

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica-Eléctrica y Mecatrónica



DISEÑO DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO PARA EL TRANSPORTE DE DOS PERSONAS

Tesis presentada por el Bachiller:

Candia Chire, Bryan Miguel

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Mecánico Eléctrico

Asesor:

**Ing. Alcázar Rojas, Hermann
Enrique**

Arequipa – Perú
2022

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
INGENIERIA MECANICA, MECANICA-ELECTRICA Y MECATRONICA
TITULACIÓN CON TESIS
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 22 de Mayo del 2022

Dictamen: 004097-C-EPIMMEM-2022

Visto el borrador del expediente 004097, presentado por:

2014200691 - CANDIA CHIRE BRYAN MIGUEL

Titulado:

DISEÑO DE UN VEHICULO ELECTRICO PARA EL TRANSPORTE DE DOS PERSONAS

Nuestro dictamen es:

APROBADO

1470 - CASTILLO CACERES CESAR PIO
DICTAMINADOR



1530 - FERNANDEZ BARRIGA CAMILO GRIMALDO
DICTAMINADOR



1828 - GORDILLO ANDIA CARLOS ALBERTO
DICTAMINADOR





DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada, a mi familia, ya que gracias a su esfuerzo me han impulsado en mi vida académica y es gracias a sus valores, de respeto, resiliencia y perseverancia, que me encamino a ser un ciudadano útil a la sociedad y poderla ayudar a mejorar con mis conocimientos adquiridos.

AGRADECIMIENTOS

Me parece muy importante congratular el esfuerzo de mi familia ya que su educación y enseñanza han hecho que me vaya consolidando como persona poniendo en práctica toda la educación recibida a cada momento también es necesario reconocer a mi alma mater la universidad católica de santa maría ya que en sus aulas he recibido conocimientos y también consolidado y mejorado mis valores con énfasis en la perseverancia y resiliencia y sobre todo mi ética como persona y profesional.



RESUMEN

El presente proyecto desarrolla un vehículo eléctrico a través del seguimiento de una metodología basada en parámetros principales tales como, la cantidad de personas a transportar, el peso, confort, el tipo de celda para las baterías y los materiales del chasis, y estética, todo esto ha sido seleccionado a través de puntajes ponderados y comparación de características para cubrir el objetivo de la problemática del cambio de matriz energética en los medios de transporte hacia energías limpias. La batería, la fuente de energía de este transporte fue dimensionada de forma modular para tener un mejor acceso, junto con su sistema de refrigeración que satisface su administración térmica. La estructura interna o chasis ha sido proyectada para llevar el banco de baterías junto con los pasajeros y demás elementos, basada en perfiles tubulares de materiales resistentes fáciles de encontrar y manufacturar, proporciona la seguridad y soporta la mayoría de cargas. El complemento de la estructura de chasis, el sistema de suspensión, se analizó geoméricamente y estructuralmente a través de los brazos de control y el conjunto resorte amortiguador que fue seleccionado a partir de los requerimientos en la conducción del vehículo, todos los sistemas principales, como el sistema de gestión térmica, la estructura de chasis y suspensión fueron diseñados en 3d sometidos a una simulación en sus características y desempeños principales para asegurar su buen performance ante cualquier evento al que fuera expuesto el vehículo. Todos los componente y sistemas de los ensambles fueron analizados en su costo económico para resultar ser competitivos al nivel comercial. Como resultado final se obtuvo un diseño global de un vehículo eléctrico capaz de transportar dos personas cumpliendo con su tarea de ser un vehículo cero emisiones.

Palabras Clave: transporte, chasis, diseños, eléctrico, energética.

ABSTRACT

This project develops an electric vehicle through the monitoring of a methodology based on main parameters such as the number of people to be transported, weight, comfort, the type of battery cell and chassis materials, and aesthetics, all this has been selected through weighted scores and comparison of characteristics to cover the objective of the problem of changing the energy matrix in means of transport towards clean energy. The battery, the energy source of this transport was dimensioned in a modular way to have a better access, along with its cooling system that satisfies its thermal management. The internal structure or chassis has been designed to carry the battery bank together with the passengers and other elements, based on tubular profiles of resistant materials that are easy to find and manufacture, provide safety and support most loads. The complement of the chassis structure, the suspension system, was geometrically and structurally analyzed through the control arms and the shock absorber spring assembly that was selected based on the vehicle's driving requirements, all the main systems, such as the thermal management system, the chassis and suspension structure were designed in 3d subjected to a simulation in its main characteristics and performances to ensure its good performance in any event to which the vehicle was exposed. All the components and systems of the assemblies were analyzed in their economic cost to prove to be competitive at the commercial level. As a final result, a global design of an electric vehicle capable of transporting two people was obtained, fulfilling its task of being a zero-emission vehicle.

Key words: transport, chassis, designs, electrical, energetic.

ÍNDICE

	<u>Pág</u>
DICTAMEN APROBATORIO	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS	IV
RESUMEN.....	V
ABSTRACT.....	VI
ÍNDICE	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE TABLAS	XIX
ABREVIATURAS Y LISTAS DE SÍMBOLOS	XXI
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I MARCO METODOLÓGICO.....	3
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	4
1.3 OBJETIVOS	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivos específicos:	4
1.4 JUSTIFICACIÓN	5
1.5 ALCANCES	5
1.6 LIMITACIONES	6
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 ANTECEDENTES	7
2.2 VEHÍCULO ELÉCTRICO	7
2.3 MOTOR ELÉCTRICO	8
2.4 TRANSMISIÓN.	9
2.5 SISTEMA DE DIRECCIÓN.....	10
2.6 CONTROLADOR DE MOTOR AC.....	10

2.7	FUENTE DE ENERGÍA	11
2.8	GESTIÓN DE BATERÍA	14
2.9	ARQUITECTURA DE LOS BMS	15
2.9.1	BMS Monolítico	15
2.9.2	BMS Distribuido	16
2.9.3	BMS Semi distribuido	16
2.10	SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN	17
2.11	CHASIS	19
2.12	TIPOS DE CHASIS	20
2.13	MATERIALES DE LA ESTRUCTURA DEL VEHÍCULO	22
2.14	CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA	23
2.15	SUSPENSIÓN	24
2.16	TIPOS DE SUSPENSIÓN	24
2.16.1	Suspensión de tipo dependiente o eje rígido.	24
2.16.2	Suspensión independiente	25
2.16.3	Geometría básica de la suspensión	26
2.16.4	Centro instantáneo de rotación	26
2.16.5	Centro de balanceo	27
2.16.6	Ángulo de Avance	28
2.16.7	Ángulo de caída o camber	29
2.16.8	Ángulo de salida o kingpin	29
2.16.9	Geometría anti hundimiento y anti levantamiento	29
2.17	REFERENCIA NORMATIVA	30
2.18	CARGAS	30
2.18.1	Carga viva	31
2.18.2	Carga muerta	31
2.18.3	Rigidez torsional	31
2.18.4	Ensayos de rigidez torsional	32
2.18.5	Cargas dinámicas	32
2.18.6	Carga de frenado	33
2.18.7	Carga de aceleración	33
2.18.8	Carga de resistencia de aire frontal	33
2.18.9	Carga de giro	33
2.18.10	Volcadura	34

2.18.11	Colisión frontal	34
2.18.12	Colisión lateral	34
CAPÍTULO III DISEÑO CONCEPTUAL.....		36
3.1	METODOLOGÍA	36
3.2	PARÁMETROS DE DESEMPEÑO.....	38
3.3	BIPLAZA.....	38
3.4	TIPO DE CHASIS.....	38
3.5	DISEÑO CONCEPTUAL.....	39
3.6	DIMENSIONES Y FORMA DEL VEHÍCULO	40
3.7	DISTRIBUCIÓN DE LOS EQUIPOS	41
3.8	ELECCIÓN DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN	42
3.8.1	Perfiles Estructurales.....	42
3.8.2	Tubos Cuadrados.....	42
CAPÍTULO IV DISEÑO DE DETALLE.....		45
4.1	ELEMENTOS PRINCIPALES DEL VEHÍCULO.....	45
4.2	TREN DE POTENCIA	46
4.2.1	Tracción Delantera	46
4.2.2	Tracción Trasera.....	47
4.2.3	Motor.....	48
4.2.4	Transmisión.....	49
4.2.5	Controlador.....	50
4.2.6	Acelerador electrónico	51
4.2.7	Selector de marchas.....	51
4.2.8	Circuito de control de tren de potencia	52
4.3	SISTEMA DE BAJA TENSIÓN.....	53
4.4	CONVERTIDOR DC/DC	54
4.5	SISTEMA ELECTRICO DE ALTA TENSIÓN	55
4.5.1	Baterías.....	55
4.5.2	Tipos de conexión	58
4.5.3	Dimensionamiento de la batería.....	59
4.5.4	Módulo	63
4.5.5	Separadores	64
4.5.6	Cálculo de refrigeración	65

4.5.7	Simulación de la refrigeración del modulo	68
4.5.8	Análisis térmico de estado estable	68
4.5.9	Análisis térmico transitorio	69
4.5.10	Circuito de Activación de ventilación	77
4.5.11	Medición de corriente del BMS	78
4.5.12	Circuito de precarga	79
4.5.13	Fusibles de alta potencia	80
4.5.14	Relé de alto voltaje	81
4.5.15	Relé de uso automotriz	82
4.5.16	Conexión de los módulos	82
4.5.17	Cargador de Batería.....	84
4.5.18	Ciclos de conducción	85
4.6	ERGONOMÍA	87
4.7	EL MARCO DEL CHASIS.....	89
4.8	DISEÑO DEL MODELO 3D.....	90
4.9	CONFORT	92
4.10	CARROCERIA.....	93
4.11	PROPIEDADES FÍSICAS DEL CHASIS	95
4.12	CALCULO DE CARGAS ESTÁTICAS	97
4.13	CARGAS MUERTAS	97
4.14	CÁLCULO DE LAS CARGAS VIVAS	97
4.15	CARGAS DINÁMICAS	98
4.15.1	Cálculo de la carga de frenado	98
4.15.2	Cálculo de la carga de Aceleración	99
4.15.3	Cálculo de la carga total de giro.....	101
4.15.4	Cálculo de la rigidez torsional.....	104
4.15.5	Cálculo de la carga de resistencia por aire frontal	105
4.15.6	Normativa de anclajes de seguridad.....	107
4.15.7	Cálculo de carga por impacto frontal	108
4.15.8	Cálculo de carga por impacto lateral.....	108
4.15.9	Cálculo de carga por volcadura.....	109
4.16	ANÁLISIS DEL CHASIS.....	109
4.16.1	Método de los elementos finitos.....	109
4.16.2	Elemento barra	110

4.16.3	Elemento tetraédrico	110
4.17	SIMULACIÓN DE CHASIS	111
4.18	ANÁLISIS CARGAS ESTÁTICAS	111
4.19	ANÁLISIS CARGAS DINÁMICAS	116
4.19.1	Análisis de carga por frenado	116
4.19.2	Análisis de carga por aceleración	120
4.19.3	Análisis por carga de giro	124
4.19.4	Análisis por carga de aire frontal	127
4.19.5	Análisis de ensayo de torsión	129
4.19.6	Análisis de carga por puntos de anclaje	133
4.19.7	Análisis de impacto frontal	135
4.19.8	Análisis de impacto Lateral	138
4.19.9	Análisis por Volcadura	140
4.20	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	141
4.20.1	Desempeño ante cargas estáticas	141
4.20.2	Desempeño en cargas dinámicas	142
4.20.3	Desempeño ante cargas por colisiones	142
4.21	SISTEMA DE SUSPENSIÓN DEL VEHICULO	143
4.22	SELECCIÓN DE TIPO DE SUSPENSIÓN	143
4.23	ELECCIÓN DE SISTEMA DE ACCIONAMIENTO DE RESORTE	144
4.24	SUSPENSIÓN DELANTERA	145
4.25	LOS NEUMÁTICOS	146
4.26	GEOMETRÍA DELANTERA	146
4.27	BRAZOS DE CONTROL	147
4.27.1	Brazo inferior de suspensión	147
4.27.2	Rotulas	148
4.27.3	Brazo superior de suspensión	149
4.27.4	Brazo inferior trasero de suspensión	150
4.27.5	Brazo superior trasero de suspensión	150
4.28	GEOMETRÍA DE SUSPENSIÓN	151
4.28.1	Suspensión delantera	151
4.28.2	Geometría suspensión trasera	152
4.29	DISTRIBUCIÓN DE PESOS	153
4.30	CENTRO DE GRAVEDAD	153

4.31	TRANSFERENCIA DE PESO DURANTE EL FRENADO	156
4.32	TRANSFERENCIA DE PESO DURANTE LA ACELERACIÓN	156
4.33	VELOCIDAD CRÍTICA DE VUELCO	158
4.34	TRANSFERENCIA LATERAL DURANTE UN GIRO	159
4.35	TOPE DE VELOCIDAD	161
4.36	RESUMEN DE CARGAS	163
4.37	ANÁLISIS DE LOS BRAZOS DE SUSPENSIÓN DELANTERO	165
4.37.1	Brazo de inferior de suspensión delantero	165
4.37.2	Brazo de inferior de suspensión trasero	167
4.38	NUDILLO DE DIRECCIÓN	169
4.39	MANGUETA TRASERA.....	169
4.39.1	Rodamiento	170
4.39.2	Geometría de mangueta trasera	170
4.40	ANALISIS DE MANGUETA TRASERA.....	171
4.41	AMORTIGUADORES	173
4.41.1	Selección del amortiguador.....	173
4.41.2	Compresión de resorte.....	174
4.42	ROCKERS O BALANCINES	178
4.43	ANÁLISIS DE LOS ROCKERS O BALANCINES.....	179
4.44	CREMALLERA DE DIRECCIÓN Y BARRA DE TORSIÓN	180
4.45	SISTEMA DE FRENADO.....	181
4.46	PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN.....	183
4.47	METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN.....	184
4.48	SOLDADURA.....	185
4.49	ANALISIS DE SOLDADURA.....	185
4.50	SIMULACIÓN DE SOLDADURA.....	189
4.51	COSTOS	190
	CONCLUSIONES.....	192
	RECOMENDACIONES.....	194
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	195
	ANEXO A: PLANOS DE TRABAJO.....	196
	ANEXO B: NORMATIVA PRINCIPAL.....	197

ÍNDICE DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura 2.1 Diagrama de bloques de un vehículo eléctrico.	8
Figura 2.2 Representación de motor eléctrico de inducción	9
Figura 2.3 Vista de una transmisión mecánica representada en 3d.....	9
Figura 2.4 Detalle básico de un sistema de dirección	10
Figura 2.5 Batería cilíndrica de iones de litio.	13
Figura 2.6 Representación de estructura química del LiFePO_4	14
Figura 2.7 Diferentes tipos de Battery Management System BMS	14
Figura 2.8 Esquema de arquitectura tipo BMS monolítico.....	15
Figura 2.9 Esquema de arquitectura tipo BMS distribuido.....	16
Figura 2.10 Refrigeración por aire de baterías	18
Figura 2.11 Refrigeración líquida básica de baterías	19
Figura 2.12 Simulación de refrigeración de baterías.....	19
Figura 2.13 Diferentes tipos de chasis de vehículos	21
Figura 2.14 Accionamiento de suspensión de eje rígido.....	25
Figura 2.15 Tipos de suspensión vehicular más comunes	25
Figura 2.16 Ubicación geométrica del centro instantáneo de rotación	26
Figura 2.17 Geometría frontal del centro de Balanceo	27
Figura 2.18 Levantamiento de las ruedas por la suspensión	27
Figura 2.19 Angulo de avance o caster	28
Figura 2.20 Angulo de caída del neumático.....	29
Figura 2.21 Geometría lateral de la suspensión	30
Figura 2.22 Barra circular sometida a una torsión	32
Figura 2.23 Ensayo de rigidez torsional de un chasis	32
Figura 2.24 Interacción aerodinámica de un vehículo	33
Figura 2.25 Fuerza centrífuga en un vehículo.....	34
Figura 2.26 Colisión lateral	35
Figura 3.1 Algoritmo de metodología de desarrollo.	37
Figura 3.2 Boceto del concepto de diseño.....	39
Figura 3.3 Concepto de dimensionamiento de diseño.....	40

Figura 3.4	Distribución de los equipos del vehículo.....	41
Figura 4.1	Diagrama de organización del vehículo.....	46
Figura 4.2	Esquema básico de vehículo de tracción trasera.....	47
Figura 4.3	Motor eléctrico modelo EVD250-90S1 y diseño 3d	48
Figura 4.4	Transmisión de vehículo eléctrico	49
Figura 4.5	Inversor y controlador modelo RMS PM250DZ y diseño 3d.....	50
Figura 4.6	Acelerador modelo EFP-005 0-5K EFP713-0502 y diseño 3d.....	51
Figura 4.7	Selector de marchas modelo YIJ-K813 y diseño 3d.....	52
Figura 4.8	Representación 3d del tren de potencia y control principal.....	52
Figura 4.9	Circuito básico de control del tren de potencia.....	53
Figura 4.10	Batería de plomo de auto estándar	54
Figura 4.11	Convertidor DC/DC modelo DE3KM17B-560S28RC.....	54
Figura 4.12	Tipos de baterías de litio en el mercado	56
Figura 4.13	Tipos de conexión de baterías en serie y paralelo	58
Figura 4.14	BMS REC modelo Q y representación 3d	60
Figura 4.15	Cable de comunicación tipo RS-485	61
Figura 4.16	Conectores laminados para empalmar celdas	61
Figura 4.17	Diseño 3d del exterior del módulo de baterías	63
Figura 4.18	Separador superior de celda de batería	64
Figura 4.19	Separador inferior de celda de batería	64
Figura 4.20	Conexión en serie de las celdas de batería.....	65
Figura 4.21	Volumen de control de la simulación	70
Figura 4.22	Parámetros para selección de fluido	71
Figura 4.23	Tipo de estudio para la simulación	71
Figura 4.24	Materiales de los elementos del módulo.....	72
Figura 4.25	Valores de calor generado y flujo volumétrico.....	73
Figura 4.26	Determinación de análisis de máxima temperatura	73
Figura 4.27	Simulación del flujo de aire dentro del módulo de baterías	74
Figura 4.28	Simulación térmica del módulo de baterías	74
Figura 4.29	Resultado de estado estable de temperatura en refrigeración	75
Figura 4.30	Detalle de un módulo de baterías.....	76
Figura 4.31	Propiedades físicas del módulo de baterías	76
Figura 4.32	Circuito de activación del sistema de refrigeración por aire	77
Figura 4.33	Circuito del sistema de refrigeración por aire activado	78

Figura 4.34	Shunt del circuito derivativo de medición	79
Figura 4.35	Unidad de precarga modelo Rec y diseño 3d	79
Figura 4.36	Fusible de alta potencia y representación 3d	81
Figura 4.37	Relé de alto voltaje y su representación 3d.....	81
Figura 4.38	Relé automotriz de baja tensión y representación 3d	82
Figura 4.39	Conector tipo Anderson y su representación 3d	82
Figura 4.40	Conector de alto voltaje hembra-Macho.....	83
Figura 4.41	Carcaza del banco de baterías	83
Figura 4.42	Cargador de baterías Longrun-Q2 y su modelo 3d.....	84
Figura 4.43	Diagrama de conexión de alto voltaje del módulo de batería.....	85
Figura 4.44	Grafica de ciclos de conducción norteamericano	86
Figura 4.45	Toma de medida de rodilla a final de espalda	87
Figura 4.46	Boceto 2d y medidas de un hombre adulto.....	88
Figura 4.47	Pasajero tridimensional vista isométrica.....	88
Figura 4.48	Pasajero tridimensional vista frontal.....	89
Figura 4.49	Estructura alámbrica 3d del chasis.....	90
Figura 4.50	Estructura alámbrica con los perfiles de chasis	91
Figura 4.51	Estructura de chasis con perfiles estructurales	91
Figura 4.52	Vista lateral del habitáculo de los ocupantes	92
Figura 4.53	Vista frontal del habitáculo de los ocupantes	93
Figura 4.54	Modelo en arcilla de la carrocería del vehículo	94
Figura 4.55	Modelo 3d de la carrocería del vehículo.....	94
Figura 4.56	Propiedades físicas de la estructura de chasis	96
Figura 4.57	Distribución de masas en la estructura	98
Figura 4.58	Área frontal del vehículo detallada en mm.....	106
Figura 4.59	Interpretación cilíndrica de piezas geométricas.....	110
Figura 4.60	Mallado tetraédrico para elemento 3d	111
Figura 4.61	Selección del material de simulación.....	112
Figura 4.62	Nodos de conexión de la estructura de chasis.....	112
Figura 4.63	Ubicación de las fuerzas en el chasis.....	113
Figura 4.64	Mallado focalizado de la estructura de chasis	113
Figura 4.65	Tensión máxima de cargas estáticas	114
Figura 4.66	Deformación producida en el chasis	114
Figura 4.67	Deformación máxima en el chasis	115

Figura 4.68	Factor de seguridad por carga viva y muerta.....	116
Figura 4.69	Anclajes fijos de la suspensión en el chasis.....	117
Figura 4.70	Anclajes fijos de la suspensión y distribución de fuerzas.....	117
Figura 4.71	Mallado de chasis para estudio de frenado.....	118
Figura 4.72	Esfuerzos máximos totales del chasis en frenado.....	118
Figura 4.73	Detalle de esfuerzo máximo en la estructura.....	119
Figura 4.74	Deformación física del chasis por frenado.....	119
Figura 4.75	Factor de seguridad por carga de frenado.....	120
Figura 4.76	Puntos de anclaje en la aceleración.....	121
Figura 4.77	Fuerzas de aceleración sobre la estructura.....	121
Figura 4.78	Mallado para la simulación de aceleración.....	122
Figura 4.79	Tensiones máximas por aceleración.....	122
Figura 4.80	Deformación de la estructura de chasis.....	123
Figura 4.81	Factor de seguridad de aceleración.....	124
Figura 4.82	Distribución de fuerzas de giro en la estructura.....	124
Figura 4.83	Mallado del chasis por carga de giro.....	125
Figura 4.84	Tensiones máximas por carga de giro.....	125
Figura 4.85	Deformación del chasis por carga de giro.....	126
Figura 4.86	Factor de seguridad por carga de giro.....	127
Figura 4.87	Distribución de fuerzas por carga frontal.....	127
Figura 4.88	Mallado para carga por aire frontal.....	128
Figura 4.89	Tensiones máximas por carga de aire frontal.....	128
Figura 4.90	Factor de seguridad por carga de aire frontal.....	129
Figura 4.91	Distribución de esfuerzos y puntos fijos.....	130
Figura 4.92	Mallado del chasis para ensayo de torsión.....	130
Figura 4.93	Resultante de esfuerzo máximo por torsión.....	131
Figura 4.94	Deformación por carga de torsión.....	131
Figura 4.95	Factor de seguridad para rigidez torsional.....	132
Figura 4.96	Esfuerzos máximos por carga de puntos de anclaje.....	134
Figura 4.97	Deformación por carga en los anclajes.....	134
Figura 4.98	Factor de seguridad de los anclajes del cinturón de seguridad.....	135
Figura 4.99	Puntos fijos y fuerzas actuantes por impacto frontal.....	136
Figura 4.100	Mallado focalizado para impacto frontal.....	136
Figura 4.101	Esfuerzo máximo por impacto frontal.....	137

Figura 4.102	Deformación por impacto frontal	137
Figura 4.103	Puntos de anclaje y fuerza en la estructura	138
Figura 4.104	Mallado y focalización de la estructura	138
Figura 4.105	Esfuerzos máximos por impacto lateral	139
Figura 4.106	Deformación el chasis por impacto lateral	139
Figura 4.107	Puntos de anclajes y fuerzas durante el volcamiento.....	140
Figura 4.108	Esfuerzos máximos por volcamiento	140
Figura 4.109	Deformación del habitáculo por volcadura.....	141
Figura 4.110	Representación 3d del neumático y aro	146
Figura 4.111	Vista frontal de estructura delantera	147
Figura 4.112	Distanciamiento entre las ruedas delanteras	147
Figura 4.113	Brazo inferior de suspensión delantera	148
Figura 4.114	Rotula de suspensión delantera y diseño 3d	148
Figura 4.115	Ensamblaje 3d del brazo de suspensión.....	149
Figura 4.116	Brazo superior de suspensión delantera.....	149
Figura 4.117	Modelo 3d del brazo inferior de suspensión trasera	150
Figura 4.118	Brazo superior de suspensión trasera.....	150
Figura 4.119	Geometría de centro de rotación	151
Figura 4.120	Angulo camber de la suspensión	152
Figura 4.121	Angulo de salida o king pin de la suspensión.....	152
Figura 4.122	Centro de balanceo de la suspensión trasera.....	153
Figura 4.123	Angulo camber de la suspensión trasera.....	153
Figura 4.124	Centro de masas del chasis del vehículo.....	154
Figura 4.125	Disposición de masas y distancias del vehículo	154
Figura 4.126	Distribución de fuerzas durante aceleración	157
Figura 4.127	Distribución de fuerzas y pesos	160
Figura 4.128	Vehículo con tope de velocidad.....	161
Figura 4.129	Distribución geométrica de los parámetros	162
Figura 4.130	Esquema geométrico de la suspensión delantera	164
Figura 4.131	Distribución de fuerzas en los brazos de suspensión	164
Figura 4.132	Fuerzas resultantes en los brazos de suspensión.....	165
Figura 4.133	Distribución de esfuerzos brazo inferior delantero	166
Figura 4.134	Resultado esfuerzo máximo del brazo inferior delantero	166
Figura 4.135	Factor de seguridad del brazo inferior delantero	167

Figura 4.136	Distribución de esfuerzos brazo inferior trasero.....	167
Figura 4.137	Esfuerzo máximo del brazo inferior trasero	168
Figura 4.138	Factor de seguridad del brazo inferior trasero	168
Figura 4.139	Nudillo de dirección delantera.....	169
Figura 4.140	Rodamiento para mangueta trasera.....	170
Figura 4.141	Modelo 3d de la mangueta trasera.	170
Figura 4.142	Distribución de esfuerzo en la mangueta.....	171
Figura 4.143	Esfuerzo máximo de la mangueta trasera	172
Figura 4.144	Deformaciones de la mangueta trasera	172
Figura 4.145	Factor de seguridad de la mangueta trasera	173
Figura 4.146	Rockers o balancines de suspensión y una representación 3d.....	179
Figura 4.147	Distribución de esfuerzos sobre el rocker.....	179
Figura 4.148	Esfuerzo máximo del rocker o balancín	180
Figura 4.149	Factor de seguridad del rocker.....	180
Figura 4.150	Modelo 3d del sistema de disco de freno.....	181
Figura 4.151	Modelo 3d de la suspensión delantera.....	182
Figura 4.152	Ensamble de la suspensión trasera.....	182
Figura 4.153	Ensamble interior del vehículo en 3d	183
Figura 4.154	Ensamble total del vehículo en 3d	183
Figura 4.155	Algoritmo para la construcción de la estructura y suspensión.....	184
Figura 4.156	Distribución de fuerzas en el perfil tubular	186
Figura 4.157	Análisis de fuerzas sobre el perfil tubular	186
Figura 4.158	Datos de la simulación de soldadura.....	189
Figura 4.159	Resultados de la simulación del cordón de soldadura	189

ÍNDICE DE TABLAS

	<u>Pág.</u>
Tabla 3.1 Dimensiones del vehículo	40
Tabla 3.2 Distribución de elementos por color	41
Tabla 3.3 Puntaje ponderado de materiales.....	43
Tabla 3.4 Características del acero ASTM500.....	43
Tabla 3.5 Parámetros geométricos y de ubicación de perfiles tubulares	44
Tabla 4.1 Datos del motor eléctrico	48
Tabla 4.2 Datos de la transmisión	50
Tabla 4.2 Datos del convertidor DC-DC.....	55
Tabla 4.3 Características de las baterías.....	56
Tabla 4.4 Puntajes ponderados de las baterías	57
Tabla 4.5 Datos de la celda.	57
Tabla 4.6 Datos del BMS	60
Tabla 4.7 Puntaje ponderado de refrigeración	63
Tabla 4.8 Características de ventiladores de aire	67
Tabla 4.9 Puntajes ponderados de ventiladores para el módulo	68
Tabla 4.10 Datos generales para iniciar simulación.....	70
Tabla 4.11 Propiedades térmicas de la celda Lifepo4.....	72
Tabla 4.12 Distribución de perfiles tubulares en colores	92
Tabla 4.13 Puntaje ponderado de materiales de carrocería	95
Tabla 4.14 Peso total del vehículo	96
Tabla 4.15 Cargas vivas y muertas.....	97
Tabla 4.16 Valores de carga de desaceleración.....	99
Tabla 4.17 Elementos de la maniobra de adelantamiento.....	100
Tabla 4.18 Valores de carga de aceleración	101
Tabla 4.19 Velocidades, radios y peraltes en carretera	102
Tabla 4.20 Valores de carga de giro.....	104
Tabla 4.21 Puntajes ponderados de suspensión	143
Tabla 4.22 Características de sistema de accionamiento de resorte.....	144
Tabla 4.23 Puntajes ponderados de sistema de accionamiento de resorte	145

Tabla 4.24	Resumen de fuerzas sobre el sistema de suspensión.....	163
Tabla 4.25	Porcentaje distribución de pesos laterales.....	175
Tabla 4.26	Características de amortiguadores.....	178
Tabla 4.27	Costos y cantidades de elementos del vehículo	190
Tabla 4.28	Trabajos y perfiles profesionales	191
Tabla 4.29	Costos de mano de obra y total de fabricación del vehículo.....	191



ABREVIATURAS Y LISTAS DE SÍMBOLOS

Abreviaturas

IVA	Impuesto sobre el valor añadido
ALC	América Latina y el caribe
AC	(Alternating Current) Corriente alterna
DC	(Direct Current) Corriente directa
MTI	Motor trifásico de inducción
LFP	(Lithium Ferrophosphate polymer) Polímero de Litio-Ferrofosfato
LCO	(Lithium cobalt) Litio cobalto
LMO	(Litio molybdenum) Litio molibdeno
BMS	(Battery Management system) Sistema de gestión de batería
CIR	Centro instantáneo de rotación
CB	Centro de Balanceo
MTC	Ministerio de transportes y telecomunicaciones
ELT	Vehículo con motor eléctrico
NTP	Norma técnica peruana
AISI	(American Iron and Steel Institute) Instituto americano del hierro y el acero
ASTM	(American Society for Testing and Materials) Sociedad Americana de para pruebas y materiales
TD	Tracción delantera
CFM	(Cubic feet per minute) Pies cúbicos por minuto
AWG	(American Wire Gauge) Calibres de Alambre Estadounidense
CAD	(Computer Aided Design) Diseño asistido por computador
CG	Centro de gravedad
LAC	Laminado en caliente

Símbolos

$V_{\text{módulo}}$	Voltaje del modulo
V_{celda}	Voltaje de la celda
$\#_{\text{celdas}}$	Número de celdas
$P_{\text{módulo}}$	Potencia módulo
$I_{\text{módulo}}$	Intensidad de corriente del módulo
$\dot{Q}_{\text{GENERADO}}$	Calor generado por el módulo
I_{celda}	Capacidad de cada celda
R_{interna}	Resistencia interna de cada celda
\dot{m}	Flujo masico
C_{aire}	Calor específico del aire
ΔT	Variación de temperatura de trabajo y temperatura máxima
\dot{V}	Flujo volumétrico
\dot{Q}_{Celda}	Calor generado por cada celda
I	Capacidad de cada celda
$m_{\text{banco de baterías}}$	Masa del banco de baterías
m_{carcasa}	Masa de la carcasa
m_{modulos}	Masa de los módulos
m_{pasajero}	Masa de cada pasajero
F_{frenado}	Fuerza de frenado
$M_{\text{componente}}$	Masa del componente
$F_{\text{aceleración}}$	Fuerza de aceleración
C_{giro}	Carga de giro
m	Masa del cuerpo o elemento
V	Velocidad
r	Radio de curva
F_{giro}	Fuerza de giro
K	Rigidez torsional
M	Momento aplicado
α	Ángulo que gira el chasis
F	Fuerza aplicada

L	Ancho de vías del vehículo
θ_1	Angulo de desplazamiento por la torsión
Δx_1	Desplazamiento en el punto más alto
Δx_2	Desplazamiento en el punto más bajo
Raf	Carga de resistencia de aire frontal en N
C_d	Coefficiente de arrastre
A_F	Área frontal proyectada por el vehículo
f	Factor de área frontal
b	Ancho del vehículo
h	Altura del vehículo
F_{an}	Fuerza de anclaje
$F_{\text{impacto frontal}}$	Fuerza impacto frontal
$F_{\text{impacto lateral}}$	Fuerza impacto lateral
$M_{\text{vehículo}}$	Masa de vehículo
$F_{\text{volcadura}}$	Fuerza de volcadura
σ_{maximo}	Esfuerzo máximo del material
$\sigma_{\text{admisible}}$	Esfuerzo provocado al material
FS	Factor de seguridad
W_d	Porcentaje de peso distribuido en eje delantero
W_t	Porcentaje de peso distribuido en eje trasero
D	Batalla del vehículo
z	Distancia longitudinal entre el eje neutro y el CG
$m_{\text{ejedelantero}}$	Peso en el eje delantero
$m_{\text{ejetrasero}}$	Peso en el eje trasero
W_{da}	Masa transferida al eje delantero
$V_{\text{Limv=}}$	Velocidad límite de vuelco
g	Aceleración de la gravedad
R	Radio de una curva
a_n	Aceleración normal
W_i	Peso ubicado en el eje exterior
V_x	Velocidad en X

V_y	Velocidad en Y
a_y	Aceleración en Y
$F_{\text{sobre eje}}$	Fuerza sobre los neumáticos
F_{bcs}	Fuerza brazo de control superior
F_{bci}	Fuerza brazo de control inferior
F_r	Fuerza resultante
K_d	Constante de compresión del resorte delantero
K_t	Constante de compresión del resorte trasero
x	Desplazamiento del resorte
w	Carga distribuida por la batería
l	Longitud media de la batería
d	Distancia media de la longitud l
M	Momento provocado por la carga distribuida
A	Área generada por los cordones de soldadura
τ_1	Esfuerzo por cortante directo
I_U	Segundo momento de Inercia
I	Omento de inercia
τ_2	Esfuerzo por flexión
τ_T	Esfuerzo total resultante
σ_{perm}	Esfuerzo permisible
h_w	Altura del cordón de soldadura
E_c	Energía cinética inicial del vehículo
E_{c2}	Energía cinética final del vehículo
V_1	Velocidad final del vehículo
P_c	Potencia consumida
T	Tiempo de aceleración del consumo energético
I_c	Corriente de corte de fusible
I_{max}	Corriente máxima

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha visto la proliferación de gran cantidad de vehículos eléctricos, de diferentes tamaños y funciones, el desarrollo de esta tecnología se ha visto impulsado por la búsqueda de una generación de fuerza mecánica más limpia y eficiente que los motores de combustión interna. En consecuencia, de estos nuevos avances en vehículos eléctricos, se ha logrado la reaparición de estas máquinas en el rubro del transporte de personas, a lo que el resto del mundo se está abocando como una nueva opción con vista al futuro del transporte.

El mercado del transporte ha experimentado cambios en los últimos años con vista al recrudescimiento en el control de la cantidad de emisiones de los vehículos de transporte, así como la amplitud al uso de energías limpias en este rubro, por lo tanto, se ha impulsado la comercialización y diseño de vehículos eléctricos que van desde motos, patines y autos, hasta transportes exclusivos. La presente investigación, tiene como propósito el diseño de un vehículo eléctrico que sirva como transporte de personas, para lo cual se plantea un orden de desarrollo. En cada capítulo o fase, se realiza el progreso de cada apartado para lograr como misión final la concepción del vehículo eléctrico.

En el primer capítulo, identificaremos primordialmente la problemática la cual buscamos darle solución, que consta de lograr satisfacer la necesidad de transporte a través de un vehículo que no contamine tal y como lo hacen los actuales vehículos de combustión interna, este medio de transporte viene a ser un auto eléctrico alimentado por baterías, el cual se ha de concebir cumpliendo con objetivos planteados, superando las limitaciones que se puedan presentar.

En el segundo capítulo se explica los elementos principales que componen el vehículo, entendiendo cuál es su funcionamiento y misión, y como estos afectan directamente en el diseño, también se expone los tipos de estructura de chasis que existen, lo que nos permitirá conocer cuál sería el más adecuado para poder implementar en el vehículo eléctrico. También se exponen los materiales, sistemas principales tales como la suspensión, y principalmente, las cargas que actuaran en la estructura del vehículo, conocer su procedencia y aplicación

ayudaran en un mejor desarrollo de la estructura interna del mismo ya que todos los elementos sufrirán lo efectos del comportamiento del vehículo.

En el tercer capítulo, se enfocará en la metodología para diseñar el vehículo, el paso a paso desde la selección de elementos hasta dimensionamiento y desarrollo de partes principales como las baterías, todo esto tomando en cuenta parámetros iniciales, de forma, dimensiones y carga además del confort y perfiles estructurales conjuntamente con materiales para la estructura, la planificación y orden es primordial para su consecuente diseño.

En el cuarto capítulo se realizará el diseño en detalle de todos los elementos tales como los bancos de baterías, selección de equipos como motor, y controladores, y el diseño estructural del chasis también el sistema de suspensión y todos los elementos estructurales serán simulados para conocer y comprobar su desempeño en condiciones de manejo y situaciones críticas, una vez comprobado que el performance sea correcto se lograra, plantear un procedimiento y especificar tareas para poder manufacturar las estructuras, en consecuencia se obtienen costos de los elementos y el valor aproximado de mano de obra. Una vez concretados los pasos anteriores, es posible evaluar las conclusiones y sugerencias alcanzadas a través del desarrollo de todo el diseño.

Capítulo I

MARCO METODOLÓGICO

1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente existe un cambio y una evolución del parque automotor mundial, la contaminación producto de los vehículos de transporte urbano, se ha vuelto una problemática cada vez más recurrente en este mercado. El nuevo objetivo de la industria es disminuir la polución producida por las actuales tecnologías que han desarrollado los medios de transporte. Si bien la iniciativa no es nueva, puesto que ya se ha visto, el desarrollo de vehículos híbridos, es el mercado de los autos eléctricos cuya tendencia mundial se ha enfocado en la fabricación y estudio de mejores baterías, por lo tanto, se ha experimentado su inserción al mercado mundial con mucha fuerza desde hace ya más de una década. Nuestro país no es ajeno a los cambios mundiales, por lo que desarrollar e implementar esta tecnología sería un gran paso para la evolución del transporte de nuestro país.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En los últimos años, en la mayoría de los países latinoamericanos se ha dado una multiplicidad de iniciativas de impulso a la movilidad eléctrica desde diversos frentes, alentadas, entre otros factores, por la necesidad de imponer controles medioambientales.

Un primer frente ha sido la conformación de marcos normativos de fomento a la electromovilidad, incentivos fiscales y económicos a la oferta: un buen número de países en la región se encuentran ensayando algún sistema de incentivos de este tipo (como pueden ser exenciones arancelarias, exenciones de impuestos al valor agregado, IVA, u otros impuestos internos). Asimismo, se ha empezado a tematizar desde la agenda pública de muchos ayuntamientos y municipalidades la introducción de taxis y buses eléctricos.

En ALC, la mayor parte de las principales capitales nacionales de la región han empezado a discutir la posibilidad de transición hacia flotas de transporte público eléctrico, así como a la introducción de soluciones de movilidad inteligente de “última milla”. (Isla, Singla, Rodriguez, & Granada, 2019)

Como se ha mencionado anteriormente existe un nuevo nicho de desarrollo tecnológico y comercial, una tendencia mundial a la creación y avance de vehículos eléctricos. Es debido a esta corriente que se ha optado por desarrollar un vehículo eléctrico, y en este proyecto se diseñará el chasis, módulo de baterías y suspensión, y de esta forma contar con información, que pueda ser optimizada en el futuro, ya que el vehículo eléctrico es eficiente en diferentes trabajos, una de ellos es el transporte de pasajeros.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

- Diseñar un vehículo eléctrico con la capacidad de transporte de dos personas.

1.3.2 Objetivos específicos:

- Determinar los parámetros de diseño, funcionamiento y especificaciones, el tipo de vehículo, y requerimientos básicos.
- Establecer y dimensionar todos los elementos principales que conformaran el vehículo eléctrico y su distribución geométrica en el chasis, con énfasis en el módulo de baterías y sistema propulsor.

- Diseñar el módulo de baterías, chasis y sistema de suspensión principales del vehículo en un software de desarrollo 3d.
- Analizar los desplazamientos deformaciones y tensiones del chasis y suspensión a través de un software de análisis 3d y de esta forma optimizar la estructura total del chasis.

1.4 JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto pretende aplicarse a la industria del transporte, creando las estructuras de un vehículo eléctrico que permita la movilización de dos personas, de manera segura y eficiente, optimizando procesos y diseños, y sobre todo sin contaminar el medio ambiente. Esta investigación, busca aprovechar esta nueva corriente de mercado de desarrollo y diseño de vehículos eléctricos, ya que este tipo de vehículos tendría grandes ventajas en nuestro país frente a otros ya existentes.

1.5 ALCANCES

Los alcances del proyecto son el diseño de un vehículo eléctrico para el transporte de personas, para lo cual se tiene seleccionar el tren de potencia adecuado, es decir el motor, la transmisión y el controlador que impulsaran el vehículo, una vez definida la planta motriz se dimensionara las baterías que alimentaran los sistemas del vehículo y cumplirán con el requerimiento energético del auto, esto a través de la selección de la celda de energía más adecuada y su sistema de refrigeración para su adecuado funcionamiento, los módulos están relacionados mecánicamente con el chasis en consecuencia es a partir de los módulos de batería que se realiza la concepción geométrica de la estructura de chasis la cual se puede diseñar en forma y tamaño, y también el sistema de suspensión que soportara todos los elementos y que actuara especialmente en la conducción. Los materiales que compondrán las estructuras deben ser perfiles tubulares de materiales confiables y fáciles de encontrar en el mercado, para garantizar una futura manufactura fácil y económica, la estructura de chasis debe garantizar el confort y espacio suficiente para sus pasajeros y garantizar la seguridad de los ocupantes para poder comprobar el diseño de la estructura se realizara una simulación que verificara el adecuado desempeño del chasis y sus elementos.

1.6 LIMITACIONES

Se realizará el diseño del prototipo de la estructura del chasis a tamaño real, con ayuda de un software de desarrollo 3d, el peso y dimensiones del módulo de baterías será parte fundamental y restrictiva para la concepción del vehiculó y sus sistemas, la selección de equipos y materiales deben tener la mejor relación de costo beneficio para ser factible su manufactura.



Capítulo II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

Desde tiempos muy antiguos el hombre ha tenido la necesidad de movilizarse, para tal tarea siempre utilizó su ingenio, que va desde el uso de animales como fuerza motriz para sus vehículos, hasta la actualidad, en que se usan los motores de combustión interna como fuente de poder y energía mecánica, pero en la actualidad se busca formas menos contaminantes de poder producir tracción mecánica, es así que se retomó el desarrollo de los vehículos eléctricos, cuya fuente de poder son baterías, en consecuencia estos vehículos han tomado una gran importancia hoy en día.

2.2 VEHÍCULO ELÉCTRICO

Los vehículos eléctricos carecen de un motor de combustión interna que les brinde tracción mecánica, ya que esta es lograda mediante uno, o hasta varios motores eléctricos. La ventaja principal de estas máquinas es que son cero emisiones. Las baterías son la principal fuente de energía, estas deben recargarse por medio de la red eléctrica doméstica,

o a través de una infraestructura adecuada, como son lugares de recarga autorizados o los denominados grifos de electricidad o supercargadores.

Los componentes básicos que conciben un vehículo eléctrico son:

- El motor eléctrico, el cual suministra la energía mecánica transformando en sus bobinas la electricidad guardada en baterías o acumuladores.
- Controladores electrónicos quienes supervisan y controlan la velocidad y la corriente suministrada a las bobinas del motor, además de comunicarse con el convertidor de potencia, para complementar la tarea.
- Baterías son la parte principal del vehículo, son las que almacenan a través de sustancias químicas, la energía que será suministrada a los demás componentes.
- Convertidor electrónico de potencia, dependiendo de la infraestructura eléctrica del vehículo puede ser un convertidor de DC a AC, un inversor que convierte AC en DC o un convertidor, que eleve o disminuya el voltaje de DC en DC.

