



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN CHASIS TUBULAR PARA UN VEHÍCULO ELÉCTRICO INTERCAMPUS PARA LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE”

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTOR: JOSÉ PAÚL ANDRADE PUMA

DIRECTOR: MSc. CARLOS MARCELO SEGOVIA TROYA

IBARRA-ECUADOR

2023

CERTIFICADO

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN CHASIS TUBULAR PARA UN VEHÍCULO ELÉCTRICO INTERCAMPUS PARA LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE". presentado por el señor: ANDRADE PUMA JOSÉ PAÚL con número de cédula 1003667340, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 07 días del mes marzo del 2023.

Atentamente



Ing. Carlos Segovia, MSc

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA IDENTIDAD:	DE	100366734-0	
APELLIDOS NOMBRES:	Y	ANDRADE PUMA JOSÉ PAÚL	
DIRECCIÓN:	Ibarra – Nuevo Hogar		
EMAIL:	jpandradep@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0987169643

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CHASIS TUBULAR PARA UN VEHÍCULO ELÉCTRICO INTERCAMPUS PARA LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE"
AUTOR (ES):	Andrade Puma José Paúl
FECHA: DD/MM/AAAA	08/03/2023
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Carlos Segovia, MSc

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 08 días del mes de marzo de 2023

EL AUTOR:

(Firma).....
Nombre: Paúl Andrade

DEDICATORIA

“Cada logro comienza con la decisión de intentarlo”

Mi tesis la dedico con todo cariño y amor a mis padres José y Teresa por su sacrificio y esfuerzo, por darme una carrera para mi futuro y por creer en mi capacidad, aunque he pasado momentos difíciles siempre han estado brindándome su comprensión y ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida me depara un futuro mejor. A mis hermanos quienes con sus palabras de aliento de no dejaban decaer para que siguiera adelante y siempre siga perseverando y cumpla con mi meta.

Agradezco a mi director de tesis quien con su experiencia, conocimiento y motivación me oriento en la investigación e implementación de mi trabajo de titulación y a todos los docentes de la carrera por sus consejos y su sabiduría me motivaron a desarrollarme como persona y profesional de la Universidad Técnica del Norte.

José Paúl Andrade Puma

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a dios por obsequiarme el regalo de la vida, por ser mi motivación y fortaleza para que cada día siga cumpliendo mis metas al brindarme la inteligencia y sabiduría para lograr obtener este título tan anhelado en mi vida.

Agradezco a mis padres que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos. Ellos son los que con su cariño me han puesto impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades. También son los que han brindado el soporte material y económico para poder concentrarme en los estudios y nunca abandonarlos.

Por último, agradecer a la Universidad que me ha exigido tanto, pero al mismo tiempo me ha permitido obtener mi tan ansiado título. Agradezco a cada directivo por su trabajo y por su gestión, sin lo cual no estarían las bases ni las condiciones para aprender conocimientos.

José Paúl Andrade Puma

INDICE

RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO I	1
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Situación actual	2
1.3. Planteamiento del problema	3
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. Alcance.....	4
1.6. Justificación.....	5
1.7. Parámetros de diseño.....	5
1.8. Chasis.	6
1.9. Tipos de chasis según la forma	6
1.9.1. Chasis tubular de largueros	6
1.9.2. Chasis tubular jaula o UTV.....	7
1.9.3. Chasis monocasco fibra de carbono.....	7
1.9.4. Chasis híbrido.....	8
1.10. Vehículo Utilitario Especial (UTV)	8
1.10.1. Clasificación de Vehículo Utilitario Especial (UTV)	9
1.10.1.1. Monoplaza	9
1.10.1.2. Biplaza	9
1.10.1.3. Car Cross	10
1.10.1.4. Monocasco.....	10
1.11. Grados huecos de acero estructural.....	10
1.11.1. Aceros estructurales según norma ASTM.....	10
1.11.1.1. ASTM A 53	11
1.11.1.2. ASTM A 500	11
1.11.1.3 ASTM 501	11
1.12. Parámetros para el diseño de autos.	12
1.12.1. Estructura tubular.....	12
1.12.2. Algoritmo para el diseño de un chasis tubular.	12
1.13. Criterios de rigidez.	13
1.13.1. Rigidez torsional.	13
1.14. Distribución de masas.	13
1.15. Ergonomía y confort.	14
1.16. Cargas de diseño.	15
1.16.1. Carga muerta	15
1.16.2. Carga viva (V).....	15
1.16.3. Carga de frenado (F)	16
1.16.4. Carga de impacto.....	16

1.17. Parámetros de soldadura	16
1.17.1. Ventajas de soldadura MIG/MAG.	16
1.17.2. Desventajas de soldadura MIG/MAG.	17
1.18. Softwares de diseño en ingeniería.....	17
1.18.1. CAD.	17
1.18.2. ANSYS WORKBENCH.....	18
1.19. Marco legal.....	18
1.20. Norma técnica NTE INEN 2656:2012	18
CAPÍTULO II	19
2. MATERIALES Y MÉTODOS	19
2.1. Introducción	19
2.2. Metodología de diseño	19
2.3. Identificación de la necesidad	20
2.4. Investigación preliminar.....	20
2.5. Planteamiento de objetivos	20
2.5.1. Especificación de desempeño	21
2.6. Desarrollo del diseño y evaluación	21
2.6.1. Diseño del chasis.....	21
2.6.1.1. Características del vehículo seleccionado para el diseño	21
2.6.1.2. Clasificación de los tubos para el diseño del chasis.	22
2.6.1.3. Tubos seleccionados para el diseño del chasis.	27
2.6.1.4. Materiales para el diseño del chasis.....	27
2.6.1.5. Dimensiones generales del chasis.....	31
2.6.1.6. Dimensiones generales del vehículo.....	35
2.6.2. Distribución de masas principales en el chasis	37
2.6.2.1. Distribución del centro de gravedad	39
2.6.2.2. Distribución de las masas horizontal	40
2.6.2.3. Valores de las posiciones de las distancias X y.	40
2.6.2.4. La posición de altura establecida para el centro de gravedad.....	41
2.6.3. Posición del piloto para conducir.....	41
2.6.4. Especificaciones generales de una suspensión.....	43
2.6.4.1 Suspensión delantera.	44
2.6.4.2 Suspensión posterior sin balde.	44
2.6.4.3 Suspensión posterior con balde.	45
2.6.4.4. Suspensión delantera y suspensión posterior.....	45
CAPÍTULO III	46
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
3.1. Concepto de SOLIDWORKS.	46
3.2. Inicio para la construcción del chasis.....	46
3.3. Presentación de la geometría tubular	47
3.4. Determinación de la malla lateral.	48
3.5. Determinación de la malla frontal.....	49
3.6. Aplicación de cargas laterales	50
3.7. Aplicación de cargas frontales	52

3.8. Creación de la malla lateral.....	53
3.9. Creación de la malla frontal.....	54
3.10. Prueba de impacto lateral.....	55
3.11. Pruebas de impacto frontal.....	57
3.12. Simulación de la resistencia del material parte frontal (sin deformación).....	59
3.12.1. Pruebas de impacto frontal (sin deformación).....	60
3.12.2. Grafica de Yield strength y vonMises (sin deformación).....	61
3.13. Simulación de la resistencia del material parte frontal (con deformación).....	62
3.13.1. Pruebas de impacto frontal (con deformación).....	63
3.13.2. Grafica de Yield strength y vonMises con deformación.....	64
3.14. Construcción del chasis.....	65
3.14.1. Dimensiones las materias estructurales.....	65
3.14.2. Construcción de la base del chasis.....	66
3.14.3. Construcción de los largueros externos de la base.....	66
3.14.4. Construcción de la parte delantera del chasis.....	67
3.14.5. Construcción de la parte posterior o cajón del chasis.....	68
3.14.6. Dobladora manual de los tubos sin costura.....	68
3.14.7. Construcción del techo del chasis.....	69
3.14.8. Diseño final del prototipo.....	70
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	74
Conclusiones.....	74
Recomendaciones.....	75
BIBLIOGRAFÍA.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA NUM.	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
1.1.	Chasis en forma de “U”	7
1.2.	Chasis tubular tipo “Jaula”	7
1.3.	Chasis 100% fibra de carbono.....	8
1.4.	Chasis hibrido.....	8
1.5.	Vehículo tipo buggy monoplaza.	9
1.6.	Vehículo tipo buggy biplaza.	9
1.7.	Vehículo tipo Car Cross.....	10
1.8.	Vehículo tipo Monocasco.	10
1.9.	Clasificación de aceros.....	11
1.10.	Algoritmo estándar del diseño	12
1.11.	Centro de gravedad y fuerzas de frenado	14
1.12.	Parámetros comunes de un hombre.....	15
1.13.	Soldadura MIG.....	16
2.14.	Metodología de diseño	20
2.15.	Clasificación de tubos para el chasis tubular	22
2.16.	Tipos de tubos: circular, cuadrado y rectangular.	23
2.17.	Estándar y grado de los tubos.....	23
2.18.	Tubos de acero ASTM A500 grado B para el diseño del chasis.....	30
2.19.	Vista superior del prototipo.....	31
2.20.	Vista superior del chasis.....	32
2.21.	Vista lateral izquierda o derecha.	33
2.22.	Vista lateral izquierda o derecha.	34
2.23.	Vista frontal o vista delantera	34
2.24.	Vista posterior con balde y sin balde.	35
2.25.	Ancho de vías delanteras.....	36
2.26.	Ancho de vías posteriores	36
2.27.	Distancia entre ejes	37
2.28.	Distribución de componentes del vehículo	39
2.29.	Distribución de componentes centro de gravedad del vehículo.....	39
2.30.	Posición del piloto para conducir.....	42

2.31. Suspensión delantera.....	43
2.32. Suspensión posterior.	43
2.33. Suspensión delantera.....	44
2.34. Suspensión posterior sin balde.....	44
2.35. Suspensión posterior con balde.....	45
2.36. Suspensión delantera y suspensión posterior.....	45
3.37. SOLIDWORKS 2020.....	46
3.38. Simulación de la geometría tubular del chasis UTV.....	47
3.39. Referencia las horquillas de la suspensión delantera y posterior.....	48
3.40. Referencia punto 2 cabina central tubos.	49
3.41. Referencia base del chasis.....	49
3.42. Referencia parte frontal.....	50
3.43. Carga lateral derecha en la base del chasis.	50
3.44. Carga en los tubos principales cabina central.	51
3.45. Carga en los tubos de la cabina principal.....	51
3.46. Carga en la base total del chasis.....	52
3.47. Carga en la cabina frontal del chasis.....	52
3.48. Parámetros de la malla lateral.	53
3.49. Creación de la malla lateral.....	53
3.50. Parámetros de la malla frontal.....	54
3.51. Creación de la malla frontal.	54
3.52. Impacto lateral.....	55
3.53. Impacto en las sujeciones.....	56
3.54. Desplazamientos laterales con el impacto.....	56
3.55. Impacto frontal.....	57
3.56. Impacto tubos frontales.....	58
3.57. Desplazamientos frontales con el impacto.....	58
3.58. Simulación con fuerza de 10000N.....	59
3.59. Pruebas de impacto frontal sin deformación.....	60
3.60. Simulación del desplazamiento frontal sin deformación.....	61
3.61. Grafica de Yield strength y vonMises sin deformación.....	62
3.62. Simulación con fuerza de 11000N.....	62
3.63. Pruebas de impacto frontal con deformación.....	63
3.64. Simulación del desplazamiento frontal con deformación.....	64

3.65. Grafica de Yield strength y vonMises con deformación.....	65
3.66. Dimensiones las materias estructurales.....	65
3.67. Construcción de la base del chasis.....	66
3.68. Construcción de los largueros externos de la base.....	67
3.69. Construcción de la parte delantera del chasis	67
3.70. Construcción de la parte posterior o cajón del chasis.	68
3.71. Dobladora manual de los tubos sin costura.....	69
3.72. Construcción del techo del chasis.....	69
3.73. Diseño final del prototipo.....	70
3.74. Entrega del prototipo.....	71
3.75. Entrega del prototipo vista frontal.....	72
3.76. Entrega del prototipo vista lateral.....	73

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA NUM.	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
2.1.	Especificación de la sección hueca cuadrada SHS:	24
2.2.	Especificaciones de la sección hueca rectangular RHS:	25
2.3.	Especificaciones de la sección hueca circular CHS:	26
2.4.	Tubo estructural conformado de acero ASTM A500, grado B	28
2.5.	Magnitudes de R_y y R_t de acuerdo con el AISC 341-10.	29
2.6.	Características del acero ASTM A500 grado B	29
2.7.	Diámetros de los tubos para el diseño del chasis	30
2.8.	Masas de los elementos principales en Kg	38
2.9.	Medidas estadísticas proporcionales masculino y femenino.	41

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO NUM.	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
1.	Plano estructural de la construcción de la base del chasis.	80
2.	Plano estructural de los largueros externos de la base.	81
3.	Plano estructural de la construcción de la parte delantera del chasis.	82
4.	Plano estructural de la parte posterior o cajón del chasis.	83
5.	Plano estructural dobladora manual de los tubos sin costura.	84
6.	Plano estructural de la construcción del techo del chasis.	85
7.	Plano estructural del diseño final del prototipo.	86
8.	Norma ASTM_A500_Grade_B.	87
9.	Norma NTE INEN 2656:2012 para un vehículo UTV eléctrico.	88
10.	Certificado de diseño y simulación.	89

RESUMEN

El presente trabajo de titulación de grado, trata sobre el diseño y construcción de un chasis tubular para un vehículo eléctrico UTV biplaza para la Universidad Técnica del Norte de la carrera en Ingeniería y Mantenimiento Automotriz. La investigación tiene cuatro capítulos, en Capítulo 1 se describe la revisión bibliográfica que contiene el estado del arte y los antecedentes investigados previamente por diferentes autores para respaldar y verificar que toda la información sea correcta y con esta información recaudada permita continuar con la investigación con los demás capítulos. En el Capítulo 2 que son los materiales y métodos se realizó la metodología de diseño partiendo de los parámetros iniciales que nos restringe la normativa NTE INEN 2656:2012 para un vehículo UTV eléctrico, los cuales son el largo, ancho y altura de un chasis y una adecuada distribución de masas que posee el vehículo, para obtener un centro de gravedad, con el fin de conseguir una buena estabilidad, además se utilizó el software NX12 para iniciar el modelado del chasis tubular, seguido se utilizó SolidWorks para diseñar la estructura del chasis tubular. Este diseño se toma como referencia el sistema de izquierda a derecha y de abajo hacia arriba para obtener un buen dimensionamiento estructural. En el Capítulo 3, se realizó dos pruebas estáticas por elementos finitos, simulando un impacto frontal y un impacto lateral, para determinar si el material puede sufrir una deformación elástica y un daño permanente del chasis tubular, seguido de esto se procede a la fabricación de la estructura en la cual se detalla cada proceso realizado, desde la selección de los materiales, cortes, doblado en frío y la soldadura MIG (Metal Inert Gas), para obtener resultados satisfactorios en el diseño estructural del chasis aplicando los diferentes métodos para la manipulación de los materiales. En el Capítulo 4, se mencionan las conclusiones y recomendaciones, culminando el trabajo de titulación con la entrega del chasis tubular y esto ayudara para que diferentes tesis se unan a este gran proyecto de energías renovables y limpias aplicando técnicas de buena ingeniería.

ABSTRACT

The present degree work deals with the design and construction of a tubular chassis for a two-seater UTV electric vehicle for the Technical University of the North of the Automotive Engineering and Maintenance career. The investigation has four chapters, Chapter 1 describes the bibliographic review that contains the state of the art and the background previously investigated by different authors to support and verify that all the information is correct and with this information collected allows to continue with the investigation with the other chapters. In Chapter 2, which are the materials and methods, the design methodology was carried out based on the initial parameters that the NTE INEN 2656:2012 regulation restricts us for an electric UTV vehicle, which are the length, width and height of a chassis and an adequate distribution of masses that the vehicle has, to obtain a center of gravity, in order to achieve good stability, in addition, the NX12 software was obtained to start the modeling of the tubular chassis, followed by SolidWorks to design the chassis structure tubular. This design is taken as reference the system from left to right and from bottom to top to obtain a good structural dimensioning. In Chapter 3, two finite element static tests were carried out, simulating a frontal impact and a lateral impact, to determine if the material can suffer elastic deformation and permanent damage to the tubular chassis, followed by the manufacture of the structure in which each process carried out is detailed, from the selection of materials, cuts, cold bending and MIG (Metal Inert Gas) welding, to obtain satisfactory results in the structural design of the chassis applying the different handling methods of the materials. In Chapter 4, the conclusions and recommendations are mentioned, culminating the degree work with the delivery of the tubular chassis and this will help different thesis students to join this great renewable and clean energy project applying good engineering techniques.

CAPÍTULO I

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Antecedentes

Para ser un automóvil eléctrico debe ser propulsado de varios motores eléctricos que generan energía eléctrica para ser almacenada en las baterías o también se pueda extraer de otros mecanismos de almacenamiento de energía (Armaiz, 2015).

Con el aumento de vehículos conlleva problemas relevantes como la contaminación auditiva en horas pico, genera varias dificultades a la salud del ser humano toda la contaminación del medio ambiente que lo rodea, produciendo una tasa alta de enfermedades respiratorias en la población ya que los vehículos usan motores a base de derivados del petróleo, mediante la innovación de nuevas energías limpias se trata de reducir la dependencia de los combustibles tradicionales, la alternativa más importante es el uso de vehículos eléctricos (Lizano, 2017).

Para la primera mitad del siglo 19, se empezaron a construir los automóviles eléctricos, siendo estos los primeros antes que los automóviles con sistemas de gasolina o diésel. Probablemente el primer diseño se construyó en 1828 por el húngaro Jedlik, siendo un modelo pequeño impulsado por un motor eléctrico (Stankous, 2017).

En 1834, otro inventor, Thomas Davenport, creó el primer coche eléctrico alimentado por batería, que también fue el primer motor de corriente continua. En 1888, el ingeniero de raíces alemanas llamado Andreas Flocken diseñó el primer automóvil eléctrico de cuatro ruedas y, a principios de 1881, se exhibió el primer automóvil eléctrico de tres ruedas en la Exposición Internacional de Electricidad de París (Armaiz, 2015).

Para el año 1897 nacieron los taxis eléctricos en las grandes ciudades de Nueva York entre otras, el vehículo eléctrico sigue evolucionando, ya en 1899 por primera vez un vehículo eléctrico llegó a una máxima velocidad de 100km/h, el cual fue construido en Francia y lo bautizaron como “Jamais Contente”, pero en el año de 1930, los vehículos con motor de

combustión interna se afianzaron en el mercado, lo que supuso la desaparición casi total de los automóviles eléctricos. En 1945, debido a la crisis del petróleo y los problemas de contaminación, se retomó el proyecto del coche eléctrico. La industria japonesa "Tama" empezó a construir carros con sistemas eléctricos de 4,5 CV (Armaiz, 2015).

El chasis es la parte estructural base de cualquier tipo de vehículo cuyo propósito es fijar los distintos elementos al vehículo, el cual soportará todo el peso. Hace 100 años que se fabrican estos vehículos que consisten en dos partes que se unen entre sí, el chasis y la carrocería. Estos eran de madera y su estructura principal era similar a las técnicas de construcción de los carruajes de caballos. A partir del año 1930 fueron sustituidas por estructuras similares, pero de acero, material más resistente, rígido y de mayor confiabilidad. El chasis tubular es utilizado en diferentes tipos de modelos, ya sea de competición o deportivos, esta técnica está basada en la unión de tubos finos dispuestos entre sí de forma que aumenta su rigidez y la resistencia del vehículo, esto ayuda a reducir el peso (Bernardo, 2014).

Para esto se realizó el estudio de los Vehículo Utilitario Especial (UTV) que según NTE INEN 2656 (2012). Es un automóvil de propósito exclusivo basado en una estructura autoportante o chasis liviano diseñado para el trabajo, el deporte o la recreación, especialmente para uso fuera de carretera.

1.2. Situación actual

La situación del parque automotor en la actualidad va en crecimiento es así que en la última década se registra un promedio de crecimiento de 7,5% anual, esto quiere decir que es un crecimiento aproximado de 35.000 vehículos más cada año, este crecimiento causa una saturación de vehículos en las calles, especialmente en las localidades con mayor población y territorio del Ecuador establecidos como Quito y Guayaquil (Movilidad, 2020).

En la actualidad en nuestro medio carecemos de investigaciones referentes a nuevas tecnologías renovables, donde los vehículos eléctricos brindan mayores beneficios que los vehículos de combustión interna, mediante la investigación del diseño y construcción de un chasis tubular para un vehículo eléctrico intercampus, el cual será el pionero en la provincia de

Imbabura al darle una aplicabilidad en el campus universitario. Además, existen otras investigaciones a nivel nacional que están enfocadas en energías renovables como es el vehículo eléctrico, con la diferencia que tienen aplicabilidad en el área de competencias.

En Sudamérica está utilizando de mejor manera la energía renovable, ya que en muchos países tienen el apoyo del gobierno para realizar investigaciones de las tecnologías que cada año innovan el mercado automotriz. Este chasis tubular del vehículo eléctrico está diseñado para que cumpla tareas específicas dentro del Campus Universitario, específicamente en el taller de la carrera de mecánica automotriz de la Universidad Técnica del Norte, servirá para movilizar herramientas o dispositivos pequeños del taller y a las personas encargadas de las mismas.

1.3. Planteamiento del problema

Actualmente y a nivel mundial existe un gran mercado de automóviles eléctricos, que se considera para tener fuentes de energía limpias y renovables, pero los motores de combustión interna de gasolina ofrecen una eficiencia de rendimiento del 20% al 25%, mientras que los motores diésel son tan altos como 35%, convirtiendo así cuatro tercios de la energía térmica en energía mecánica. Por el contrario, la eficiencia del motor eléctrico es superior al 75%, mientras que la energía se aprovecha mejor. Además, hay nuevas investigaciones sobre vehículos eléctricos que esperan aprovechar estos motores de manera efectiva.

El Ecuador es un mercado en auge con respecto a la utilización de los vehículos eléctricos, es así que entre el año 2018-2021 fueron vendidos 348 vehículos dentro del territorio ecuatoriano (AEADE, 2021).

En nuestro país existe poca información de investigaciones que generen ideas para impulsar las nuevas tecnologías de energías renovables y limpias, por esta situación en nuestro medio carecemos de fábricas o ensambladoras que inciten en la fabricación de los carros eléctricos por lo cual se hace difícil entender el funcionamiento y beneficios que ofrecen estos vehículos al usuario. En la ciudad de Ibarra existe un incremento de vehículos que utilizan combustibles derivados del petróleo, lo cual cada año aumenta el índice de contaminación al medio ambiente, en consecuencia, las repercusiones han generado problemas respiratorios en el ser humano.

Para este proyecto de titulación se inicia con el diseño de un prototipo de un chasis tubular para un vehículo eléctrico UTV y su construcción, ya que son vehículos utilitarios mejores que los denominados de última milla como son los Scooters, Bicicletas eléctricas y Sideway porque estos no permiten llevar cargas adicionales como son las herramientas o dispositivos del taller de un lugar a otro, por este motivo para mejorar el taller y el confort de los estudiantes se realizara un chasis con las características de un vehículo UTV porque tiene características superiores.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Diseño y construcción de un chasis tubular para un vehículo eléctrico intercampus de la Universidad Técnica del Norte.

1.4.2. Objetivos específicos

1. Investigar acerca del estado del arte de los chasises tubulares para vehículos eléctricos y su fundamento teórico.
2. Diseñar el chasis tubular mediante el uso del software SolidWorks determinando su geometría de acuerdo con normas internacionales.
3. Construir el chasis tubular basado en los planos obtenidos del software SolidWorks, cumpliendo la normativa NTE INEN 2656:2012 para un vehículo UTV eléctrico.

1.5. Alcance

El presente proyecto tiene como finalidad recoger información acerca del boceto y fabricación de chasises tubulares para un automóvil eléctrico, mediante el conocimiento de la normativa NTE INEN 2656:2012 para realizará procesos de manufactura adecuados y buenas técnicas de ingeniería que están enfocadas a un funcionamiento óptimo al momento de soportar diferentes cargas a las que estará sometido y tolerancias de peso máximo.

La investigación abarca diferentes parámetros de diseño por esta razón el peso, se debe tener en cuenta su ergonomía, que permite el desarrollo de esta parte del proyecto se utilizará el software SolidWorks. Como investigación adicional se analizará la viabilidad para la

fabricación de un chasis tubular para un vehículo eléctrico tipo golf, de este modo se busca una aplicabilidad al brindar un servicio dentro del campus de la Universidad Técnica del Norte.

1.6. Justificación

En el mundo el incremento de vehículos eléctricos está en su auge, debido a la necesidad de nuevas alternativas y reemplazar a los vehículos de combustión interna en un futuro cercano, debido a una alta demanda de vehículos eléctricos los precios han disminuido considerablemente en el transcurso de los años, el principal inconveniente es almacenar la energía eléctrica en las baterías, por tal razón el proceso de manufactura de baterías se la realiza a gran escala, esto implica una disminución de precios hasta un 60% entre los años 2011 y 2016, dentro de este marco para el año 2020 se mantendrán los precios.

El enfoque del funcionamiento de la industria eléctrica en el marco del desarrollo sostenible es sin duda la oportunidad más adecuada para enfrentar responsablemente los desafíos de diversificar la matriz eléctrica nacional para la protección del medio ambiente, la búsqueda del desarrollo productivo y el equilibrio social (SNDPP, 2017).

Ecuador mediante la matriz energética es un país referente por el alto potencial para el desarrollo de vehículos eléctricos al tener hidroeléctricas que suministran energía limpia a diferencia de las termoeléctricas, estos beneficios son de gran ayuda en el campo automotriz (SENPLADES, 2017).

La Universidad Técnica del Norte carece de vehículos eléctricos, por esta razón la facultad de Ingeniería Automotriz propone investigaciones, diseños y construcciones de modelos eléctricos los cuales ayuden a entender los beneficios que brinda esta nueva tecnología que utiliza energías limpias y renovables a las nuevas generaciones de estudiantes y sociedad en general. Mediante este trabajo se propone generar conciencia al utilizar nuevos métodos para el transporte automotriz, lo cual se perfila a ser el futuro del campo automovilístico.

1.7. Parámetros de diseño

A la hora de diseñar el chasis se debe tener en cuenta la rigidez a la que están sometidos los esfuerzos de torsión en cada movimiento, la seguridad es un factor importante es por eso que a nivel latino americano existen las pruebas LatinNCAP. Este es un programa diseñado

para evaluar la seguridad de todos los vehículos en el mercado. Cada diseñador debe estar consciente del peso de su automotor ya que este factor es determinante en las trayectorias y en los esfuerzos mecánicos. La ergonomía está relacionada con el confort que puede sentir el conductor y sus ocupantes para lo cual cada marca tiene su sello personal como por ejemplo en modelos antiguos de Mercedes Benz se implementó cinturones de seguridad automáticos en los cuales los ocupantes al momento de cerrar la puerta estos se ajustaban automáticamente.

1.8. Chasis.

El principal elemento en la construcción de un automóvil es su estructura, que requiere más atención en el diseño y la fabricación, ya que soporta de forma segura todos los sistemas del vehículo, pilotos y pasajeros (Ayala, López, & Chimal, 2009). El chasis y la carrocería son dos elementos diferentes de un vehículo. El chasis y la carrocería son componentes diferentes de un vehículo. Sabemos que el chasis es la estructura más fuerte de todo el vehículo, conectado por perfiles integrales indeformables, y la carrocería envuelve todos los sistemas para acomodar al conductor y los pasajeros (Cabrera Reyes & Márquez Flores, 2014).

1.9. Tipos de chasis según la forma

Existen diversos tipos de chasises todo depende de la finalidad a la cual el vehículo deba tener, es por eso que se enumeran los chasises más comunes de acuerdo a cada necesidad del mercado actual, teniendo en cuenta que su diseño también es aplicable a los motores eléctricos.

1.9.1. Chasis tubular de largueros

Es un chasis estructural que se conforma de dos largueros de material metálico las cuales envuelven todo el vehículo desde la parte delantera hasta la trasera, esta estructura soporta varios componentes como son motor, transmisión, suspensión. Esta estructura a lo largo del tiempo fue la más utilizada ya que resiste cantidades de peso considerables siendo también su fabricación más sencilla, entre sus ventajas se encuentra que pueden resistir impactos en los cuales la deformación de sus estructuras no causa un daño tan excesivo pero la inercia del choque hace que los pasajeros sufran el impacto, otra desventaja era su baja rigidez torsional (Diseño automotriz UFT, 2017).



Figura 1.1. Chasis en forma de “U”
(Diseño automotriz UFT, 2017).

1.9.2. Chasis tubular jaula o UTV

Esta estructura se caracteriza por ser en forma de cercha tridimensional, estos tipos de estructuras se construyen por lo general de tubos con un perfil redondo en los cuales descansan sus componentes, este tipo de estructura es muy peculiar ya que la jaula que se forma alrededor del conductor sirve como protección ante impactos frontales creando arcos de protección a los pasajeros y aumentando la rigidez torsional, entrelazando el lado izquierdo con el lado derecho, estos prototipos de vehículos demandan de mucho tiempo de mano de obra y muchas horas en procesos de soldadura pero por lo general son los más utilizados en carreras de competición terrenos de tercer orden (Diseño automotriz UFT, 2017).



Figura 1.2. Chasis tubular tipo “Jaula”
(Diseño automotriz UFT, 2017).

En la figura 1.2 se puede ver una imagen de un “Buggy” del tipo arenero vehículo que es especialmente usado en zonas áridas en las cuales es difícil su acceso, este tipo de vehículos suelen llevar un motor de gran torque para poder desplazarse con mayor facilidad por aquellas zonas, estos vehículos también son usados en los cuerpos militares (Diseño automotriz UFT, 2017).

1.9.3. Chasis monocasco fibra de carbono

Actualmente la tendencia en vehículos monocascos ha llevado a las industrias a la fabricación de vehículos hornados con fibra de carbono con panel de kevlar o honeycomb de kevlar para mayor rigidez y menor peso, la desventaja que traen estos vehículos son sus

elevados costos, su principal mercado se encuentra en los vehículos de competición de fórmula uno. (Diseño automotriz UFT, 2017).

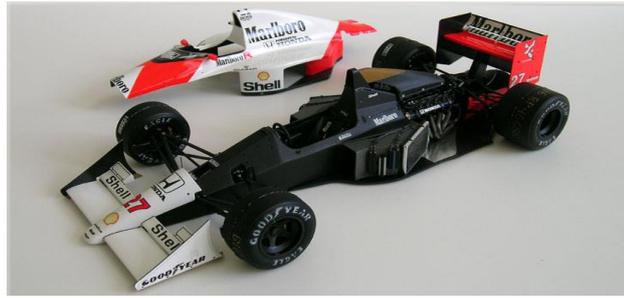


Figura 1.3.Chasis 100% fibra de carbono
(Diseño automotriz UFT, 2017).

Para la figura 1.3 se consigue analizar un prototipo de automóvil de competición de la escudería Marlboro estos modelos suelen ser usados en divisiones de competencias inferiores o juveniles por su tamaño y limitada velocidad.

1.9.4. Chasis híbrido

Esta estructura es una combinación de características importantes entre un chasis monocasco y un chasis tubular, esta estructura se conforma por dos partes la parte delantera que se encarga de alojar al piloto la cual es una estructura del tipo monocasco constituido principalmente por fibra de carbono honeycomb de kevlar y su estructura posterior que está conformado por un diseño tubular que brinda soporte y facilita el ensamblaje del motor, la suspensión y el tren motriz (Alvarez, 2018).



Figura 1.4. Chasis híbrido.
(Alvarez, 2018)

Para esta figura 1.4 se ve una imagen de un chasis híbrido, donde la conexión de las dos estructuras se realiza mecánicamente con tornillos y placas totalmente adheridas.

1.10. Vehículo Utilitario Especial (UTV)

Según NTE INEN 2656 (2012). Es un automóvil de propósitos especiales basados en una estructura compacta, simple y cómoda o también puede ser de chasis liviano diseñado para

el trabajo, el deporte o la recreación, especialmente para uso de cualquier persona que pueda conducir un auto.

1.10.1. Clasificación de Vehículo Utilitario Especial (UTV)

Este tipo de carros son clasificados por algunos factores como el tipo de bastidor, la carrocería que incluye cuantos, pasajeros puede tener el vehículo, el tipo de carretera por la que se circula el vehículo y el uso que puede ser turístico o de competencia. Existen cuatro tipos los cuales son: monoplaza, biplaza, Car Crossy y monocasco (INSTA, 2019)

1.10.1.1. Monoplaza

Este vehículo está diseñado para que una sola persona lo conduzca en todo tipo de terreno, este vehículo se utiliza para turismo o carreras. Diseñados con un chasis tubular para reducir el peso y aumentar la rigidez, son muy cómodos de conducir. (Pauta Morocho & Avilés, 2012).



Figura 1.5. Vehículo tipo buggy monoplaza.
(ANWA Industry Company Limited, 2016)

1.10.1.2. Biplaza

Este vehículo está diseñado para dos personas, por lo que es un vehículo muy espacioso y cómodo. Tiene un chasis con estructura tubular para una mayor rigidez y seguridad, este todoterreno, por este motivo puede recorrer por cualquier superficie, por eso es que necesita un motor de tenga por lo mínimo dos cilindros (Pauta Morocho & Avilés, 2012).



Figura 1.6. Vehículo tipo buggy biplaza.
(Pauta Morocho & Avilés, 2012).

1.10.1.3. Car Cross

Este vehículo es fabricado por primera vez en Francia (Rocar Tech S.L, 1980), tiene un chasis que tiene estructura tubular, está diseñado para carreras de autos en terreno plano de vías que tengan arena o también de asfalto, diseñados para una persona, en su mayoría tienen motores de motocicleta (Pauta Morocho & Avilés, 2012).



