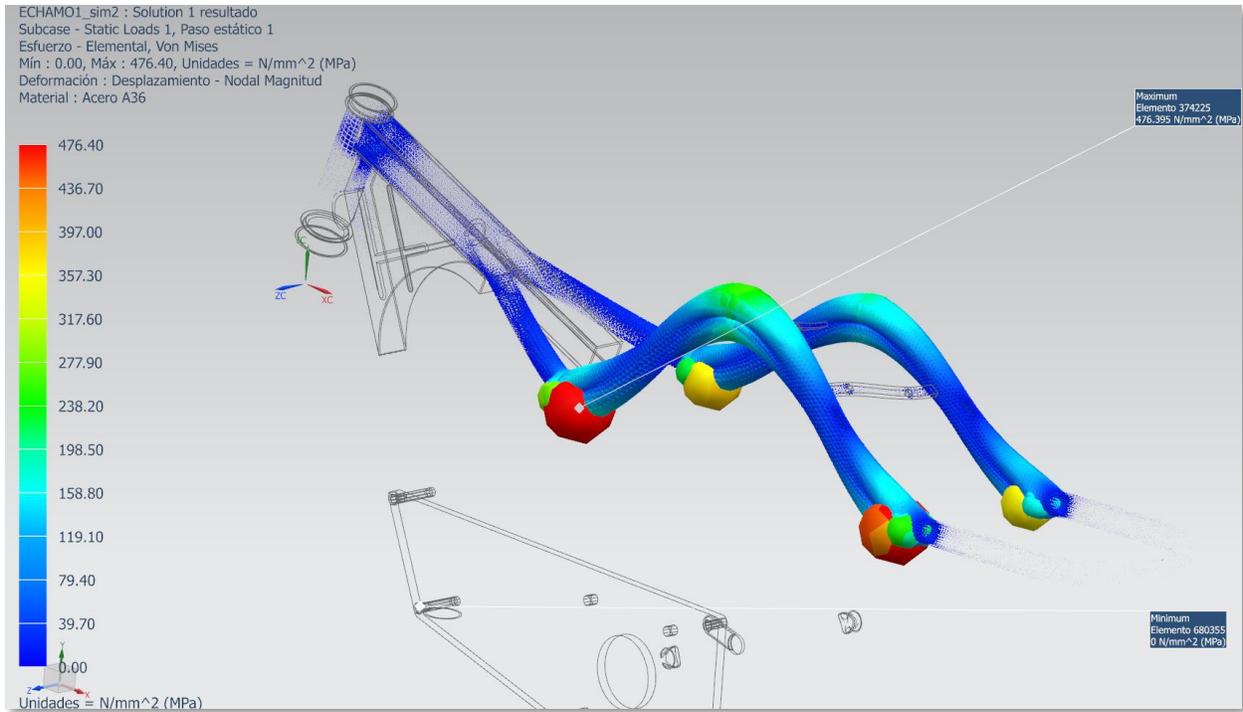


Figura 74. Simulación con 280 kg.

Resultados

Los primeros resultados serían determinar los esfuerzos máximos, mínimos y deformaciones provocadas por la acción de cargas estáticas sobre el chasis de la moto, las cargas estáticas sobre el bastidor se presentan cuando el piloto se sienta sobre la motocicleta, el propio peso del motor y el pack de baterías.

Se obtendrán las cargas que se aplican al chasis por medio del cálculo de las reacciones provocadas por los pesos antes mencionadas, en los puntos donde estos se sujetan al chasis.

Para esto se utilizará el software especializado NX siemens, que emplea el análisis por el método de elementos finitos, proporcionando resultados de los esfuerzos máximos y de la deformación máxima a las que está sujeto el bastidor de una moto al desinar cargas puntuales en el mismo.

Para ello, se aplicará una fuerza aproximada 1000 N en los puntos críticos (asiento, apoyos del motor y las baterías), el límite de fluencia del material acero estructural es de 250 MPa, como resultado se obtiene que el esfuerzo máximo aproximado que soporta el chasis es de 137 MPa; es decir que no supera el porcentaje de la fuerza requerida para deformarse.

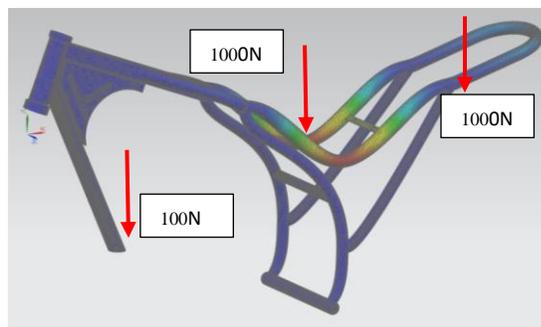


Figura 75. Esfuerzos máximos en la motocicleta

Para la verificación final de las cargas se realizará la construcción personalizada de un chasis de medidas determinadas que satisfagan las normas INEN de seguridad y confort para el usuario.

Con el fin de que el chasis de la motocicleta eléctrica una vez construido mediante tubos y

elementos del bastidor, soporten sin deformación alguna las cargas del pasajero, motor y pack de baterías.

Análisis de esfuerzos en el chasis (Acero A36)

El diseño del chasis se lo analiza a través de Von Mises para determinar de forma casi exacta los esfuerzos máximos y mínimos que se producen en la estructura por la imposición de cargas al mismo y con esto calcular su factor de seguridad (figura 76). Ecuación 12 factor de seguridad (Mott, 1996).

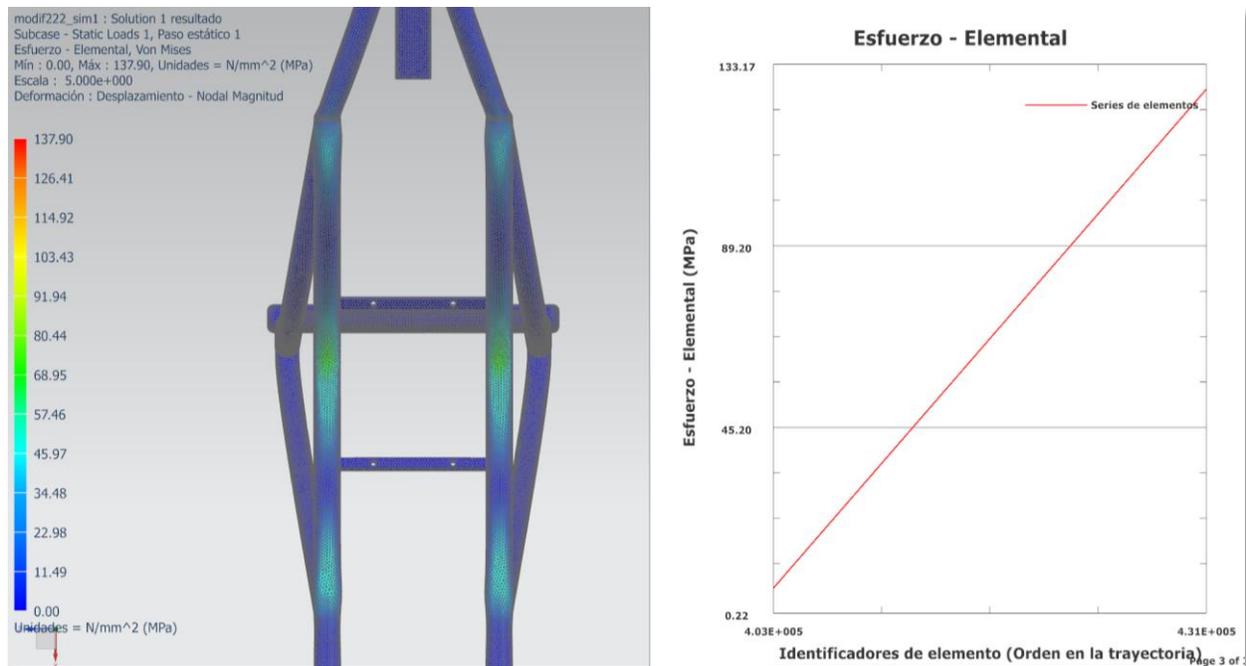


Figura 76. Esfuerzos producidos en el chasis (acero A36).

$$F_s = \frac{S_y}{\sigma_{max}} \tag{12}$$

F_s = factor de seguridad

S_y = límite de elasticidad

σ_{max} = esfuerzo máximo

$$F_s = \frac{250 \text{ Mpa}}{137.904 \text{ MPa}} = 1.8$$

Análisis de desplazamiento en el chasis (Acero A36)

Una vez obtenidos los resultados en el análisis de esfuerzos sobre el chasis, estos a su vez proporcionarían datos sobre los desplazamientos que se producirán en los puntos críticos seleccionados en la estructura, de tal forma que se pueden observar en la (figura 77) demostrando así un desplazamiento mínimo de 0mm y un máximos desplazamiento de 0.31mm y comprobados a través de la gráfica la cual da un desplazamiento lineal según se aplica una mayor carga al chasis sin que se produzcan variaciones importantes en la misma.

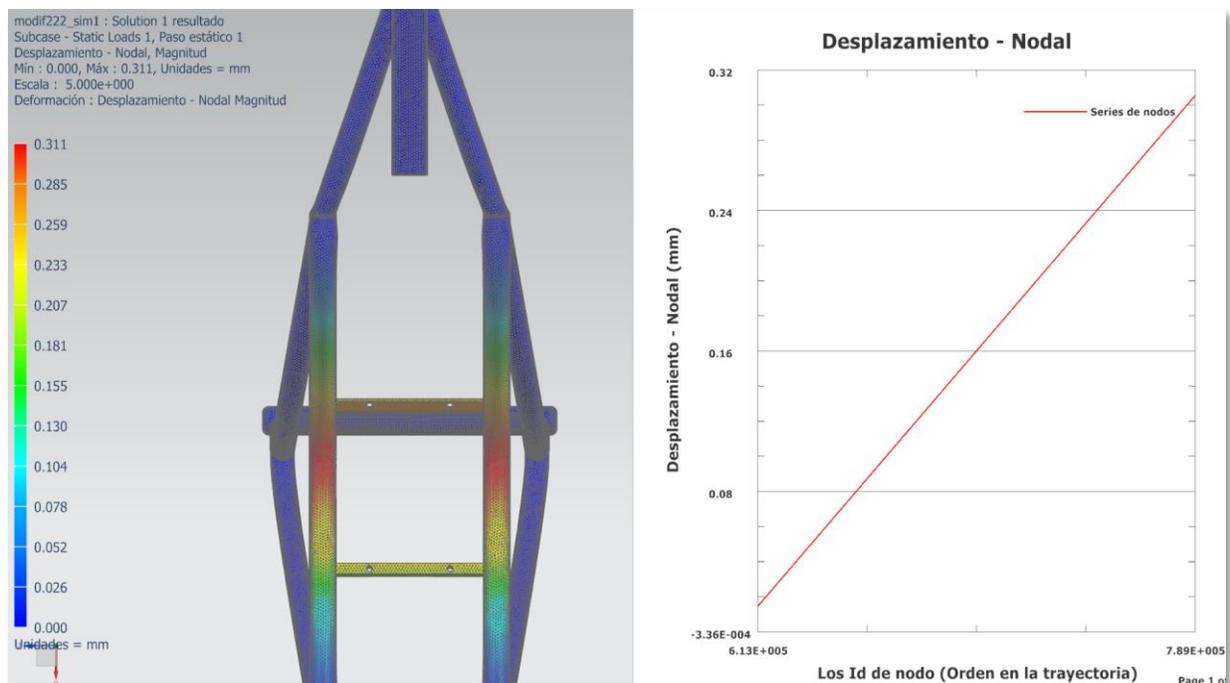


Figura 77. Desplazamientos producidos en el chasis (acero A36).

Análisis de esfuerzos en el chasis (Acero A500 Galvanizado)

El diseño del chasis se lo analiza a través de Von Mises para determinar de forma casi exacta los esfuerzos máximos y mínimos que se producen en la estructura por la imposición de cargas al mismo y con esto calcular su factor de seguridad (figura 78). Ecuación 13 factor de seguridad (Mott, 1996).

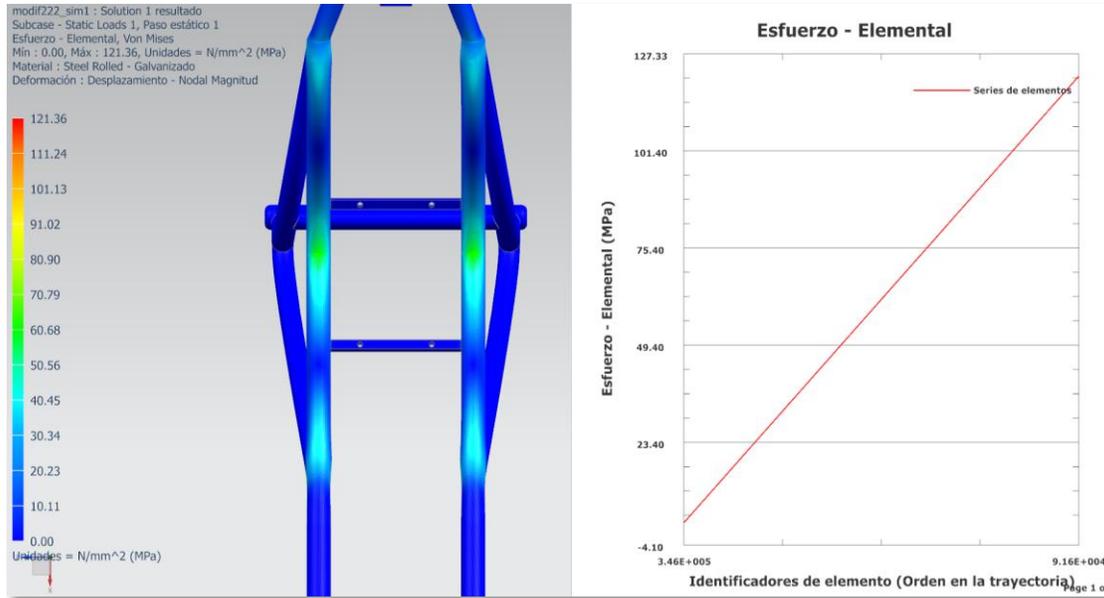


Figura 78. Esfuerzos producidos en el chasis (acero A500).

$$F_s = \frac{S_y}{\sigma_{max}} \quad (13)$$

F_s = factor de seguridad

S_y = límite de elasticidad

σ_{max} = esfuerzo máximo

$$F_s = \frac{250 \text{ Mpa}}{121.36 \text{ MPa}} = 2.1$$

Análisis de desplazamiento en el chasis (Acero A500 Galvanizado)

Una vez obtenidos los resultados en el análisis de esfuerzos sobre el chasis, estos a su vez proporcionarían datos sobre los desplazamientos que se producirán en los puntos críticos seleccionados en la estructura, de tal forma que se pueden observar en la (figura 79) demostrando así un desplazamiento mínimo de 0mm y un máximo desplazamiento de 0.274mm y comprobados a través de la gráfica la cual da un desplazamiento lineal según se aplica una mayor carga al chasis sin que se produzcan variaciones importantes en la misma.

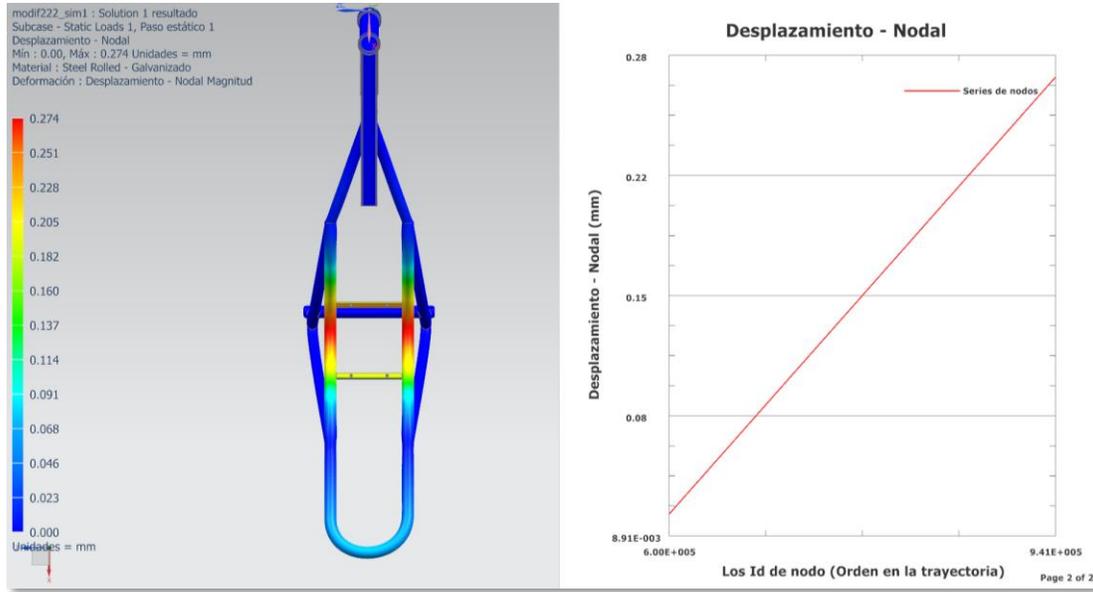


Figura 79. Desplazamientos producidos en el chasis (acero A500).

Análisis de esfuerzos en el chasis (Acero Inoxidable)

El diseño del chasis se lo analiza a través de Von Mises para determinar de forma casi exacta los esfuerzos máximos y mínimos que se producen en la estructura por la imposición de cargas al mismo y con esto calcular su factor de seguridad (figura 80). Ecuación 14 Fs. (Mott, 1996).

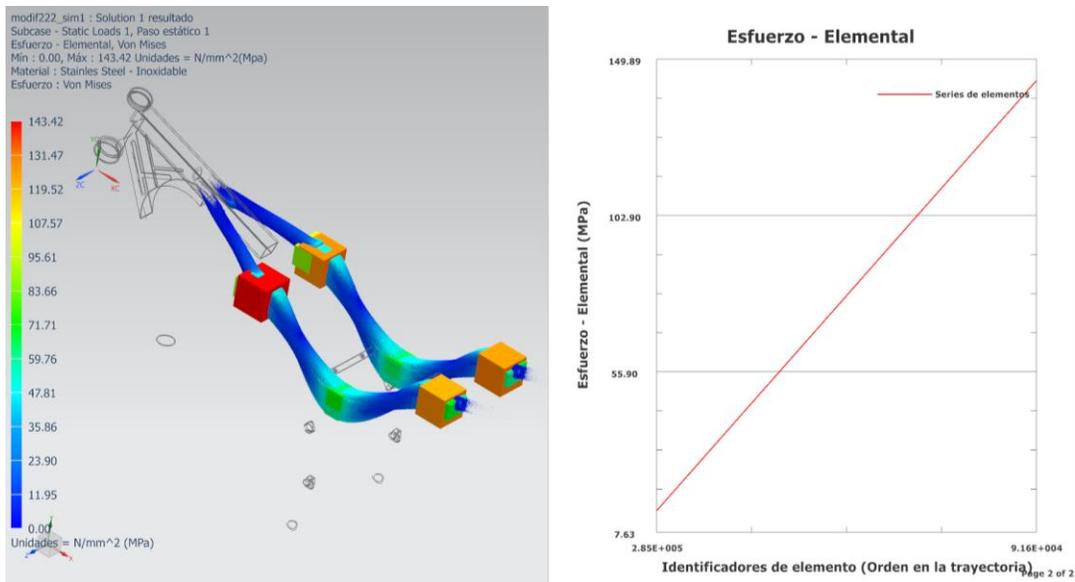


Figura 80. Esfuerzos producidos en el chasis (acero inoxidable).

$$F_s = \frac{S_y}{\sigma_{max}} \tag{14}$$

F_s = factor de seguridad

S_y = límite de elasticidad

σ_{max} = esfuerzo máximo

$$F_s = \frac{250 \text{ Mpa}}{143.42 \text{ MPa}} = 1.7$$

Análisis de desplazamiento en el chasis (Acero Inoxidable)

Una vez obtenidos los resultados en el análisis de esfuerzos sobre el chasis, estos a su vez proporcionarían datos sobre los desplazamientos que se producirán en los puntos críticos seleccionados en la estructura, de tal forma que se pueden observar en la (figura 81) demostrando así un desplazamiento mínimo de 0mm y un máximos desplazamiento de 0.323mm y comprobados a través de la gráfica la cual da un desplazamiento lineal según se aplica una mayor carga al chasis sin que se produzcan variaciones importantes en la misma.

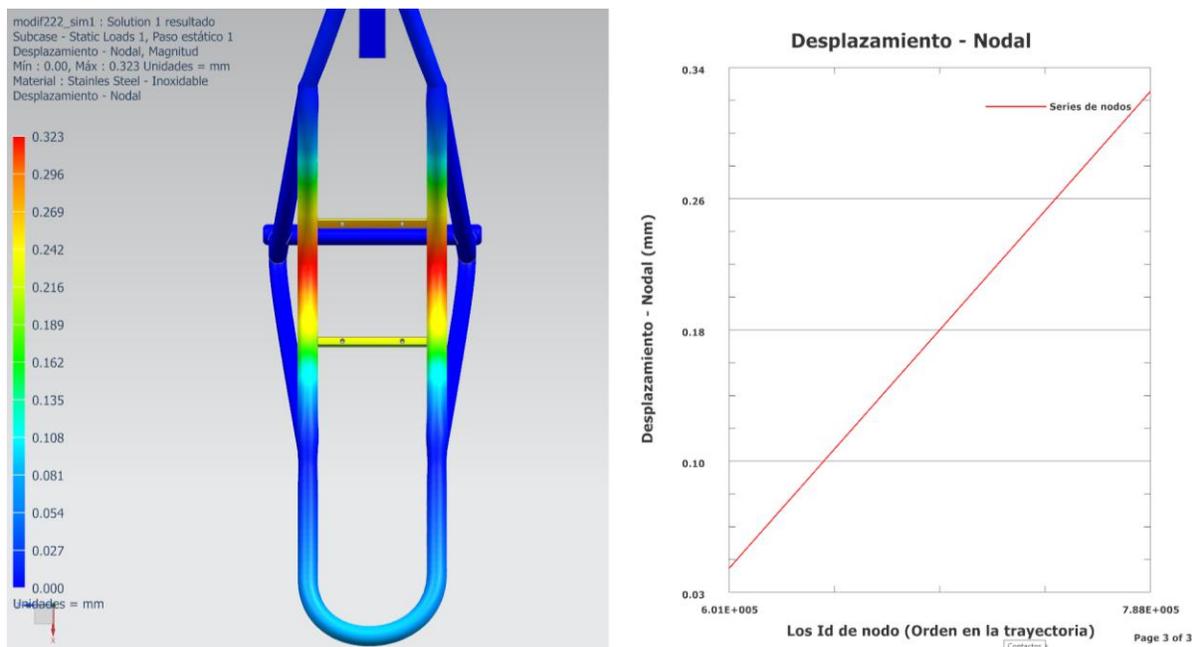


Figura 81. Desplazamientos producidos en el chasis (acero inoxidable).