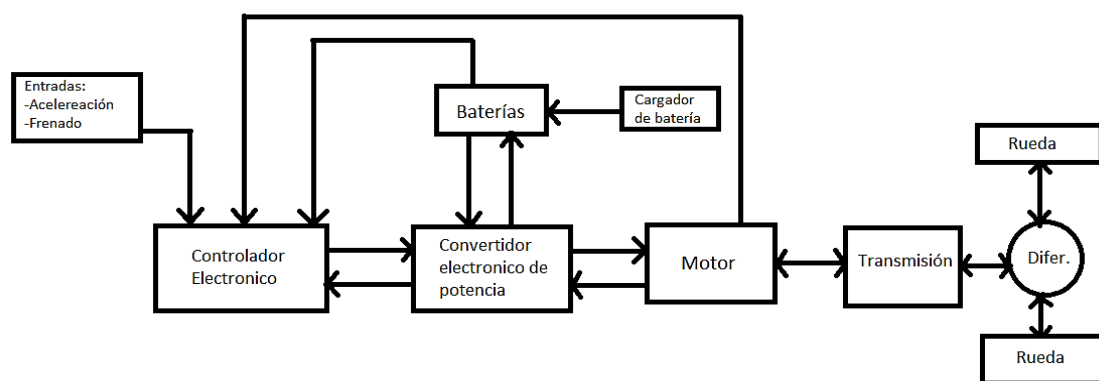


Figura 2.1 Diagrama de bloques de un vehículo eléctrico.
Fuente: Elaboración propia

2.3 MOTOR ELÉCTRICO

Son los componentes que transforman la energía eléctrica proveniente de la batería en energía mecánica, para producir el giro de las ruedas. Para este tipo de vehículos se suele usar un motor trifásico de inducción.

Básicamente un motor trifásico de inducción cuyo nombre en siglas es MIT, logra obtener energía mecánica a través de la transformación de la energía eléctrica en un proceso electromecánico variable ya que también puede actuar de forma contraria, convirtiendo energía mecánica en eléctrica, actuando como generador, en este modo posee muchos

inconvenientes por lo que esta configuración para este motor no es recomendable su uso. Otra designación para el motor es la de motor asíncrono trifásica, se nombra así ya que su campo estatórico en régimen permanente posee una velocidad diferente al giro del eje de salida, siendo esta su principal particularidad.

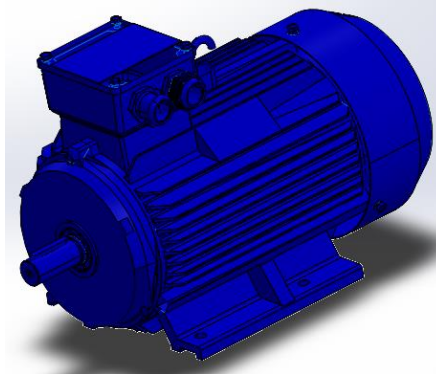


Figura 2.2 Representación de motor eléctrico de inducción
Fuente: Elaboración propia

2.4 TRANSMISIÓN.

Un sistema de transmisión está conformado por diferentes elementos mecánicos, tales como engranajes, sincronizadores y otras juntas y articulaciones, que a través de su disposición geométrica logran aumentar o disminuir la relación de transmisión entre el giro del volante o eje del motor hacia las ruedas motrices usando diferentes tipos de diferenciales y de esta forma disponer del torque del motor en momentos claves de la conducción, en vehículos eléctricos al tener una entrega de torque inmediata, las transmisiones de vehículos eléctricos suelen ser simples y más pequeñas.

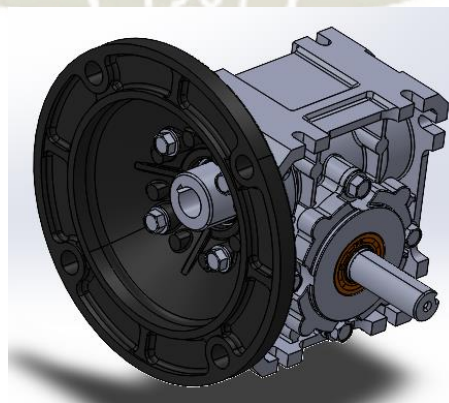


Figura 2.3 Vista de una transmisión mecánica representada en 3d
Fuente: Elaboración propia

2.5 SISTEMA DE DIRECCIÓN.

El sistema de dirección es un grupo de componentes que tiene como función principal convertir el movimiento rotacional del volante, a través de un dispositivo tipo cremallera el cual se acciona de manera manual o con asistencia hidráulica en una desviación angular de las ruedas directrices de un vehículo terrestre y de esta forma tomar el rumbo deseado por el conductor.

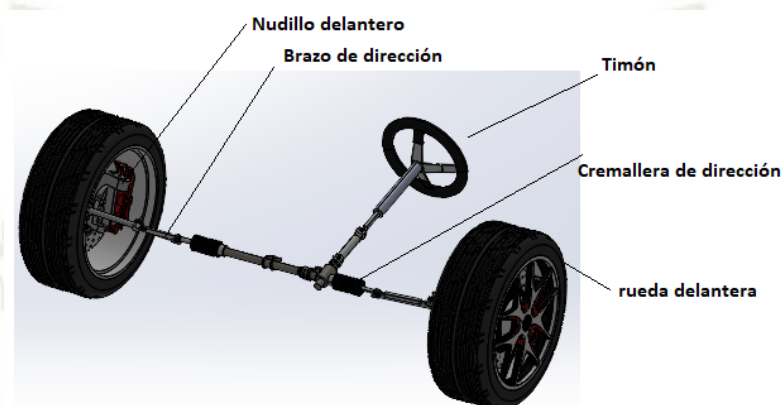


Figura 2.4 Detalle básico de un sistema de dirección
Fuente: Elaboración propia

2.6 CONTROLADOR DE MOTOR AC.

Un sistema de control es el encargado de gestionar, regular y ordenar, diferentes componentes de un sistema, con el fin de un mejor funcionamiento y menor fallo, para lo cual es necesario diferentes unidades de control o computadoras, que pueden interpretar diferentes variables de entrada y gestionar el funcionamiento del sistema en base a esas variables. En un auto eléctrico el controlador es el encargado del monitoreo de los motores eléctricos al gestionar la inducción de las bobinas del motor para ello, se cuenta con una serie de componentes electrónicos que en conjunto son capaces de realizar los cálculos y tareas necesarias para hacer funcionar el motor. Dependiendo del motor y de la potencia del mismo se pueden utilizar distintos tipos de controladores. Los más comunes y comerciales son los de circuitos integrados que funcionan con una potencia baja, pero con una facilidad de instalación y funcionamiento.

Los controladores funcionan básicamente alternando la polaridad a través del uso de transistores que funcionan como conmutadores de dos vías y que conforman la fase de potencia del controlador. Los que provocan la variación de polaridad en los transistores son

los half-bridge-drivers quienes reciben los pulsos y provocan esta permutación. El movimiento del motor es administrado por la parte primordial de estos artefactos electrónicos son la etapa de control, debido a que no se puede controlar mecánicamente tan rápido esos cambios en el motor siempre es necesario el control electrónico. El presente proyecto hará uso de un controlador de alto voltaje para su administración.

2.7 FUENTE DE ENERGÍA

Una celda de energía, o también llamada batería utiliza la energía química a través de una reacción redox convirtiéndola en energía eléctrica y poder almacenarla. Las baterías pueden realizar esta acción varias veces de esta forma adopta un comportamiento repetitivo y reversible ya que una batería puede ser cargada y recargada varias veces. La segunda ley de la termodinámica no afecta directamente a las baterías por el contrario de las maquinas clásicas basadas en un ciclo de Carnot, esto hace que una batería alcance altas eficiencias. Una batería puede estar conformada por la unidad básica que puede ser una celda, cuyos componentes principales son el electrodo positivo o cátodo y el electrodo negativo o ánodo y un compuesto químico denominado electrolito que brinda el elemento físico para el traspaso de carga tomando el papel de conductor iónico.

Una batería puede estar compuesta por diferentes celdas conectadas en paralelo o en serie en consecuencia de la capacidad de acopio energético buscado del acumulador y los parámetros de entrega buscados. Las diferentes propiedades de materiales de los que esta manufacturada la batería, y cuya gama de compuestos podemos encontrar en diferente data de fabricantes son las que brindan las características como el voltaje.

En la actualidad sea podido manufacturar baterías de múltiples configuraciones moldes y reducidas dimensiones, de mucha ligereza y sobre todo con un elevado performance, lo que lo ha llevado a acaparar grandes desarrollos industriales, productos electrónicos y hasta maquinaria. En nuestros días podemos encontrar una larga variedad de artefactos con batería, desde celulares, computadoras, herramientas de toda clase, y todo dispositivo inalámbrico, en la industria automotriz también, todo desde su aplicación de esta tecnología a finales de los 80.

El avance tecnológico en baterías ha conllevado al uso no solo del ion litio, sino también del polímero de litio cuya configuración permite que su electrolito no este contenido en una solución salina si no en un medio polimérico solido basado en el poliácrolonitrilo. El uso de

los polímeros de litio permite una manufactura más fácil, adecuando su estructura a diferentes moldes, brindándoles mayor seguridad y solidez y también en consecuencia reduce mucho los costos.

El envase clásico de una batería de ion litio es un contenedor cilíndrico que esta presurizado, pero con el uso los compuestos químicos tienden a exhalar vapores por lo que se encuentra una abertura que se activa para liberar dichos gases, y evitar con ello la explosión que suelen ocurrir cuando en condiciones de trabajo se incrementa la temperatura y con el ello los gases del interior aumentan la presión dentro del envase, por ende se debe monitorear estos procesos para evitar incidentes o incendios.

Generalmente son tres recubrimientos los que conforman el empaque metálico. Tenemos el electrodo negativo, que se suele manufactura en carbono, también el electrodo positivo hecho de óxido de litio con cobalto y finalmente tenemos el divisor, que es una capa extremadamente delgada que posee agujeros y que separa los dos electrodos positivos y negativos, pero permite el paso de los iones en medio de los electrodos, como se ve en la figura 2.5.

Dentro de toda la configuración se utiliza un electrolito que suele ser un disolvente orgánico como lo es el éter. La reacción dentro de una batería de ion clásica es cuando un componente funge como anfitrión y aloja los iones de litio emitidos por el huésped, este proceso se denomina desinserción e inserción, donde se recalca que los componentes en esta reacción están en estado sólido, todo adentro de una clásica capsula de batería de ion litio. La celda actual con estas características de distribución de elementos que se distribuye de manera comercial en el mundo y que es de las más usadas en muchos dispositivos inalámbricos es la celda tipo 18650, seguida del modelo 21700, cuyos números indican el valor de las dimensiones físicas del casquillo cilíndrico, como son el diámetro y su altura. Su único defecto a tomar en cuenta es que los castillos liberan la presión, como se refirió anteriormente, y es en este proceso que se tiene que tener mucho cuidado contra la inflamabilidad y explosión de estos dispositivos, por lo que se recomienda un buen sistema de gestión térmica.

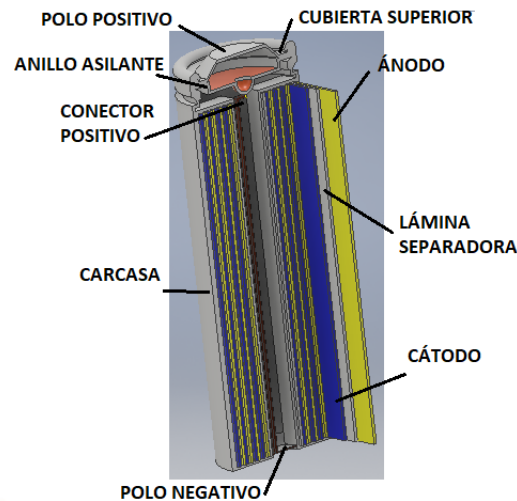


Figura 2.5 Batería cilíndrica de iones de litio.
Fuente: Elaboración propia

- **Baterías LFP**

En las baterías tipo ion litio se puede tomar el LiFePo_4 como material para el cátodo, este suceso fue develado gracias a la investigación de la Texas University por 1996. Una ventaja de los LFP son su mejor eficiencia ante ciclos de carga y descarga ya que puede administrar elevadas corrientes debido a que dispone de una pequeña resistencia electroquímica. Este tipo de materiales hace que las baterías de polímero tengan una alta seguridad debido a su equilibrio térmico. A diferencia de los ánodos de carbono en su forma de grafito, las baterías basadas en un cátodo de polímero de Litio-Ferfosfato usan un ánodo compuesto de $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ el cual tiene la propiedad de una vida útil más amplia y resistir altas corrientes. Los inconvenientes con sus homólogos clásicos de ion litio es que se consiguen rangos de voltaje más pequeños, entre los 2.5 y 4 voltios, por otro lado, se puede llegar a valores más altos de entrega en la descarga. La manufactura de baterías basadas en estos compuestos es menos económica que las clásicas baterías de LMO o las LCO, y eso se sopesa en su adquisición y desempeño en el mercado. La figura 2.6 ilustra las estructuras del LiFePo_4 .

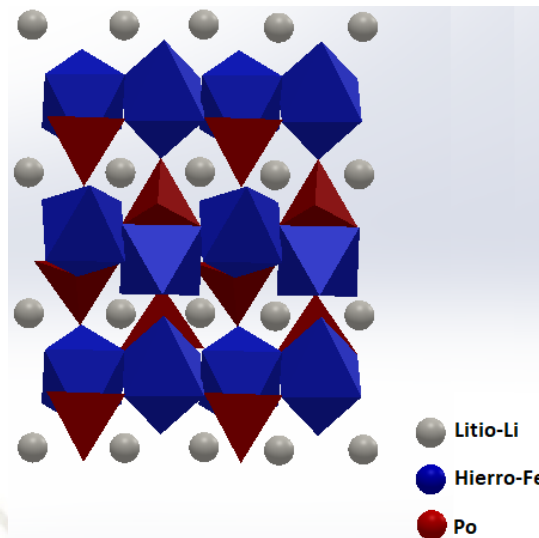


Figura 2.6 Representación de estructura química del LiFePO_4
Fuente: Elaboración propia

2.8 GESTIÓN DE BATERÍA

El sistema de gestión de baterías, o también conocido por sus siglas en inglés de battery management system (BMS), es el encargado cuantificar el voltaje, el flujo de corriente, así como la temperatura, de las celdas. Los datos adquiridos por el BMS sirven para gestionar mejor la carga y descarga de las baterías para poder trabajar en parámetros adecuados de funcionamiento, tales como voltaje mínimo de descarga, así como la temperatura de las celdas durante el funcionamiento del vehículo, y de esta forma proteger los componentes de la batería, alargando su techo de servicio. En la figura 2.7 se aprecia algunos tipos de BMS.

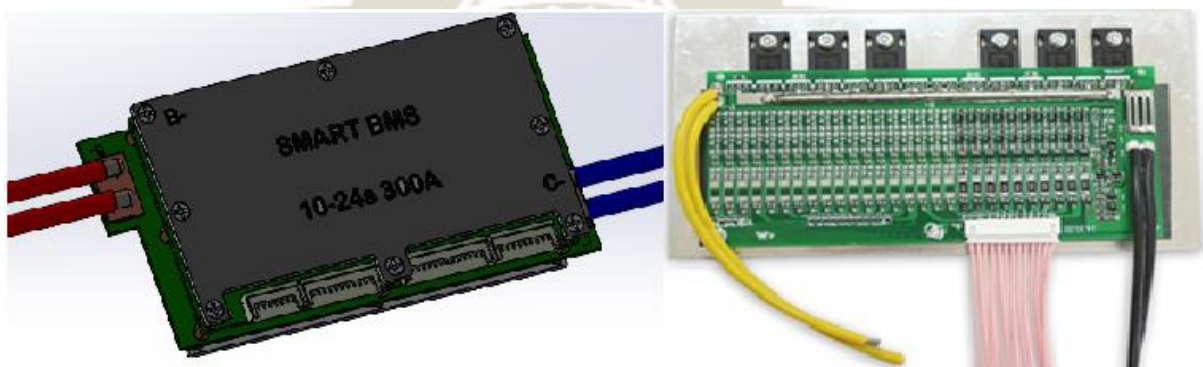


Figura 2.7 Diferentes tipos de Battery Management System BMS
Fuente: Elaboración propia

2.9 ARQUITECTURA DE LOS BMS

Existen diferentes formas en como poder colocar un BMS y de esta forma poder administrar los parámetros a los que están sometidos. Estas arquitecturas se diferencian básicamente en tres tipos.

2.9.1 BMS Monolítico

Usar un solo control modular para las diferentes tareas es la respuesta más sencilla ya que disminuye la comunicación entre módulos y se posee una estructura menos costosa y pequeña. Al ser un control simple, la cantidad de circuitos de monitoreo de celdas se ve reducido. Este tipo de diseños de control únicos y monolíticos funcionan de manera eficaz en sistemas cuyos parámetros a supervisar sean similares entre sí. Los sistemas que son monitoreados bajo este sistema resultan más económicos, porque no se necesitan más unidades BMS, pero también son menos flexibles por la cantidad de celdas y capacidad a manejar. La figura 2.8 expone la distribución central o monolítica.

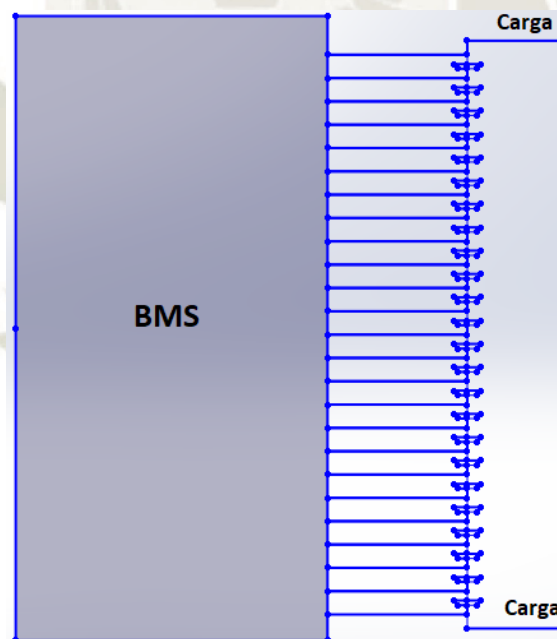


Figura 2.8 Esquema de arquitectura tipo BMS monolítico
Fuente: Elaboración propia

2.9.2 BMS Distribuido

Para conseguir un mayor grado de disposición de las baterías es que se opta por sistema de control BMS distribuido, que usa básicamente un BMS principal o maestro y otros secundarios denominados esclavos. Cada paquete o módulo de baterías deberá contar con su propio BMS encargado del control de las celdas correspondientes con cada módulo, monitoreando de forma electrónica todos sus aspectos. Toda la información producto del control de las celdas, tanto en corriente, voltaje y temperaturas es compartida y enviada al BMS maestro quien supervisa el desempeño de cada BMS en su modulo y de esta forma que cada celda sea balanceada y controlada.

Este tipo de arquitectura BMS es más versátil, pero a su vez es más costosa puesto que se van a necesitar más circuitos de comunicación, además del BMS maestro, controlador, otra de sus desventajas es el consumo de energía parasita, aunque es pequeña también influyen en el desempeño total del módulo de baterías.

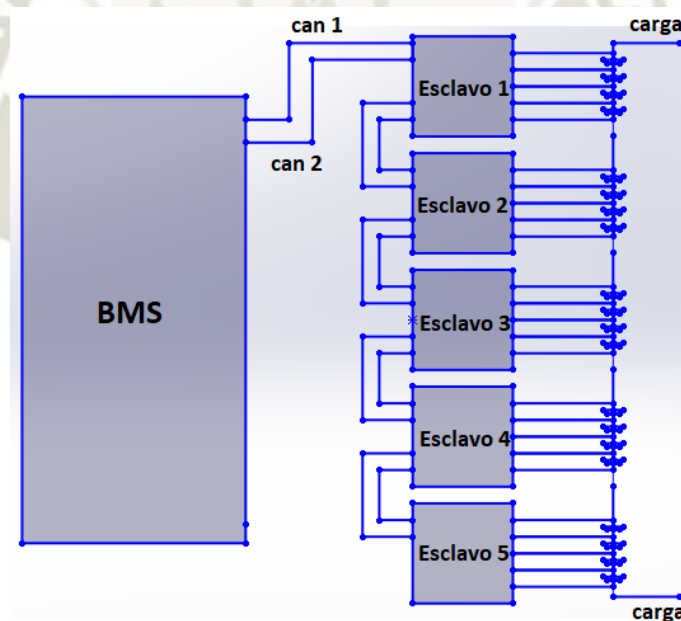


Figura 2.9 Esquema de arquitectura tipo BMS distribuido
Fuente: Elaboración propia

2.9.3 BMS Semi distribuido

Si se desea una flexibilidad de diseño y dimensionamiento del banco de baterías es necesario el sistema de diseño semidistribuido que engloba menos circuitos de control ya que subdivide las partes de control en BMS esclavo con mayor cantidad de análisis de esta forma

se usan menos dispositivos. La principal cualidad es que a diferencia con la arquitectura distribuida es que usa menos componentes porque amplía el rango de análisis con BMS esclavos más potentes y con ello se pueden cambiar el número de celdas y flexibilidad de capacidades, mezclando las ventajas del sistema único o monolítico con el distribuido. Los BMS esclavos deben garantizar la capacidad de análisis de sus paquetes de batería en sus características principales como corriente y voltaje, es ahí donde los costos pueden elevarse debido a una mayor performance de estos dispositivos electrónicos que son usados para manejar altísimos voltajes.

2.10 SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN

Un sistema de refrigeración, es necesario en sistemas y mecanismos que conlleven la generación de altas temperaturas y que pongan en riesgo su funcionamiento correcto o por ende otros componentes.

La misión del sistema de refrigeración es que a través de dispositivos y fluidos se logre regular la temperatura en sistemas y mecanismos hacia parámetros aceptables para su adecuado funcionamiento, por consecuencia protege componentes y otros sistemas, así como reduce las pérdidas debido a la generación de calor.

En los autos eléctricos, exponer a temperaturas demasiado elevadas a las celdas puede provocar daños permanentes en las baterías y una degradación acelerada. Por lo tanto, se hace necesario un sistema de control de temperatura para las baterías, que las enfríen y los mantenga en parámetros de funcionamiento adecuados. Existen básicamente dos sistemas más comunes para la refrigeración de las baterías.

- **Refrigeración por Aire:** Un sistema de refrigeración por aire se sirve de tomar del medio ambiente un flujo de aire e introducirlo ya sea de forma natural o forzada, a través de medios mecánicos como ventiladores o turbinas, dentro del módulo de baterías y de esta forma recorrer su interior y el espacio entre celdas y provocar un intercambio térmico, y luego salir llevándose el calor generado por las baterías y permitiendo el ingreso de nuevos caudales de aires y que se repita el ciclo. Este sistema es el más económico no necesita una infraestructura exclusiva para su funcionamiento y también es menos riesgoso, ya que no conlleva una interfaz líquida como otros sistemas de refrigeración y no se somete a fugas que podrían dañar las baterías, su

principal inconveniente es que el aire no tiene la capacidad calorífica de los líquidos para absorber el calor generado y por ende se necesita flujos de aire fuerte y constantes, que provocan consumo de la misma batería para los sistemas de flujo forzado.

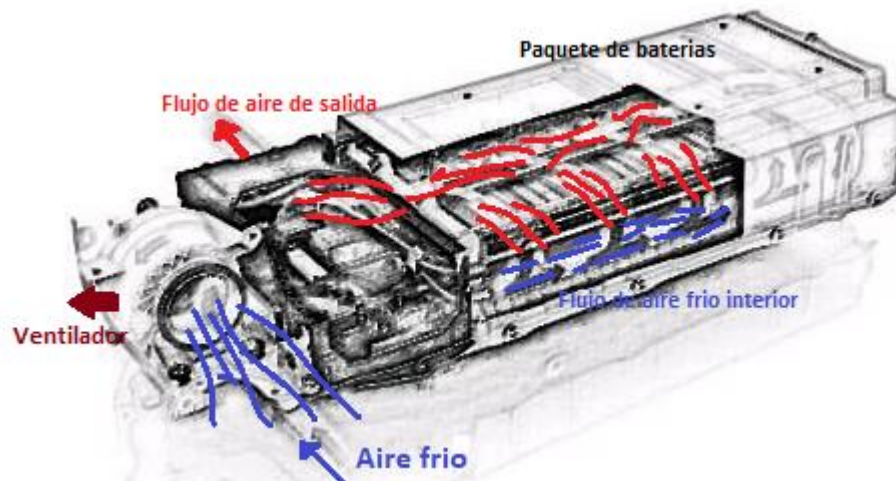


Figura 2.10 Refrigeración por aire de baterías
Fuente: Elaboración propia

- **Refrigeración por líquido:** La refrigeración líquida utiliza una interfaz en la que el líquido refrigerante común de los vehículos es el que realiza la labor de intercambio térmico de las baterías a través de un flujo que recorre toda la batería gracias a una bomba. Para poder fluir por toda la batería es necesaria una arquitectura hermética exclusiva para la circulación del líquido ya que debe asegurar que todas las celdas reciban líquido frío y ya no calentado para ello se disponen, de componentes como platos refrigerantes, serpentines y tubos, es por ende que resulta más difícil su fabricación y costosa, además de agregar más peso al vehículo. Todo lo anterior se compensa con la mejor capacidad de los líquidos para el intercambio térmico, más eficiente en corto tiempo, pero siempre existe el riesgo de fugas por lo que se debe hacer un mantenimiento preventivo cada cierto tiempo.

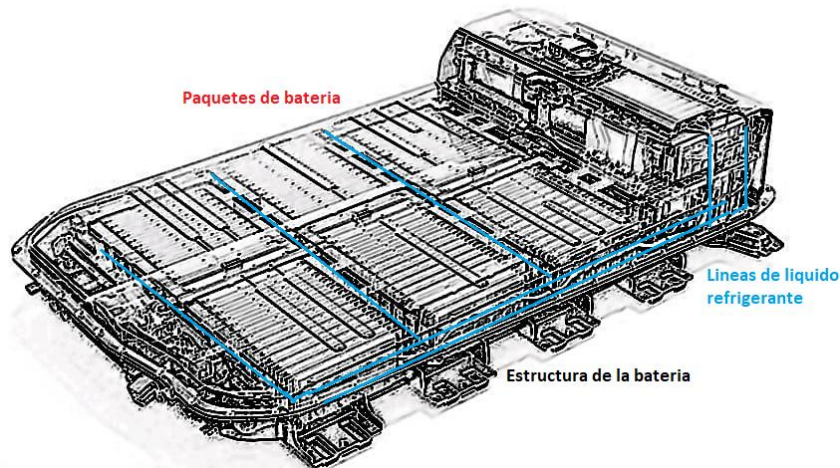


Figura 2.11 Refrigeración líquida básica de baterías
Fuente: Elaboración propia

Para optar por el sistema de gestión térmica más eficiente y adecuado se enfocará en las necesidades energéticas del vehículo y el ámbito económico, en consecuencia, el tipo de sistema de refrigeración será elegido sopesando los requerimientos del vehículo tanto técnicos como económicos y su desempeño se evaluará a través de una simulación.



Figura 2.12 Simulación de refrigeración de baterías
Fuente: Elaboración propia

2.11 CHASIS

La historia de los chasis primigenios, tiene una data antigua, pero es a partir que los automóviles se conciben como tal, ya a finales del silo XIV, que han evolucionado hasta nuestros días. Los primeros chasis tenían aun la vieja concepción de los carros jalados por bestias, por lo que no difieren mucho en su diseño y materiales, como la madera y el hierro. A partir del siglo XX es que se empiezan a diseñar chasis y estructuras totalmente, dedicadas al concepto del automóvil, su estudio y su factibilidad de fabricación y materiales durables

se plasmaron en modelos como el Ford modelo T y otros contemporáneos dando el paso para la manufactura de chasis a gran escala. Con el tiempo aparecen diseños tales, como el clásico chasis de escalera que se data en la década de los 30 implementada primeramente en vehículos de carrera del fabricante Mercedes, este modelo se propagó y se usó en casi todos los vehículos comerciales hasta la década de los años 50. Es a partir de esta década que los chasis evolucionan dando paso, primeramente, a los chasis tubulares que fueron usados en vehículos de competición, también aparecieron a partir de los años 80 los vehículos monocasco, y el uso de aleaciones de aluminio que es muy común en la actualidad, y como parte de la evolución tecnológica, el avance de los últimos años es el de los materiales compuestos ya en uso de chasis de vehículos de alta gama.

2.12 TIPOS DE CHASIS

A lo largo de la historia se han desarrollado diferentes tipos de chasis, cambiando sus estructuras y métodos de fabricación, así como los materiales que lo componen. También se debe tomar en cuenta la función y prestaciones del vehículo, tomando en cuenta esas diversificaciones se pueden considerar.

- **Chasis de largueros o bastidor independiente**

Los chasis de largueros o tipo escalera se usaron a partir del principio de la década de los 50 primeramente en vehículos de competición para luego pasar al uso comercial a mediados de los 50, toda la década de los 60 y parte de los 70, para luego ser relegados a vehículos todo terreno y más robustos, a partir de los 80. Su fabricación y diseño son muy simples, basados en dos travesaños principales que soportaran los esfuerzos más grandes del vehículo y que se refuerzan por barras transversales. Su facilidad para la construcción, lo hicieron un chasis común en vehículos comerciales, aunque su principal defecto es la baja resistencia a la torsión, pero robustez de los materiales que lo componen como el acero, lo hacen muy duradero, en la actualidad se usan en camionetas todo terreno y vehículos de gama similar, debido a la aparición del chasis monocasco.

- **Monocasco o autoportante**

El sistema monocasco es el más usado en la actualidad por los fabricantes de automóviles, puesto que este diseño ofrece muchas ventajas como la reducción de peso, flexibilidad y costos de producción. El monocasco está fabricado a través del ensamble de diferentes partes moldeadas con las formas del vehículo y unidas con puntos de soldadura, su principal ventaja es que los esfuerzos y vibraciones se absorben y distribuyen en toda la estructura aumentando la seguridad de la estructura y sus ocupantes. En el mercado actual la mayoría de vehículos monocasco están fabricados en aleaciones de aluminio, aunque los de gama alta apuesta por materiales como los polímeros reforzados con fibra de carbono.

- **Chasis tubular**

En los años 50, el mundo automovilístico buscaba formas de diseño más robustas para el chasis, que sea más rígido torsionalmente que el clásico chasis de escalera, que se usaba en esa época, es entonces que el chasis tubular aparece, como un conjunto de perfiles tubulares que se entrelazan y unen a través sus soldaduras en formas tridimensionales dando forma al vehículo. Este diseño, provee al chasis de una gran capacidad de absorber esfuerzos siendo mucho más rígido que otros chasis. Estas cualidades lo hacen muy seguro por lo que esta configuración se usa en vehículos de competición debido a que su tiempo de fabricación a gran escala es mucho mayor que los monocasco actuales, por lo que su función principal en la actualidad son las competiciones y refuerzos a vehículos comerciales.

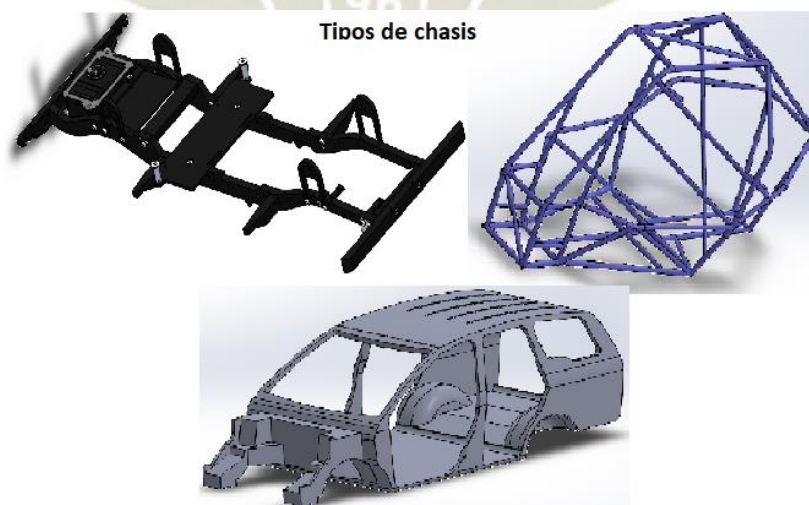


Figura 2.13 Diferentes tipos de chasis de vehículos

Fuente: Elaboración propia

2.13 MATERIALES DE LA ESTRUCTURA DEL VEHÍCULO

Los vehículos están fabricados de materiales resistentes, capaces de absorber y distribuir diferentes esfuerzos a los que se somete la estructura a lo largo de su uso. La industria automotriz en sus inicios hizo uso en gran medida del acero, en sus primeros bastidores y modelos, ya que este material es fácil de conseguir y trabajar a gran escala, y las líneas de ensamblaje podían dar abasto con la demanda, como material para el chasis el acero era resistente, aunque con el tiempo tendía a corroerse, era pesado también por lo que los autos resultaban también pesados y esto se traducía a motores más robustos y voluminosos que consumían grandes cantidades de combustible para moverse.

Durante el siglo XX se mejoró ampliamente el uso de aluminio que se tradujo en una mejora en la fabricación del chasis y la industria aeronáutica. El aluminio permitió una disminución del peso de la estructura de chasis en gran medida además de sus características de absorción de los esfuerzos y resistencia, lo hizo muy atractivo como materia prima para la fabricación, a todas estas cualidades se suma su resistencia a la corrosión, más alta a la del acero, por lo que en la actualidad el uso de aleaciones de aluminio es la forma más extendida de fabricación y moldeo de estructuras de chasis.

Como parte de las aleaciones de aluminio el magnesio se ha convertido en un elemento usado recurrentemente por sus propiedades más ligeras que el aluminio, pero no se puede usar magnesio puro por lo que siempre es acompañado generalmente de aluminio y Zinc.

Es debido a esta evolución en los materiales de fabricación en que los autos han adoptado diferentes formas, y un aligeramiento de su estructura permitiendo una mayor potencia y una economización del combustible, lo que ha derivado en el uso masivo de aleaciones en la industria automotriz.

En la actualidad la evolución en la fabricación de la industria automotriz y aeronáutica se ha decantado en los materiales compuestos, los que ofrecen materiales aún más ligeros y fuertes, y muy resistentes a la corrosión lo cual resulta muy importante para el desempeño del vehículo la inconveniencia es el costo, ya que aún no se ha podido masificar y tecnificar en masa su uso, sin embargo existen ya vehículos de alta gama que poseen una estructura de chasis basada en materiales compuestos tales como la resina reforzada por fibra de carbono, este material posee un peso ultraligero y una resistencia superior a la del acero, pero su procesamiento por capas es trabajoso y es por ello que en la actualidad lo encontramos en vehículos deportivos y de alta gama.

El material más abundante y fácil de trabajar es el acero, el aluminio también está presente, pero en menor cantidad, y los materiales compuestos, se pueden fabricar, pero con costos realmente altos.

2.14 CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA

Generalmente es reconocido como el armazón de todo vehículo, el chasis puede estar fabricado en combinación de diferentes tipos de materiales tales como acero, aluminio o materiales poliméricos reforzados con fibra de carbono. Los materiales del chasis del vehículo tienen una diferente gama de características y propiedades, las cuales se relacionan directamente con la rigidez, confort, el precio, el peso total del vehículo, su vida útil y resistencia. Se debe considerar los factores principales a continuación antes de detalles complementarios.

- **El peso del vehículo:** Es primordial que el vehículo tenga la suficiente fuerza para poder llevar pasajeros, además de cualquier elemento adicional que se planifique transportar, como el equipaje. Los materiales poseen diferentes propiedades intrínsecas como resistencia a la tracción, fatiga, impacto, pero estas deben estar acorde con la necesidad de un balance entre peso, potencia y durabilidad.
- **El propósito del vehículo:** Si deseas un vehículo eficiente este debe ser rígido y liviano, y de esta forma poder reducir y hacer uso eficiente de los materiales. Por otro lado, si se desea utilizar un vehículo para travesías en el campo, tomar un paseo, y que exige jornadas de largas horas en el asiento y también la necesidad de poder transporta maletas, bultos u otros objetos en tal situación, la durabilidad es una prioridad y con ello se reduce el tipo de materiales para el vehículo.
- **El lugar de conducción:** Es importante sopesar incluso el lugar donde uno vive o donde suele conducir, ya que esto tiene influencia también, en el material para el vehículo. Se puede prever que el acero sufre de oxidación en climas húmedos y costeros, el aluminio y materiales compuestos pueden usarse en esas locaciones, y tener propiedades similares o superiores al acero.

- **Cuánto tiempo que se tendrá el vehículo:** Con el tiempo los materiales sufren corrosión, fatiga, pero algunos lo hacen más rápido más lento que otros. El más común, el acero, si no se le cuida, este se oxida, aun así, suele durar mucho tiempo, incluso más que el aluminio. Un chasis de materiales compuestos como el carbono, duran mucho más y por ende costosos.
- **El costo:** El presupuesto de un vehículo es recurrentemente el factor principal para su elección, en consecuencia, su material también. Si ordenamos en cuestión de costos de menor a mayor costo, el acero es el más barato seguido del aluminio y por último, los materiales compuestos. El factor clave está en el equilibrio, entre el presupuesto a gastar y el vehículo a obtener.

2.15 SUSPENSIÓN

Es una parte importante de un vehículo terrestre, ya que no solo compromete estructuralmente un chasis si no influencia directamente en la conducción y confort de los pasajeros, su principal propósito es mantener las ruedas en contacto con el suelo a pesar de los desniveles, y escarpado del terreno por donde se transite, de esta forma mantener una conducción segura como tal se debe conocer cómo se desempeña este sistema.

2.16 TIPOS DE SUSPENSIÓN

2.16.1 Suspensión de tipo dependiente o eje rígido.

El sistema de suspensión por eje rígido está conformado generalmente por una pieza solida que funge como eje y que en sus terminales se colocan los neumáticos, es debido a esta configuración que cualquier acción ascendente o descendente sobre una rueda repercuten en la otra.

Al tener el eje fijado al vehículo, los movimientos e inclinación del eje se transmite a todo el vehículo, como se observa en la figura 2.14, aunque menos costosa y fácil fabricar, brinda menos seguridad al manejo.

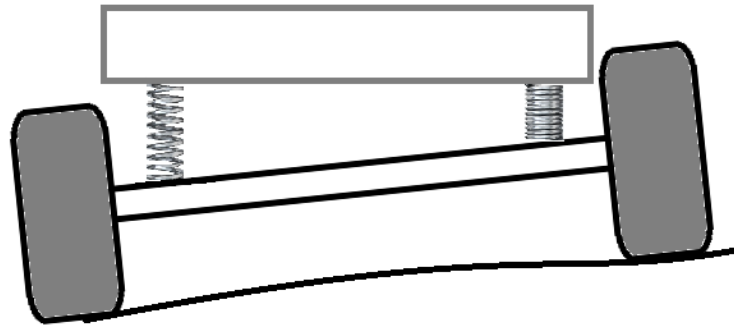


Figura 2.14 Accionamiento de suspensión de eje rígido
Fuente: Elaboración propia

2.16.2 Suspensión independiente

Un sistema de suspensión independiente, a diferencia de otras rompe la relación de movimiento de una rueda con la otra, lo que la hace más flexible a movimientos ascendentes y descendentes durante la conducción siendo absorbidos más fácilmente por los resortes y amortiguadores. Existen diferentes formas de configurar este tipo de suspensión

- El Sistema Mc Pherson
- El Sistema Multilink
- El Sistema brazos oscilantes
- El Sistema doble tijera u horquilla.

La figura 2.15 muestra de manera más grafica las configuraciones más comunes de la suspensión de vehículos en la actualidad, de las cuales un sistema formara parte del vehículo a desarrollar.



Figura 2.15 Tipos de suspensión vehicular más comunes
Fuente: Elaboración propia

2.16.3 Geometría básica de la suspensión

Los parámetros básicos para definir geoméricamente la suspensión, son los siguientes:

- Centro instantáneo de rotación
- Centro de balanceo
- Angulo de avance o caster
- Angulo de salida o king pin
- Angulo de caída o camber
- Geometría antihundimiento (anti-dive)
- Geometría antilevantamiento (anti-squad)

2.16.4 Centro instantáneo de rotación

El Centro Instantáneo de Rotación (CIR) es el punto alrededor del cual gira lateralmente la rueda al comprimirse o extenderse los brazos de control de la suspensión. Para localizarlo tendremos que fijarnos en el ángulo y en la longitud de los triángulos de suspensión.

La manera de ubicar el centro instantáneo de rotación de cada rueda es prolongar los brazos de suspensión para que se intercepten ahí se ubicara el centro de rotación.

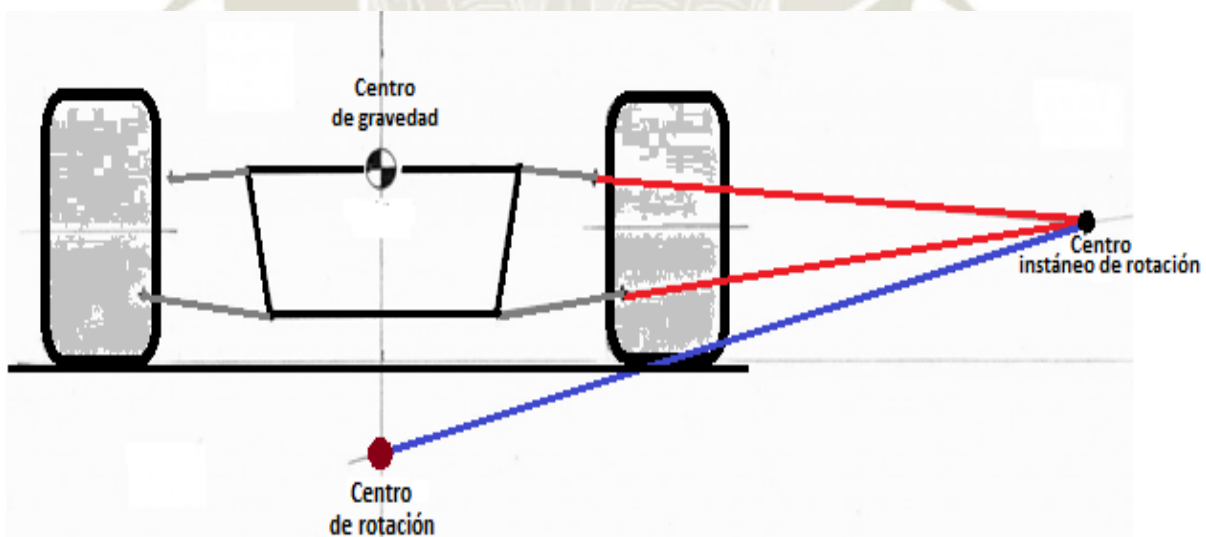


Figura 2.16 Ubicación geométrica del centro instantáneo de rotación

Fuente: Elaboración propia

2.16.5 Centro de balanceo

El centro de balancero o CB se consigue a través de la intersección de los centros instantáneos de rotación o abreviado CIR, con las ruedas tanto de la derecha como la de la izquierda, todo esto proceso se realiza en diseño simétrico y estático y colocando el CIR en un eje a la mitad del vehículo. En el caso de una configuración de brazos de suspensión en forma paralela, no se podría intersecar las proyecciones de los centros de balanceo, quedando de esta forma el CIR en la línea de suelo intersecando las proyecciones del punto medio de la huella de los neumáticos.

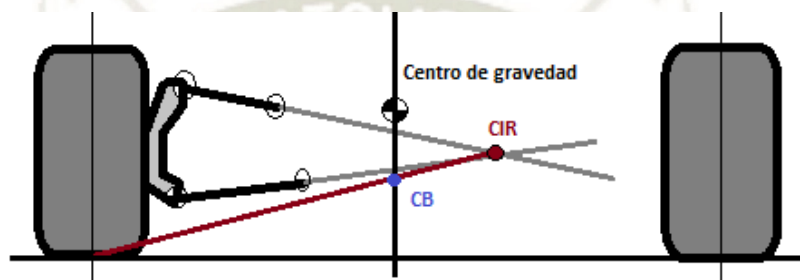


Figura 2.17 Geometría frontal del centro de Balanceo
Fuente: Elaboración propia

La consideración más valiosa para entender el impacto del centro de balanceo en el performance de una suspensión y en consecuencia de la conducción de un vehículo, es el brazo de torsión que provoca en la estructura de chasis al tomar una curva. Puesto que el valor del mismo aumentará o disminuirá con respecto a la longitud entre el CB y el centro de gravedad. Se debe considerar que no se puede transponer estos dos puntos ya que, en consecuencia, si un vehículo con esta característica toma una curva durante la conducción las ruedas tienden a alzarse del asfalto como se aprecia en la figura 2.18, perdiendo tracción y por ende seguridad, provocando accidentes, para prevenir ello se ubica el CB en un nivel bajo del automóvil.