Figura 1.7. Vehículo tipo Car Cross.
(Pauta Morocho & Avilés, 2012).

1.10.1.4. Monocasco

Este vehículo es también conocido como carrocería autoportante, que está diseñado para viajar y para turismo. La marca Volkswagen es la primera empresa en lanzar este tipo de vehículo, su chasis tiene una estructura tubular con revestimiento de fibra de vidrio, tiene una aplicación limitada y solo es adecuado para superficies planas (Pauta Morocho & Avilés, 2012).



Figura 1.8. Vehículo tipo Monocasco.
(Pauta Morocho & Avilés, 2012)

1.11. Grados huecos de acero estructural.

Existen normativas de los aceros estructural que son aprobadas por la ASTM para secciones de estructuras huecas (HSS) las cuales son ASTM A 500, A 501, A 618, A 53 y A 847.

1.11.1. Aceros estructurales según norma ASTM

Cada acero tiene su propia composición y cada uno tiene su designación estandarizada, denotada por números, letras y símbolos de acuerdo con la clasificación general del acero:

Clasificación de los aceros, según ASTM	Límite elástico		Tensión de rotura	
	Ksi	MPa	Ksi	Mpa
ASTM A36	36	250	58-80	400-550
ASTM A53 Grado B	35	240	>60	>415
ASTM A106 Grado B	35	240	>60	>415
ASTM A131 Gr A, B, CS, D, DS, E	34	235	58-71	400-490
ASTM A139 Grado B	35	240	>60	>415
ASTM A381 Grado Y35	35	240	>60	>415
ASTM A500 Grado A	33	228	>45	>310
Grado B	42	290	>58	>400
ASTM A501	36	250	>58	>400
ASTM A516 Grado 55	30	205	55-75	380-515
Grado 60	32	220	60-80	415-550
ASTM A524 Grado I	35	240	60-85	415-585
Grado II	30	205	55-80	380-550
ASTM A529	42	290	60-85	415-550
ASTM A570 Grado 30	30	205	>49	>340
Grado 33	33	230	>52	>360
Grado 36	36	250	>53	>365
Grado 40	40	275	>55	>380
Grado 45	45	310	>60	>415
Grado 50	50	345	>65	>450
ASTM A709 Grado 36	36	250	58-80	400-550
API 5L Grado B	35	240	60	415
Grado X42	42	290	60	415

Figura 1.9. Clasificación de aceros.
(American Society for Testing and Materials, 2019).

1.11.1.1. ASTM A 53

Este tipo de acero se divide en dos secciones la del tipo E es un perfil de soldadura por resistencia y el tipo S es un perfil de soldadura sin costura. La clase B es adecuada para estructuras; tiene un límite elástico y es altamente resistente a la deformación por tracción de 35 y 50 ksi (2400 y 3515 kg/cm²) respectivamente (Lizano, 2017).

1.11.1.2. ASTM A 500

Este acero se encuentra más comúnmente en tres grados de secciones de tubería HSS redondas y huecas conformadas en frío, y en los mismos grados de tubería HSS conformada en frío con o sin secciones cuadradas, circulares y rectangulares. Las características de los tubos de acero de alta velocidad cuadrados y rectangulares son diferentes de las de los tubos de acero de alta velocidad redondos. Los grados más comunes tienen un límite elástico y una resistencia máxima a la tracción de 46 y 58 ksi (320 MPa o 3200 kg/cm² y 405 MPa o 4100 kg/cm²) (Lizano, 2017).

1.11.1.3 ASTM 501

En la práctica, los aceros A 501 tienen propiedades similares al A36 y se utilizan para tuberías HSS de sección circular, rectangular y cuadrada. Para el diseño de piezas de acero

estructural termoformado, con o sin juntas, los perfiles suelen tener esquinas redondeadas y elementos planos alargados (Lizano, 2017).

1.12. Parámetros para el diseño de autos.

Los principales criterios a tener en cuenta al inicio del diseño son los determinados por la potencia y el peso, ya que cuanto más ligero sea el diseño, más eficiente será el motor en términos de rigidez. Otro tema a considerar es la distribución de sus elementos.

1.12.1. Estructura tubular

Las estructuras tubulares son elementos de ensamblaje conectados mediante soldadura o partes removibles, como pasadores o tornillos, estas estructuras constan de diferentes secciones transversales, como secciones circulares, rectangulares, en forma de U, las primeras permiten soportar y transferir cargas estáticas, de flexión, torsión o tensión (ITEA , 2000).

1.12.2. Algoritmo para el diseño de un chasis tubular.

Para un buen proceso de producción al momento de diseñar un chasis, es importante realizar pedidos esquemáticos que cumplan con los estándares de calidad, con el objetivo de obtener un producto final con excelentes características funcionales, por lo que a continuación describimos el proceso por medio de este diagrama de flujo (Groover, 1996).

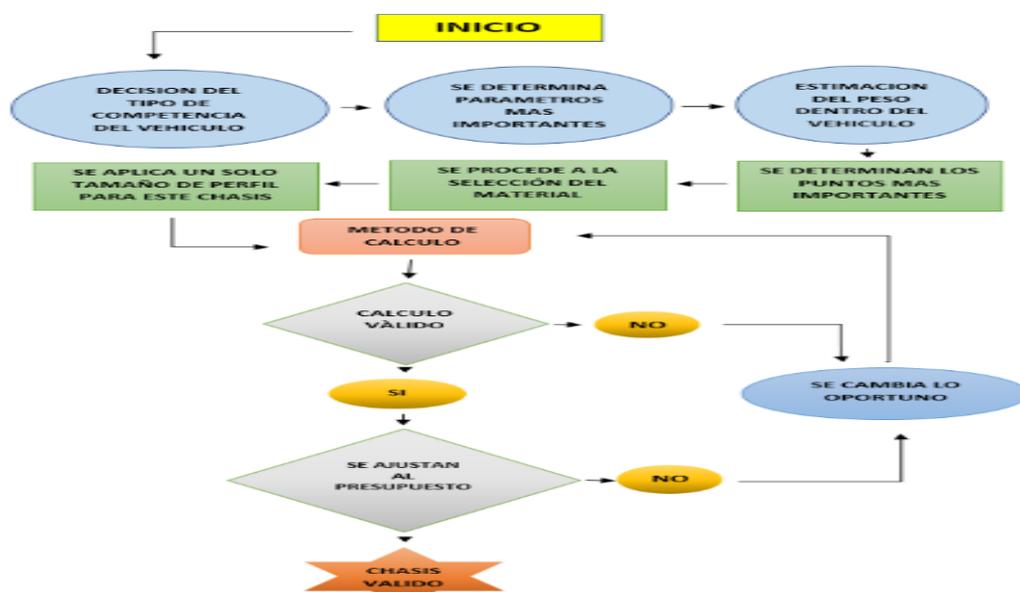


Figura 1.10. Algoritmo estándar del diseño (Groover, 1996)

1.13. Criterios de rigidez.

La rigidez se entiende como la capacidad de una estructura u objeto sólido para resistir fuerzas sin desplazamiento o deformación.

La fórmula es expresada como: $K = P/\Delta$

Donde:

K: expresado como coeficiente de inflexibilidad

P: expresado como carga aprovechada

Δ = expresado como una distorsión o deformación estructural.

Al diseñar una estructura, analizando el chasis, se deben considerar dos cosas, a saber, la rigidez a la deformación y la rigidez a la torsión (Andrade & Jaramillo, Diseño y construcción del chasis para un vehículo tipo buggy de la fórmula automovilística universitaria, 2009).

1.13.1. Rigidez torsional.

Es la resultante que se produce en los elementos cuando se deforma el bastidor en ese momento se producen tensiones de tracción, flexión, compresión sencillas o combinadas. Estos fenómenos suelen aparecer cuando un vehículo se desplaza por terrenos irregulares en los que se encuentran baches ya que en todas sus ruedas no se mantienen el mismo nivel afectando al bastidor (Vivas & Rios, 2014).

El momento de torsión se expresa como: $Mt = F * L$

Mt = Se expresa como momento de torsión.

F = Se expresa como fuerza.

l = Se expresa como longitud o largo.

Debido a la rigidez, el perfil del bastidor no suele ser constante a lo largo de su longitud, este factor puede variar de adelante hacia atrás, por lo que determinar el cálculo de N es muy difícil (Vivas & Rios, 2014).

1.14. Distribución de masas.

Cuando se diseña un chasis se debe considerar varios aspectos uno de ellos es la distribución de masas a las cuales será sometida la estructura. Debe quedar claro que teniendo

en cuenta la rigidez de la carrocería, cuanto más ligera sea la estructura, mejor podrá aprovechar el motor eléctrico que la impulsa. (Ingenius, 2018).

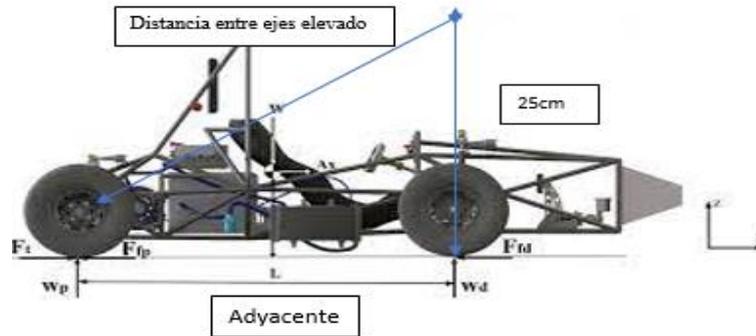


Figura 1.11. Centro de gravedad y fuerzas de frenado (Ingenius, 2018).

En la figura 1.11 se puede observar varias fuerzas actuando en el vehículo para la deducción del centro de gravedad se debe realizar dos pruebas las cuales consisten en tomar una medición de cada eje sobre un piso a nivel y la segunda medición se realiza del segundo eje sobre una altura de 25cm.

Donde:

$$a^2 + b^2 = c^2$$

a = Lado más cercano a seleccionarse.

b = Lado opuesto que identifica la parte posterior del chasis.

c = Hipotenusa igual a la base larga que es la distancia total

Pd = Diferencia del peso en el eje delantero

Lado más cercano a seleccionarse es:

$$a = \sqrt{c^2 - b^2} \quad \text{Tan}\theta = \frac{b}{a}$$

A partir de estos datos, podemos encontrar la altura del centro de gravedad (HcG) por medio de la siguiente fórmula:

$$HcG = \frac{cPd}{PTan\theta}$$

1.15. Ergonomía y confort.

Se deben tener en cuenta varias consideraciones ya que estos son puntos claves al momento del diseño. En todo vehículo suele presentarse averías y estas deben ser solucionadas para su continuo funcionamiento es por ello que se tiene que tener un buen espacio para mantenimientos y arreglos de las partes mecánicas más propensas a reparación (Lizano, 2017).

En todo vehículo suele presentarse averías y estas deben ser solucionadas para su continuo funcionamiento es por ello que se tiene que tener un buen espacio para mantenimientos y arreglos de las partes mecánicas más propensas a reparación (Lizano, 2017).

El 95% de las personas deberían sentirse cómodas subiendo a un vehículo con el casco puesto. El percentil 95% significa que el 95% de los hombres son más pequeños que el modelo y solo el 5% son más grandes (Andrade & Jaramillo, 2009).

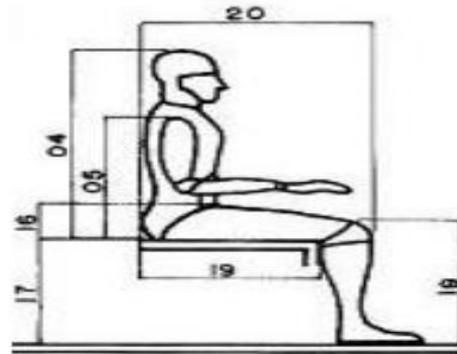


Figura 1.12. Parámetros comunes de un hombre (McCormac, 2009).

1.16. Cargas de diseño.

Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1323 existen varios conceptos sobre los tipos de cargas que se deben considerar ya que para el análisis de diseño de una estructura se deben considerar todas las cargas posibles y su combinación ya que esto va relacionado con la vida útil del vehículo.

1.16.1. Carga muerta

Se entiende como carga muerta al peso neto del chasis más los componentes que se encuentra enlazadas a la estructura al momento de ejercer movimiento, este valor de carga muerta es constante todo el tiempo, al momento de realizar el diseño se debe considerar cada peso de sus componentes para obtener el valor de cada elemento se debe realizar una medición o en su caso realizar una estimación de pesos que se encuentre cerca de la realidad.

1.16.2. Carga viva (V)

Esta carga es más conocida como carga por uso u ocupación y se la debe distribuir uniformemente por la estructura. Todas aquellas cargas que no están sujetas al chasis o a la

estructura se las considera vivas, por ejemplo, aquellas que se mueven por su propia inercia como son los camiones, animales y personas.

1.16.3. Carga de frenado (F)

Esta fuerza es producida al momento de pérdida de velocidad por acción del conductor al frenar el vehículo. Se supone que la tasa de desaceleración es mayor o igual a 4 m/s^2 .

1.16.4. Carga de impacto.

Esta carga pertenece a un accidente o impacto que puede sufrir el conductor del vehículo al momento de un choque, teniendo una fuerza de impacto, lo más importante que el diseñador debe considerar ya que se debe tener en cuenta la deformación o afectación del chasis estructural.

1.17. Parámetros de soldadura

Los parámetros de soldadura MIG/MAG son los siguientes:

- Voltaje
- Intensidad de corriente medidas en amperios que pasa por el alambre de alimentación.
- Propiedades de los cambios de corrientes que pasan por las fuentes de poder.
- Pautas sobre los gases de protección.
- Equilibrio de velocidad, la inclinación de la pistola, la longitud libre del cable.

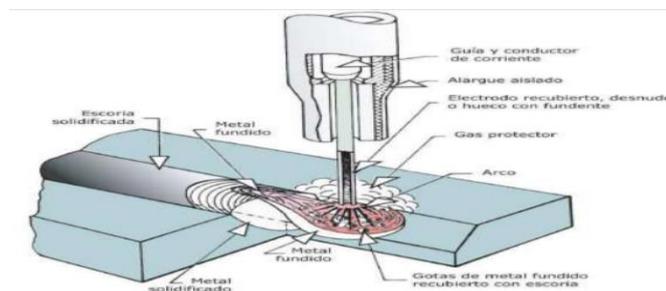


Figura 1.13. Soldadura MIG
(Jaramillo, 2019)

En la figura 1.13 se puede observar el momento en que se forma el arco eléctrico de fundición en el cual el gas el electrodo y la pieza metálica a unir, se sueldan formando una misma estructura.

1.17.1. Ventajas de soldadura MIG/MAG.

- Ahorra el tiempo necesario para el detalle del trabajo, la fabricación y el montaje.

- La construcción soldada es más resistente.
- Se sueldan piezas de mayor grosor y espesor.
- Evita el movimiento hacia abajo a medida que se consumen los electrodos revestidos.
- Se reducen los pasos de limpieza ya que no quedan residuos en el proceso.
- Bajo suministro de calor en la estructura soldada
- No es necesario dejar de cambiar los electrodos en ningún momento.

1.17.2. Desventajas de soldadura MIG/MAG.

- El método MIG/MAG requiere práctica y experiencia para lograr un acabado de alta calidad.
- El método MIG/MAG se convierte en un dispositivo más completo y más costos.
- La forma o diseño del arma dificulta el acceso en ciertas áreas.
- El gas no debe exponerse al flujo de aire.

1.18. Softwares de diseño en ingeniería

El software se puede definir como el soporte lógico para un sistema formal de sistemas informáticos, incluidos los muchos componentes lógicos necesarios para realizar una tarea específica. En el mundo de la ingeniería la creación el diseño, la planificación, simulación y ejecución existen varios softwares los cuales brindas un apoyo tanto personal como industrial, en la carrera de ingeniería se puede encontrar softwares para distintas áreas como son los de gestión, programación, aplicaciones, sistemas. En la carrera de automotriz se distinguen varios modelos de software que veremos a continuación:

1.18.1. CAD.

Actualmente, los modelos de software se utilizan ampliamente en aplicaciones como el diseño mecánico, la arquitectura, la topografía e incluso la ingeniería civil. CAD se puede dividir en dos grandes categorías: 2D, que funciona en dos dimensiones, y 3D, que funciona en tres dimensiones. Los modelos 2D están diseñados básicamente para crear planos que se pueden usar en 3D, pero los resultados de estos modelos no están disponibles para los programas de cálculo de elementos finitos. En 3D, usa gráficos sólidos, obtiene la forma y el modelo virtualmente, y planifica imágenes en 2D usando proyecciones (CAD SOFTWARE, 2019).

1.18.2. ANSYS WORKBENCH

Este programa posee más de 50 años de experiencia, siendo una referencia mundial con lo que tiene que ver a simulaciones computacionales. Los líderes del mercado usan sus herramientas tecnológicas para transformar la forma de diseñar, facultando a los ingenieros a explorar y predecir como funcionarán los productos en el mundo real. Dentro de las empresas es importante la economización de recursos, mejora de calidad y disminución de riesgos es por eso que el programa ANSYS brinda la facilidad de innovación predictiva en la simulación (Ansys, 2022).

1.19. Marco legal.

Por el momento, no existen actos reglamentarios en el país que regulen el diseño de prototipos “todo terreno”, para lo cual se puede considerar el uso de la Norma técnica NTE INEN 2656:2012, que especifica la clasificación de los vehículos de acuerdo con el propósito de cada vehículo, las reglas de diseño publicadas en 2010 se utilizarán para las recomendaciones de diseño mecánico, incluidas las condiciones de diseño, los parámetros de seguridad, la confiabilidad y la comodidad del conductor.

Por el momento, no existen actos reglamentarios en el país que regulen el diseño de prototipos “todo terreno”, para lo cual se puede considerar el uso de la Norma técnica NTE INEN 2656:2012, que especifica la clasificación de los vehículos de acuerdo con el propósito de cada vehículo, las reglas de diseño publicadas en 2010 se utilizarán para las recomendaciones de diseño mecánico, incluidas las condiciones de diseño, los parámetros de seguridad, la confiabilidad y la comodidad del conductor.

El presente proyecto tiene como finalidad el diseño y construcción de un chasis tubular que es fundamental para la aplicación de la norma NTE IEN 2656:2012, la aplicación de esta norma nos ayuda a determinar información que nos permita comparar los materiales con su posterior elección para la construcción del chasis

1.20. Norma técnica NTE INEN 2656:2012

Esta norma define la clasificación de los vehículos de motor según sus características generales de construcción y uso. Esta norma se aplica a todos los vehículos terrestres destinados al transporte de mercadería, con excepción de máquinas como tractores agrícolas, forestales y máquinas industriales (NTE INEN 2656, 2012).

CAPÍTULO II

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Introducción

En este apartado se describe los pasos que son necesarios para el desarrollo del diseño y construcción de un chasis tubular para un vehículo eléctrico intercampus para la Universidad Técnica del Norte. Primero, se considera un enfoque de diseño que defina soluciones para cada fase del proyecto por medio de una metodología específica para el diseño. La primera parte del método define el propósito y la base teórica del desarrollo del proyecto.

La segunda parte son los requerimientos de la estructura del diseño, para determinar la geometría del chasis y donde van hacer ubicados todas las partes que conforman el diseño del proyecto, para esto se utiliza el software SolidWorks para optimizar y evaluar el proceso del proyecto, también se utiliza este software para realizar las diferentes simulaciones con diferentes tipos de fuerzas de impacto para determinar si existen deformaciones o no del material con el que se va a construir el chasis tubular, en esta parte se puede ver si se pasa de la zona elástica a la zona plástica, para determinar si el materia resiste o no a la fuerza aplica y se pueda fisurar o solo este en un estado crítico sin fisura.

Realizado los dos pasos anteriores para completar el proyecto y recibir el título de graduación, se construye la estructura de chasis tubular, tomando en cuenta los tubos circulares y cuadrados para proceder a soldar con el método de soldadura MIG, utilizando los parámetros de diseño identificados y las mejores prácticas de ingeniería para dar como culminado el prototipo de un chasis tubular. Finalmente se hace la entrega del chasis tubular a la Universidad Técnica del Norte en los talleres de la carrera de Automotriz para su utilización dentro del Campus.

2.2. Metodología de diseño

El conocimiento previo de los métodos de investigación se tiene en cuenta al elegir un método, los requisitos y los objetivos del proyecto. La metodología de diseño se creó teniendo en cuenta el libro “Diseños de Maquinarias” por (Robert L, 2009), Véase figura 2.14. Luego de estas etapas, se logra el objetivo de la presente tesis.



Figura 2.14. Metodología de diseño
(Robert L, 2009)

2.3. Identificación de la necesidad

El desarrollo del vehículo eléctrico intercampus para la Universidad Técnica del Norte, requirió el diseño y construcción de un chasis tubular que cumpla con todas las necesidades del proyecto y se efectuó con las normas de diseño mecánico existentes, con esto se puede ejecutar adecuadamente el proyecto del diseño y construcción de este prototipo.

2.4. Investigación preliminar.

La información para este proceso de diseño y construcción del chasis tubular está establecida en los capítulos anteriores de la investigación donde se revisa toda la teoría, los reglamentos de las normas de construcción de máquinas y todos los requerimientos de diseño del chasis para el desarrollo del vehículo eléctrico intercampus para la Universidad Técnica del Norte.

2.5. Planteamiento de objetivos

Diseño y construcción de un chasis tubular para un vehículo eléctrico intercampus de la Universidad Técnica del Norte. Esta estructura debe soportar el peso adecuado, aquí

interviene el peso de las personas que están dentro del vehículo, también los elementos y componentes que hacen que funcione este vehículo, cumpliendo con las normas y reglamentos de construcción de máquina, para lograr el objetivo planteado.

2.5.1. Especificación de desempeño

Este paso identifica las consideraciones de diseño y las diversas situaciones a las que estará expuesto el chasis, estas consideraciones son los requisitos para crear un chasis de vehículo que cumpla con las reglas de diseño de máquinas para lograr los objetivos establecidos. Los requisitos de diseño se explicarán en detalle a continuación.

- Distancia entre ejes delanteros de 1354.0025mm -- 1.3540025m.
- Distancia entre ejes posteriores de 1381.2750mm -- 1.3812750m.
- Suspensión delantera de doble horquilla tipo A: puntos de anclaje de brazos, amortiguadores y barras estabilizadoras. McPherson.
- Suspensión posterior con dos links o doble tensor: amortiguador y espiral McPherson.
- Diseño para proporcionar suficiente espacio para: motor, batería, tren de transmisión, controlador de motor, piloto, sistema de control y caja de pedales.
- Posición correcta del piloto para conducir
- Centro de gravedad establecido.
- Estimado de carga máximo 500kg en el chasis tubular.

2.6. Desarrollo del diseño y evaluación

2.6.1. Diseño del chasis

2.6.1.1. Características del vehículo seleccionado para el diseño

El vehículo eléctrico seleccionado es UTV (Vehículo Utilitario Especial) es diseñado para trabajo, deportes o de recreación, basado en una estructura auto portante o chasis ligero. Gracias a sus características especiales se escogió para el diseño del chasis tubular, para cumplir con las necesidades establecidas del mismo. Está diseñado para dos personas un piloto y copiloto, suspensiones independientes, es alimentado con Batería de iones de litio Tesla para

su correcto funcionamiento, este vehículo está diseñado para cumplir actividades dentro del taller automotriz de la Universidad Técnica del Norte.

2.6.1.2. Clasificación de los tubos para el diseño del chasis.

Se conoce a las siglas RHS (Rectangular Hollow Section) como sección hueca rectangular, a las siglas SHS (Square Hollow Section) se conoce como sección hueca cuadrada y a las siglas CHS (Circular Hollow Section) se le conoce como secciones huecas circulares. Las abreviaturas RHS, SHS y CHS se utilizan a menudo en ingeniería y construcción. (Liu, 2022).

Estos términos se usan comúnmente para describir el acero dulce, pero los ingenieros familiarizados con estos términos también pueden traducirlos a ingeniería y construcción de acero inoxidable y aluminio (Liu, 2022).

- Rectangular Hollow Section (RHS)
- Square Hollow Section (SHS)
- Circular Hollow Section (CHS)

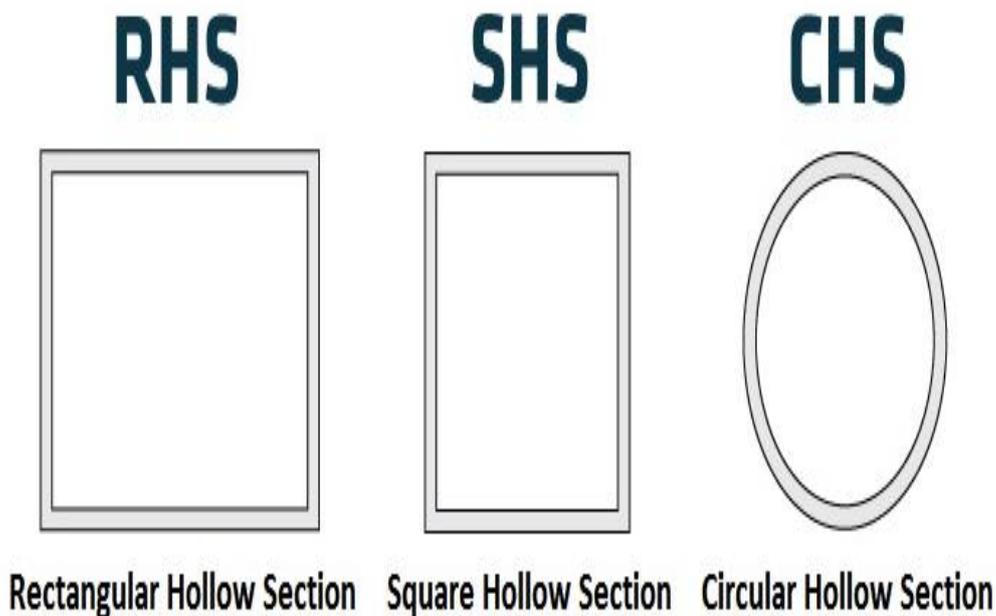


Figura 2.15. Clasificación de tubos para el chasis tubular
(Liu, 2022)

Especificaciones de la sección hueca conformada en frío: tubo cuadrado, tubo rectangular y tubo circular: (Yizeng Industria, 2020).

1. Tipos de tubos: circular, cuadrado y rectangular.

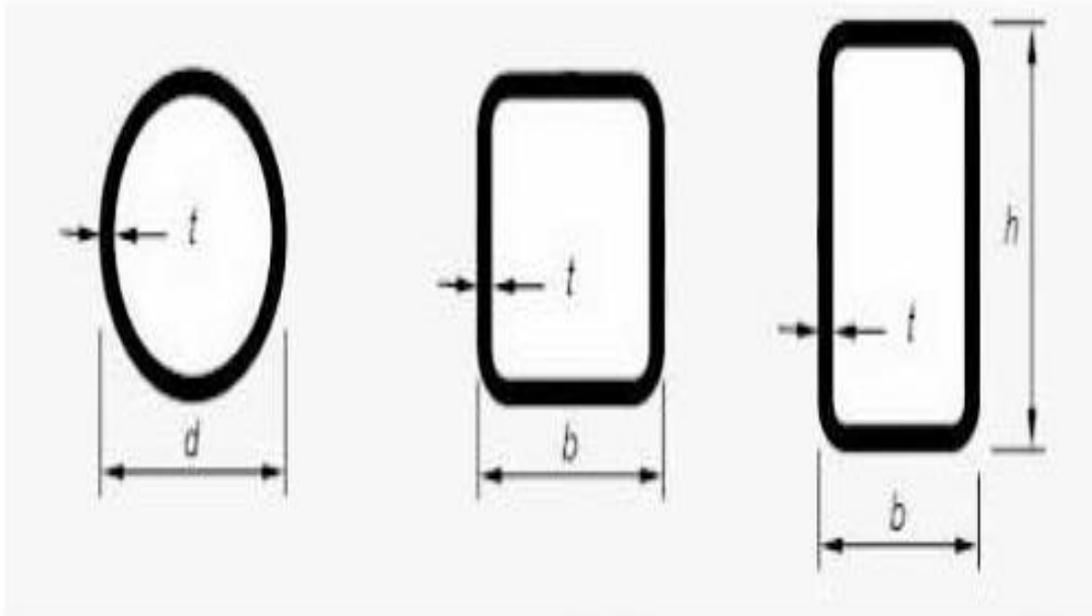


Figura 2.16. Tipos de tubos: circular, cuadrado y rectangular. (Yizeng Industria, 2020).

2. Los tubos tienen los siguientes estándares y grados:

GB	6728-2017 Q195, Q235B, Q345B, Q420, Q490, etc.
EN 10219 BS 1387	S185, S235, S235JR, S235G2H, S275, S275JR, S355JRH, S355J2H, ST12, ST13, ST14, ST44, ST52
ASTMA500 A 53	Gr, A, Gr B, Gr C, Gr D, DC01, DC03, 1008, 1010
JIS G 3466	SS330, SS440, SS490, SPHD

Figura 2.17. Estándar y grado de los tubos. (Yizeng Industria, 2020).

Especificación de la sección hueca cuadrada SHS (Square Hollow Section).

Tabla 2.1. Especificación de la sección hueca cuadrada SHS:

Size (mm)	Weight kg/m	Size (mm)	Weight kg/m	Size (mm)	Weight kg/m
15x15x0.6	0.38	100 x 100 x 4	12	180 x 180 x 13	65.2
40 x 40 x 3	3.5	100 x 100 x5	14.6	180 x 180 x 16	81.4
40 x 40 x 3.2	3.7	100 x 100 x 6.3	18.4	200 x 200 x 6.3	38.2
40x40x4	4.5	100 x 100x8	23	200 x 200 x 8	48
50 x 50 x 3	4.4	100 x 100 x 10	27.9	200 x 200 x 10	50.3
50 x 50 x 3.2	4.7	120 x 120 x 5	18	200 x 200 x 12.5	73
50 x 50 x 4	5.7	120 x 120 x 6.3	22.3	200 x 200 x 16	91.5
50 x 50 x 5	7	120 x 120 x 8	27.9	200 x 200 x 8.3	48.1
60x60x3.2	5.7	120 x 120 x 10	34.2	200 x 200 x 8	60.9
60 x 60 x4	7	120 x 120 x 13	41.8	200 x 200x10	75
60 x 60 x5	8.5	150 x 150 x 5	22.7	200 x 200 x 12.5	92.8
60 x 60 x 6.3	10.5	150 x 150 x 6.3	28.3	200 x 200 x 16	117
70 x 70 x 3.6	7.5	150 x 150 x 8	31.7	25.4500 x 300 x 8	73.1
70 x 70 x 5	10.1	150 x 150 x 10	43.8	300 x 300 x 10	90.7
70 x 70 x 6.3	12.5	150 x 150 x 13	53.4	300 x 300 x 12.5	112
80 x 80 x 3.6	8.8	150 x 150 x 16	66.4	300 x 300 x 16	142
80 x 80 x 5	11.7	180 x 180 x 5	27.4	27.4 350 x 350 x 8	85.7
80 x 80 x 6.3	14.4	180 x 180 x 6.3	34.2	350 x 350 x 12.5	132
80 x 80 x 3.6	9.7	180 x 180 x 8	43	350 x 350x16	167

Fuente: (Yizeng Industria, 2020).

Especificaciones de la sección hueca rectangular RHS (Rectangular Hollow Section).

Tabla 2.2. Especificaciones de la sección hueca rectangular RHS:

Size (mm)	Mass per Metre kg/m	Size (mm)	Mass per Metre kg/m	Size (mm)	Mass per Metre kg/m
50 x 25 x 2.5	2,7	100 x 50 x 3	6,7	140 x 80 x 6.3	20,2
50 x 25 x 2.5	2,7	100 x 50 x 3.2	7,1	140 x 80 x 8	25,1
50 x 25 x 3	3,2	100 x 50 x 3.6	8,0	140 x 80 x 10	30,6
50 x 30 x 2.5	2,9	100 x 50 x 4	8,8	150 x 100 x 4	15,1
50 x 30 x 3	3,4	100 x 50 x 5	10,8	150 x 100 x 5	18,6
50 x 30 x 3.2	3,6	100 x 50 x 6	12,7	150 x 100 x 6	22,1
50 x 30 x 3.6	4,0	100 x 50 x 6.3	13,3	150 x 100 x 6.3	23,1
50 x 30 x 4	4,4	100 x 50 x 8	16,3	150 x 100 x 8	28,9
50 x 30 x 5	5,3	100 x 60 x 3	7,2	150 x 100 x 10	35,3
60 x 40 x 2.5	3,7	100 x 60 x 3.2	7,6	150 x 100 x 12	41,4
60 x 40 x 3	4,4	100 x 60 x 3.6	8,5	150 x 100 x 12.5	42,8
60 x 40 x 3.2	4,6	100 x 60 x 4	9,4	160 x 80 x 4	14,4
60 x 40 x 3.6	5,1	100 x 60 x 5	11,6	160 x 80 x 5	17,8
60 x 40 x 4	5,6	100 x 60 x 6	13,6	160 x 80 x 6	21,2
60 x 40 x 5	6,9	100 x 60 x 6.3	14,2	160 x 80 x 6.3	22,2
60 x 40 x 6	8,0	100 x 60 x 8	17,5	160 x 80 x 8	27,6
60 x 40 x 6.3	8,3	120 x 60 x 3.6	9,7	160 x 80 x 10	33,7
80 x 40 x 3	5,3	120 x 60 x 4	10,7	160 x 80 x 12	39,5
80 x 40 x 3.2	5,6	120 x 60 x 5	13,1	160 x 80 x 12.5	40,9
80 x 40 x 3.6	6,3	120 x 60 x 6	15,5	180 x 100 x 4	16,9
80 x 40 x 4	6,9	120 x 60 x 6.3	16,2	180 x 100 x 5	21,0
80 x 40 x 5	8,4	120 x 60 x 8	20,1	180 x 100 x 6	24,9
80 x 40 x 6	9,9	120 x 60 x 10	24,6	180 x 100 x 6.3	26,1
80 x 40 x 6.3	10,3	120 x 80 x 3.6	10,8	180 x 100 x 8	32,6
80 x 40 x 8	12,5	120 x 80 x 4	11,9	180 x 100 x 10	40,0
90 x 50 x 3	6,2	120 x 80 x 5	14,7	180 x 100 x 12	47,0

Fuente: (Yizeng Industria, 2020).