Tabla 14
Resultados del Chasis con los diferentes materiales

Material	Esfuerzo Max. (MPa)	Desplazamiento(mm)	Factor de Seguridad
Acero A36	137.90	0.311	1.8
Acero A500	121.36	0.274	2.1
Acero Inoxidable	143.42	0.323	1.7

Como se puede observar en la Tabla 14, los resultados no denotan mayor diferencia entre uno u otro material los tres cumplen con el factor de seguridad requerido, la mayor diferencia que se puede encontrar radica en lo comercial y el precio de cada uno de ellos eso se lo analizo anteriormente en los QDF's de calidad donde ahí se determinó que por funcionalidad, dimensiones, seguridad y precio el mejor de los tres es el Acero ASTM A36 para el mercado ecuatoriano.

Análisis de esfuerzos en el chasis ensamblado (Acero A36)

El diseño del chasis se lo analiza a través de Von Mises para determinar el esfuerzo máximo 121.48 MPa y el mínimo de 10.12 MPa que se producen en la estructura ensamblada por la imposición de cargas al mismo y con esto calcular su factor de seguridad (figura 82). Ecuación 15 Fs. (Mott, 1996).

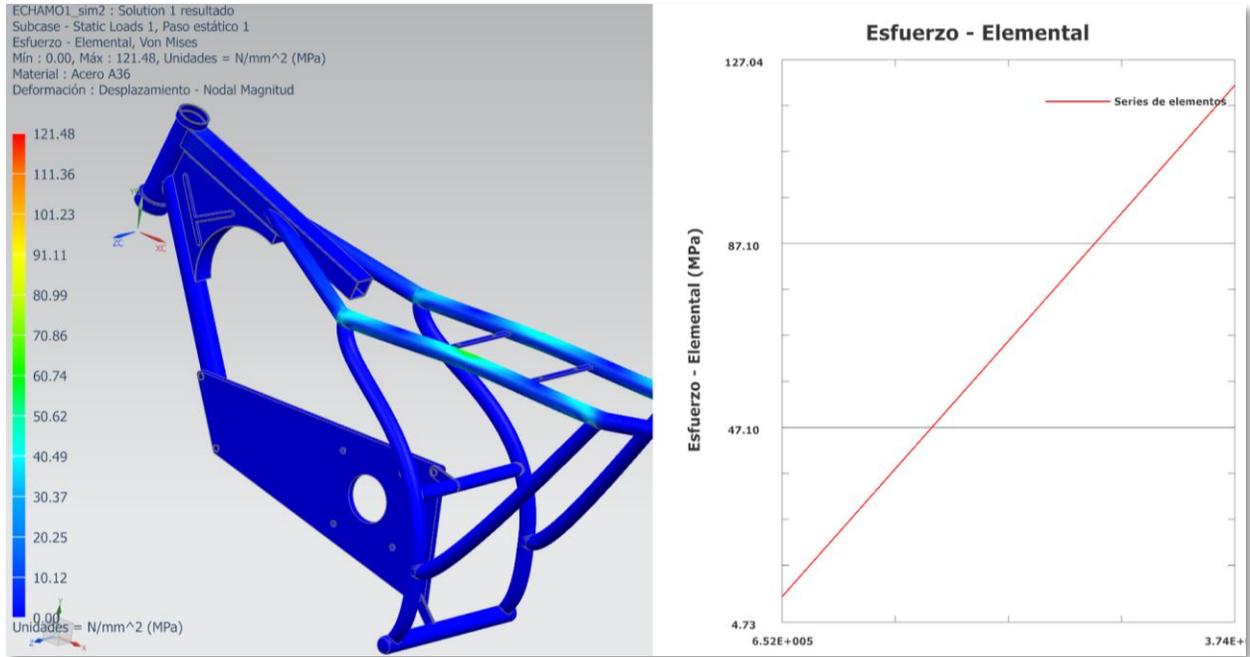


Figura 82. Esfuerzo – chasis ensamblado A36.

$$F_s = \frac{S_y}{\sigma_{\max}} \quad (15)$$

F_s = factor de seguridad

S_y = límite de elasticidad

σ_{\max} = esfuerzo máximo

$$F_s = \frac{250 \text{ Mpa}}{121.48 \text{ MPa}} = 2$$

Factor de seguridad Acero A36

Como se puede observar en la (figura 83) el valor del factor de seguridad en la simulación es de 1.789 mientras que la cantidad calculada matemáticamente es de 2 por lo cual hay una diferencia del 11% comprobando así que la estructura esta correctamente diseñada, simulada y se encuentra dentro de la tolerancia de error de diseño.

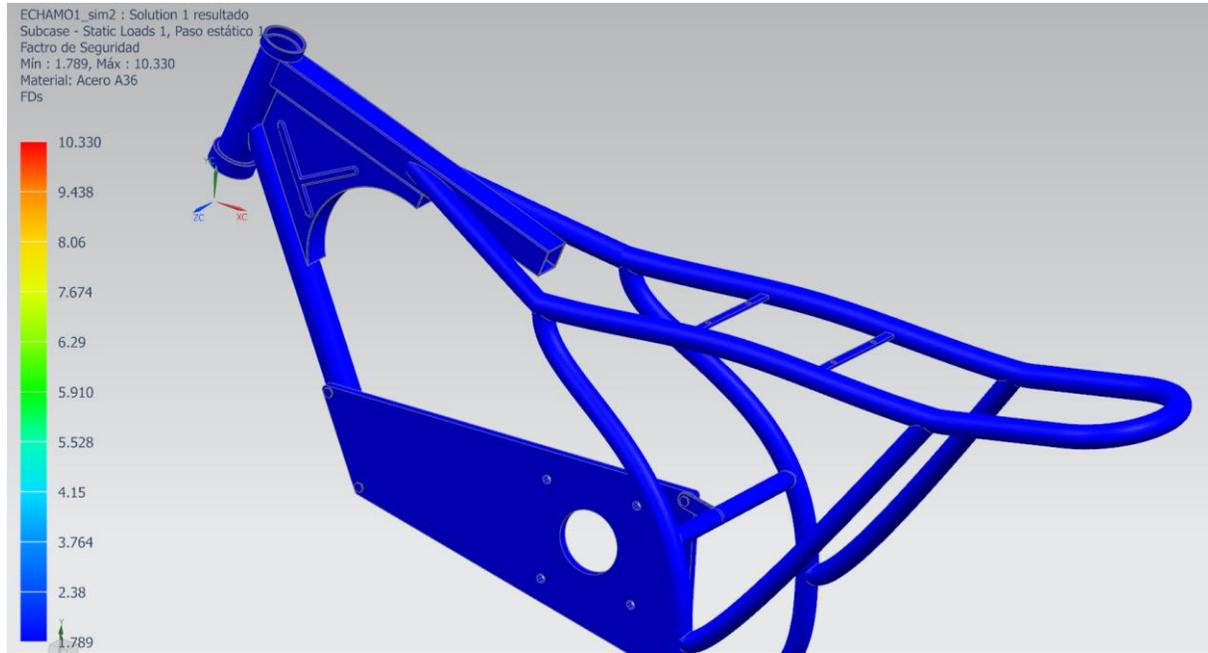


Figura 83. Factor de seguridad Acero A36.

Análisis de desplazamiento en el chasis (Acero A36)

Una vez obtenidos los resultados en el análisis de esfuerzos sobre el chasis ensamblado, estos a su vez proporcionaran datos sobre los desplazamientos que se producirán en los puntos críticos seleccionados en la estructura, de tal forma que se pueden observar en la (figura 84) demostrando así un desplazamiento mínimo de 0mm y un máximos desplazamiento de 0.291mm y comprobados a través de la gráfica la cual da un desplazamiento lineal según se aplica una mayor carga al chasis sin que se produzcan variaciones importantes en la misma.

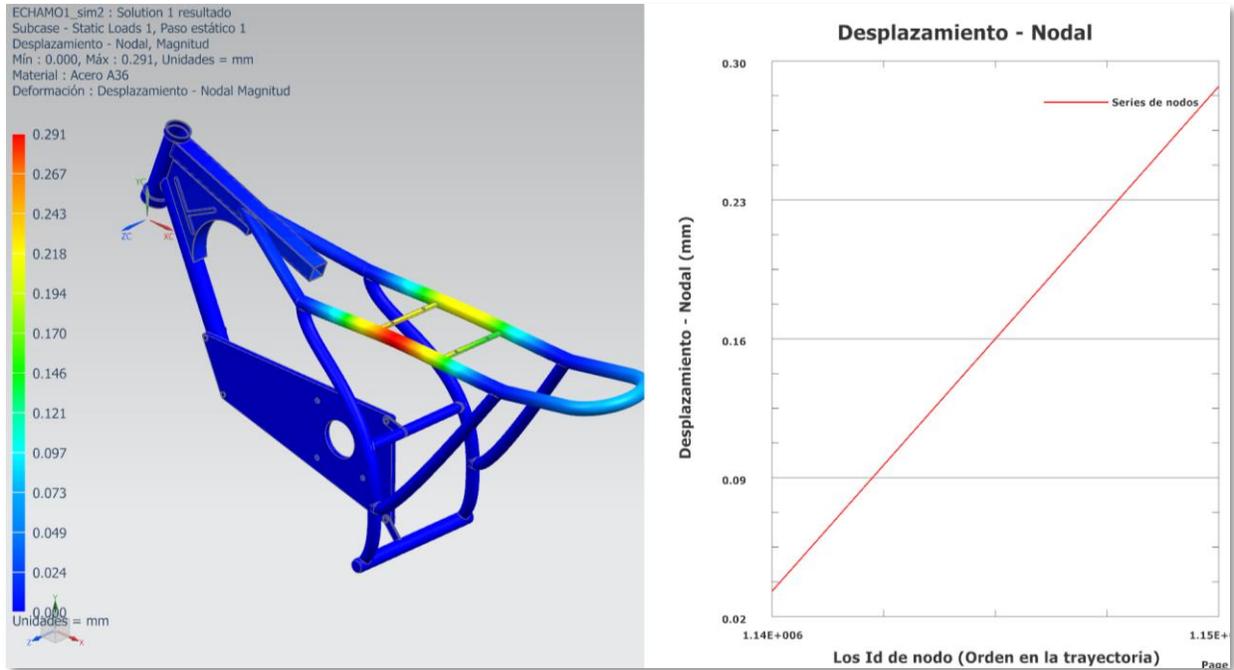


Figura 84. Desplazamiento – chasis ensamblado A36.

Reacciones en el Chasis

A toda acción se le atribuye una reacción por ende en la frenada se produce una reacción máxima de 371.17 N y la mínima de 30.93N (figura 85). Ecuación 16 (Shigley, 2008)

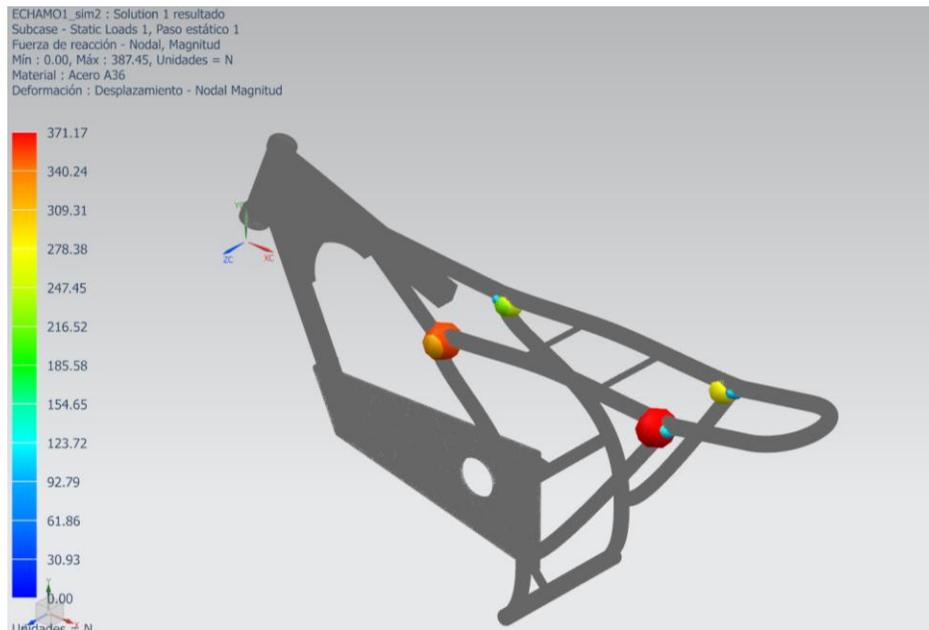


Figura 85. Reacciones en el chasis.

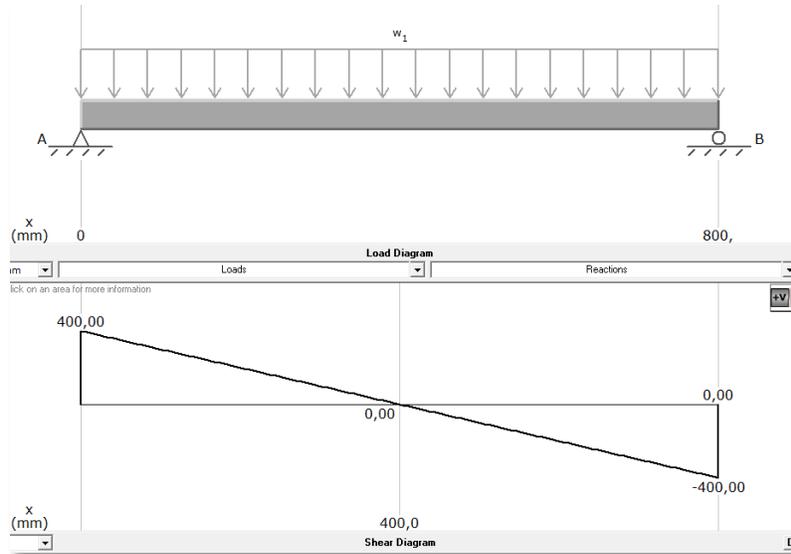


Figura 86. Diagrama de reacciones.

$$\Sigma Fy = 0$$

$$\Sigma Fy = 0$$

$$\Sigma M = 0$$

$$\Sigma Fx = Ax$$

$$0 = Ax$$

$$\Sigma Fy = Ay + By$$

$$By = Ay$$

$$R_B = -400mm(800N) + 800mm(Ay) \tag{16}$$

$$Ay = 400N.$$

El cálculo de la reacción matemáticamente da un valor de 400N, mientras que el de la simulación

es 371.17N aplicando la fórmula del porcentaje del error $\%error = \frac{400N-371.17N}{400} * 100 = 7.20\%$ se

obtiene 7.20% comprobando que se encuentra dentro de los parámetros de Diseño Mecánico.

Análisis de esfuerzos en el chasis ensamblado (Acero A500)

El diseño del chasis se lo analiza a través de Von Mises para determinar el esfuerzo máximo 131.01 MPa y el mínimo de 10.92 MPa que se producen en la estructura ensamblada por la imposición de cargas al mismo y con esto calcular su factor de seguridad (figura 87). Ecuación 17 Fs. (Mott, 1996).

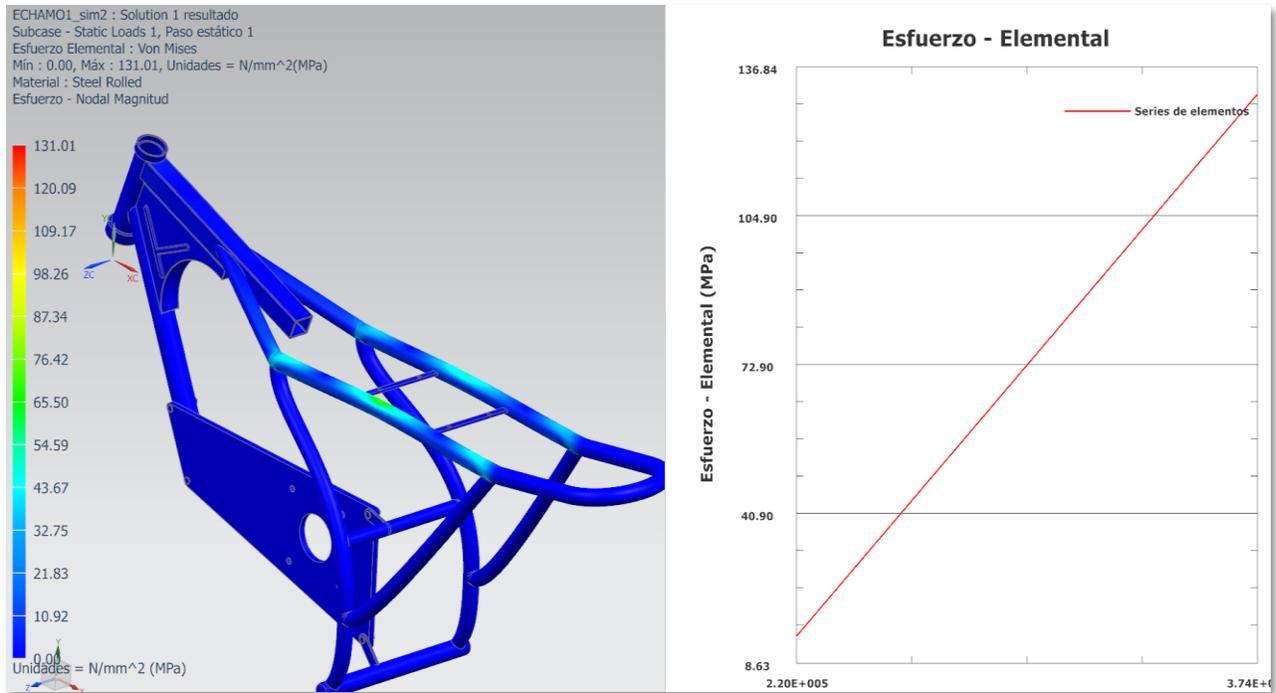


Figura 87. Esfuerzo – chasis ensamblado A500.

$$Fs = \frac{Sy}{\sigma_{max}} \tag{17}$$

Fs = factor de seguridad

Sy = límite de elasticidad

σmax = esfuerzo máximo

$$Fs = \frac{250 \text{ Mpa}}{131.01 \text{ MPa}} = 1.9$$

Factor de seguridad Acero A500

Como se puede observar en la (figura 88) el valor del factor de seguridad en la simulación es de 2.13 mientras que la cantidad calculada matemáticamente es de 1.9 por lo cual hay una diferencia del 12.10% comprobando así que la estructura esta correctamente diseñada, simulada y se encuentra dentro de la tolerancia de error de diseño.

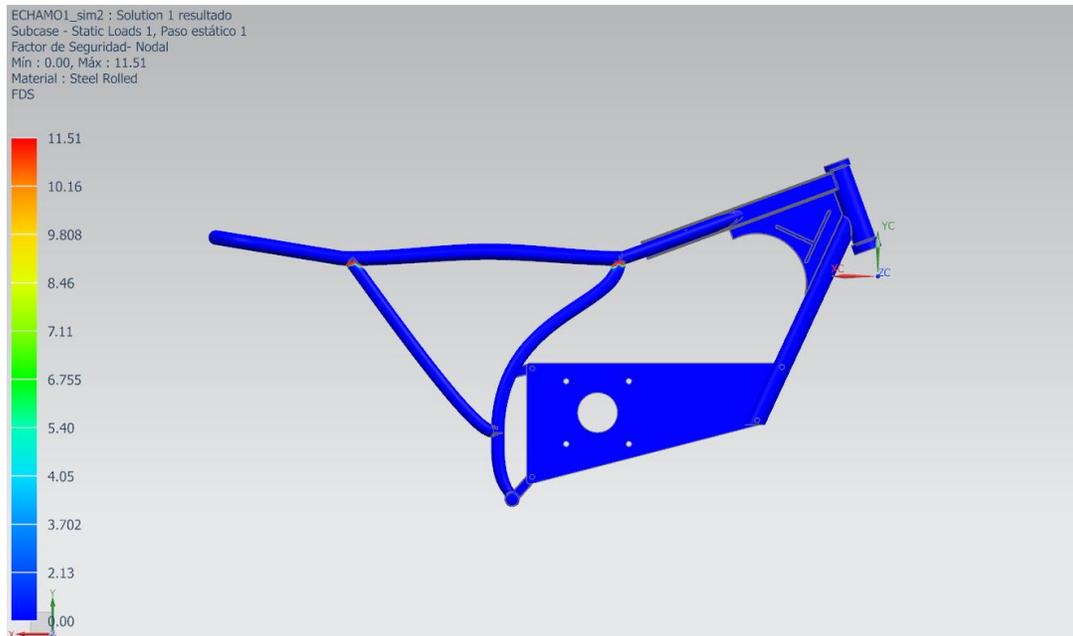


Figura 88. Factor de Seguridad Acero A500.

Análisis de desplazamiento en el chasis (Acero A500)

Una vez obtenidos los resultados en el análisis de esfuerzos sobre el chasis ensamblado, estos a su vez proporcionarán datos sobre los desplazamientos que se producirán en los puntos críticos seleccionados en la estructura, de tal forma que se pueden observar en la (figura 89) demostrando así un desplazamiento mínimo de 0 mm y un máximos desplazamiento de 0.314 mm y comprobados a través de la gráfica la cual da un desplazamiento lineal según se aplica una mayor carga al chasis sin que se produzcan variaciones importantes en la misma.