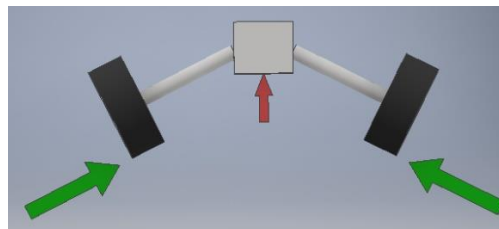


Figura 2.18 Levantamiento de las ruedas por la suspensión
Fuente: Elaboración propia

En el caso de que el centro de balanceo se ubique por arriba del nivel del suelo, el sistema de suspensión arrastrara las ruedas hacia la parte interna, este efecto tiene una relación directamente proporcional con la altura del centro de balance. Mientras más bajo se encuentre el centro de balanceo el efecto de elevación y arrastre de neumáticos disminuye. Por el contrario, si el centro de balanceo se encuentra por debajo, del nivel del suelo, el efecto en la suspensión es contrario puesto que arrastra las ruedas hacia la parte externa del auto, y este efecto está directamente proporcionado con la profundidad de la ubicación del centro de balanceo. Todos estos efectos varían durante la conducción, pero se deben tomar en cuenta ya desde la posición estática del vehículo

2.16.6 Ángulo de avance

La estabilidad del neumático es incrementada en la conducción gracias al ángulo de avance. Este ángulo produce una alineación de las ruedas las avanzar, y de esta forma mantener una dirección constante y precisa, y en caso de curvas contribuye a la recuperación de la dirección de las ruedas directrices. En la figura 2.19 se aprecia el efecto de alineación mencionado que ayuda en la conducción y dirección.

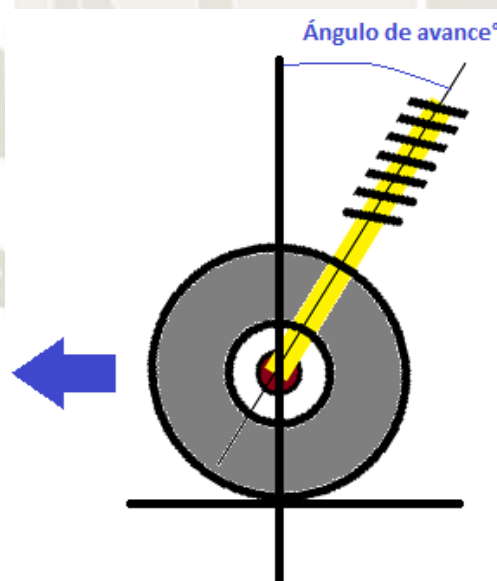


Figura 2.19 Ángulo de avance o caster
Fuente: Elaboración propia

2.16.7 Ángulo de caída o camber

El ángulo de caída o camber es el ángulo entre el plano inclinado en la rueda y el plano vertical. Se define un camber positivo cuando la parte superior de la rueda esta inclinada hacia afuera respecto del chasis. El ángulo camber altera la calidad de adherencia, en particular un camber negativo. Cuanto mayor sea el camber negativo como se muestra en la figura 2.20 su comportamiento y adherencia en las curvas será mejor.

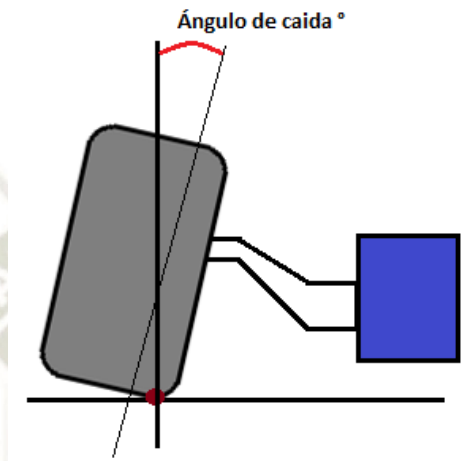


Figura 2.20 Ángulo de caída del neumático
Fuente: Elaboración propia

2.16.8 Ángulo de salida o kingpin

El ángulo de salida o kingpin se forma entre la perpendicular del contacto con el suelo y el eje del pivote de la dirección, este ángulo es importante debido a su relación con el camber y por qué reduce el efecto palanca con los demás componentes de la suspensión

2.16.9 Geometría anti hundimiento y anti levantamiento

El movimiento de masas durante situaciones de conducción como una aceleración y frenado espontaneo afectan directamente la geometría de la suspensión ya que el vehículo tiende a hundirse o levantarse alrededor del centro de masas por tal se debe controlar cuanto de este efecto pueda ser controlado o disminuido por el sistema de suspensión tanto trasero como delantero, como tal se debe analizar geoméricamente.

Los efectos anti hundimientos y anti levantamiento deben mantenerse de manera general menores a un 50%. En la figura 2.21 se puede observar en vista lateral como se orienta la geometría de la suspensión al alrededor del centro de masa.

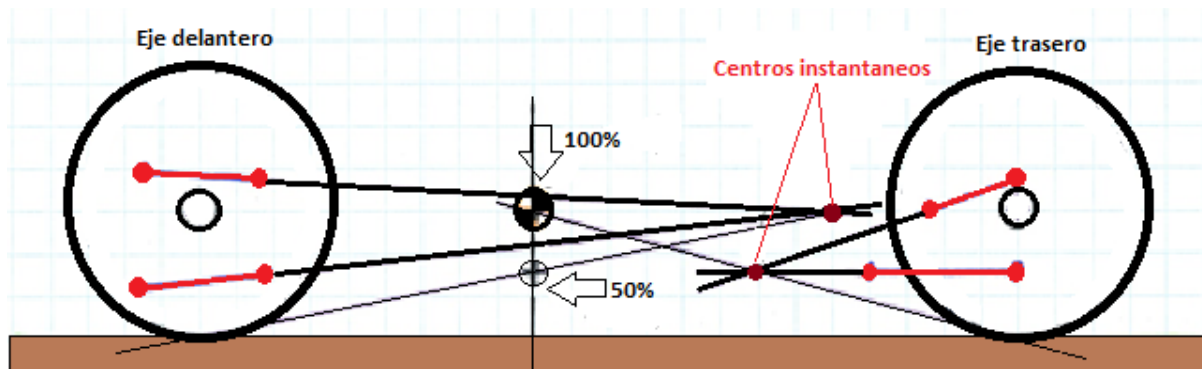


Figura 2.21 Geometría lateral de la suspensión
Fuente: Elaboración propia

2.17 REFERENCIA NORMATIVA

Todo vehículo conceptualizado debe someterse a las normativas que rigen en el país que corresponde. Tomando el reglamento peruano, el vehículo a desarrollarse según la Normativa N°002-2006- MTC/15 se considerará un vehículo categoría M1 que corresponde a la definición de un vehículo de carrocería cerrada con techo fijo rígido y que puede tener 2 y 4 puertas con sus correspondientes ventanas. También el vehículo recibe su código correspondiente al tipo de combustible o fuente de energía, en este caso corresponde al código ELT que corresponde a un vehículo con motor eléctrico alimentado por energía eléctrica almacenada en baterías cuya energía es administrada en forma externa.

Como parte del conjunto de normas que rigen los vehículos en territorio nacional, se debe incluir la normativa peruana de seguridad NTP 293.003:1974 revisada en 2018 que verifica la eficacia de los puntos de anclaje de los cinturones de seguridad, al desarrollar un vehículo se debe tomar en cuenta estas interacciones con respecto a la estructura, lo cual se analizará posteriormente y que garantizará la seguridad de los pasajeros.

Con la consideración de estas reglas principales se llevará al desarrollo y concepción del vehículo eléctrico, la estructura que lo sustenta, y los sistemas principales que componen y engloban en su totalidad el vehículo eléctrico.

2.18 CARGAS

La estructura estará sometida a diferentes cargas, tanto estáticas, como dinámicas, los pesos y velocidades afectan directamente el comportamiento del chasis, por lo que definir las y estudiarlas es parte fundamental del diseño. La definición de parámetros bajo los cuales poder analizar las cargas a las que se somete la estructura se contemplan en una normativa.

El Perú no tiene una regulación propia para analizar chasis fuera de la revisión técnica estándar, por lo que fue necesario buscar un reglamento técnico, en otros países de la región como parámetro, el país más cercano con normas para evaluar el desempeño de un chasis manufacturado, es Ecuador bajo su reglamento NTE INEN 1323:2009, aunque referido a vehículos de transporte urbano más pesados, nos ayudara como guía para poder evaluar diferentes cargas, tales como la carga por aire, y que parámetros mínimos debe tener la estructura en caso de volcadura, tomando esta normativa como base se evaluarán y calcularán las cargas. Existen diferentes tipos de cargas las principales a contemplar son.

2.18.1 Carga viva

Se define como carga viva a la relación de la masa con la fuerza gravitacional, la cual interactúa y se distribuye en la estructura del chasis, su principal característica es que esta carga puede variar de magnitud y lugar con respecto al tiempo ya que esta se enfoca en la ocupación del chasis, básicamente se produce por los pasajeros del vehículo y la posible carga o equipaje que este lleve.

2.18.2 Carga muerta

Es todo lo contrario a una carga viva pues esta es una relación de la masa de componentes con la fuerza gravitatoria y que no varían de magnitud ni dirección con respecto al tiempo ya que se considera constante, además de que no resultan de la interacción con la estructura del chasis. Esta carga básicamente son el peso de la propia estructura de chasis, y sus componentes principales tales como, motor transmisión, baterías, dirección, etc.

2.18.3 Rigidez torsional

La rigidez torsional es el parámetro que mide e interpreta cuanto es posible retorcer un chasis, por lo que la estructura debe presentar una solidez frente a fuerzas que provoquen torsión, El parámetro de la rigidez torsional es importante debido a que afecta el manejo, el confort y el comportamiento general del vehículo, en la fase de diseño se debe tomar en cuenta ello para proyectar un chasis que pueda afrontar esfuerzos torsionales durante el manejo.

La unidad de medida de la rigidez torsional son los Newtons sobre grado. La forma analítica de interpretar el concepto de torsión es tomar el cuerpo de chasis como una barra

empotrada en uno de sus extremos la cual se retuerce al aplicar una fuerza como se ve en la figura 2.22.

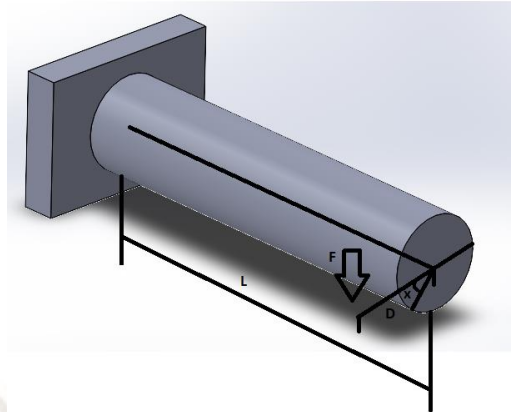


Figura 2.22 Barra circular sometida a una torsión
Fuente: Elaboración propia

2.18.4 Ensayos de rigidez torsional

Para poder calcular la rigidez torsional de un chasis se suelen aplicar pruebas en las que se anclan los puntos de suspensión traseros y se aplica una fuerza, ya sea mediante pesos o sistemas hidráulicos en la suspensión delantera y se evalúa cuantos grados se deforma.



Figura 2.23 Ensayo de rigidez torsional de un chasis
Fuente: Bartrop (2020)

2.18.5 Cargas dinámicas

Son aquellas cargas que pueden cambiar de magnitud posición y dirección con respecto al tiempo y que afectan la estructura del chasis. Las principales cargas dinámicas que actúan sobre el vehículo son:

2.18.6 Carga de frenado

Es la que se presenta cuando el vehículo durante la conducción es frenado y es sometido a una desaceleración, y sistemas complementarios como la suspensión reciben una transferencia de masas en forma longitudinal.

2.18.7 Carga de aceleración

Es la fuerza que se produce cuando un vehículo en movimiento acelera rápidamente, y ocurre de manera opuesta al frenado y se produce una transferencia de masas hacia el eje trasero del vehículo

2.18.8 Carga de resistencia de aire frontal

El aire al interactuar con la forma de la parte exterior de la carrocería del vehículo produce una fuerza de arrastre que disminuye el performance del vehículo en la conducción y afecta estructuralmente al auto, esta fuerza contraria se puede calcular proyectando la geometría en un plano que se coloca de manera perpendicular al eje longitudinal del vehículo, de esta forma se tiene un área que interactúa con magnitudes como velocidad y densidad del aire. El flujo del aire sobre el vehículo se puede apreciar en la figura 2.24

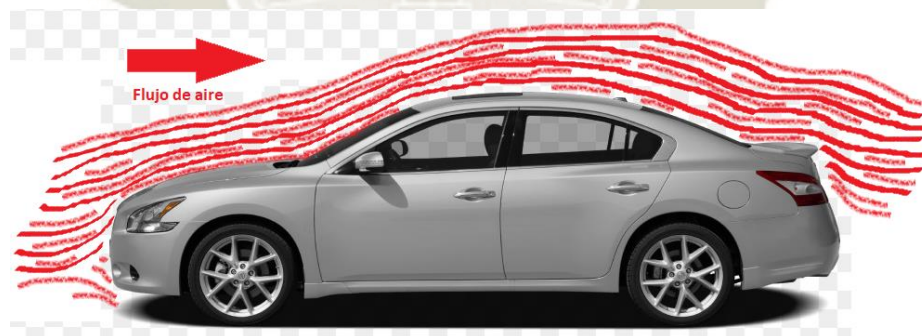


Figura 2.24 Interacción aerodinámica de un vehículo
Fuente: Elaboración propia

2.18.9 Carga de giro

El vehículo al entrar en una curva experimenta una fuerza centrífuga que también se denomina carga de giro, la cual está condicionada a parámetros como la velocidad del vehículo y geometría de la curva. Este tipo de cargas produce una transferencia de masas lateral que influye en el sistema de suspensión y en la conducción, tal y como se puede observar en la figura 2.25.

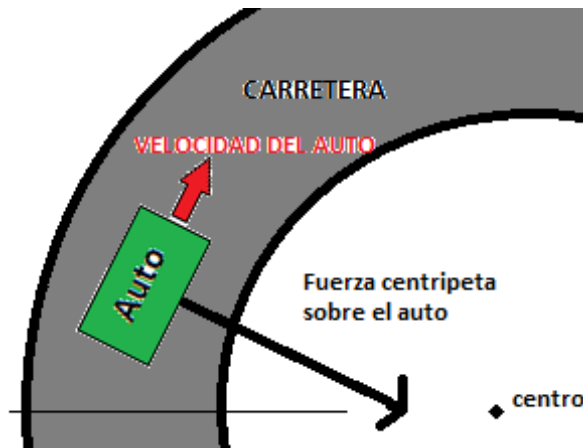


Figura 2.25 Fuerza centrífuga en un vehículo
Fuente: Elaboración propia

2.18.10 Volcadura

Esta fuerza se relaciona con una volcadura o colisión en la cual la estructura de chasis se ve sometida a un esfuerzo que trata de deformar el habitáculo. Para analizar la estructura se interpreta una caída libre del vehículo o por ende tomar como referencia un factor de fuerzas g con relación a la masa del auto, obteniendo una fuerza que interactúe con el chasis con especial énfasis en el techo del habitáculo de los pasajeros.

2.18.11 Colisión frontal

Ocurre cuando el vehículo impacta de manera frontal contra otro objeto ya sea otro vehículo u otro obstáculo en caso de este tipo de accidentes de colisión frontal la estructura debe resistir la deformación plástica, enfocada principalmente en la parte delantera asegurando la integridad estructural del auto y la seguridad de sus ocupantes.

2.18.12 Colisión lateral

En un accidente de colisión lateral ocurre generalmente cuando otro vehículo impacta a otro por alcance en un costado, durante esta situación el chasis debe resistir lo mejor posible, la deformación de la cabina del vehículo garantizando la seguridad de los ocupantes. Una forma de analizar esta carga es calculando la fuerza provocada por un vehículo promedio sobre la estructura de chasis. En la figura 2.26 se muestra una colisión lateral.



Figura 2.26 Colisión lateral
Fuente: Murunguza (2020)



Capítulo III

DISEÑO CONCEPTUAL

3.1 METODOLOGÍA

Para llegar a consumir los objetivos planteados se debe seguir ciertos procedimientos que nos permitirán escoger la manera más factible y económica, de realizar los diseños y estudios propuestos, para lo cual se seguirá la guía de diferentes parámetros a tomar en cuenta de cuya información prosigue toda la cadena de desarrollo. Para hacerlo más didáctico y ordenado se especificará los procedimientos en algoritmo como en la figura 3.1.

Al considerar la problemática a la que nos enfrentamos planteamos primeramente el objetivo del diseño de un chasis que será la estructura para un vehículo eléctrico. Por lo tanto, es necesario tener en cuenta los parámetros a los que se ajustará el diseño, como la cantidad de personas que transportara, peso y dimensiones, los elementos que estarán distribuidos en el chasis, al iniciar los diseños, se tomará en cuenta los materiales y la mejor geometría para garantizar una adecuada estructura y fiabilidad. Después de poder concebir la estructura del chasis y su módulo de baterías, se ubicarán e identificarán las fuerzas y cargas que se aplicaran en el vehículo, una vez logrados los pasos se continuara con el análisis en un desarrollador de geometrías 3d que permitirán la simulación de la estructura bajo los parámetros de las cargas, y su comportamiento, una vez validado esto, se puede diseñar el

sistema de suspensión cuyo funcionamiento y su relación con la estructura de chasis es fundamental para concebir el vehículo eléctrico en los sistemas más básicos, con los parámetros, masas y cargas calculadas se analizara también su desempeño, una vez aprobado su análisis se elaborara los procedimientos para una futura manufactura posterior.

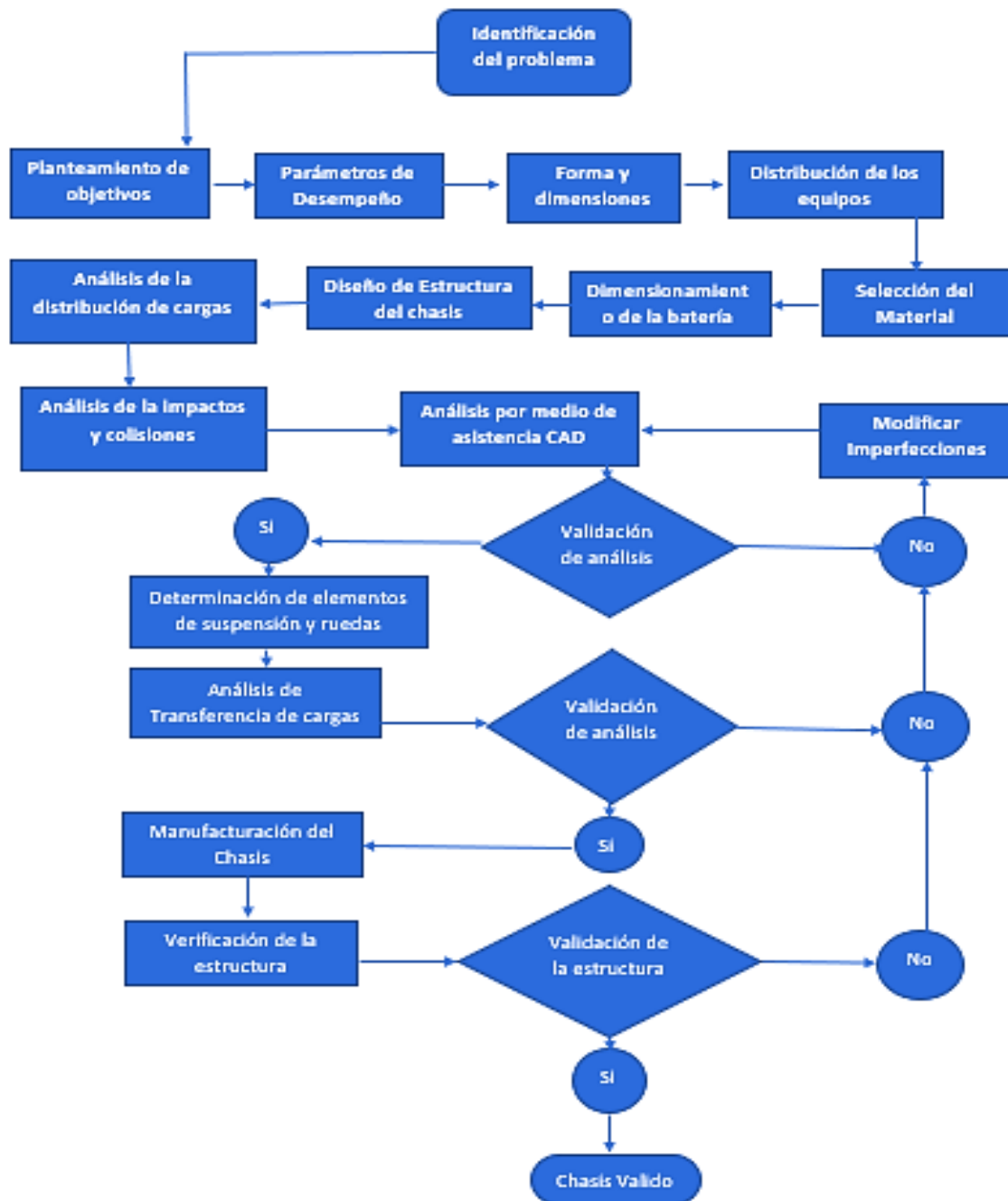


Figura 3.1 Algoritmo de metodología de desarrollo.
Fuente: Elaboración propia

3.2 PARÁMETROS DE DESEMPEÑO

El primer paso para el diseño y fabricación del vehículo es básicamente determinar los parámetros que regirán la concepción del chasis. El chasis deberá contar con un espacio para el módulo de baterías, el cual debe ser accesible para su manipulación. La principal función será transportar dos personas, por lo que el vehículo será biplaza.

3.3 BIPLAZA

Se entiende como un vehículo biplaza, a aquel que es capaz de transportar a dos personas, una como piloto y otra como pasajero, en este tipo de configuraciones los vehículos suelen ser más bajos que otros más comerciales y comunes, y sus características pueden variar desde un transporte común hasta usos más especializados como un vehículo de competencias o de excursiones.

3.4 TIPO DE CHASIS

Existen diferentes tipos de chasis para poder concebir la estructura de un chasis, como se ha descrito anteriormente, aunque en la actualidad el estilo monocasco es el más común en la industria automotriz, para la fabricación de un vehículo con características propias sería ineficiente, ya que la manufactura de un monocasco requiere de una línea de ensamblaje, con máquinas especializadas en la soldadura de aleación de aluminio y moldeo de piezas.

Para el desarrollo de un vehículo propio es necesario sopesar todo el proceso de fabricación para poder concebir un resultado final. El chasis tubular es el indicado ya que podemos acceder a materiales en el mercado, y no se necesitan máquinas especializadas para poder construirlo, aunque a veces suele ser más pesado que un monocasco la opción tubular es mucho más flexible al diseño que es el apartado que nos interesa por que al desarrollar un concepto de diseño, se pueden cambiar formas, longitudes y por ende debe estar sujeto a cambios y se ajuste a ello, por lo que un chasis tubular es altamente adaptable y será por ende el tipo de chasis que se desarrollara a lo largo del proyecto.

3.5 DISEÑO CONCEPTUAL

En todo proyecto, para poder comenzar con su desarrollo, se plantean las primeras ideas, en el presente caso al tener como principal finalidad el desarrollo de un vehículo eléctrico, un primer paso es su chasis, para ello es necesario realizar los primeros bosquejos que engloben esta idea.

Se tomará como referencia vehículos comerciales, y diferentes parámetros de dimensionamiento correspondientes a las categorías de vehículos particulares señaladas en la normativa peruana. Se pondrá especial énfasis en que el vehículo estará compuesto de elementos principales como batería, el sistema de propulsión y deberá contar con el espacio correspondiente para un banco de baterías, además del habitáculo destinado para los pasajeros, al ser un concepto inicial, estará sujeto a correcciones y cambios geométricos.

En el boceto inicial como se ve en la figura 3.2 se enfocará en un transporte urbano, con perfil bajo, el cual podrá evolucionar a un diseño mejorado tomando en cuenta una mayor flexibilidad de diseño y sobre todo su factibilidad para una manufactura fácil y menos costosa.

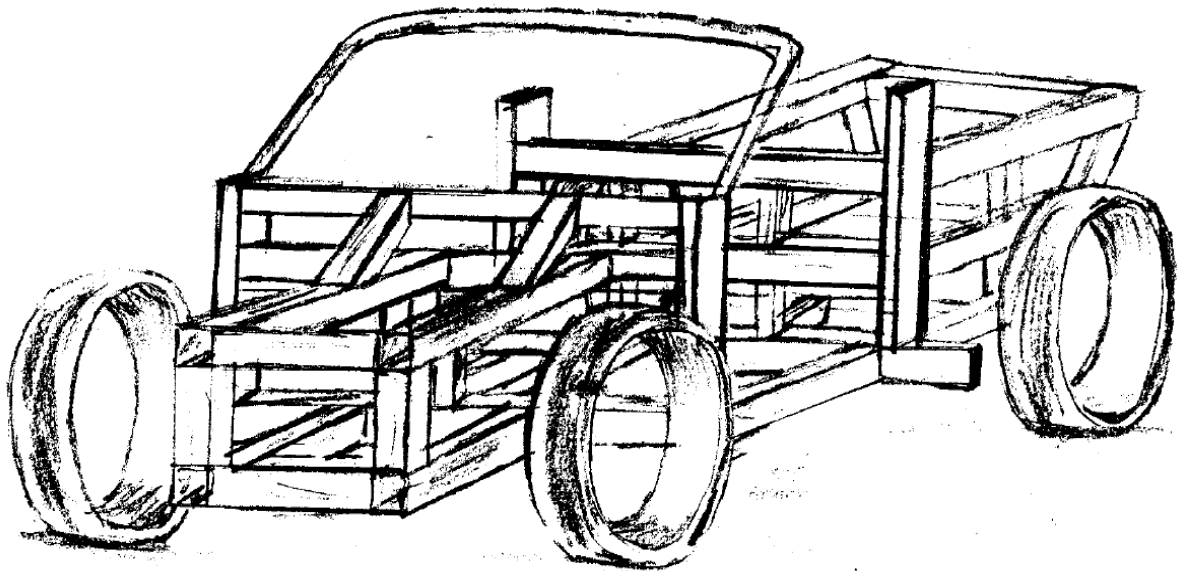


Figura 3.2 Boceto del concepto de diseño.
Fuente: Elaboración propia

3.6 DIMENSIONES Y FORMA DEL VEHÍCULO

Tomando en cuenta las consideraciones, se establecieron las medidas iniciales del vehículo, al ser un transporte biplaza se optará por un perfil más estético por lo que será de baja altura. Así de esta forma tendrá mejores prestaciones para la tracción, y estabilidad y también se usará menos material.

Tabla 3.1 Dimensiones del vehículo

Dimensiones del Vehículo			
Longitud	Ancho	Altura	Batalla
4400mm	1950mm	1120mm	2650mm

Fuente: Elaboración propia

Con las dimensiones establecidas nos permitirán ubicar elementos, distribución de espacios para componentes como el tren de potencia y la batería y el espacio de la cabina correspondiente a los pasajeros, y poder seleccionar los materiales y geometrías más adecuadas que satisfagan las dimensiones y formas del vehículo como se observa en la figura 3.3.

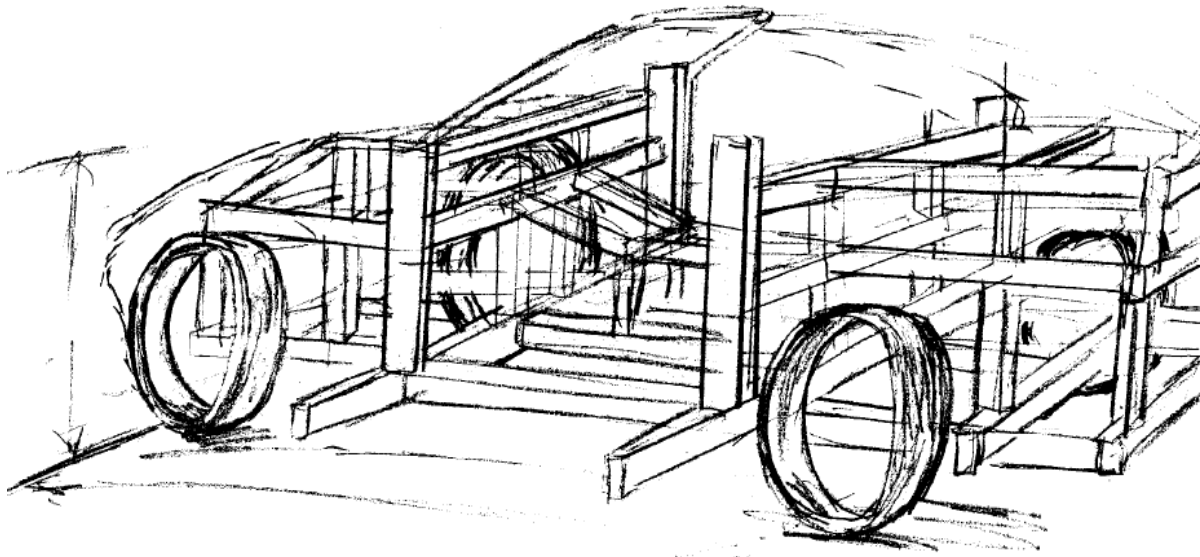


Figura 3.3 Concepto de dimensionamiento de diseño

Fuente: Elaboración propia

3.7 DISTRIBUCIÓN DE LOS EQUIPOS

Considerando los datos principales anteriores se hace una primera distribución de los principales componentes del vehículo, de esta forma se tiene una referencia de espacios correspondientes a cada elemento de forma más didáctica como se muestra en la figura 3.4.

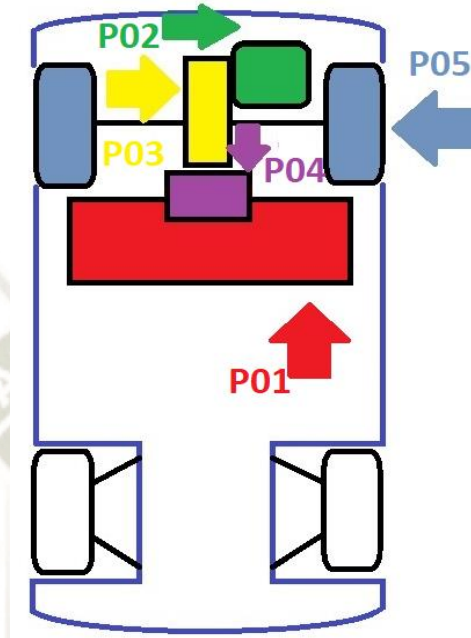


Figura 3.4 Distribución de los equipos del vehículo
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3.2 se especifican, nombres, y distribución básica de los componentes, diferenciándolos a través de etiquetas y colores, tomadas de la figura anterior.

Tabla 3.2 Distribución de elementos por color

Distribución de los Elementos	
P01(Rojo)	Batería
P02(Verde)	Motor Eléctrico
P03(Amarillo)	Transmisión
P04(Violeta)	Controlador
P05(Azul)	Ruedas motrices

Fuente: Elaboración propia

3.8 ELECCIÓN DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

3.8.1 Perfiles Estructurales

Para lograr concebir el chasis del vehículo se tomará en cuenta, los materiales con los que se procederá a la construcción. Existen una gran variedad de perfiles estructurales formas y tamaños, que cumplen con normas de fabricación y materiales específicos. El vehículo contara con un chasis a base de perfiles tubulares, que son fáciles de encontrar en el mercado, y que poseen diferentes formas, tubos como los rectangulares, cuadrados y redondos, se ubicaran en partes importantes de la estructura.

3.8.2 Tubos Cuadrados

Los perfiles tubulares suelen ser de una aleación de hierro y carbón es decir acero, y con ello adquiere otras propiedades, como la alta resistencia mecánica, en consecuencia es más pesado y puede triplicar el peso de otros metales como el aluminio es por ello que este material es altamente fiable, el acero es un material moldeable y trabajable y es muy requerido por ende en grandes construcciones y estructuras pesadas, maquinas viviendas, ya que se puede cortar, y soldar fácilmente adoptando las dimensiones y formas requeridas, grandes ventajas que presentan los perfiles estructurales y tubos, sobre otros elementos.

En el mercado podemos encontrar diferentes perfiles y tubos, los cuales nos permitirán la construcción de estructuras es por ellos que se debe analizar sus características que se adecuen al proyecto. Existen diferentes normas de fabricación de perfiles estructurales de tipo tubería, que varía básicamente en el tipo de material y ciertas composiciones y aleaciones, tales normas son la AISI 201, ASTM 500, 6010 T6, para seleccionar el mejor material se realizara una selección bajo una matriz ponderada como se muestra en la tabla 3.3.

Tabla 3.3 Puntaje ponderado de materiales

Parámetros	Factor	Opciones		
		AISI 201	ASTM500	6010 T6
Peso	15%	5	4	8
Costo	25%	2	7	4
Resistencia a la corrosión	10%	9	3	6
Disponibilidad en el Mercado	30%	7	9	6
Facilidad para la construcción	20%	5	8	7
Puntaje Total		5.25	6.95	6.00

Fuente: Elaboración propia

Como resultado de un análisis de valor ponderado se eligió el acero bajo la norma ASTM500, como material para los perfiles estructurales tomando en cuenta de mayor manera su disponibilidad en el mercado, así como su facilidad para la construcción eso nos permitirá poder disminuir costos y sobre todo maquinaria y mano de obra especializada para otros materiales más escasos y caros en el mercado peruano.

Los catálogos de fabricantes peruanos nos dan características principales del material a utilizar las cuales se adjuntarán a continuación en la tabla 3.4

Tabla 3.4 Características del acero ASTM500

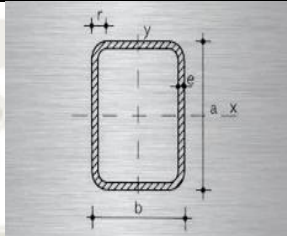
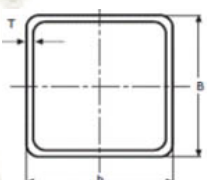
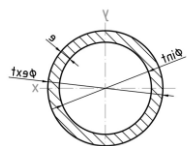
Características	Valor	Unidades
Límite de fluencia	269	MPa
Resistencia a la tracción	310	MPa

Fuente: Datos extraídos de (Aceros, 2021)

Ya conociendo las características del perfil, se elegirá las geometrías más adecuadas para la implementación del chasis. Se escogerá la geometría de tubo rectangular y cuadrado como base principal ya que tiene propiedades, físicas adecuadas, además de su facilidad para la manufactura y más acceso en el mercado, con ello harán resistente la estructura, además de facilitar en gran medida la construcción de la estructura del chasis. Para el habitáculo debido a

su facilidad de doblado se escogerá el tubo redondo el cual dará rigidez a la cabina de pasajeros, todos estos perfiles en conjunto conformarán la estructura de chasis, darán rigidez y seguridad al vehículo. El resumen general se aprecia en la tabla 3.5.

Tabla 3.5 Parámetros geométricos y de ubicación de perfiles tubulares

Ubicación	Perfil	Material	Dimensiones (mm)	Referencia Visual
<ul style="list-style-type: none"> Marco inferior del chasis Superestructura del chasis 	Rectangular	ASTM 500	<ul style="list-style-type: none"> 80x40x3.2 60x40x3.2 50x30x2.6 	
<ul style="list-style-type: none"> Superestructura del chasis 	Cuadrado	ASTM 500	40x40x2.6	
<ul style="list-style-type: none"> Habitáculo del vehículo 	Redondo	ASTM 500	42.4x3.2	

Fuente: Elaboración propia

Capítulo IV

DISEÑO DE DETALLE

4.1 ELEMENTOS PRINCIPALES DEL VEHÍCULO

Es primordial ubicar los componentes principales, que conforman la máquina. Los vehículos eléctricos casi no han cambiado su forma y esquema distributivo básico desde su aparición comercial en los comienzos del siglo XX, aunque si su tecnología, sobre todo la del control electrónico. El vehículo eléctrico aparte de su estructura de chasis estará compuesto básicamente por tres partes principales, las cuales interactúan y dependen una de otra la figura 4.1 ilustra mejor los principales sistemas que son.

- Batería
- Tren de potencia
- Sistemas de control

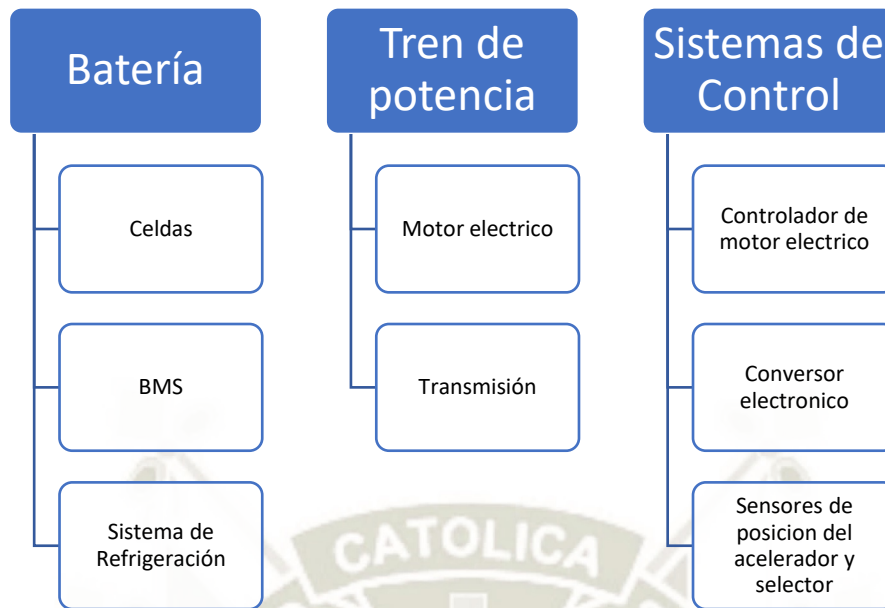


Figura 4.1 Diagrama de organización del vehículo

Fuente: Elaboración propia

Como parte de la ubicación del motor se debe elegir qué tipo de tracción será el auto, ya que influencia directamente en el diseño y se deberá discernir entre la tracción delantera y trasera, tomando en cuenta sus ventajas y desventajas.

4.2 TREN DE POTENCIA

4.2.1 Tracción Delantera

Los vehículos de tracción delantera presentan ventajas y desventajas.

- Los vehículos de tracción delantera son fáciles de producir, ya que se tomó en cuenta en su diseño una rápida manufactura, en el que la transmisión sea pequeña y de fácil montaje y de esta forma no ser influenciados por la distancia entre ejes en el desempeño de la conducción. El ahorro de espacio en la parte delantera tiene el inconveniente de no poder disponer de unidades motoras grandes en la actualidad, ya que se ahorra espacio en funcionabilidad de la cabina de los ocupantes. Un efecto de la conducción de la tracción delantera es el subviraje producido en una curva, donde la dirección suele derrapar debido al peso y la función motriz de las ruedas directrices delanteras, de esta forma los neumáticos toman dirección hacia afuera de la curva tornándose una maniobra peligrosa.

4.2.2 Tracción Trasera

Los vehículos de tracción trasera también presentan puntos positivos y negativos.

- Los vehículos de tracción trasera tienen una dirección más eficiente ya que no lleva tracción en las ruedas directrices por ende su radio de giro en una curva es menor. En vehículos de tracción trasera el sistema de dirección se encuentra separado del de tracción, en consecuencia, este no sufre ningún tipo de alteración o efecto negativo, las ruedas motrices se encuentran en el eje trasero y es ahí donde encargan del movimiento del vehículo. La desventaja de un vehículo de tracción trasera es que al dibujar la curva en la conducción las ruedas traseras pueden derrapar dirigiendo la zona posterior del vehículo hacia afuera de una curva esto se denomina subviraje.

Para este proyecto tomando en cuenta las ventajas y desventajas de cada tipo de tracción, se optará por la tracción trasera para tener una dirección menos comprometida a otros sistemas y funciones como la de transmitir el empuje y dejar el tren delantero solo y exclusivamente a la dirección y con ello aprovechar al máximo la potencia y torque del motor eléctrico en el eje trasero.

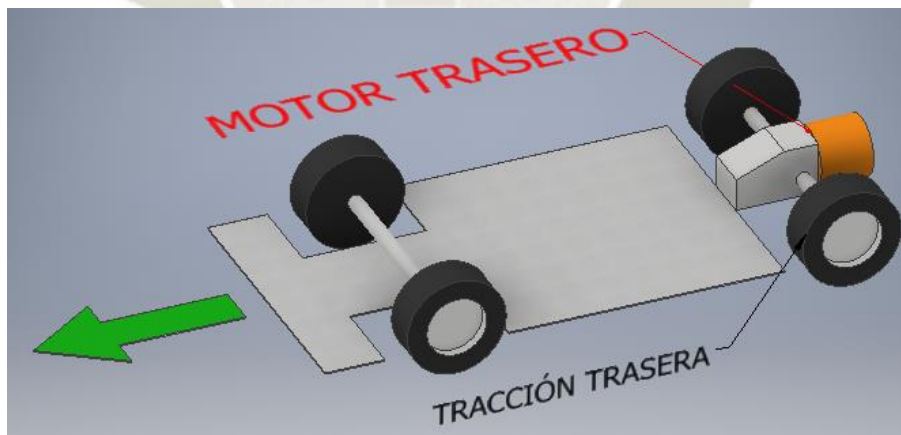


Figura 4.2 Esquema básico de vehículo de tracción trasera
Fuente: Elaboración propia

4.2.3 Motor

El motor eléctrico que se utilizara es un motor de inducción para vehículos eléctricos, que se ubicara en la parte trasera del vehículo. El motor más adecuado es uno pequeño para poder ocupar el menor espacio al momento de montar el tren de potencia, este tipo de motor es comúnmente usado en conversiones de vehículos por lo que es altamente adaptable geoméricamente de esta forma se tiene mayor espacio para otros componentes tales como la batería, el motor utilizado se aprecia en la figura 4.3.

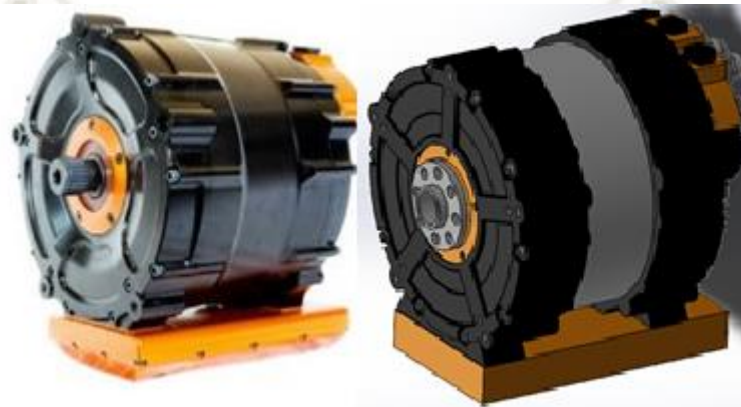


Figura 4.3 Motor eléctrico modelo EVD250-90S1 y diseño 3d
Fuente: Elaboración propia

Del catálogo del fabricante se tomarán los siguientes datos los cuales nos darán referencia al desempeño del motor además que aportan datos tales como el peso y su torque que se puede utilizar para el análisis estático y dinámico del vehículo, y de otros sistemas, datos que se adjuntan en la tabla 4.1.

Tabla 4.1 Datos del motor eléctrico

Motor EVD250-90S1	
Tipo	Eléctrico AC de inducción
Potencia Máxima	200hp a 5500rpm
Torque Máximo	330N.m a 2800rpm
Máximas Rev.	12000rpm
Peso	46kg

Fuente: Datos extraídos de (Ewest, 2020)

4.2.4 Transmisión

Los motores de los vehículos eléctricos se caracterizan por entregar un torque constante a diferencia de un motor de combustión interna por tanto no es necesario el uso de una transmisión de varias velocidades, en la actualidad los vehículos eléctricos cuentan con dos formas de transmisión comercialmente presentes, una es el uso de una transmisión de una sola velocidad, de esta forma distribuir de manera equitativa el torque generado por el motor hacia las ruedas motrices, y la otra forma es en la conversión de un vehículo de combustión interna a uno eléctrico, en este caso se usa la transmisión original del vehículo, que pierde su función de variar el torque a través de las diferentes velocidades trabajando básicamente como una sola velocidad. En el mercado en la actualidad se pueden optar por las dos formas básicas. En la selección del tren de potencia adecuado se usará una transmisión comercial de una sola velocidad recomendada para vehículos eléctricos, en la figura 4.4 se detalla el componente.