Especificaciones de la sección hueca circular CHS (Circular Hollow Section).

Tabla 2.3. Especificaciones de la sección hueca circular CHS:

Size (mm)	Mass per Metre kg/m	Size (mm)	Mass per Metre kg/m	Size (mm)	Mass per Metre kg/m
21.3 x 3.21	1.43	137.7 x 10	32	323.9 x 6.3	49.3
26.98 x 3.2	1.87	168.3 x 5	20.1	323.9 x 8	62.3
33.7 x 2.6	1.99	168.3 x 6.3	25.2	323.9 x 10	77.4
33.7 x 3.2	2.41	168.3 x 8	31.6	323.9 x 12.5	96
33.7 x 4	2.93	168.3 x 10	39	323.9 x 16	121
42.4 x 2.6	2.55	168.3 x 12.5	48	355.6 x 8	68.6
42.4 x 3.2	3.09	193.7 x 5	23.3	355.6 x 10	85.2
42.4 x 4	3.79	193.7 x 6.3	29.1	355.6 x 12.5	106
42.4 x 4	3.79	193.7 x 8	36.6	355.6 x 16	134
48.3 x 3.2	3.56	193.7 x 10	45.3	406.4 x 10	97.8
48.3 x 4	4.37	193.7 x 12.5	55.9	406.4 x 12.5	121
48.3 x 5	5.34	219.1 x 5	26.4	406.4 x 16	154
60.3 x 3.2	4.51	219.1 x 6.3	33.1	457.0 x 10	110
60.3 x 4	5.55	219.1 x 8	41.6	457.0 x 12.5	137
76.1 x 5	8.77	244.5 x 6.3	37	508.0 x 16	194
88.9 x 3.2	6.76	244.5 x 10	46.7	193.7 x 16	70.1
88.9 x 4	8.38	244.5 x 10	57.8	219.1 x 20	98.2
88.9 x 5	10.3	244.5 x 12.5	71.5	244.5 x 20	111
114.3 x 3.6	8.83	244.5 x 16	90.2	273.0 x 20	125
114.3 x 5	13.5	273.0 x 6.3	41.4	323.9 x 20	150
141 x 6.3	16.8	273.0 x 8	52.3	355.6 x 20	166
139.7 x 5	16.6	273.0 x 10	64.9	406.4 x 20	191
139.7 x 6.3	20.7	273.0 x 12.5	80.3	406.4 x 25	235
139.7 x 8	26	273.0 x 16	101	457.0 x 20	216
-	-	-	-	457.0 x 25	266

Fuente: (Yizeng Industria, 2020).

2.6.1.3. Tubos seleccionados para el diseño del chasis.

Para el presente diseño se eligió perfiles tubulares CHS en lugar de perfiles redondos macizos o perfiles cuadrados RHS. Escogiendo tubulares CHS por las razones siguientes: (Díaz Rodríguez, 2019).

- Los perfiles perforados son más resistentes a la flexión que los perfiles macizos.
- Tiene la ventaja de que los ejes tienen el mismo radio de giro, es decir sin ejes débiles.
- Tiene mejor apariencia y mejor resistencia aerodinámica.
- Proporciona grandes radios de giro y peso ligero.
- Se pueden evitar los problemas de agrietamiento
- Eficiencia estructural con menores costos.
- Conexión simple y fácil con elementos estructurales.

2.6.1.4. Materiales para el diseño del chasis.

Para seleccionar el tipo de materiales de los tubos para el diseño del chasis, se debe tomar en cuenta los siguientes factores:

- Propiedades mecánicas
- Soldabilidad
- Costos y demanda en el mercado comercial.
- Rentabilidad del material
- Elaboración de los materiales del tubo.
- Composición del tubo.
- Diseño y características de los tubos.
- Ergonomía del tubo
- Resistividad de tubo
- Parámetros de elaboración
- Precios moderados
- Materiales existentes en Ecuador.
- Compatibilidad soldadura MIG
- Características propias de los materiales de los tubos.

Se escoge el acero estructural ASTM A500 grado B por medio de la norma (NTE INEN 2415, 2016), porque en su composición tiene poca aleación de cromo que permite que tenga un mayor valor de soldabilidad por su alto contenido en carbono, cuyas propiedades se muestran en la tabla 2.4.

Tabla 2.4. Tubo estructural conformado de acero ASTM A500, grado B

Tubo estructural conformado de acero ASTM A500, grado B			
Categories: Metal, Ferrous Metal, ASTM Steel, Carbon Steel, Low Carbon Steel			
Material: The Cu content of 0.18% is a minimum content when copper steel is specified			
Key Words: Copper steels, copper-steels, UNS K03000, ASTM A501			
Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	7.85 g/cc	0.284 lb/in ³	Typical of ASTM Steel
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Tensile Strength, Ultimate	400 MPa	58000 psi	
Tensile Strength, Yield	315 MPa	45700 psi	
Elongation at Break	23.0%	23.9%	
Bulk Modulus	140 GPa	20300 ksi	Typical for steel
Shear Modulus	80.0 GPa	11600 ksi	Typical for steel
Material Components Properties	Metric	English	Comments
Carbon, C	<=0.30%	<=0.30%	
Copper, Cu	<=0.18%	<=0.18%	
Iron, Fe	99.0%	99.0%	
Phosphorous, P	<=0.050%	<=0.050%	
Sulfur, S	<=0.0630%	<=0.0630%	

Fuente: (Eaglesteel, 2016.)

Como guía para el diseño del chasis que sea resistente y brinde una garantía de seguridad se ha tomado en cuenta las normativas de seguridad de la RFDA (Estándar para la homologación de estructuras de seguridad de buggies) (R.F.E , 2015).

Para la selección del acero se realizó un análisis de las características de sobrerresistencia del material a través de los factores R_y y R_t , que se exponen en la siguiente tabla 2.5. Esto permitió escoger el mejor acero que se utilizara en el diseño del chasis tubular del proyecto.

Tabla 2.5. Magnitudes de R_y y R_t de acuerdo con el AISC 341-10.

Aplicación	AISC 341-10		Sin error muestral		Con error muestral del 2%	
	R_y	R_t	R_y	R_t	R_y	R_t
ASTM A36	1.50	1.20	1.32	1.15	1.33	1.17
ASTM A529 Gr.50	1.20	1.20	1.08	1.16	1.09	1.17
ASTM A500 Gr.B	1.40	1.30	1.12	1.11	1.12	1.11
ASTM A572Gr.50	1.10	1.10	1.01	1.08	1.12	1.12

Fuente: (Tapia Hernández & García Carrera, 2016)

Gracias a esta tabla de valores se pudo seleccionar el acero ASTM A500 grado B en comparación con los otros, porque sus parámetros de sobrerresistencia del material a través de los factores R_y y R_t , es el adecuado y más útil para el diseño del chasis tubular del proyecto. A continuación, se puede ver las características principales de este acero en la siguiente tabla 2.6

Tabla 2.6. Características del acero ASTM A500 grado B

Presenta alta soldabilidad y ductibilidad, pueden utilizarse electrodos convencionales	
Características	Valores
Normas involucradas	ASTM A 500-03a
Propiedades mecánicas	Esfuerzo a la fluencia mínimo: 46 000 psi Esfuerzo a la tensión: 58 000 psi. Elongación mínima en 50 mm (2"): 23%
Propiedades físicas	Densidad 7.9 g/cm ³ (0.284 lb/in ³)
Propiedades químicas	0.26 % C máx 0.040 % P máx 0.050 % S máx 0.20 % Cu min
Usos	Para componentes estructurales en general, para diseños de chasis de vehículos y construcción.

Fuente: (Sumitec, 2019)

Para el diseño del chasis tubular se utilizará los siguientes diámetros que observa en la siguiente tabla 2.7.

Tabla 2.7. Diámetros de los tubos para el diseño del chasis

Diámetro del tubo externo e interno	
40 afuera mm	35 adentro mm
Diámetro del tubo cuadrado	
40 afuera mm	35 adentro mm
Espesor de 2.5 mm a 3 mm	

En esta figura 2.18 se puede observar el diseño del chasis tubular por medio del acero ASTM A500 grado B, para que todo el proyecto este compacto y sea funcional dentro del Campus Universitario.

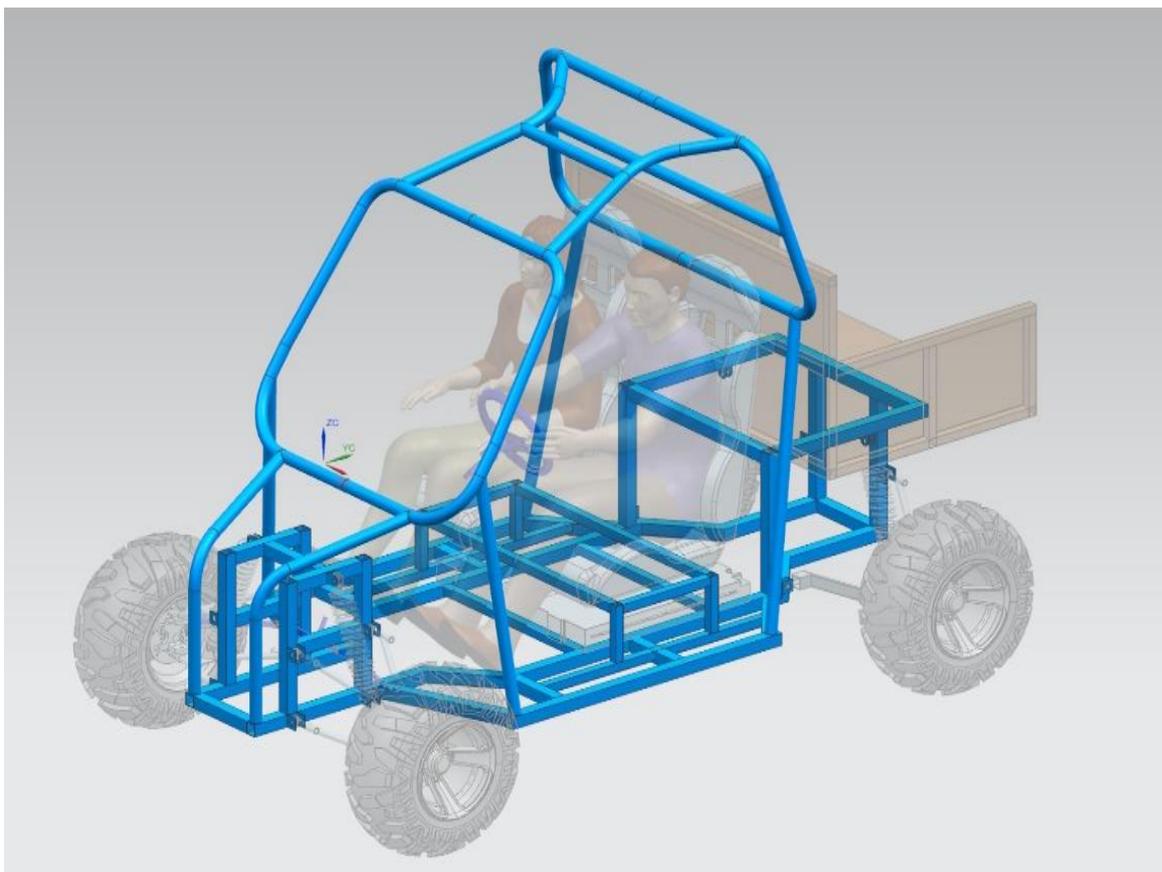


Figura 2.18. Tubos de acero ASTM A500 grado B para el diseño del chasis.

2.6.1.5. Dimensiones generales del chasis

Vista superior

En esta vista se puede observar los dobleces de los tubos que conforman el techo del habitáculo los cuales están a 30 grados, los tubos que están en la parte posterior y en la parte delantera son tubos rectos que están unidos a la parte frontal del chasis con una unión de boca de pescado, esto sirve para tener una mejor unión entre los tubos al momento de realizar la soldadura por medio de una suelda MIG como se muestra en la figura 2.19.

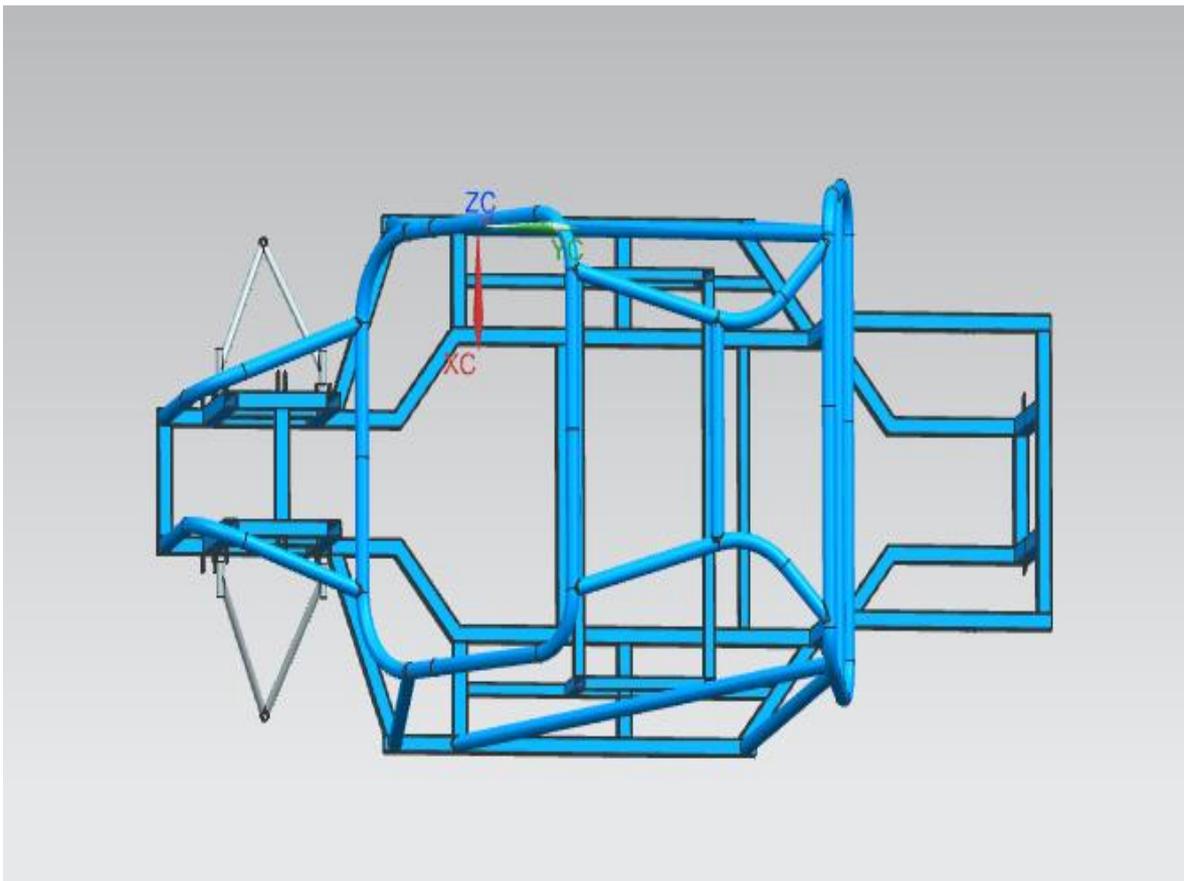


Figura 2.19. Vista superior del prototipo.

La distancia entre la parte delantera con la parte posterior, es decir la longitud del chasis del vehículo es de 2535mm, la parte más ancha del chasis es de 1261mm que se encuentra ubicado en la parte principal del vehículo, la parte del capo o la punta es de 301mm de ancho. En la cabina principal tenemos las siguientes medidas: La longitud del cuadrado principal se tiene 1422mm que representa la cabina donde están los asientos del piloto y copiloto, tiene de

ancho 656mm igual representa la cabina principal donde están los asientos con toda su estructura que tiene tubos de 2.5 mm a 3 mm de espesor como se muestra en la figura 2.20.

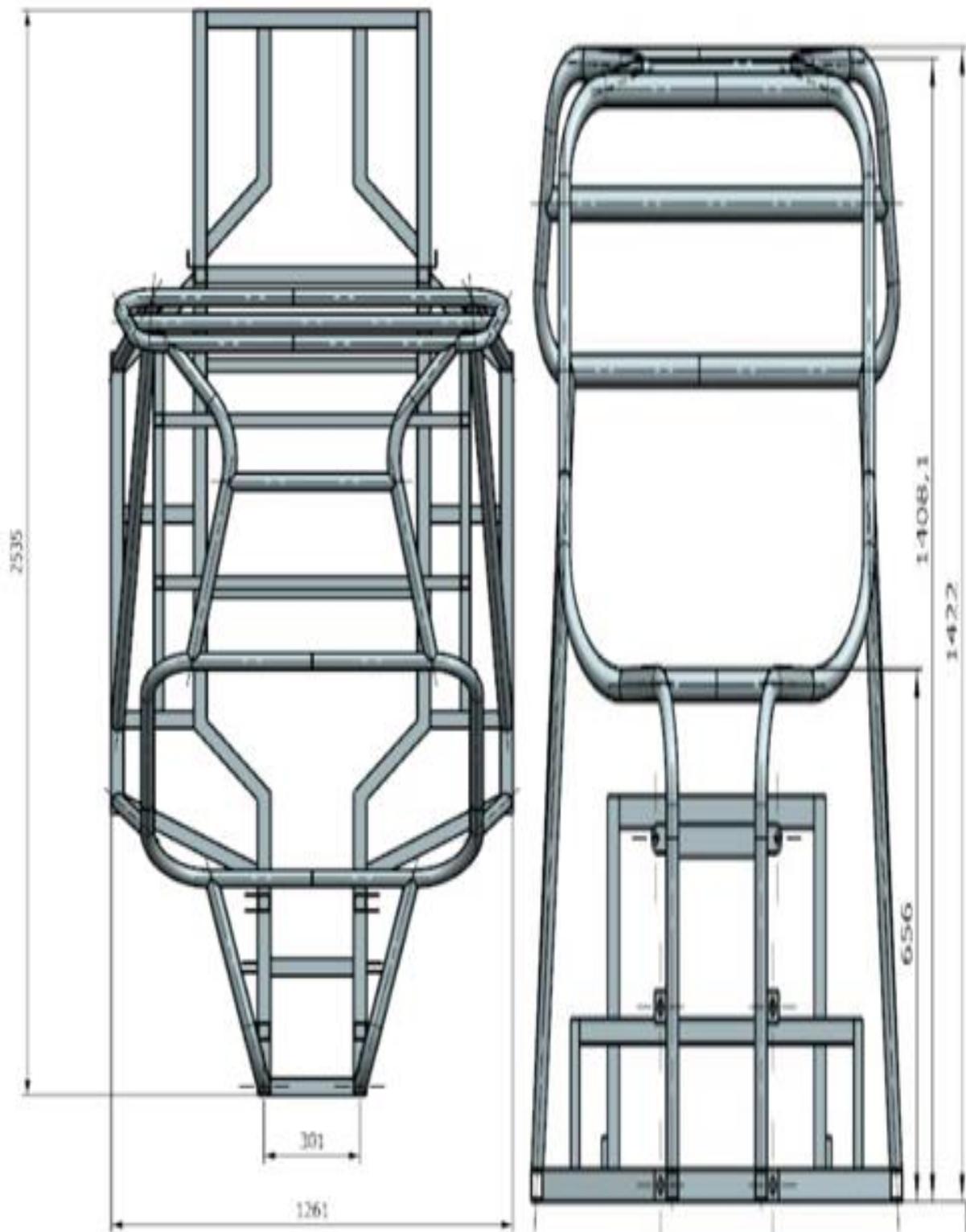


Figura 2.20. Vista superior del chasis.

Vista lateral izquierda o derecha

En esta vista lateral se puede observar el proceso del diseño el cual se tomó de referencia un chasis UTV que tiene diferentes características para la protección de los ocupantes y como una función tiene fácil movilidad de los mismos. Estos tubos con que se realizaron para el diseño del chasis cumplen con la normativa establecida, los cuales son en la base tubos cuadrados y para la parte superior tubos redondos sin costura. Como se muestra en la figura 2.21.

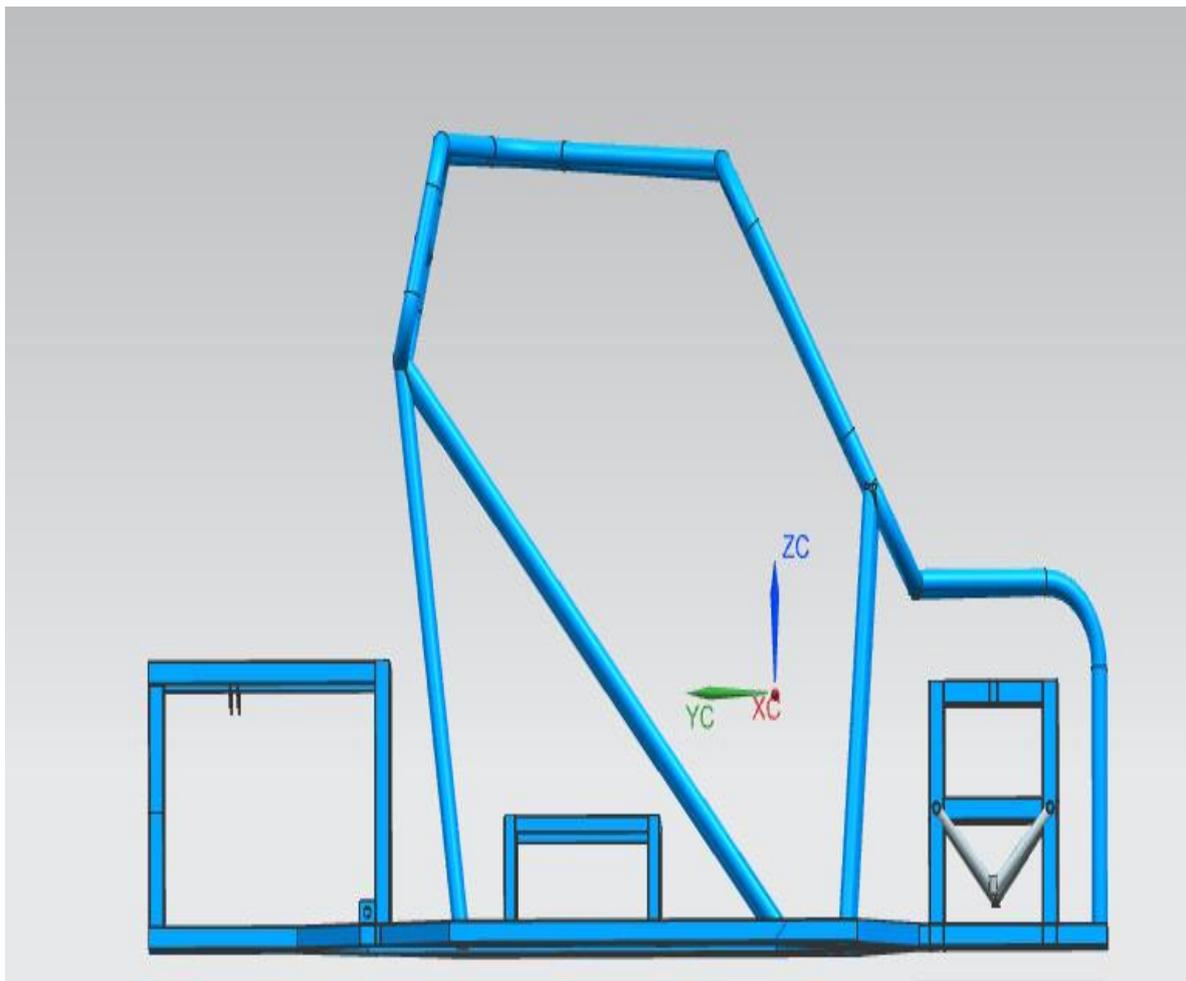


Figura 2.21. Vista lateral izquierda o derecha.

Para esta vista tenemos la altura total del chasis que es de 1402mm que en metros es de 1.402, después de esto se encurta la altura que va hasta los asientos que es de 1024mm, seguido de esto la altura de la cabina de soporte donde está la dirección del vehículo es de 801mm, a continuación, se tiene la altura de las suspensiones que es de 465mm todo esto se encuentra en la cabina delantera. Pasando de la parte delantera a la posterior se ver la longitud total del

chasis que es de 2535mm y por último en la parte posterior tenemos la altura de la caja de herramientas o caja para trasladar los materiales de 500mm como se muestra en la figura 2.22.

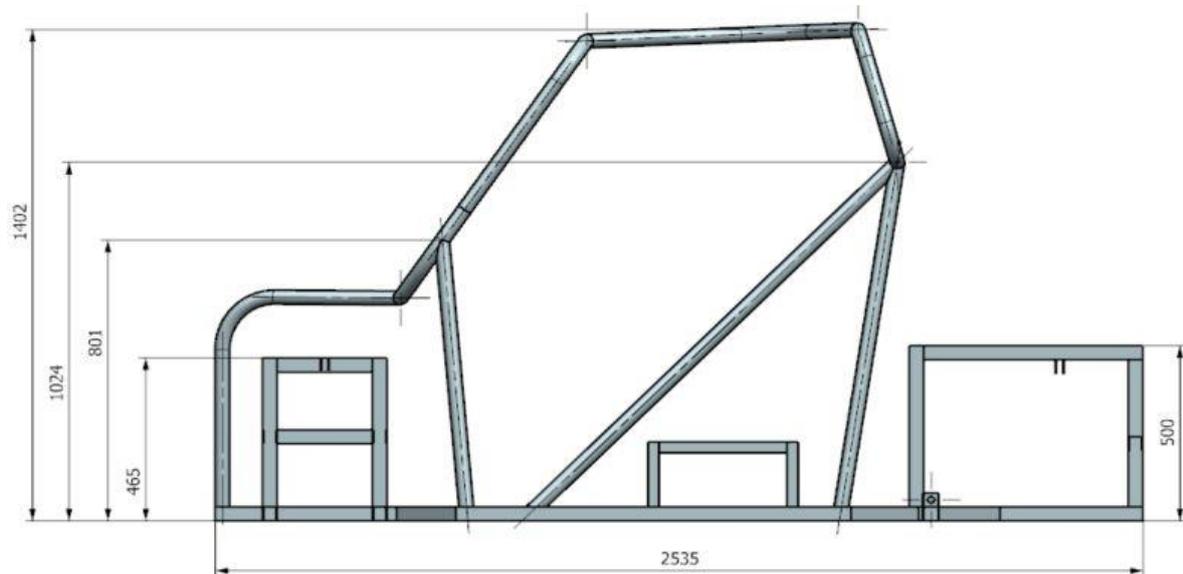


Figura 2.22. Vista lateral izquierda o derecha.

Vista frontal o vista delantera

En la parte delantera se diseñó por medio de tubos cuadrados que van entre lazados para soportar diferentes cargas dinámicas como estáticas, las cuales permiten distribuir de mejor manera las vibraciones de la suspensión, en el tubo cuadrado se puede realizar de mejor manera las sujeciones donde va a ir sostenida la suspensión delantera del prototipo de diseño UTV. Como se muestra en la figura 2.23.

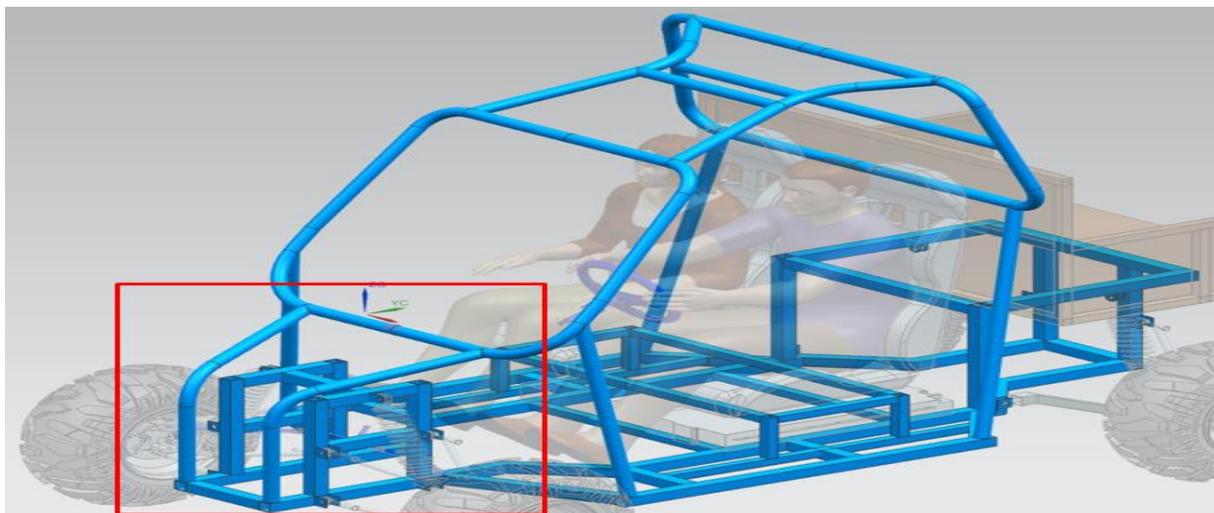


Figura 2.23. Vista frontal o vista delantera

Vista posterior con balde y sin balde.

En la parte posterior que constituye el balde, tiene una base rígida diseñada con tubos cuadrados para asentar dicho balde con un mejor posicionamiento del mismo para tener una sujeción al momento de la implementación. El balde que va sujetado a las bases tiene como finalidad llevar carga, equipos y herramientas hacia los diferentes talleres siendo intercampus de la Universidad Técnica del Norte como se planea utilizarlo cuando esté terminada el chasis y también tiene las sujeciones para la suspensión trasera con las dimensiones adecuada para la posterior implementación en el chasis tubular. Como se muestra en la figura 2.24.

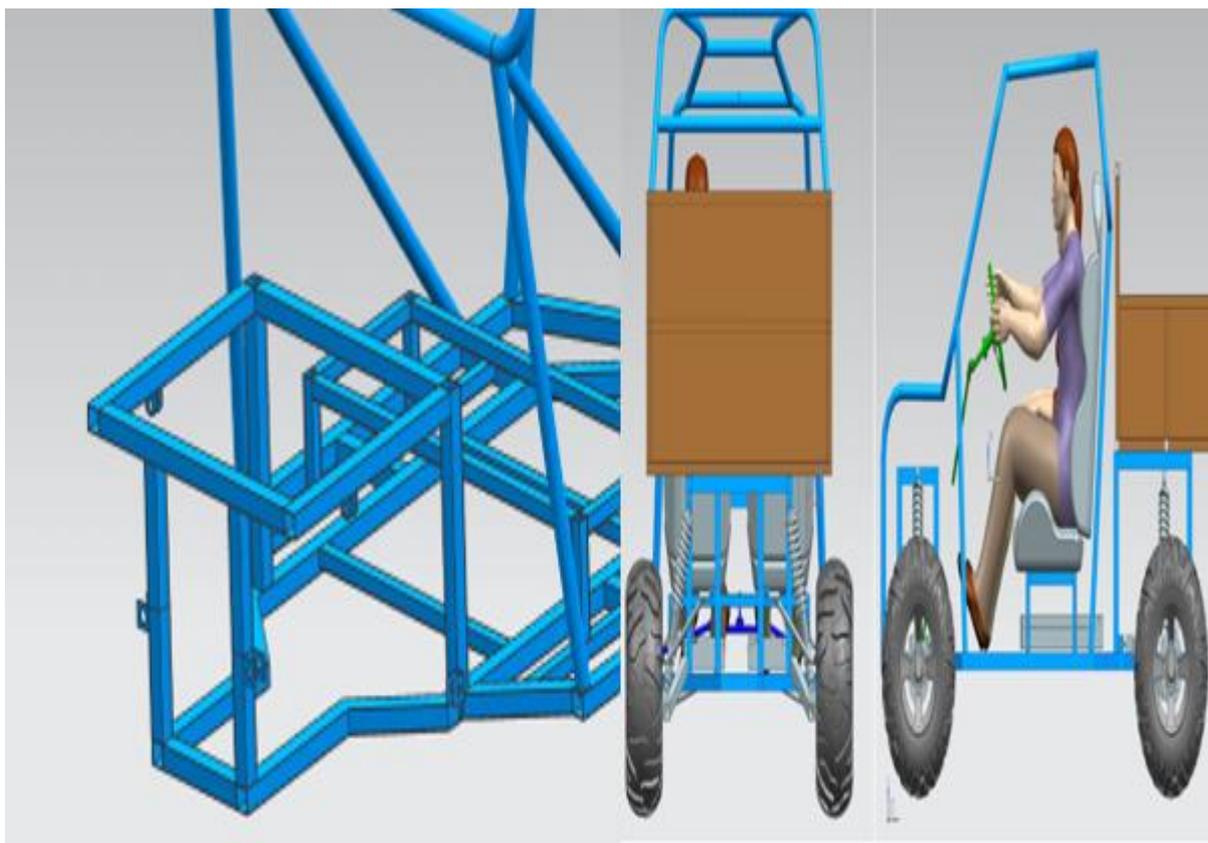


Figura 2.24. Vista posterior con balde y sin balde.