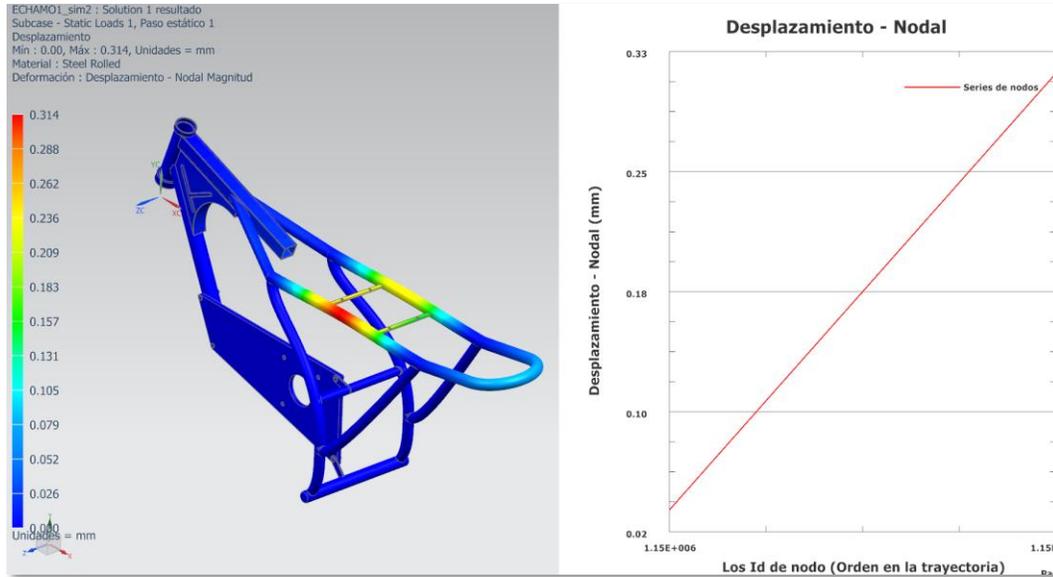


Figura 89. Desplazamiento – chasis A500.

Análisis de esfuerzos en el chasis ensamblado (Acero Inoxidable)

El diseño del chasis se lo analiza a través de Von Mises para determinar el esfuerzo máximo 142.92 MPa y el mínimo de 11.91 MPa que se producen en la estructura ensamblada por la imposición de cargas al mismo y con esto calcular su factor de seguridad (figura 90). Ecuación 18 Fs. (Mott, 1996).

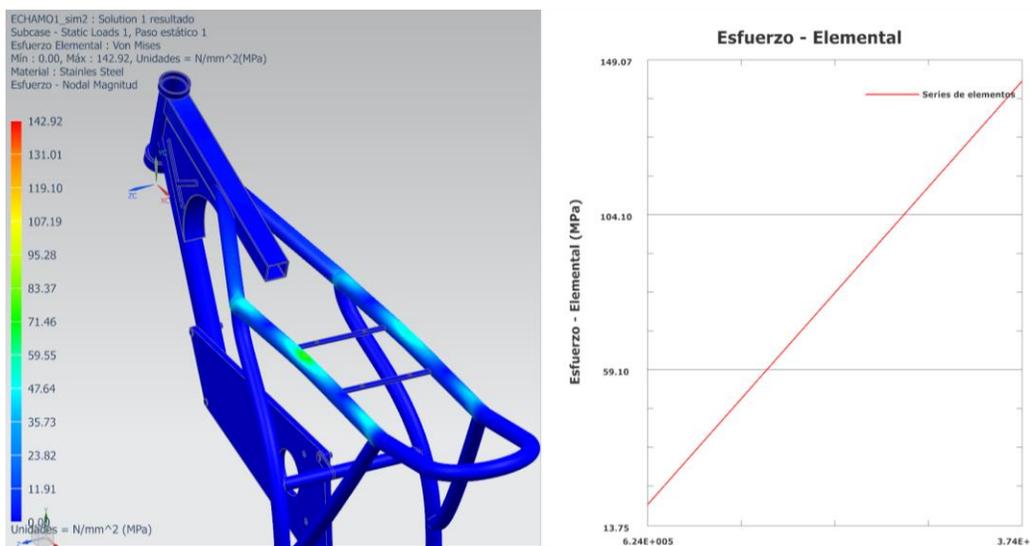


Figura 90. Esfuerzo – chasis Acero Inoxidable.

$$Fs = \frac{Sy}{\sigma_{\max}} \quad (18)$$

Fs = factor de seguridad

Sy = límite de elasticidad

σ_{\max} = esfuerzo máximo

$$Fs = \frac{250 \text{ Mpa}}{142.92 \text{ MPa}} = 1.7$$

Factor de seguridad Acero Inoxidable

Como se puede observar en la (figura 91) el valor del factor de seguridad en la simulación es de 1.44 mientras que la cantidad calculada matemáticamente es de 1.7 por lo cual hay una diferencia del 15% comprobando así que la estructura esta correctamente diseñada, simulada y se encuentra dentro de la tolerancia de error de diseño.

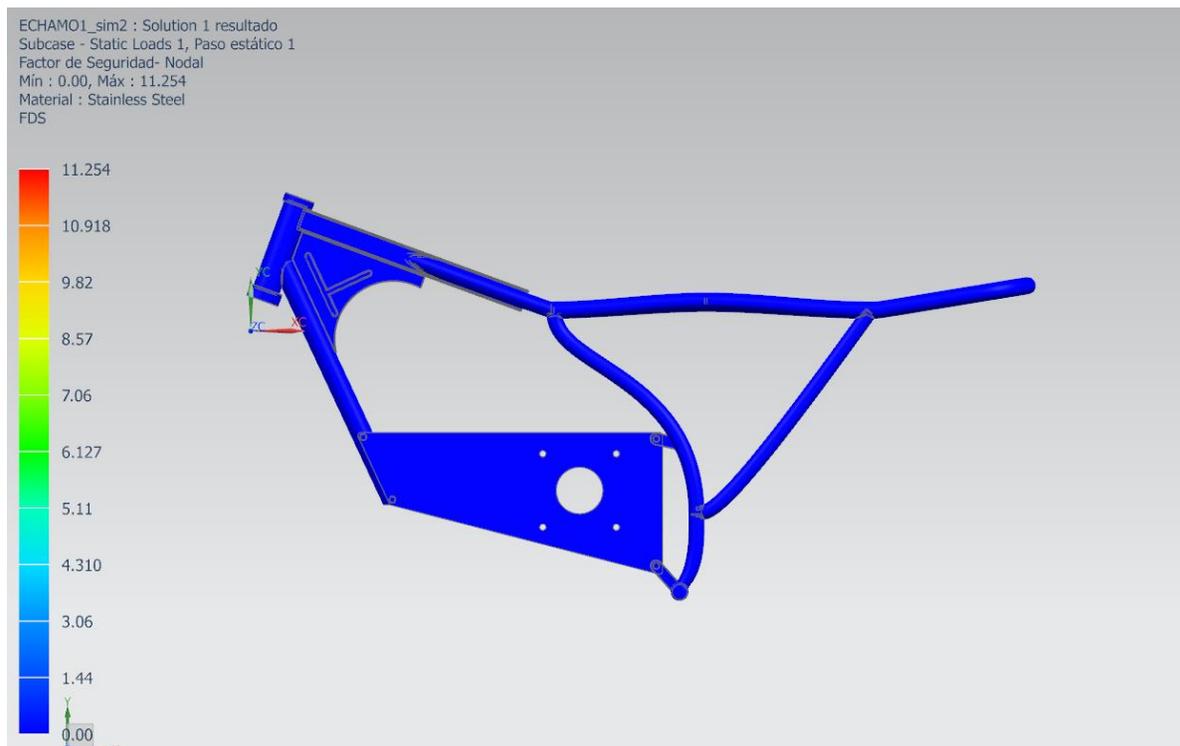


Figura 91. Factor de seguridad – Acero Inoxidable.

Análisis de desplazamiento en el chasis (Acero Inoxidable)

Una vez obtenidos los resultados en el análisis de esfuerzos sobre el chasis ensamblado, estos a su vez proporcionarían datos sobre los desplazamientos que se producirán en los puntos críticos seleccionados en la estructura, de tal forma que se pueden observar en la (figura 92) demostrando así un desplazamiento mínimo de 0 mm y un máximos desplazamiento de 0.343 mm y comprobados a través de la gráfica la cual da un desplazamiento lineal según se aplica una mayor carga al chasis sin que se produzcan variaciones importantes en la misma.

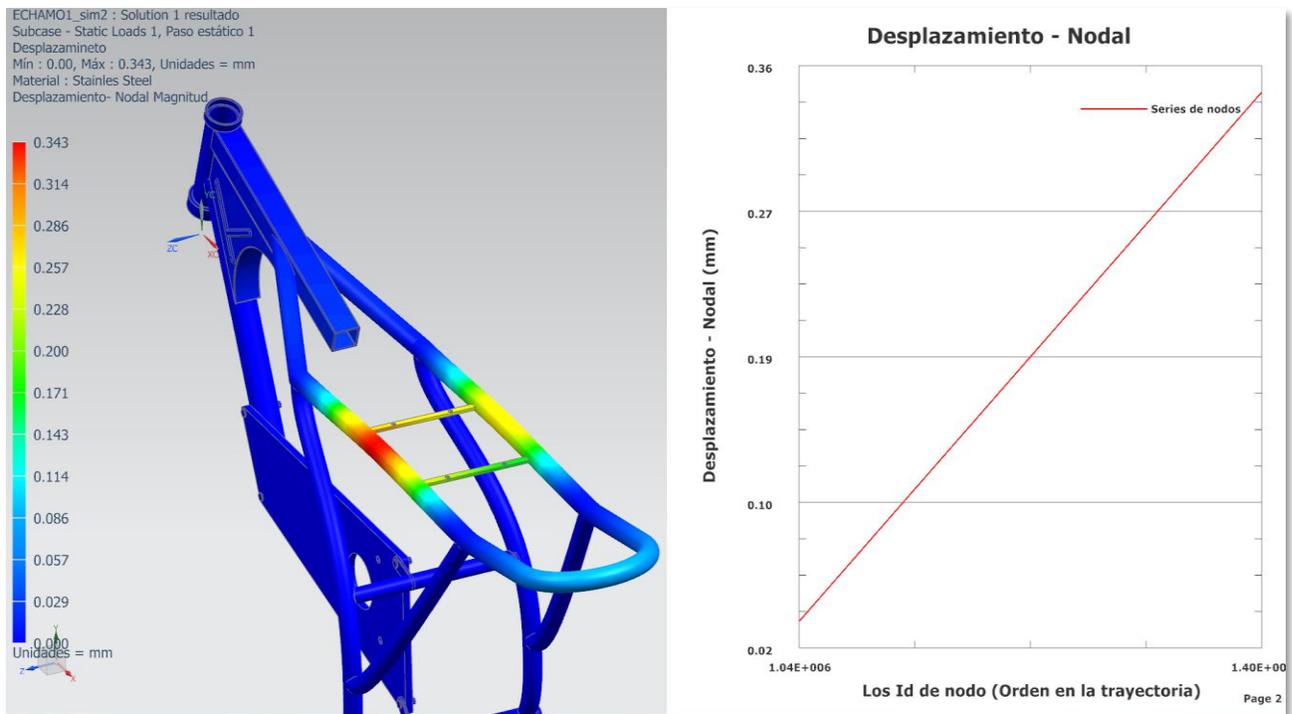


Figura 92. Desplazamiento – chasis Acero Inoxidable.

Análisis de esfuerzos en la frenada

En el caso del esfuerzo máximo producido en la frenada con la rueda delantera la componente vertical que el suelo que hace sobre el neumático se puede despreciar ya que realmente actúa sobre la compresión de la suspensión. Por lo tanto, se utilizará la componente horizontal, que a su vez se descompone según el eje de la pipa de dirección en dos fuerzas F1 y F2.

La componente F2 se puede despreciar ya que, al ser el ángulo muy pequeño, esta componente no es significativa. Por lo tanto, no quedaremos con la componente perpendicular al eje de la pipa de dirección.

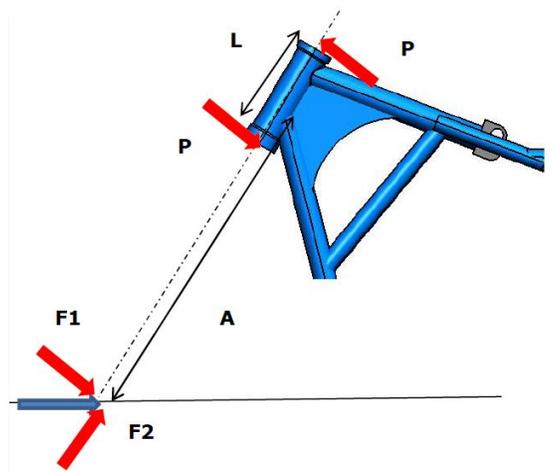


Figura 93. Fuerza en la pipa en frenada (FOALE, 2013).

El punto de aplicación de la fuerza se toma en el eje de la rueda. Esta fuerza crea un momento respecto del punto medio de la pipa de dirección, por tanto, el par equivalente a aplicar en la pipa de dirección será: Ecuación 19 fuerza en la pipa en frenada (FOALE, 2013).

F1= cargas de la moto (piloto, baterías y motor).

A= distancia del eje de la rueda

P= fuerza requerida

L= longitud de la pipa

$$F1 * A = P * L \tag{19}$$

$$1000N * 470mm = P * 172mm$$

$$P = \frac{1000N * 470mm}{172mm}$$

$$P = 2732.5N$$

Una vez que se obtuvo la fuerza necesaria se aplica la misma para la simulación en el chasis a fin de determinar su esfuerzo máximo producido al aplicar una carga de 2732.5N y su factor de seguridad (figura 94). Ecuación 20 factor de seguridad (Shigley, 2008).

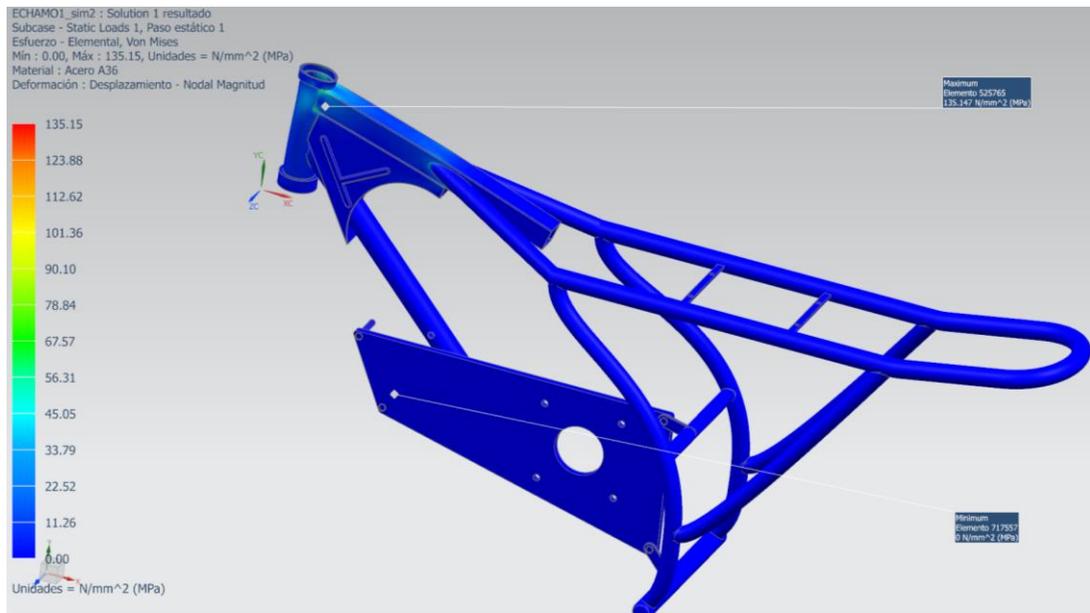


Figura 94. Esfuerzo máximo en frenada.

$$F_s = \frac{S_y}{\sigma_{max}} \tag{20}$$

F_s = factor de seguridad

S_y = límite de elasticidad

σ_{max} = esfuerzo máximo

$$F_s = \frac{250 \text{ Mpa}}{135.15} = 1.85$$

Análisis de desplazamiento en frenada

Una vez obtenidos los resultados en el análisis de esfuerzos en frenada sobre el chasis estos a su vez proporcionarían datos sobre los desplazamientos que se producirán, de tal forma que se pueden observar en la (figura 95) demostrando así un desplazamiento mínimo de 0.054mm y un máximos desplazamiento de 0.652mm y comprobados a través de la gráfica la cual da un desplazamiento lineal según se aplica una mayor carga a la pipa de dirección sin que se produzcan variaciones importantes en el mismo.

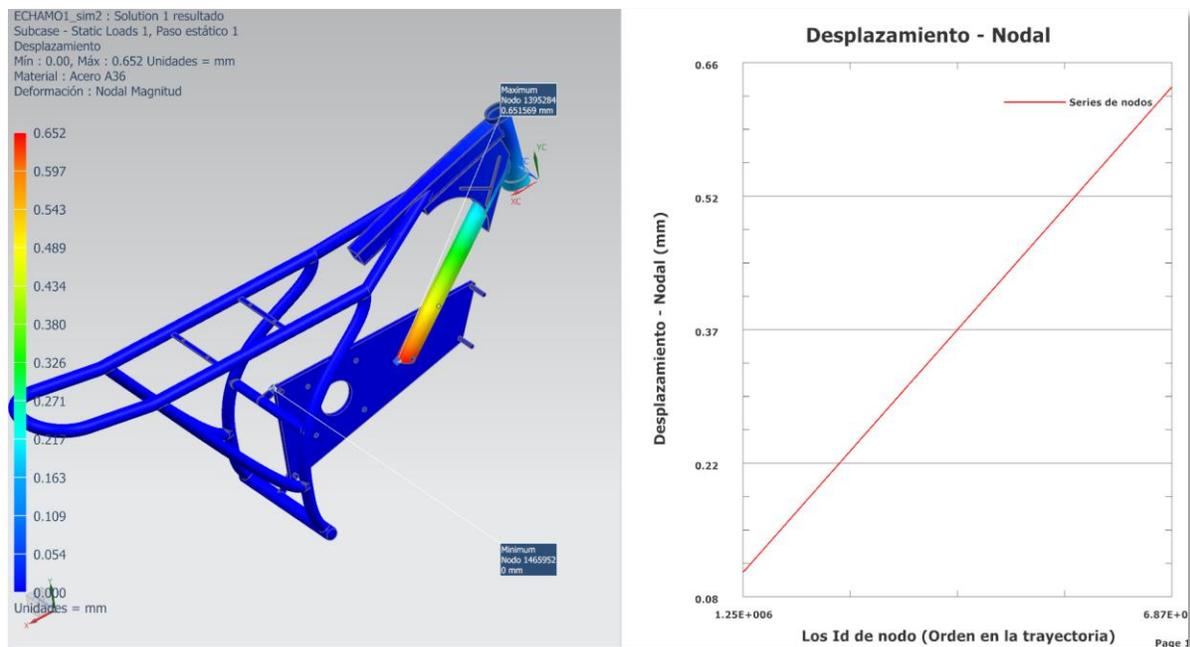


Figura 95. desplazamientos en la frenada.

Reacción provocada en la frenada

A toda acción se le atribuye una reacción por ende en la frenada se produce una reacción máxima de 150.72 N y la mínima de 12.56 N (figura 96).

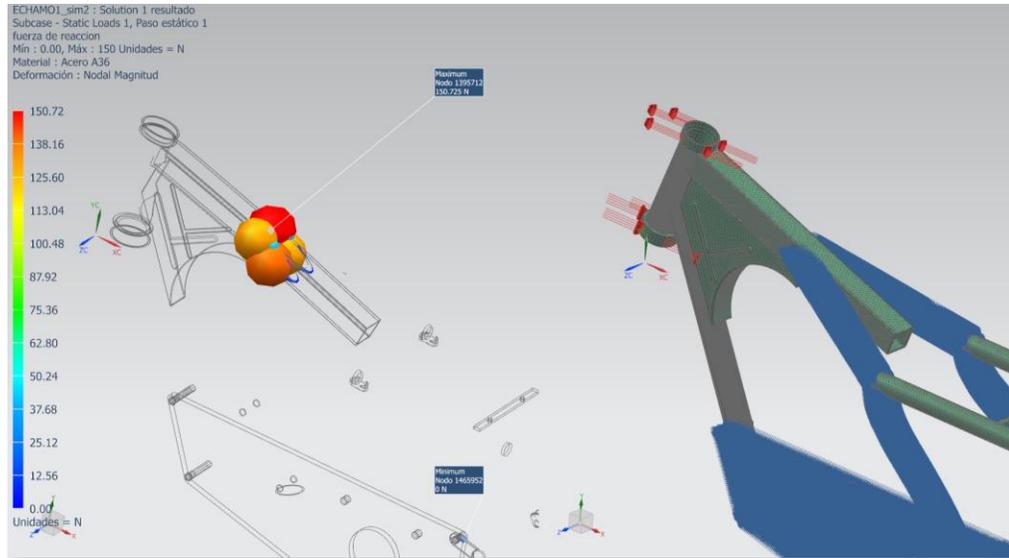


Figura 96. Reacción provocada en la Frenada.

Análisis de esfuerzos en el Basculante

El diseño del basculante se lo analiza a través de Von Mises, para determinar de forma casi exacta los esfuerzos máximos y mínimos que se producen en la estructura por la imposición de cargas al mismo y con esto calcular su factor de seguridad (figura 97). Ecuación 21 (Shigley, 2008).

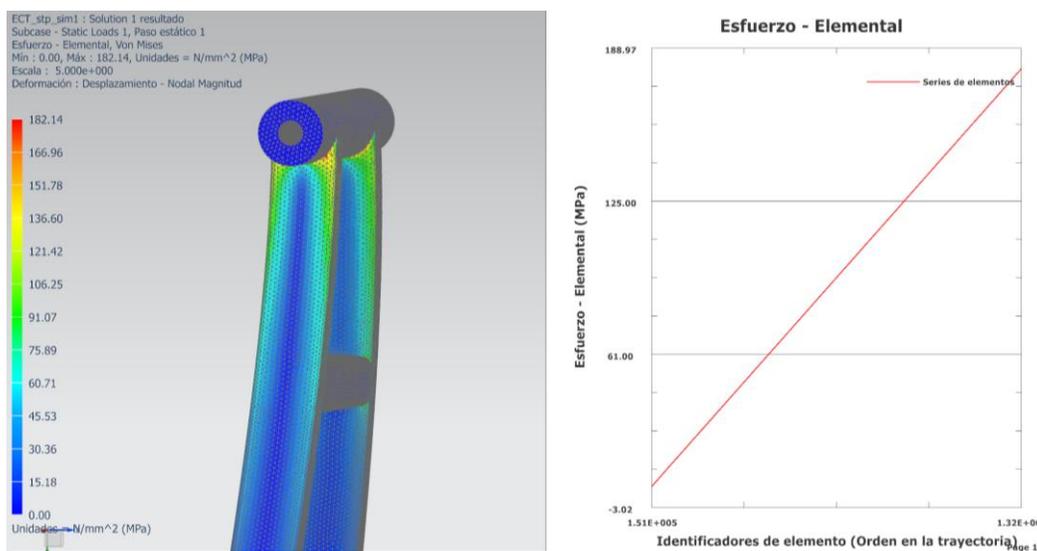


Figura 97. Esfuerzos producidos en el Basculante.

$$F_s = \frac{S_y}{\sigma_{max}} \tag{21}$$

F_s = factor de seguridad

S_y = límite de elasticidad

σ_{max} = esfuerzo máximo

$$F_s = \frac{250 \text{ Mpa}}{182.14} = 1.4$$

Análisis de desplazamiento en el Basculante

Una vez obtenidos los resultados en el análisis de esfuerzos sobre el basculante, estos a su vez proporcionarían datos sobre los desplazamientos que se producirán en los puntos críticos seleccionados en la estructura, de tal forma que se pueden observar en la (figura 98) demostrando así un desplazamiento mínimo de 0.208mm y un máximos desplazamiento de 2.5mm y comprobados a través de la gráfica la cual da un desplazamiento lineal según se aplica una mayor carga al basculante sin que se produzcan variaciones importantes en el mismo.