Figura 4.4 Transmisión de vehículo eléctrico
Fuente: West (2021)

Del mismo catalogo también se consiguieron los siguientes datos que se especifican en la tabla 4.2, los datos nos servirán para los futuros análisis sobre la estructura en la que se montara el vehículo.

Tabla 4.2 Datos de la transmisión

Borg Warner 31-03 eGearDrive	
Velocidades	1
Torque Máximo	300N.m
Máximas Rev.	14000rpm
Radio	8.28:1
Peso	28kg

Fuente: Datos extraídos de (West, 2021)

4.2.5 Controlador

Son los encargados de administrar los voltajes y corrientes al motor. En el mercado existen motores, de corriente directa y corriente alterna destinados para vehículos, en consecuencia también existen controladores para motores de corriente directa y alterna . Para controlar al motor seleccionado para el vehículo, es necesario usar un dispositivo que no solo verifique y cuantifique los parámetros para el correcto funcionamiento del motor, sino que es necesario invertir la corriente eléctrica directa de la batería a una corriente alterna para alimentar al motor, para tal tarea se usa el controlador e inversor recomendado por el fabricante del motor que viene a ser un inversor RMS PM250DZ como se ve en la figura 4.5.

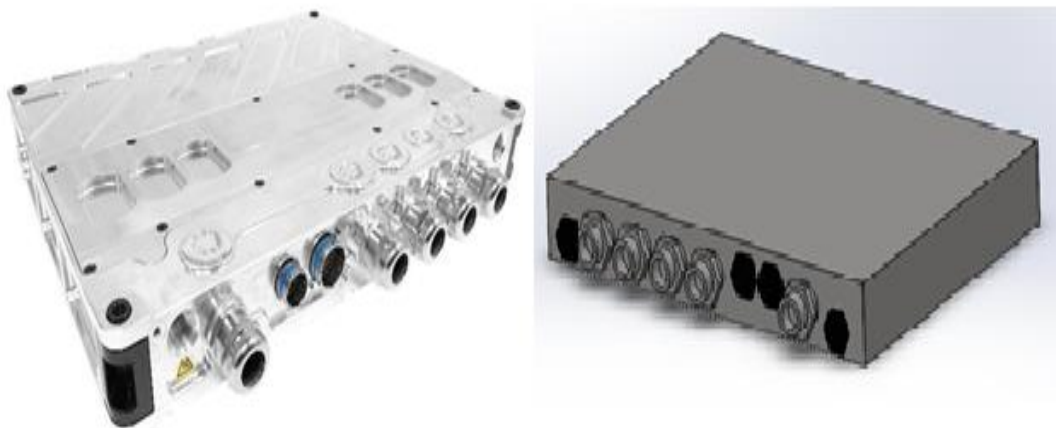


Figura 4.5 Inversor y controlador modelo RMS PM250DZ y diseño 3d
Fuente: Elaboración propia

4.2.6 Acelerador electrónico

Es básicamente el actuador que provoca la señal para que el controlador actúe sobre el motor y reciba más o menos corriente, en el mercado existen dos tipos de aceleradores, los tipos reóstato y los electrónicos, para el diseño se usará un acelerador tipo electrónico ya que es el que se usa en la actualidad y puede trabajar con motores de diferentes potencias a diferencia del tipo reóstato ya que se ve limitado por la corriente de la que se alimenta.

El acelerador electrónico consta de tres cables básicamente uno de alimentación, uno de señal y otro de puesta a tierra, el cable de alimentación está conectado al circuito de baja tensión del vehículo, alimentado por una batería común, el cable de señal es el más importante ya que es el que envía la señal del sensor de posición del acelerador al controlador, el sensor trabaja con dos circuitos redundantes por lo que en caso de falla de uno se utiliza el otro como sustituto, el cable a tierra se ancla al chasis y cierra circuito, la figura 4.6 muestra el acelerador electrónico EFP-005 0-5K EFP713-0502.

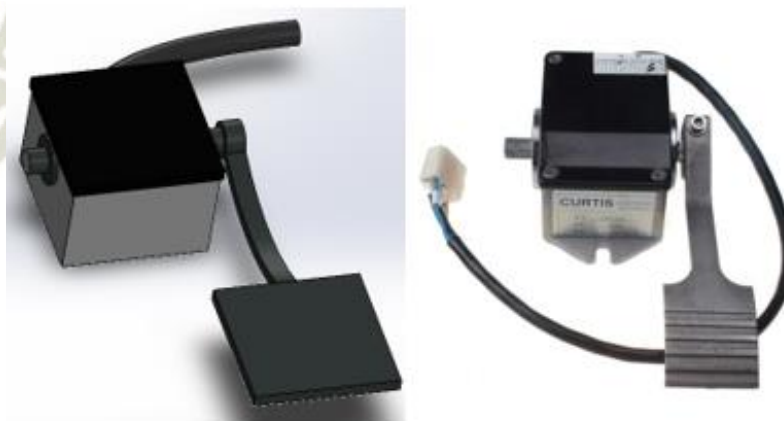


Figura 4.6 Acelerador modelo EFP-005 0-5K EFP713-0502 y diseño 3d
Fuente: Elaboración propia

4.2.7 Selector de marchas

Básicamente consiste en un selector de tres marchas, adelante, neutro y reversa, al igual que el acelerador posee un sensor de posición el cual manda la señal adecuada al controlador que aplicara sobre el motor la corriente necesaria y también invertir el movimiento del motor para cuando sea reversa o marcha hacia adelante. Para el vehículo se escogerá el selector YIJ-K813 tal y como se ve en la figura 4.7



Figura 4.7 Selector de marchas modelo YIJ-K813 y diseño3d
Fuente: Elaboración propia

Con la selección de los elementos correspondientes a los sistemas de control y tren de potencia se puede realizar una representación en geometría 3d de los sistemas para el vehículo, para apreciar su forma y detalles y dimensiones que corresponden y en qué forma ocuparan un espacio vital en la estructura de chasis, los diseños 3d se aprecian en la figura 4.8.

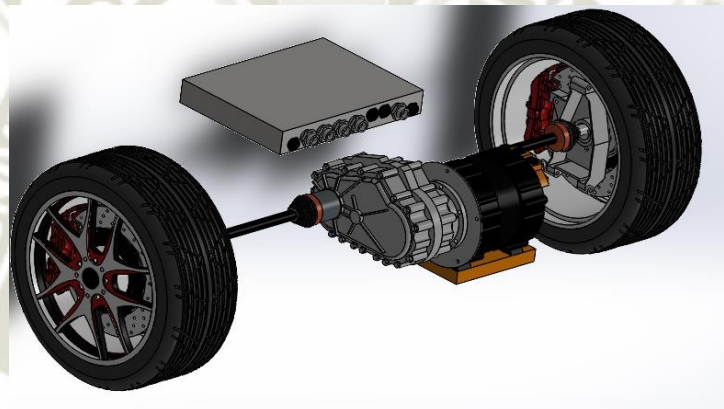


Figura 4.8 Representación 3d del tren de potencia y control principal
Fuente: Elaboración Propia

4.2.8 Circuito de control de tren de potencia

El circuito de control del tren de potencia del vehículo es importante ya que este es el que manda las señales a la controladora para su adecuado funcionamiento, utilizando para ello básicamente dos dispositivos principales tales como el acelerador y selector de marchas que son los que envían a través de sus sensores de posición la señal adecuada para que el controlador actúe sobre el motor el cual a su vez pone en marcha o reversa las ruedas motrices, como manifiesta el diagrama de la figura 4.9. El acelerador y controlador de marchas están alimentados en el circuito de baja tensión.

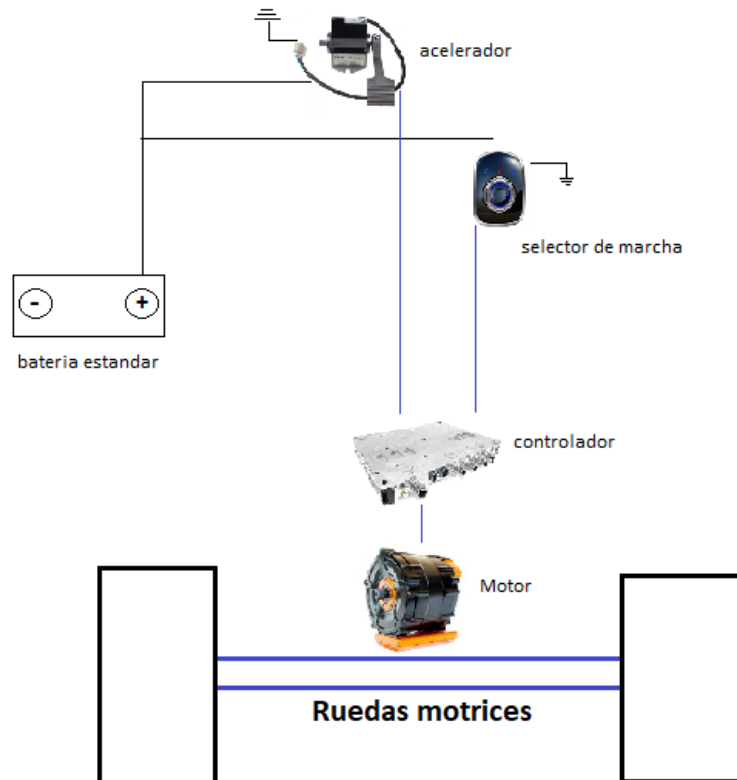


Figura 4.9 Circuito básico de control del tren de potencia
Fuente: Elaboración Propia

4.3 SISTEMA DE BAJA TENSIÓN

Está constituido por una batería de plomo tipo gel de 12v que usan comúnmente en todos los vehículos comerciales y que se utiliza exclusivamente para alimentar los sistemas eléctricos secundarios y prácticamente todos los accesorios desde luces, claxon, acelerador y selector de marchas. La batería de 12v es cargada a través de un convertidor de voltaje DC/DC que toma carga de la batería principal, la reduce y con ella alimenta el sistema de baja tensión y la batería estándar, de esta forma el convertidor reemplaza el circuito clásico del alternador de un vehículo de combustión normal

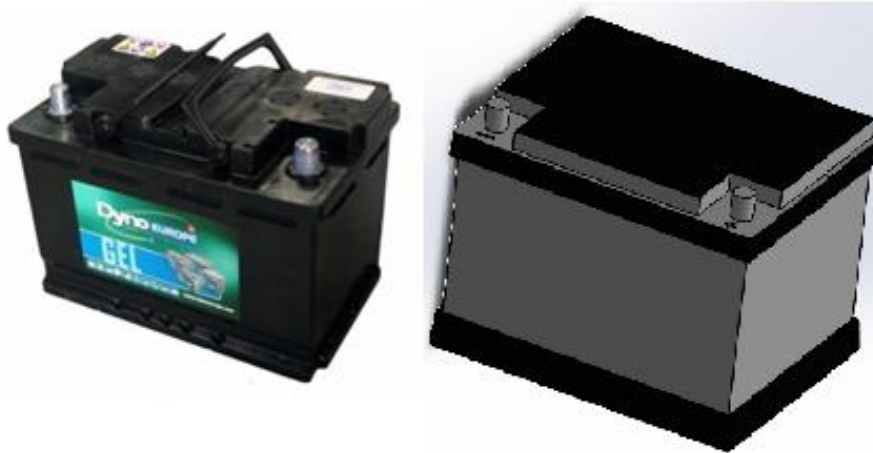


Figura 4.10 Batería de plomo de auto estándar
Fuente: Elaboración Propia

4.4 CONVERTIDOR DC/DC

Este elemento del vehículo sirve para alimentar el circuito de baja tensión, reemplaza al sistema del alternador de un auto de combustión. El convertidor baja la tensión de entrada hacia un voltaje menor del cual se alimentan elementos secundarios del vehículo, como el acelerador, el selector de marchas, la bomba de freno, luces, etc. y todo accesorio que sea colocado. El convertidor de corriente que se va a utilizar es el modelo DE3KM17B-560S28RC el cual se puede calibrar según el voltaje de batería DC que recibe y tiene un voltaje de salida de 12V lo que permitirá para alimentar los circuitos de baja tensión del vehículo. además de tener un precio bajo y gran cantidad de soporte.

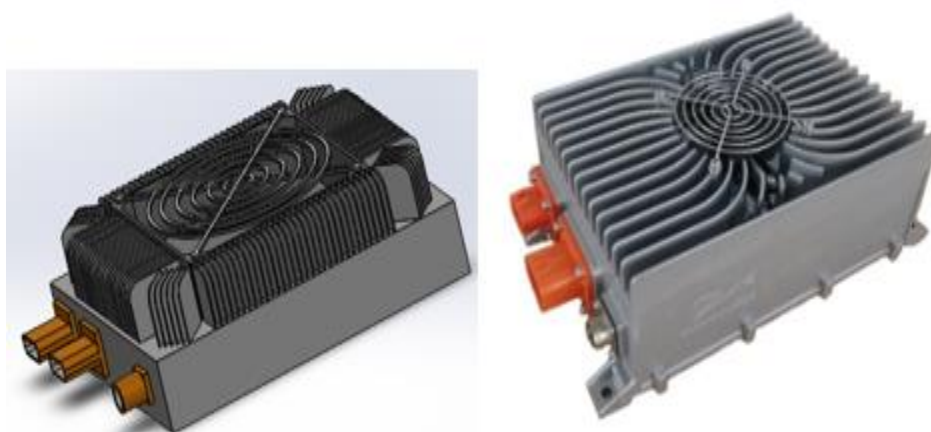


Figura 4.11 Convertidor DC/DC modelo DE3KM17B-560S28RC
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.2 Datos del convertidor DC-DC

DE3KM17B-560S28RC	
Rango de Voltaje de entrada	200Vdc-750Vdc
Rango de Voltaje de salida	14Vdc-28Vdc
Corriente de salida	105 A
Máxima corriente de salida	128 A
Peso	4kg

Fuente: Datos extraídos de (West, 2021)

4.5 SISTEMA ELÉCTRICO DE ALTA TENSIÓN

A diferencia del vehículo de combustión cuya fuente de energía es la energía almacenada en el combustible como la gasolina, el vehículo eléctrico almacena su energía en un banco o módulo de baterías, cuyos voltajes son altos para alimentar al tren de propulsión. El principal componente del sistema eléctrico de alta tensión es el banco de baterías.

4.5.1 Baterías

Para el dimensionamiento de la batería se deben tomar en cuenta, el motor, la autonomía deseada, las mismas prestaciones del vehículo. La unidad básica de la batería es la celda, basada en litio, de la cual existen diferentes formas y configuraciones, e incluso composiciones del electrolito, las más comunes son las de chapa cilíndrica de ion litio y la prismática basada en polímero de litio. El principal beneficio de una batería de litio es su capacidad de almacenamiento dada a la cualidad de su gran densidad energética que puede llegar a triplicar a sus homologas, y más voluminosas baterías basadas en plomo ácido, pero a su vez es más costosa.

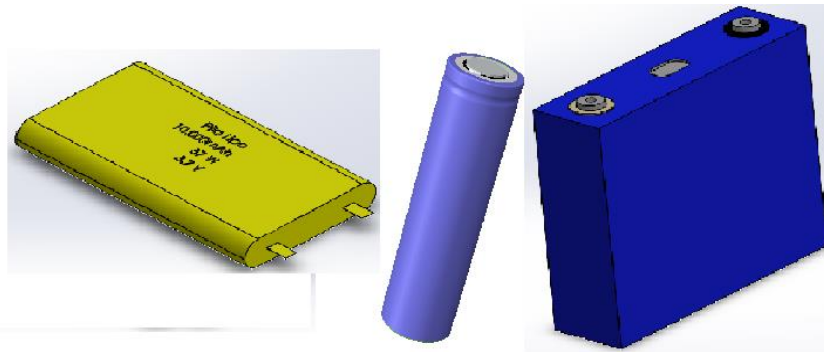


Figura 4.12 Tipos de baterías de litio en el mercado
Fuente: Elaboración propia

En el mercado actual tenemos una diferente variedad de tipos de celdas, para el diseño de la batería se escogerá entre los tipos más comunes, ya que, al ser más fáciles de encontrar, también brindan la facilidad de ser reemplazados en caso de algún fallo, además de encontrar más electrónica para administrar y controlar sus propiedades.

Tabla 4.3 Características de las baterías

Parámetros	Batería Lifepo4	Batería ion litio 18650
		
Dimensiones	48mm*173mm*168mm	18.5mm*65.2mm
Voltaje	3.2v	3.7v
Amperaje	120A	3500mA
Descarga	3C	0.5C
Peso	2.8kg	45g
Ciclos	3500	1000
Temperatura de funcionamiento descarga	25°C-65°C	20°C-60°C

Fuente: Elaboración propia

Para seleccionar la mejor celda se utilizará un método de puntaje ponderado evaluando las características principales, y el calor acumulado total nos indicará que opción es la más conveniente, como lo denota la tabla 4.4.

Tabla 4.4 Puntajes ponderados de las baterías

Parámetros	Factor	Opciones	
		Batería LiFepo4	Batería ion-Lito 18650
Voltaje	5%	7	7
Amperaje	10%	8	5
Peso	10%	5	8
Ciclos	20%	9	6
Facilidad para la construcción	30%	8	7
Inflamabilidad	15%	3	6
Costo	10%	4	7
Puntaje Total		6.7	6.55

Fuente: Elaboración propia

El resultado es que la batería lifepo4 resulta un poco más ventajosa, con respecto a la batería clásica de ion litio 18650, básicamente por la facilidad para adaptar geoméricamente una batería de lifepo4, para la construcción de los módulos nos ayuda bastante para conseguir los parámetros deseados además también relativamente fáciles de adquirir.

Tabla 4.5 Datos de la celda.

Datos de la Celda	
Voltaje de la celda	3.2v
Capacidad de Almacenamiento	120Ah
Impedancia	0.5mΩ
Factor de Descarga Máxima	3C
Peso de la celda	2.8Kg

Fuente: Elaboración propia

Una vez recopilado todos los datos principales, de las celdas, seguiremos, con el diseño estructural, para facilitar el diseño se trabajará en módulos, y de esta forma distribuir las

celdas. Se escogerá la característica de la disposición del tipo modular, debido a que facilita el acceso, construcción y conexión de los componentes de manera independiente. El control de cada módulo estará basado en el BMS que gestionará los niveles de carga y temperatura de cada batería, todo el paquete completo será finalmente administrado por un BMS maestro.

4.5.2 Tipos de conexión

Para poder sacar el mejor desempeño de las celdas se, tiene diferentes configuraciones de conexión, que pueden aumentar o mantener características principales como el voltaje y el amperaje.

- **Conexión en serie de baterías.** Este tipo de disposición permite conectar los cátodos de las celdas con el ánodo de la siguiente, de esta forma obtenemos aumentar el voltaje y mantener constante la capacidad de la batería
- **Conexión en paralelo de baterías.** Este tipo de conexión, conecta los ánodos entre sí de las celdas, así como los cátodos entre sí, consiguiendo aumentar los amperios de la batería y manteniendo constante el voltaje.

El tipo de conexión menos peligrosa y más usada es la de tipo en serie, por que mantiene constante la capacidad en amperios y por ende resulta menos complicado controlar y utilizar esta característica de las baterías, ya que para amperajes altos se necesitan controladores y dispositivos, más robustos y caros para su aprovechamiento.

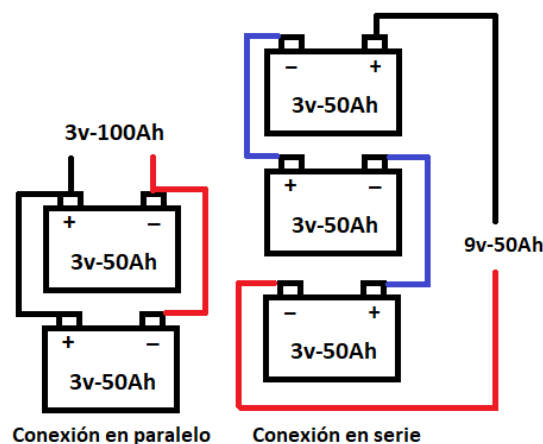


Figura 4.13 Tipos de conexión de baterías en serie y paralelo
Fuente: Elaboración propia

4.5.3 Dimensionamiento de la batería

El principal componente del vehículo eléctrico, ya sea energéticamente como estructuralmente, es la batería, debido a que es la fuente de poder de todo el vehículo y como tal la estructura debe estar adaptada para portar la batería en todo momento.

Como se describió anteriormente se apostará por el uso de la batería tipo Lifepo4, enfocándose en su facilidad en ser adaptado geométricamente.

Las partes principales de un banco de baterías son:

- Las celdas
- El BMS
- El sistema de refrigeración.

Las celdas a utilizar se definieron anteriormente, son baterías LiFePo4 con voltaje de 3.2v y una capacidad de 120 Ah. Un módulo además de celdas necesita un controlador energético que gestione la capacidad de la batería y el instrumento que realiza esta tarea es un BMS.

Existe diferentes topologías de BMS por lo que elegir la mejor opción será bajo un análisis. Como se vio anteriormente existen las topologías, centrada, descentralizada y modular, para la mejor eficacia se suele usar una combinación entre todas estas, utilizado un BMS modular para cada paquete de baterías, la cual se conecta y comparte información con otros BMS de los demás módulos y al final todos estos se conectan a un BMS maestro.

Se busco en el mercado las mejores opciones para selección de BMS, La topología descentralizada basada en BMS esclavos y maestros es la más recomendada para sistemas de alto voltaje por lo que se aplicara esta arquitectura para el módulo de batería. Para el control del módulo de batería se utilizará un REC BMS Q slave que formaría parte una arquitectura distribuida para el control de las baterías, todos los módulos se conectan unos a otros para alcanzar el voltaje y capacidad requeridos, además de compartir una comunicación transversal modulo con modulo y el ultimo se conecta para transmitir los datos al BMS maestro, el BMS maestro se ubicara en otro recinto aparte de los módulos ya mencionados.

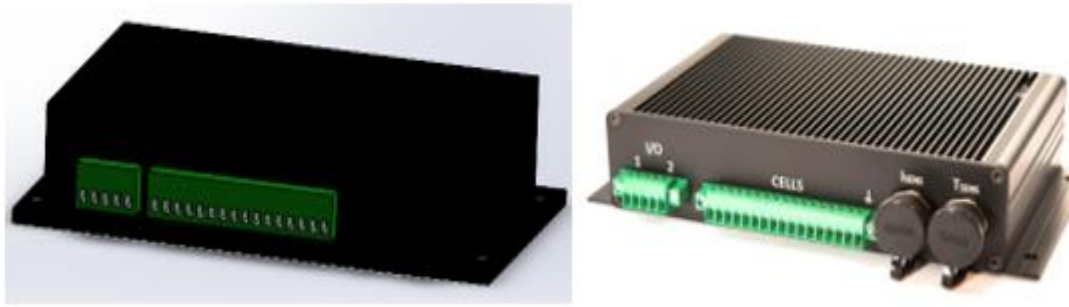


Figura 4.14 BMS REC modelo Q y representación 3d
Fuente: Elaboración propia

El BMS utilizado, está diseñado para controlar sistemas de voltajes superiores a 100V. En la siguiente tabla 4.6 se tienen los datos principales del BMS a utilizar, cuyas características cumplen con el propósito del módulo.

Tabla 4.6 Datos del BMS

Parámetro	Valor	Unidad
Voltaje máximo del paquete BMS	68	V
Voltaje mínimo del paquete BMS	13.1	V
Voltaje mínimo del paquete BMS	-	V
Voltaje máximo de celda BMS	5	V
Capacidad	200	Ah
Precisión del voltaje de la celda	+/-3	mV
Precisión del voltaje del paquete	+/-6	mV
Precisión de corriente	+/-1	LSB
Precisión de medición de temperatura	+/-0.5	°C
Temperatura máxima de funcionamiento	70	°C
Temperatura mínima de funcionamiento	-20	°C
Temperatura máxima de almacenamiento	30	°C

Fuente: Datos extraídos (REC, 2021)

La comunicación entre módulos y sus BMS esclavos y el maestro se realiza mediante el cable RS-485, así como la interfaz de comunicación externa del módulo con el automóvil o computador también se utilizará este tipo de cable recomendado por el fabricante, aunque no tenga una terminal estándar el que se utilizará será uno tipo DB9, Como se aprecia en la figura 4.15.

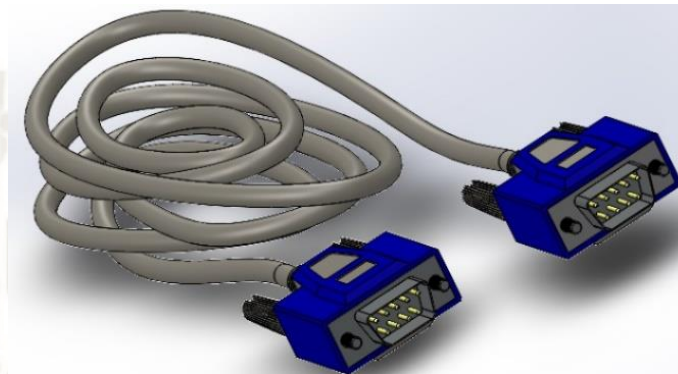


Figura 4.15 Cable de comunicación tipo RS-485
Fuente: Elaboración propia

Según este modelo de BMS es capaz de soportar hasta 16 celdas en serie por lo que Cada módulo constará de 15 celdas en serie, y el paquete total de baterías, tendrá 6 módulos conectados en serie. Las celdas se unen mecánicamente a otra en serie a través de láminas de cobre como los observados en la figura 4.16.

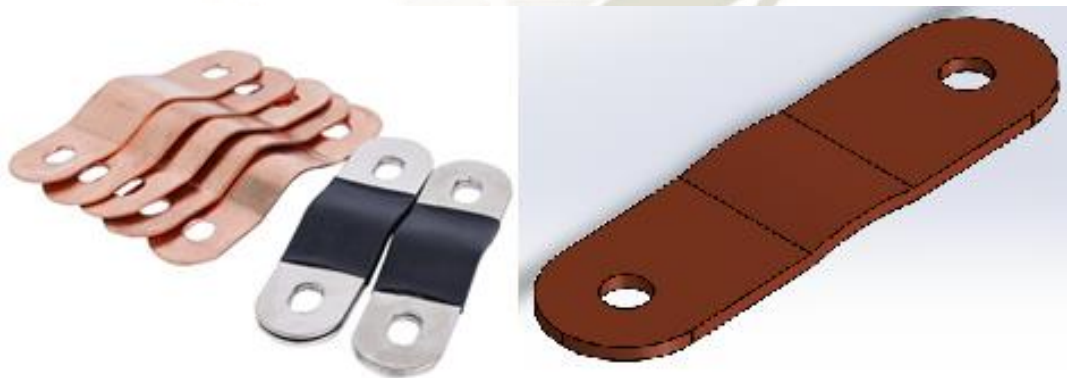


Figura 4.16 Conectores laminados para empalmar celdas
Fuente: Elaboración propia

Al ser 15 celdas en serie se calculará la capacidad de cada modulo

$$V_{\text{módulo}} = V_{\text{celda}} * \#_{\text{celdas}} \quad (4.1)$$

Donde se tiene:

$$V_{\text{módulo}} = \text{Voltaje total de cada modulo en } V$$

$$V_{\text{celda}} = \text{Voltaje de cada celda en } = 3.2 V$$

$$\#_{\text{celdas}} = \text{número de celdas conectadas en serie} = 15$$

$$V_{\text{módulo}} = 3.2V * 15$$

$$V_{\text{módulo}} = 48V$$

Al ser conectados en serie la intensidad es la misma por lo que la capacidad del módulo es de 120Ah., por lo que para calcular la potencia de cada módulo se procederá usar la ecuación.

$$P_{\text{módulo}} = V_{\text{módulo}} * I_{\text{módulo}} \quad (4.2)$$

Cuyas definiciones son:

$$P_{\text{módulo}} = \text{Potencia total de cada modulo en } W$$

$$V_{\text{módulo}} = \text{Voltaje de cada módulo} = 48 V$$

$$I_{\text{módulo}} = \text{Intensidad total de cada modulo} = 120 A$$

$$P_{\text{módulo}} = 48V * 120 A$$

$$P_{\text{módulo}} = 5760W$$

La gestión térmica, como se notificó anteriormente, es algo primordial en la batería, ya que debido al almacenamiento y uso energético se libera calor el cual debe ser disipado para mantener en un adecuado funcionamiento los componentes y alargar su vida útil.

Para poder mantener la temperatura de funcionamiento en parámetros adecuados de funcionamiento se deberá elegir entre los diferentes tipos de refrigeración para lo cual se hará un cuadro de puntajes ponderados entre los sistemas de gestión térmica más comunes la refrigeración por aire y la líquida el cual se aprecia en la tabla 4.7.

Tabla 4.7 Puntaje ponderado de refrigeración

Parámetros	Factor	Opciones	
		Refrigeración Líquida	Refrigeración por aire
Facilidad para la construcción	20%	6	7
Costos	30%	4	8
Mantenimiento	15%	5	8
Capacidad de disipación	25%	9	5
Espacio utilizado	10%	6	7
Puntaje total		6	6.95

Fuente: Elaboración propia

Tomando en cuenta como factores los costos, la facilidad de construcción y disipación calorífica, se dio como resultado que la refrigeración por aire sería la más conveniente para el módulo, aunque menos eficiente, sus costos de mantenimiento bajo y facilidad de adaptación son factores que ayudan a una futura manufacturación más fácil y económica.

4.5.4 Módulo

El módulo diseñado consta básicamente de dos partes, una carcasa y tapa de plástico, la cual se acoplará a la caja mediante una interfaz mecánica mediante pernos, el objetivo de esta caja es mantener todos los componentes en su lugar, y asegurarlos tal y como se ve en la figura 4.17.

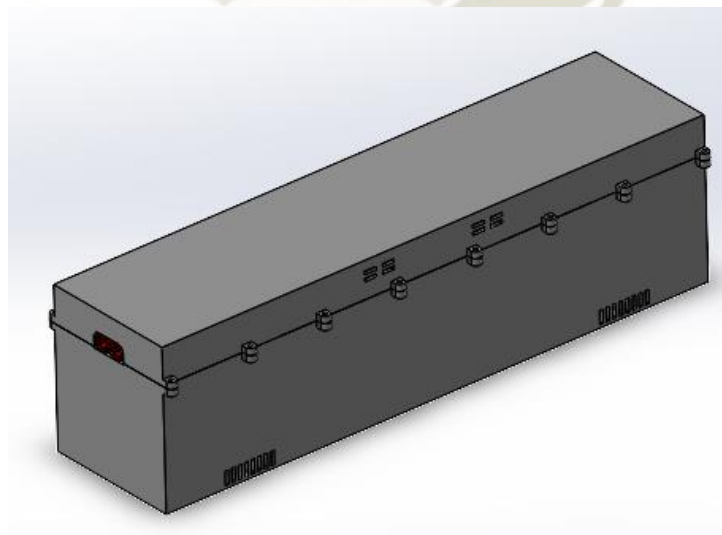


Figura 4.17 Diseño 3d del exterior del módulo de baterías
Fuente: Elaboración propia

4.5.5 Separadores

Las baterías deben tener un separador debido a lo ya mencionado anteriormente, la dilatación, así como facilitar la interacción entre la celda y el sistema de gestión térmica, se consideró una distancia entre celda de 5mm, de esta forma también se cumple con restringir el movimiento de las celdas para que mantengan su posición a pesar de vibraciones, oscilaciones y golpes. Se usarán separadores superiores e inferiores como, como se aprecia en la figura 4.18 este será un separador superior, posee una geometría, para que pueda ser ensamblado en serie y así mantenerse unido al conjunto del paquete.



Figura 4.18 Separador superior de celda de batería
Fuente: Elaboración propia

Para asegurar completamente la restricción de movimiento del paquete se usarán también un separador inferior, como se muestra en la figura 4.19, este también posee una geometría para poder ensamblarse y así formar parte de un conjunto que asegure las celdas.

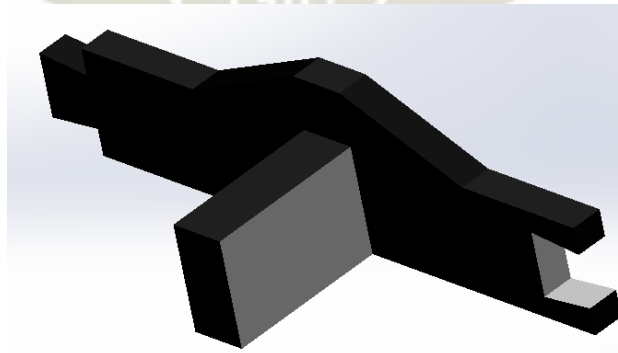


Figura 4.19 Separador inferior de celda de batería
Fuente: Elaboración propia

Los separadores estarán hechos de un material que permita resistir las tolerancias de movimientos, debido a su geometría tienen la facilidad de imprimirse en 3d en plástico termorresistente, lo que nos permite adoptar formas y distancias exactas.

Para terminar de asegurar las celdas se usarán sujetadores para el inicio y final del módulo, de manera superior e inferior de esta forma, se asegura mecánicamente las celdas, la figura 4.20, muestra cómo se distribuyen los separadores.

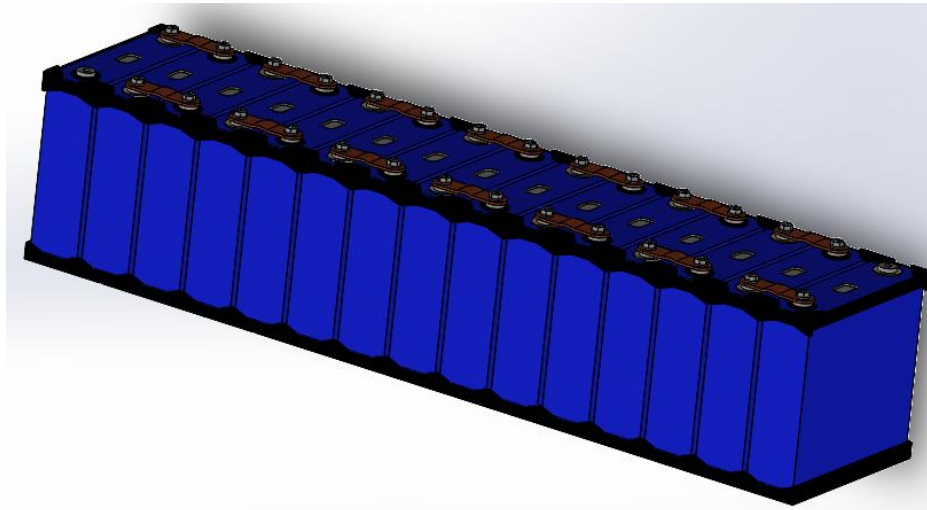


Figura 4.20 Conexión en serie de las celdas de batería
Fuente: Elaboración propia

4.5.6 Cálculo de refrigeración

Una vez dimensionado el módulo este deberá ser refrigerado por aire, forzado por lo cual el cálculo y selección del ventilador que disipara el calor es necesario. Se realizará un cálculo general y posterior simulación en el software de SolidWorks 2020 para comprobar resultados.

Se calcula el calor generado

$$\dot{Q}_{GENERADO} = I_{celda}^2 * R_{interna} * N\#_{celdas} \quad (4.3)$$

Donde se define:

$$\dot{Q}_{GENERADO} = \text{Calor generado en cada modulo en } W$$

$$I_{celda} = \text{Capacidad de cada celda} = 120 A$$

$$R_{interna} = \text{Resistencia interna de cada celda} = 0.5m\Omega$$

$\#_{celdas} = \text{Numero de celdas de cada modulo}$

$$\dot{Q}_{GENERADO} = 120A^2 * 0.5m\Omega * 15$$

$$\dot{Q}_{GENERADO} = 108W$$

Para poder disipar el calor generado se necesitará un flujo masico de aire

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_{Generado}}{Cp_{aire} * \Delta T} \quad (4.4)$$

Donde se tiene:

$$\dot{m} = \text{Flujo masico en } \frac{kg}{s}$$

$$\dot{Q}_{Generado} = \text{Calor generado por cada modulo} = 108 W$$

$$Cp_{aire} = \text{Calor especifico del aire} = 1007 \frac{J}{kg}$$

$\Delta T = \text{diferencia de temperatura entre temperatura promedio de trabajo y la maxima que se permite}$

$$\dot{m} = \frac{108W}{1007 \frac{J}{Kg} * (50^{\circ}C - 25^{\circ}C)}$$

$$\dot{m} = 0.0043 \frac{Kg}{s}$$

El flujo masico, debe ser convertido a flujo volumétrico

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho_{aire}} \quad (4.5)$$

Donde:

$$\dot{V} = \text{Flujo volumetrico en } \frac{m^3}{s}$$

$$\dot{m} = \text{Flujo masico} = 0.0043 \frac{kg}{s}$$

$$\rho_{aire} = \text{Densidad del aire} = 1.184 \frac{kg}{m^3}$$

$$\dot{V} = \frac{0.0043 \frac{Kg}{s}}{1.184 \frac{kg}{m^3}}$$




$$\dot{V} = 0.0036 \frac{m^3}{s}$$

$$\dot{V} = 0.13 \frac{pie^3}{s}$$

$$\dot{V} = 7.80CFM$$

Los resultados indican que, para mantener, una temperatura promedio máxima de 50°C se tiene como mínimo un flujo volumétrico de 7,80 CFM, Tomando en cuenta el volumen de aire se seleccionará un ventilador adecuado para el módulo, Se considerará principalmente los ventiladores que encontramos con mayor abundancia en el mercado.

Tabla 4.8 Características de ventiladores de aire

Parámetros	SXD14025M1B	ALSEYE S-120	Gdstime
			
Dimensiones	140mm*140mm*25mm	120mm*120mm*25mm	80mm*80mm*38mm
Voltaje	12V	12v	12V
Amperaje	0.60A	0.12A	0.80A
Caudal	125 CFM	65 CFM	73 CFM
Velocidad	2900 RPM	1200 RPM	5700 RPM
Ruido	42.8 dB(A)	20.46 dB(A)	48 dB(A)

Fuente: Elaboración propia

Tomando en cuenta estas características de los ventiladores más comunes para la administración térmica de aparatos electrónicos se escogerá en base a ciertas características, como caudal, consumo energético y su facilidad para poder introducirlos dentro del módulo, para ello usaremos una tabla de puntajes ponderados tomando en cuenta esas características principales para la mejor selección.

Tabla 4.9 Puntajes ponderados de ventiladores para el módulo

Parámetros	Factor	Opciones		
		SXD14025M1B	ALSEYE S-120	Gdstime
Caudal	20%	7	5	6
Consumo energético	45%	8	9	6
Facilidad para su ubicación	25%	6	7	6
Costo	10%	6	5	7
Puntaje Total		7.1	7.3	6.10

Fuente: Elaboración propia

Teniendo como primordial factor el consumo energético debido a que los ventiladores también consumirán energía, para ser más eficientes el modelo Alseye S-120 nos brinda el mejor desempeño a pesar que es un poco más caro que los otros modelos, además cumple también con el flujo de aire para enfriar las baterías.

Priorizando ello se hará una simulación para comprobar que el módulo es térmicamente estable para lo cual se usara el software de Flow Simulation de SolidWorks que permite simular la refrigeración de aparatos electrónicos.

4.5.7 Simulación de la refrigeración del módulo

El motor de simulación de fluidos de Solid Works tiene básicamente dos formas de analizar un fenómeno. Uno es el análisis por tiempo estable y el otro es de tiempo transitorio.

4.5.8 Análisis térmico de estado estable

La peculiaridad principal de este estudio, es que al análisis no toma en cuenta el tiempo que pueda demorar un cuerpo en poder alcanzar el equilibrio térmico buscado, y solo le da importancia las características térmicas finales de este. La cualidad que más se utiliza como referencia en este estudio es la conductividad térmica, que nos brinda el material de estudio y con ello se llega al equilibrio térmico que consiste en que la energía térmica en cada espacio o lugar del solido es equivalente a la energía térmica que entra.

4.5.9 Análisis térmico transitorio

La cualidad principal de este tipo de estudio es que si toma en cuenta el tiempo durante los procesos térmicos. Podemos tener un ejemplo en que tenemos una olla con agua caliente, y en consecuencia se sabe que pronto la temperatura del fluido de la olla se equilibrará con la temperatura del ambiente llegando a una situación de estabilidad, en cambio el régimen transitorio se enfocaría en cómo actúa el fluido térmico con respecto al tiempo. Se necesitan ciertas características que deben especificarse para llevar a cabo el estudio como propiedades térmicas del material como calores específicos, conductividad térmica, temperatura ambiente y el tiempo del análisis.

Conociendo la funcionalidad del software se escogerá el análisis térmico de estado estable ya que la misión principal es mantener el módulo bajo parámetros de funcionamiento térmicos aceptables, en este caso es estar en temperatura menor a 50°C. ya que si las baterías llegan a su límite de 65°C, estas son afectadas en su tiempo de vida, por ende, se busca la temperatura más baja de funcionamiento aprovechando la capacidad de gestión térmica de una batería Lifepo4.

El calor generado por celda se calculará.

$$\dot{Q}_{celda} = I^2 * R_{interna} \quad (4.6)$$

$$I = \text{Capacidad interna de la bateria} = 120A$$

$$R_{interna} = \text{Resistencia interna de la bateria} = 0.5m\Omega$$

$$\dot{Q}_{celda} = \text{calor generado por la bateria en } W$$

$$\dot{Q}_{celda} = 120A^2 * 0.5m\Omega$$

$$\dot{Q}_{celda} = 7.2W$$

Para la simulación del sistema de refrigeración de los módulos se adjuntarán los siguientes datos, especificados en la tabla 4.10, que son básicos de entrada para poder poner a analizar el motor del software:

Tabla 4.10 Datos generales para iniciar simulación

Tipo de análisis	Temperatura en solidos
Temperatura ambiental	20°C
Presión atmosférica de Arequipa	77000 Pa
Calor Generado por cada celda	7.2W
Fluido a utilizar	Aire
Flujo volumétrico del ventilador	65 CFM

Fuente: Elaboración propia

Con todos estos datos se procederá a introducirlos en el software como se mostrará a continuación. El primer paso es realizar el ensamble de los principales solidos sometidos a la gestión térmica del módulo, en esta simulación se incluirá las celdas de batería, los separadores y conectores, el ventilador, la carcasa y el BMS. Una vez ensamblado el módulo se define el volumen de control para el análisis como se muestra en la figura 4.21.

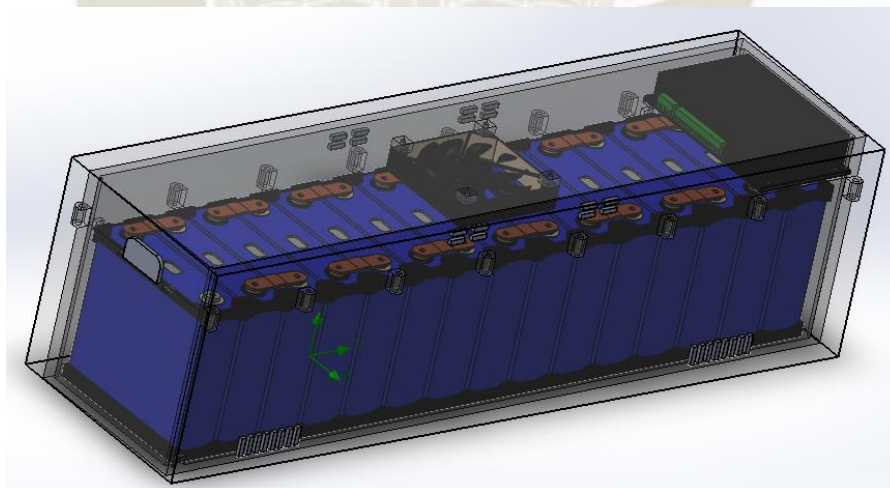


Figura 4.21 Volumen de control de la simulación

Fuente: Elaboración propia

Se seleccionará que fluido se analizará, en este caso, es el aire, también se definirán las condiciones de entrada presión y temperatura, como se aprecia en la viñeta del menú de ingreso de datos en la figura 4.22

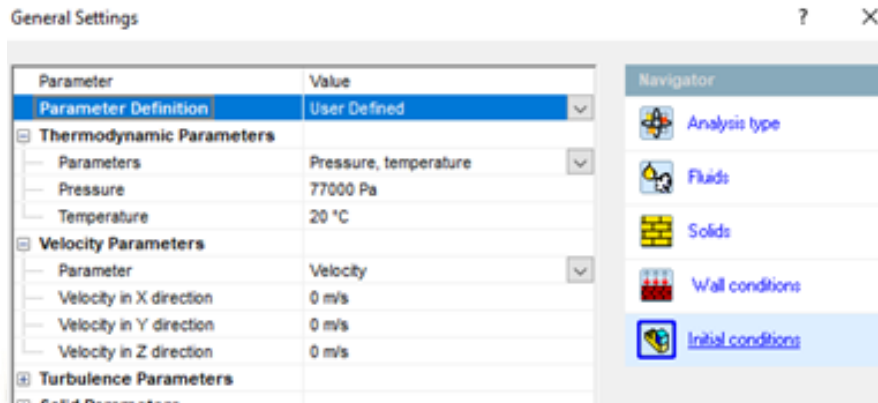


Figura 4.22 Parámetros para selección de fluido
Fuente: Elaboración propia

Se determinará que tipo de análisis se llevara a cabo, el estudio adecuado es el estudio térmico de transferencia de calor puesto que el aire forzado influirá en la temperatura de las celdas consideradas cuerpos sólidos. La figura 4.23 señala lo mencionado anteriormente.