2.6.1.6. Dimensiones generales del vehículo

Ancho de vías delanteras

La vía de un vehículo, o el ancho de vía, es la distancia entre la línea central de cada una de las dos ruedas del mismo eje en un vehículo determinado, en este caso la medida es de 1354.0025mm con un ángulo de inclinación de 9.6190° tomados desde el suelo al neumático como se muestra en la figura 2.25.

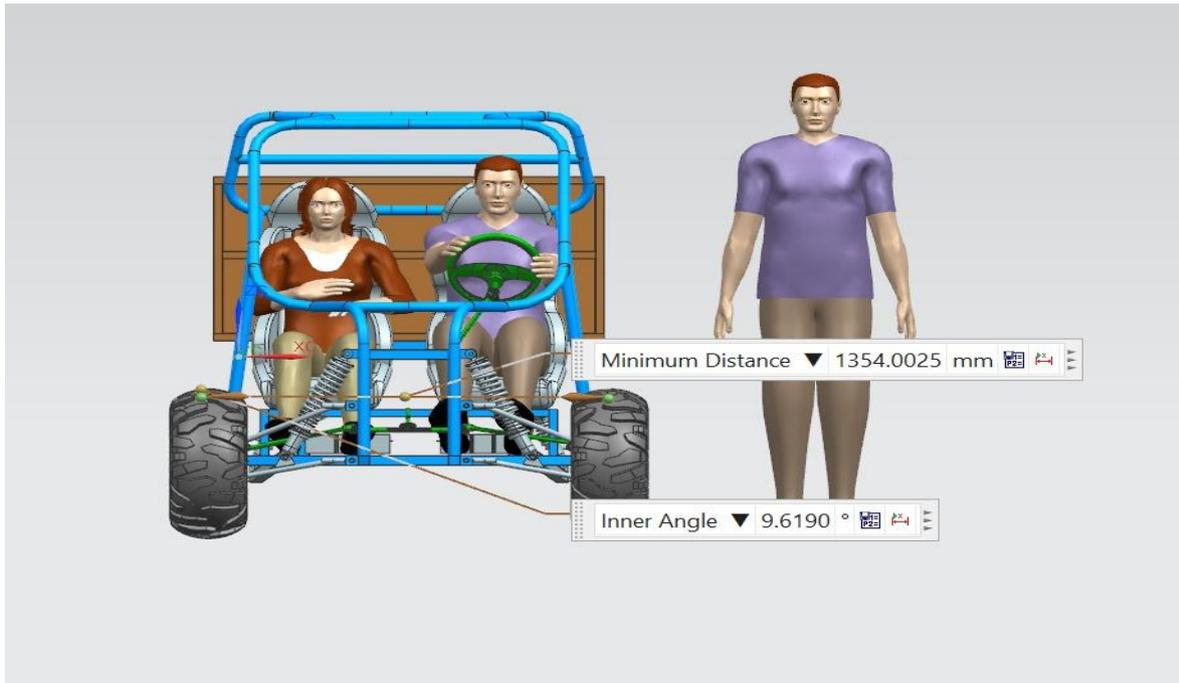


Figura 2.25. Ancho de vías delanteras

Ancho de vías posteriores

La vía de un vehículo, o el ancho de vía posterior, es la distancia entre la línea central de cada una de las dos ruedas del mismo eje en un vehículo en la parte posterior, en este caso la medida es de 1381.2750mm con un ángulo de inclinación de 18.3258° tomados desde el suelo al neumático como se muestra en la figura 2.26.

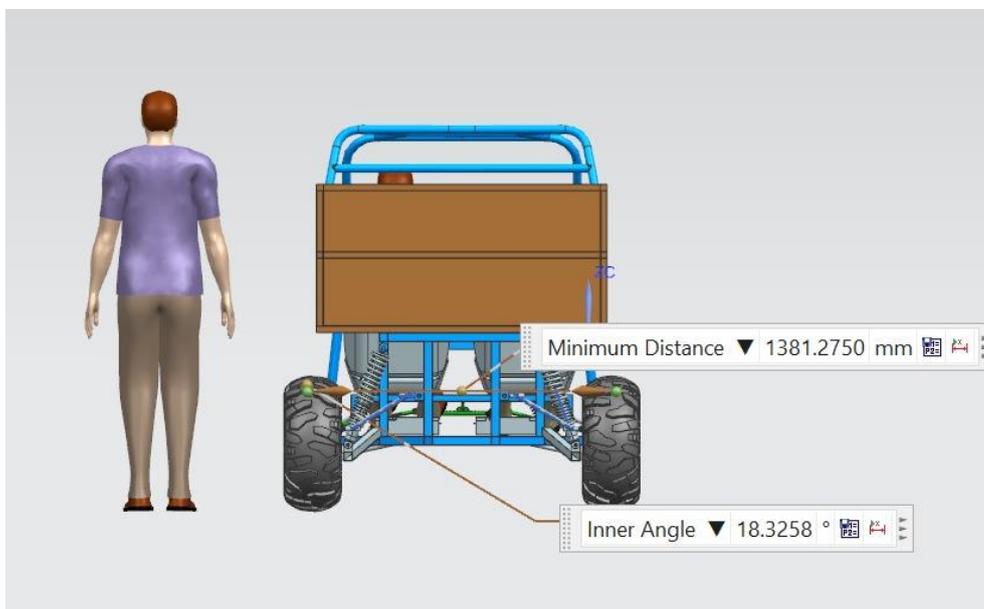


Figura 2.26. Ancho de vías posteriores

Distancia proporcional de los ejes.

Es una medida del prototipo de chasis tubular, que calcula la distancia desde el centro de la rueda del eje delantero al centro de la rueda del eje trasero, y el resultado de esta medida es de 2060.1424 mm, como se muestra en la figura 2.27.

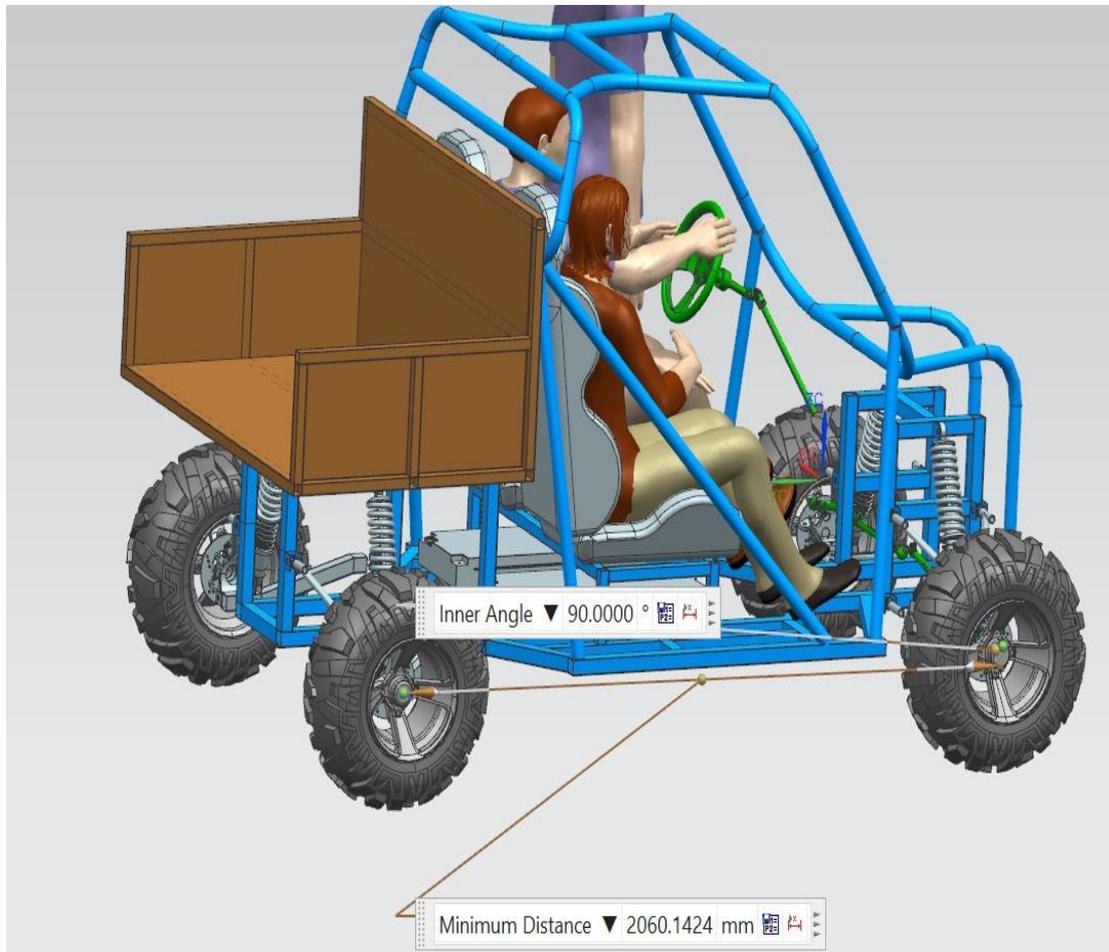


Figura 2.27. Distancia entre ejes

2.6.2. Distribución de masas principales en el chasis

Para este diseño se tomará en cuenta las masas principales las cuales son: las masas de los pilotos, los asientos de las personas que se subirán al vehículo en este caso serán dos asientos piloto y copiloto, las baterías y las llantas que por lo general son similares en peso, para que al momento de conducir el piloto tenga una posición adecuada y cómoda para conducir. En el diseño del chasis es importante que las masas estén distribuidas de manera correcta para que tenga un equilibrio en todo el vehículo eléctrico. En la tabla 2.8 se muestran las masas consideradas como las principales para este diseño.

Tabla 2.8. Masas de los elementos principales en Kg

Distribución aproximada de cargas en el vehículo	
Elementos principales	Masas en kilogramos (kg)
Estructura tubular chasis	190 kg
Piloto	75kg
Copiloto	75kg
Batería de iones de litio Tesla	25kg cada una 2 baterías 50kg
Llanta Rin 14 In-Wheel	4 llantas 30kg
Asientos del piloto y copiloto	Cada asiento 10kg --20kg
Carrocería	14 kg
Partes mecánicas, accesorios, sistema eléctrico, equipamiento	40Kg
Amortiguadores	16 k
Suspensión	25 kg
Total	535 kg

El vehículo eléctrico de chasis tubular posee dos baterías de iones de litio Tesla Modelo S18650 Módulo EV - 22,8 voltios, 5,3 kWh. Estas son baterías con mayor eficiencia energética del mercado, tienen conversiones hasta de 200 millas por carga. El módulo Modelo S en su interior tiene 3400 mAh con una capacidad nominal de 500 A y una capacidad máxima de 750 A.

También disponen de un sistema BMS (Battery Management System) y dos termistores integrados. Estos paquetes de baterías contienen 444 celdas con fusibles individuales en cada celda, estas baterías serán ubicadas debajo de los asientos para que el chasis cumpla con sus necesidades de diseño.

Por medio del software SolidWorks se realizó la simulación de donde se encuentran ubicados los principales elementos de este diseño, para cumplir con el centro de gravedad de todas las masas como se observa en la figura 2.28. La altura del centro de gravedad es de 35.4 cm o 225mm y las distancias entre ejes delanteros de 1354.0025mm y distancia entre ejes posteriores de 1381.2750mm, estas medidas nos permiten distribuir las masas en un 53% en la

mitad del vehículo, para que las suspensiones funcionen correctamente y el carro este distribuido sus masas en equilibrio.

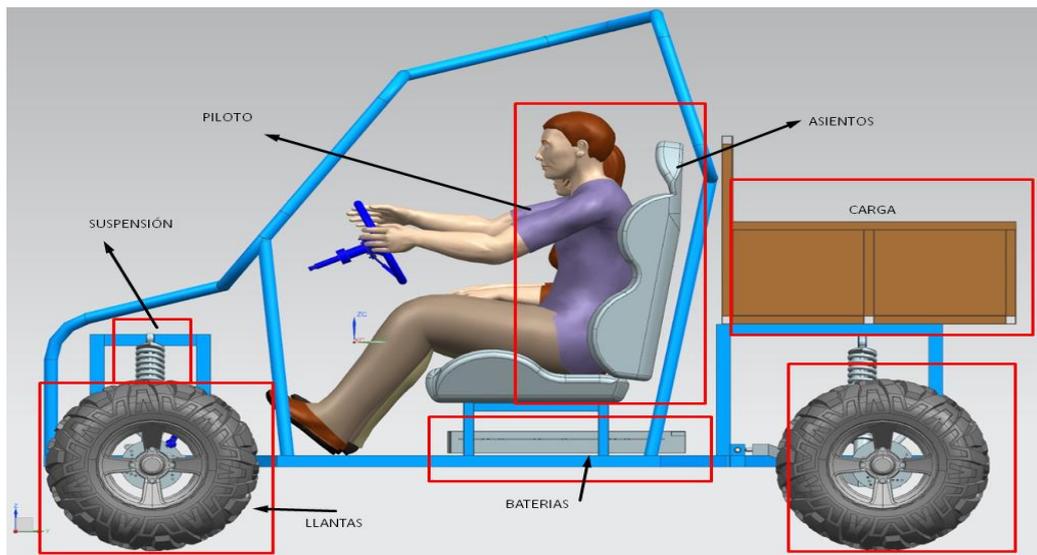


Figura 2.28. Distribución de componentes del vehículo

2.6.2.1. Distribución del centro de gravedad

Se coloca el chasis tubular en posición horizontal para encontrar el centro de gravedad con respecto a sus ejes, con esto se puede establecer el peso total del vehículo y el peso que tiene cada parte de la estructura, la parte frontal está caracterizada con la letra A y la parte posterior con la letra B para obtener la distancia que existe entre X--Y, para establecer el peso final que soporta el vehículo. (Cascajosa, 2005).

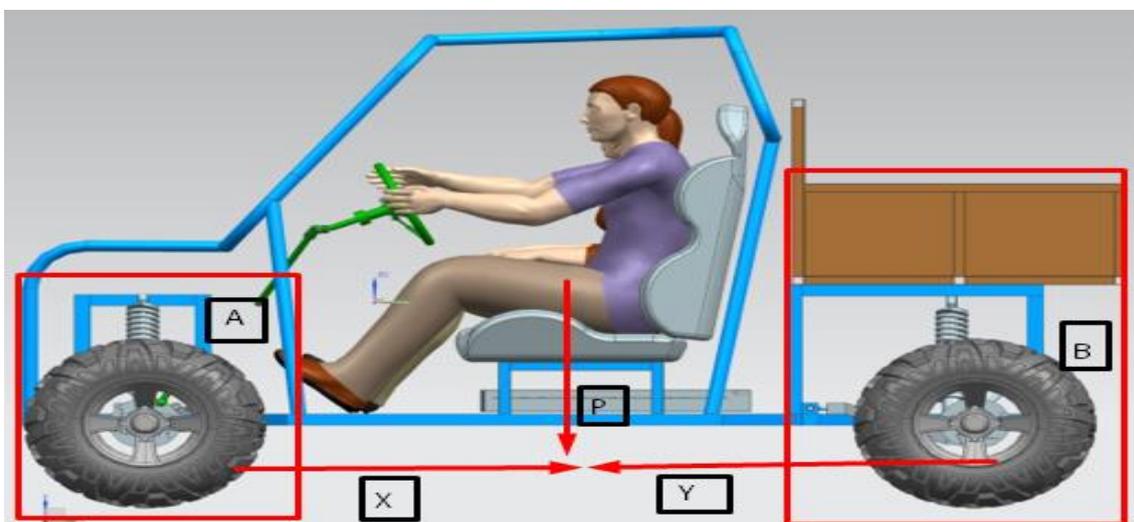


Figura 2.29. Distribución de componentes centro de gravedad del vehículo

$$A * (X+Y) = P*Y$$

$$X+Y=L=De$$

$$A=P*\frac{Y}{L}=P*\frac{X}{L}$$

Dónde:

P = Peso del vehículo en Kg

A = Peso de la parte delantera en Kg

B = Peso de la parte posterior en kg

X = Distancia entre A y P en metros o milímetros

Y = Distancia entre B y P en metros o milímetros

L = Distancia total en metros o milímetros

2.6.2.2. Distribución de las masas horizontal

Para que las cargas estén equilibradas y exista el centro de gravedad es importante tener la siguiente distribución de cargas:

Porción frontal 40%

Porción trasera 60%

Peso bruto incluidos los pasajeros (535 kilogramos)

Peso del eje delantero (A = 60 kilogramos)

Peso sobre el eje trasero (B = 170kg)

2.6.2.3. Valores de las posiciones de las distancias X y Y.

Realizando las operaciones se obtiene los valores de X--Y.

$$L=X+Y=2.535\text{m o } 2535\text{mm}$$

$$Y=\frac{A*L}{P}$$

$$Y=\frac{60\text{kg}*2.5\text{m}}{435\text{kg}}$$

$$Y=0.65\text{m}$$

$$X=\frac{B*L}{P}$$

$$X=\frac{170\text{kg}*2.5\text{m}}{435\text{kg}}$$

$$X=1.88\text{m}$$

$$L=1.88\text{m} + 0.65\text{m} = 2.53\text{m}$$

2.6.2.4. La posición de altura establecida para el centro de gravedad.

Para calcular la altura H, se debe tomar en cuenta el peso delantero y posterior, seguido de esto se emplea la ecuación de momentos. Los ángulos de inclinación de 15° a 30° se utilizan como datos para encontrar el resultado de la distancia H. (BLANES BRIET, 2018)

$$H = \frac{P(\text{Rin}(\text{tg}\alpha) + Y - B(X+Y))}{P \text{tg}\alpha}$$

Donde:

H = Altura.

α = Ángulo de inclinación del chasis.

Rin = Radio de cobertura de la llanta o Rin (14 pulgadas o 0.3556m).

Para calcular la altura H se debe tomar en cuenta los ángulos de 15 o 30 grados que pertenecen a la pendiente del vehículo.

$$H = \frac{P(\text{Rin}(\text{tg}\alpha) + Y - B(X+Y))}{P \text{tg}\alpha}$$

$$H = \frac{435\text{kg}(0.3556\text{m}(\text{tg}30^\circ) + 0.65\text{m} - 170\text{kg}(1.88\text{m} + 0.65\text{m}))}{435\text{kg} \text{tg}30^\circ}$$

$$H = 1.402\text{m}$$

2.6.3. Posición del piloto para conducir.

El puesto o posición del conductor se determina revisando las referencias del Capítulo 1 en base a los objetivos de diseño y construcción del chasis tubular eléctrico. Según Mark Porter (1998), menciona que el torso y las extremidades del piloto están definidas por valores o posiciones adecuadas como se muestra en tabla 2.9.

Tabla 2.9. Medidas estadísticas proporcionales masculino y femenino.

Número de dimensión	Descripción	Dimensiones	
		95 percentil masculino	5 percentil femenino
1	Altura de pie	186.5 cm	151.5cm
5	Altura de cadera	100 cm	74 cm
8	Altura sentada	97 cm	79.5 cm
10	Altura de hombros sentado	64.5 cm	50.5 cm
17	Ancho de hombros	50.5 cm	37.5 cm
19	Ancho de caderas	40.5 cm	31 cm
25	Longitud total del brazo	71.5 cm	55.5 cm
30	Longitud del pie	28.5 cm	22 cm
31	Ancho del pie	11 cm	8.5 cm

Fuente: (Porter, 1998)

Para ajustar el asiento del conductor, primero se debe verificar la distancia entre piloto y el volante. Con la espalda relajada y apoyada en el asiento, se estiran los brazos hacia adelante y se extienden los codos. Si su muñeca toca o está cerca de tocar la parte superior del volante, según el ángulo del volante, obtenemos la posición correcta del asiento del automóvil. Al sostener el volante, las manos deben estar relajadas, los codos deben estar medio flexionados y el ángulo máximo debe ser de 45 grados. Como se muestra en la figura 2.30.

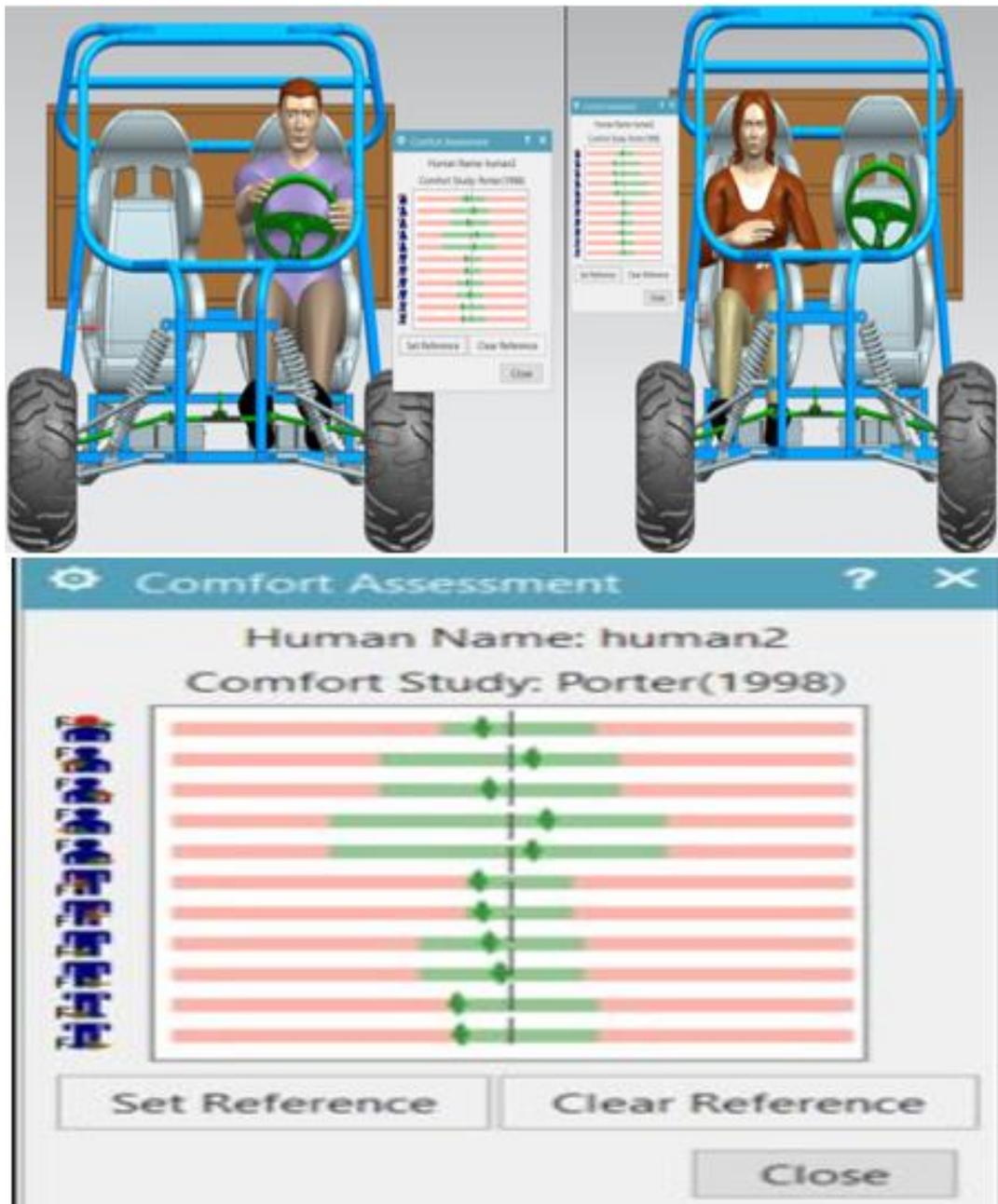


Figura 2.30. Posición del piloto para conducir.

(Porter, 1998)

2.6.4. Especificaciones generales de una suspensión

El sistema de suspensión fue diseñado junto con el chasis para transferir cargas estructurales. Se recomiendan las siguientes opciones de suspensión para este proyecto:

Suspensión delantera de doble horquilla tipo A: Este tipo de suspensión se lo fabrica a un costo bajo en relación con otras suspensiones, no ocupa mucho espacio y de bajo peso para ayudar a que el chasis tubular sea más ligero en el peso total. En el chasis tiene diferentes puntos de amarre para los brazos, amortiguadores y barras estabilizadoras. McPherson con Llanta Rin 14 In-Wheel como se muestra en la figura 2.31.



Figura 2.31. Suspensión delantera

Suspensión posterior con dos links o doble tensor: amortiguador y espiral McPherson con Llanta Rin 14 In-Wheel como se muestra en la figura 2.32.

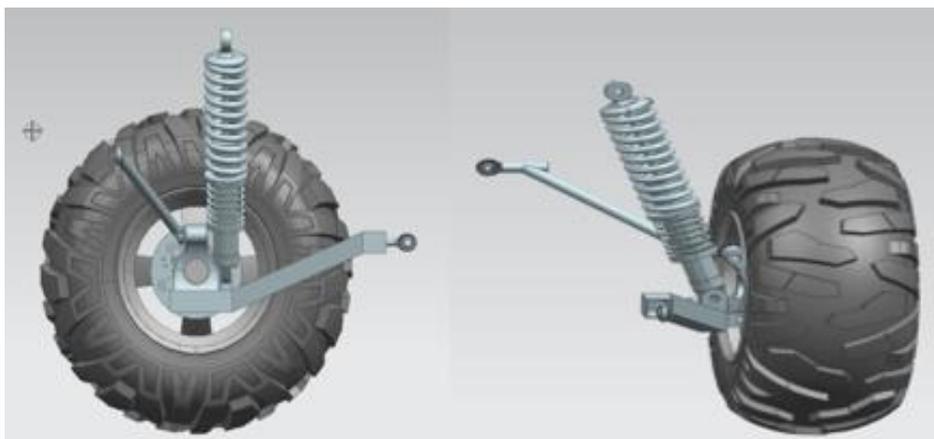


Figura 2.32. Suspensión posterior.

2.6.4.1 Suspensión delantera.

Suspensión delantera se diseñó con el objetivo de optimizar el espacio que se tiene en el chasis tubular mediante un sistema de doble horquilla que nos ayuda a reducir peso y facilidad de fabricación de mismo. Como se muestra en la figura 2.33.

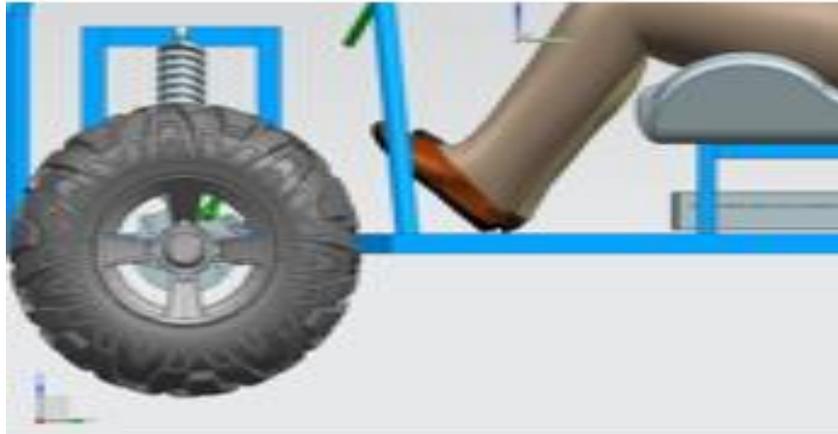


Figura 2.33. Suspensión delantera.

2.6.4.2 Suspensión posterior sin balde.

En esta suspensión posterior se tomó en cuenta el peso que llevara el chasis tubular por lo cual se recomienda utilizar el sistema de doble tensor que nos permite rigidez, eficiencia y comodidad al conducir. Como se muestra en la figura 2.34.

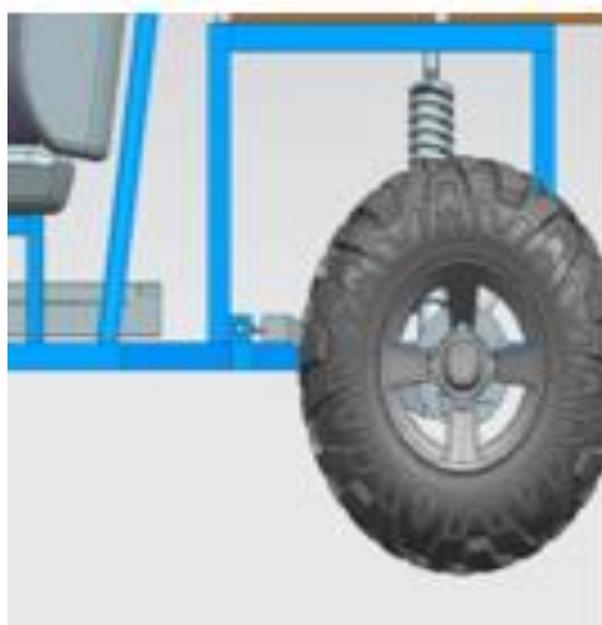


Figura 2.34. Suspensión posterior sin balde.

2.6.4.3 Suspensión posterior con balde.

El balde está ubicado en la parte posterior del chasis con la finalidad de llevar equipos, herramientas y materiales del taller de un lugar hacia otro específico, esto se debe a que se lo utilizara como un vehículo eléctrico intercampus. Como se puede ver en la figura 2.35 en el diseño de este prototipo tiene un balde de madera para reducir el peso total que tendrá el chasis tubular cumpliendo con las normas de construcción y buenas técnicas de ingeniería.

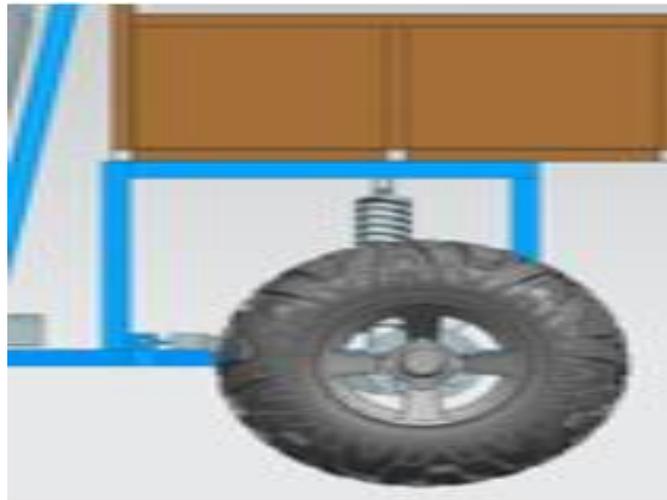


Figura 2.35. Suspensión posterior con balde.

2.6.4.4. Suspensión delantera y suspensión posterior.

Este tipo de suspensión delantera y trasera se recomienda para la implementación en el chasis tubular para un vehículo eléctrico intercampus, gracias a que tiene un alto rendimiento y un costo bajo al momento de su fabricación. Con esto ayudara también a tener una buena estabilidad y confort en el chasis al conducir de un lugar a otro. Como se muestra en la figura 2.36.

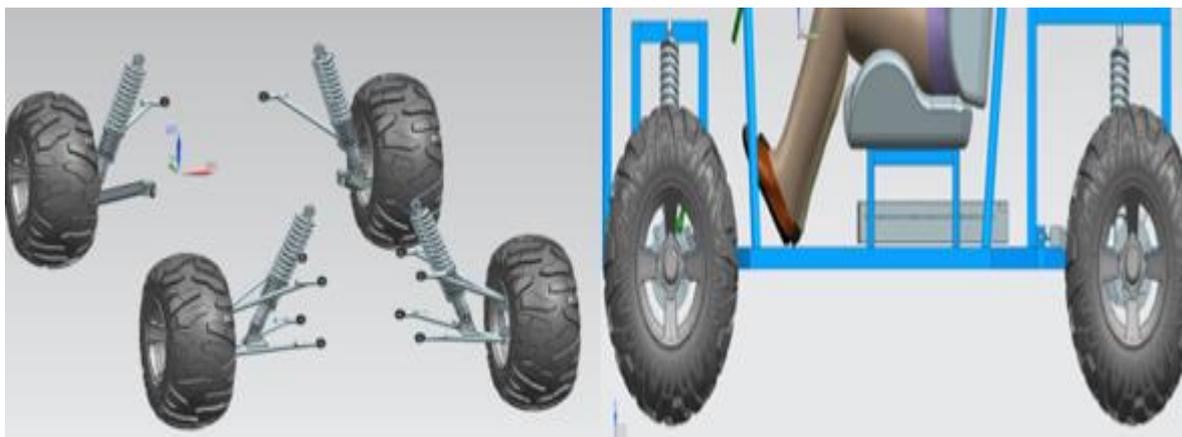


Figura 2.36. Suspensión delantera y suspensión posterior

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Concepto de SOLIDWORKS.

Lanzado por primera vez en todo el mundo en 1999, el programa brinda fácil acceso al mundo del diseño CAD. Con el tiempo, el programa se convirtió en una herramienta comercial y personal, y una de sus mayores fortalezas es la variedad de simulaciones en fluidos, electricidad, mecánica y otros campos. Es una aplicación de automatización de diseño mecánico que permite a los diseñadores desarrollar ideas rápidamente, experimentar con características, dimensiones y generar modelos y dibujos detallados (SolidWorks, 2015). Como se puede ver en la figura 3.37.



Figura 3.37. SOLIDWORKS 2020.

(DMD, 2021)

3.2. Inicio para la construcción del chasis.

Para realizar la construcción del chasis se debe realizar un bosquejo en el piso como referencia para las diferentes medidas que conforma todo el chasis esto nos da la pauta para iniciar la construcción del chasis tubular tomando en cuenta los planos estructurales para que el chasis tenga un centro de gravedad bajo para que tenga estabilidad y una distribución correcta de las masas y sus diferentes componentes que conformaron el chasis.