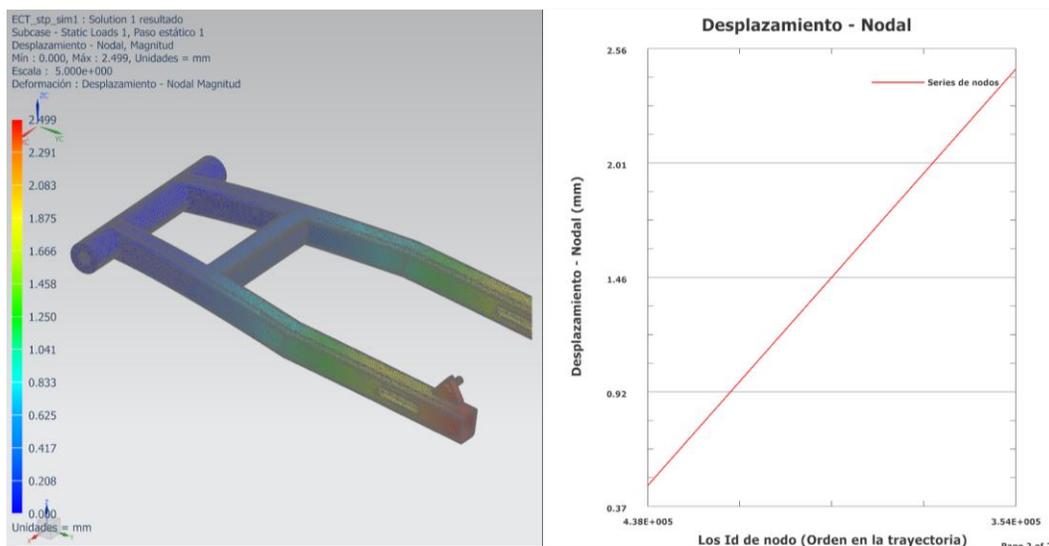


Figura 98. Desplazamientos producidos en el Basculante.

Análisis de esfuerzos de la base del motor

El diseño de la base del motor eléctrico se lo analiza a través de Von Mises para determinar de forma casi exacta los esfuerzos máximos y mínimos que se producen en el elemento por la imposición de cargas al mismo y con esto calcular su factor de seguridad (figura 99). Ecuación 22 factor de seguridad (Shigley, 2008).

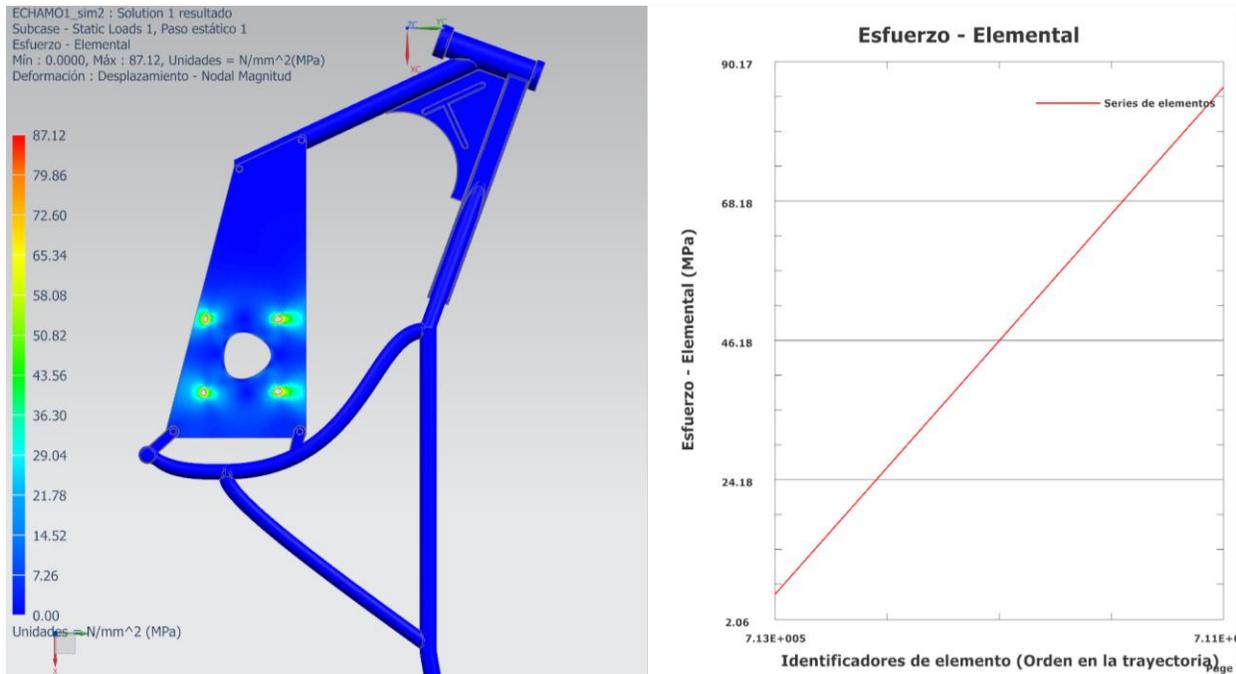


Figura 99. Esfuerzos producidos en la base del motor eléctrico.

$$Fs = \frac{Sy}{\sigma_{max}} \quad (22)$$

Fs = factor de seguridad

Sy = límite de elasticidad

σ_{max} = esfuerzo máximo

$$Fs = \frac{250 \text{ Mpa}}{87.12} = 2.8$$

Análisis de desplazamiento en la base del motor

Una vez obtenidos los resultados de los esfuerzos sobre la base del motor, estos a su vez proporcionarán darán datos sobre los desplazamientos que se producirán en los puntos críticos seleccionados en la placa del motor, de tal forma que se pueden observar en la (figura 100) demostrando así un desplazamiento mínimo de 0.0058mm y un máximos desplazamiento de 0.0695mm y comprobados a través de la gráfica la cual da un desplazamiento lineal según se aplica una mayor carga al elemento sin que se produzcan variaciones importantes en el mismo.

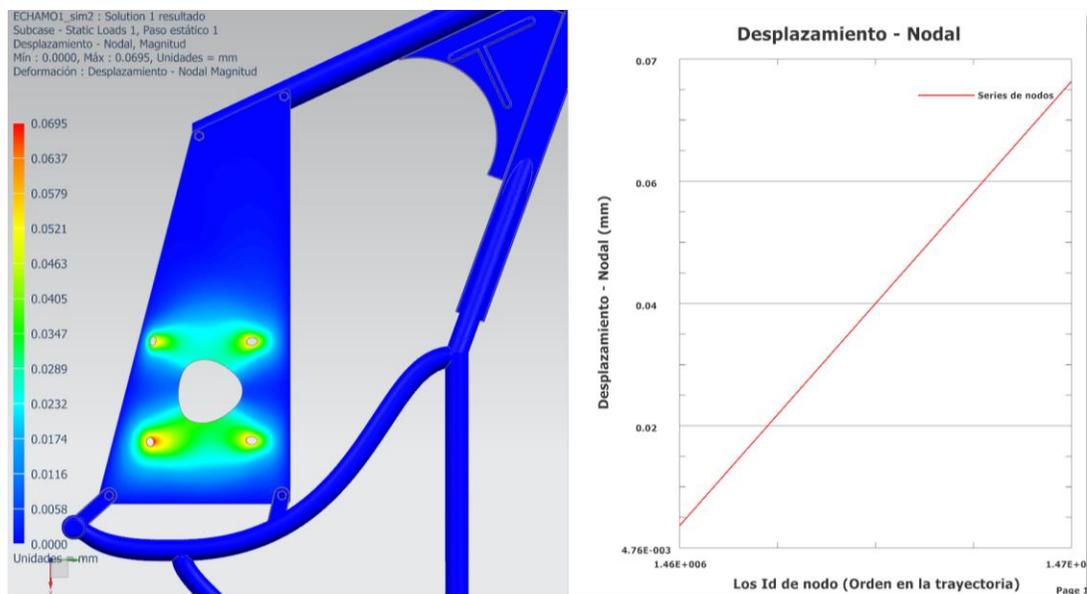


Figura 100. Desplazamientos producidos en la base del motor.

Análisis de esfuerzos en las bases del controlador electrónico

El diseño de las bases para el controlador electrónico se lo analiza a través de Von Mises para determinar de forma casi exacta los esfuerzos máximos y mínimos que se producen en los elementos por la imposición de cargas al mismo y con esto calcular su factor de seguridad (figura 101). Ecuación 23 factor de seguridad (Shigley, 2008).

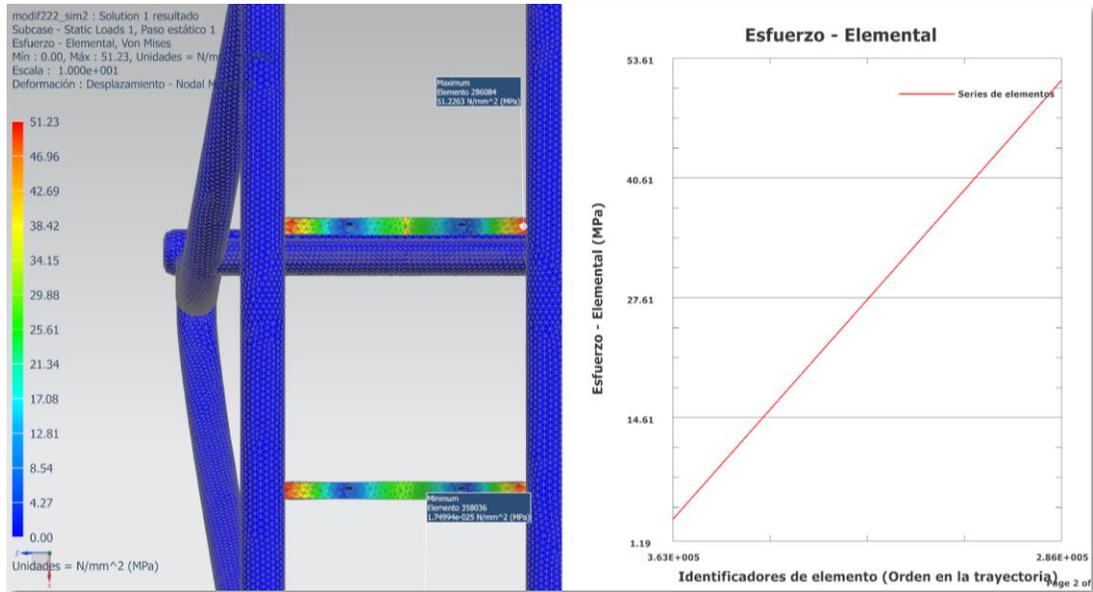


Figura 101. Esfuerzos producidos en las bases del controlador.

$$F_s = \frac{S_y}{\sigma_{\max}} \quad (23)$$

F_s = factor de seguridad

S_y = límite de elasticidad

σ_{\max} = esfuerzo máximo

$$F_s = \frac{250 \text{ Mpa}}{51.23} = 4.9$$

Análisis de desplazamiento en las bases del controlador

Una vez obtenidos los resultados de los esfuerzos sobre las bases del controlador, estos a su proporcionaran datos sobre los desplazamientos que se producirán en los puntos críticos seleccionados en los elementos, de tal forma que se pueden observar en la (figura 102) demostrando así un desplazamiento mínimo de 0.017mm y un máximos desplazamiento de 0.2mm y comprobados a través de la gráfica la cual da un desplazamiento lineal según se aplica una mayor carga a dichos elementos sin que se produzcan variaciones importantes en el mismo.

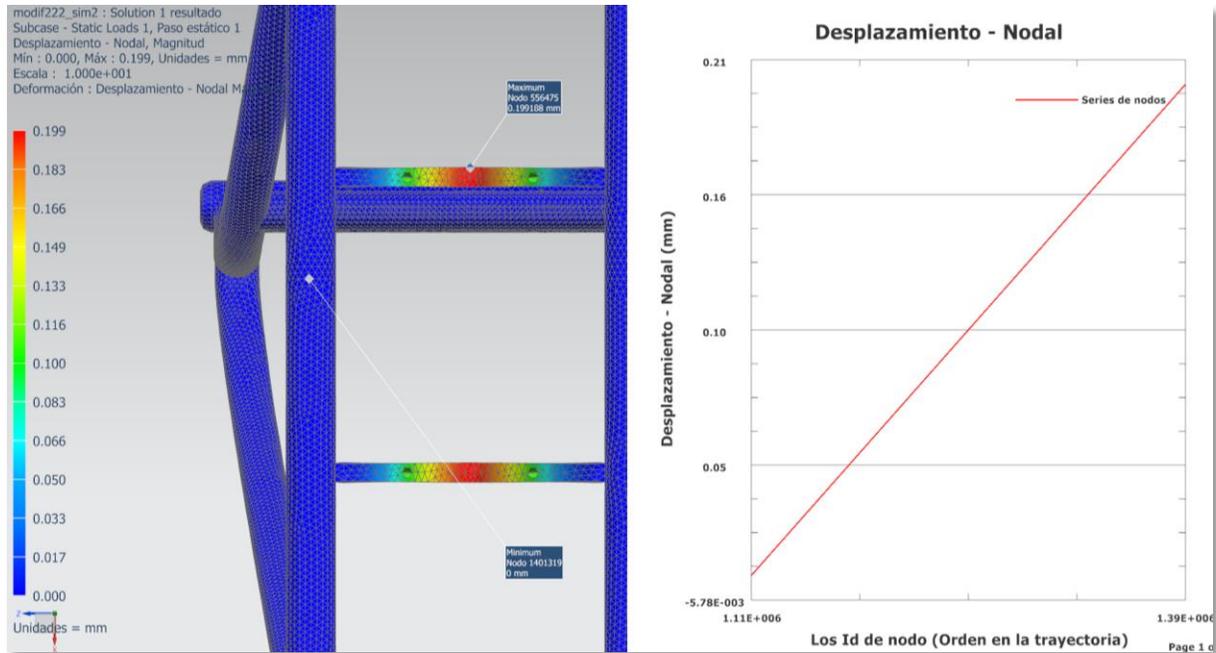


Figura 102. Desplazamientos producidos en las bases del controlador.

Análisis de esfuerzos en las bases para el Pack de Baterías

El diseño de las bases para las baterías se lo analiza a través de Von Mises para determinar de forma casi exacta los esfuerzos máximos y mínimos que se producen en los elementos por la imposición de cargas al mismo y con esto calcular su factor de seguridad (figura 103). Ecuación 24 (Shigley, 2008).

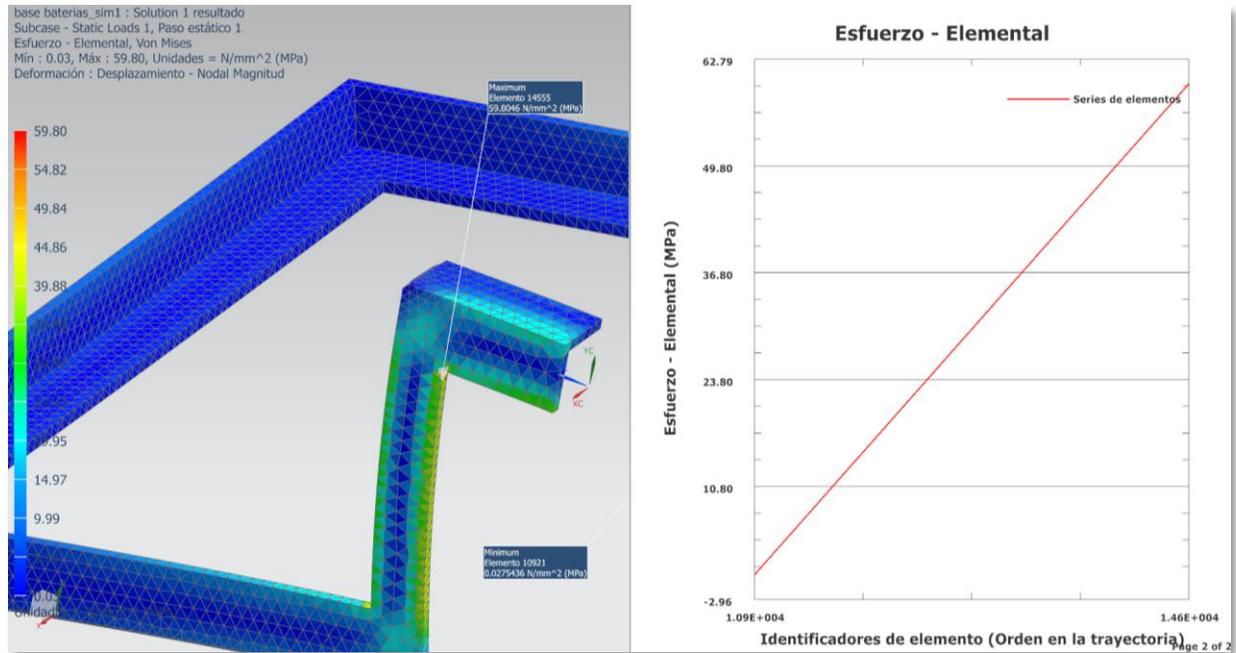


Figura 103. Esfuerzos producidos en las bases del pack de baterías.

$$F_s = \frac{S_y}{\sigma_{max}} \tag{24}$$

F_s = factor de seguridad

S_y = límite de elasticidad

σ_{max} = esfuerzo máximo

$$F_s = \frac{250 \text{ Mpa}}{59.80} = 4.1$$

Análisis de desplazamiento en las bases del pack de baterías

Una vez obtenidos los resultados de los esfuerzos de las bases de las baterías, estos a su vez proporcionarían datos sobre los desplazamientos que se producirían en los puntos críticos seleccionados en los elementos, de tal forma que se pueden observar en la (figura 104) demostrando así un desplazamiento mínimo de 0.050mm y un máximos desplazamiento de 0.59mm y comprobados a través de la gráfica la cual da un desplazamiento lineal según se aplica una mayor carga a dichos elementos sin que se produzcan variaciones importantes en el mismo.

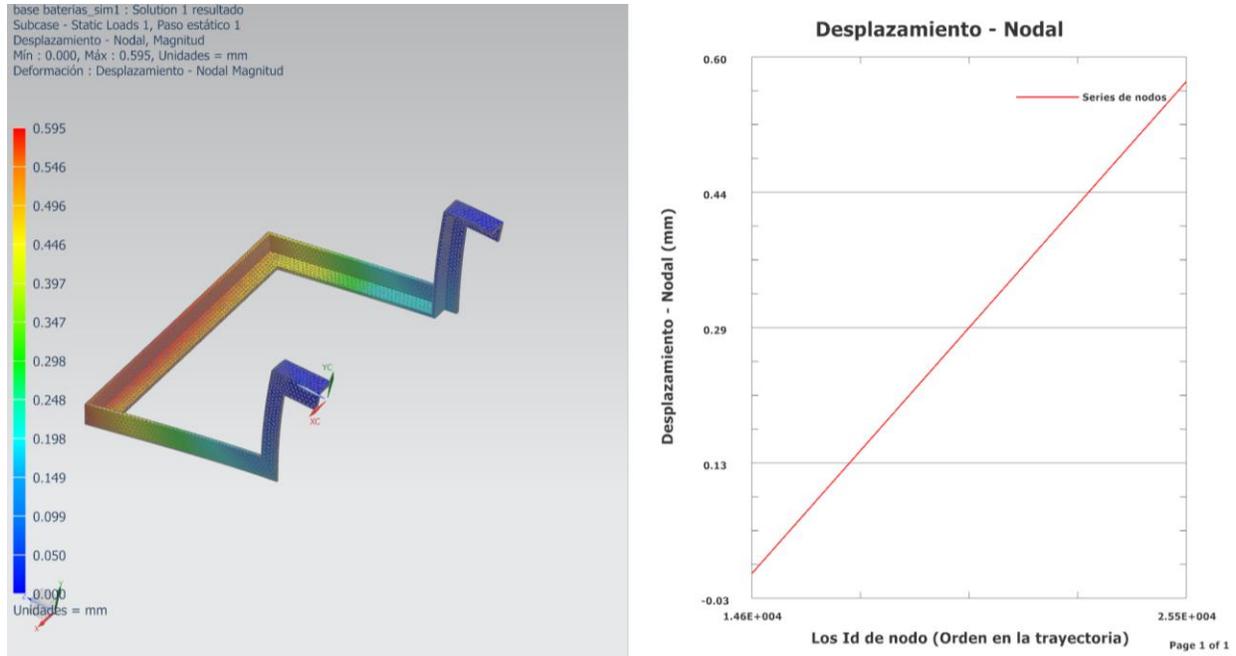


Figura 104. Desplazamientos producidos en las bases de las baterías.

Tabla 15
Resultados de los componentes del chasis

Elemento	Esfuerzo Max.(MPa)	Desplazamiento(mm)	Facto de Seguridad
Basculante	182.14	2.5	1.4
Base del Motor	87.12	0.06	2.8
Bases del Controlador	51.23	0.2	4.9
Bases de las Baterías	59.80	0.595	4.1

Gráfico de convergencia y validación del chasis

Para demostrar que la simulación realizada en el chasis esta correcta se obtiene una gráfica de convergencia como se muestra en la (figura 105) en la cual se observa que en el rango de 200 a 400 interacciones que realiza el software NX la curva tiende a cero por lo cual el método empleado es acertado y los datos obtenidos son válidos.