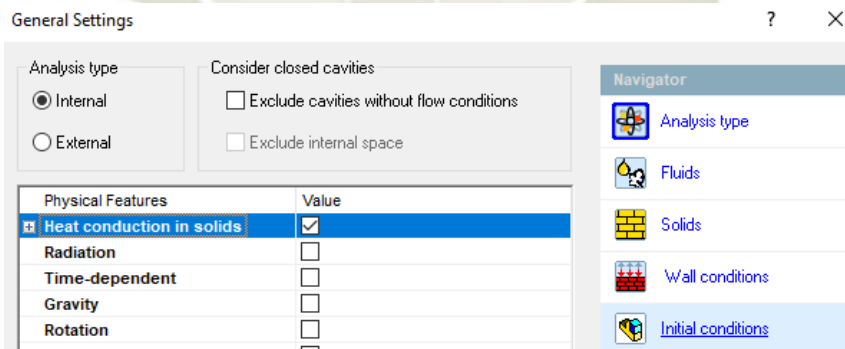


Figura 4.23 Tipo de estudio para la simulación
Fuente: Elaboración propia

Una vez creado el estudio se definirán los materiales que componen el ensamblado. Es en esta parte que entran los datos mencionados en el apartado anterior puesto que se debe definir la batería Lifepo4 ya que esta no está definida como tal en la base de datos del software.

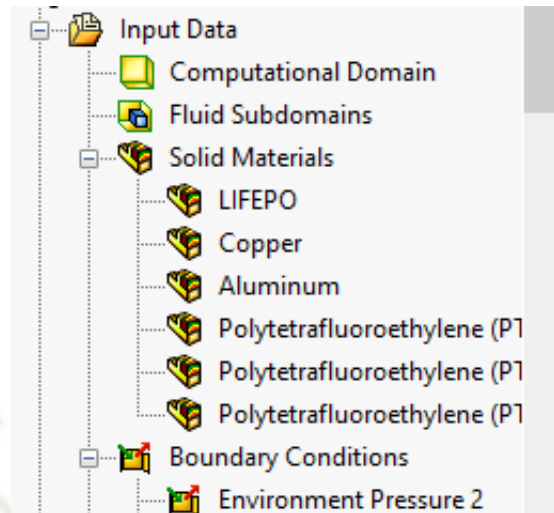


Figura 4.24 Materiales de los elementos del módulo
Fuente: Elaboración propia

Los datos ingresados para poder definir el material de la batería Lifepo4 están referidos, en otros apartados enfocados y análisis del comportamiento de este tipo de celdas de batería, de cuya data se obtuvo y se muestra en la tabla 4.11.

Tabla 4.11 Propiedades térmicas de la celda Lifepo4.

Propiedad	Valor	Unidades
Densidad	2173	$\frac{Kg}{m^3}$
Calor específico	1269	$\frac{j}{(kg * K)}$
Conductividad térmica	1.58	$\frac{W}{m * K}$

Fuente: Datos extraídos de la investigación. (Hadia & Tong, 2013)

Luego se aplicarán las cargas térmicas, además de incluir el flujo de aire producido por el ventilador en este caso serán 65CFM convertidos al sistema métrico de metros cúbicos sobre segundo, y los orificios abiertos para el ingreso del aire como se distingue en la figura 4.25.

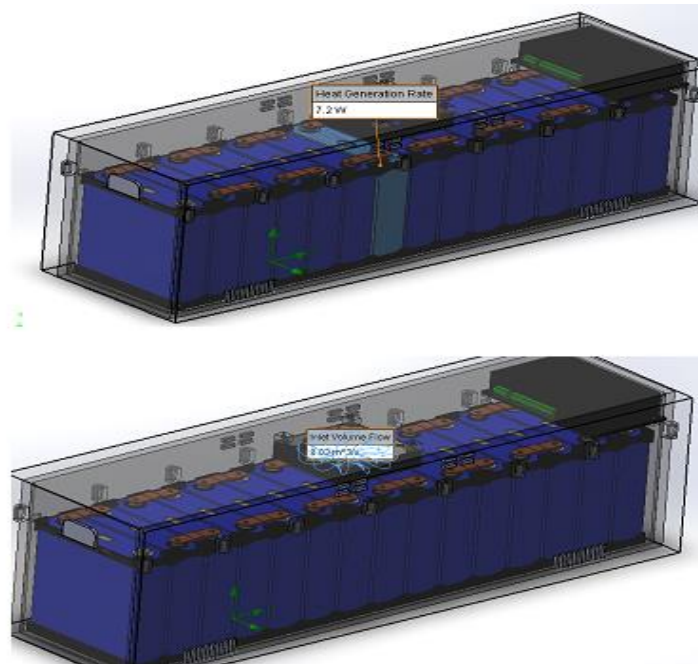


Figura 4.25 Valores de calor generado y flujo volumétrico
Fuente: Elaboración propia

Finalmente se pondrá como meta la temperatura máxima alcanzada por el módulo como tal el resultado final mostrará la temperatura máxima alcanzada por las celdas hasta entrar en el proceso de convergencia estable, como se muestra en la figura 4.26.

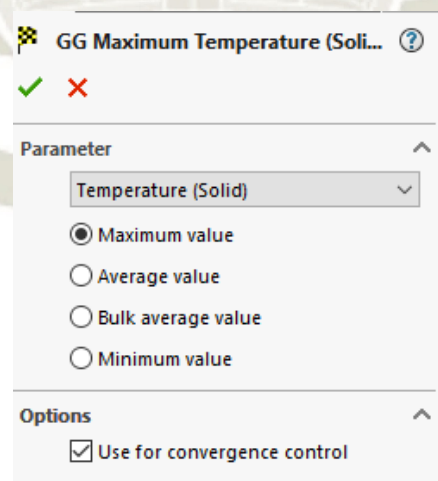


Figura 4.26 Determinación de análisis de máxima temperatura
Fuente: Elaboración propia

Una vez definidos los parámetros se procederá a la simulación que se basará en iteraciones matemáticas, las cuales representan 158 realizadas 4 veces cuyos resultados nos darán la interacción térmica entre el flujo del ventilador y las celdas del módulo. El aire es tomado a

través de los orificios de ventilación del módulo a una temperatura ambiente de 20° y es proyectada hacia las celdas recogiendo el calor generado elevando así la temperatura del fluido en sectores críticos, al final del recorrido todo el flujo de aire se mezcla para salir por las ventilas inferiores como se muestran en la figura 4.27.

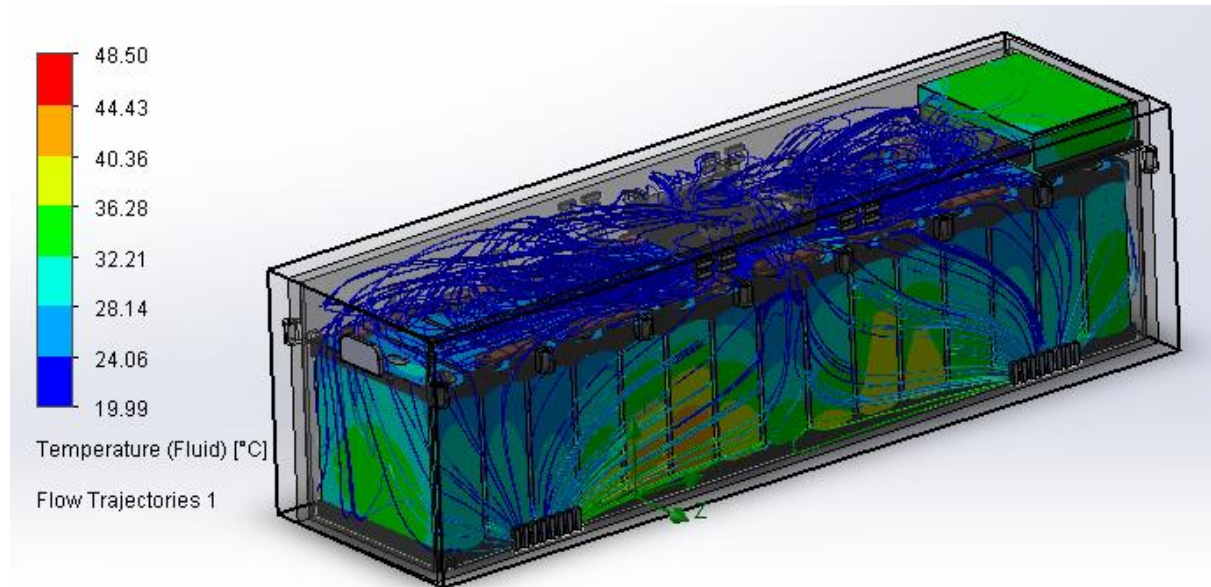


Figura 4.27 Simulación del flujo de aire dentro del módulo de baterías
Fuente: Elaboración propia

Después de las iteraciones del proceso de simulación y la interacción entre los fluidos y el calor generado por las celdas se da como resultado una temperatura máxima de las celdas en ciertas partes de 48.56°C lo que lo mantiene en un rango óptimo de trabajo que se expresan en la gráfica de la figura 4.28

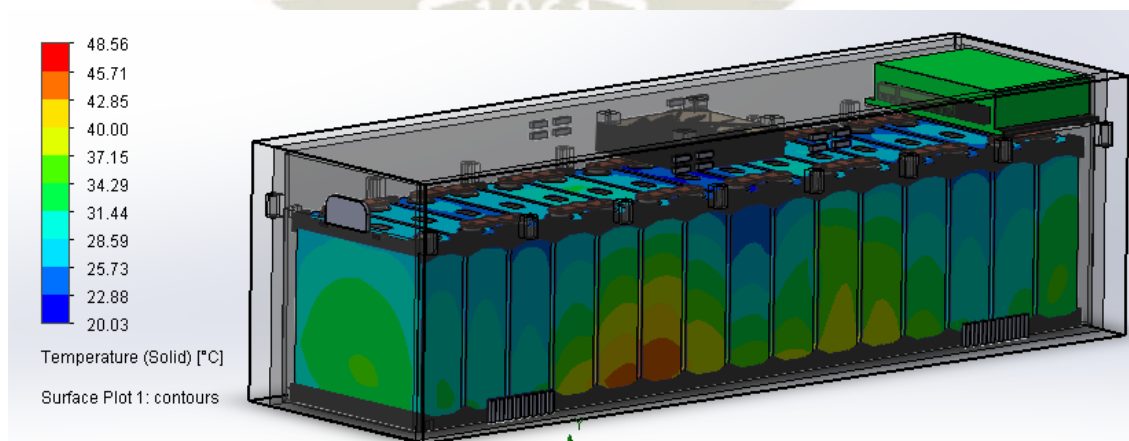


Figura 4.28 Simulación térmica del módulo de baterías
Fuente: Elaboración propia

El resultado final, no solo se muestra de manera visual sino también se elabora una gráfica cuyo valor final después de las iteraciones en la evaluación transitoria da en consecuencia la temperatura final alcanzada de forma estable en el módulo reflejada en el límite de temperatura de 48.56 °C como se expresa en la gráfica de la figura 4.29 que se muestra a continuación.

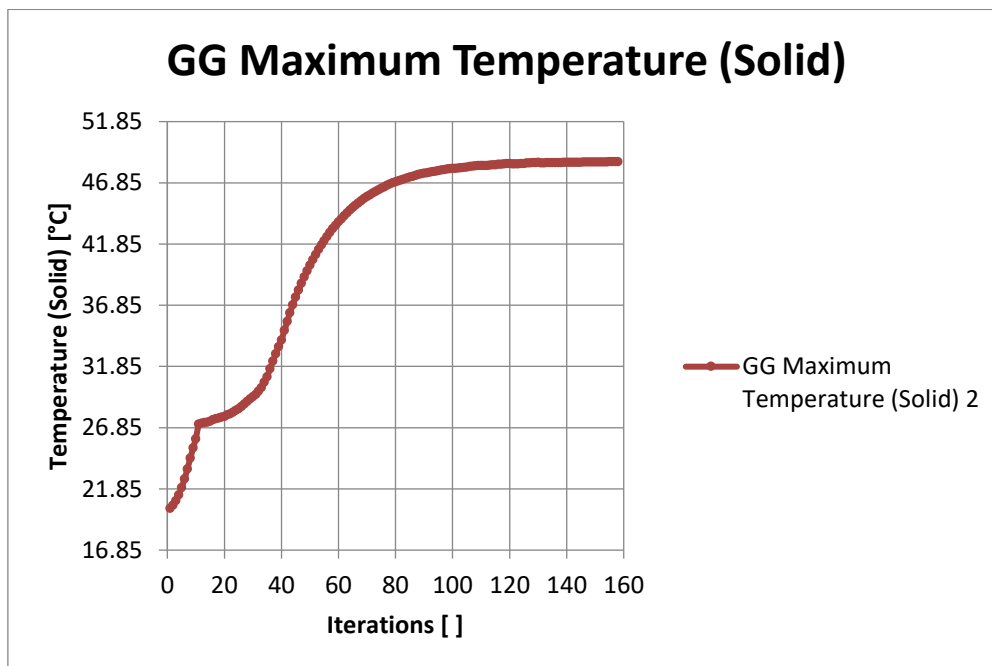


Figura 4.29 Resultado de estado estable de temperatura en refrigeración
Fuente: Elaboración propia

Se muestra también la gráfica de iteraciones hasta llegar al valor de la convergencia y por ende el valor máximo del sólido, que son las baterías Lifepo4. Los resultados son que el sistema de refrigeración por aire es efectivo en mantener la temperatura en rangos estables y adecuados, que garantizan una vida útil adecuada para las baterías. Una vez comprobado el sistema de gestión térmica se procederá a completar el dimensionamiento geométrico total del banco de batería como lo explyta la figura 4.30.

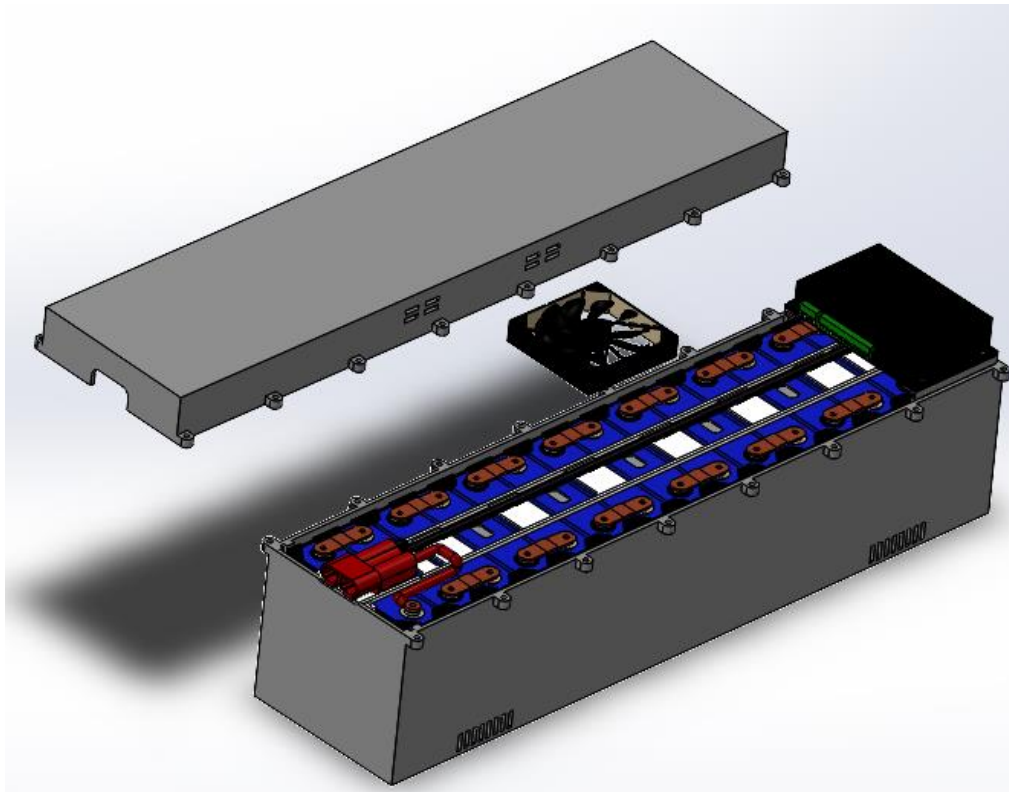


Figura 4.30 Detalle de un módulo de baterías
Fuente: Elaboración propia

Con el módulo definido se procede a calcular el peso total, como propiedades físicas que nos brinda el software se obtiene un peso total de 47.60kg por cada módulo como se aprecia en la figura 4.31.

Propiedades de masa de Ensamblajemoduloelectrico
Configuración: Predeterminado
Sistema de coordenadas: -- predeterminado --
Masa (reemplazada por el usuario) = 47607.66 gramos
Volumen = 26195928.67 milímetros cúbicos
Área de superficie = 3508158.40 milímetros cuadrados
Centro de masa: (milímetros)
X = -277.33
Y = 1.37
Z = 844.93

Figura 4.31 Propiedades físicas del módulo de baterías
Fuente: Elaboración propia

4.5.10 Circuito de activación de ventilación

Para poder gestionar la temperatura se necesita de la refrigeración por aire previamente analizada, el proceso de activación de este sistema se explicará, así como actúa cada componente en esta tarea. Se tiene 6 módulos cada uno con su propio sistema de refrigeración por aire que consta de un ventilador de corriente directa, que es el que provoca el flujo de aire cuando la temperatura de trabajo de las celdas empieza a aumentar, de esta forma poder mantener en rangos seguros la temperatura del módulo y sus componentes, cuidando su vida útil.

Todo este circuito esta alimentado por el sistema de baja tensión con la batería estándar de 12v, esta básicamente compuesto por el sensor de temperatura y electrónica del BMS, un relé automotriz y los ventiladores, el consumo de cada ventilador ALSEYE S-120 es de 3W por lo que hace total un consumo total de 18W, que es una potencia baja y manejable por la batería automotriz. Los ventiladores están conectados en paralelo, su polo positivo esta unido al relé automotriz que está en un estado abertura mientras que su lado negativo del conjunto, está unido al polo negativo de la batería. La figura 4.32 muestra el circuito básico de funcionamiento de la ventilación en el software de simulación proteus.

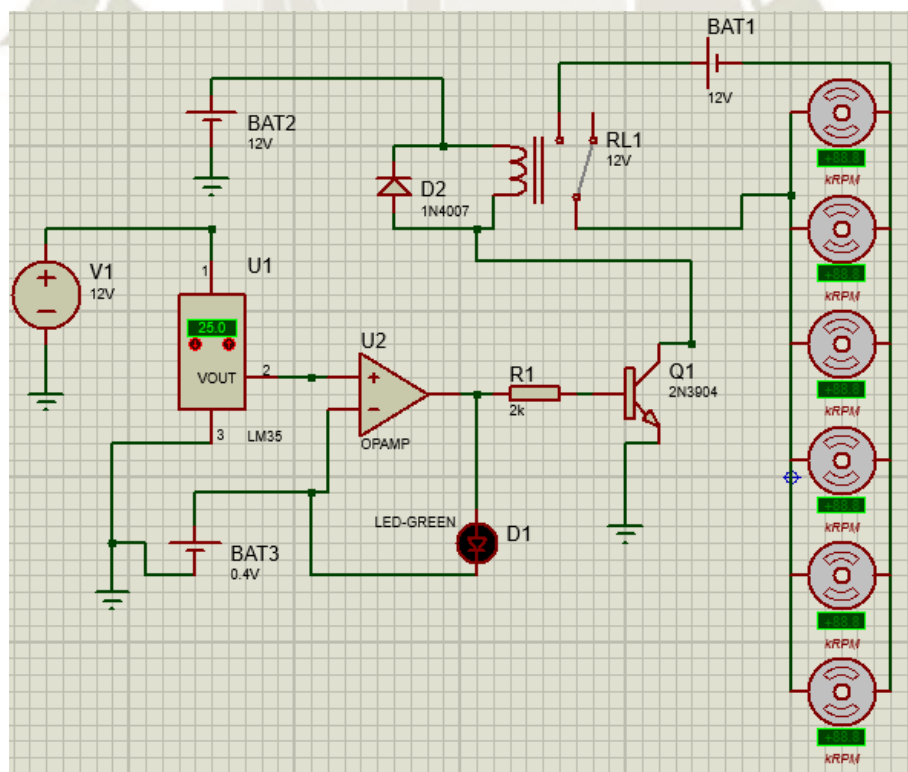


Figura 4.32 Circuito de activación del sistema de refrigeración por aire
Fuente: Elaboración propia

El circuito del sistema de refrigeración está controlado por el BMS de cada módulo, quien a su vez comparte información con un BMS maestro, el sensor de temperatura LM35 manda una señal de temperatura, cuando esta haya alcanzado un valor que este entre los 25 y 50 °C, se tomara un valor promedio de 37.5°C que se redondearan a un valor entero de 40 °C , una vez alcanzada este valor de temperatura se emite la señal traducida en un pequeño voltaje y este es amplificado por circuitos electrónicos del BMS como los amplificadores operacionales y transistores, llegando a tener un valor de 12v, como aviso lumínico de activación se prende un led verde, el voltaje de la señal prosigue y activa un relé del tipo automotriz que al energizar sus bobinas, cierra el circuito permitiendo el paso de corriente a los ventiladores, activando todo el circuito, como se ve en la figura 4.33

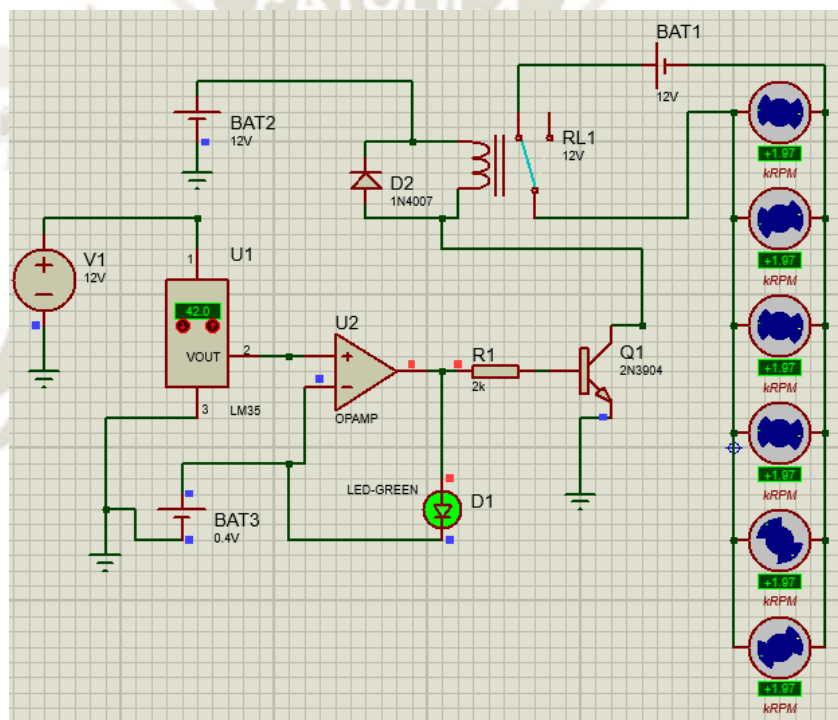


Figura 4.33 Circuito del sistema de refrigeración por aire activado
Fuente: Elaboración propia

4.5.11 Medición de corriente del BMS

Al trabajar con valores altos de corriente, es necesario para poder hacer la medición de la corriente, el uso una resistencia tipo shunt la cual al conocer su valor y su bajo consumo permitirá conocer los rangos de intensidad de la corriente y de esta forma poder proteger y administrar la corriente del sistema. El conteo de medición se realiza con el BMS y es cada 300ms de manera cíclica. El shunt recomendado para el sistema de BMS Q es uno con resolución 19.5mA a 500 A. En el mercado tenemos disponible el modelo FH-500-50 que

consume 50 mV y cumple con el rango de medición. Si el BMS mide durante más de dos ciclos de manera consecutiva una corriente de carga o descarga superior al doble del valor de la derivación nominal, se emite una señal de error, de esta manera se protege a los contactores fusible en caso de algún cortocircuito.



Figura 4.34 Shunt del circuito derivativo de medición
Fuente: Elaboración propia

4.5.12 Circuito de precarga

Básicamente el circuito de precarga sirve para poder colmar energéticamente los condensadores de los controladores, inversores y de esta forma alivianar el impacto de un uso directo de alto voltaje sobre estos elementos. El BMS comanda el circuito de precarga que se enciende a través del encendido interno de un relé que carga los condensadores utilizando resistencias de potencia que se ubican dentro del dispositivo de precarga. Si el BMS encuentra algún error este ordena apagar al relé del sistema. La unidad de precarga recomendada para el BMS Q es el modelo REC precharge unit.



Figura 4.35 Unidad de precarga modelo Rec y diseño 3d
Fuente: Elaboración propia

4.5.13 Fusibles de alta potencia

Un fusible tiene como misión proteger un circuito a través de la desconexión o interrupción de la corriente ante un corto circuito en la batería, de esta forma se protege al sistema y demás elementos que dependen del correcto funcionamiento de la batería de alto voltaje. Las principales características a tomar en cuenta para un fusible son:

- El voltaje
- La corriente
- Tiempo de fundición
- Temperatura de operación

El rango de tiempo que le toma al fusible para fundirse e interrumpir el circuito es inversamente proporcional a la corriente a la que somete. Existen fusibles para corriente directa, y otro para alterna, en esta situación los fusibles a utilizar serán de corriente directa. La selección del fusible adecuado para el funcionamiento de la batería debe estar dimensionado de manera correspondiente con la corriente de la batería, la corriente máxima de descarga es de 360 A por 10 segundos, tomando este valor se puede dimensionar el fusible.

Según el fabricante de elementos eléctricos, Omega, se debe considerar la corriente máxima del sistema, La corriente de corte del fusible debe ser equivalente al 125% de la corriente máxima de entrega del sistema, en este caso es la batería de alto voltaje del vehículo.

$$I_c = I_{max} \times 125\% \quad (4.7)$$

$$I_c = 360A \times 125\%$$

$$I_c = 450 A$$

La corriente corte correspondiente a 450 A nos da el valor a buscar en fusibles de alto voltaje en el mercado. Existen diferentes modelos por lo que se procede a una selección. Investigando las características del mercado se encontró que el Fusible modelo FWJ-450A EATON ELECTRIC, es el más adecuado.

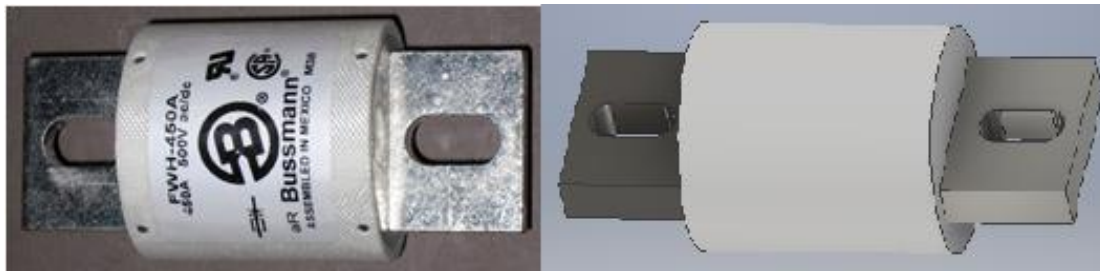


Figura 4.36 Fusible de alta potencia y representación 3d
Fuente: Elaboración propia

4.5.14 Relé de alto voltaje

Un relé es un dispositivo que se puede definir de manera simplificada como un interruptor, abriendo o cerrando el paso a la corriente a través de contactos que se accionan eléctricamente por medio de un electroimán cuando se energizan sus bobinas.

Lo que caracteriza a los relés es su rápido accionamiento de esta forma existe menos alteración en el circuito, se protege de mejor manera el controlador. Los relés comúnmente usados en vehículos eléctricos son relés de alto voltaje, las bobinas del relé actúan y se abren y cierran de acuerdo al voltaje al que se les aplica.

Para poder seleccionar un relé de alto voltaje para el vehículo eléctrico se deben tomar en cuenta características como el peso, el voltaje y corriente en la cual actúan y un bajo consumo energético. Para el sistema de alto voltaje del vehículo se ha escogido el relé modelo Gigavac GV240 y a que cumple con las características para el sistema.



Figura 4.37 Relé de alto voltaje y su representación 3d
Fuente: Elaboración propia

4.5.15 Relé de uso automotriz

Su función es poder proteger los subsistemas y elementos que componen el sistema de baja tensión del vehículo, alimentado por una batería vehicular común. Adicionalmente por su función de interruptor gracias a su cierre y apertura por excitación de sus bobinas se usan tanto para activar y desactivar subsistemas dentro del vehículo. En este proyecto se usará para poder activar el sistema de refrigeración por aire de los módulos. Para el circuito se usará un relé de 12v como se ve en la figura 4.38.

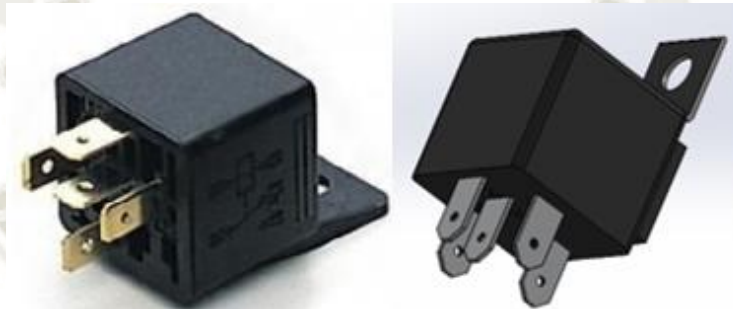


Figura 4.38 Relé automotriz de baja tensión y representación 3d
Fuente: Elaboración propia

4.5.16 Conexión de los módulos

Para poder alcanzar el voltaje necesario para el funcionamiento del vehículo es imperioso conectar en serie las baterías de esta forma conservamos un amperaje nominal total, pero aumentamos progresivamente el valor del voltaje, cada módulo cuenta con 48v y 120Ah, conociendo los valores, se pondrá 6 módulos en el banco de baterías, de esta forma alcanzar 288v. La conexión interna de los módulos también debe resistir la corriente interna y sus fluctuaciones, los cables de conexión serán de calibre 3/0 AWG y con un conector tipo Anderson SB175, como se expone en la figura 4.39.

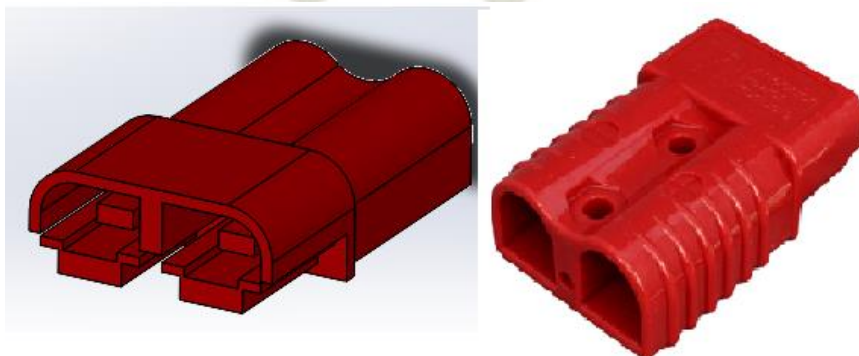


Figura 4.39 Conector tipo Anderson y su representación 3d
Fuente: Elaboración propia

El conector total de los módulos será un conector que pueda resistir la potencia, cuyo calibre será seleccionado en base al amperaje manejado por el paquete total en serie el BMS maestro y además tomarse en cuenta que se puede ampliar módulos en el futuro, por lo tal se escogió un conector que pueda resistir más de 200A que sería equivalente a también un cable de calibre 3/0 AWG. La figura 4.40 ilustra el conector usado de la marca Amphenol



Figura 4.40 Conector de alto voltaje hembra-Macho
Fuente: Elaboración propia

Para proteger físicamente los módulos se tendrá una carcasa que aloje los 6 módulos, y demás elementos complementarios que componen todo el banco de baterías el cual también adiciona un peso, de esta forma podemos dimensionar en su totalidad el banco de baterías.

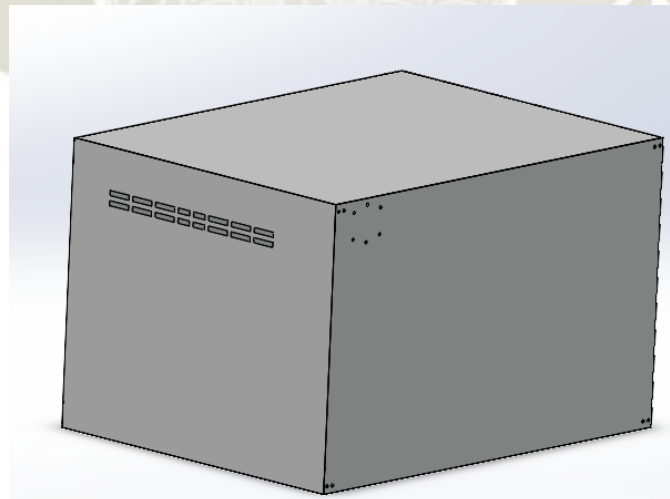


Figura 4.41 Carcasa del banco de baterías
Fuente: Elaboración propia

Las propiedades físicas del programa nos permiten conocer que el peso de la carcasa es de 9.19 kg el cual debe ser sumado al peso de los 6 módulos así obtenemos

$$m_{\text{banco de baterías}} = m_{\text{modulos}} + m_{\text{carcasa}} \quad (4.8)$$

Donde:

$$m_{\text{modulos}} = \text{masa de los modulo} = 285.6 \text{ kg}$$

$$m_{\text{carcasa}} = \text{masa de carcasa} = 9.19 \text{ kg}$$

$$m_{\text{banco de baterías}} = \text{masa total del banco de baterías en Kg}$$

$$m_{\text{banco de baterías}} = 285.6 \text{ kg} + 9.19 \text{ kg}$$

$$m_{\text{banco de baterías}} = 294.79 \text{ kg}$$

4.5.17 Cargador de batería

El cargador de batería es un elemento principal del circuito de alta tensión, ya que alimenta al banco de baterías central del vehículo y lo surte eléctricamente para que pueda almacenar la energía necesaria para el funcionamiento de los sistemas de tracción. Para el vehículo se seleccionó un cargador modelo Longrun-Q2 debido a sus prestaciones ya que se puede calibrar diferentes funciones como el voltaje de las baterías a alimentar y la corriente de entrega además de su disponibilidad en el mercado, el cargador incluye cables de conexión por lo que es un elemento que asegura el correcto funcionamiento del vehículo, tal y como se observa en la figura 4.42.



Figura 4.42 Cargador de baterías Longrun-Q2 y su modelo 3d
Fuente: Elaboración propia

Una vez consumado el diseño del sistema eléctrico de alta tensión, que incluye la batería de alto voltaje, cargador y demás accesorios, se puede ordenar y graficar de manera didáctica y que se pueda entender el circuito, el paquete de baterías de alto voltaje está conectado con el BMS maestro quien se comunica con la unidad de precarga para cargar los condensadores del propio sistema, una vez cerrados los relés de protección en cada cable, tanto de polaridad

positiva como negativa, una protección más es el fusible de alto voltaje el cual actuara como protección del controlador y demás subsistemas, en caso de corto circuito. Las líneas positivo y negativo alimentan también el convertidor de voltaje Dc-Dc, que reduce el alto voltaje para poder alimentar los circuitos de baja tensión que corresponden a los auxiliares del vehículo, tal y como se aprecia en la figura 4.43.

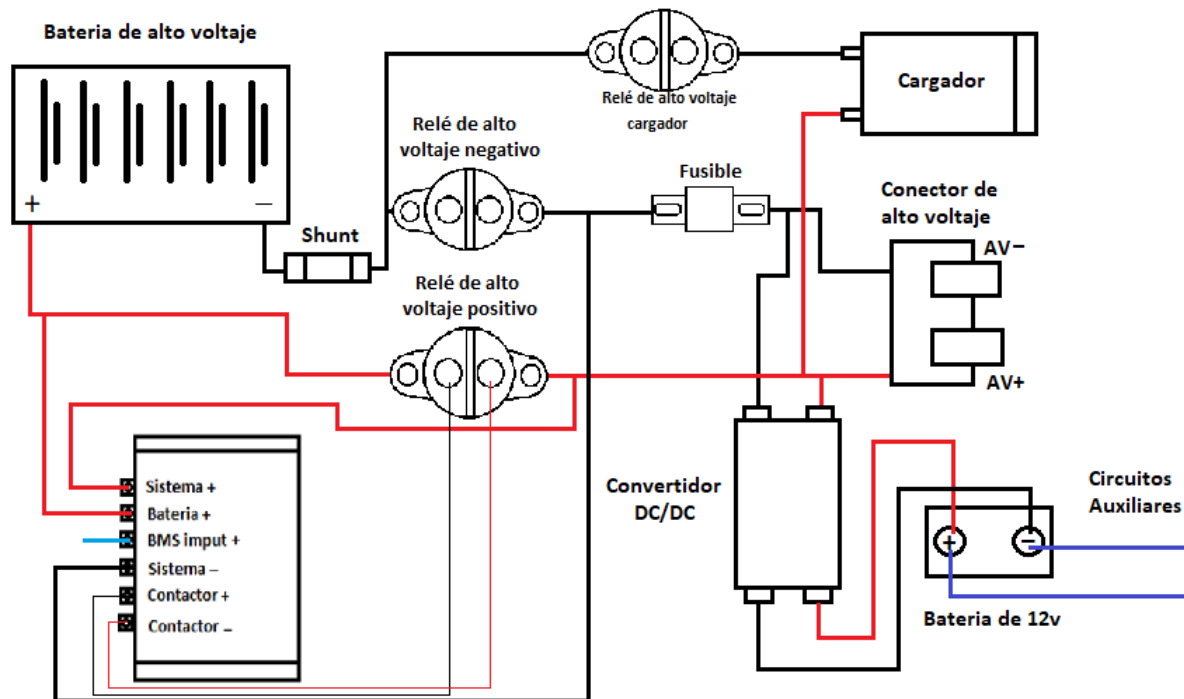


Figura 4.43 Diagrama de conexión de alto voltaje del módulo de batería
Fuente: Elaboración propia

4.5.18 Ciclos de conducción

Un ciclo de conducción es un conjunto sucesivo de puntos que son analizados y cuya información está relacionada con magnitudes físicas como la velocidad, el torque y el tiempo. Esta data corresponde al desempeño de vehículos en ciertas condiciones de manejo cuyo análisis permite deducir recorridos, consumo energético y emisiones de gases. Los vehículos livianos suelen ser analizados bajo los parámetros de velocidad con respecto al tiempo, mientras que el torque es más recurrente su estudio en vehículos pesados. El ciclo de conducción contempla en sus parámetros los límites de velocidad tanto en zona urbana como en carretera y es en base a estos límites que se crea el grafico de velocidad con respecto al tiempo.

En la normativa peruana utiliza como referencia los ciclos de conducción de Estados unidos y de Europa. Se seleccionará el ciclo de conducción estadounidense, debido a que este

recorre una distancia más larga y por ende un periodo de tiempo más largo para analizar como se aprecia en la gráfica de la figura 4.44. Se tomará el periodo transitorio por que al ser un vehículo eléctrico el motor no necesita un periodo de arranque en frio a diferencia de un vehículo de combustión interna. El ciclo de conducción nos permitirá calcular la autonomía de la batería, utilizando el dato de velocidad promedio en la conducción urbana.

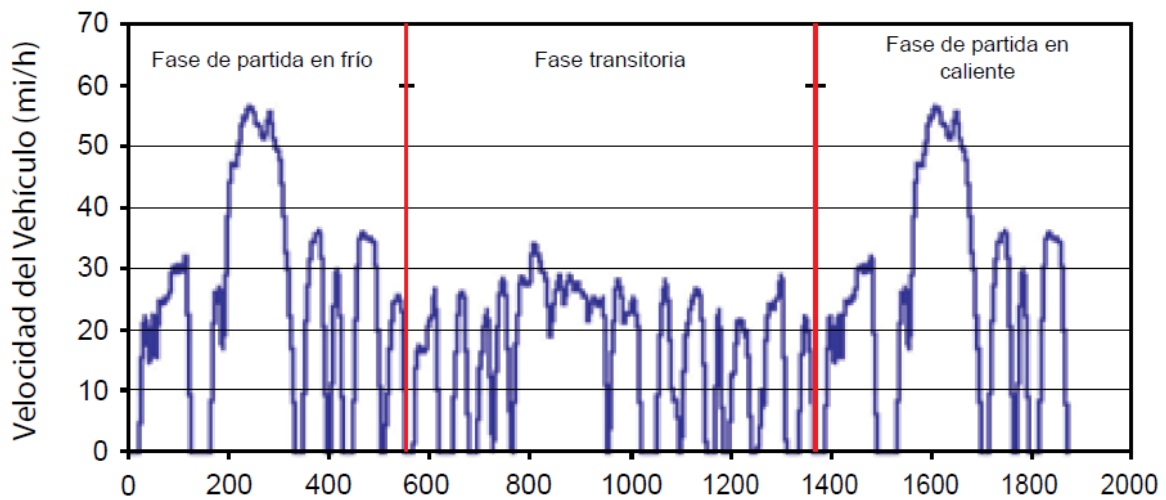


Figura 4.44 Gráfica de ciclos de conducción norteamericano

Fuente: Ambiental (2014)

$$E_{c2} = \frac{1}{2} * m_{vehiculo} * V_1^2 \quad (4.9)$$

$$E_c = \frac{1}{2} * m_{vehiculo} * V^2$$

$$E_{c2} = \frac{1}{2} * m_{vehiculo} * V_1^2$$

$$E_{c2} = \frac{1}{2} * 1129.37 \text{ Kg} * 9.44 \frac{m^2}{s}$$

$$E_{c1} = 50.32 \text{ Kj}$$

$$P_c = \frac{E_c}{T} \quad (4.10)$$

$$P_c = \frac{50.32 \text{ Kj}}{3.5 \text{ s}}$$

$$P_c = 14.37 \text{ Kw}$$

$$Autonomia = \frac{Capacidad \ de \ la \ bateria}{P_c}$$

$$\text{Autonomía} = \frac{34.56 \frac{\text{Kw}}{\text{h}}}{14.37 \text{ Kw}}$$

$$\text{Autonomía} = 2.40 \text{ h} \cong 2^{\circ}24'18.04''$$

Para una conducción constante a 35 km/h tenemos una autonomía de 2 horas y 24 minutos

4.6 ERGONOMÍA

Es fundamental tener un modelo de los ocupantes del vehículo, que nos facilitara dimensionar mejor, espacios como el habitáculo, ergonomía y disposición de elementos y accesorios, lo que facilitara al diseño.

Para lograr este modelo, se tomará como referencia las proporciones corporales de un hombre adulto, la mejor forma de hacerlo es guiarse bajo la norma ISO 7250 de “Medidas básicas del cuerpo humano para el desarrollo tecnológico”, que nos brinda la mejor forma de tomar medidas del cuerpo y de esta forma tener datos para dimensionar el modelo como se ve en la figura 4.45.

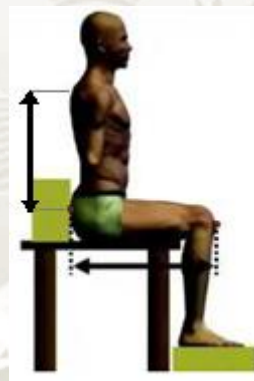


Figura 4.45 Toma de medida de rodilla a final de espalda
Fuente: Elaboración propia

Se tomará como base un varón adulto para dimensionar primeramente el modelo en 2 dimensiones, las medidas corresponderán a partes principales del cuerpo tales como torso, brazo, pierna y muslo, etc.