3.3. Presentación de la geometría tubular

El diseño se realizó en SOLIDWORKS 2020, tiene una simulación en 3D que tiene una correcta ubicación en el origen de las coordenadas, que permite realizar el correcto análisis de la estructura chasis tubular. Tiene tres partes fundamentales que son la parte delantera donde se encuentra la cabina principal para ubicar la suspensión delantera y sus componentes, seguido esta la cabina central donde se va ubicar los asientos la dirección y en la parte de abajo las baterías del vehículo eléctrico y por ultimo tenemos la parte posterior donde se puede ubicar un cajón para llevar los materiales y se ubica la suspensión trasera como se muestra en la figura 3.38.

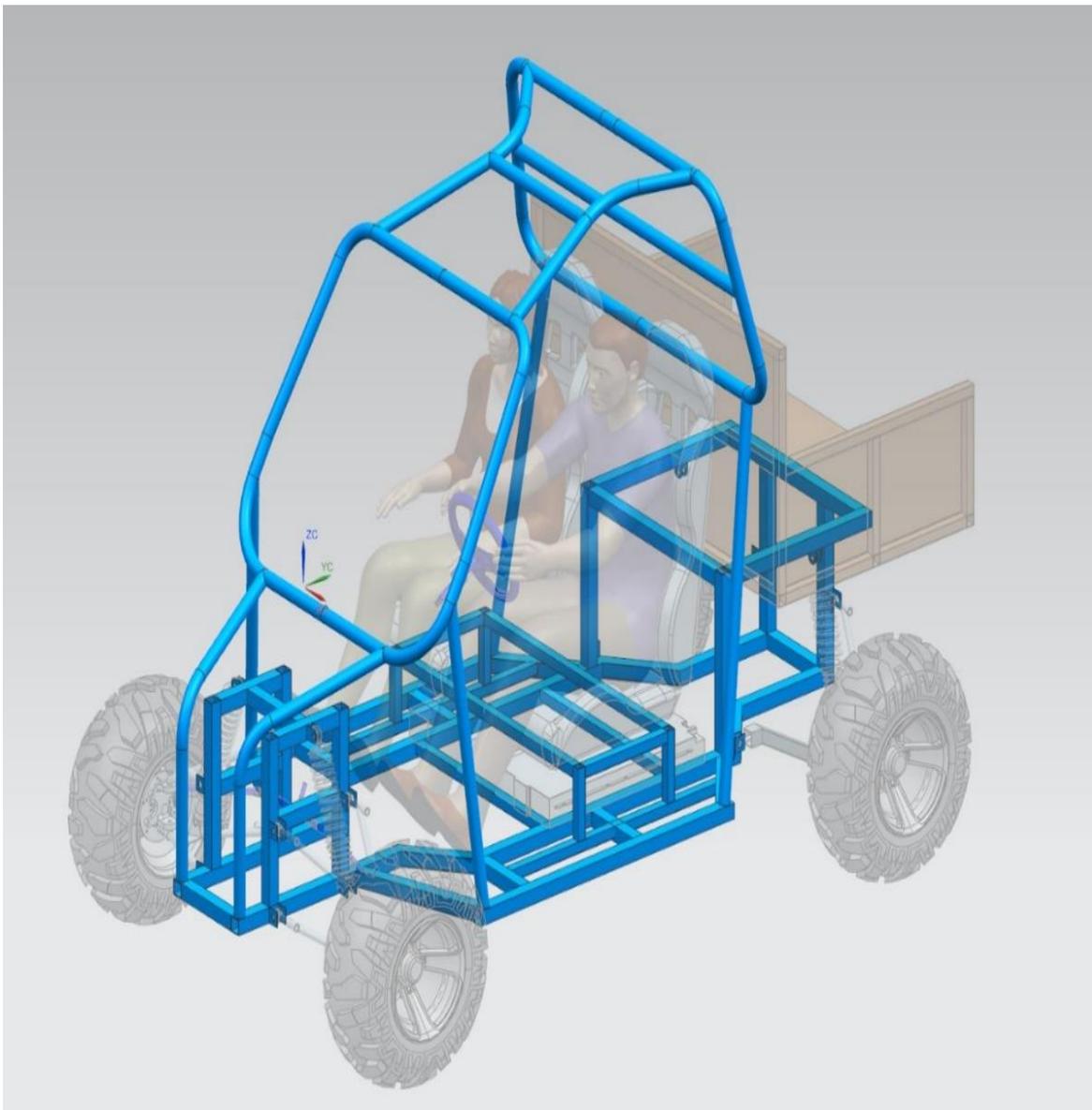


Figura 3.38. Simulación de la geometría tubular del chasis UTV.

3.4. Determinación de la malla lateral.

Para realizar el mallado a toda la estructura se selecciona el tipo de acero con el cual se va realizar la simulación, y se abre el proyecto de la simulación del chasis tubular. Primero se selecciona el método de dimensionamiento automático que se aplicará a toda la estructura, luego se define el tipo de acabado medio con la transición de acabado rápido, y finalmente se genera los elementos del multi-nodo rejilla de malla.

Para elaborar la malla lateral se empieza tomando como primer punto de referencia las horquillas que forman parte de las bases de la suspensión delantera y posterior como indica en la figura 3.39.

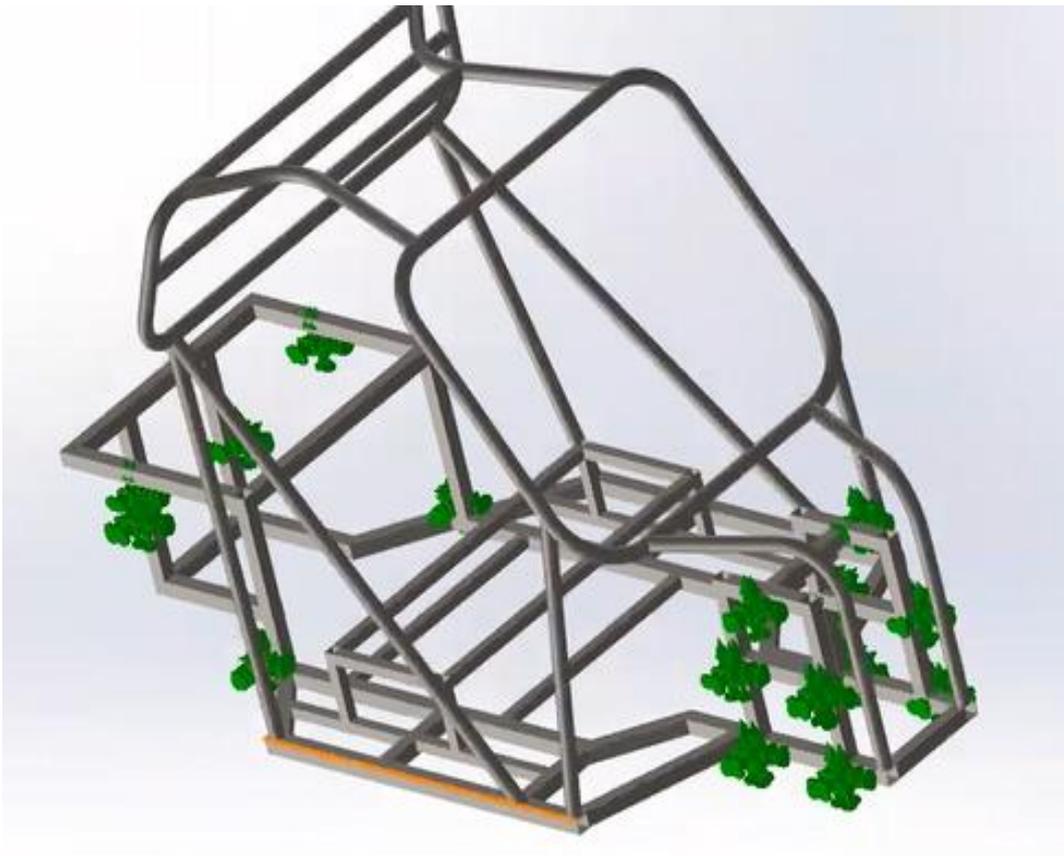


Figura 3.39. Referencia las horquillas de la suspensión delantera y posterior.

Como segundo paso se toma de referencia un punto lateral de la cabina central del chasis que se encuentra en el lado derecho, este punto se debe tomar en la base del tubo cuadrado ya que es un área plana que permite someter una carga para efectos de estudio y como tercer punto de referencia se toma el tubo circular lateral en el mismo lado que se toma de referencia el punto 2 que forma parte de la cabina del chasis como indica en la figura 3.40.

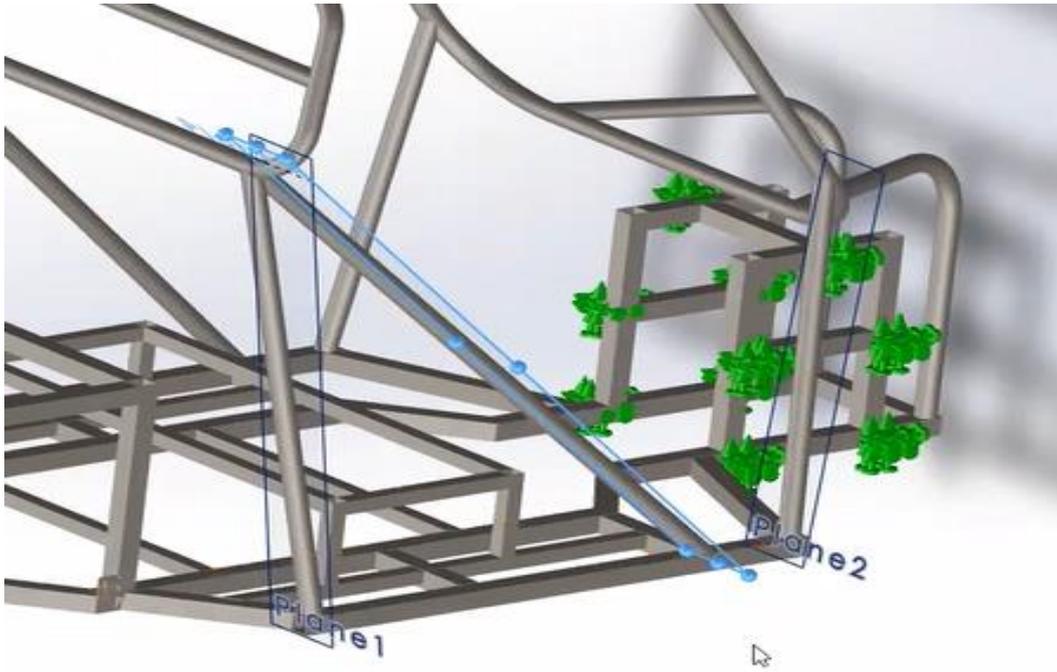


Figura 3.40. Referencia punto 2 cabina central tubos.

3.5. Determinación de la malla frontal.

Para elaborar la malla frontal se empieza tomando como primer punto de referencia toda la base del chasis del vehículo eléctrico como indica en la figura 3.41.

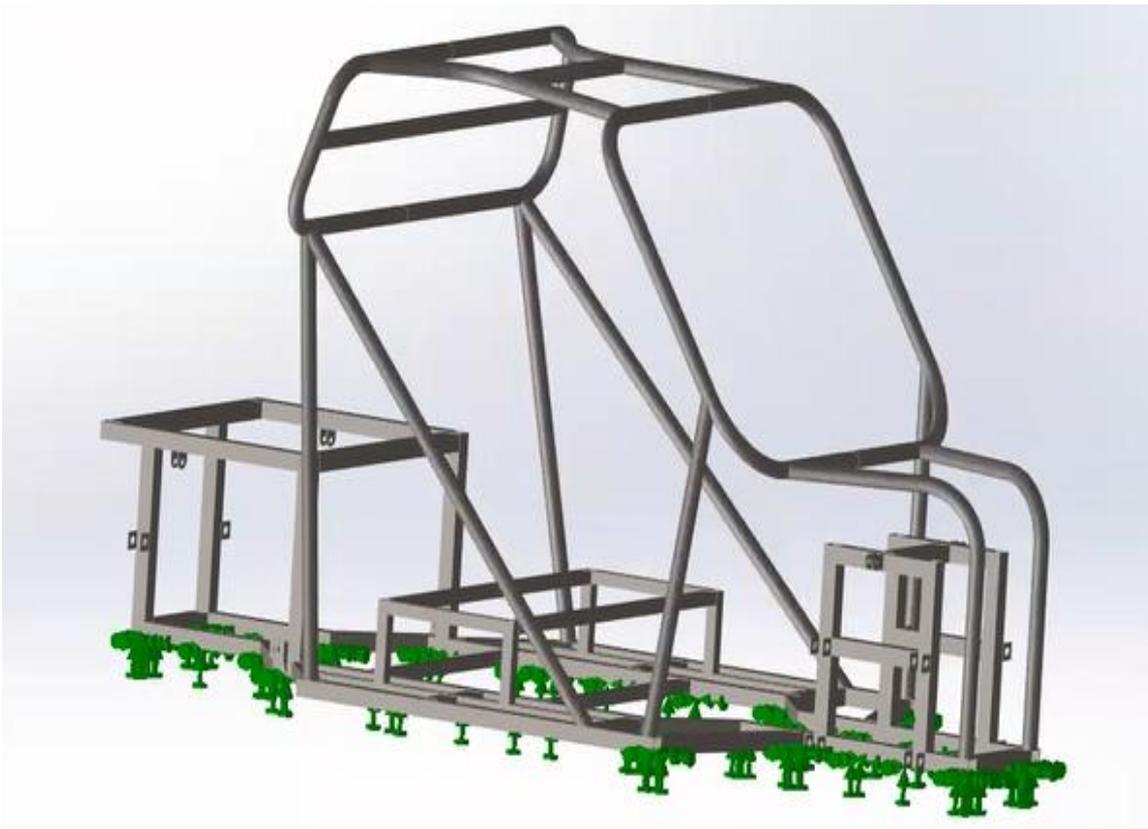


Figura 3.41. Referencia base del chasis.

Como segundo paso se toma de referencia los tubos principales del frente del chasis del vehículo eléctrico que permite someter una carga para efectos de estudio es decir se toma toda la parte frontal para la referencia del mallado como indica en la figura 3.42.

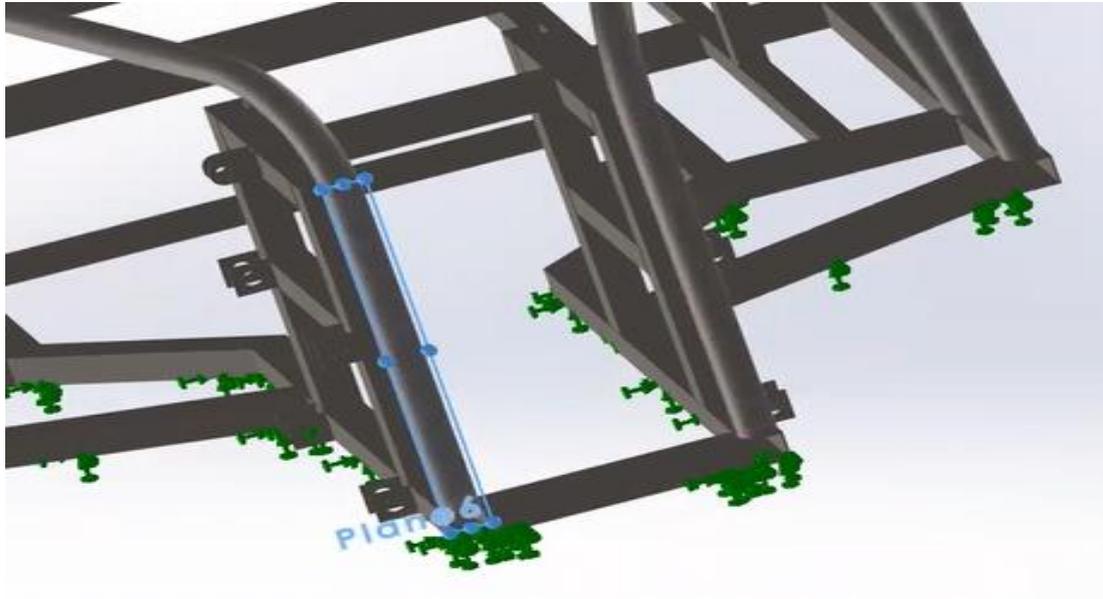


Figura 3.42. Referencia parte frontal

3.6. Aplicación de cargas laterales

Para aplicar las cargas se empieza en la base lateral derecha del chasis porque es un área plana que nos permite someter una fuerza que en este caso es de 1000 N o en kilogramos fuerza es 100 como indica en la figura 3.43.

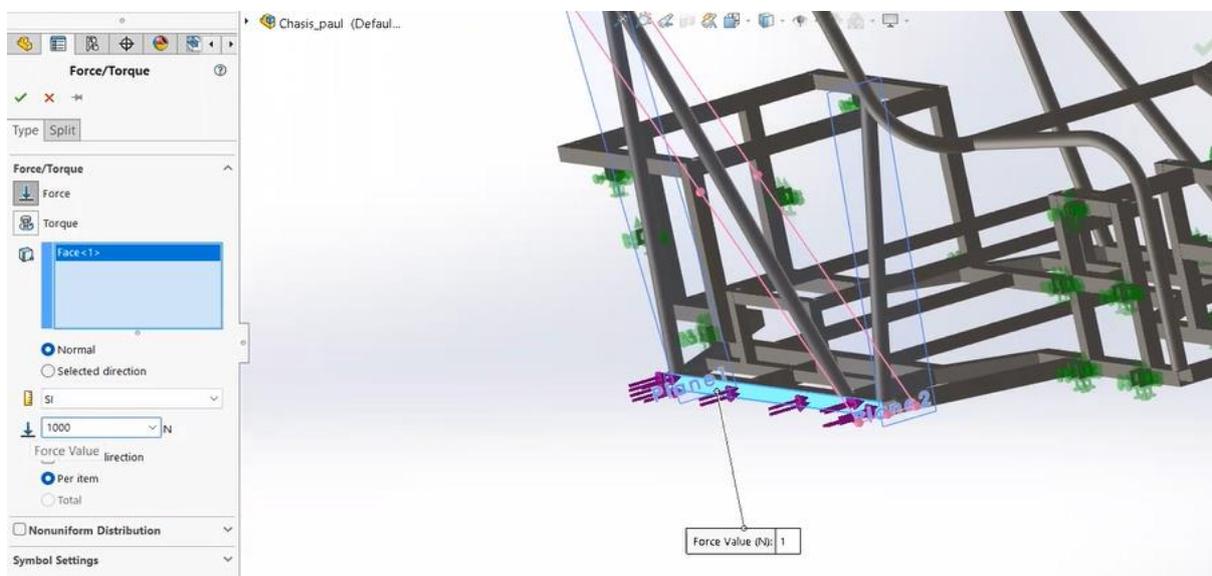


Figura 3.43. Carga lateral derecha en la base del chasis.

Seguido de esto se aplica cargas a los tubos principales de la cabina central del chasis con una fuerza de 500 N para cada tubo como indica en la figura 3.44.

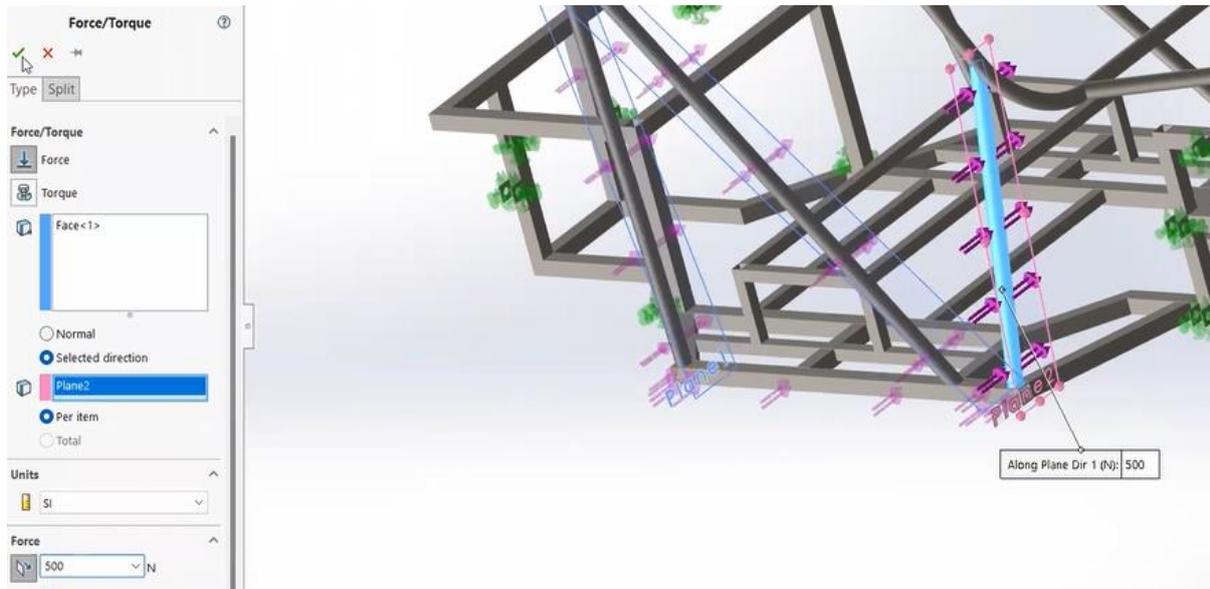


Figura 3.44. Carga en los tubos principales cabina central.

Por último, se aplica una carga de 250 N en los tubos laterales derechos que forman parte del frente y del techo de la estructura del chasis como indica en la figura 3.45.

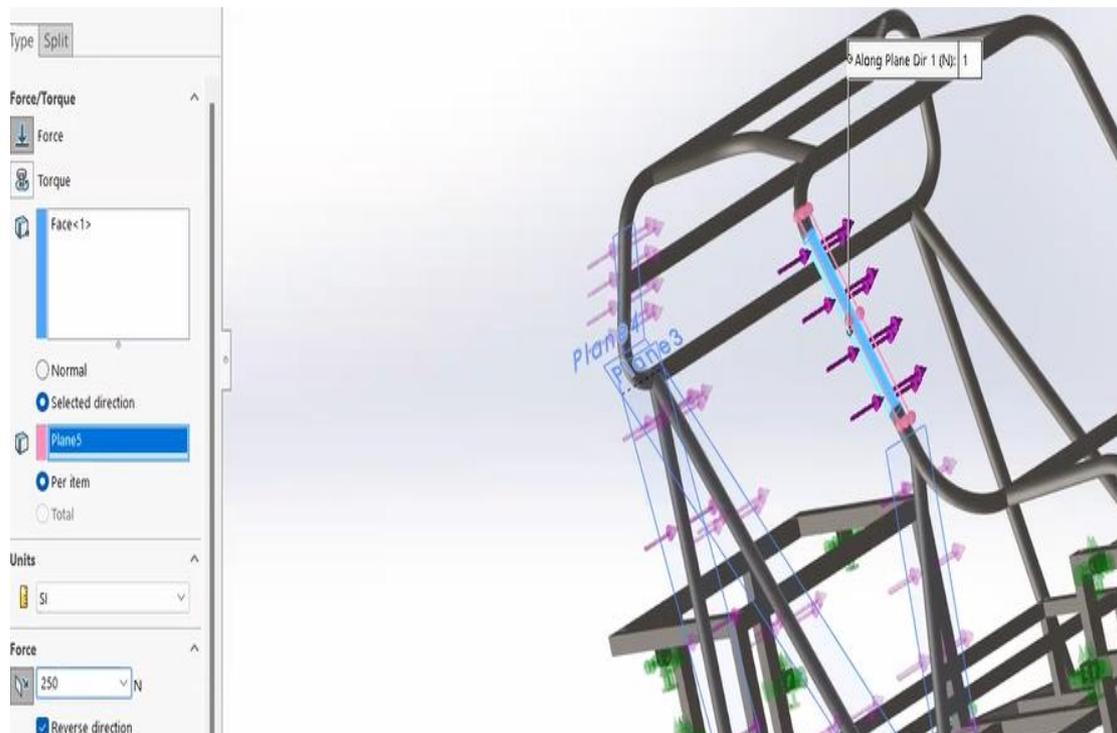


Figura 3.45. Carga en los tubos de la cabina principal.

3.7. Aplicación de cargas frontales

Para aplicar las cargas se empieza en la base completa del chasis porque es un área plana que nos permite someter una fuerza que en este caso es de 1000 N o en kilogramos fuerza es 100 como indica en la figura 3.46.

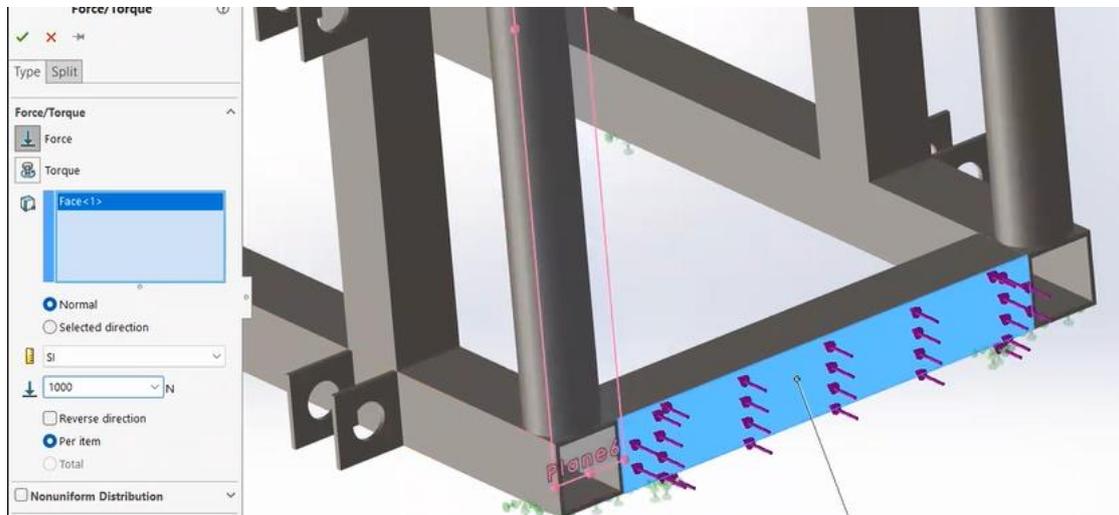


Figura 3.46. Carga en la base total del chasis.

Seguido de esto se aplica cargas a los tubos principales de la cabina frontal del chasis con una fuerza de 1000 N para cada tubo como indica en la figura 3.47.

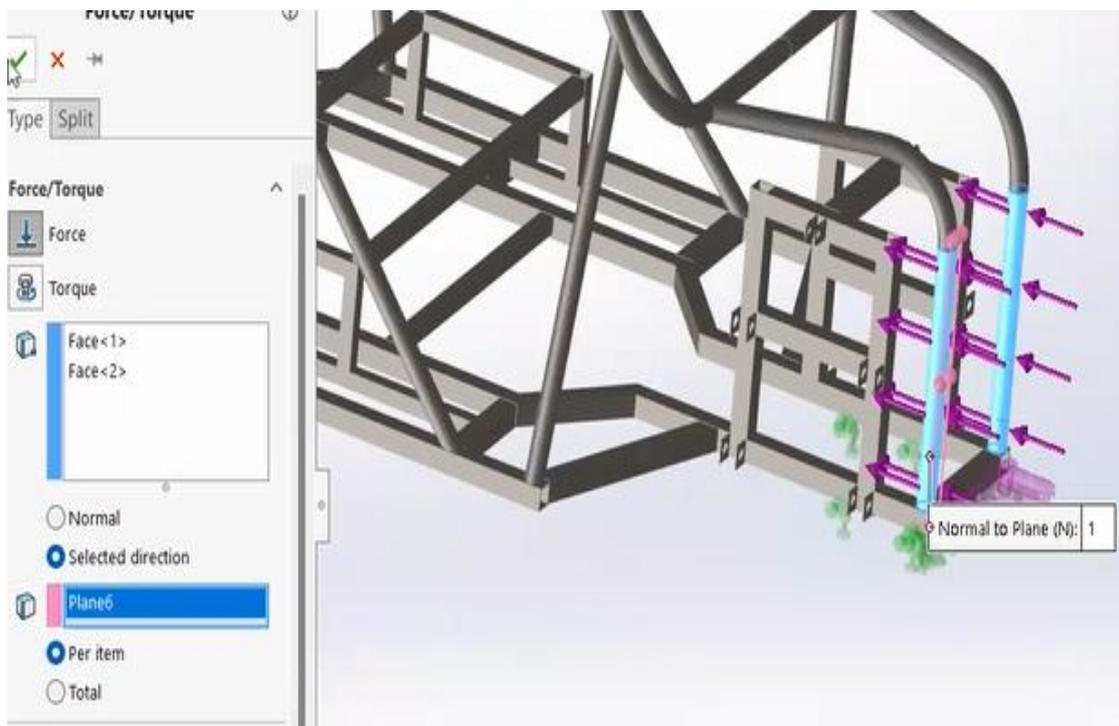


Figura 3.47. Carga en la cabina frontal del chasis.

3.8. Creación de la malla lateral.

Para crear la malla lateral ingresamos a los parámetros y seleccionamos la malla más fina con los siguientes parámetros de curvatura como indica en la figura 3.48. Después de esto se procede a guardar los datos seleccionados para crear la malla del chasis seleccionado.

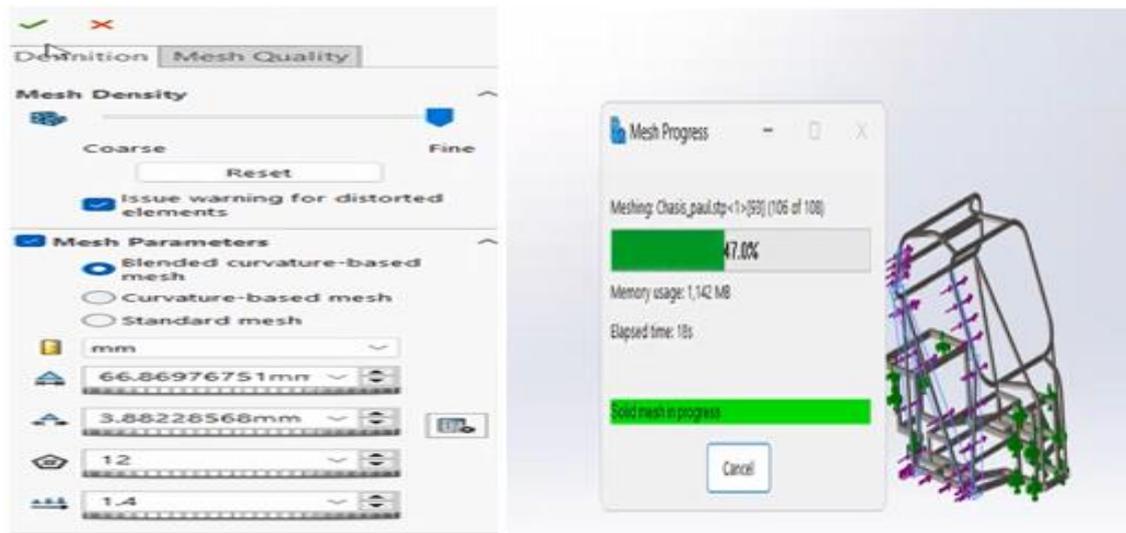


Figura 3.48. Parámetros de la malla lateral.

Como punto final se puede observar ya la malla lateral creada en el chasis tubular del vehículo seleccionado, dando prioridad a los tubos circulares del chasis de la cabina central como indica en la figura 3.49.

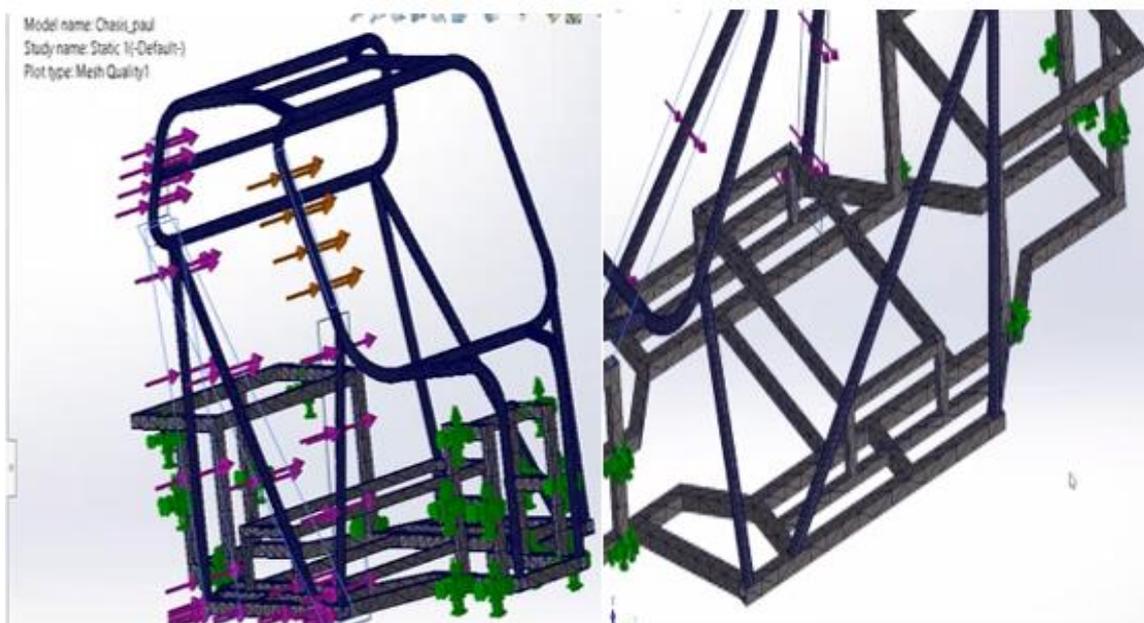


Figura 3.49. Creación de la malla lateral.

3.9. Creación de la malla frontal.

Para crear la malla frontal ingresamos a los parámetros y seleccionamos la malla más fina con los siguientes parámetros de curvatura como indica en la figura 3.50. Después de esto se procede a guardar los datos seleccionados para crear la malla del chasis seleccionado.