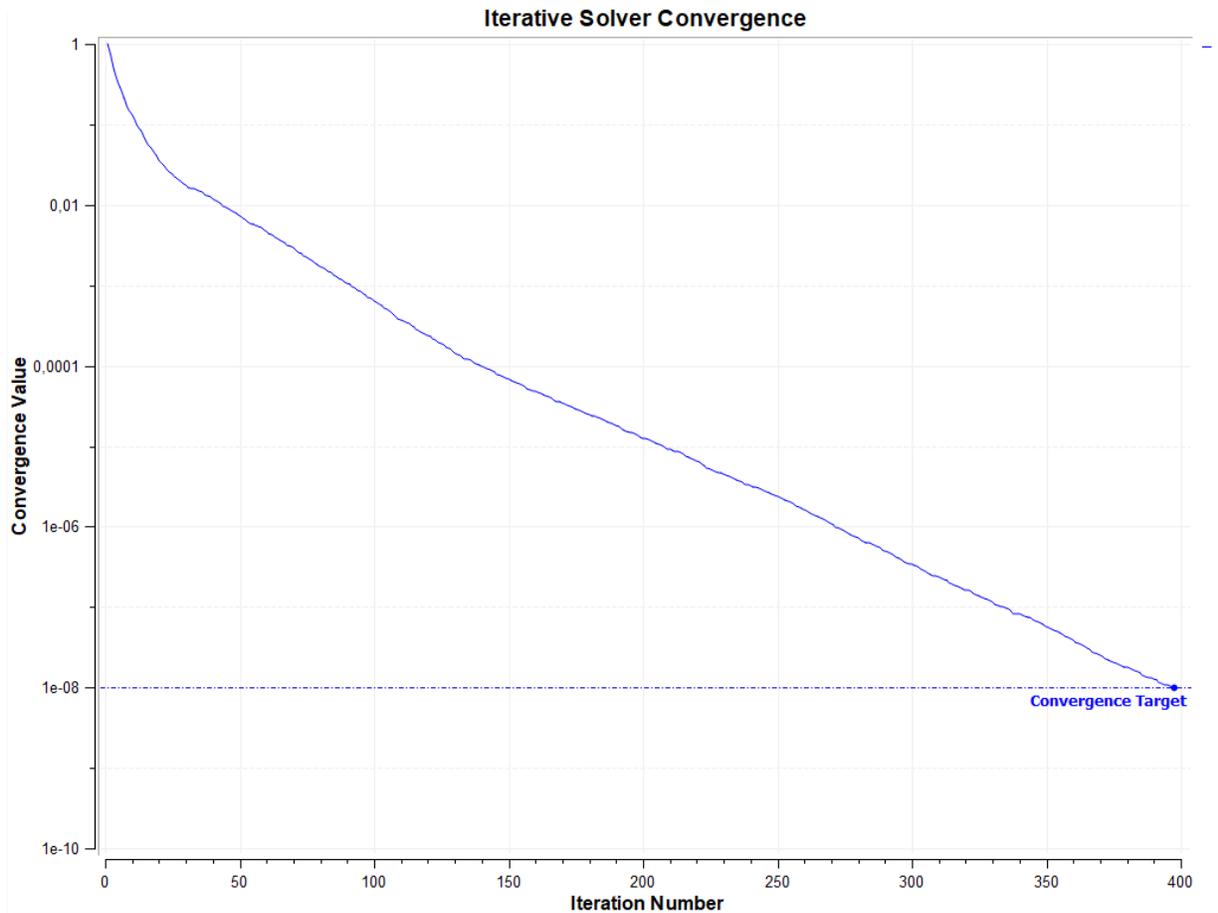


Figura 105. Grafica de Convergencia del Chasis.

Gráfico de convergencia del Basculante

Para demostrar que la simulación realizada en el basculante esta correcta se obtiene una gráfica de convergencia como se muestra en la (figura 106) en la cual se observa que en el rango de 200 a 250 interacciones que realiza el software NX la curva tiende a cero por lo cual el método empleado es acertado y los datos obtenidos son válidos.

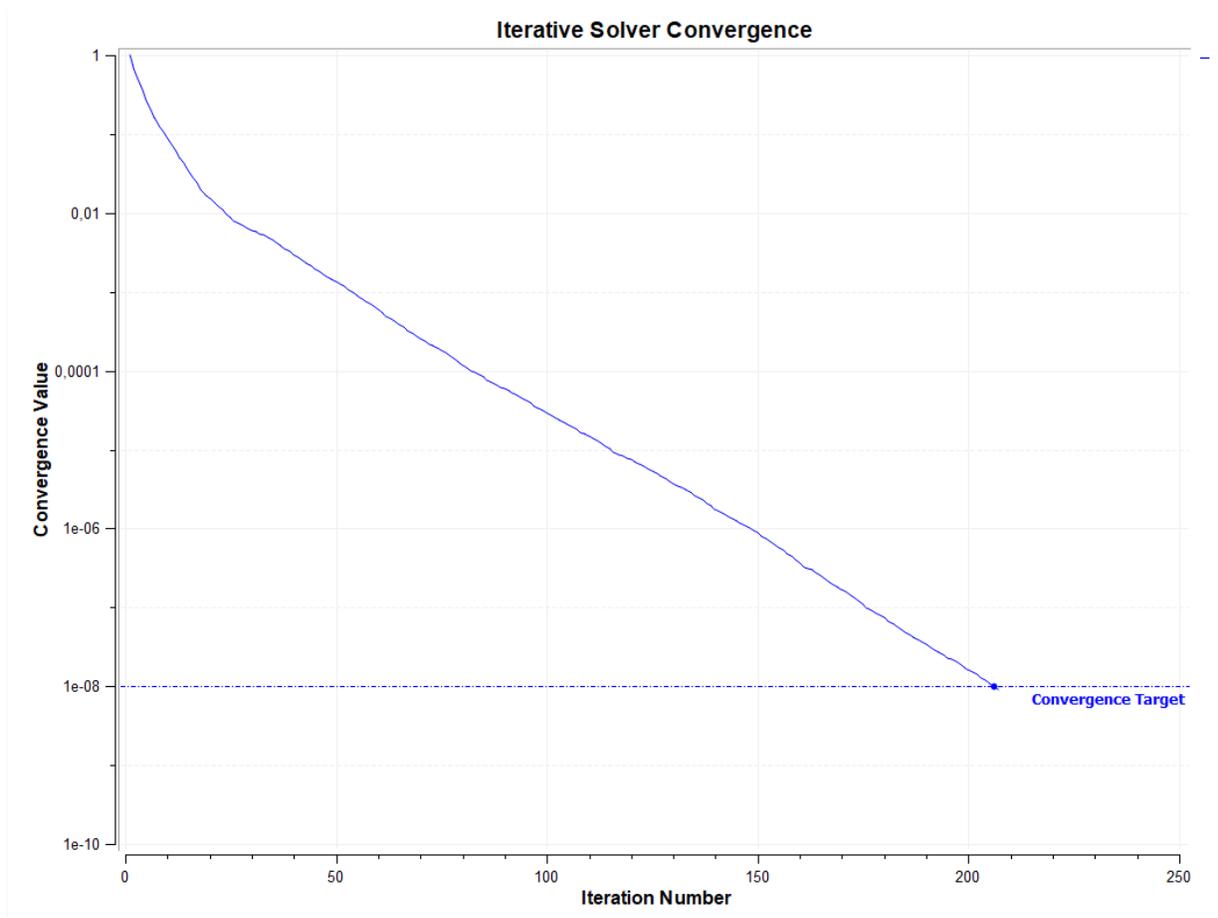


Figura 106. Gráfica de convergencia del Basculante.

Gráfico de convergencia de la Base del Motor

Para demostrar que la simulación realizada sobre la base del motor esta correcta se obtiene una gráfica de convergencia como se muestra en la (figura 107) en la cual se observa que en el rango de 60 a 80 interacciones que realiza el software NX la curva tiende a cero por lo cual el método empleado es acertado y los datos obtenidos son válidos el número de análisis que realiza depende del tamaño y complejidad del elemento.

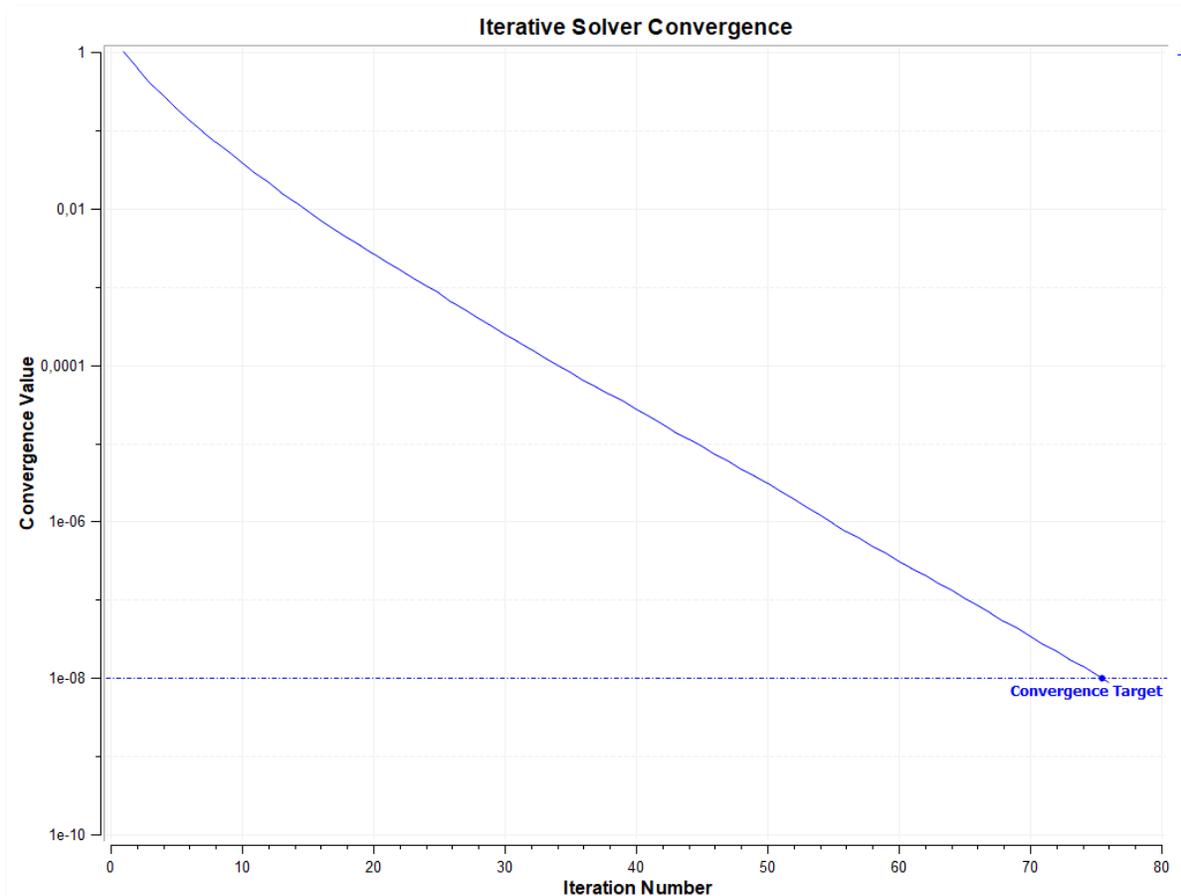


Figura 107. Grafica de convergencia de la base del Motor.

Gráfico de convergencia de las Bases del Controlador

Para demostrar que la simulación realizada sobre las bases del controlador está correctamente, se obtiene una gráfica de convergencia como se muestra en la (figura 108) en la cual se observa que en el rango de 100 a 200 interacciones que realiza el software NX la curva tiende a cero por lo cual el método empleado es acertado y los datos obtenidos son válidos el número de análisis que realiza depende del tamaño y complejidad del elemento.

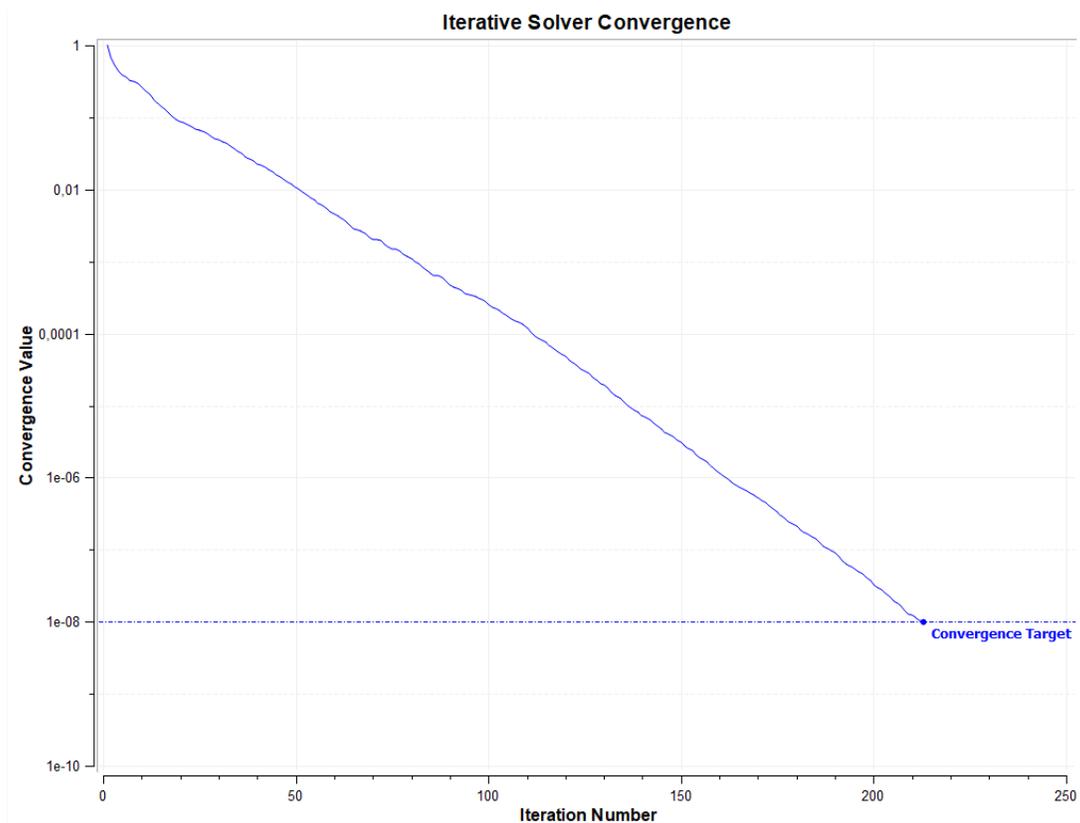


Figura 108. Grafica de convergencia de las bases del controlador.

Gráfico de convergencia de la base del Pack de Baterías

Para demostrar que la simulación realizada sobre la base del pack de baterías está correctamente, se obtiene una gráfica de convergencia como se muestra en la (figura 109) en la cual se observa que en el rango de 100 a 130 interacciones que realiza el software NX la curva tiende a cero por lo cual el método empleado es acertado y los datos obtenidos son válidos el número de análisis que realiza depende del tamaño y complejidad del elemento.

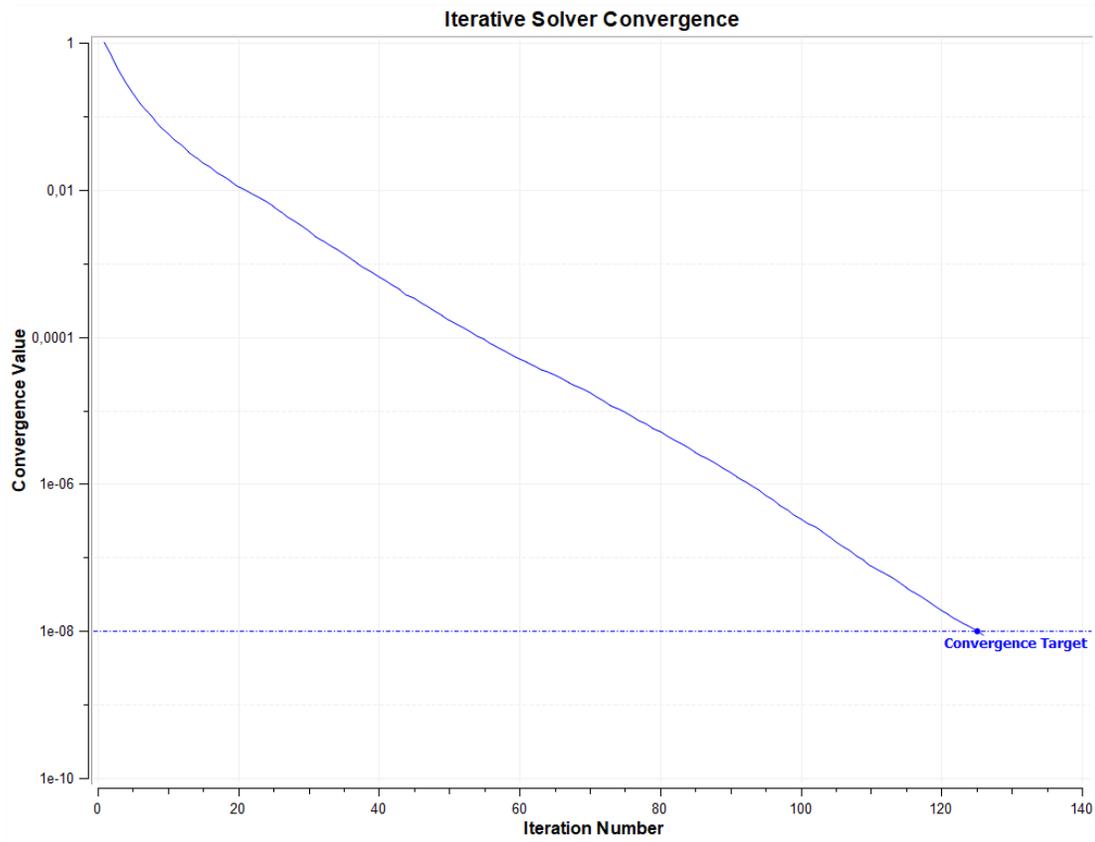


Figura 109. Grafica de convergencia de la base del Pack de Baterías.

Análisis financiero de la Moto eléctrica

Esta investigación fue planteada para cumplir un objetivo, que este tipo de estructuras puedan ser fabricadas de forma local y con mano de obra ecuatoriana para lo cual se ha realizado un análisis financiero inicial completo de todos los requerimientos para tener un proyecto viable y aporte al cambio de matriz productiva del país y reduzca los índices de contaminación previamente expuestos.

Requerimientos Básicos.

En este apartado se debe tomar en cuenta el espacio físico donde es va a constituir la empresa para la construcción de los chasis, así como el numero inicial de empleados con los que se va a contar para el desarrollo de las diferentes funciones de la empresa tanto en el área administrativa como en el área de manufactura.

REQUERIMIENTOS BÁSICOS			
Arriendo local (mensual)	:	700	USD
INFLACION	:	4%	
TASA DE CRECIMIENTO ANUAL	:	10%	
RENTABILIDAD ESPERADA	:	20%	
TASA DE DESCUEENTO	:	16%	
N° SUPERVISORES	:	1	EA
SUELDO SUPERVISOR	:	800	USD
N° MECANICOS x C/100 chasis-mes	:	2	EA
SUELDO MECANICO	:	400	USD
ADMINISTRADOR GENERAL	:	1	EA
SUELDO ADMINISTRADOR	:	800	USD
SECRETARIA	:	1	
SUELDO SECRETARIA	:	380	USD
PRODUCTIVIDAD MES		200	EA

Figura 110. Requerimientos básicos de proyecto.

Costos de mano de obra Administrador.

Como se observa se detalla el costo del Administrador General del negocio, las funciones de este cargo van a permitir lograr la rentabilidad deseada, ya que estará a cargo del buen funcionamiento operativo del negocio.

Costo de la Mano de Obra			
ADMINISTRADOR GENERAL			
	SUELDO:	\$ 800	
	Remuneración básica unificada:	\$ 386	
Ingreso Real		Mensual	Anual
Sueldo		\$ 800	\$ 9.600
Décimatercera Remunerac.	Una remuneración equivalente a la 12ava parte de las remuneraciones que hubiere percibido durante el año calendario	\$ 67	\$ 800
Décimacuarta Remunerac.	Una bonificación anual equivalente a una remuneración básica unificada.	\$ 32	\$ 386
Fondo de Reserva	12ava. Parte de la remuneración mensual percibida en el año.	\$ 67	\$ 800
		\$ 966	\$ 11.586
Costos Adicionales Patronales			
Aporte IESS		11,15%	\$ 89 \$ 1.070
SECAP		0,50%	\$ 4 \$ 48
IECE		0,50%	\$ 4 \$ 48
Vacaciones	24ava. Parte de la remuneración percibida en el año. En caso de que No salga de vacaciones	\$ 33	\$ 400
		\$ 131	\$ 1.566
Costo total por trabajador		\$ 1.096	\$ 13.152
Participación Utilidades	Este valor estará en función de los resultados que la Cía. Ltda., obtenga al término del año fiscal y no podrá ser superior a 2 veces la remuneración mensual del trabajador, es decir US\$ 1,500.00		

Figura 111. Cuadro del Administrador general.

Costos de mano de obra Mecánico.

Como se observa se detalla el costo del trabajador con el cargo de Mecánico. Las funciones de este cargo van a ser esenciales para el giro de negocio por lo que son de mucha importancia en nuestro análisis económico y operacional.

En el cuadro adjunto se visualiza cuanto llega a costar la mano de obra del trabajador acorde al mercado y al presupuesto asignado en el proyecto.

Va a ser necesaria la contratación de dos personas que cubran este cargo para cumplir con las necesidades del mercado.

Costo de la Mano de Obra			
MECANICO			
	SUELDO:	\$ 400	
	Remuneración básica unificada:	\$ 386	
Ingreso Real		Mensual	Anual
Sueldo		\$ 400	\$ 4.800
Décimatercera Remunerac.	Una remuneración equivalente a la 12 ava parte de las remuneraciones que hubiere percibido durante el año calendario	\$ 33	\$ 400
Décimacuarta Remunerac.	Una bonificación anual equivalente a una remuneración básica unificada.	\$ 32	\$ 386
Fondo de Reserva	12 ava. Parte de la remuneración mensual percibida en el año.	\$ 33	\$ 400
		\$ 499	\$ 5.986
Costos Adicionales Patronales			
Aporte IESS		11,15%	\$ 45 \$ 535
SECAP		0,50%	\$ 2 \$ 24
IECE		0,50%	\$ 2 \$ 24
Vacaciones	24 ava. Parte de la remuneración percibida en el año. En caso de que No salga de vacaciones	\$ 17	\$ 200
		\$ 65	\$ 783
Costo total por mecánico		\$ 564	\$ 6.769
Participación Utilidades	Este valor estará en función de los resultados que la Cía. Ltda., obtenga al término del año fiscal y no podrá ser superior a 2 veces la remuneración mensual del trabajador, es decir US\$ 1,500.00		

Figura 112. Cuadro del Mecánico.