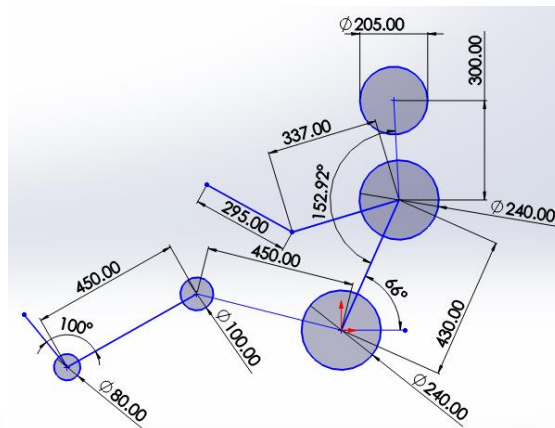


Figura 4.46 Boceto 2d y medidas de un hombre adulto
Fuente: Elaboración propia

Una vez teniendo en cuenta las medidas de forma bidimensional se podrá seguir con la creación de un boceto 3d. contando con ello tenemos de una manera más precisa y antropométrica como sería el piloto y pasajero del vehículo

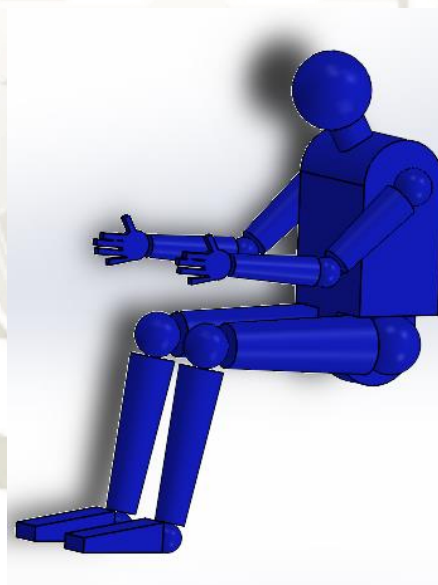


Figura 4.47 Pasajero tridimensional vista isométrica.
Fuente: Elaboración propia

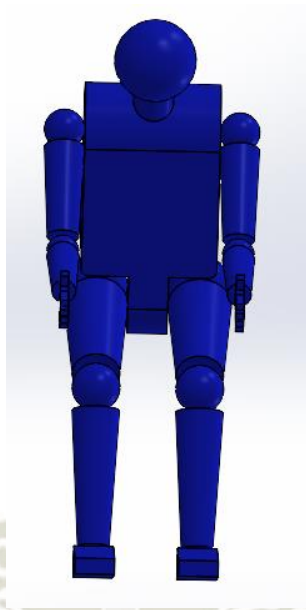


Figura 4.48 Pasajero tridimensional vista frontal.

Fuente: Elaboración propia

Una vez ya dimensionados los ocupantes, se tomará como datos, el peso de los pasajeros que transportará, al ser un vehículo biplaza, son dos personas las que llevará consigo, como peso de cada persona se tendrá 100kg, al ser dos la masa total de los pasajeros será de 200kg

$$m_{pasajero} = 100kg \text{ c/u}$$

4.7 EL MARCO DEL CHASIS

Para iniciar el diseño del chasis del auto eléctrico, se debe tomar en cuenta los parámetros mencionados en apartados anteriores, los espacios para los elementos principales como batería y tren de potencia, y confort de los ocupantes, aparte de todas estas características se deben buscar cumplir con ciertos parámetros exclusivos para la optimización del diseño de la estructura. Para poder hacer un diseño competente se debe tener presente, la rigidez, la ligereza de la estructura, así como la resistencia ante posibles cargas del tipo estática, y dinámica.

- **Rigidez del chasis:** Es una cualidad muy importante y que influye en el desempeño de la estructura del vehículo al momento de la conducción. La

estructura debe ser rígida y que proteja y asegure a los ocupantes que transporta ante cualquier eventualidad e incluso accidentes.

- **Ligereza del chasis:** El peso de la estructura influye de manera directa el rendimiento del motor y las baterías, ya que de estas depende un mayor o menor consumo energético y por ende capacidad y autonomía de transporte.
- **Viabilidad de manufactura:** La construcción de la estructura de chasis debe ser posible bajo condiciones de no contar con máquinas especializadas y además de costos bajos y que sea de muy fácil montaje y mantenimiento.

4.8 DISEÑO DEL MODELO 3D

Para poder realizar el prototipo de la estructura del vehículo, tomando a consideración los criterios y parámetros anteriores, se procederá a diseñar a través de un programa de diseño asistido por computadora o conocido por sus siglas (CAD). La estructura alámbrica se desarrollará utilizando el software SolidWorks, el cual, nos permitirá tener un armazón preliminar del chasis que posteriormente será sometido a un análisis por medio del método de los elementos finitos, cuyos resultados permitirán realizar alguna modificación geométrica o estructurales, para poder en consecuencia tener el mejor modelo posible y continuar con su desarrollo. La estructura preliminar se muestra en la figura 4.49.

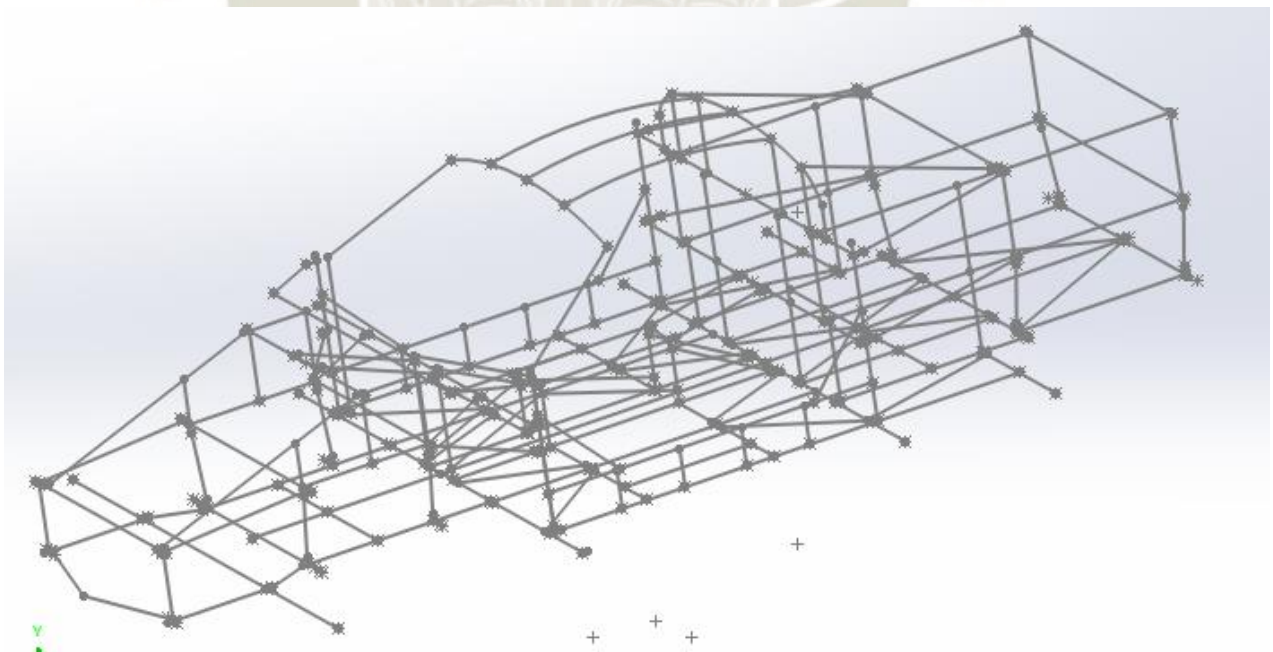


Figura 4.49 Estructura alámbrica 3d del chasis
Fuente: Elaboración propia

La estructura alámbrica está basada en líneas y puntos nos permiten una flexibilidad al diseñar, ya que puede ser modificada tanto geométricamente, como con algún perfil

estructural, en la imagen anterior se visualiza el bastidor inferior, la estructura principal del vehículo y el habitáculo. Una vez concebida la estructura interna se procede a utilizar los perfiles estructurales referidos anteriormente, de esta forma obtener una forma 3d del modelo como se expone en la figura 4.50.

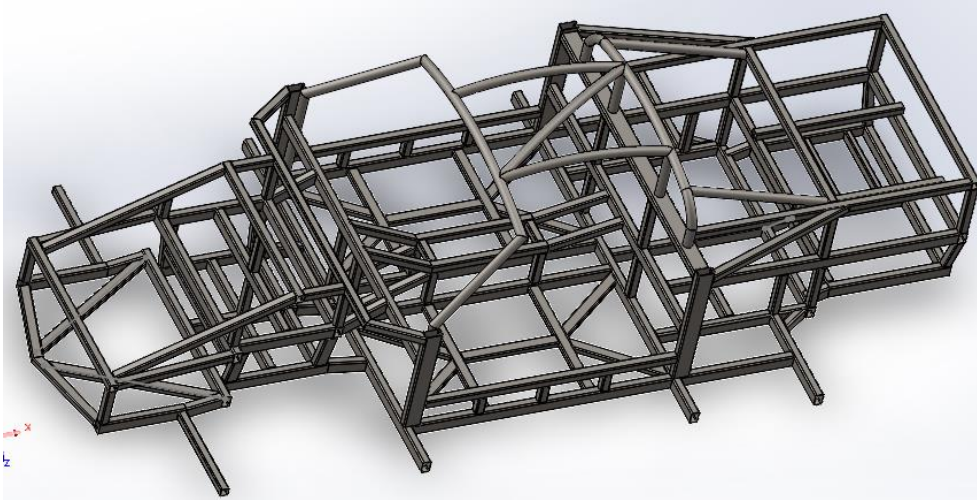


Figura 4.50 Estructura alámbrica con los perfiles de chasis
Fuente: Elaboración propia

El modelo 3d está conformado por diferentes perfiles tubulares, con dimensiones y formas diferentes, cuyo conjunto forma un sólido. En la figura 4.51 se muestra los diferentes perfiles, remarcados en diferentes colores. La tabla 4.12 muestra la data de los perfiles, y sus colores que enfatizan el tipo de geometría usado y la posición en la que se desempeña en el chasis.

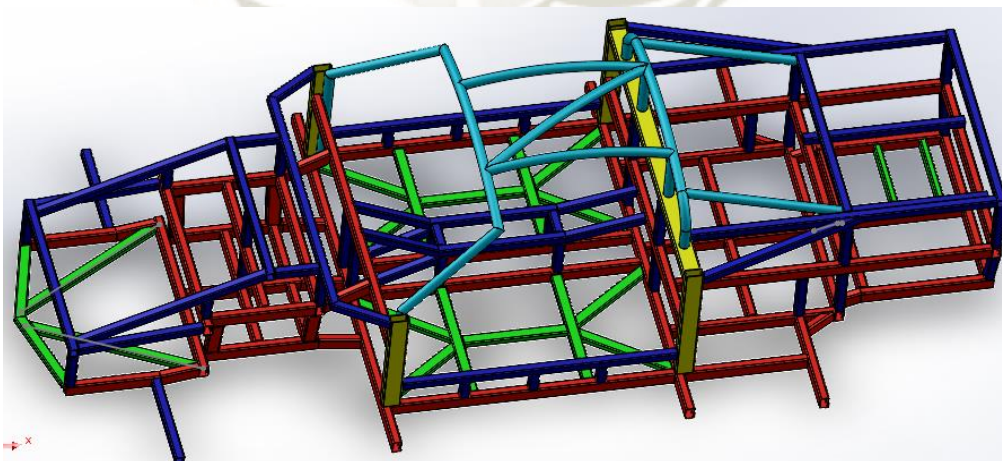


Figura 4.51 Estructura de chasis con perfiles estructurales
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.12 Distribución de perfiles tubulares en colores

Color	Tipo de Perfil	Medidas	Ubicación en el chasis
Rojo	Rectangular	60x40x3.2	Marco inferior
Azul	Cuadrado	40x40x2.6	Superestructura
Verde	Rectangular	50x30x2.6	Marco inferior
Amarillo	Rectangular	80x40x3.2	Superestructura
Celeste	Circular	42.4x3.2	Habitáculo

Fuente: Elaboración propia

4.9 CONFORT

Una vez terminado el modelo se procede a comprobar el dimensionamiento y confort de los pasajeros, evaluando el espacio del habitáculo. Para lo cual se colocará en la estructura los asientos y los pasajeros que fueron dimensionados anteriormente.

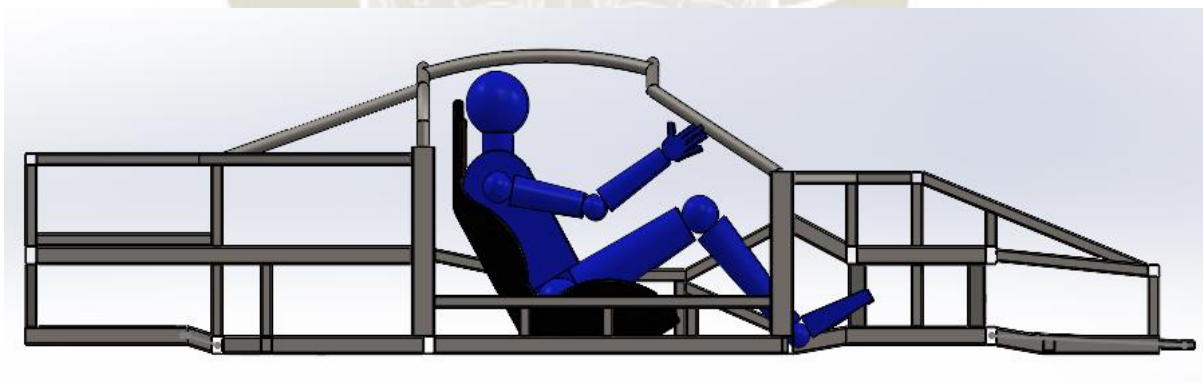


Figura 4.52 Vista lateral del habitáculo de los ocupantes

Fuente: Elaboración propia

En vista de perfil se puede observar que los pasajeros caben de manera holgada, el espacio visto lateralmente cumple de manera adecuada para poder transportar personas de gran tamaño y estatura. En vista frontal de la figura 4.53, el área destinada a los pasajeros también asegura comodidad y campo necesario para cumplir convenientemente su propósito como vehículo para el transporte urbano.

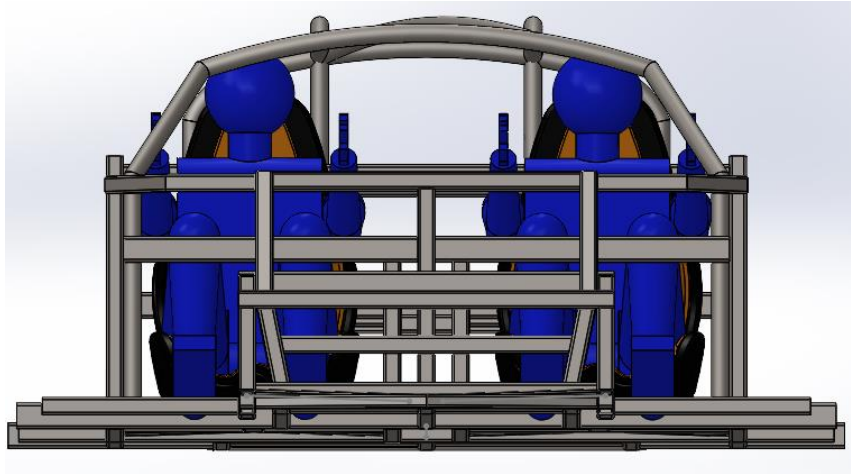


Figura 4.53 Vista frontal del habitáculo de los ocupantes
Fuente: Elaboración propia

4.10 CARROCERÍA

Es la parte exterior del vehículo la cual da la forma final al auto, recubre el habitáculo de pasajeros. La carrocería no solo cumple con valores estéticos, en la actualidad la carrocería forma parte estructuralmente de los vehículos e influencia en la mejora del rendimiento, ya que en su diseño se aligera el peso y cambia la forma y su influencia en cargas aerodinámicas. Existen diferentes tipos de carrocería, la carrocería de chasis independiente, es en la que todos los esfuerzos mecánicos son soportados de manera separada por el chasis, mientras que la carrocería se apoya y ensambla con el chasis a través de tornillos, existe una variante de este tipo de carrocería en que el chasis cumple la función de plataforma o piso y la carrocería es una pieza aparte que también se atornilla a ella. En la actualidad las carrocerías suelen ser de dos tipos básicamente, la monocasco, en que el chasis y la carrocería son una sola pieza y soportan los esfuerzos de manera conjunta, los elementos desmontables son puertas y el motor, este estilo de manufactura es común en los vehículos modernos y el monocasco es de aleaciones de aluminio. También se tiene la autoportante en que el chasis y la carrocería y demás partes están soldadas entre sí dando la forma final del vehículo complementándolo con piezas como capos, puertas, guardafangos que son fáciles de desmontar.

Tomando en cuenta la clase de chasis en que se basa el vehículo eléctrico que determinado el tipo de carrocería más adecuada, el tipo de carrocería independiente, del estilo plataforma, de esta forma solo el chasis sufrirá los esfuerzos y la carrocería tomará el rol de la forma y cubierta exterior del vehículo. Para poder concebir la forma en base al chasis y sus medidas se utilizará un molde de arcilla que nos permitirá dar la forma más estilizada y

cercana a la real y con ella poder tener la información necesaria para realizar un modelo computacional en 3d. El modelo conceptual realizado en arcilla está en escala 1/10 y se puede observar en la figura 4.54.



Figura 4.54 Modelo en arcilla de la carrocería del vehículo

Fuente: Elaboración propia

Teniendo el modelo de arcilla, además del chasis diseñado previamente, podemos realizar una caracterización computacional 3d de la carrocería de esta forma obtendremos un diseño definido, además de poder corregir características de forma, peso y dimensiones más precisas. La carrocería 3d diseñada a partir del modelo de arcilla y las dimensiones del chasis se aprecian en la figura 4.55.

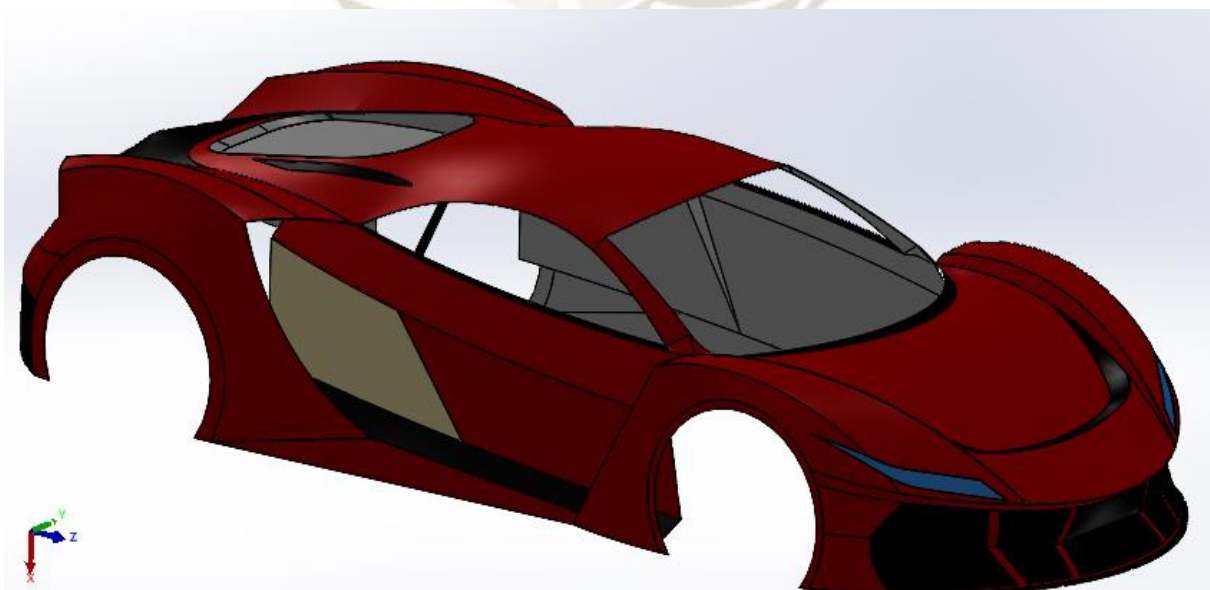


Figura 4.55 Modelo 3d de la carrocería del vehículo

Fuente: Elaboración propia

El software de diseño 3d nos permite obtener un modelo de carrocería con una forma y dimensiones de acuerdo a la estructura de chasis y el confort y estética buscados. Los materiales a considerar para la carrocería son los más comunes en este tipo de estructuras, las aleaciones de aluminio, la fibra de carbono, y la fibra de vidrio, se debe considerar principalmente el precio, la fácil fabricación y la disponibilidad en el mercado.

Tabla 4.13 Puntaje ponderado de materiales de carrocería

Parámetros	Factor	Opciones		
		Aleación de Aluminio	Fibra de Carbono	Fibra de Vidrio
Costo	25%	7	3	6
Resistencia a la corrosión	10%	4	9	8
Disponibilidad en el Mercado	35%	8	5	7
Facilidad para la construcción	30%	6	7	8
Puntaje Total		6.75	5.5	7.15

Fuente: Elaboración propia

La tabla de puntajes ponderados nos da como resultado que la fibra de vidrio es un material adecuado para la carrocería por su bajo costo y mayor facilidad para la fabricación y facilidad de adquisición en el mercado. El software nos facilita la aplicación de materiales y con ello, obtener las propiedades físicas que son el peso el cual es de 64.90kg. con volumen de 36057.04 centímetros cúbicos, estos datos nos sirven para simulaciones más adelante.

4.11 PROPIEDADES FÍSICAS DEL CHASIS

Las propiedades físicas del chasis se pueden calcular mediante el software Solidworks, el cual nos facilita los datos a través de su motor de cálculo de toda la estructura tal y como se muestra en la figura 4.56.

Propiedades de masa de estructura de chasis
Configuración: Predeterminado < Como mecanizada >
Sistema de coordenadas: -- predeterminado --

Densidad = 0.01 gramos por milímetro cúbico

Masa = 315881.07 gramos

Volumen = 40239627.05 milímetros cúbicos

Área de superficie = 27281309.84 milímetros cuadrados

Figura 4.56 Propiedades físicas de la estructura de chasis

Fuente: Elaboración propia

El peso de la estructura metálica del chasis corresponde a 315.88kg, este valor es importante para los siguientes cálculos y simulaciones. El peso total del vehículo, a su máxima carga será tomando en cuenta una situación de ocupación total con sus dos pasajeros sumado a todos los componentes principales, motor, controladora y paquete de baterías y carrocería y demás elementos y se muestran y detallan en la siguiente en la tabla 4.14

Tabla 4.14 Peso total del vehículo

Componente	Peso
Estructura chasis	315.88 kg
Motor EVD250-90S1	46 kg
Transmisión	28 kg
Banco de baterías	294.79 kg
Controlador	20 kg
Cargador	13 kg
Convertidor dc/dc	4.8 kg
Asiento	20 kg c/u
Pasajeros	100 kg c/u
Equipaje	35 kg
Llanta de repuesto	15 kg
Dirección	15 kg
Carrocería	64.90 kg
Componentes eléctricos	2 kg
Batería estándar	20 kg
Accesorios	15 kg
Total	1129.37 kg

Fuente: Elaboración propia

4.12 CÁLCULO DE CARGAS ESTÁTICAS

La estructura del chasis está sometido a cargas estáticas, las cuales se dividen en muertas y vivas, y para su cálculo es necesario especificar el peso de los componentes del vehículo que se verán sometidos a estas cargas.

4.13 CARGAS MUERTAS

Corresponden al peso de las principales partes y accesorios del vehículo, interactuando con la gravedad y que no cambien en el tiempo. La tabla a continuación resume el peso total de los componentes.

4.14 CÁLCULO DE LAS CARGAS VIVAS

Ya mencionadas anteriormente es el peso de los pasajeros, ya que este puede variar, cuando solo vaya el conductor o, este totalmente ocupado, las cargas vivas también estarán incluidas en la tabla total de cargas estáticas.

Tabla 4.15 Cargas vivas y muertas

Componente	Peso	x 1g
Motor EVD250-90S1	46Kg	450.8 N
Transmisión	28Kg	274.4 N
Banco de baterías	294.79 kg	2888.94 N
Complementos de la batería	19.8 kg	194.04 N
Controlador	20 kg	196 N
Asiento	20 kg c/u	196 N
Pasajeros	100 kg c/u	980 N c/u
Equipaje	35 kg	343 N
Llanta de repuesto	15 kg	147 N
Dirección	15 kg	147 N
Carrocería	64.90 kg	636.02 N
Batería Estándar	20 kg	196 N
Accesorios	15 kg	147N

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior especifica el peso y su interacción gravitatoria la cual producirá una flexión del chasis a partir de su ubicación en el chasis. En la siguiente ilustración se esquematiza la distribución de los equipos para el estudio de flexión del chasis.

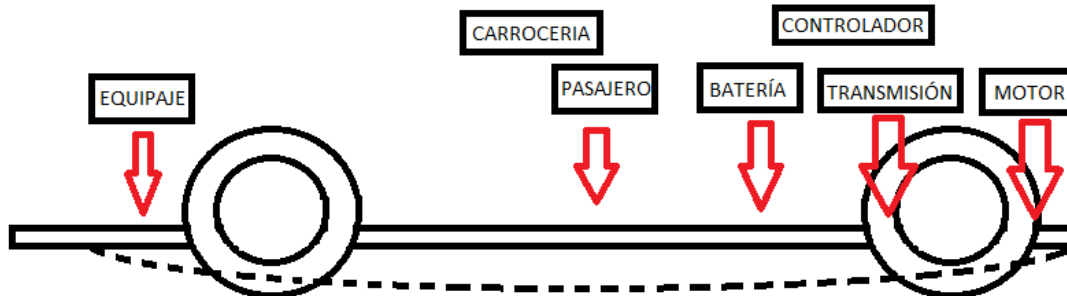


Figura 4.57 Distribución de masas en la estructura
Fuente: Elaboración propia

4.15 CARGAS DINÁMICAS

Como consecuencia de la conducción aparecen esfuerzos que afectan los componentes del vehículo que deben ser absorbidos por la estructura, el valor de estas cargas se hace analizando su comportamiento en situaciones de manejo, tomando en cuenta velocidades, aceleraciones e incluso otros vehículos.

4.15.1 Cálculo de la carga de frenado

Se tiene que tomar en cuenta la fuerza de desaceleración en caso de una frenada, para lo cual se asumirá una desaceleración contemplada del manual de carreteras peruano, con lo cual se calculará la fuerza de frenado.

$$\text{desaceleración} = 3.4 \frac{m}{s^2}$$

La ecuación de fuerza de frenado es de

$$F_{\text{frenado}} = M_{\text{componente}} \times a_{\text{desaceleración}} \quad (4.11)$$

$$F_{\text{frenado}} = M_{\text{componente}} \times 3.4 \frac{m}{s^2}$$

$$F_{\text{frenado}} = \text{Fuerza de frenado en N}$$

Tabla 4.16 Valores de carga de desaceleración

Componente	Peso	X desaceleración
Motor EVD250-90S1	46Kg	156.4 N
Transmisión	28Kg	95.2 N
Banco de baterías	294.79 kg	1002.29 N
Complementos de la batería	19.8 kg	67.32 N
Controlador	20 kg	68 N
Asiento	20 kg c/u	68 N
Pasajeros	100 kg c/u	340 N c/u
Equipaje	35 kg	119 N
Llanta de repuesto	15 kg	51 N
Dirección	15 kg	51 N
Carrocería	64.90 kg	220.66 N
Batería Estándar	20 kg	68 N
Accesorios	15 kg	51 N

Fuente: Elaboración propia

4.15.2 Cálculo de la carga de aceleración

En las situaciones de aceleración espontánea el vehículo se ejercen esfuerzos sobre la estructura de chasis, especialmente de manera longitudinal, en el manual nacional de carreteras se puede encontrar un valor determinado para la aceleración de un vehículo a diferentes velocidades en la conducción por carreta como se aprecia en la tabla 4.16.

Tabla 4.17 Elementos de la maniobra de adelantamiento.

COMPONENTE DE LA MANIOBRA DE ADELANTAMIENTO		RANGO DE VELOCIDAD ESPECÍFICA EN LA TANGENTE EN LA QUE SE EFECTÚA LA MANIOBRA (km/h)			
		50-65	66-80	81-95	96-110
		VELOCIDAD DEL VEHÍCULO QUE ADELANTA, V(km/h)			
		56.2 ¹	70 ¹	84.5 ¹	99.8 ¹
<u>Maniobra inicial:</u>					
a: Promedio de aceleración (Km/h/s)		2.25	2.3	2.37	2.41
t1	: Tiempo (s)	3.6	4	4.3	4.5
d1	: Distancia de recorrido en la maniobra (m)	45	66	89	113
<u>Ocupación del carril contrario:</u>					
t2	: Tiempo (s)	9.3	10	10.7	11.3
d2	: Distancia de recorrido en la maniobra (m)	145	195	251	314
<u>Distancia de seguridad:</u>					
d3: Distancia de recorrido en la maniobra (m)		30	55	75	90
<u>Vehículos en sentido opuesto:</u>					
d4	: Distancia de recorrido en la maniobra (m)	97	130	168	209
Da = d1 + d2 + d3 + d4		317	446	583	726

Fuente: Extraído de (telecomunicaciones, 2018)

Tomando en cuenta los datos del manual nacional se tomará como valor de aceleración:

$$aceleración = 2.41 \frac{Km/h}{s}$$

$$aceleración = 0.67 \frac{m}{s^2}$$

La ecuación de fuerza de aceleración es de:

$$F_{aceleración} = M_{componente} \times a_{aceleración} \quad (4.12)$$

$$F_{aceleración} = M_{componente} \times a_{aceleración}$$

$$F_{\text{fracción}} = M_{\text{componente}} \times 0.67 \frac{m}{s^2}$$

Tabla 4.18 Valores de carga de aceleración

Componente	Peso	X aceleración
Motor EVD250-90S1	46Kg	30.82 N
Transmisión	28Kg	18.76 N
Banco de baterías	294.79 kg	197.51 N
Complementos de la batería	19.8 kg	13.27 N
Controlador	20 kg	13.4 N
Asiento	20 kg c/u	13.4 N
Pasajeros	100 kg c/u	67 N c/u
Equipaje	35 kg	23.45 N
Llanta de repuesto	15 kg	10.05 N
Dirección	15 kg	10.05 N
Carrocería	64.90 kg	43.48 N
Batería Estándar	20 kg	13.4 N
Accesorios	15 kg	10.05 N

Fuente: Elaboración propia

4.15.3 Cálculo de la carga total de giro

El vehículo se someterá a fuerzas producidas al entrar a una curva, esto se denomina una carga de giro. Para lo cual se usará la ecuación de fuerza centrípeta para calcular la carga ejercida durante un giro. La velocidad crítica en el giro será tomada del Manual de diseño de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 RD N° 03-2018 MTC/14, proporcionado por el Ministerio de Transportes y comunicaciones del Perú mostrado en la tabla 4.19.

Tabla 4.19 Velocidades, radios y peraltes en carretera

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	P máx. (%)	f máx.	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
Área urbana	30	4.00	0.17	33.7	35
	40	4.00	0.17	60.0	60
	50	4.00	0.16	98.4	100
	60	4.00	0.15	149.2	150
	70	4.00	0.14	214.3	215
	80	4.00	0.14	280.0	280
	90	4.00	0.13	375.2	375
	100	4.00	0.12	492.10	495
	110	4.00	0.11	635.2	635
	120	4.00	0.09	872.2	875
Área rural (con peligro de hielo)	130	4.00	0.08	1,108.9	1,110
	30	6.00	0.17	30.8	30
	40	6.00	0.17	54.8	55
	50	6.00	0.16	89.5	90
	60	6.00	0.15	135.0	135
	70	6.00	0.14	192.9	195
	80	6.00	0.14	252.9	255
	90	6.00	0.13	335.9	335
Área rural (plano u ondulada)	100	6.00	0.12	437.4	440
	110	6.00	0.11	560.4	560
	120	6.00	0.09	755.9	755
Área rural (plano u ondulada)	130	6.00	0.08	950.5	950
	30	8.00	0.17	28.3	30
	40	8.00	0.17	50.4	50
	50	8.00	0.16	82.0	85

Fuente: Extraído de (telecomunicaciones, 2018)

$$C_{giro} = \frac{m \times v^2}{r} \quad (4.13)$$

C_{giro} : Carga de giro en N

m : masa del cuerpo en kg

V : velocidad en $\frac{m}{s}$

r : radio de la curva en m

Se usará como valor de análisis, la velocidad máxima permitida en carretera que es de 100 Km/hora, en los datos de la tabla indica que el radio recomendado para esa velocidad es 495 m, pero para el análisis se escogerá una radio mucho menor entre los valores más pequeños de 30 y 40 m, para que la carga sea más crítica cercana a la velocidad de vuelco. Se reemplaza en la ecuación y se obtiene el valor de una fuerza.

$$C_{giro} = \frac{m \times v^2}{r_c}$$

$$C_{giro} = \frac{1129.37kg \times \left(27.78 \frac{m}{s}\right)^2}{35 m}$$

$$C_{giro} = 24901.91 N$$

Una vez obtenida la fuerza se puede calcular la aceleración a la que se somete al vehículo en la curva en ese momento.

$$F_{giro} = M_{estructura} \times a_{aceleración} \quad (4.14)$$

$$24901.9 N = 1129.37kg \times a_{aceleración}$$

$$a_{aceleración} = 22.05 \frac{m}{s^2}$$

El valor de la aceleración es de 2.25 g. Con este valor se puede calcular el efecto de transferencia de masas en la curva de los elementos del vehículo.

Tabla 4.20 Valores de carga de giro

Componente	Peso	X 2.25 g
Motor EVD250-90S1	46Kg	1014.3 N
Transmisión	28Kg	617.4 N
Banco de baterías	294.79 kg	6500.12 N
Complementos de la batería	19.8 kg	436.59 N
Controlador	20 kg	441 N
Asiento	20 kg c/u	441 N
Pasajeros	100 kg c/u	2205 N c/u
Equipaje	35 kg	771.75 N
Llanta de repuesto	15 kg	330.75 N
Dirección	15 kg	330.75 N
Carrocería	64.90 kg	1431.04 N
Batería Estándar	20 kg	441 N
Accesorios	15 kg	330.75 N

Fuente: Elaboración propia

4.15.4 Cálculo de la rigidez torsional

El chasis estará sometido a fuerzas dinámicas al entrar a una curva cuyos valores, afectan la estructura del vehículo, en especial los anclajes de las suspensiones.

Para el análisis de la rigidez de la estructura de chasis en vehículos se toma como base la ecuación de torsión.

$$K = \frac{M}{\alpha} \quad (4.15)$$

Donde:

$K = \text{Rigidez torsional en } N * m/^{\circ}$

$M = \text{momento aplicado}$

$\alpha = \text{angulo que gira el chasis}$

También existe una forma más extensa de análisis torsional dada por la siguiente expresión.

$$K = \frac{F * L}{\theta_1 + \theta_2} \quad (4.16)$$

$$\theta_1 = \tan^{-1} \left(\frac{\Delta x_1}{\frac{L}{2}} \right)$$

Donde:

$K = \text{Rigidez torsional en } = N * m/^{\circ}$

$F = \text{Fuerza aplicada en } = N$

$L = \text{ancho de vias del vehiculo}$

$\theta_1 = \text{Angulo de desplazamiento por la torsión}$

$\Delta x_1 = \text{desplazamiento maximo en el punto mas alto} = m$

$\Delta x_2 = \text{desplazamiento maximo en el punto mas bajo} = m$

En los exámenes de rigidez torsional en vehículos se suele generalmente aplicar una carga mínima de 1500 N y 1000 Y de ahí puede aumentar progresivamente, para la simulación en este caso tomaremos un valor de aplicación de 3000 N.

4.15.5 Cálculo de la carga de resistencia por aire frontal

El aire interactúa de manera importante cuando el vehículo está en movimiento

La fórmula de carga frontal se da mediante la ecuación.

$$Raf = \frac{1}{2} \times c_d \times \rho_{aire} \times A_f \times v^2 \quad (4.17)$$

$Raf: \text{Carga de resistencia de aire frontal en } N$

C_d : coeficiente de arrastre

ρ_{aire} : densidad del aire $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

A_F : area frontal proyectada por el vehiculo en m^2

v^2 : Velocidad del aire en $\frac{\text{m}}{\text{s}}$

Primeramente, se calcula el área frontal

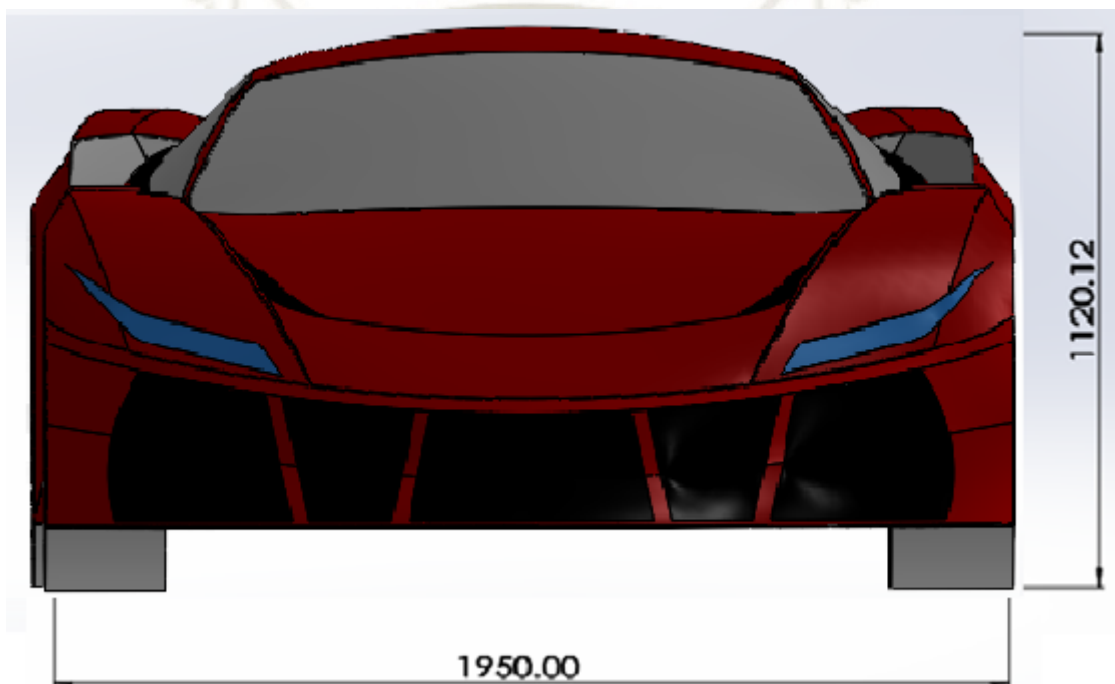


Figura 4.58 Área frontal del vehículo detallada en mm
Fuente: Elaboración propia

$$A_F = fxbxh \quad (4.18)$$

A_F : area frontal proyectada por el vehiculo en m^2

f : Factor de area frontal

b : ancho del vehiculo en m

h : altura del vehiculo en m

$$A_F = 0.8xbxh$$

$$A_F = 0.8x 1.950 m \times 1.120 m$$

$$A_F = 1.75m^2$$

Para continuar con el cálculo se debe conseguir el coeficiente de arrastre, el vehículo tiene una forma deportiva cuyo promedio de arrastre es similar a otros autos similares, por ello se toma un coeficiente de arrastre de 0.34.

La densidad del aire varía con respecto a la altura sobre el nivel del mar, Arequipa tiene altura media de 2335 msnm por ende la densidad del aire promedio es

$$\rho_{aire} = 0.970 \frac{kg}{m^3}$$

Una vez obtenido estos datos se procede a calcular la fuerza producida por la resistencia del aire frontal.

$$R_{af} = \frac{1}{2} \times c_d \times \rho_{aire} \times A_f \times v^2$$

$$R_{af} = \frac{1}{2} \times 0.34 \times 0.970 \frac{kg}{m^3} \times 1.75m^2 \times \left(27.78 \frac{m}{s}\right)^2$$

$$R_{af} = 184.79 N$$

4.15.6 Normativa de anclajes de seguridad

La estructura de chasis debe garantizar la seguridad de los pasajeros y tomando la norma técnica peruana NTP 293.003:1974 revisada en 2018 se debe asegurar los anclajes de los cinturones de seguridad en tres puntos, cuyo ángulo con respecto al piso debe estar cercado a los 45° para asegurar la visión. Para la puesta a prueba de los anclajes según la norma se aplicará una fuerza de 2270 kg.

$$F_{an} = 2270 kg * 9.80 \frac{m}{s^2} \tag{4.19}$$

$$F_{an} = 22246 N$$

Donde:

$$F_{an} = \text{fuerza de anclaje en } N$$

4.15.7 Cálculo de carga por impacto frontal

En caso de colisión se ejercen grandes esfuerzos, los que deforman la estructura de chasis, el cual debe garantizar la seguridad de los pasajeros. En las pruebas de seguridad se suele hacer ensayos destructivos con un vehículo de prueba que es impactado contra una barrera a una velocidad constante, en la literatura se suele tomar en cuenta el valor de la aceleración como el valor de la gravedad, multiplicados por diferentes factores que van desde 7 a 10, tomando en cuenta esto tomaremos un factor de 8 para calcular la fuerza en un impacto frontal.

$$F_{\text{impacto frontal}} = M_{\text{vehículo}} \times 8 \times a_{\text{aceleración}} \quad (4.20)$$

$$F_{\text{impacto frontal}} = 1129.37\text{kg} \times 8 \times 9.80 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F_{\text{impacto frontal}} = 88543.39\text{N}$$

4.15.8 Cálculo de carga por impacto lateral

Existen tipos de colisiones en este caso ocurre generalmente por el alcance de otro vehículo que golpea el costado de otro, generalmente de manera perpendicular los esfuerzos producidos deben ser absorbidos por la estructura especialmente el espacio del habitáculo para poder asegurar la seguridad de los ocupantes.

En este caso se usa generalmente un vehículo que impacta a 45 km/h. Para poder poner a prueba la estructura tomaremos en cuenta un vehículo promedio de 1200 kg con una aceleración con factor de 8 al igual que un impacto frontal.

$$F_{\text{impacto lateral}} = M_{\text{vehículo}} \times 8 \times a_{\text{aceleración}} \quad (4.21)$$

$$F_{\text{impacto frotnal}} = 1200\text{kg} \times 8 \times 9.80 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F_{\text{impacto frotnal}} = 94080\text{N}$$

4.15.9 Cálculo de carga por volcadura.

En eventos desafortunados como un volcamiento, el chasis está sometido a diferentes deformaciones y esfuerzos, en este tipo de situaciones se tiene que garantizar la integridad estructural del habitáculo para la supervivencia de los ocupantes.

Para poder calcular la fuerza ejercida durante una volcadura, se interpreta este accidente como una caída libre en función de la altura la cual interactúa con el chasis en su parte superior o techo del habitáculo. En la diferente bibliografía e información el análisis de un esfuerzo de volcadura o carga superior se obtuvo que el techo de la estructura debe resistir por lo mínimo una carga estática equivalente al 50% del peso total del vehículo, según NTE INEN 1323:2009, y también se usa una aceleración a 2g de aceleración para calcular la fuerza soportada por la parte superior del chasis.

$$\begin{aligned} \text{aceleración} &= 2g \\ F_{\text{volcadura}} &= M_{\text{vehículo}} \times 2g \\ F_{\text{volcadura}} &= 1129.37 \text{ kg} \times 2 \times 9.80 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \\ F_{\text{volcadura}} &= 22135.65 \text{ N} \end{aligned} \tag{4.22}$$

4.16 ANÁLISIS DEL CHASIS

4.16.1 Método de los elementos finitos

Un análisis a través del uso de un método de elementos finitos o cuyas siglas corresponden MEF, es básicamente poder discretizar un cuerpo en dependiente de magnitudes o fuerza externas que se apoyan en su unidad básica que es un nodo que puede estar compuestos por diferentes puntos. El procedimiento de análisis es tomar un cuerpo con formas intrincadas y esquematizarla en unidades más pequeñas y finitas, las cuales están empalmadas entre si mediante nodos o puntos y que permite analizar en razón de tensiones y deformaciones y a través de cálculos matemáticos se puede estudiar el comportamiento de diferentes eventos físicos aplicables en el cuerpo, en consecuencia, se obtiene un comportamiento muy parecido al de la vida real. Para poder tener datos y resultados más exactos es necesario contar con una mayor cantidad de nodos y divisiones y eso también va ligado de la capacidad computacional de análisis con la que se cuente.