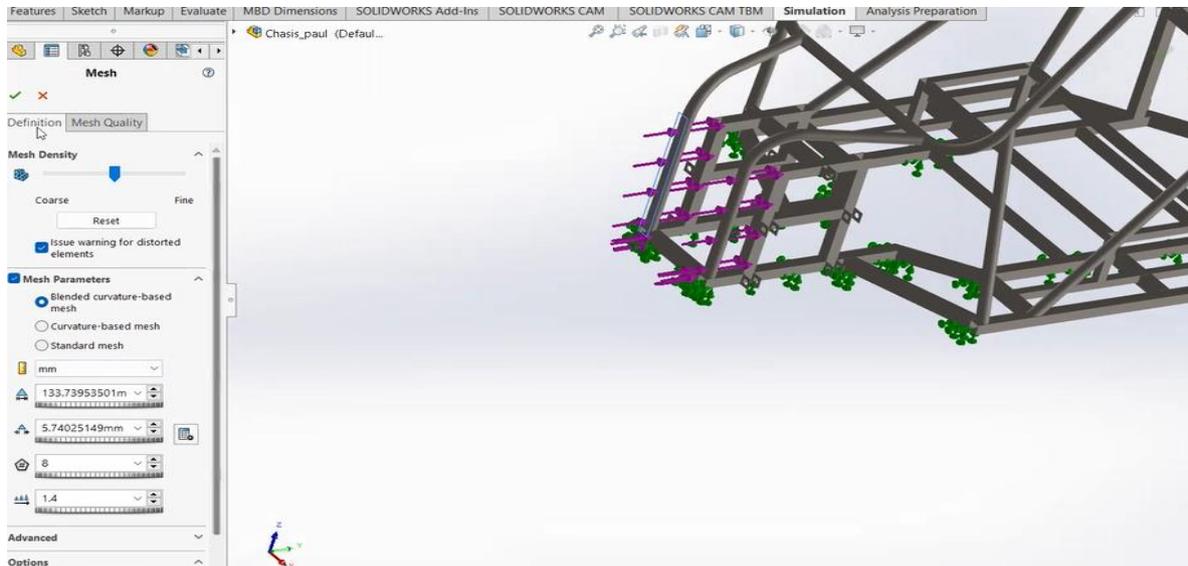


Figura 3.50. Parámetros de la malla frontal.

Como punto final se puede observar ya la malla frontal creada en el chasis tubular del vehículo seleccionado, dando prioridad a los tubos circulantes del chasis de la cabina frontal como indica en la figura 3.51.

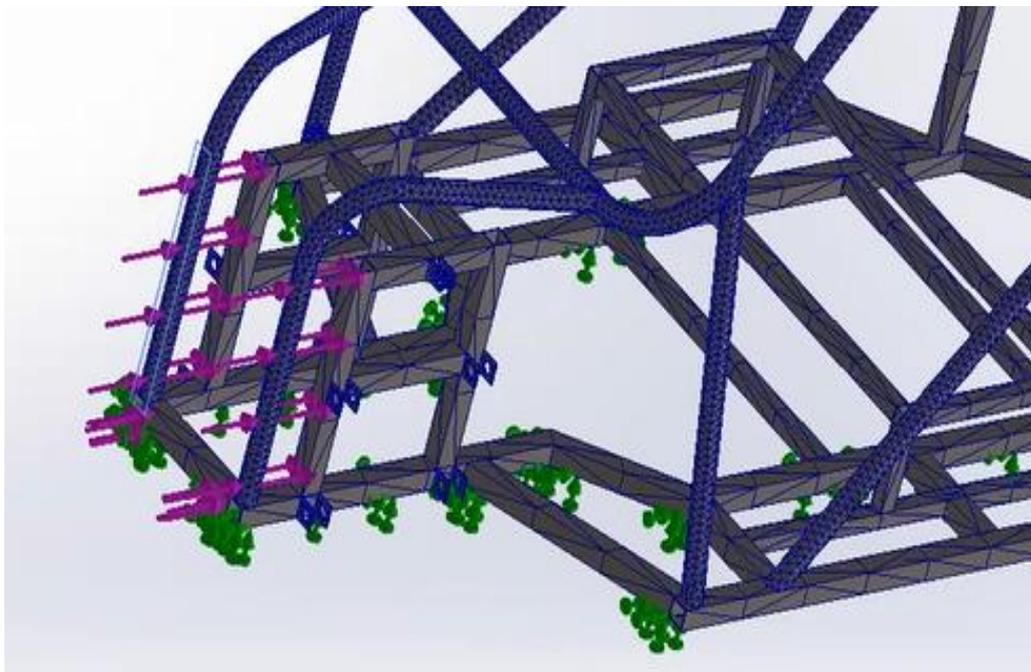


Figura 3.51. Creación de la malla frontal.

3.10. Prueba de impacto lateral.

Para esta prueba se aplica una fuerza de $(1000+500+500+500+250+250)$ 3000N y si dividimos para la gravedad que es 9.8m/s^2 se tendrá 306 Kgf, equivalente a 3 veces la carga de diseño a la cual será sometida la estructura, para esto tenemos el esfuerzo de deformación de fluencia (Yield strength) que es donde se pasa de la forma plástica a la zona elástica. En este caso nuestro Yield strength máximo es de $2500\text{e}+08 \text{ N/m}^2$, es decir si se pasa de eso ya el material se daña o se destruye por completo. Para esta simulación del impacto del vonMises o materia es de $1480\text{e}+08 \text{ N/m}^2$ es decir el impacto fue casi a la mitad de la fuerza que puede recibir el chasis para dañarse, entonces es decir que la simulación no pasaría a la zona plástica y el material si resiste el impacto como indica la figura 3.52.

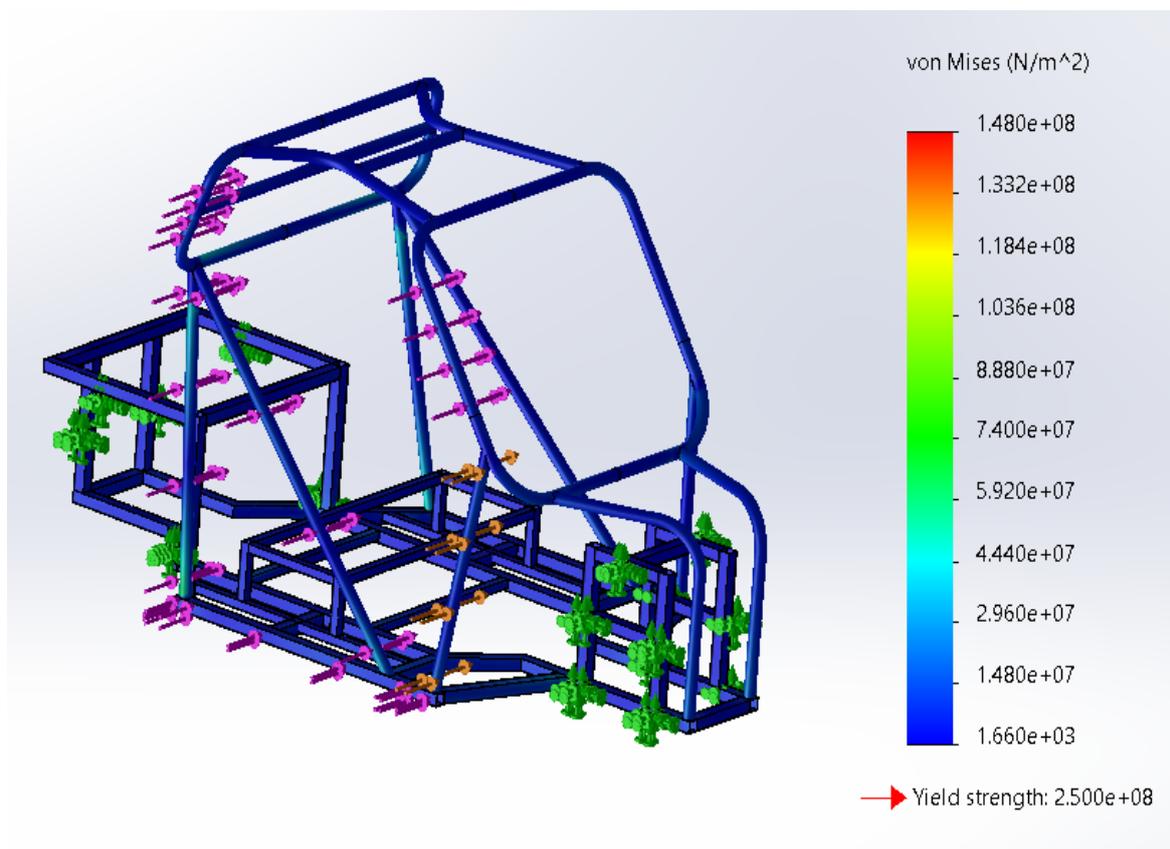


Figura 3.52. Impacto lateral

Para esta prueba se aplicará la teoría de vonMises que nos menciona que es la suma de los esfuerzos que se producen en el chasis, entonces nos dice que en el punto rojo se considera la mayor carga porque es donde se sujeta la malla como se muestra en la figura 3.53 y en los tubos no pasaría nada con el impacto, esto quiere decir que en donde se produce mayores esfuerzos son en las sujeciones.

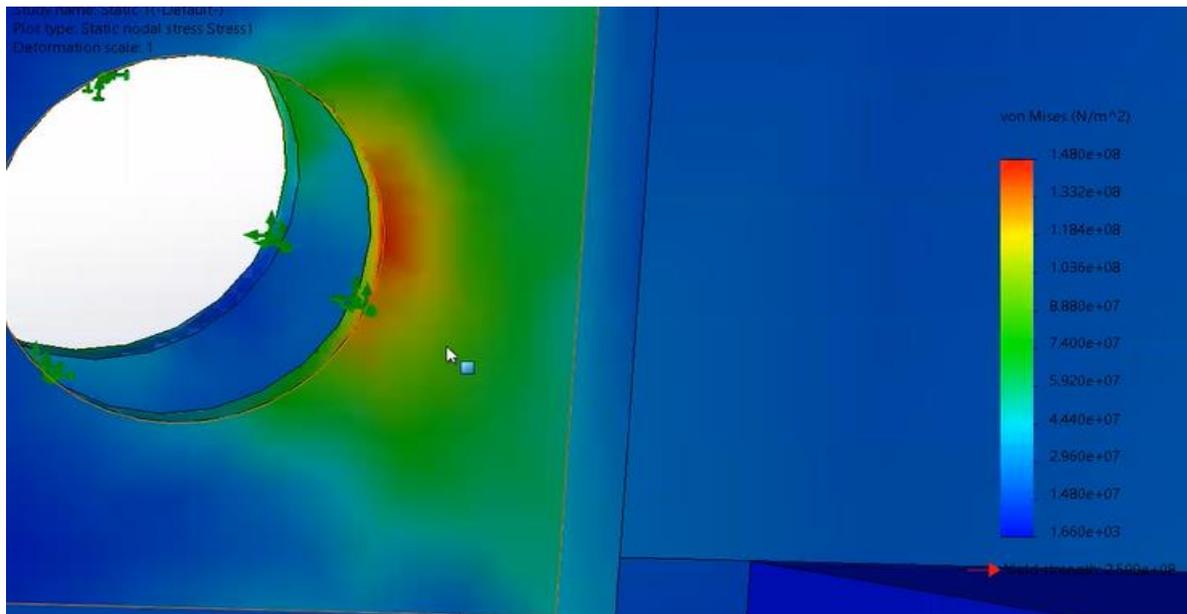


Figura 3.53. Impacto en las sujeciones.

Para los desplazamientos laterales tenemos que los tubos del chasis del vehículo se van a mover $3656e+00\text{mm}$, es decir el chasis si va a resistir el impacto y no se va a dañar o destruir estando en la zona de confort del vehículo como se muestra en la figura 3.54.

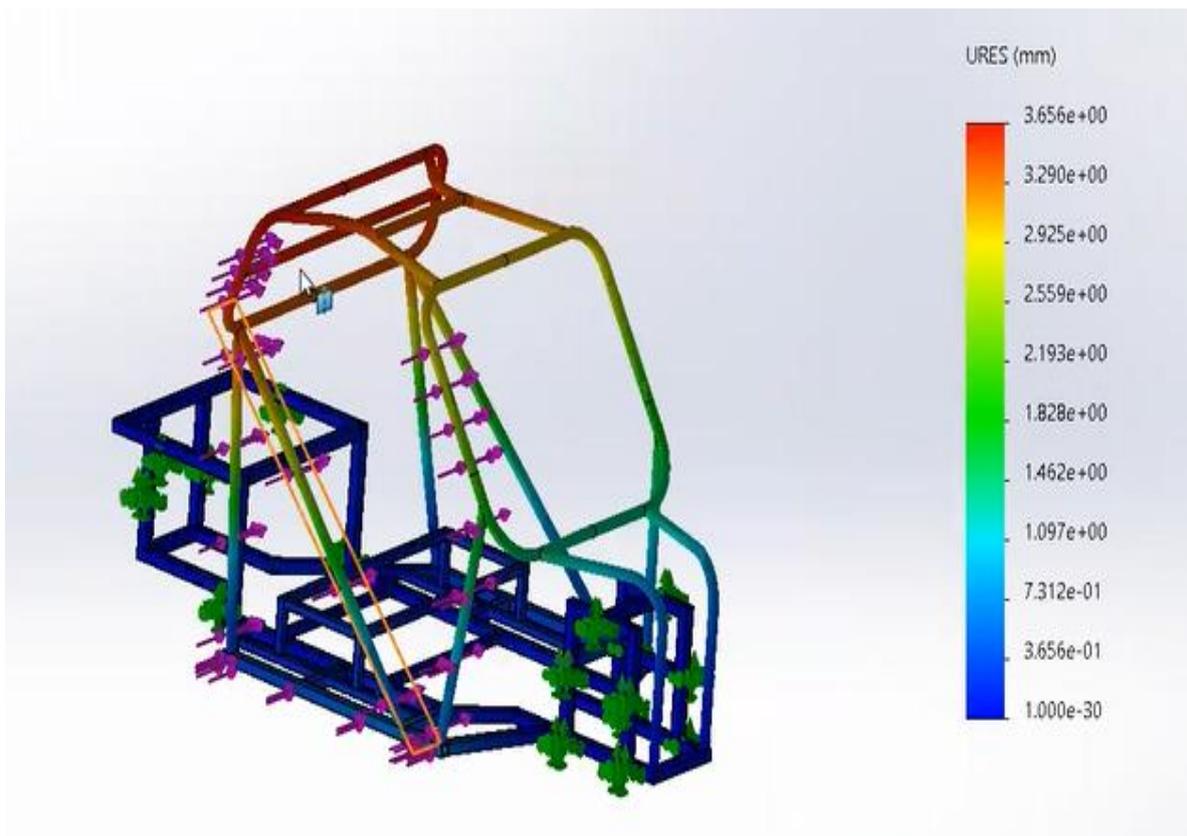


Figura 3.54. Desplazamientos laterales con el impacto.

3.11. Pruebas de impacto frontal.

Para esta prueba se aplica una fuerza de $(1000+1000+1000)$ 3000N y si dividimos para la gravedad que es 9.8m/s^2 se tendrá 306 Kgf, equivalente a 3 veces la carga de diseño a la cual será sometida la estructura, para esto tenemos el esfuerzo de deformación de fluencia (Yield strength) que es donde se pasa de la forma plástica a la zona elástica. En este caso nuestro Yield strength máximo es de $2500\text{e}+08$ N/m², es decir si se pasa de eso ya el material se daña o se destruye por completo. Para esta simulación del impacto del vonMises o materia es de $4661\text{e}+08$ N/m² es decir el impacto fue menor de la mitad a la fuerza que puede recibir el chasis para dañarse, entonces es decir que la simulación no pasaría a la zona plástica y el material si resiste el impacto como indica la figura 3.55.

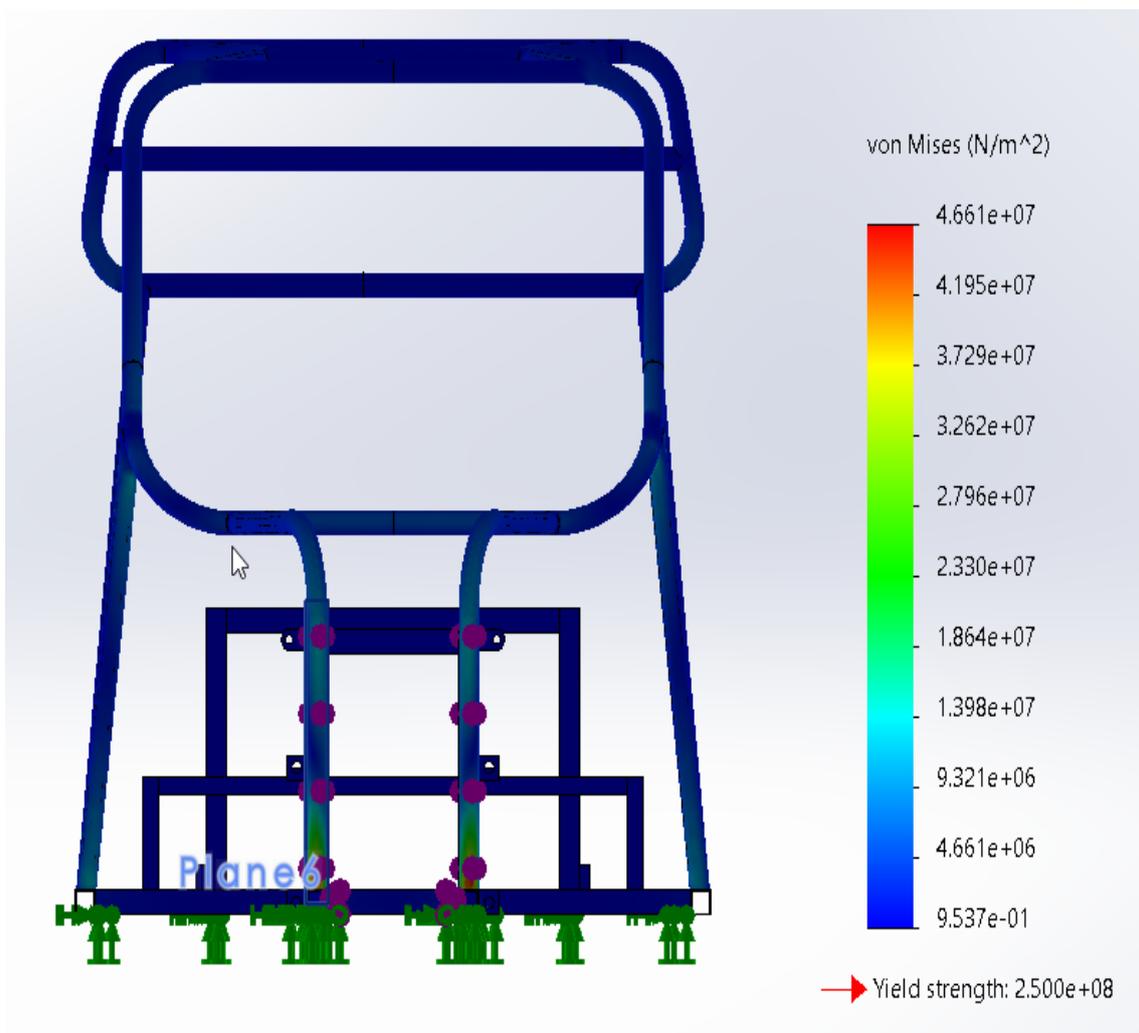


Figura 3.55. Impacto frontal

Para esta prueba se aplicará la teoría de vonMises que nos menciona que es la suma de los esfuerzos que se producen en el chasis, entonces nos dice que en el punto rojo se considera

la mayor carga porque es donde recibe todo el impacto en este caso es en los tubos de la cabina frontal como se muestra en la figura 3.56.

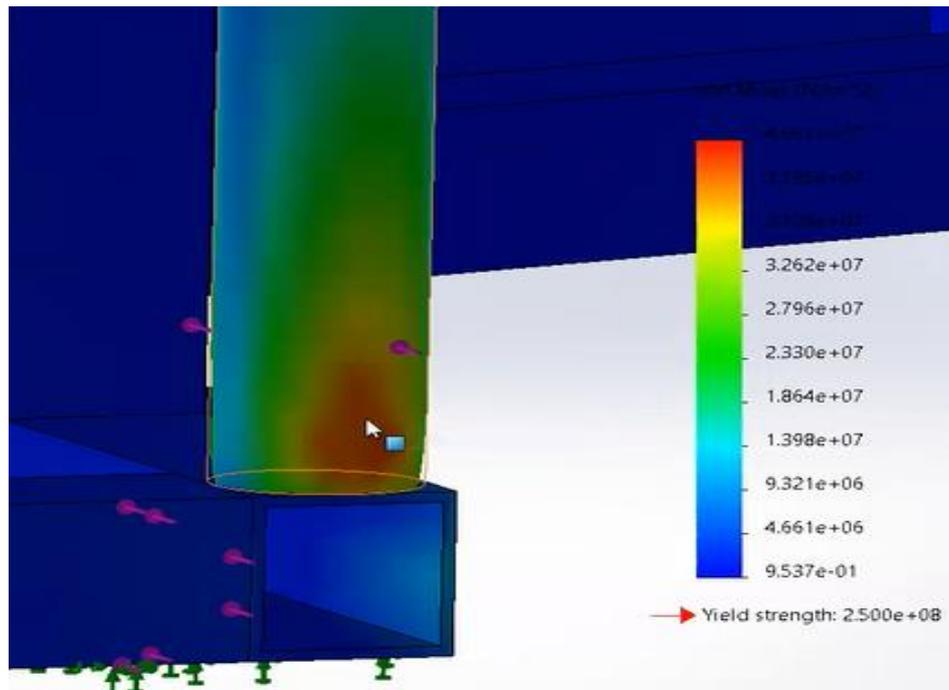


Figura 3.56. Impacto tubos frontales.

Para los desplazamientos frontales tenemos que los tubos del chasis del vehículo se van a mover $4694e+01$ mm, es decir el chasis si va a resistir el impacto y no se va a dañar o destruir estando en la zona de confort del vehículo como se muestra en la figura 3.57.

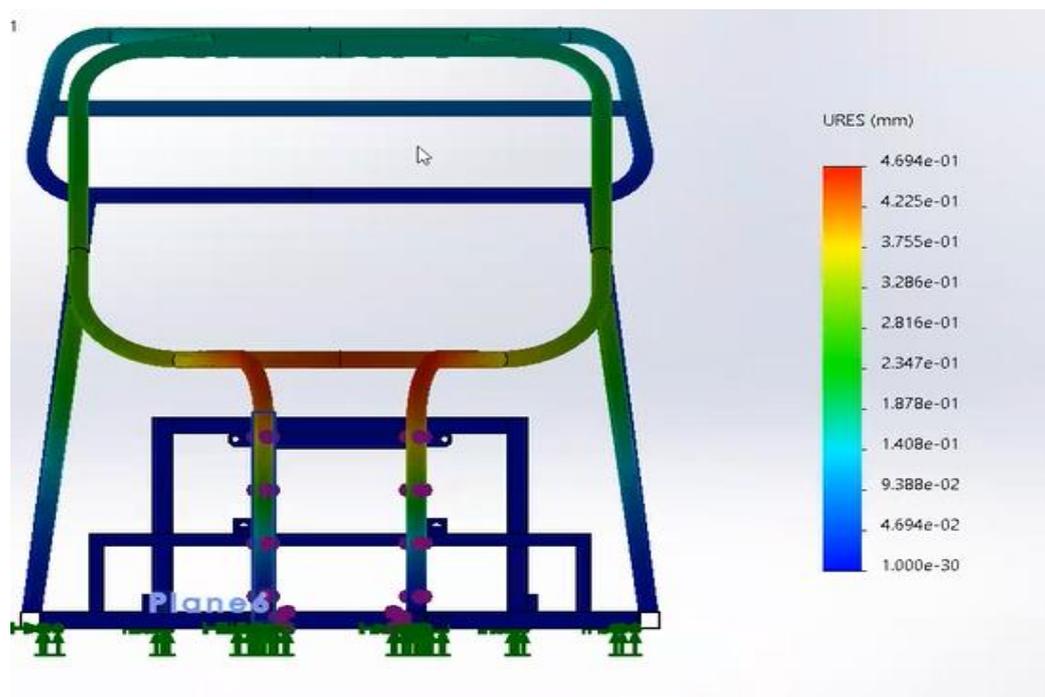


Figura 3.57. Desplazamientos frontales con el impacto.

Al comparar con la tesis desarrollada por Adanaque Zapata Alejandro Adid de la Universidad Tecnológica de Perú, los paramentos para evaluar el comportamiento de la estructura mediante esfuerzos y deformaciones son sometidos por una fuerza de 9500N diferente a la fuerza utilizada para esta simulación que es de 3000N.

Los resultados obtenidos bajo la fuerza de 9500N a la cual fue sometida la estructura, teniendo como base la carga de diseño mediante nodos con una deformación total de 5369mm, con un esfuerzo equivalente Von Mises de 25.772 MPa, siendo un valor límite de fluencia del material 290 MPa y manteniendo su integridad. Para el estudio realizado por la simulación de 3000N los resultados fueron mejores por que la deformación total de 4.694mm con un esfuerzo equivalente Von Mises de 4.661MPa siendo un valor mínimo de la mitad de la fluencia del material es de 250 MPa

Con esta comparación podemos comprobar que si existe una mayor fuerza de impacto más daño ocasiona en la estructura del chasis de los vehículos teniendo daños mecánicos y daños de los tubos del chasis del vehículo ya que superan los límites de Von Mises pasando del estado elástico al plástico haciendo que se deforme el material y se rompa el chasis.

3.12. Simulación de la resistencia del material parte frontal (sin deformación).

Para elaborar la malla frontal se empieza tomando como primer punto de referencia toda la parte baja del chasis tubular del vehículo eléctrico, seguido de esto se toma como referencia los tubos principales del frente del chasis para someter una carga que llega a un punto crítico del material simulando la resistencia y el desplazamiento del mismo, que conforma la parte frontal del chasis tubular.

Se aplica una fuerza de 10000N o en kilogramos fuerza es 1000, que se reparten en cada tubo de la parte frontal del chasis con una fuerza de 5000N. Como se puede ver en la figura 3.58.

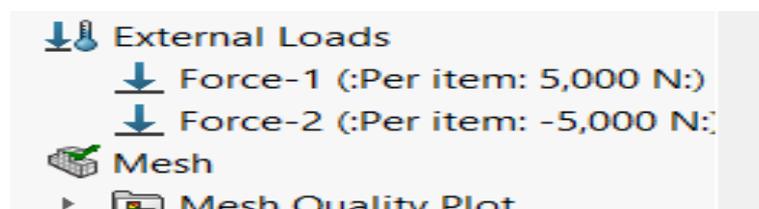


Figura 3.58. Simulación con fuerza de 10000N

Para crear la malla frontal ingresamos a los parámetros y seleccionamos la malla más fina con los parámetros de curvatura. Después de esto se procede a guardar los datos seleccionados para crear la malla del chasis seleccionado.

Como punto final se puede observar ya la malla frontal creada en el chasis tubular del vehículo seleccionado, dando prioridad a los tubos circulantes del chasis de la cabina frontal.

3.12.1. Pruebas de impacto frontal (sin deformación).

Para esta prueba se aplica una fuerza de 10000N y si dividimos para la gravedad que es 9.8m/s^2 se tendrá 1052 Kgf, equivalente a 4 veces la carga total del chasis tubular la cual será sometida la estructura, para esto tenemos el esfuerzo de deformación de fluencia (Yield strength) que es donde se pasa de la forma plástica a la zona elástica En este caso el Yield strength máximo es de $2.500\text{e}+08\text{ N/m}^2$, es decir si se pasa de eso ya el material se daña o se destruye por completo.

Para esta simulación del impacto del vonMises es de $2.330\text{e}+08\text{ N/m}^2$, es decir el material aun soporta las cargas ejercidas sobre el chasis tubular, con esta situación se mantiene en la zona elástica y el material si resiste el impacto como indica la figura 3.59.

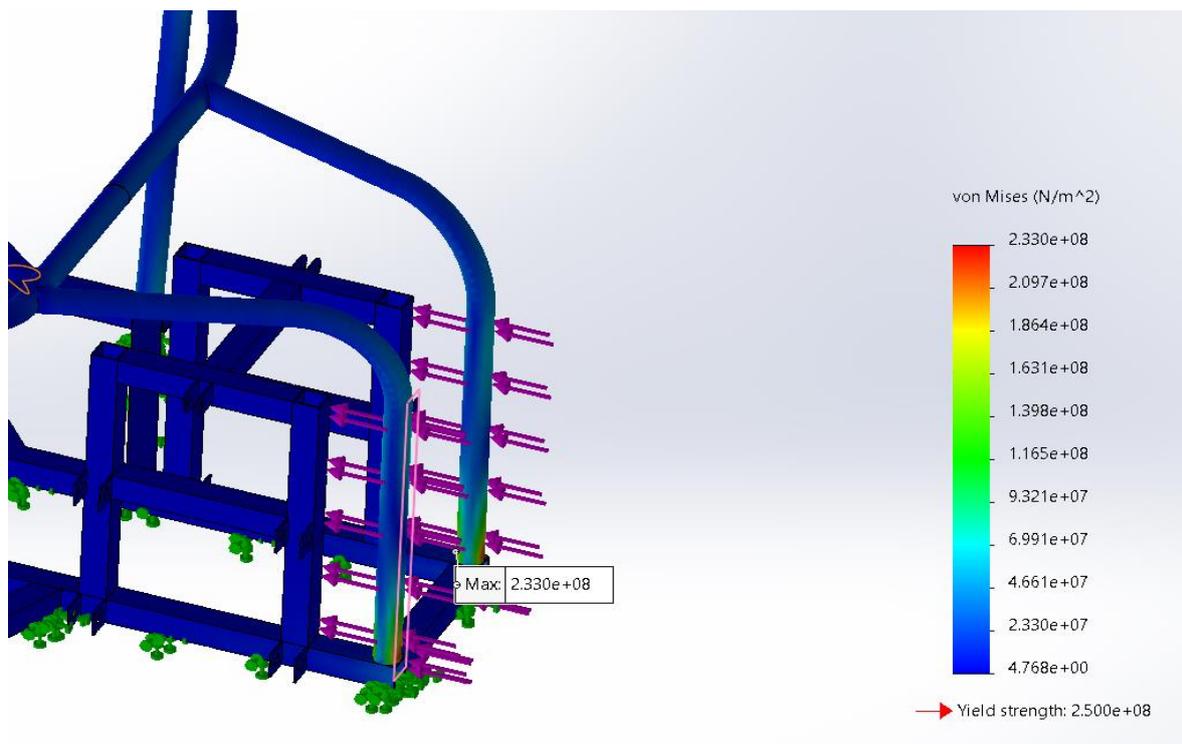


Figura 3.59. Pruebas de impacto frontal sin deformación.

Para esta prueba se aplicará la teoría de vonMises que nos menciona que es la suma de los esfuerzos que se producen en el chasis, no se fisura el material, pero tiene un desplazamiento mínimo.

Después de analizar los resultados aplicando una fuerza de 10000N el desplazamiento frontal es de $2.347e+00$ mm, es decir que el chasis si resiste las cargas sometidas, pero se encuentra en la zona critica de elástico a la zona plástica como se indica la figura 3.60.

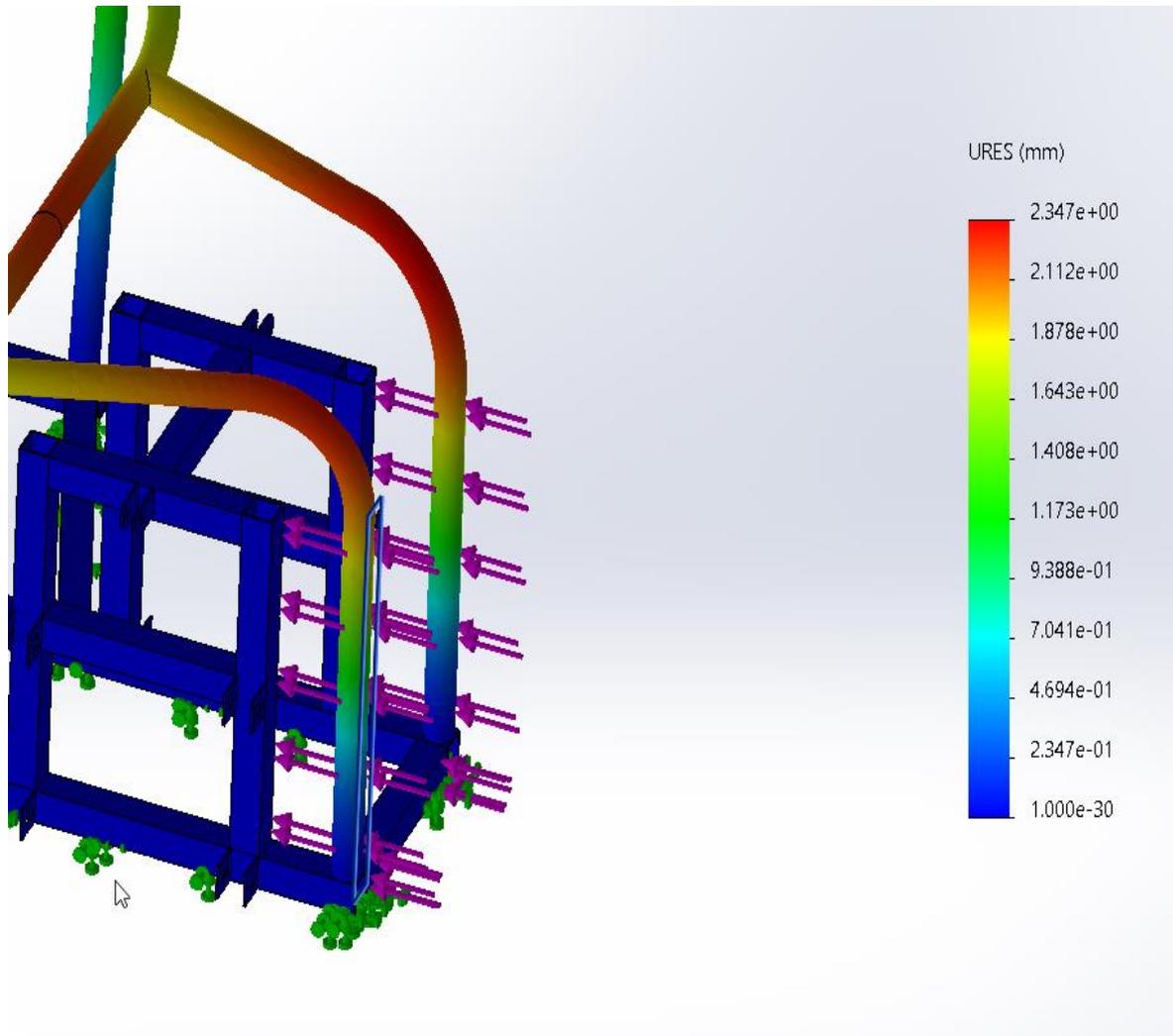


Figura 3.60. Simulación del desplazamiento frontal sin deformación.