Costos de mano de obra secretaria.

Como se puede observar se detalla el costo del trabajador con el cargo de secretaria. Las funciones de este cargo van a ser administrativas, lo que va a ayudar a cumplir con los requerimientos establecidos por el gobierno y la organización y control de lineamientos.

En el cuadro adjunto podemos visualizar cuanto llega a costar la mano de obra del trabajador acorde al mercado y al presupuesto asignado en el proyecto.

Costo de la Mano de Obra			
SECRETARIA			
	SUELDO:	\$ 380	
	Remuneración básica unificada:	\$ 386	
Ingreso Real		Mensual	Anual
Sueldo		\$ 380	\$ 4.560
Décimatercera Remunerac.	Una remuneración equivalente a la 12ava parte de las remuneraciones que hubiere percibido durante el año calendario	\$ 32	\$ 380
Décimacuarta Remunerac.	Una bonificación anual equivalente a una remuneración básica unificada.	\$ 32	\$ 386
Fondo de Reserva	12ava. Parte de la remuneración mensual percibida en el año.	\$ 32	\$ 380
		\$ 476	\$ 5.706
Costos Adicionales Patronales			
Aporte IESS	11,15%	\$ 42	\$ 508
SECAP	0,50%	\$ 2	\$ 23
IECE	0,50%	\$ 2	\$ 23
Vacaciones	24ava. Parte de la remuneración percibida en el año. En caso de que No salga de vacaciones	\$ 16	\$ 190
		\$ 62	\$ 744
Costo total por secretaria		\$ 538	\$ 6.450
Participación Utilidades	Este valor estará en función de los resultados que la Cía. Ltda., obtenga al término del año fiscal y no podrá ser superior a 2 veces la remuneración mensual del trabajador, es decir US\$ 1,500.00		

Figura 113. Cuadro de la secretaria.

Costos de mano de obra Supervisor.

Como se puede observar en la (figura 114) se detalla el costo del trabajador con el cargo de Supervisor. Las funciones de este cargo van a ser operativas, lo que va a ayudar a cumplir con los objetivos económicos del proyecto mediante asignación de metas y manejo de personal. En el cuadro adjunto podemos visualizar cuanto llega a costar la mano de obra del trabajador acorde al mercado y al presupuesto asignado en el proyecto.

Costo de la Mano de Obra			
SUPERVISOR			
	SUELDO:	\$ 800	
	Remuneración básica unificada:	\$ 386	
Ingreso Real		Mensual	Anual
Sueldo		\$ 800	\$ 9.600
Décimatercera Remunerac.	Una remuneración equivalente a la 12ava parte de las remuneraciones que hubiere percibido durante el año calendario	\$ 67	\$ 800
Décimacuarta Remunerac.	Una bonificación anual equivalente a una remuneración básica unificada.	\$ 32	\$ 386
Fondo de Reserva	12ava. Parte de la remuneración mensual percibida en el año.	\$ 67	\$ 800
		\$ 966	\$ 11.586
Costos Adicionales Patronales			
Aporte IESS	11,15%	\$ 89	\$ 1.070
SECAP	0,50%	\$ 4	\$ 48
IECE	0,50%	\$ 4	\$ 48
Vacaciones	24ava. Parte de la remuneración percibida en el año. En caso de que No salga de vacaciones	\$ 33	\$ 400
		\$ 131	\$ 1.566
Costo total por Auxiliar de vuelo		\$ 1.096	\$ 13.152
Participación Utilidades	Este valor estará en función de los resultados que la Cía. Ltda., obtenga al término del año fiscal y no podrá ser superior a 2 veces la remuneración mensual del trabajador, es decir US\$ 1,500.00		

Figura 114. Mano de obra del Supervisor.

Costos Fijos.

Como se puede observar en la (figura 115) se detalla los costos fijos los cuales no dependen del volumen de producción, están constantemente dentro del proyecto cada mes.

Por eso es importante detallarlos adecuadamente para partir de aquello y lograr la rentabilidad después de todos los costos necesarios en el proyecto.

Posteriormente toda esta información de costos y gastos será incluida en los flujos para el análisis de los indicadores financieros y así determinar si el proyecto es o no factible.

COSTOS FIJOS		
Rubro	Costos mes	Costos año
Arriendo infraestructura	\$ 700	\$ 8.400
servicios basicos		
electricidad	\$ 300	\$ 3.600
Internet	\$ 80	\$ 960
Telefono	\$ 100	\$ 1.200
Agua	\$ 60	\$ 720
Gastos de representación	\$ 50	\$ 600
Insumos administracion	\$ 50	\$ 600
Informatica y web	\$ 20	\$ 240
Mantto. Infraestructura	\$ 100	\$ 1.200
Biblioteca	\$ 50	\$ 600
Limpieza	\$ 100	\$ 1.200
Movilización	\$ 50	\$ 600
Publicidad y mercadeo	\$ 100	\$ 1.200
TOTAL	\$ 1.760	\$ 21.120
N° CHASIS/ AÑO		\$ 2.400
Costos x CHASIS (costos fijos)		\$ 9

Figura 115. Costos Fijos.

Costos Totales de Producción.

Como se puede observar en la (figura 117) se detalla los costos de producción los mismos que pueden ser directos e indirectos al proceso de producción. Como podemos observar no todos son parte del proceso de producción, pero terminan siendo parte del proceso final.

Por eso es importante detallarlos adecuadamente para partir de aquello y lograr la rentabilidad después de todos los costos necesarios en el proyecto.

Posteriormente toda esta información de costos y gastos será incluida en los flujos para el análisis de los indicadores financieros y así determinar si el proyecto es o no factible.

COSTOS DE PRODUCCION			
Rubro	Por chasis	Por año	%
Sueldos	\$ 16	\$ 39.524	43%
Entrenamiento	\$ 0,42	\$ 1.000	1%
Costos variables	\$ 13	\$ 31.200	34%
Costos fijos	\$ 9	\$ 21.120	23%
COSTOS TOTALES	\$ 39	\$ 92.844	100%

Figura 116. Costos de Producción.

COSTOS HUNDIDOS		
Línea	Item	Costo
ADMINISTRATIVOS	Computadores /impr	\$ 1.500,00
	Mueblería	\$ 1.500,00
	Telefonos	\$ 300,00
	otros	\$ 500,00
OPERATIVOS	Herramientas	\$ 2.000,00
	Equipos	\$ 3.000,00
CERTIFICACIÓN	ProcesoS LEGALES	\$ 3.000,00
TOTAL INVERSION INICIAL		\$ 11.800,00
Capital de trabajo		\$ 7.800,00

Figura 117. Costos Hundidos.

Análisis de Flujo.

Se concluyó que el proyecto es factible mediante los indicadores que ayudan a medir el costo beneficio, como se puede observar en la (figura 119) el resultado del Valor Actual Neto es positivo, fue necesario traer los flujos a valor futuro ya que se ha restado la inversión desde el primer período y después de obtener la rentabilidad deseada del proyecto que en este caso es del 20% tenemos un excedente y gracias a esto se determina que el VAN es de 97.712, las tasa interna de retorno ayuda a medir dicha rentabilidad en porcentaje para esta investigación es del 69% y cabe señalar que la recuperación de la inversión ocurre en el mes 25 lo es aceptable y óptimo.

	AÑOS											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Inversión	19.600											
INGRESOS												
Operativos		111.413	127.456	145.810	166.807	190.827	218.306	249.742	285.705	326.846	373.912	
Otros ingresos (si los hubiere)			0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Total de ingresos		111.413	127.456	145.810	166.807	190.827	218.306	249.742	285.705	326.846	373.912	
GASTOS												
Sueldos		39.524	45.216	51.727	59.175	67.696	77.445	88.597	101.355	115.950	132.646	
Entrenamiento		1.000	1.144	1.309	1.497	1.713	1.959	2.242	2.564	2.934	3.356	
Costos variables		31.200	35.693	40.833	46.712	53.439	61.134	69.938	80.009	91.530	104.710	
Costos fijos		21.120	21.965	22.843	23.757	24.707	25.696	26.724	27.792	28.904	30.060	
Financieros		6.374	6.374	6.374	6.374	6.374						
Total de gastos		99.218	110.391	123.085	137.516	153.930	166.234	187.499	211.720	239.317	270.773	
UAI		12.195	17.065	22.725	29.291	36.897	52.072	62.242	73.985	87.529	103.139	
Impuestos		3.049	4.266	5.681	7.323	9.224	13.018	15.561	18.496	21.882	25.785	
UDII		9.146	12.799	17.043	21.968	27.673	39.054	46.682	55.488	65.647	77.354	
Distribucion utilidades		1.372	1.920	2.557	3.295	4.151	5.858	7.002	8.323	9.847	11.603	
FLUJO	-19.600	7.774	10.879	14.487	18.673	23.522	33.196	39.680	47.165	55.800	65.751	

Figura 118. Análisis de Flujo.

VAN	97.608
TIR	68%
Recuperacion inversion:	25 meses

Figura 119. VAN Y TIR.

Discusión de Resultados

Discusión cuantitativa de los esfuerzos producidos en el chasis

Con el programa STATGRAPHICS se analizará cada uno de los esfuerzos producidos en el chasis con tres diferentes tipos de materiales donde observaremos el esfuerzo máximo y mínimos que se producen con cada uno de ellos y ver las gráficas de dispersión y obtener un promedio de los esfuerzos producidos, según las fuerzas aplicadas en cada uno de los diferentes tipos de materiales (figura 120). Tabla 16 datos de esfuerzos

Tabla 16.

Datos de esfuerzos con los diferentes materiales

Niveles	ASTM A36 (MPa)	ASTM A500(MPa)	Acero Inoxidable(MPa)
1	250	300	210
2	121	131	142
3	114	110	128
4	105	100	112
5	88	80	89
6	54	65	59
7	22	24	29
8	7	9	13
9	0	0	0

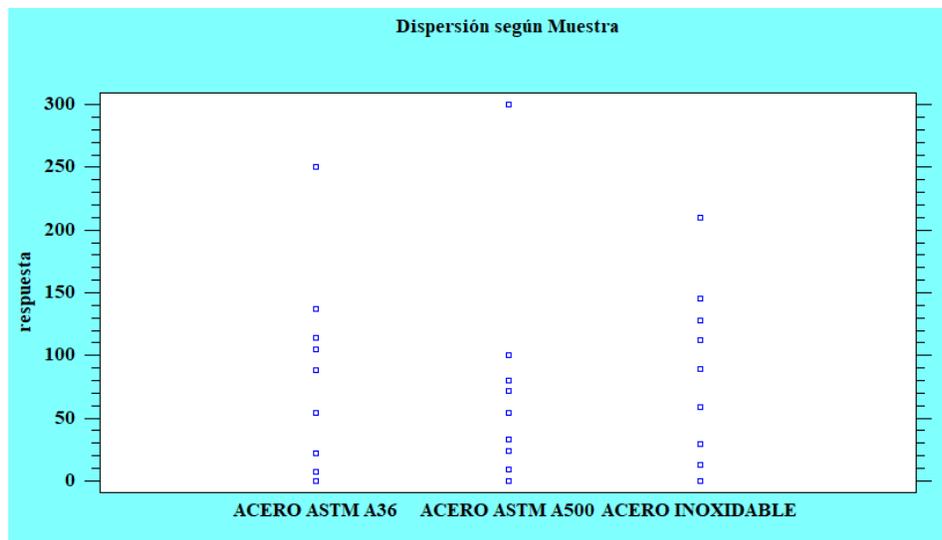


Figura 120. Gráfico de dispersión de los materiales.

Comparación de muestras

A continuación, se analizarán las muestras según los esfuerzos máximos presentados en cada material.

Muestra 1: ACERO1 (A36)

Muestra 2: ACERO2 (A500)

Muestra 3: ACERO3 (INOXIDABLE)

Muestra 1: 9 valores en el rango de 0 a 250,0

Muestra 2: 9 valores en el rango de 0 a 300,0

Muestra 3: 9 valores en el rango de 0 a 210,0

Este procedimiento compara los datos en 3 columnas de datos actual. Realiza varias pruebas estadísticas y gráficas para comparar las muestras de los diferentes aceros empleados para ver cual tiene una mejor media.

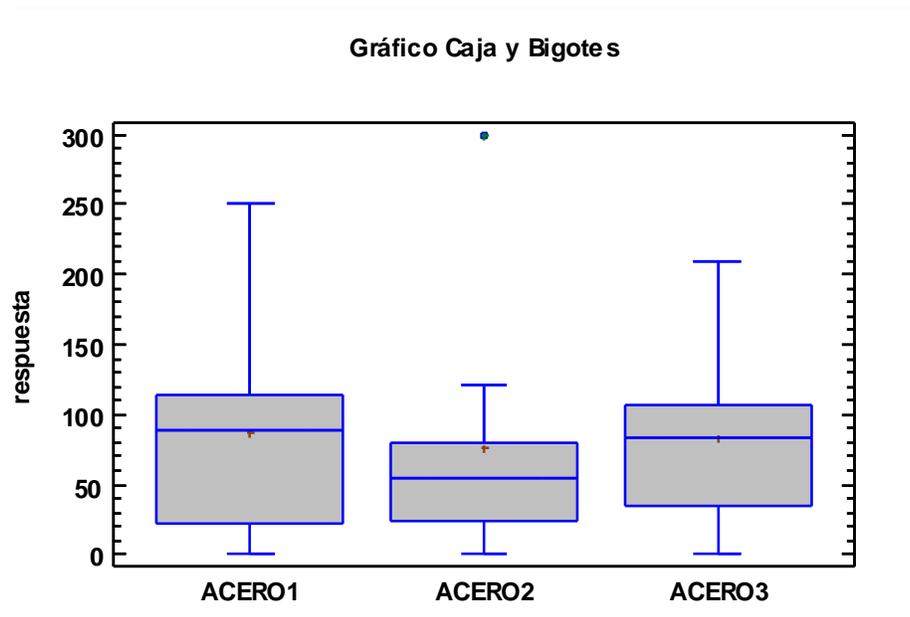


Figura 121. Gráfico de caja y bigotes de los materiales.

Una vez realizado el análisis la tendencia se sigue manteniendo en que el Acero 36 tiene un mejor comportamiento y sigue cumpliendo su cometido dentro de los parámetros planteados de esfuerzo máximo y desplazamiento previamente expuestos (figura 121).

Discusión de Materiales

Una vez realizó las respectivas simulaciones del chasis y validadas matemáticamente mediante el cálculo matemático del factor de seguridad, se obtiene la siguiente tabla comparativa de resultados finales entre los tres materiales propuestos para la estructura donde se visualiza el esfuerzo máximo, desplazamiento y factor de seguridad. Tabla 17 resultados obtenidos del chasis

Tabla 17.

Resultados obtenidos del Chasis

Datos	Acero ASTM A36	Acero ASTM A500	Acero Inoxidable
Esfuerzo Max.	121.48 MPa	131.01 MPa	142.92 MPa
desplazamiento	0.291mm	0.314 mm	0.342 mm
Factor de seguridad	2	2.13	1.44

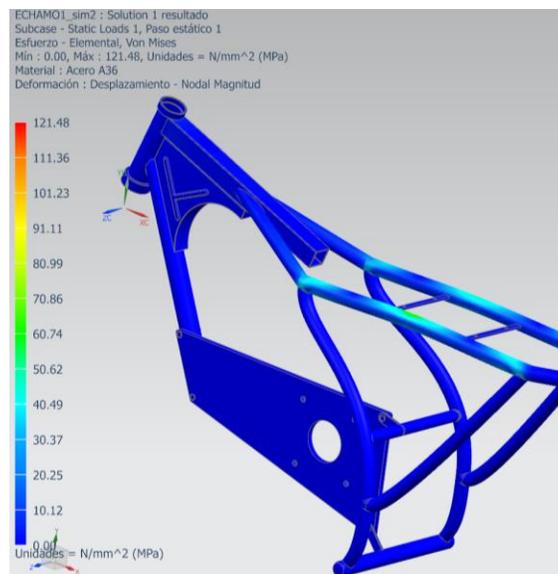


Figura 122. Esfuerzo máximo ASTM A36.

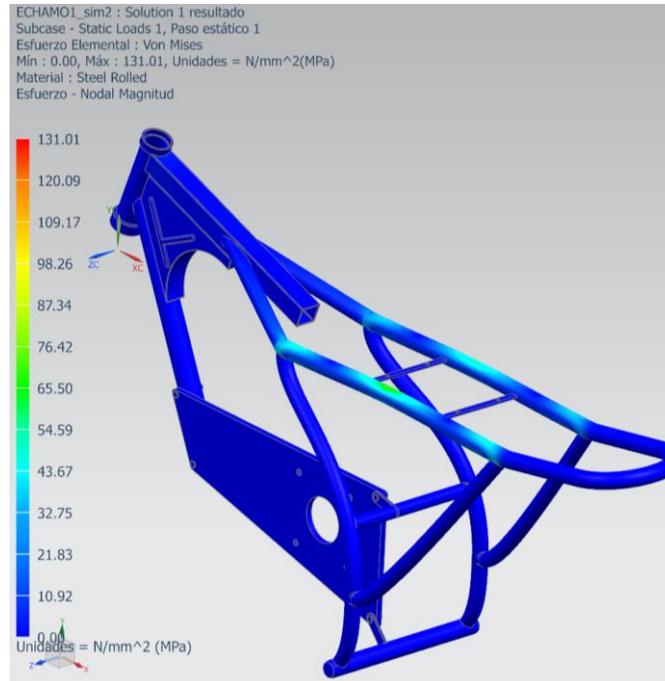


Figura 123. Esfuerzo máximo ASTM A500.

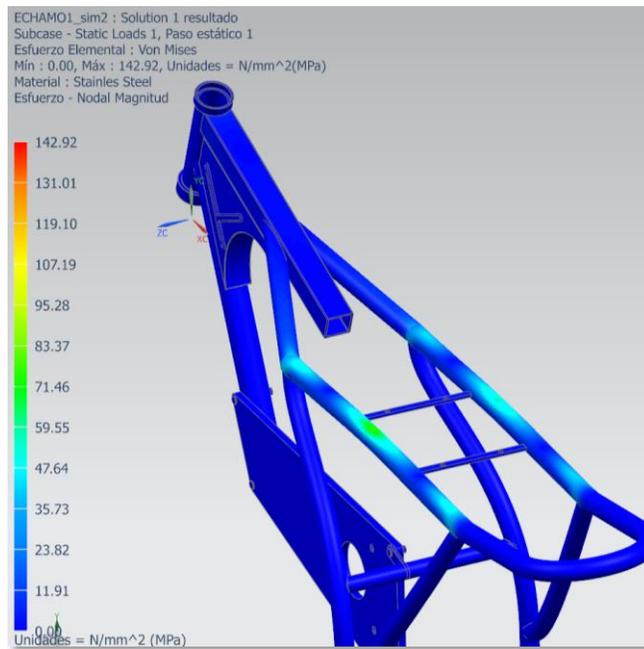


Figura 124. Esfuerzo máximo Acero Inoxidable.

El material que fue seleccionado para este proyecto a través de matrices de calidad en las cuales por calidad resistencia y precios, la perfilería de acero ASTM A36 era la mejor opción, dichos datos se verificaron con el proceso de simulación mecánica al tener una menor deformación. A continuación, se presenta las especificaciones técnicas del perfil seleccionado (Tabla 18) de la empresa IPAC a comparación de (Larrauri A. , 2012) y su respectiva elección de material.

Tabla 18

Perfil mecánico redondo ASTM A36

Especificaciones	Datos
Largo nominal	6m
Recubrimiento	negro
Norma	ASTM A366
Norma de fabricación	INEN 2415
Espesor	2 mm
Diámetro	25.40mm
Peso	1.15kg/m
Precio	6.80\$/u
Unidades	3
Límite elástico	250 MPa
Resistencia a la tracción	400 MPa

Fuente: IPAC

Que su chasis de la motocicleta está realizado en un acero corriente SAE 1010 laminado en frío ya que este material puede cumplir los requerimientos de esfuerzo máximo y desplazamiento en este tipo de motocicletas. Las propiedades del material elegidas en su investigación son las siguientes (Larrauri A. , 2012). Tabla 19 propiedades del acero SAE 1010

Tabla 19.

Propiedades del Acero SAE 1010

Propiedades	Valor	Unidades
Módulo de Young	$2 \cdot 10^{11}$	Pa
Poisson Ratio	0.266	
Densidad	7860	kg/m ³
Expansión térmica	$1.17 \cdot 10^{-5}$	kgdeg
Límite elástico	303	MPa
Resistencia máxima	365	MPa

La diferencia entre los materiales anteriormente expuestos data básicamente en la resistencia máxima y su límite de elasticidad máximo los cuales varían por las configuraciones y necesidades requeridas de los chasis en los diferentes proyectos, pero que, en los datos de simulación ambos cumplen con los requerimientos de esfuerzos.

Discusión del esfuerzo máximo en el Chasis

En la simulación planteada y realizada en el software NX para esta investigación se aplicó una carga de 1000N correspondientes a los pesos del piloto, motor y pack de Baterías empleando el material ATSM A 36, obteniendo así un esfuerzo máximo de 121.48 MPa y un factor de seguridad antes calculado de 1.8 (figura 125), estudios en Colombia de tendencias parecidas de un chasis para moto eléctrica (Noriega & Pantoja, 2014) dieron los siguientes resultados mediante el análisis de elementos finitos en la simulación estática del software SolidWorks, empleando un modelo isotrópico elástico lineal, para ello, se aplica una fuerza de 2.040 N en los puntos críticos (asiento y apoyos del motor y las baterías), el límite de fluencia del material acero estructural 1035 (S185) es de 175 MPa, como resultado, se obtiene que el esfuerzo máximo que soporta el chasis es de 60,7 MPa, es decir que su factor de seguridad es de 2.8 y no supera la fuerza requerida para deformarse (Gómez, 2008). En la (figura 126) se aprecia el análisis de esfuerzos que se obtuvo para la moto eléctrica (Noriega & Pantoja, 2014).