4.16.2 Elemento barra

El método consiste en simplificar una pieza cuya forma sea la de una viga o un tubo y transformarla y tomarla como un cuerpo cilíndrico y con ello facilitar sustancialmente el análisis computacional, requiriendo menos recursos.

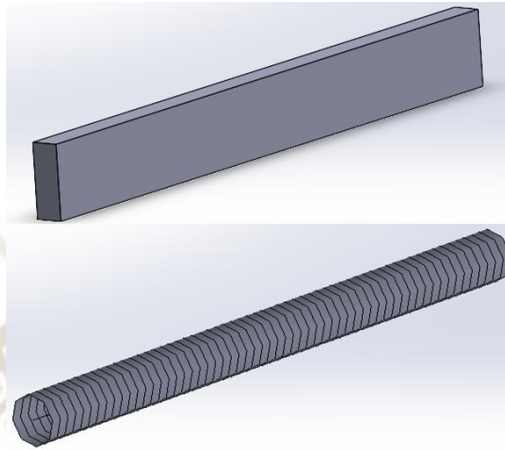


Figura 4.59 Interpretación cilíndrica de piezas geométricas
Fuente: Elaboración propia

Para poder simplificar de manera computacional el análisis, el software toma como pauta el análisis de viga de Euler Bernoulli que toma y estudia una viga de una longitud L y los momentos y esfuerzos se exhiben a un plano XZ .

Si se concatenan de forma unidimensional todos los esfuerzo y momentos presentes, esto permite la simplificación computacional, logrando así resultados análogos al uso de elementos tetraédricos en mayor cantidad.

4.16.3 Elemento tetraédrico

Nos permite analizar de manera más compleja piezas geométricas de 3 dimensiones donde la distribución de esfuerzos, y desplazamientos no son despreciables unidimensionalmente. El complemento variante es el elemento triangular que está conformado por 4 nodos y al ser sometido a fuerzas, los desplazamientos en 3 dimensiones conforman el total de desplazamiento del elemento analizado

El elemento tipo tetraédrico de 4 nodos tiene la capacidad de adaptarse a piezas de gran complejidad geométrica por lo que lo hace muy usado a diferencia de elementos más intrincados como el hexaedro de ocho nodos, pero para alcanzar resultados más exactos necesita una resolución y números más altos, lo que eleva la capacidad computacional para su análisis.

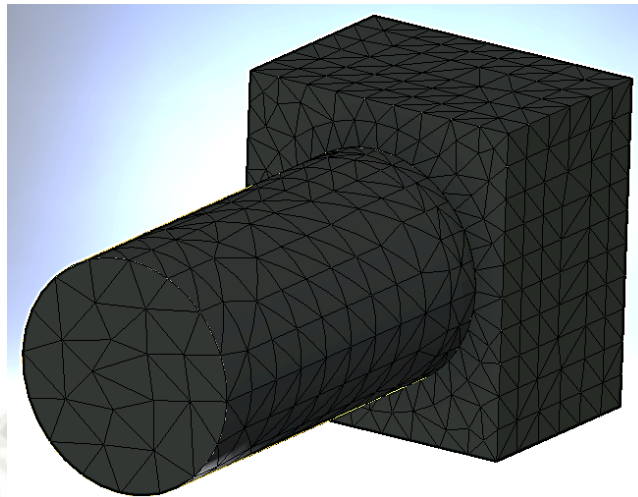


Figura 4.60 Mallado tetraédrico para elemento 3d
Fuente: Elaboración propia

4.17 SIMULACIÓN DE CHASIS

Para la simulación se utilizará el software SolidWorks que nos ofrece el análisis de estructuras metálicas, además del uso de fluidos, etc. Para comprobar que los resultados de la simulación, se utilizará el criterio en que el esfuerzo máximo no debe superar al esfuerzo último del material, de esta forma cualquier deformación se mantendrá en la zona elástica y no en la zona plástica, por lo que se establece como criterio de análisis que el factor de seguridad tiene que ser como mínimo ≥ 1 , de esta forma aseguramos la integridad estructural del chasis.

4.18 ANÁLISIS CARGAS ESTÁTICAS

Como se calculó anteriormente, se procederá a simular las cargas estáticas involucradas en el chasis en este caso es la combinación de las cargas vivas y muertas.

Para comenzar se debe seleccionar el material para aplicarlo en el software, el chasis está compuesto del material tubular bajo la norma ASTM 500, en la librería del software no se encuentra el material tipo ASTM 500, pero se encuentra otros materiales muy similares, en características como el límite fluencia y resistencia a la tracción el material más cercano es el acero estructural A36, posteriormente se realizará el mallado del elemento viga.

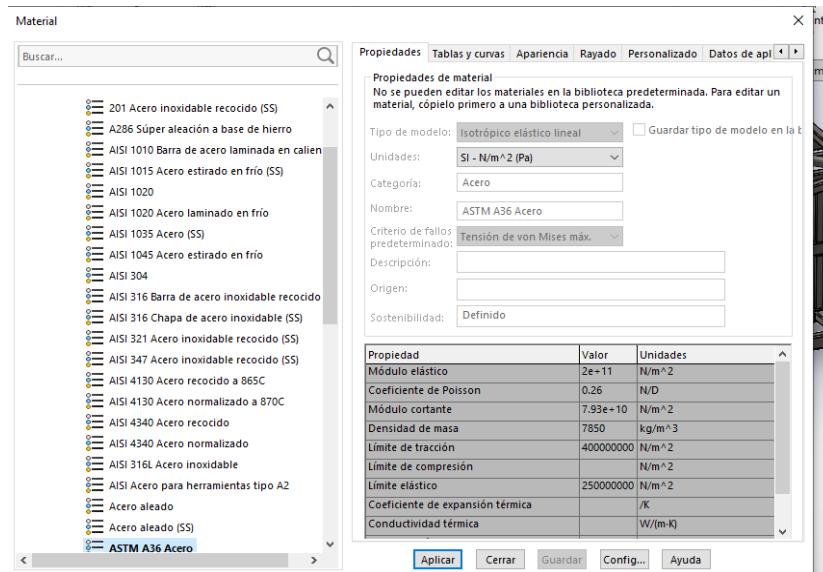


Figura 4.61 Selección del material de simulación
Fuente: Elaboración propia

El motor de análisis del software Solidworks tiene la capacidad de representar las uniones y conexiones de la estructura a través de nodos o puntos de unión. Para proseguir con la simulación se debe seleccionar los nodos fijos o anclajes, en este caso se pondrá como nodos fijos los lugares donde se proyecta estarán los anclajes de la suspensión, como se aprecia en las siguientes figuras 4.62 y 4.63, respectivamente.

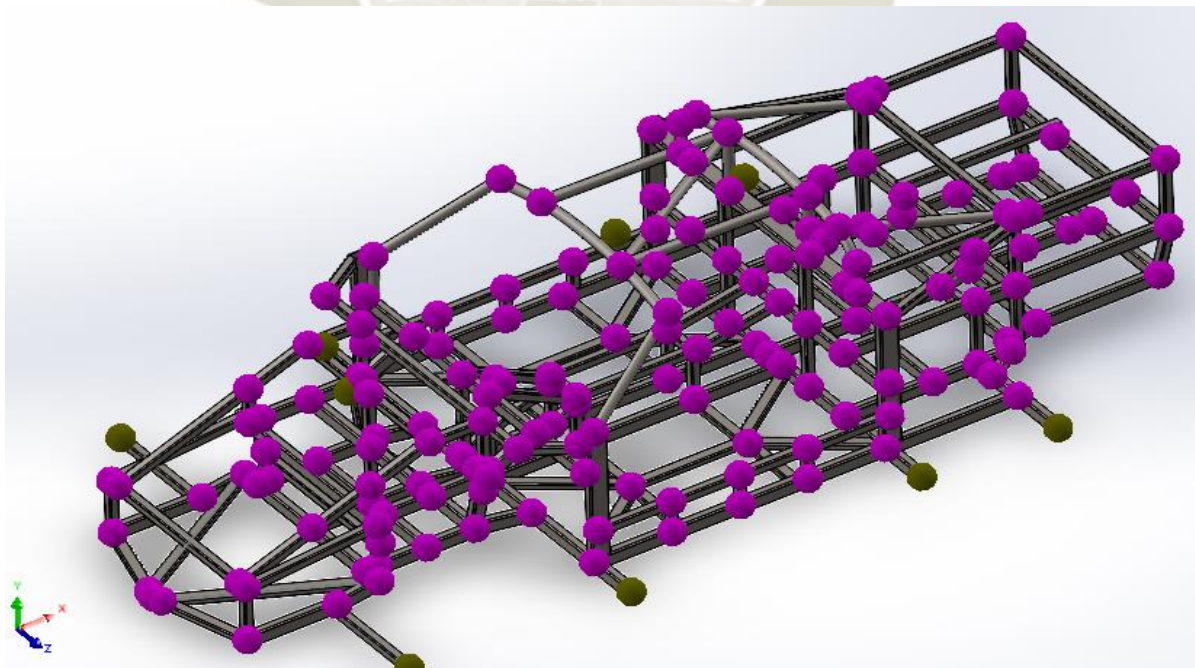


Figura 4.62 Nodos de conexión de la estructura de chasis
Fuente: Elaboración propia

La distribución de fuerzas en el caso de las cargas estáticas, se da en toda la extensión de la estructura, las cargas generadas por los componentes y ocupantes se distribuyen de manera perpendicular al chasis en sus posiciones ya dispuestos y con los valores calculados anteriormente, junto con los puntos fijos como se observa en la figura 4.63

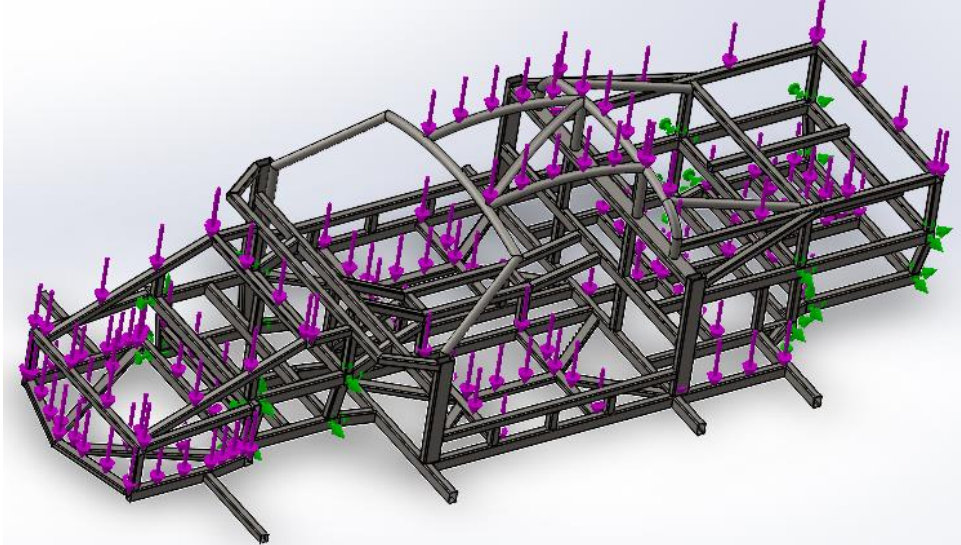


Figura 4.63 Ubicación de las fuerzas en el chasis
Fuente: Elaboración propia

El mallado considera el elemento viga, pero para este análisis estático se puede profundizar y mejorar la calidad de mallado en los elementos involucrados, como tal se hará un mallado focalizado en las partes del chasis donde se involucran las fuerzas correspondientes a las cargas viva muertas. El software nos permite focalizar el mallado y aumentar la cantidad de divisiones para una mejor resolución, en esta ocasión será en los perfiles involucrados con los pesos del conjunto total como ilustra la figura 4.64.

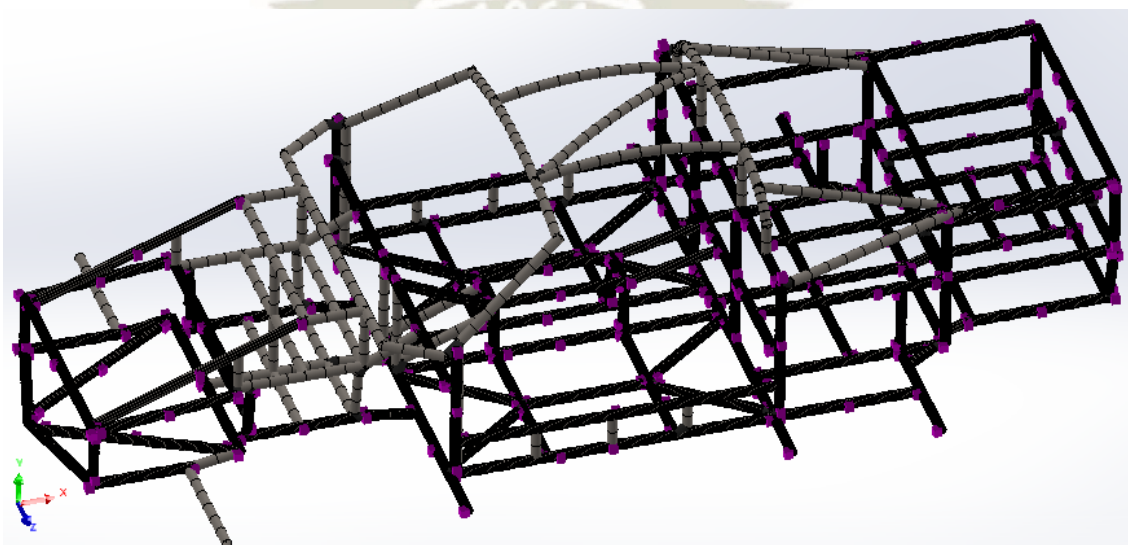


Figura 4.64 Mallado focalizado de la estructura de chasis
Fuente: Elaboración propia

El resultado general de la simulación por cargas estáticas no muestra un esfuerzo máximo en parámetros razonables y permitidos, el esfuerzo máximo se aprecia en un par de juntas cerca a la batería, al representar el esfuerzo máximo se tomará este valor para poder calcular el factor de seguridad, más adelante.

El resultado es de:

$$\sigma_{maximo} = 58.83 \text{ MPa}$$

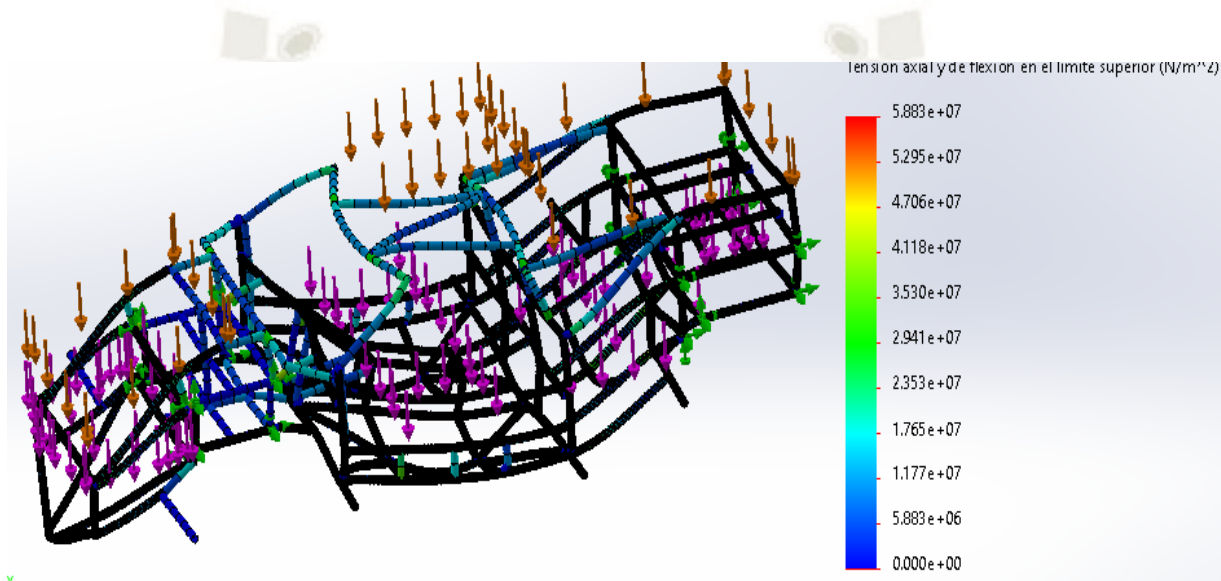


Figura 4.65 Tensión máxima de cargas estáticas
Fuente: Elaboración propia

Una vez aplicados los esfuerzos el chasis sufre una deformación elástica menor al límite último del material utilizado, el comportamiento físico general de la estructura se aprecia en la figura 4.66.

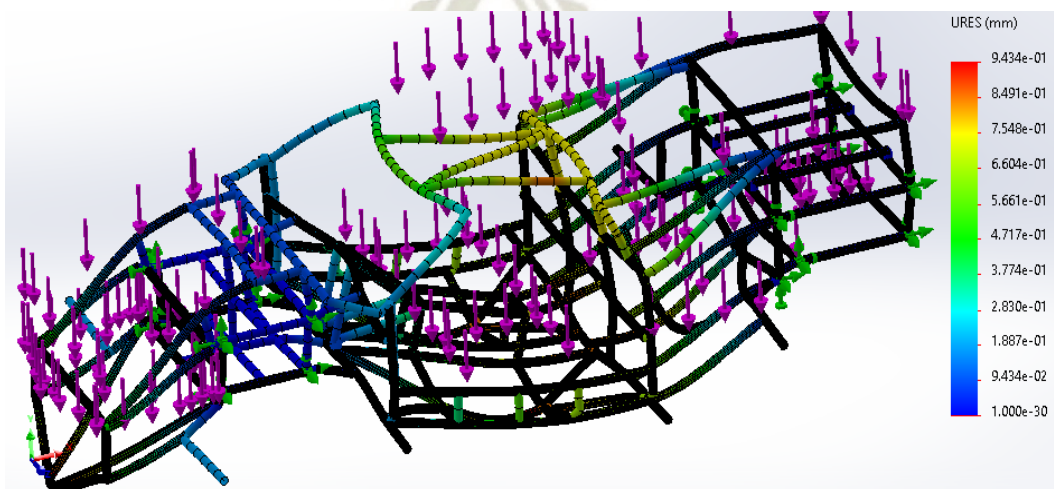


Figura 4.66 Deformación producida en el chasis
Fuente: Elaboración propia

La deformación máxima observada se ubica de manera más crítica en los sectores de los pasajeros y el módulo de batería y el comportamiento de la estructura ante estas cargas se muestran en la figura 4.67.

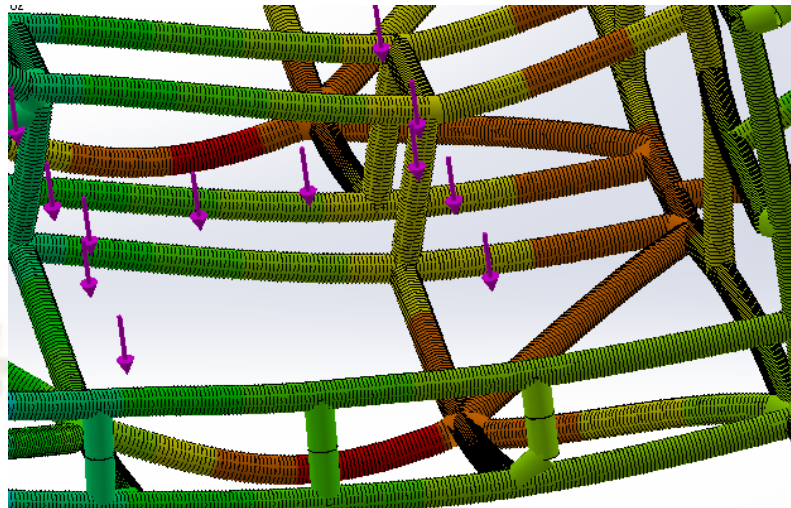


Figura 4.67 Deformación máxima en el chasis
Fuente: Elaboración propia

El valor máximo de la deformación de la estructura del vehículo en esta zona crítica es de 0.94 mm lo cual es un buen resultado para el desempeño del chasis ante la deformación de sus propios componentes, a continuación, se calcula el factor de seguridad.

- **Factor de seguridad**

La interacción entre las cargas vivas y muertas con el chasis provocó un esfuerzo máximo de 58.83 MPa con este valor se puede calcular el factor de seguridad del desempeño de la estructura ante estas cargas.

El factor de seguridad es de:

$$FS = \frac{\sigma_{maxima}}{\sigma_{admisible}} \quad (4.23)$$

$$FS = \frac{250 \text{ MPa}}{58.83 \text{ MPa}}$$

$$FS = 4.25$$

Que el sector más crítico tenga un factor de seguridad mínimo de 4.25 nos da un buen resultado ya que el punto más delicado nos da un factor de seguridad superior y aceptable. La distribución del factor de seguridad en la estructura se muestra en la figura 4.68.

Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 4.2

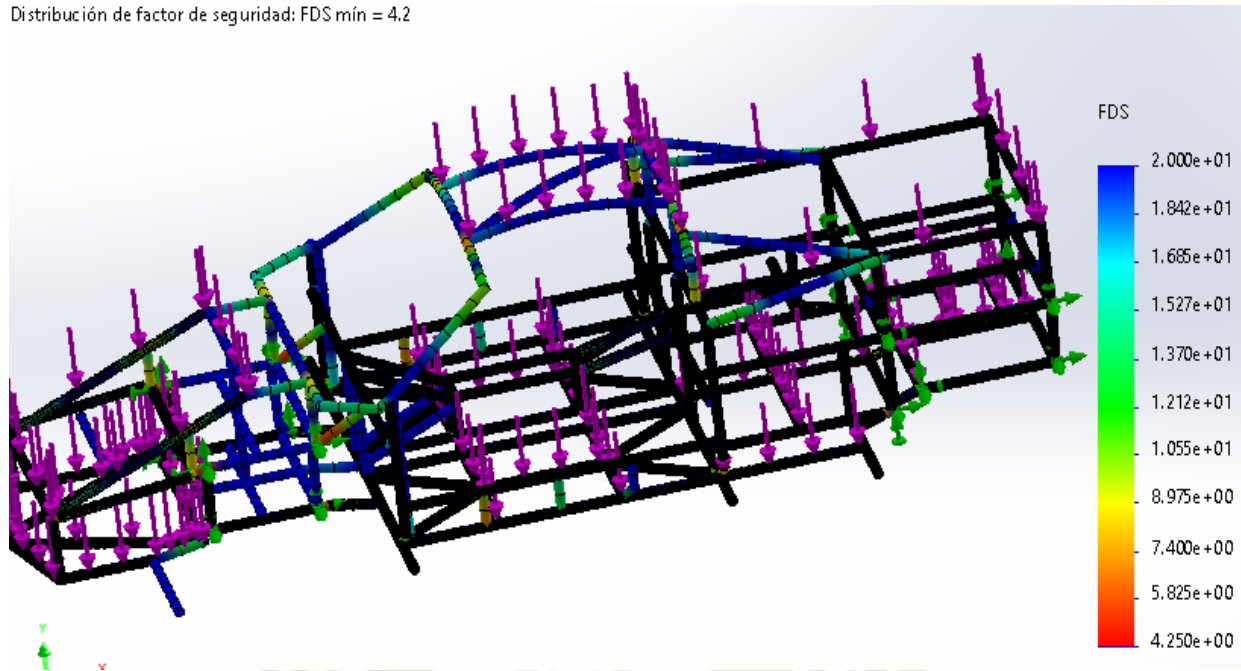


Figura 4.68 Factor de seguridad por carga viva y muerta
Fuente: Elaboración propia

4.19 ANÁLISIS CARGAS DINÁMICAS

4.19.1 Análisis de carga por frenado

El vehículo se verá sometido a una carga de frenado, que afecta directamente a la estructura sobre todo de manera longitudinal. La simulación del desempeño del chasis ante estos esfuerzos tomara en cuenta que durante una acción de frenado los neumáticos se detienen por ende los brazos de suspensión transmiten esa acción al chasis a través de los puntos de anclaje, como tal se pondrán como puntos fijos los nodos que involucran la ubicación de la suspensión tanto trasera como delantera como ilustra la figura 4.69.

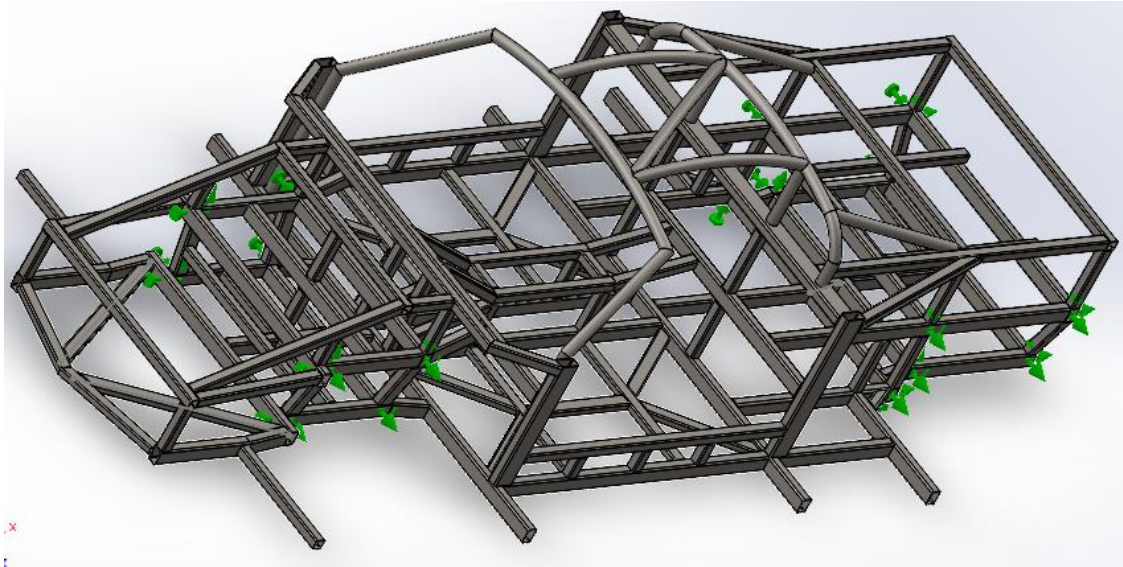


Figura 4.69 Anclajes fijos de la suspensión en el chasis
Fuente: Elaboración propia

La acción de frenado genera una transmisión de masas y fuerzas hacia el eje delantero como tal, todos los componentes incluidos los pasajeros ejercen una fuerza de desaceleración contraria al desplazamiento del vehículo producto de la inercia, es por ello que se distribuyen las cargas en la estructura de chasis dirigiéndose al exterior como lo señala la figura 4.70

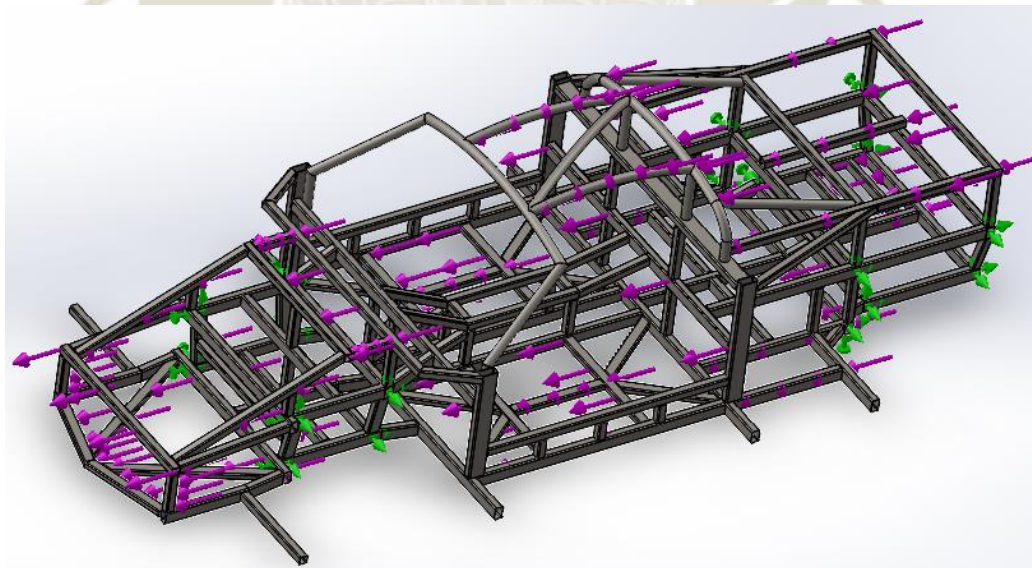


Figura 4.70 Anclajes fijos de la suspensión y distribución de fuerzas
Fuente: Elaboración propia

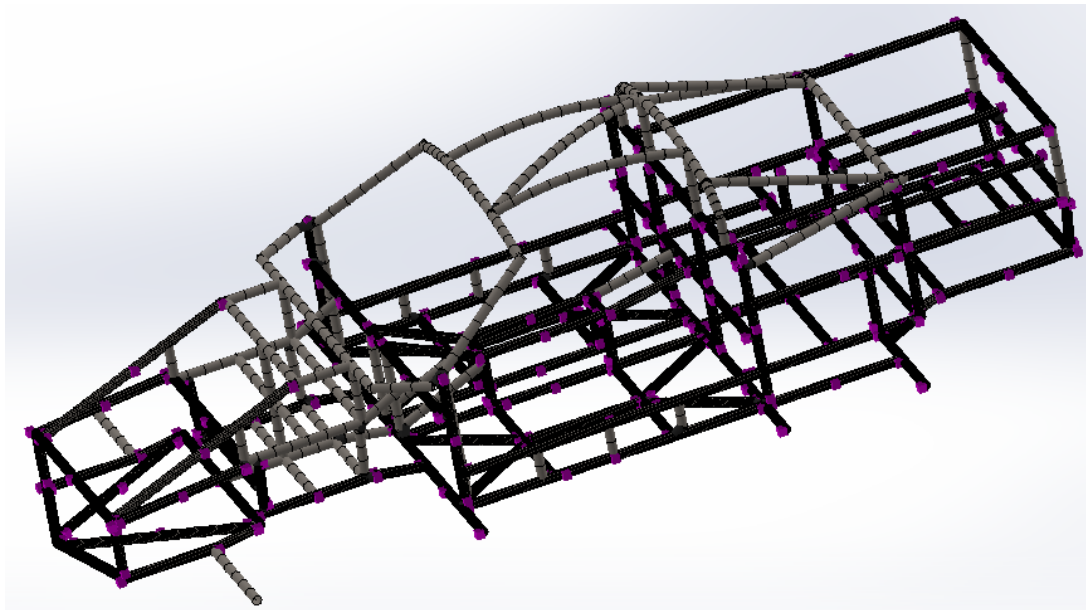


Figura 4.71 Mallado de chasis para estudio de frenado
Fuente: Elaboración propia

Los esfuerzos registrados son en su mayoría son menores, a pesar del desplazamiento de masas a consecuencia del frenado, la estructura se comportó adecuadamente como se muestra en la figura 4.72

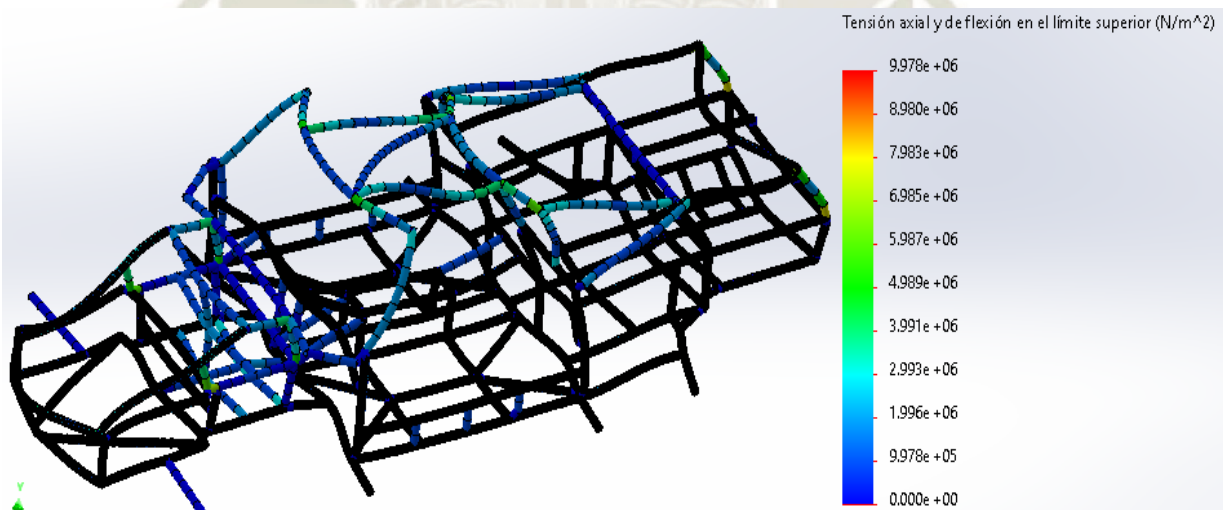


Figura 4.72 Esfuerzos máximos totales del chasis en frenado
Fuente: Elaboración propia

Se hizo énfasis en el punto más crítico detectado por la simulación como ilustra la siguiente imagen correspondiente a la figura 4.73.

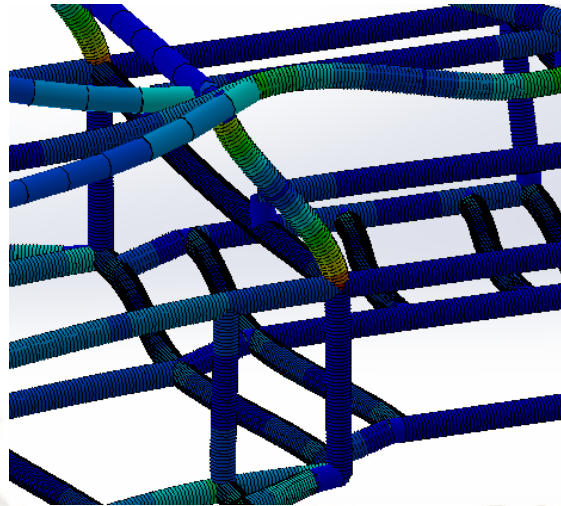


Figura 4.73 Detalle de esfuerzo máximo en la estructura
Fuente: Elaboración propia

El esfuerzo máximo es de 9.98 MPa lo cual esta debajo del límite máximo del material por lo que se considera un adecuado resultado para la integridad de la estructura. En lo que es la deformación física del chasis la simulación arrojo que la deformación máxima ocurrida en la estructura en su punto más crítico es de 0.10 mm, lo que es un parámetro mínimo y buen desempeño del chasis ante estos esfuerzos.

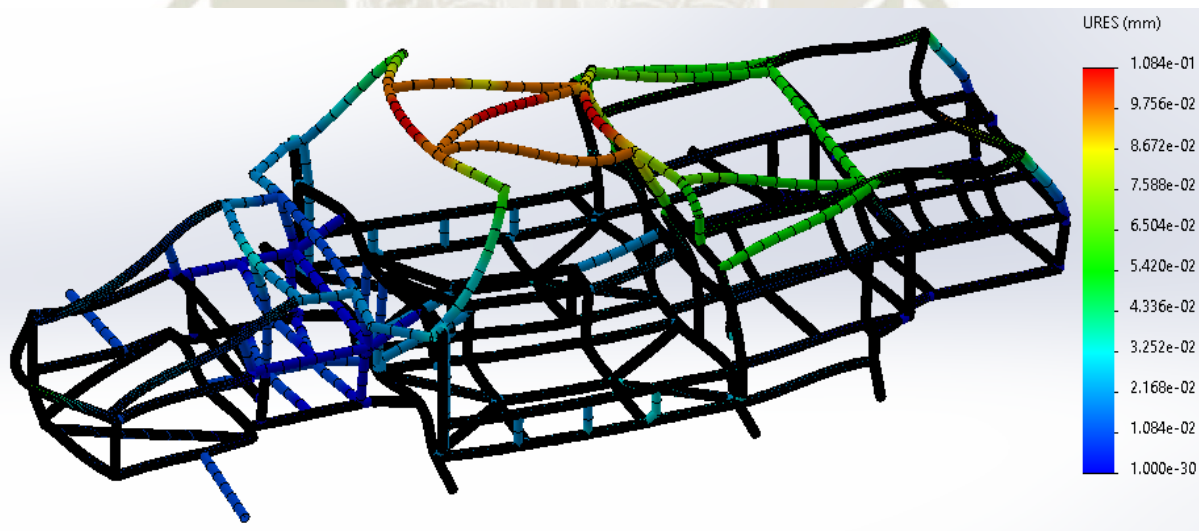


Figura 4.74 Deformación física del chasis por frenado
Fuente: Elaboración propia

- **Factor de seguridad**

El efecto de la carga de frenado nos da como resultado un esfuerzo máximo de 9.98 MPa ubicado en elementos del parte posterior de la estructura, con este valor hallaremos el factor de seguridad que corroborara el desempeño de la estructura ante esto eventos.

El factor de seguridad es de

$$FS = \frac{\sigma_{maximo}}{\sigma_{admisible}}$$

$$FS = \frac{250 MPa}{9.98 MPa}$$

$$FS = 25.05$$

El factor de seguridad mínimo es de 25.05 que nos muestra que la estructura se desempeña con total seguridad ante una carga de frenado, la distribución del factor de seguridad en el chasis se aprecia en la figura 4.75

istribución de factor de seguridad: FDS mín = 25

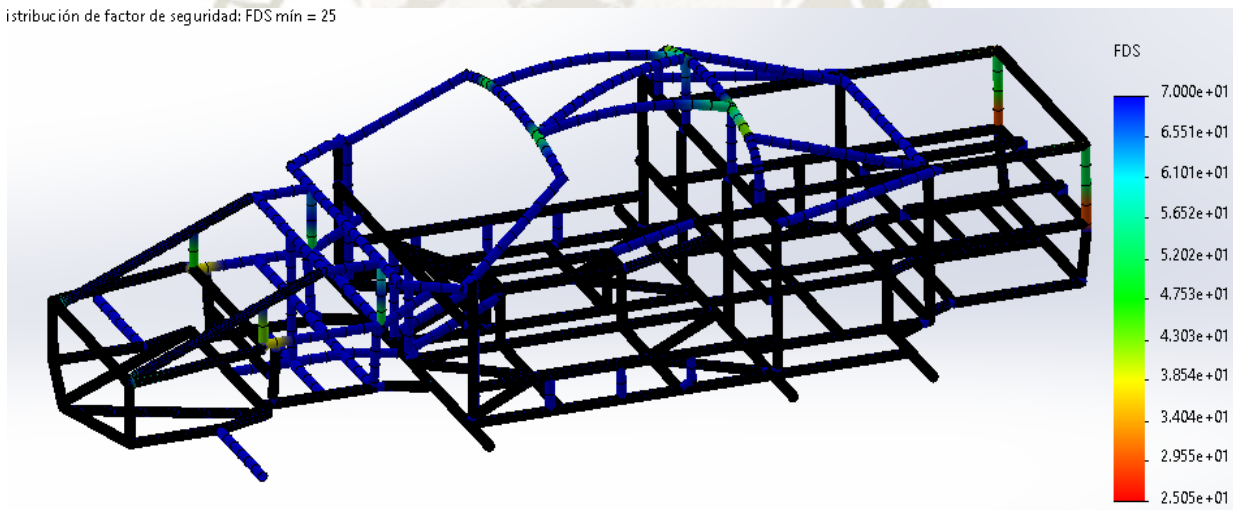


Figura 4.75 Factor de seguridad por carga de frenado
Fuente: Elaboración propia

4.19.2 Análisis de carga por aceleración

En una situación de manejo el vehículo puede acelerar y de esta forma generar una carga a la estructura del mismo, por tanto, en el análisis mediante una simulación se debe asegurar que la estructura tenga un buen performance. Las ruedas motrices trasladaran el movimiento de aceleración por lo que los puntos fijos serán los puntos donde se ubicaran las sujeciones de las suspensiones, como exhibe la figura 4.76.

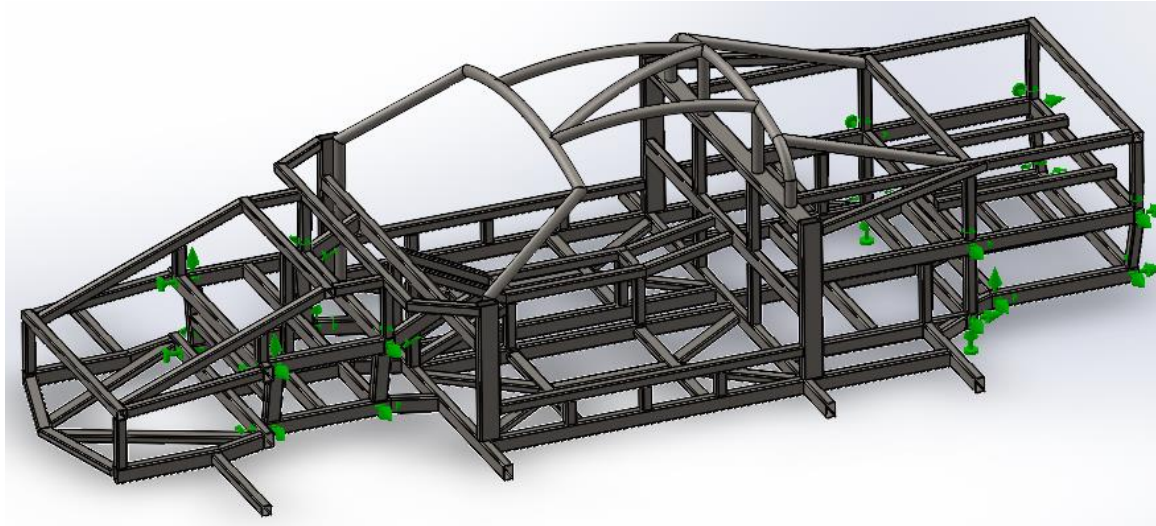


Figura 4.76 Puntos de anclaje en la aceleración
Fuente: Elaboración propia

Al acelerar el vehículo todos los componentes incluidos los pasajeros son afectados, provocando una transferencia de masas hacia el eje trasero, por lo que la dirección de las cargas es contraria al movimiento del vehículo provocado por la inercia, esta interacción con la estructura y la distribución de fuerzas se aprecia mejor en la figura 4.77.

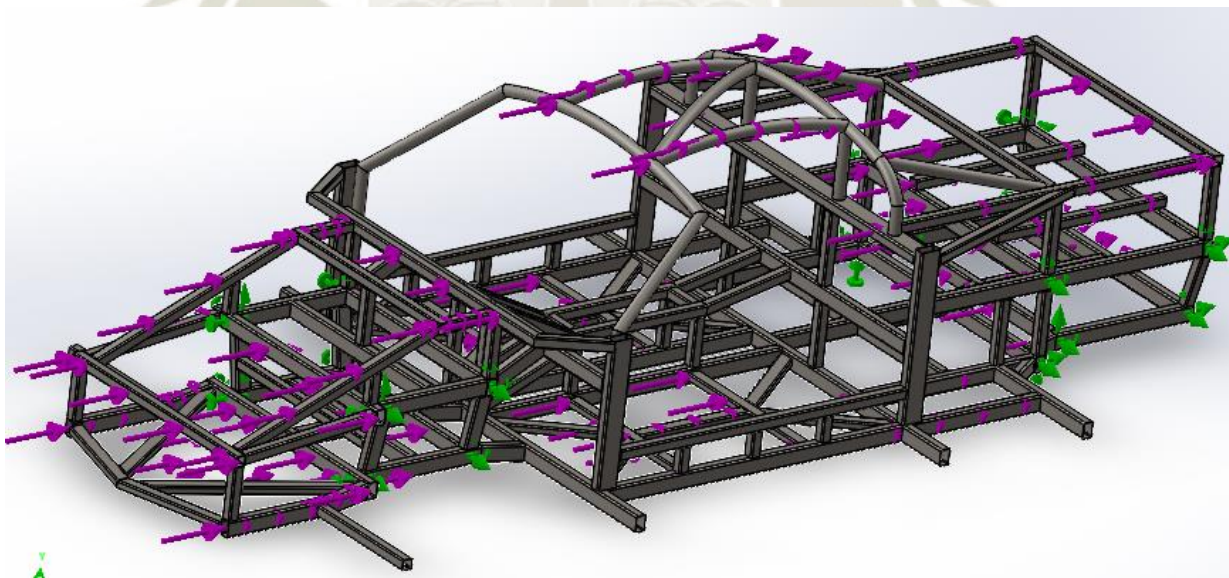


Figura 4.77 Fuerzas de aceleración sobre la estructura
Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.78, expone como se procedió a mallar el elemento viga del chasis haciendo enfoque en los elementos de chasis que están más involucrados con las fuerzas, de esta forma se obtiene un resultado más preciso.