3.12.2. Grafica de Yield strength y vonMises (sin deformación)

En esta gráfica se puede identificar cual es el límite máximo que debe tener el material, que se utilizara en la construcción del chasis tubular, para no cambiar de la zona elástica a la zona plástica, con esto el material no sufra ninguna deformación y si un desplazamiento que se mantiene en la zona critica del material como indica la figura 3.61.

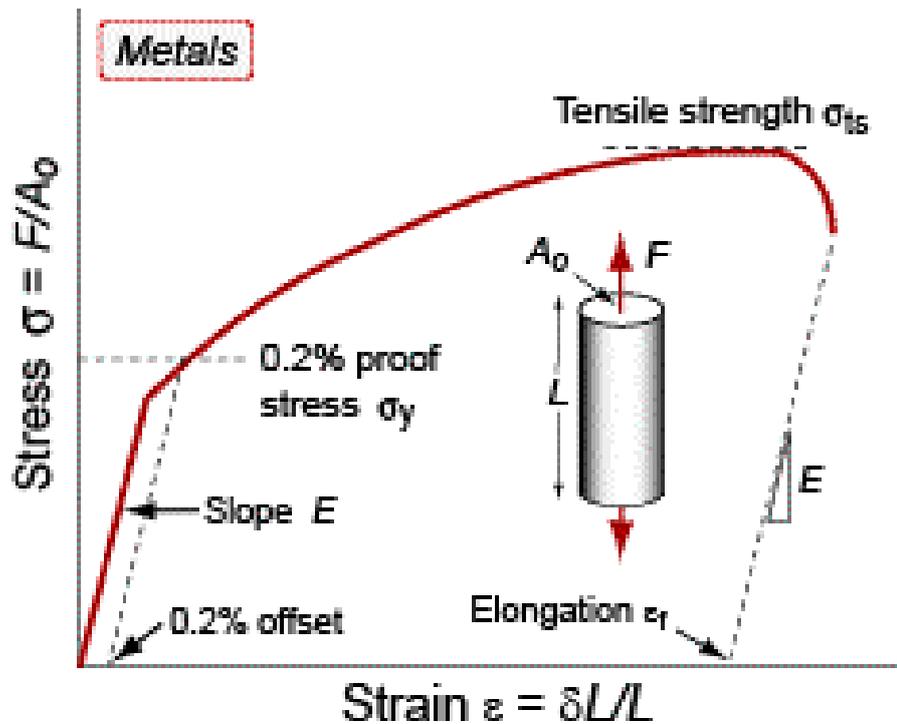


Figura 3.61. Grafica de Yield strength y vonMises sin deformación.

3.13. Simulación de la resistencia del material parte frontal (con deformación).

Para elaborar la malla frontal se empieza tomando como primer punto de referencia toda la parte baja del chasis tubular del vehículo eléctrico, seguido de esto se toma como referencia los tubos principales del frente del chasis para someter una carga que llega a un punto crítico del material simulando la resistencia y el desplazamiento del mismo, que conforma la parte frontal del chasis tubular.

Se aplica una fuerza de 11000N o en kilogramos fuerza es 1100, que se reparten en cada tubo de la parte frontal del chasis con una fuerza de 5500N. Como se puede ver en la figura 3.62.

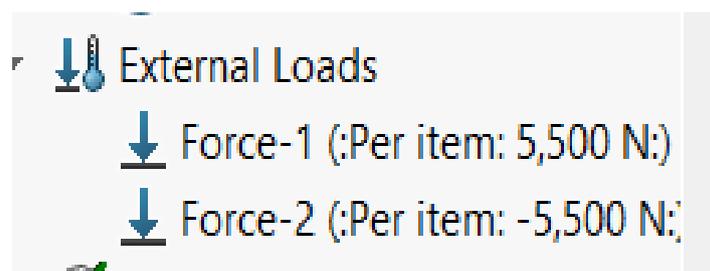


Figura 3.62. Simulación con fuerza de 11000N

Para crear la malla frontal ingresamos a los parámetros y seleccionamos la malla más fina con los siguientes parámetros de curvatura. Después de esto se procede a guardar los datos seleccionados para crear la malla del chasis seleccionado. Como punto final se puede observar ya la malla frontal creada en el chasis tubular del vehículo seleccionado, dando prioridad a los tubos circulares del chasis de la cabina frontal.

3.13.1. Pruebas de impacto frontal (con deformación).

Para esta prueba se aplica una fuerza de 11000N y si dividimos para la gravedad que es 9.8m/s^2 se tendrá 1122,44 Kgf, equivalente a 5 veces o más la carga total del chasis tubular la cual será sometida la estructura, para esto tenemos el esfuerzo de deformación de fluencia (Yield strength) que es donde se pasa de la forma plástica a la zona elástica. En este caso el Yield strength máximo es de $2.500\text{e}+08\text{ N/m}^2$, es decir si se pasa de eso ya el material se daña o se destruye por completo.

Para esta simulación del impacto del vonMises es de $2.563\text{e}+08\text{ N/m}^2$, es decir el material no soporta las cargas ejercidas sobre el chasis tubular, y pasa de la zona elástica a la zona plástica, con esto el material sufre una fisura en la parte baja del chasis donde es la unión entre los tubos cuadrados y los tubos circulares sin costura como indica la figura 3.63.

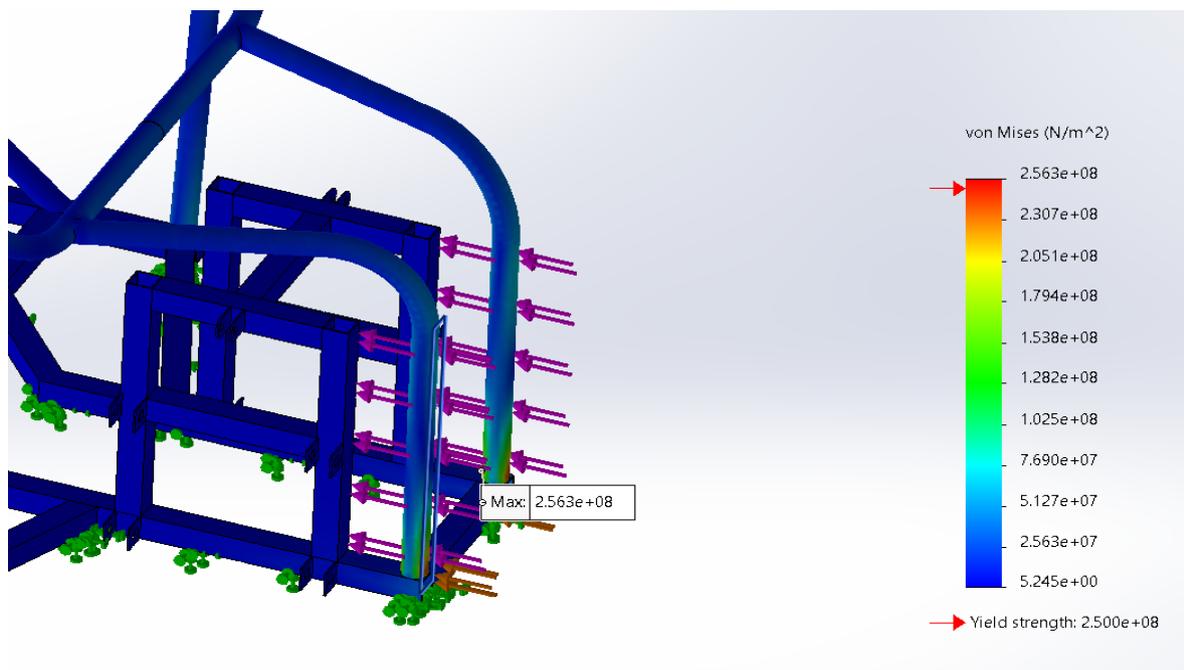


Figura 3.63. Pruebas de impacto frontal con deformación.

Para esta prueba se aplicará la teoría de vonMises que nos menciona que es la suma de los esfuerzos que se producen en el chasis, si se fisura el material, porque sobre pasa los límites del Yield strength, ocasionando una deformación del mismo.

Después de analizar los resultados aplicando una fuerza de 11000N el desplazamiento frontal es de $2.582e+00$ mm, es decir que el chasis no resiste las cargas sometidas y se produce un punto de quiebre en la soldadura entre los tubos cuadrados y los tubos circulares sin costura, ocasionando una fisura en la parte frontal del chasis como indica en la figura 3.64.

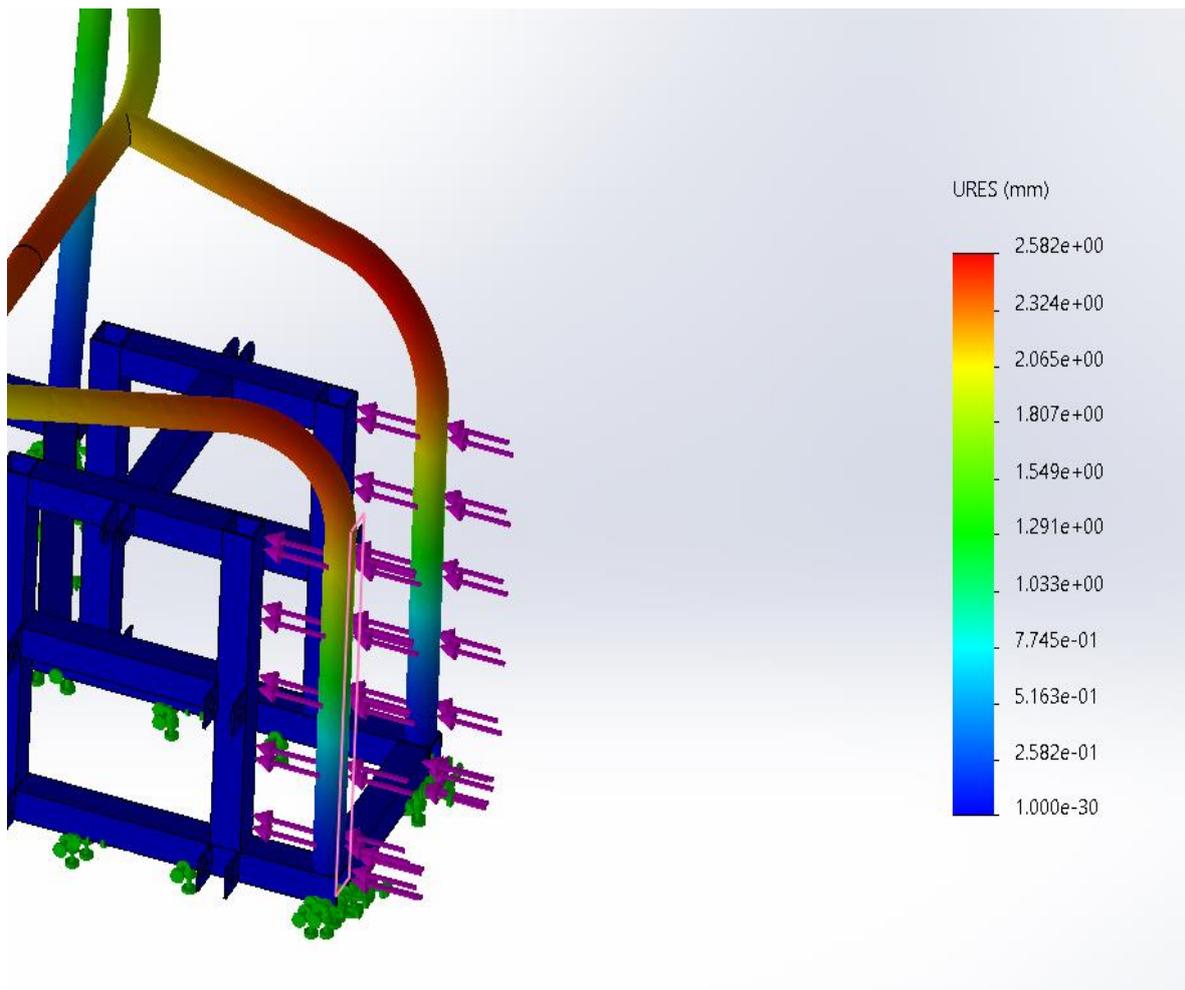


Figura 3.64. Simulación del desplazamiento frontal con deformación.

3.13.2. Grafica de Yield strength y vonMises con deformación.

En esta grafica se puede identificar cual es el límite máximo que debe tener el material que se utilizará en la construcción del chasis tubular, para no cambiar de la zona elástica a la

zona plástica, con esto el material si sufrirá una deformación con un desplazamiento de $2.582e+00\text{mm}$ con esto si se fisura el material de la parte delantera del chasis diseñado como indica la figura 3.65.

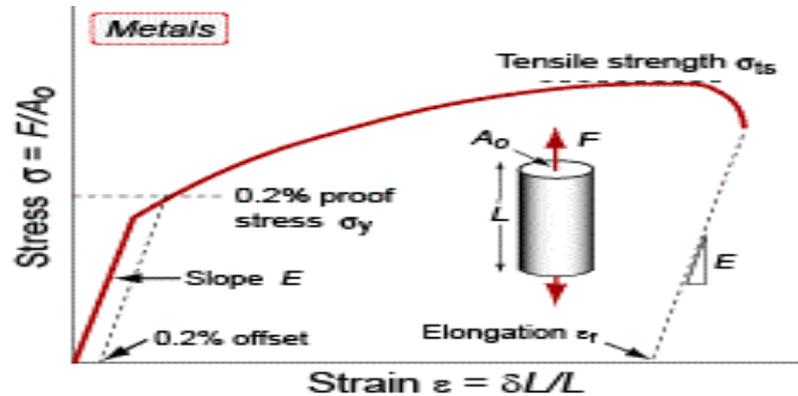


Figura 3.65. Grafica de Yield strength y vonMises con deformación.

3.14. Construcción del chasis.

3.14.1. Dimensiones las materias estructurales.

Para la construcción del chasis se utilizó dos tipos de tubos de acero estructurales ASTM A500 grado B, el primero se le conoce como tubo de acero cuadrado con dimensiones de 45 milímetros externo y 35 milímetros internos con un espesor de 3mm, los cuales se utilizan para construcción de la base, el cajón, la parte delantera donde se encuentra ubicada las bases o horquillas para las suspensiones y se utilizarán también para los asientos de piloto y copiloto y el segundo como tubo de acero sin costura de 1 1/2" CED. 40 por 4 mm de espesor que será utilizado para el habitáculo del chasis. Como se indica en la figura 3.66.

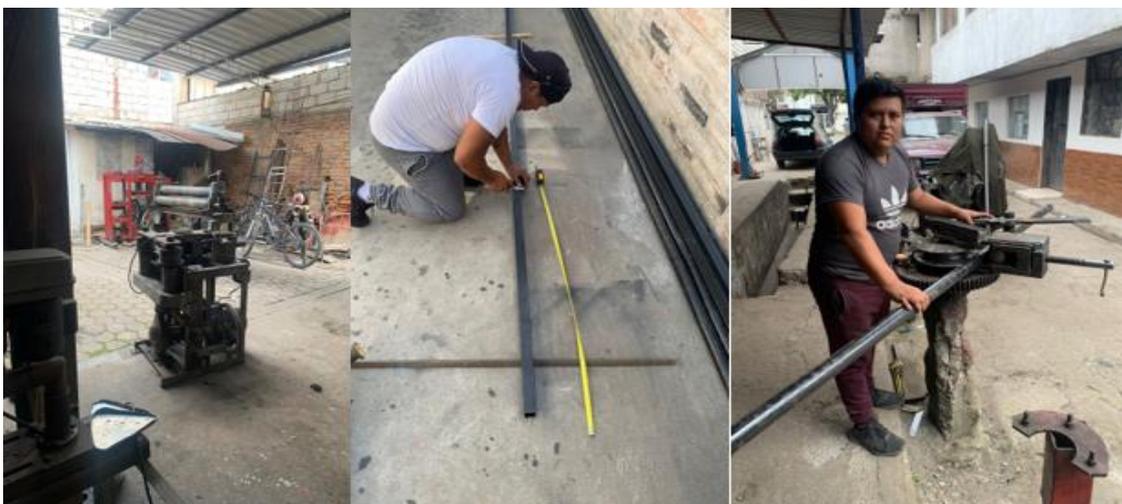


Figura 3.66. Dimensiones las materias estructurales.

3.14.2. Construcción de la base del chasis.

Como primera instancia se procedió a construir la base del chasis la cual se toma como referencia de izquierda a derecha y de abajo hacia arriba, para esta construcción utilizamos los tubos de acero cuadrado 45*35*3mm para formar la base y la respectiva soldadura con el método MIG.

Para la base se empieza por tomar las medidas de los larguero interno izquierdo y derecho que son de 2.54m y procedemos a corta con maquina tronzadora de metales en diferentes secciones a 45 grados, seguido de esto se procede a soldar la base con la soldadura MIG como se observa en la figura 3.67 y para las medicas exactas de cada sección se encuentra en el Anexo 1.



Figura 3.67. Construcción de la base del chasis.

3.14.3. Construcción de los largueros externos de la base

Para esta construcción se empieza por tomar las medidas de los largueros externos izquierdo y derecho que son de 1.82m y procedemos a corta con maquina tronzadora de metales en diferentes secciones a 45 grados, seguido de esto se procede a soldar la base con la soldadura

MIG como se observa en la figura 3.68 y para las medicas exactas de cada sección se encuentra en el Anexo 2.



Figura 3.68. Construcción de los largueros externos de la base.

3.14.4. Construcción de la parte delantera del chasis

Para la parte delantera del chasis se toma como referencia las medidas de los tubos de acero de abajo hacia arriba, para formar el frente del chasis con las siguientes medidas 0.34m de alto y 0.24m de ancho seguido de esto se procedemos a corta con tronzadora a 90 grados para ser soldados. Con esto se representa la parte frontal del chasis como se observa en la figura 3.69 y para las medicas exactas de cada sección se encuentra en el Anexo 3.



Figura 3.69. Construcción de la parte delantera del chasis

3.14.5. Construcción de la parte posterior o cajón del chasis.

Para la parte posterior del chasis se toma como referencia las medidas de los tubos de acero de abajo hacia arriba, para formar el cajón del chasis con las siguientes medidas 0.50m de alto y 0.74m de ancho y largo 0.64m, seguido de esto se procedemos a corta con tronzadora a 45 grados para ser soldados. Con esto se representa la parte posterior del chasis como se observa en la figura 3.70 y para las medicas exactas de cada sección se encuentra en el Anexo 4.



Figura 3.70. Construcción de la parte posterior o cajón del chasis.

3.14.6. Dobladora manual de los tubos sin costura

Se procedió a doblar los tubos sin costura cédula 40 de manera manual con ángulos de 90° para la construcción de la parte delantera del habitáculo y la parte posterior del mismo, como se observa en la figura 3.71 y para las medicas exactas de cada sección se encuentra en el Anexo 5.



Figura 3.71. Dobladora manual de los tubos sin costura.

3.14.7. Construcción del techo del chasis.

Para la parte del techo del chasis se toma como referencia las medidas de los tubos de acero, para formar la cabina del chasis con las siguientes medidas 0.89m de ancho en la parte posterior y de largo 0.74m tomado en cuenta desde la parte posterior a la parte delantera con una curvatura de 60° para ser soldados, como se observa en la figura 3.72 y para las medicas exactas de cada sección se encuentra en el Anexo 6.



Figura 3.72. Construcción del techo del chasis.

3.14.8. Diseño final del prototipo

Para el diseño final del prototipo se emplearon buenas técnicas de ingeniería y el uso del software adecuado que permite establecer las medidas y los parámetros correctos en un diseño de chasis, seguido de esto para la implementación se utilizó el procedimiento de soldadura MIG, obteniendo un acabado compacto y homogéneo como se observa en la figura 3.73 y para las medicas exactas de cada sección se encuentra en el Anexo 7



Figura 3.73. Diseño final del prototipo

Por último, se realizó la entrega del chasis tubular a la Universidad Técnica del Norte, para seguir con el proceso de titulación del trabajo de grado con la defensa del mismo y logra alcanzar el mérito de ser Ingeniero en mantenimiento automotriz. Como se observa en la figura 3.74.



Figura 3.74. Entrega del prototipo.

Se puede observar la vista frontal del chasis tubular en los Talleres de la Universidad Técnica del Norte, como se observa en la figura 3.75.

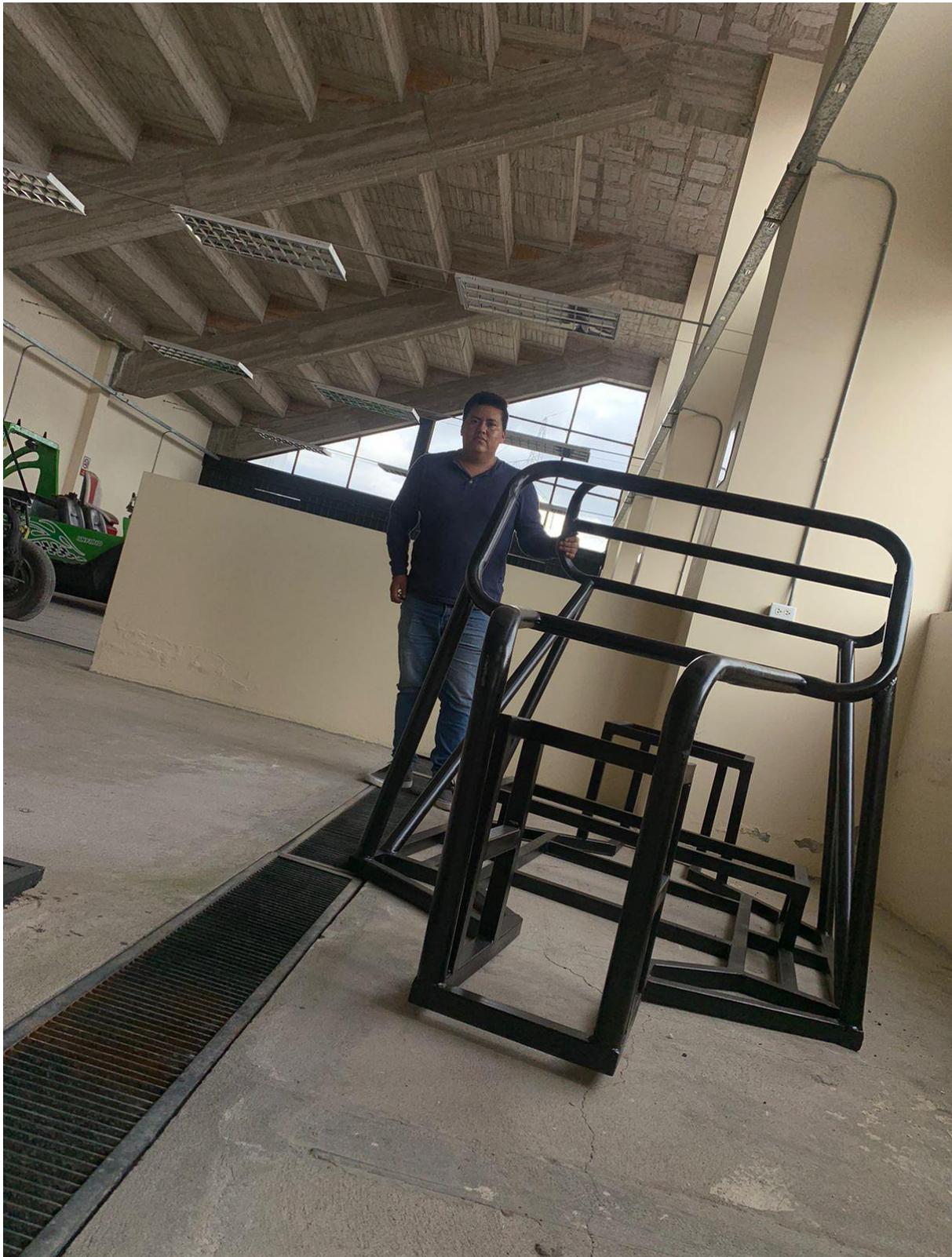


Figura 3.75. Entrega del prototipo vista frontal.

Se puede observar la vista lateral del chasis tubular en los Talleres de la Universidad Técnica del Norte, como se observa en la figura 3.76.



Figura 3.76. Entrega del prototipo vista lateral.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- El análisis del fundamento teórico y el estado del arte contribuyo a la elaboración del diseño de un chasis tubular, aplicando la normativa NTE INEN 2656:2012 que se establece para vehículos UTV eléctricos, tomando en cuenta las restricciones establecidas para cumplir con los objetivos del trabajo de titulación.
- Utilizando el software SolidWorks se realizó dos simulaciones diferentes, la primera se utilizó una carga de 10000N con un Yield strength de $2.500e+08$ N/m² y un vonMises de $2.330e+08$ N/m² que no supera la zona elástica, pero si tiene un desplazamiento critico de $2.347e+00$ mm. La segunda simulación se utilizó una carga de 11000N con un Yield strength de $2.500e+08$ N/m² y un vonMises de $2.563e+08$ N/m² que si supera la zona elástica y transforma en zona plástica con un desplzaciendo de $2.582e+00$ mm ocasionando una fisura del material.
- Para la construcción del chasis se utilizó los tubos SHS (Square Hollow Section) se conoce como sección hueca cuadrada y CHS (Circular Hollow Section) como sección hueca circular con el acero estructural ASTM A500 grado B por medio de la norma NTE INEN 2415, 2016 este material es compatible con las soldaduras MIG que permite tener un ensamble homogéneo y compacto de toda la estructura.

Recomendaciones

- Se recomienda realizar diferentes simulaciones estáticas por elementos finitos con diferentes fuerzas de impacto, para determinar las deformaciones del chasis y analizar cuando pasa del estado elástico a la zona plástica, para saber si existe una ruptura del material que compone el chasis tubular.
- Para próximos trabajos de investigación e implementación se recomienda utilizar suspensión delantera de doble horquilla tipo A: puntos de anclaje de brazos, amortiguadores y barras estabilizadoras. McPherson con Llanta Rin 14 In-Wheel y para la suspensión posterior con dos links o doble tensor: amortiguador y espiral McPherson con el mismo tipo de llantas.
- Se recomienda utilizar las baterías de iones de litio Tesla, para continuar con la implementación del vehículo eléctrico UTV.
- Durante la fase de construcción se recomienda fabricar los diferentes componentes de acuerdo a las dimensiones del chasis tubular, para que no sea afectado el punto de gravedad del vehículo y no pierda su estabilidad.
- En el proceso del soldado se recomienda utilizar las técnicas MIG, para obtener soldaduras con mayor resistencia, ya que es un proceso versátil y se utiliza fácilmente para soldar diferentes tipos de materiales con una alta calidad a mayor velocidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Society for Testing and Materials. (2019). *Clasificación de aceros*.
2. Robert L, N. (2009). DISEÑO DE MAQUINARIA Síntesis y análisis de máquinas y mecanismos. In R. L. Norton, *DISEÑO DE MAQUINARIA* (p. 747). Retrieved from <https://lsbunefm.files.wordpress.com/2018/10/disec3b1o-de-maquinaria-robert-l-norton-4.pdf>
3. AEADE. (2021). *Anuario 2021*. Quito.
4. Alvarez, V. (2018). *Dieño y construccion de un chasis tubular de un vehiculo de competencia formula SAE electrico*. Cuenca.
5. Andrade, & Jaramillo. (2009). *Diseño y construcción del chasis para un vehículo tipo buggy de la fórmula automovilística universitaria*. Riobamba.
6. Andrade, & Jaramillo. (2009). *Diseño y construcción del chasis para un vehículo tipo buggy de la fórmula automovilística universitaria*. Riobamba.
7. Ansys. (2022). *Simulación Ansys: ingeniería para lo que está por venir*.
8. ANWA Industry Company Limited. (2016, Marzo 12). *Productos*. ANWA. China. Retrieved from [Productos. ANWA. China.: http://www.anwav.com/index.php?m=content&c=index&a=lists&catid=16](http://www.anwav.com/index.php?m=content&c=index&a=lists&catid=16)
9. Armaiz, I. S. (2015). *“Análisis de La Evolución y El Impacto de Los Vehículos Eléctricos En La Economía Europea.”*. Madrid.
10. Ayala, J., López, J., & Chimal, R. (2009). *Analisis básico del chasis, motor, neumáticos y rines para un vehículo arenero*. México: Instituto Politécnico Nacional.
11. Bernardo, C. (2014). *“Trabajo de Fin de Grado*. Zaragoza.
12. BLANES BRIET, T. (2018, Enero 18). *CÁLCULO DEL CENTRO DE GRAVEDAD*. Retrieved from [CÁLCULO DEL CENTRO DE GRAVEDAD: https://www.graining.es/calculo-del-centro-de-gravedad/](https://www.graining.es/calculo-del-centro-de-gravedad/)
13. Cabrera Reyes, M., & Márquez Flores, J. (2014). *Diseño y construcción de un chasis tubular para un vehículo de competición tipo Supercrosscar*. Cuenca-Ecuador: Universidad Salesiana Sede Cuenca.
14. CAD SOFTWARE. (2019, Marzo 19). *COMPUTER AIDED DESIGN CAD SOFTWARE*. Retrieved from [COMPUTER AIDED DESIGN CAD SOFTWARE: https://www.autodesk.com/solutions/cad-software](https://www.autodesk.com/solutions/cad-software)

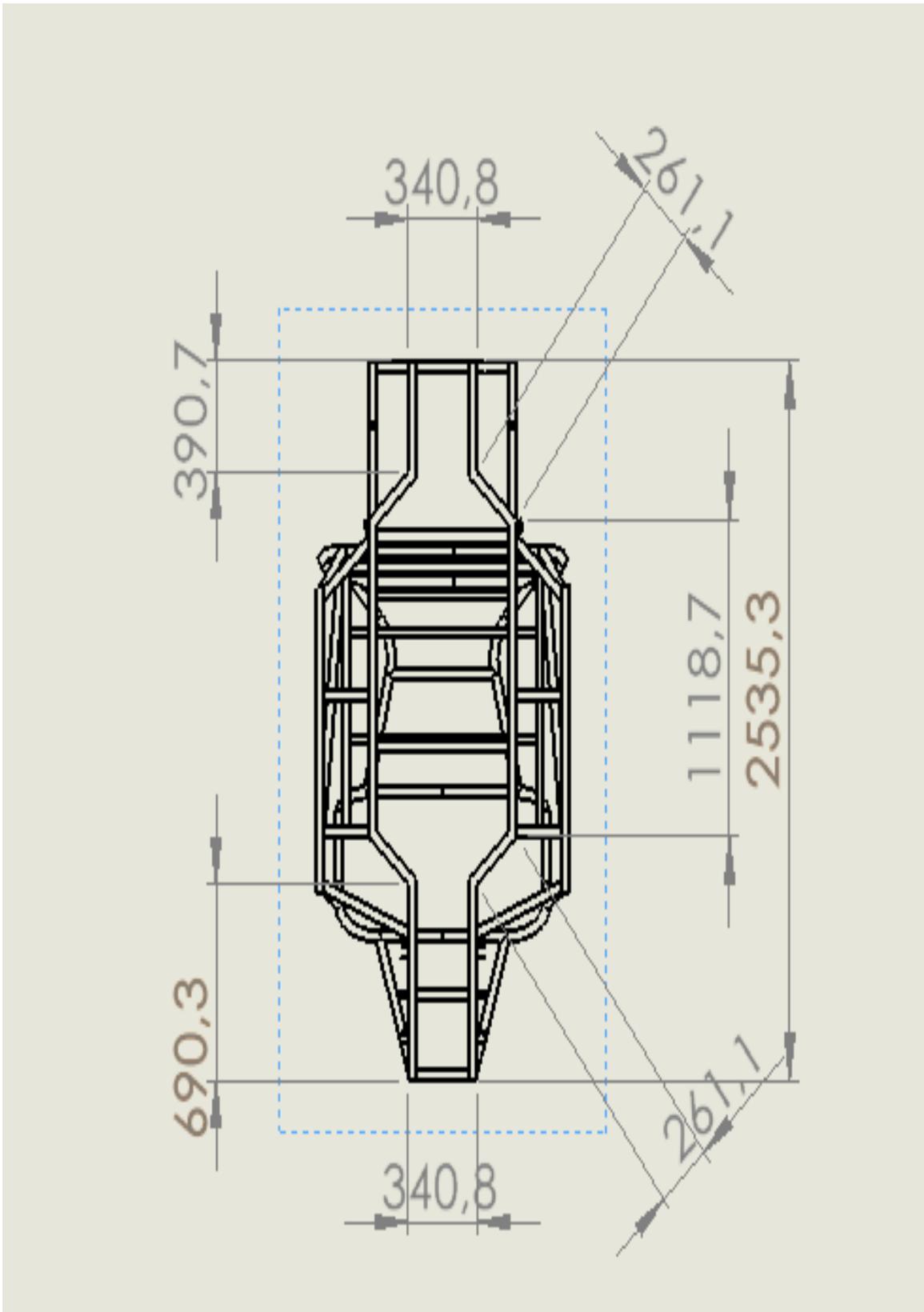
15. Cascajosa, M. (2005). Ingeniería de vehículo - Sistemas y Calculos. *Ingeniería de vehículo - Sistemas y Calculos*, 5 – 8.
16. Díaz Rodríguez, F. (2019, Enero 19). *PERFILES ESTRUCTURALES*. Retrieved from PERFILES ESTRUCTURALES: http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m5/Perfiles_estructurales_2019-1.pdf
17. Diseño automotriz UFT. (2017). *Unidad III Estructuras Vehiculares - Sistema de Chasis*. Retrieved from <https://dautomotrizuft.weebly.com/chasis.html>
18. DMD. (2021, octubre 29). *Mejoras en SOLIDWORKS 2022*. Retrieved from Mejoras en SOLIDWORKS 2022: <https://dmd.com.mx/2021/10/29/mejoras-en-solidworks-2022/>
19. Eaglesteel. (2016., Mayo 5). *ASTM A500*. Retrieved Enero 17, 2023, from ASTM A500: https://eaglesteel.com/wp-content/uploads/2016/04/ASTM_A500_Grade_B.pdf
20. Groover, M. (1996). *Fundamentos de Manufactura Moderna*.
21. Ingenius. (2018). *ESTUDIO CINEMÁTICO Y DINÁMICO DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN DE UN MONOPLAZA DE COMPETENCIA ELÉCTRICO FORMULA STUDENT*. Quito.
22. INSTA. (2019, Mayo 15). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BUGGY*. Retrieved from DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BUGGY: <https://www.tecnologicoinsta.com/post/2019/05/15/dise%C3%B1o-y-construccion-de-un-buggy>
23. ITEA . (2000, enero 01). *Instituto técnico de la estructura en acero*. Retrieved from Instituto técnico de la estructura en acero: http://www.webaero.net/ingenieria/estructuras/metallica/bibliografia_documentacion/itea/TOMO15.pdf
24. Jaramillo, R. (2019). *Fundamentos de soldadura Suelda Mig Mag*. Retrieved from <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn53.html>
25. Liu, L. (2022, Marzo 3). *¿QUÉ ES RHS, SHS Y CHS?* Retrieved from *¿QUÉ ES RHS, SHS Y CHS?*: <https://www.chinayoufa.com/es/news/what-is-rhs-shs-and-chs/>
26. Lizano, C. (2017). *‘Diseño Y Construcción De La Estructura Tubular Para La Carrocería Del Prototipo De Un Auto Eléctrico Biplaza Uta- Cim17. ’’*.
27. McCormac. (2009). *Diseño de estructuras metálicas*. Alfa Omega.
28. Movilidad, S. d. (2020). *Parque Automotor del Ecuador*. Quito.