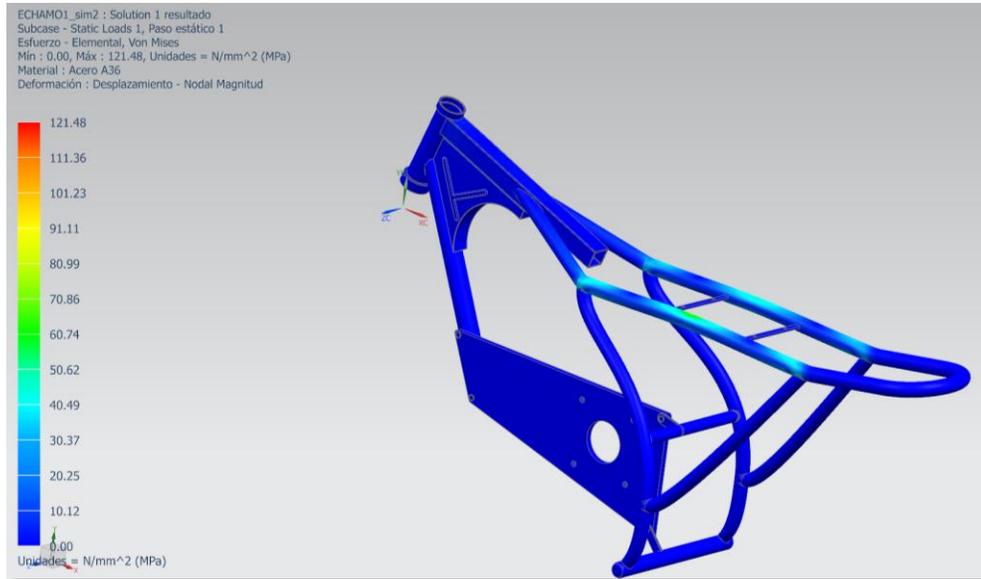


Figura 125. Resultados del Chasis propuesto.

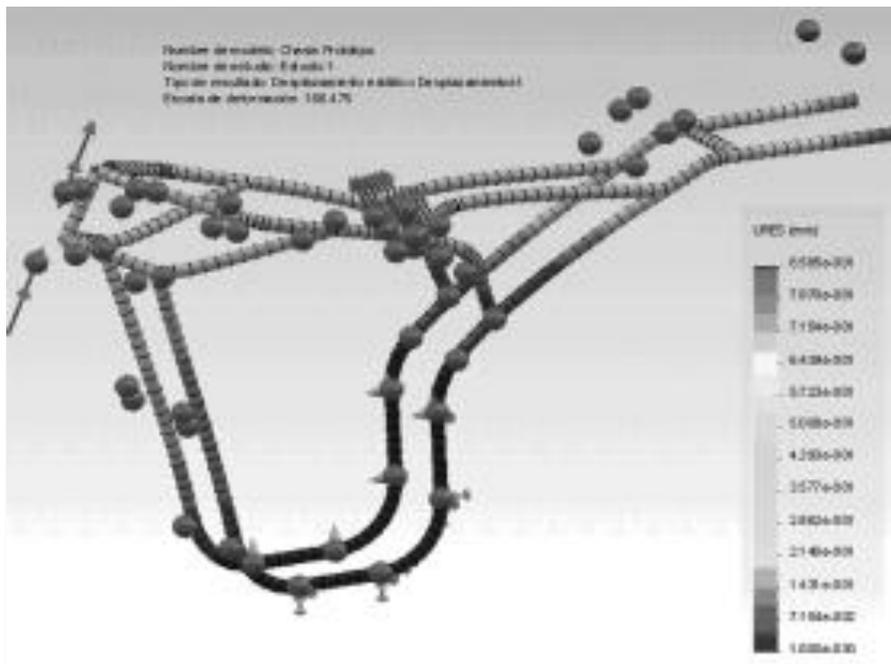


Figura 126. Esfuerzos obtenidos del chasis. (Noriega & Pantoja, 2014).

Discusión del rango de desplazamiento en el Chasis

De igual forma en un estudio realizado en Pamplona – España realizador por (Larrauri A. , 2012) se observa que el rango de desplazamiento del chasis al aplicar una carga de 1922.74N es de 0.468 mm, (figura 127) denotando que en la parte posterior es donde se produce un mayor desplazamiento en la estructura.

Mientras que para la investigación planteada se aplica una fuerza de 1000N lo cual arroja un desplazamiento casi similar de 0.291 mm produciéndose mayor desplazamiento en la parte central del chasis (figura 128) comprobando así que se mantiene dentro de los parámetros en los resultados de desplazamientos con la investigación anterior.

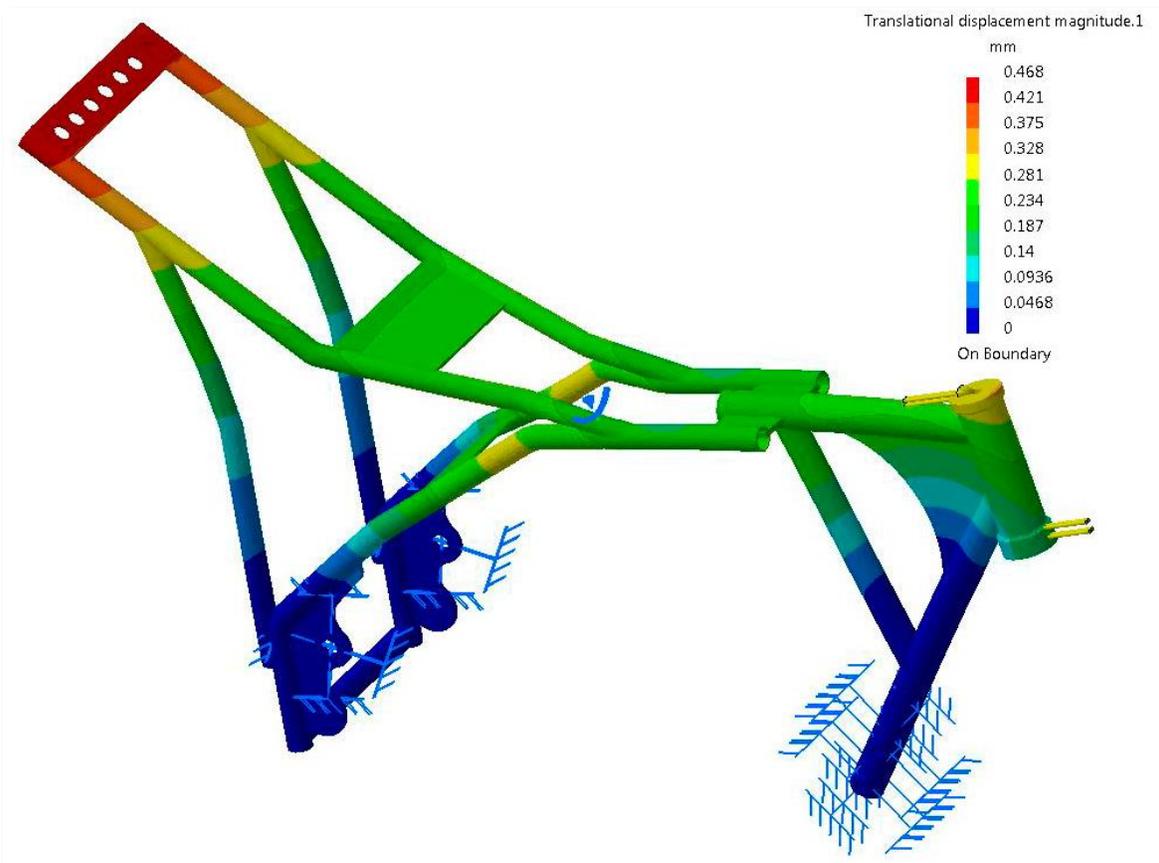


Figura 127. Rango de desplazamiento. (Larrauri A. , 2012).

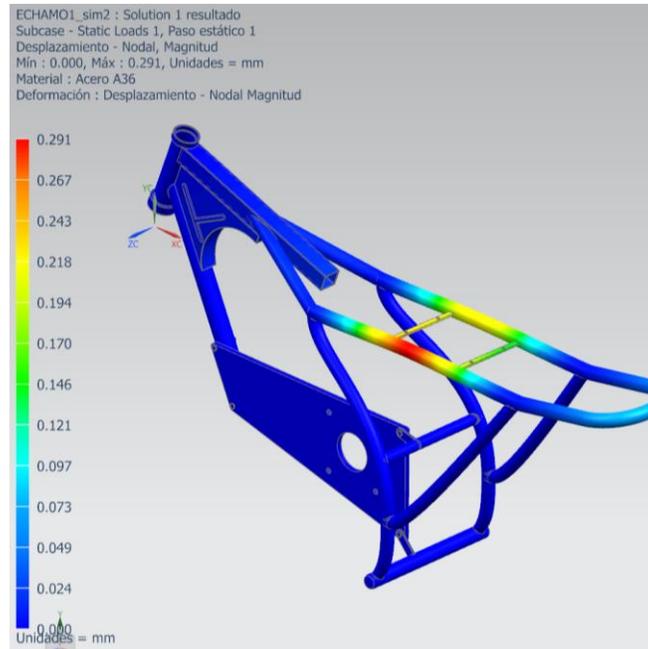


Figura 128. Rango de desplazamiento del chasis.

Discusión de chasis

En una investigación anterior realizada por (Valencia, 2018) se realizó un prototipo de chasis para un motor eléctrico HPM-5000 y un controlador VEC300 con un peso de la estructura de 30kg lo cual oponía una resistencia al motor para la transmisión de movimiento (figura 129).



Figura 129. Prototipo Anterior (Valencia, 2018).

Mientras que en la investigación planteada por el tipo de chasis simple abierto y el tipo de material seleccionado para la estructura se logró reducir el peso de la estructura a 12.5 kg ocupando el mismo motor y controlador del proyecto previo logrando así optimizar la carga que recibía el motor para la transmisión de potencia (figura 130).



Figura 130. Prototipo Actual.

Como se puede observar en la figura 87 el resultado de la simulación del factor de seguridad da un valor aproximado de 1.78, para validar con el resultado obtenido matemáticamente de 2 como FDs se procede a calcular el porcentaje de error entre el valor obtenido en la simulación y el valor obtenido en el cálculo con la siguiente: Ecuación 25 (Shigley, 2008).

$$\%error = \frac{\text{valor calculado} - \text{valor simulado}}{\text{valor calculado}} * 100 \quad (25)$$

Se tiene entonces que:

$$\%error = \frac{2 - 1.78}{2} * 100$$

$$\%error = 11\%$$

La teoría dice que en diseño de elementos mecánicos el valor del porcentaje de error no debe exceder el 20%, para corroborar la fiabilidad de la estructura, en este caso se tiene un porcentaje de 11%, ya que el factor de seguridad obtenido es prácticamente igual, por lo tanto, la validación de resultados alcanzó respuestas satisfactorias aprobando así diseño y simulación del Chasis.

En un estudio relacionado por (Remache, 2018) de un chasis alcanza un valor de factor de seguridad de 2.31 lo que demuestra un porcentaje del 7 % de error en el cálculo y se encuentra dentro de la tolerancia de error de diseño, por lo que la tendencia se mantiene para este tipo de investigaciones.

Conclusiones

- Se demostró que el chasis simulado y fabricado con el Acero A36 cumple con los objetivos de reducir el peso mejorar su estética y cumplir con los parámetros de resistencia ya que el límite elástico del A36 es de 250 MPa y el esfuerzo máximo obtenido en la simulación es de 121.48 MPa manteniéndose dentro de los parámetros de seguridad.
- Se determinó que el Acero ASTM A36 es el material con mejores características de las tres propuestas presentadas por su factor de seguridad de 1.8 ya que así se llega a determinar que la moto eléctrica soportara mayores cargas a las propuestas en este proyecto.
- Se determinó que el Acero ASTM A36 es el material con mejores características de las tres propuestas presentadas por costo de fabricación de 39\$ lo cual reduce su precio de elaboración y permitirá que se desarrolle este tipo de chasis en el mercado local.
- Se determinó que introduciendo al mercado 100 unidades de motos eléctricas al mes reemplazando a las de combustión se obtendrá una reducción de 0.216 TON de CO y 0.004 TON de HC.
- Se demostró que este tipo de proyectos aportan al cambio de matriz productiva ya que no producen contaminación y ningún tipo de emisiones de CO₂ ya que su fuente de almacenamiento y de transmisión es eléctrica.
- Se logro obtener una reducción del peso del chasis en un 40% con respecto a una investigación planteada previamente a fin de mejorar la autonomía tanto de las baterías como la del motor.

- Se determinó que este tipo de proyectos son viables en el Ecuador para una mayor producción de este tipo de motos eléctricas ya que tanto el VAN y el TIR son positivos y la recuperación del capital invertido es de aproximadamente de dos años lo cual es aceptable para este tipo de propuesta de motos.

Recomendaciones

- Se recomienda que, debido a las bondades del uso de este tipo de vehículos, en el Ecuador es necesario desarrollar proyectos de ley para la promoción e implementación de modos de transporte que incorporen tecnología de tracción eléctrica. Sin embargo, los costos de importación se mantienen elevados.
- Se recomienda que para el diseño de la motocicleta eléctrica se inicie con la identificación de las necesidades y de las características deseables por el usuario, las cuales determinan la viabilidad del proyecto.
- Se debería fomentar a los estudiantes de la Universidad SEK, sobre las nuevas formas de energías renovables en el campo automotriz, dado que este tipo de motos eléctricas requieren un menor mantenimiento requieren de menos partes móviles y por ende no requieren cambios de aceite ni generan emisiones al medio ambiente.
- Para aumentar tanto la autonomía como la potencia del motor es pertinente que se instale un segundo pack de baterías de similares características con el que cuenta la moto eléctrica.
- Para mejorar el diseño tanto del chasis como de la moto en sí, es importante conocer toma en cuenta forma y dimensiones tanto del pack de baterías como del motor que se van a adaptar en la estructura.

- Para aportar la reducción de emisiones e impulsar una mejora medio ambiental es importante el estudio de proyectos similares que aporten al cambio del consumo de combustibles fósiles por fuentes de energías renovables.

Referencias

- Alarcón. (2006). *Introducción a la física Universitaria*. Trillas.
- ANT. (2016). *Serie Historica de Vehiculos Matriculados*. Obtenido de Agencia Nacional de Transito:
<https://www.ant.gob.ec/>
- Banco Central del Ecuador. (2016). *Cifras del sector Petrolero Ecuatoriano No. 116*. Quito.
http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/rmro/2906019/sem06/QUE_ES_OCTANAJE.pdf
- Bradley. (2012). *BRADLEY, John: The Racing Motorcycle volume I. Inglaterra: Ed. Broadland*.
 INGLATERRA: Broadland.
- Camara de la Industria Automotriz Ecuatoriana. (2017). *Anuario de la Industria Automotriz Ecuatoriana*.
 Quito: CINAIE.
- Cano. (2013). 2013. *Cano, J. A. (2013). Diseño y fabricación de un chasis de una motocicleta de 125cc 2T: Universidad Politécnica de Cartagena*.
- Casajús. (2012). *Casajús, L. (2012). Tipos de chasis de motocicleta. Centro Zaragoza. Gener-Març*.
 zaragoza.
- Delgado. (2015). Delgado, D. (2015). Balance Energético Nacional from Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos. *Delgado, D. (2015). Balance Energético Nacional , from Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos*.
- Dhana Raju, V., Kishore, P. S., Nathagopaln, K., & Ashok, B. (2018). An experimental study on the effect of nanoparticles with novel tamarind seed methyl ester diesel engine applications. *Energy Conversion and Management*, 655-666.
- ECE. (2010). *Sistema COPERT Subcategorías*. Obtenido de Emisia:
emisiam.com/sites/default/files/COPERT4_v7_0.pdf
- Edilberto Antonio, L. C., Juan Carlos, R. H., Paolo, S. A., & Johanna, M. B. (2017). Producción e Impacto del Biodiesel: Una Revisión. *INNOVA Research Journal*, 59-76.

ELCOMERCIO. (10 de JUNIO de 2016). Seis urbes en Ecuador se exceden en contaminación ambiental, según OMS.

EMISA SA. (MAYO de 2017). *COPERT*. Obtenido de COPERT: <http://emisiasa.com/products/copert>
Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

FOALE. (2013). *FOALE, Tony: MOTOCICLETAS. Comportamiento diánico y diseño de chasis*. Madrid:
Tony Foale.

Frey, C., & Eichenberger, D. (1997). *Variability and Uncertainty in On-Board Emissions Estimates of Carbon Monoxide and Hydrocarbons for School and Transit Buses*. North Carolina: Center for Transportation Engineering Studies.

Gamonedá, Y. (2016). *Diseño de un chasis ligero monoviga para una motocicleta offroad (Bachelor's thesis)*. Madrid.

García. (2013). *García García, I. (2013). Diseño y desarrollo de un chasis de una motocicleta de 250cc para la "II Competición Internacional MotoStudent"*.

García Mariaca, A., Cendales Ladino, E. D., & Eslava Sarmiento, A. F. (2016). Motores de Combustión Interna (ICE) Operando con Mezclas de Etanol Gasolina: Revisión. *CIENCIA E INGENIERIA NEOGRANADINA*, 75-96.

García, G. (2013). *Diseño y desarrollo de un chasis de una motocicleta de 250cc "II Competición Internacional MotoStudent"*. Obtenido de repositori upct.es.

Gudmundsson, B. F. (2012). Integration of a Folding Electric two-wheeler vehicle for a future commuting transportation. . In *26th Electric Vehicle Symposium. Electric Drive Transportation Association.*, 13.

<http://www.brammo.com>. (2015). <http://www.brammo.com>.

<http://www.industrias.gob.ec>. (febrero de 2013). <http://www.industrias.gob.ec>. Obtenido de <http://www.industrias.gob.ec>: <http://www.industrias.gob.ec/wp-content/uploads/2015/09/FOMENTO-DE-LA-MIPYMES-ECUATORIANAS.pdf>

<http://www.vectrix.com>. (2016). <http://www.vectrix.com>.

<http://www.zeromotorcycles.com>. (2018). <http://www.zeromotorcycles.com>.

<http://www.planificacion.gob.ec/>. (2017). www.planificacion.gob.ec. Obtenido de

<http://www.planificacion.gob.ec>: http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/01/matriz_productiva_WEBtodo.pdf

IEA. (2013). *IEA Statistics. (2013). Excerpt from: Energy Balances of non-oecd Countries (2015 Edition)*. International Energy Agency, web site: https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WorldTrends_NonOECD_countries2015.pdf. Obtenido de <https://www.iea.org>.

INEC. (2015). *Anuario de Transportes*. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/estudios-e-investigaciones/>

INEN. (2009). *NORMA NTE 2 478:2009*. Obtenido de Servicio Ecuatoriano de Normalizacion : <http://www.normalizacion.gob.ec/>

Larrauri. (2012). *DISEÑO Y ESTUDIO DE MODIFICACIÓN DE CHASIS Y BASCULANTE DE UNA MOTOCICLETA*. Pamplona.

Larrauri, A. (2012). *Diseño y estudio de Modificación de chasis de una motocicleta*. Pamplona: UPNA.

Llanes Cedeño, E. A., Rocha-Hoyos, J., Peralta, D., & Leguisamo, J. (2018). Evaluación de emisiones de gases en un vehículo liviano a gasolina en condiciones de altura. Caso de estudio Quito, Ecuador. *Enforque UTE*, 149-158.

Lopez Teran, J. (2013). *Evaluación del consumo de combustible de vehículos livianos en el Distrito Metropolitano De Quito* (Vol. Master Thesis). Quito: Escuela Politecnica Nacional.

López Teran, J. L. (Octubre de 2013). Evaluación del consumo de combustibles de vehículos livianos en el Distrito Metropolitano de Quito. Quito, Ecuador: Master Thesis EPN.

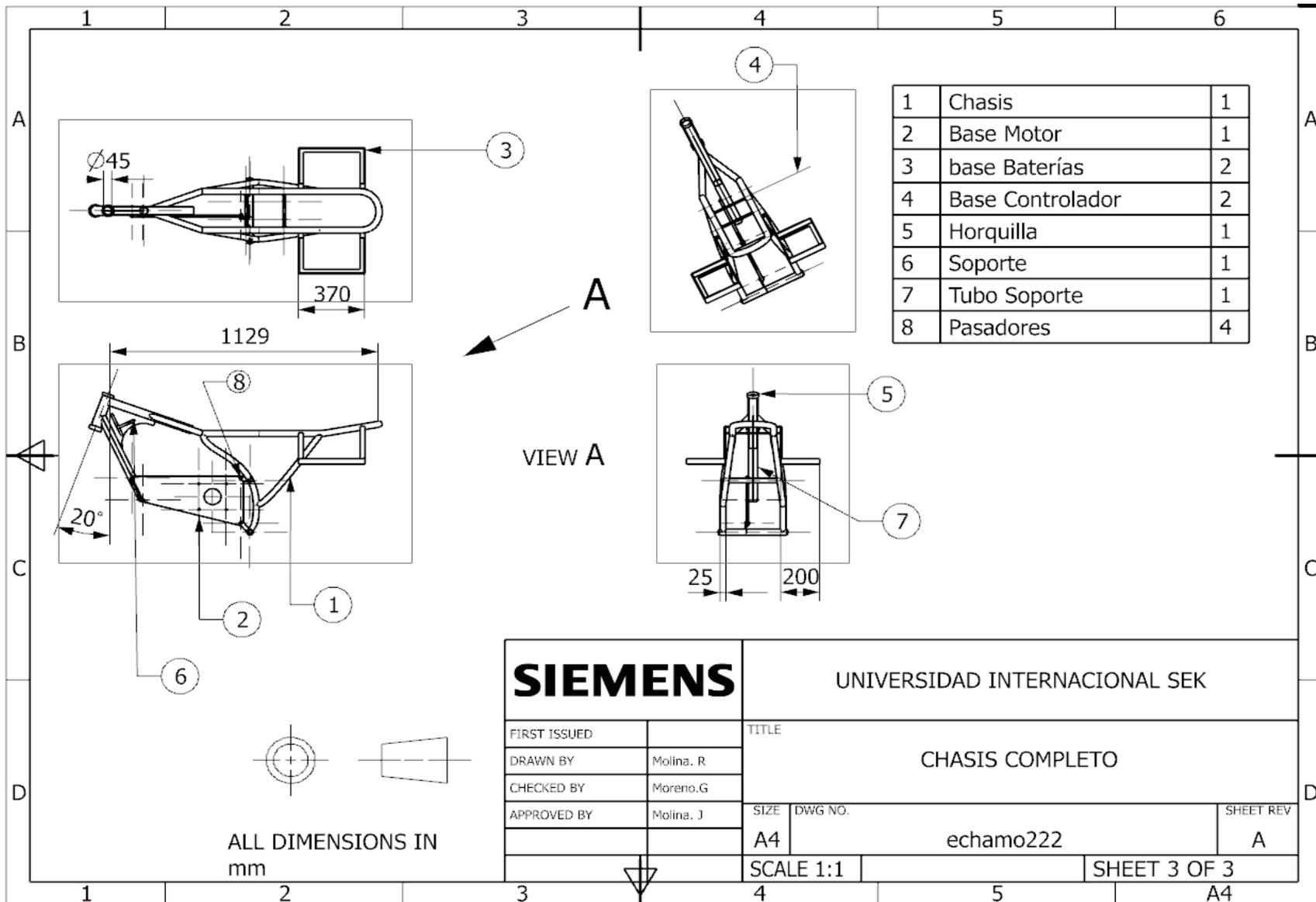
Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos. (2015). *Balance Energético Nacional*. Quito: Sectores Estrategicos.

Motor, Honda. (2015). *Honda Motor. (s. f.). Ficha técnica Honda CBR600RR, Supersport. Recuperado de <http://www.honda-montesa.es/motos/modelo.php?m=CBR600RR&especificaciones=si>*.

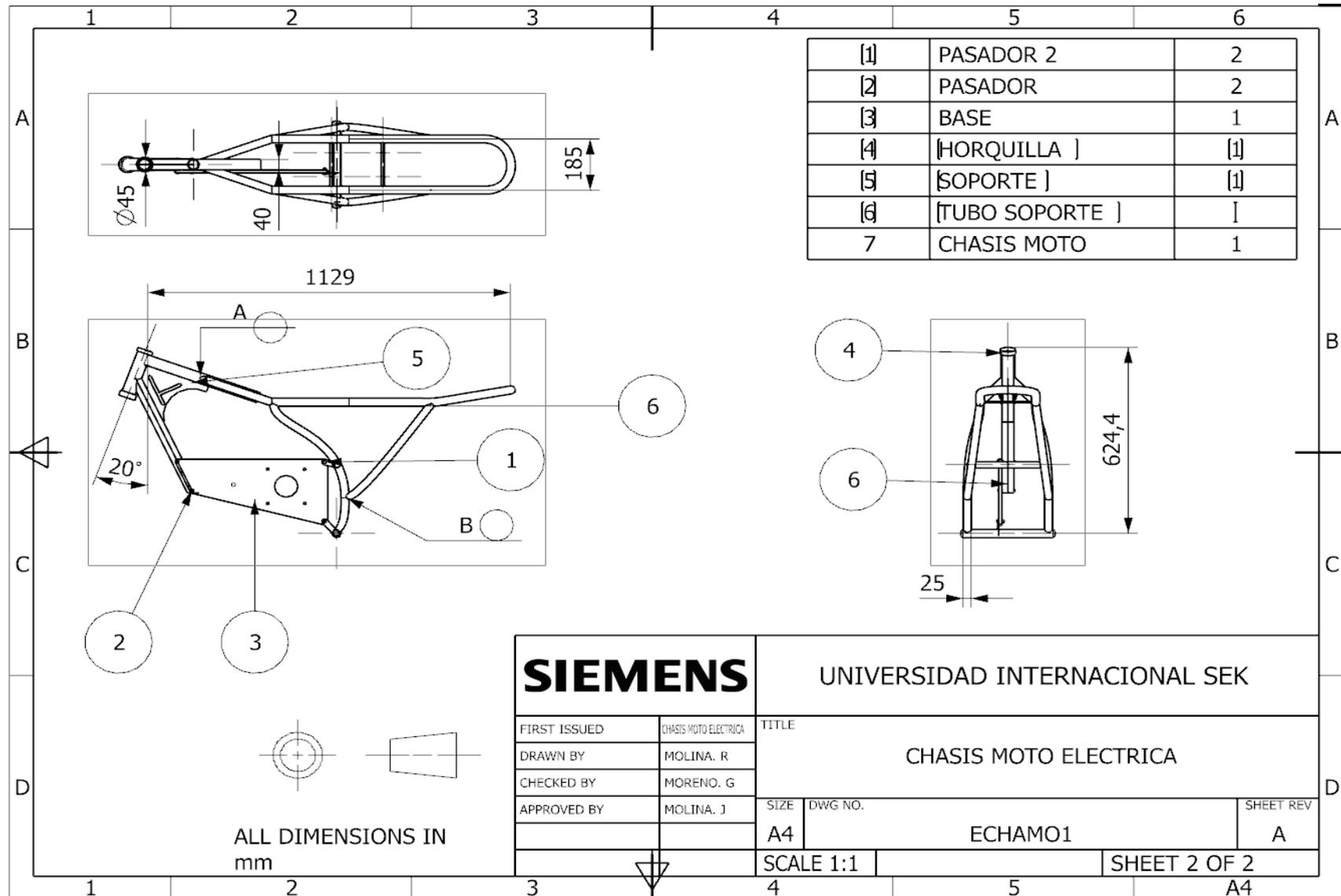
- Obtenido de <http://www.honda-montesa.es/motos/modelo.php?m=CBR600RR&especificaciones=si>.
- Mott. (1996). *Mecánica de fluidos aplicada*. –S. 1.: Pearson Educación.
- Moya, A. &. (2013). *Diseño, adaptación y conversión de una motocicleta de 100*. Obtenido de espe.edu.ec.
- Multimotos. (2018). www.multimotos.es.
- Noriega & Pantoja. (2014). Diseño y construcción de una motocicleta eléctrica: una alternativa para el transporte sostenible. *El Hombre y la Máquina*, (45), 88-97. *Redalyc*, 11.
- Organizacion Mundial de la Salud. (2015). *OMS*. Obtenido de OMS: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>
- Ortiz, A., Romero, J. L., Cueva, I., Jacobo, V., & Schouwenaars, R. (2013). Spark plug failure due to a combination of strong magnetic fields and undesirable fuel additives. *Case Studies in Engineering Failure Analysis*, 1, 67-71.
- Pontiveros. (2011). *Pontiveros Bermejo, V. M. (2011). Diseño de la transmisión y anclajes del sistema de propulsión de una motocicleta eléctrica de altas prestaciones (Bachelor's thesis)*.
- Rivero&Dominguez. (2013). *Diseño de un marco de motocicleta*. Mexico DF: Escuela Superior de Ingenieros.
- Ruiz. (2016). *DISEÑO DEL BASCULANTE DE UNA MOTOCICLETA DE COMPETICIÓN DE 250 CC*. CANTABRIA: Universidad de Cantabria .
- Salmerón. (2015). Diseño de una motocicleta deportiva eléctrica. *Bachelors thesis, Universitat Politècnica de Catalunya*.
- UNECE. (2006). *TRANSPORTATION Division Handbook of transport statistics*. GENEVA.
- UNO, M. (10 de abril de 2018). Producción nacional. *porcentaje de producción Nacional*. Quito, Pichincha, Ecuador .
- Vergara. (2011). VERGARA CULEBRAS, Patxi: Modelado, análisis y simulación de un chasis. *análisis y simulación de un chasis*. Leganés.

- Wang, H., & Fu, L. (2012). Developing a High-Resolution Vehicular Emission Inventory by Integrating an Emission Model and a Traffic Model: Part 1—Modeling Fuel Consumption and Emissions Based on Speed and Vehicle-Specific Power. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 440, 1096-2247.
- Zhao, B. (2018). Zhao, B., Lv, C., Hofman, T., Steinbuch, M. et al., “Design Optimization of the Transmission System for Electric Vehicles.
- Zhou, M., Jin , H., & Wang, W. (2016). A review of vehicle fuel consumption models to evaluate eco-driving and eco-routing. *Transportation Research, Part D* 49, 208-218.

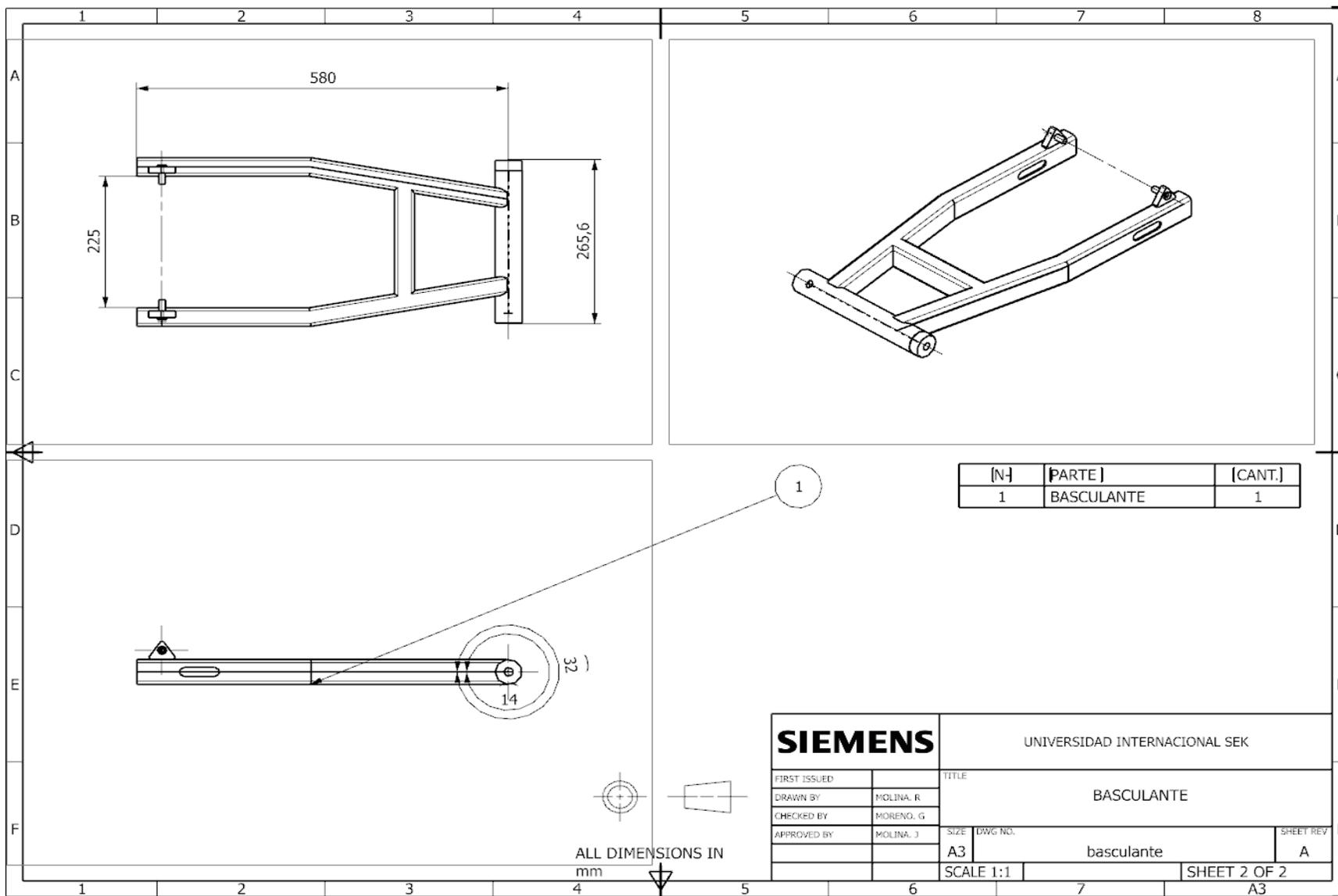
Anexo 1. Plano del chasis de la moto eléctrica completo.



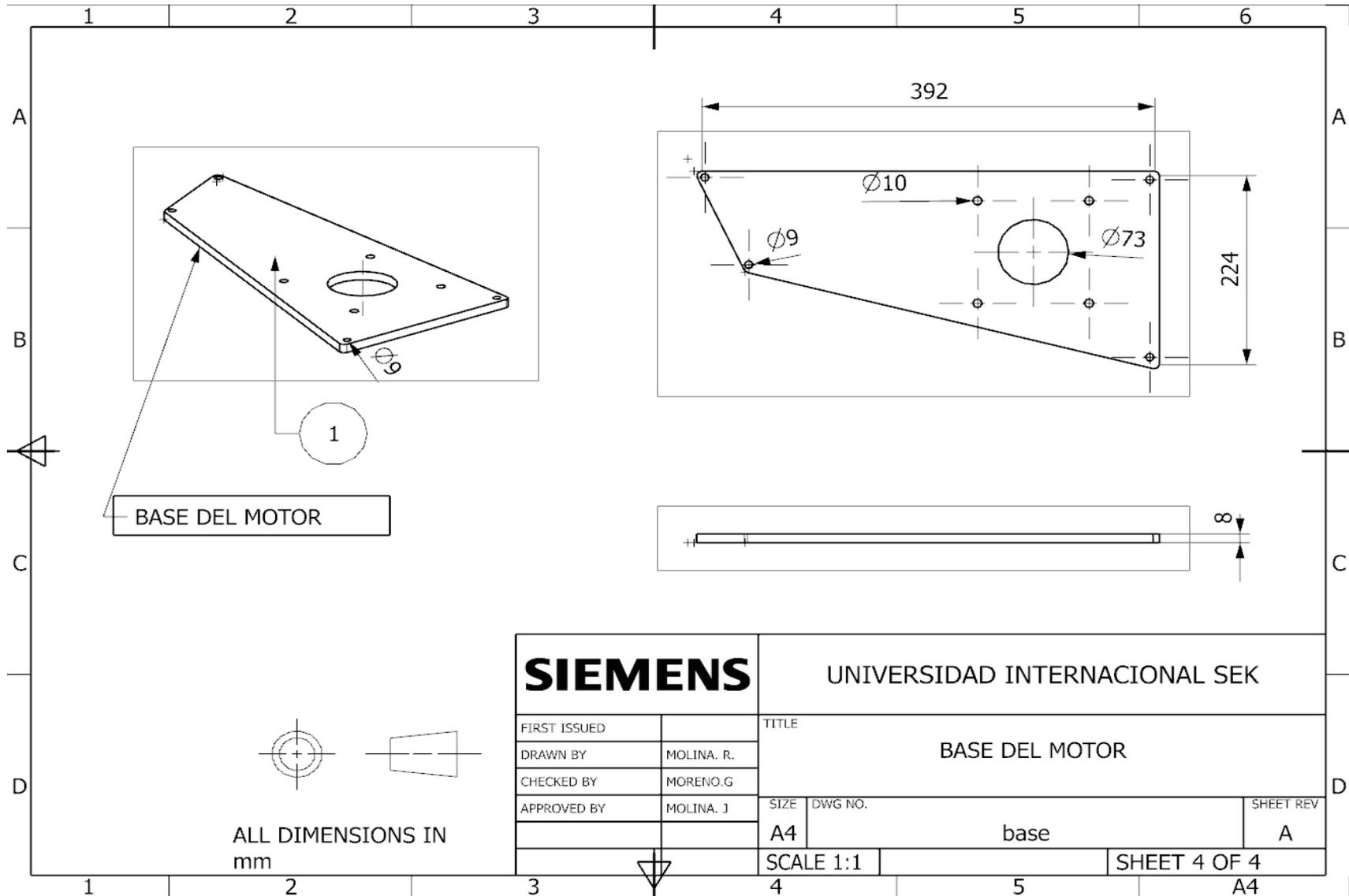
Anexo 2. Plano del chasis de la moto eléctrica.



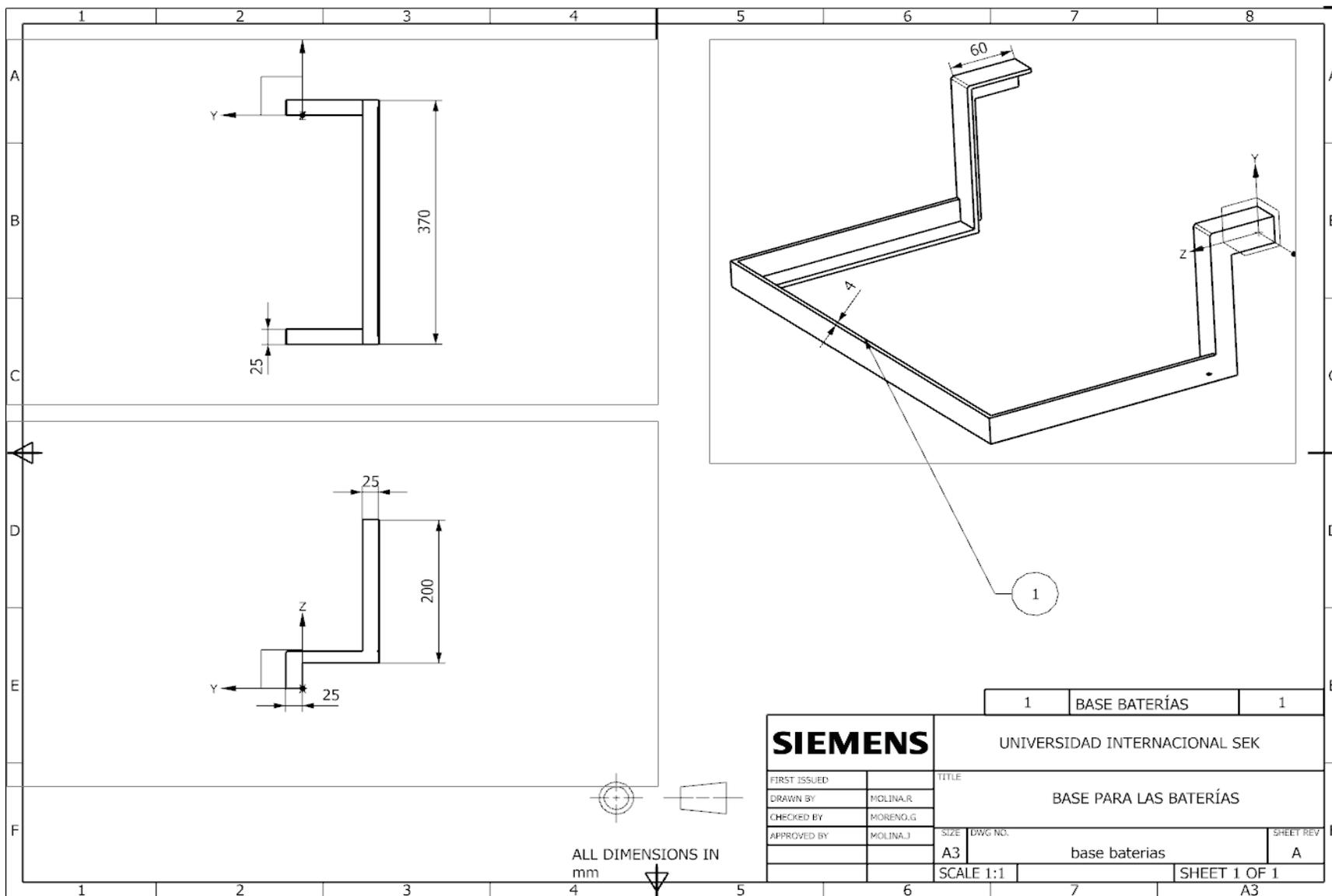
Anexo 3. Plano del basculante.



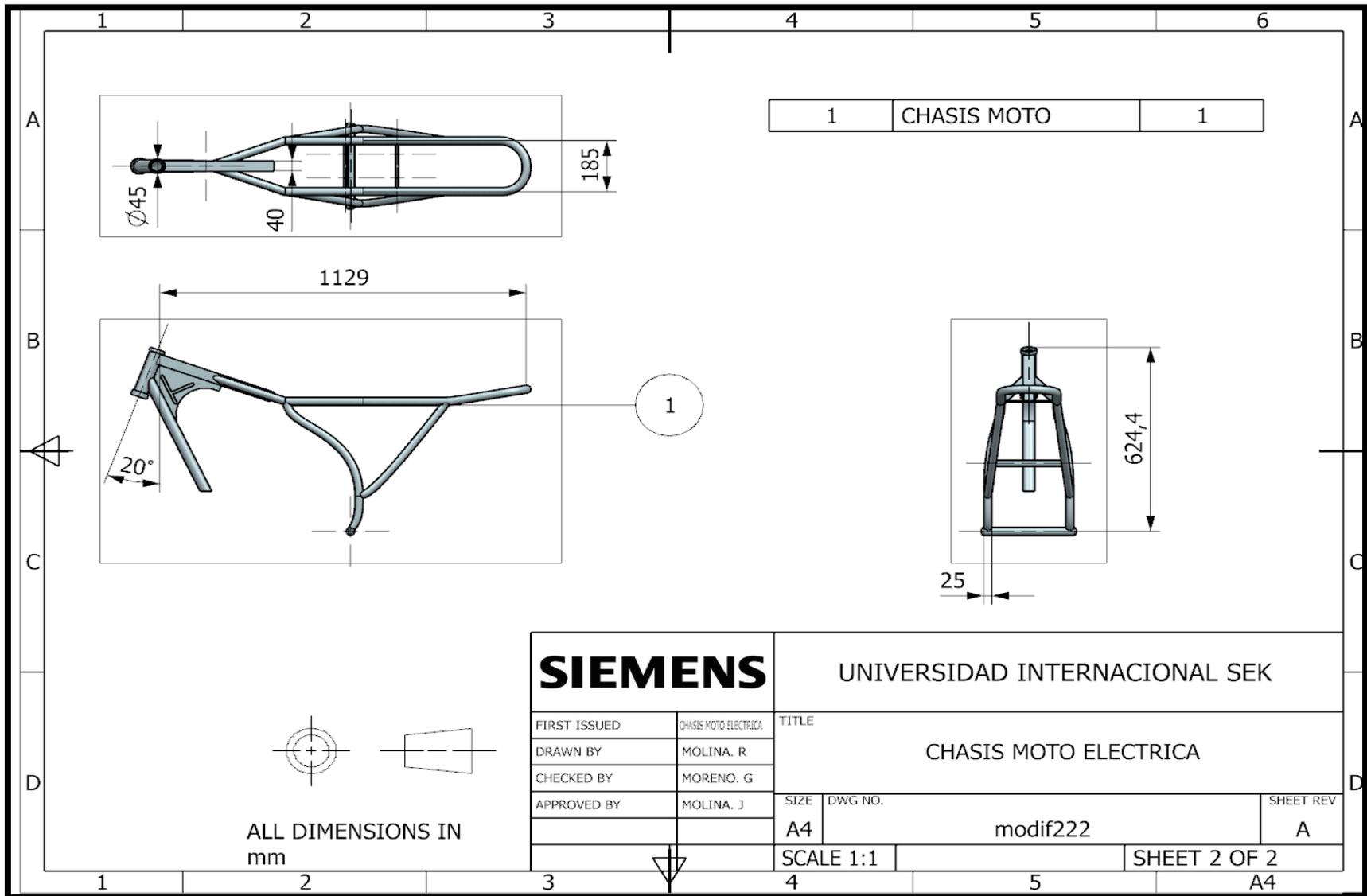
Anexo 4. Plano de la base del motor.



Anexo 5. Plano de las bases de la batería.



Anexo 6. Plano del Chasis.



Anexo 7. Flujograma De Proceso De Ensamblaje De Una Motocicleta.