29. NTE INEN 2415. (2016, Octubre). TUBOS DE ACERO AL CARBONO SOLDADOS PARA APLICACIONES ESTRUCTURALES Y USOS GENERALES. *NORMA TÉCNICA ECUATORIANA*, 1-11. Retrieved from NORMA TÉCNICA ECUATORIANA: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2415-2.pdf
30. NTE INEN 2656. (2012, Marzo 22). CLASIFICACIÓN VEHICULAR. *CLASIFICACIÓN VEHICULAR*, 1-15. Retrieved from CLASIFICACIÓN VEHICULAR.
31. Pauta Morocho, P., & Avilés, J. (2012). *Diseño y construcción de un vehículo biblaza de estructura tubular con motor monocilíndrico Yamaha YFM 200*. Cuenca, Ecuador: Universidad del Azuay.
32. Porter, J. M. (1998, Febrero 5). *Exploring the optimum posture for driver comfort*. Retrieved from Exploring the optimum posture for driver comfort: <http://dx.doi.org/10.1504/IJVD.1998.062075>
33. R.F.E . (2015, 01 20). *Normativa Homologación ES ante la R.F.E. de A*. Retrieved from Normativa Homologación ES ante la R.F.E. de A: <https://docplayer.es/58062866-Normativa-de-homologacion-de-estructuras-de-seguridad-ante-la-r-f-e-de-a.html>
34. Rocar Tech S.L. (1980). *Car-Croos*. Francia .
35. SENPLADES. (2017). *Buen Vivir*. Quito.
36. SNDPP. (2017). Integración Energética Regional. In S. N. Participativa, "*Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 Toda una Vida*". Quito.
37. SolidWorks, C. (2015). *Introducción a Solidworks*. EE.UU.
38. Stankous, N. (2017). *Internationalization of Higher Education in the Light of Some Indicators 2nd PAN-AMERICAN INTERDISCIPLINARY CONFERENCE* . Buenos Aires.
39. Sumitec. (2019, Marzo 10). *ACERO ESTRUCTURAL ACERO ASTM A-500 Grado B*. Retrieved from ACERO ESTRUCTURAL ACERO ASTM A-500 Grado B: <https://www.sumiteccr.com/acero/estructural/AE09.pdf>
40. Tapia Hernández, E., & García Carrera, J. S. (2016, Junio 26). *Parametric study of the inelastic model of steel braces*. Retrieved from Parametric study of the inelastic model of steel braces: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-092X2016000100049
41. Vivas, & Rios. (2014). *Diseño y construcción de la estructura de una tricicleta impulsada por energía solar*. Latacunga.

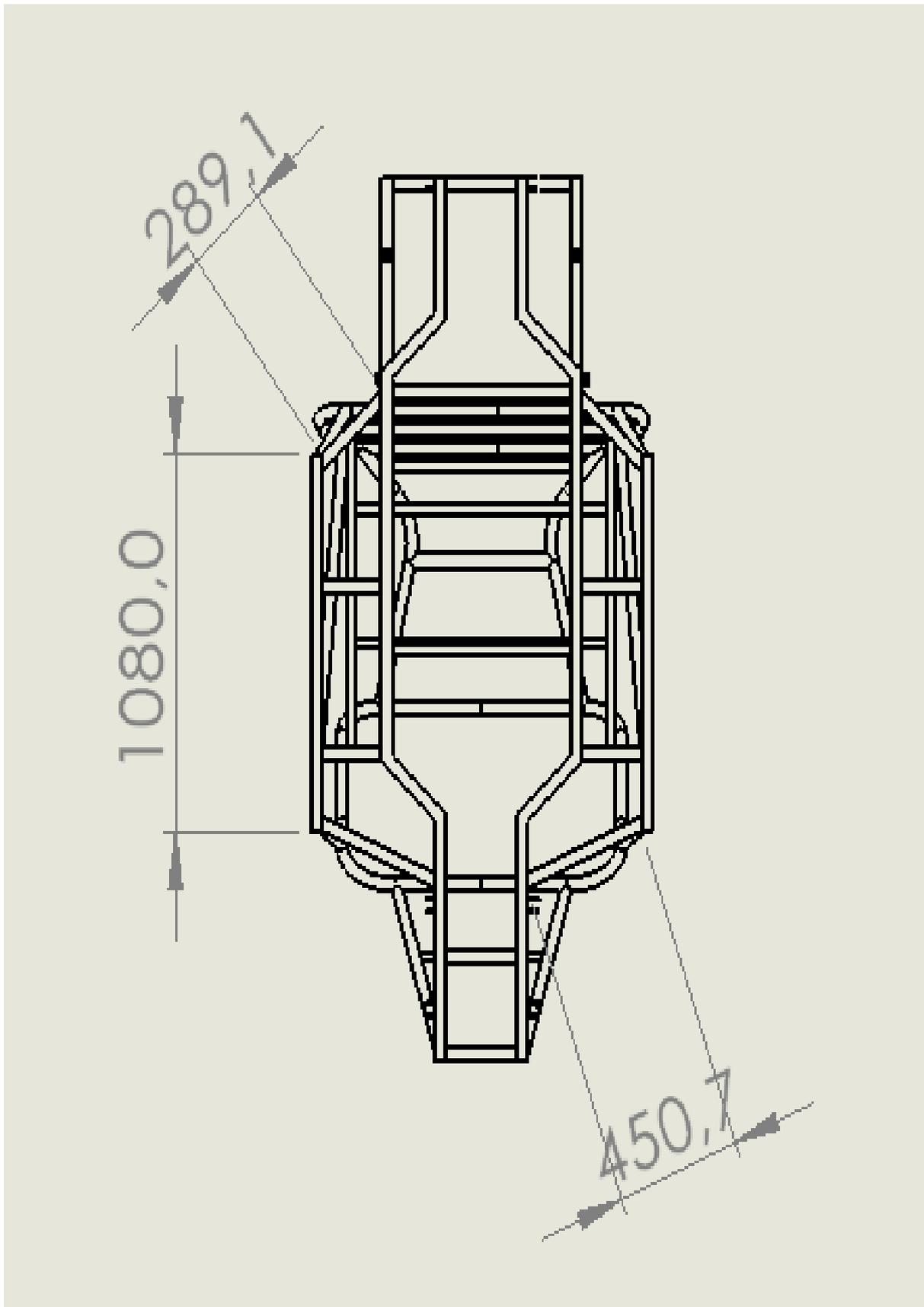
42. Yizeng Industria. (2020, Nov 04). *Tubo de acero de sección hueca, SHS, RHS, CHS*. Retrieved from Tubo de acero de sección hueca, SHS, RHS, CHS: <http://www.cyzindustry.com/info/hollow-section-steel-tube-shs-rhs-chs-51413831.html>

ANEXOS

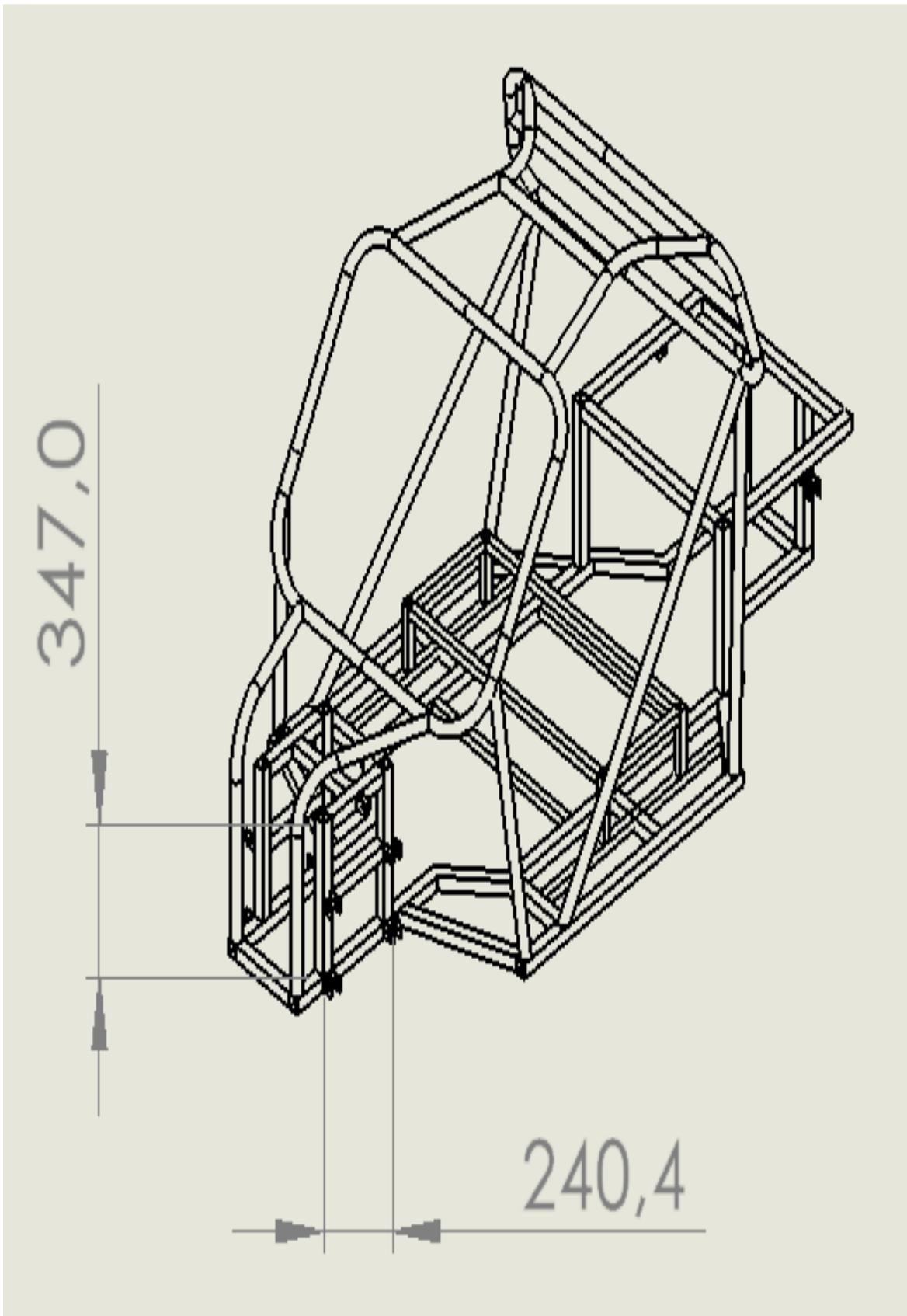
Anexo I. Plano estructural de la construcción de la base del chasis.



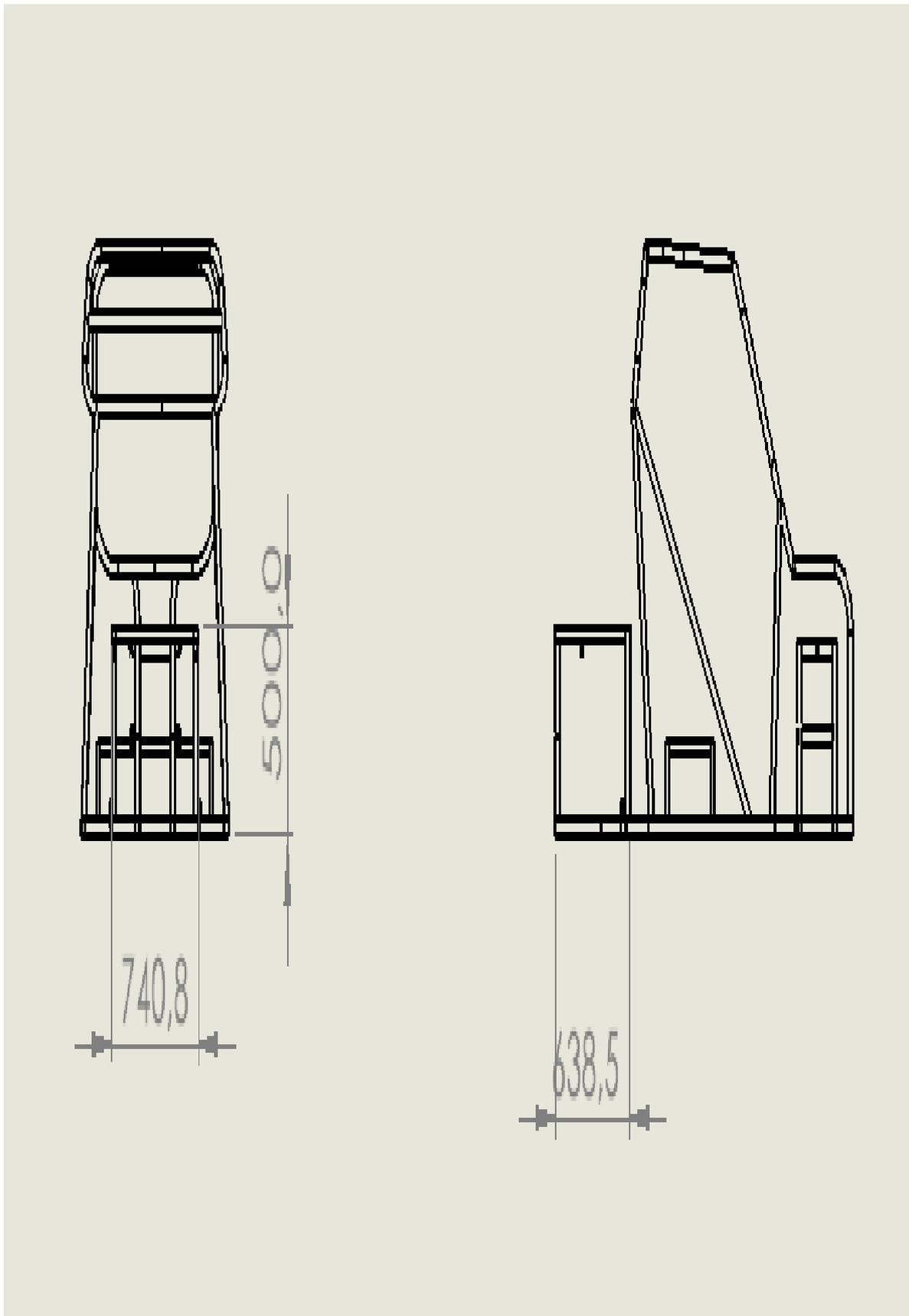
Anexo I. Plano estructural de la construcción de la base del chasis.

Anexo II. Plano estructural de los largueros externos de la base.**Anexo 2.** Plano estructural de los largueros externos de la base.

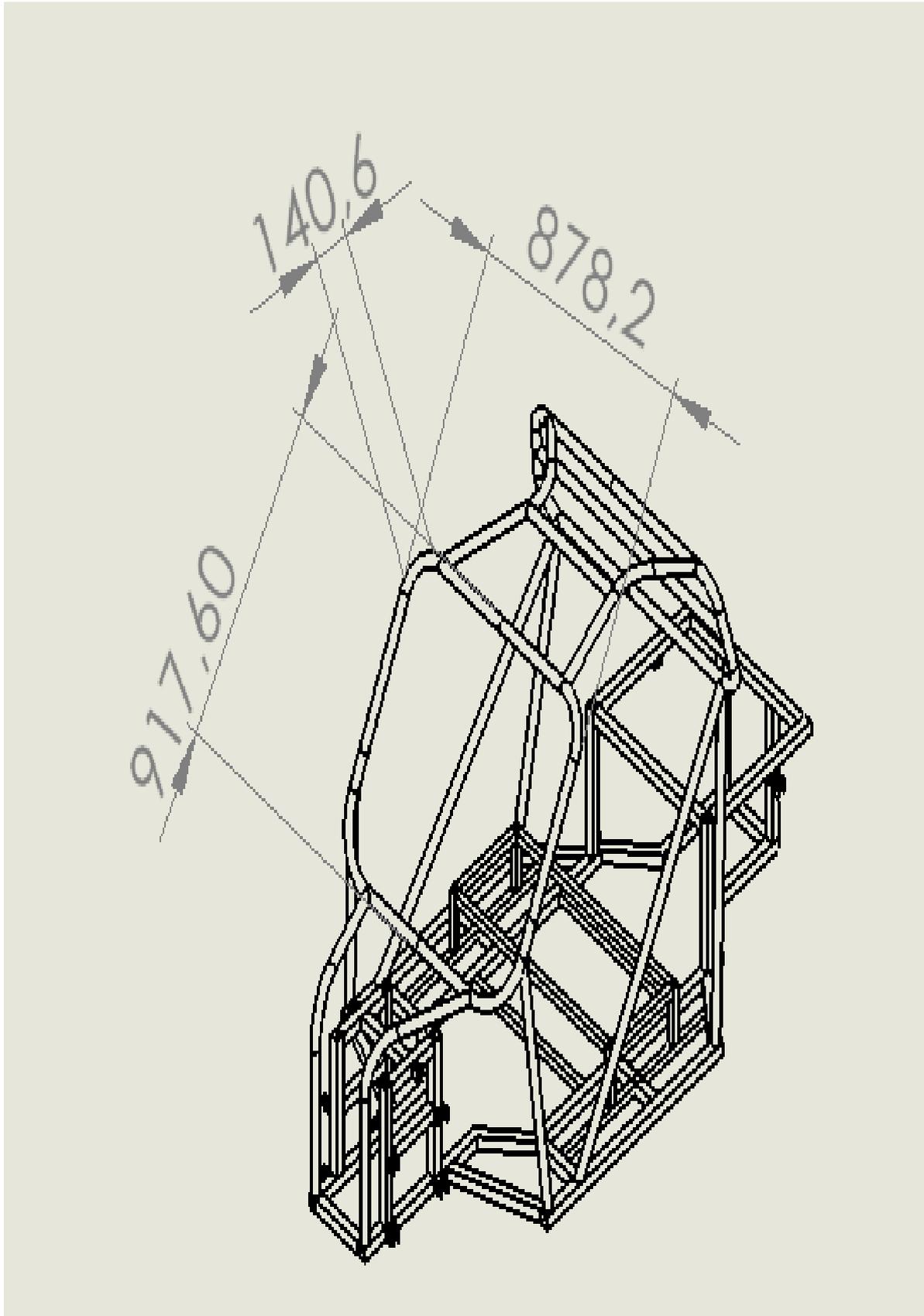
Anexo III. Plano estructural de la construcción de la parte delantera del chasis.



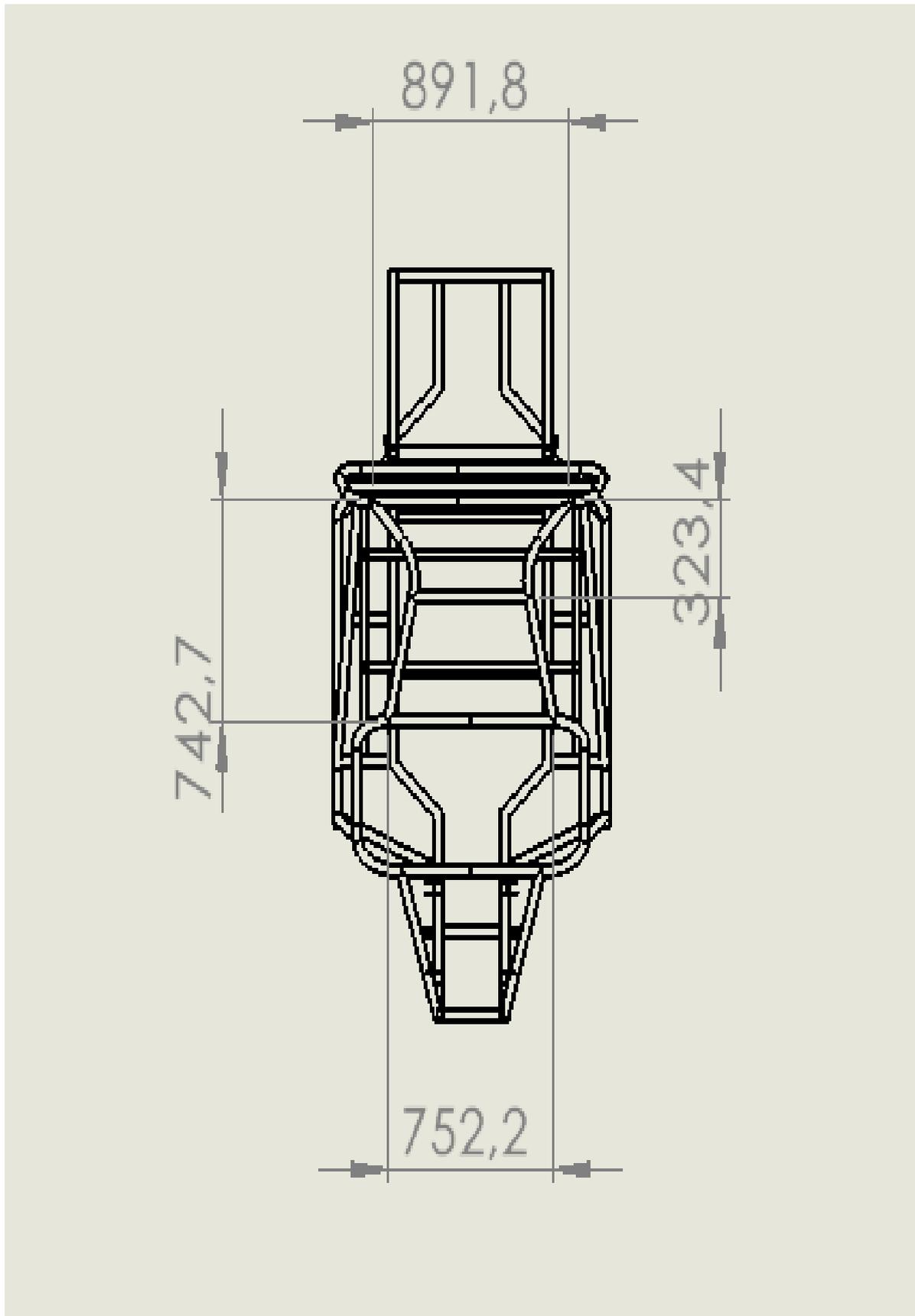
Anexo 3. Plano estructural de la construcción de la parte delantera del chasis.

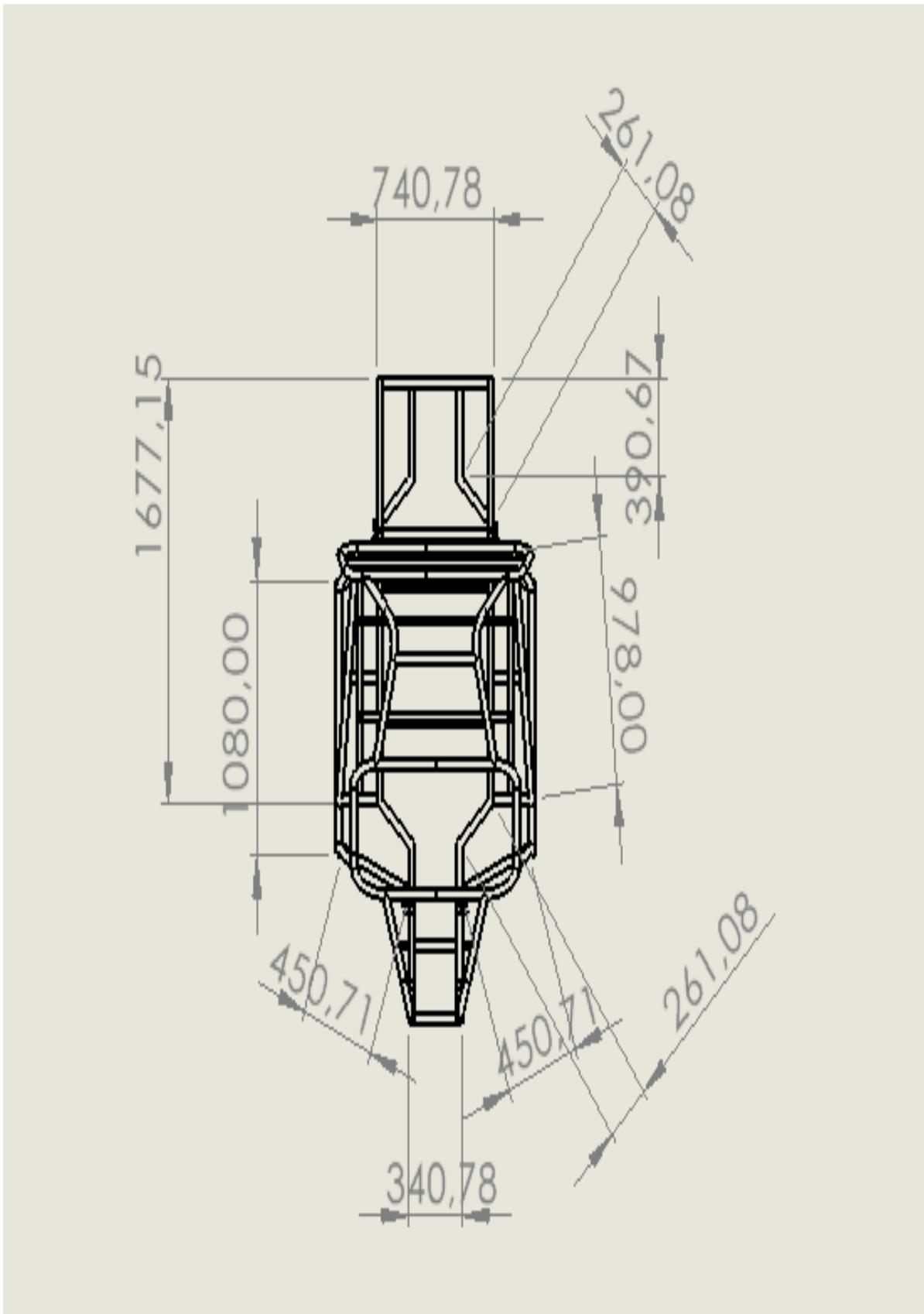
Anexo IV. Plano estructural de la parte posterior o cajón del chasis.**Anexo 4.** Plano estructural de la parte posterior o cajón del chasis.

Anexo V. Plano estructural dobladora manual de los tubos sin costura.



Anexo 5. Plano estructural dobladora manual de los tubos sin costura.

Anexo VI. Plano estructural de la construcción del techo del chasis.**Anexo 6. Plano estructural de la construcción del techo del chasis.**

Anexo VII. Plano estructural del diseño final del prototipo.**Anexo 7.** Plano estructural del diseño final del prototipo.

Anexo VIII. Norma ASTM_A500_Grade_B.

ASTM A500 Steel, grade B, shaped structural tubing

Page 1 of 1

ASTM A500 Steel, grade B, shaped structural tubing

Categories: [Metal](#); [Ferrous Metal](#); [ASTM Steel](#); [Carbon Steel](#); [Low Carbon Steel](#)

Material Notes: The Cu content of 0.10% is a minimum content when copper steel is specified.

Key Words: copper steels, copper-steels, UNS K03000, ASTM A501

Vendors: [Click here to view all available suppliers for this material.](#)

Please [click here](#) if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	7.85 g/cc	0.284 lb/in ³	Typical of ASTM Steel

Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Tensile Strength, Ultimate	400 MPa	58000 psi	
Tensile Strength, Yield	315 MPa	45700 psi	
Elongation at Break	23.0 %	23.0 %	
Bulk Modulus	140 GPa	20300 ksi	Typical for steel
Shear Modulus	80.0 GPa	11600 ksi	Typical for steel

Material Components Properties	Metric	English	Comments
Carbon, C	<= 0.30 %	<= 0.30 %	
Copper, Cu	<= 0.18 %	<= 0.18 %	
Iron, Fe	99.0 %	99.0 %	
Phosphorous, P	<= 0.050 %	<= 0.050 %	
Sulfur, S	<= 0.0630 %	<= 0.0630 %	

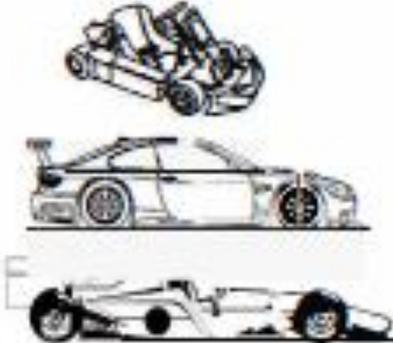
References for this datasheet.

Some of the values displayed above may have been converted from their original units and/or rounded in order to display the information in a consistent format. Users requiring more precise data for scientific or engineering calculations can click on the property value to see the original value as well as raw conversions to equivalent units. We advise that you only use the original value or one of its raw conversions in your calculations to minimize rounding error. We also ask that you refer to MatWeb's disclaimer and terms of use regarding this information. [Click here to view all the property values for this datasheet as they were originally entered into MatWeb.](#)

MS500E / 13953

Anexo 8. Norma ASTM_A500_Grade_B.

Anexo IX. Norma NTE INEN 2656:2012 para un vehículo UTV eléctrico.

CÓDIGO	SUBCLASE	CLASE	DESCRIPCIÓN
VEHICULOS ESPECIALES			
UTV	M1	VEHÍCULO UTILITARIO ESPECIAL 	Vehículo de aplicación especial diseñado para trabajo, deporte o de recreación, basado en una estructura autoportante o chasis ligero, especialmente para uso fuera de vías públicas.
CPT	M1 N1	COMPETENCIA 	Vehículo diseñado, fabricado o acondicionado para uso exclusivo en competencias automovilísticas.
MUL	M1 N1	MULTIFUNCIÓN ⁽²⁾ 	<p>Vehículo diseñado y fabricado para usos especiales tales como: canchas de golf, campos deportivos, transporte de maletas, seguridad interna, y recreación transporte de camillas, etc. Cuya velocidad no deberá ser mayor a 30 km/h.</p> <p>⁽²⁾ Especificar adicionalmente el uso del vehículo. Ejemplo multifunción: campo de golf-vehículo de feria.</p>
CRD	M1SA M2SA M3SA N1SA N2SA O1SA O2SA O3SA O4SA	CASA RODANTE 	Vehículo automotor o unidad de carga fabricado o adaptado para uso como vivienda por medio de carrocería especializada o techo levadizo. Cuenta con camas, zona de cocinas, mesas, etc. También denominados vehículos para vivienda o acampar.

Anexo 9. Norma NTE INEN 2656:2012 para un vehículo UTV eléctrico.

Anexo X. Certificado de diseño y simulación.



CERTIFICATE

OF APPROVAL

AWARDED TO

José Raúl Andrade Puma

THIS CERTIFICATE IS ISSUED FOR APPROVING THE 40 HOURS COURSE
COMPUTER AIDED DESIGN AND SIMULATION



Dr. Alejandro Rojo Valerio
 Research Center in Automotive Mechatronics
 Director





Msc. David S. Puma B.
 Research Center in Automotive Mechatronics
 Researcher

Anexo 10. Certificado de diseño y simulación.