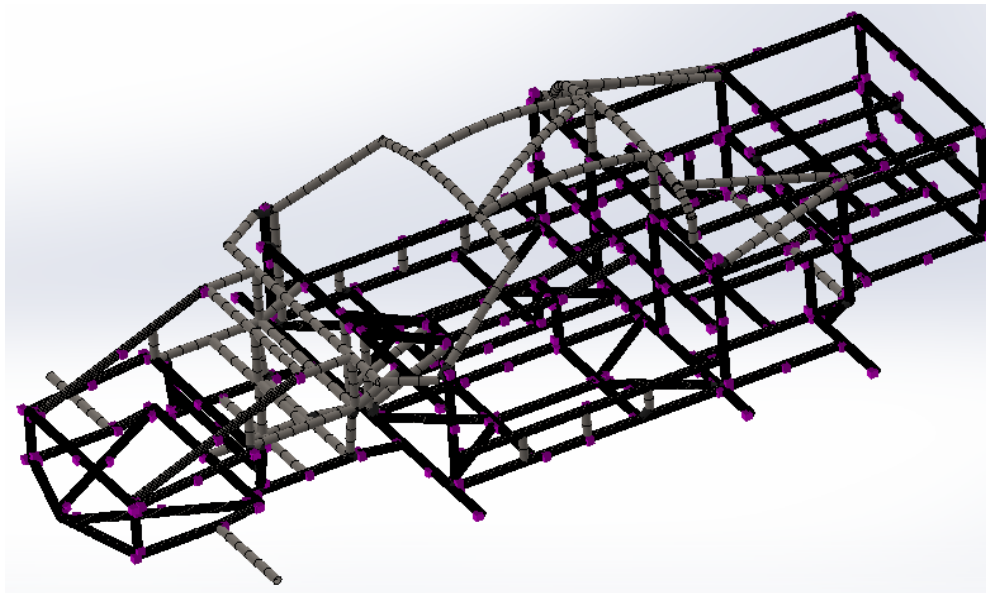


Figura 4.78 Mallado para la simulación de aceleración
Fuente: Elaboración propia

Una vez mallado y focalizado los puntos de análisis se procede a simular. Teniendo como resultado un esfuerzo máximo de 1.85 MPa el cual está por debajo del límite de esfuerzo del material por lo que el resultado de esfuerzo es correcto para el chasis.

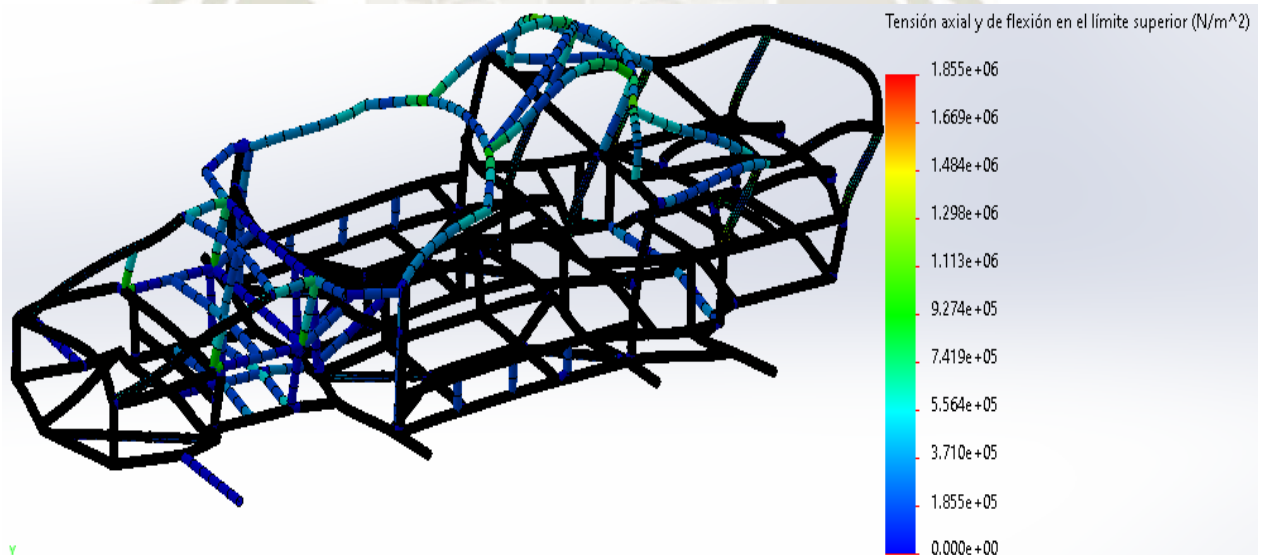


Figura 4.79 Tensiones máximas por aceleración
Fuente: Elaboración propia

Como resultado de los esfuerzos en la simulación la estructura se deforma teniendo como resultado una flexión máxima en su punto más crítico de 0.021 mm por lo que este mínimo valor demuestra que la estructura no sufrirá ante la interacción con cargas de aceleración como lo anuncia la figura 4.80.

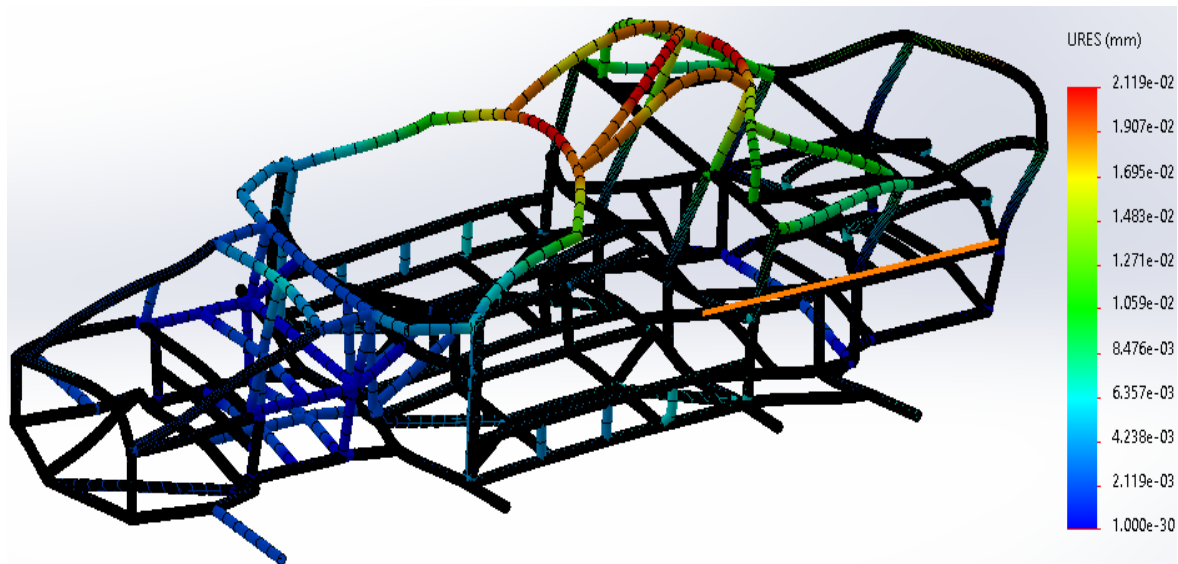


Figura 4.80 Deformación de la estructura de chasis
Fuente: Elaboración propia

- **Factor de seguridad**

El chasis del vehículo al ser sometido a una carga de aceleración nos dio como esfuerzo máximo de 1.85 MPa, el factor de seguridad indicara como este afecta a la resistencia de la estructura.

El factor de seguridad es de:

$$FS = \frac{\sigma_{maximo}}{\sigma_{admisible}}$$

$$FS = \frac{250 \text{ MPa}}{1.85 \text{ MPa}}$$

$$FS = 135.13$$

El factor de seguridad mínimo muestra de manera excedente cómo se comporta un vehículo ante una aceleración. La distribución de este factor en toda la estructura se ve en la figura 4.81.

Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 1.3e+02

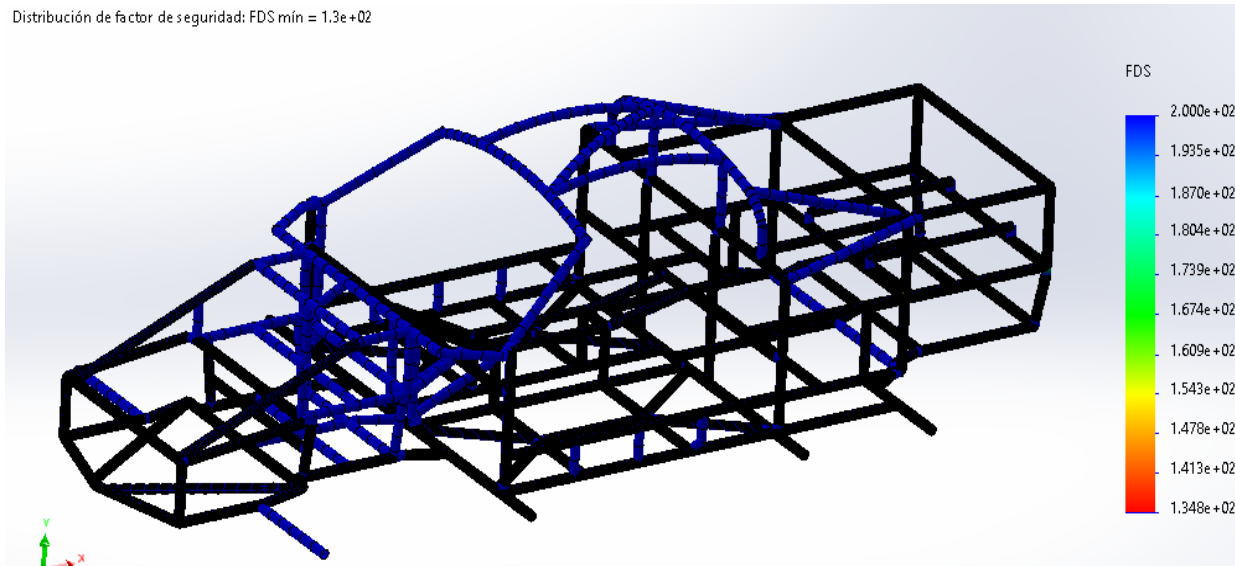


Figura 4.81 Factor de seguridad de aceleración
Fuente: Elaboración propia

4.19.3 Análisis por carga de giro

Un vehículo al entrar a una curva se ve afectado por una fuerza que se descompone en la fuerza centrífuga y la normal, todos los componentes se ven influenciados por ella, por lo que se analizara el comportamiento de la estructura ante estos esfuerzos que han sido calculados anteriormente. Los brazos superiores de suspensión, ante una curvan, suelen activarse para mantener el agarre a la pista, por lo que solo se considerarán fijos solamente los anclajes inferiores de los brazos de suspensión, y las fuerzas estarán de manera perpendicular a la cara lateral del chasis como la figura 4.82 expone.

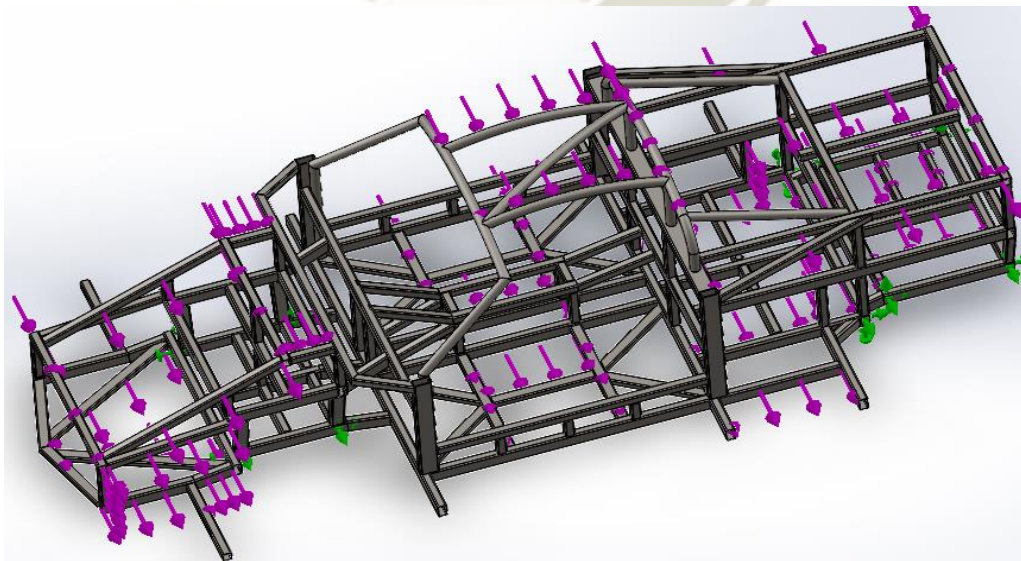


Figura 4.82 Distribución de fuerzas de giro en la estructura
Fuente: Elaboración propia

El desempeño del vehículo a la curva afecta a la estructura y componentes por lo que es necesario focalizar el mallado y aumentar la calidad del mismo y obtener resultados más precisos. El mallado de la estructura del chasis se muestra en la figura 4.83.

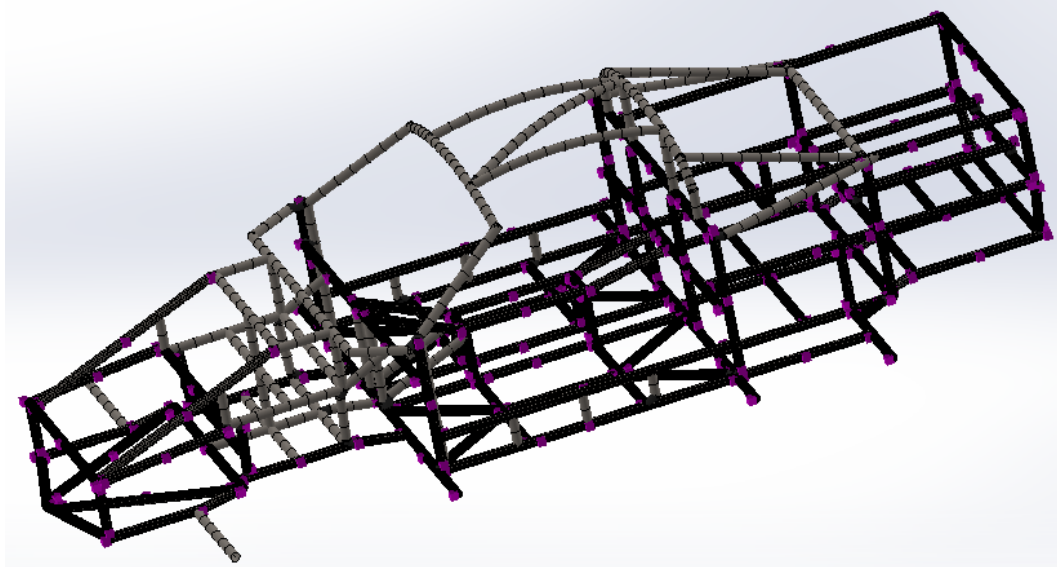


Figura 4.83 Mallado del chasis por carga de giro
Fuente: Elaboración propia

Una vez realizada la simulación se procederá a revisar los resultados. El esfuerzo máximo en registrado por el software es de 131.6 MPa, este resultado es correcto porque está por debajo del límite último del material, permitiendo así a la estructura absorber estos esfuerzos por carga de giro de manera reversible. El comportamiento del chasis se puede apreciar en la figura 4.84

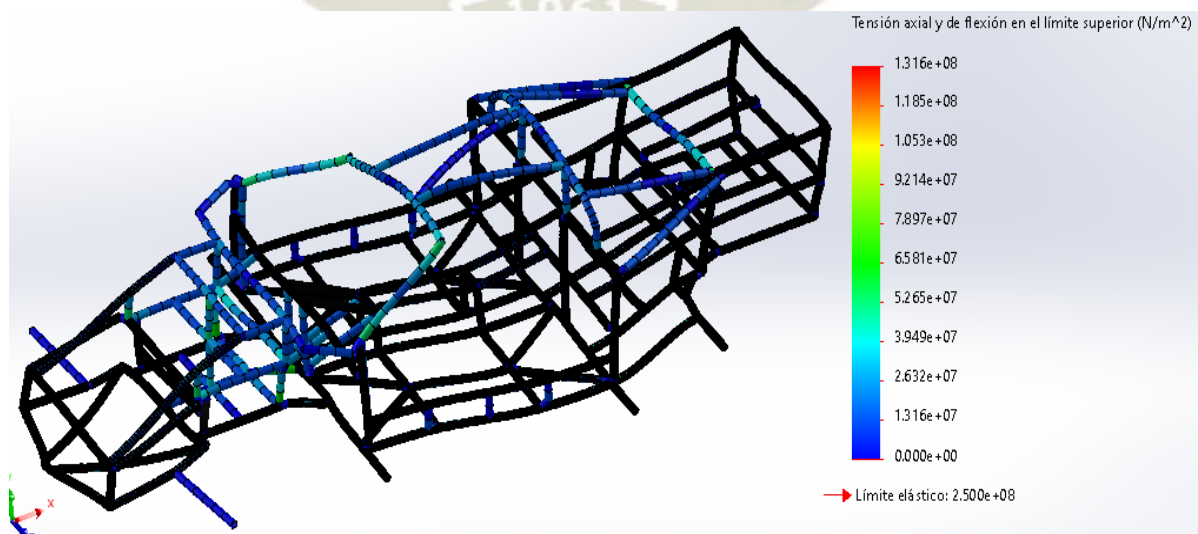


Figura 4.84 Tensiones máximas por carga de giro
Fuente: Elaboración propia

La carga de giro también produce una elongación física, la simulación dio como resultado una deformación elástica en su punto valor más máximo de 1.89 mm. La figura 4.85 ilustra tal distensión en la estructura que se puede apreciar en algunos puntos de la estructura.

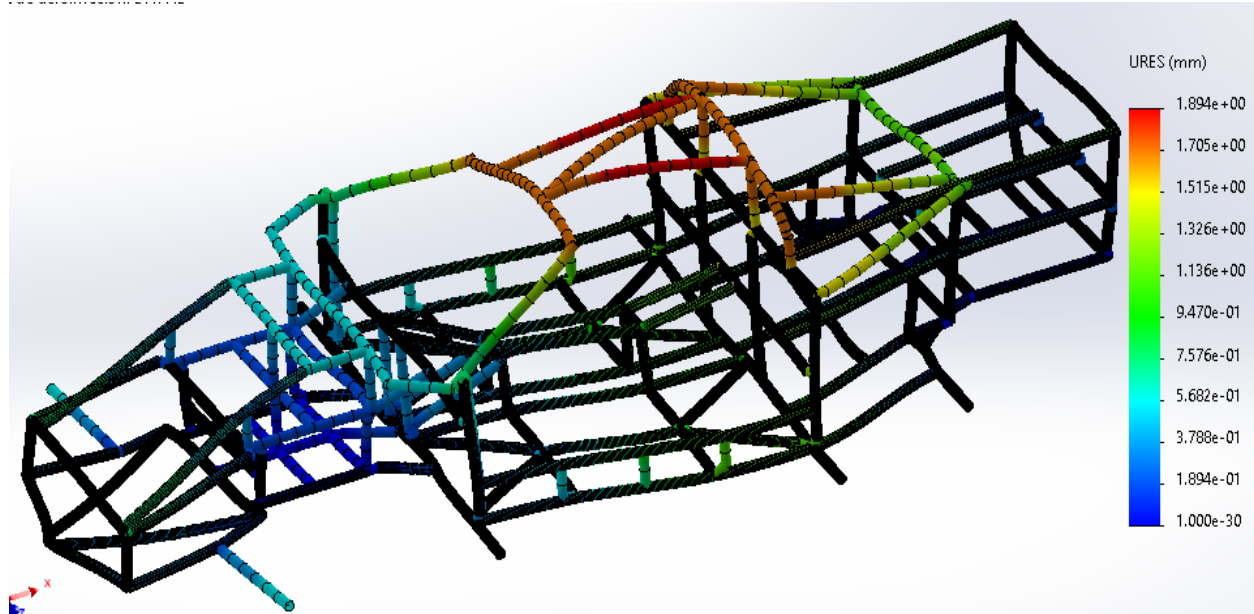


Figura 4.85 Deformación del chasis por carga de giro
Fuente: Elaboración propia

- **Factor de seguridad**

El efecto de la carga de giro nos da como resultado un esfuerzo máximo de 131.6 MPa con este valor hallaremos el factor de seguridad como resultado del desempeño de la estructura al ser sometido ante este tipo de cargas.

El factor de seguridad es de:

$$FS = \frac{\sigma_{maximo}}{\sigma_{admisible}}$$

$$FS = \frac{250 \text{ MPa}}{131.6 \text{ MPa}}$$

$$FS = 1.9$$

El factor de seguridad mínimo es 1.9, y nos muestra que la estructura se desempeña de manera apropiada en casos de una carga crítica de giro, la distribución del factor de seguridad en el chasis también se aprecia en la figura 4.86.

Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 1.9

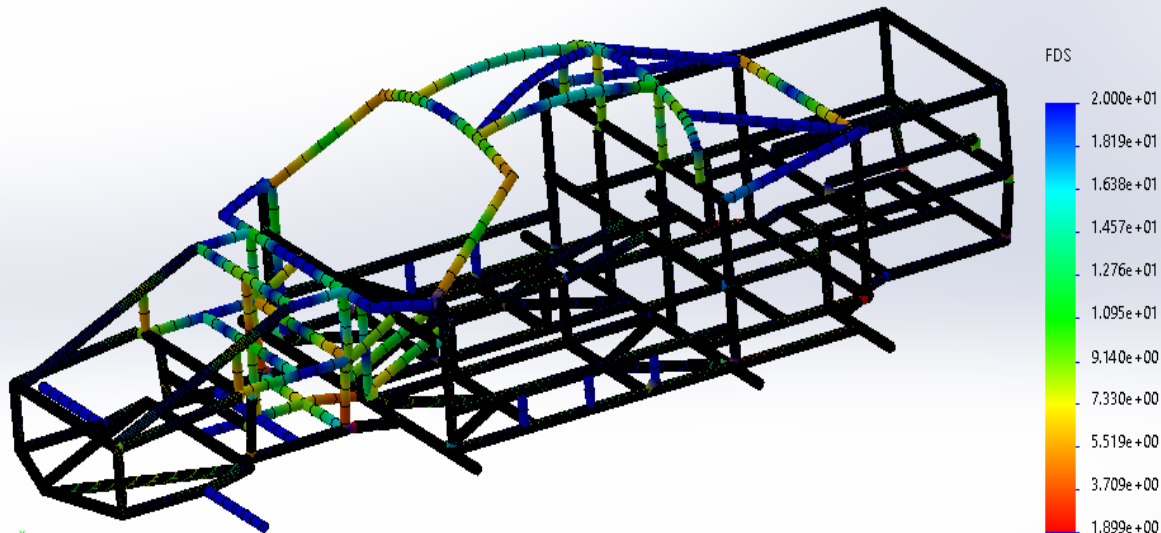


Figura 4.86 Factor de seguridad por carga de giro
Fuente: Elaboración propia

4.19.4 Análisis por carga de aire frontal

Un vehículo al interactuar con su entorno durante la conducción también se ve afectado por fuerzas, tales como la carga de aire frontal, en consecuencia, la estructura debe estar preparada para soportar estas fuerzas de arrastre, que no solo comprometen el rendimiento total del vehículo, si no que en un mal diseño puede tener consecuencias estructurales, sobre todo en caso de altas velocidades. Las fuerzas se distribuyen en la parte delantera que es la primera y más afectada con la interacción aerodinámica del vehículo como lo expone la figura 4.87



Figura 4.87 Distribución de fuerzas por carga frontal
Fuente: Elaboración propia

Una vez realizada la distribución de fuerzas en la parte delantera y la colocación de los puntos fijos, se procede a mallar el chasis de manera focalizada en la parte de frente para su simulación, como se aprecia en la figura 4.88.

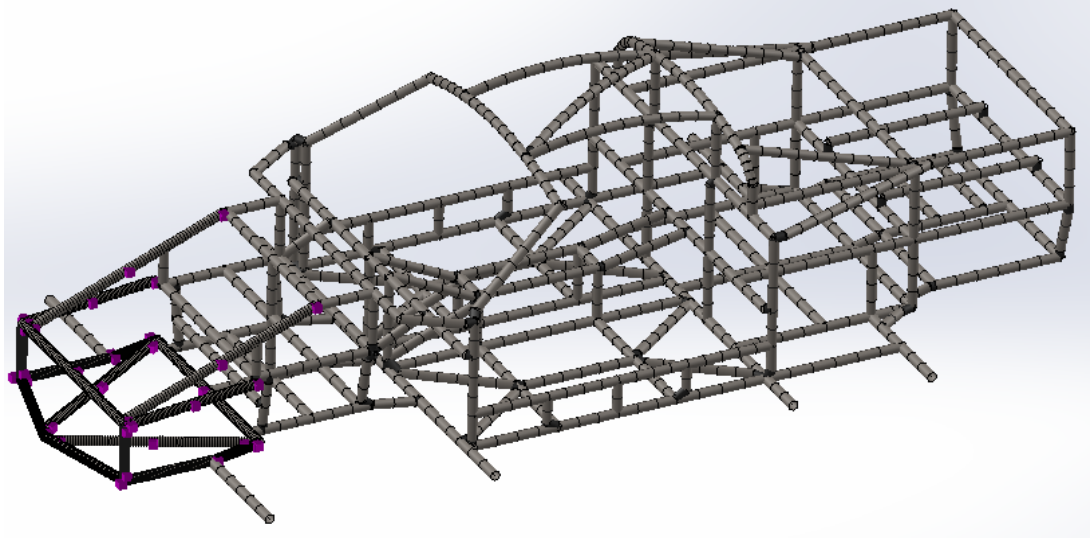


Figura 4.88 Mallado para carga por aire frontal
Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos en la simulación son un esfuerzo máximo de 2.102 MPa lo cual esta debajo del límite de ultimo del material lo que lo convierte en una deformación elástica y una carga manejable para la estructura.

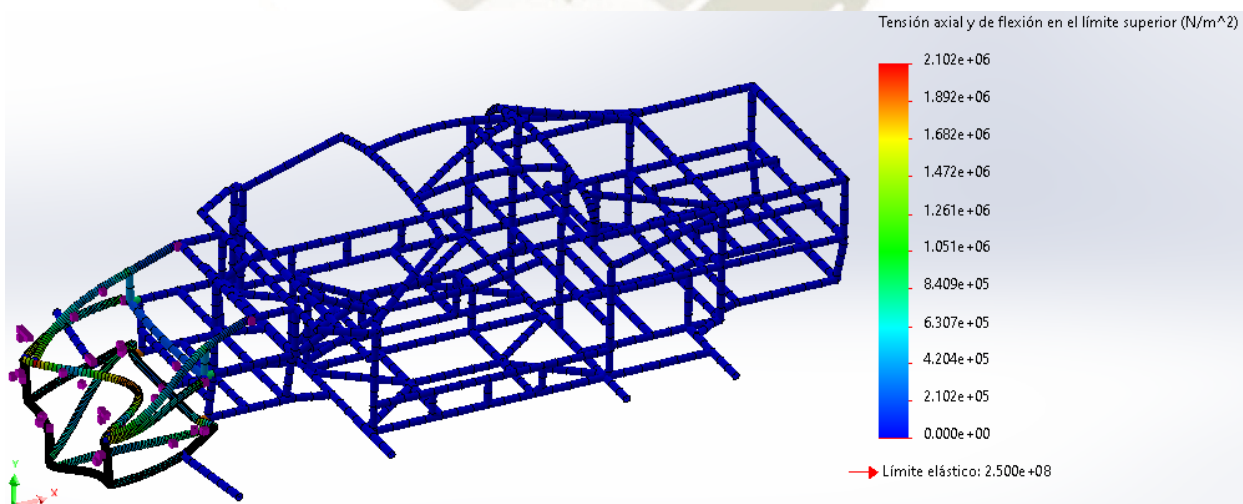


Figura 4.89 Tensiones máximas por carga de aire frontal
Fuente: Elaboración propia

La deformación física máxima de la estructura ante una carga de aire frontal es de 0.029mm, ubicada en la parte delantera lo que es una distensión mínima de la estructura, y no la compromete estructuralmente.

- **Factor de seguridad**

El efecto de la carga por aire frontal nos da como resultado un esfuerzo máximo registrado de 2.102 MPa con este dato se calcula el factor de seguridad que obtiene el chasis al interactuar con una carga aerodinámica de aire frontal producto de la conducción.

El factor de seguridad es de

$$FS = \frac{\sigma_{maximo}}{\sigma_{admisible}}$$
$$FS = \frac{250 \text{ MPa}}{2.102 \text{ MPa}}$$
$$FS = 118.93$$

El factor de seguridad mínimo es de 118.93 que nos demuestra que la estructura se desempeña con total eficacia en una carga por aire frontal.

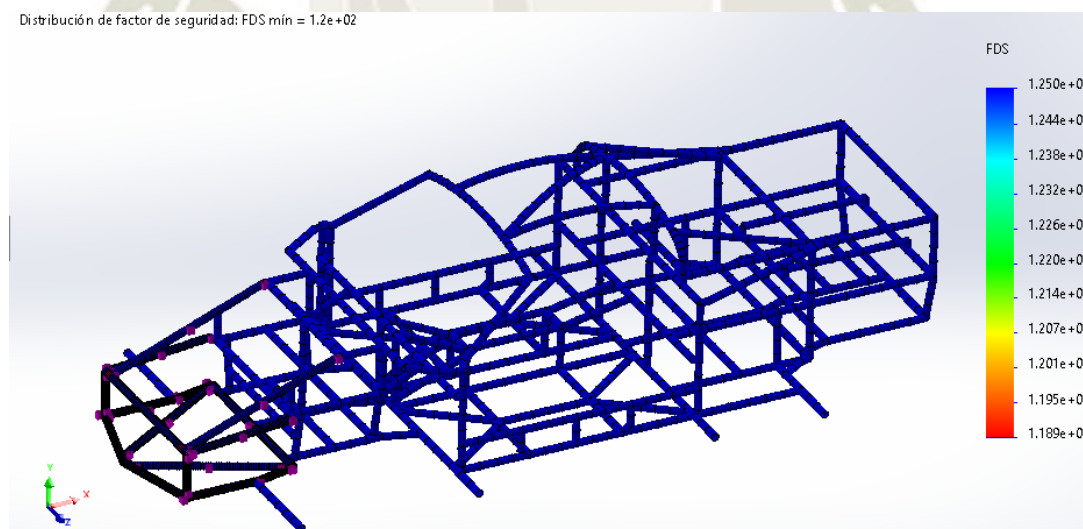


Figura 4.90 Factor de seguridad por carga de aire frontal

Fuente: Elaboración propia

4.19.5 Análisis de ensayo de torsión

Para conocer la rigidez torsional del chasis será sometido a dos esfuerzos en direcciones opuestas y de esta forma generar el torcimiento del chasis, en la vida real el examen se hace anclando la suspensión trasera y posteriormente aplicando una fuerza en uno de sus extremos

de la suspensión delantera, se procedió a colocar los brazos y someterlos a las fuerzas correspondientes determinadas anteriormente.

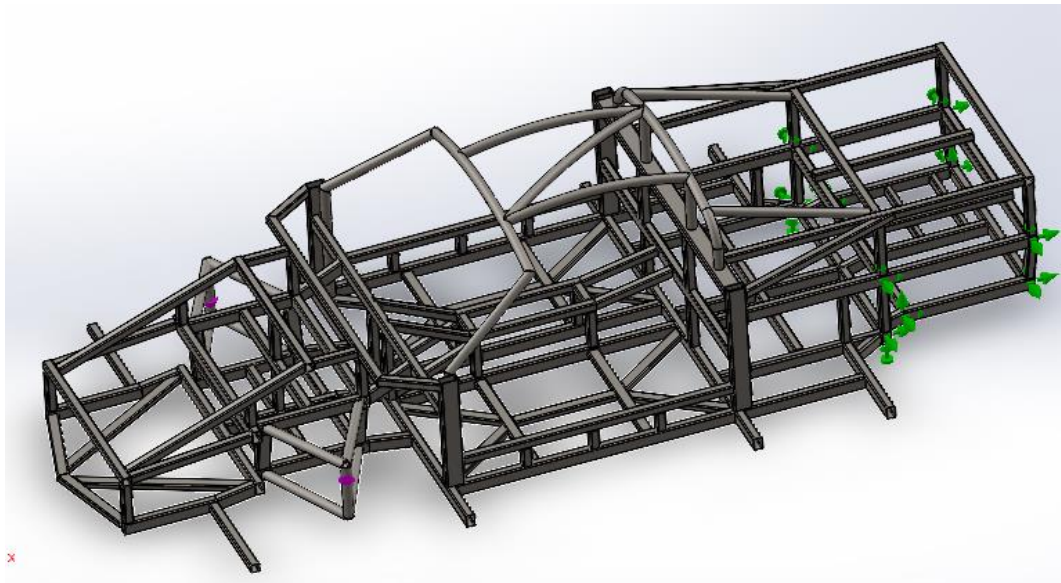


Figura 4.91 Distribución de esfuerzos y puntos fijos
Fuente: Elaboración propia

Una vez colocados los anclajes y fuerzas en el chasis se procede a mallar la estructura con un enfoque principalmente en los sectores de la estructura que más se ven comprometidos estructuralmente con el comportamiento de la suspensión delantera como se aprecia en la figura 4.92.

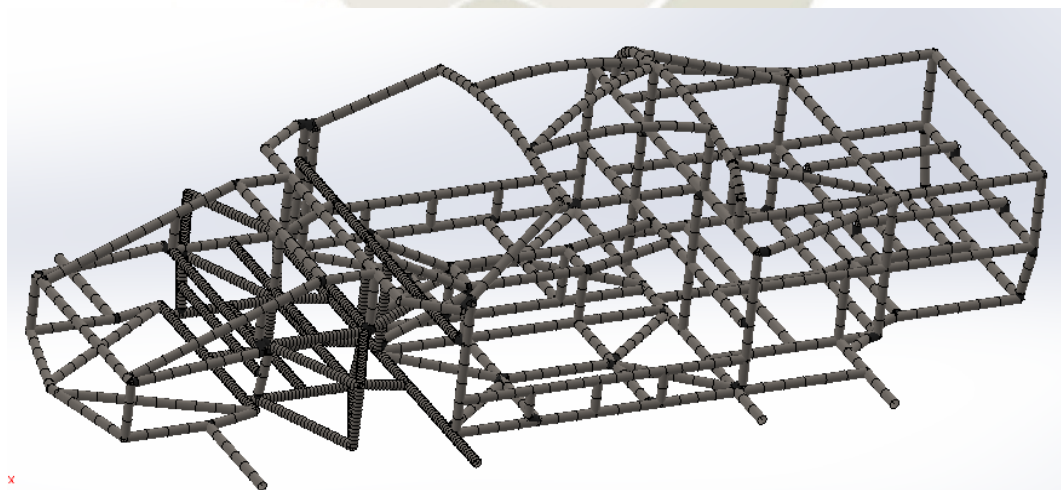


Figura 4.92 Mallado del chasis para ensayo de torsión
Fuente: Elaboración propia

- **Esfuerzo Máximo**

Como resultado de la ejecución de la simulación se obtiene un resultado final de esfuerzo que corresponde a todo el conjunto y cuyo punto esfuerzo más alto es de 93.61 MPa, lo cual es mucho menor que el esfuerzo último del material.

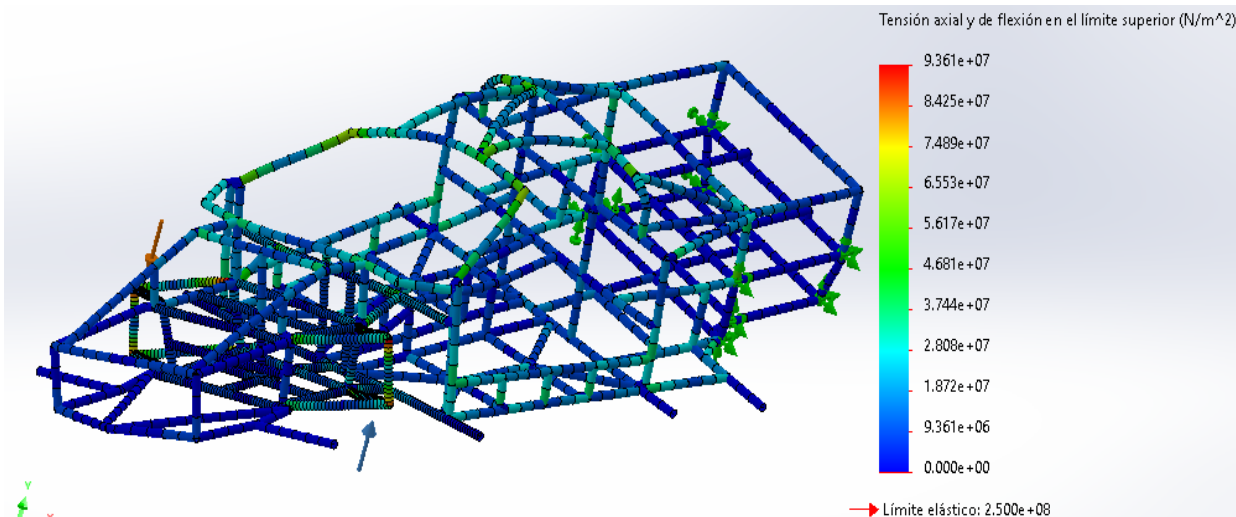


Figura 4.93 Resultante de esfuerzo máximo por torsión
Fuente: Elaboración propia

- **Deformación**

La estructura sufre por torsión una deformación elástica máxima de 4.25 mm, como lo exhibe la figura 4.94, este valor es importante ya que servirá para poder realizar el análisis y cálculo de rigidez torsional de chasis.

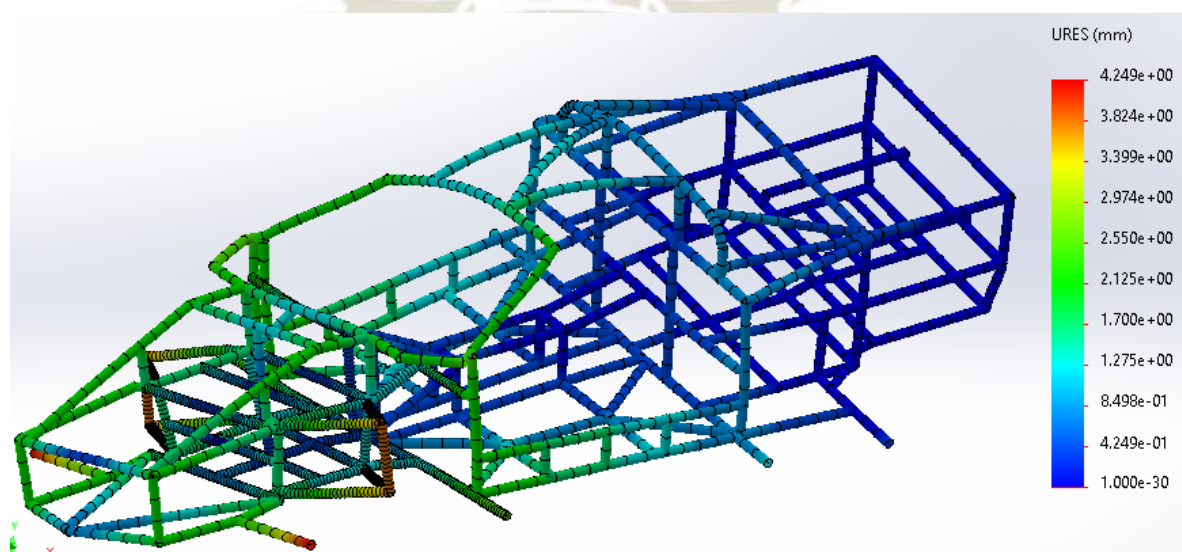


Figura 4.94 Deformación por carga de torsión
Fuente: Elaboración propia

- **Factor de seguridad**

El análisis por torsión dio como un esfuerzo máximo de 93.61 MPa con este valor se procederá a calcular el factor de seguridad correspondiente al chasis producido por la interacción torsional.

El factor de seguridad es de

$$FS = \frac{\sigma_{maximo}}{\sigma_{admisible}}$$

$$FS = \frac{250 \text{ MPa}}{93.61 \text{ MPa}}$$

$$FS = 2.7$$

El factor de seguridad mínimo resultante es de 2.7 en el punto más crítico lo que aprueba el desempeño de la estructura durante una situación de torsión.

Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 2.7

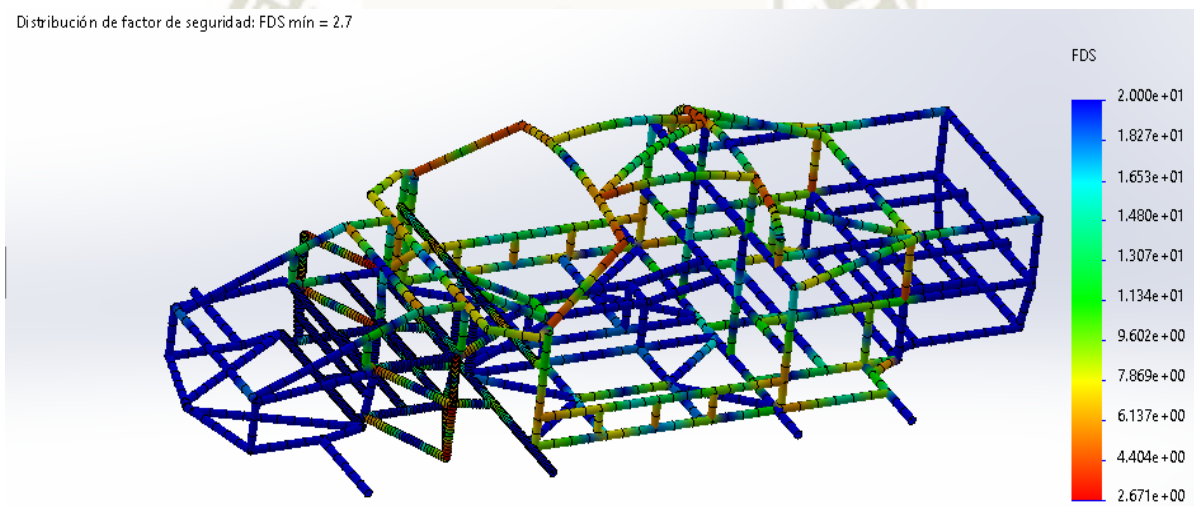


Figura 4.95 Factor de seguridad para rigidez torsional
Fuente: Elaboración propia

Con el dato de la deformación física podemos realizar el procedimiento para calcular el factor de rigidez torsional del vehículo.

$$K = \frac{F * L}{\theta_1 + \theta_2} \quad (4.24)$$

$$K = \frac{F * L}{\theta_1 + \theta_2}$$

$$\theta_1 = \tan^{-1} \left(\frac{\Delta z_1}{\frac{L}{2}} \right)$$

$$\theta_2 = \tan^{-1} \left(\frac{\Delta z_2}{\frac{L}{2}} \right)$$

$$\theta_1 = \tan^{-1} \left(\frac{0.00425 \text{ m}}{\frac{1.705 \text{ m}}{2}} \right)$$

$$\theta_1 = 0.29^\circ$$

$$\theta_2 = \tan^{-1} \left(\frac{0.00425 \text{ m}}{\frac{1.705 \text{ m}}{2}} \right)$$

$$\theta_2 = 0.29^\circ$$

$$K = \frac{3000 \text{ N} * 1.705 \text{ m}}{0.29^\circ + 0.29^\circ}$$

$$K = 8818.96 \text{ N/}^\circ$$

Este valor está en los estándares comunes para vehículos comerciales para el uso diario, cuyos valores mínimos están incluso por debajo en los 8818.96 N/°.

4.19.6 Análisis de carga por puntos de anclaje

Para el ensayo de resistencia de los puntos de anclaje se aplicará la carga mencionada en los tres puntos donde se encastrarían los cinturones de seguridad, para los dos asientos de pasajeros.

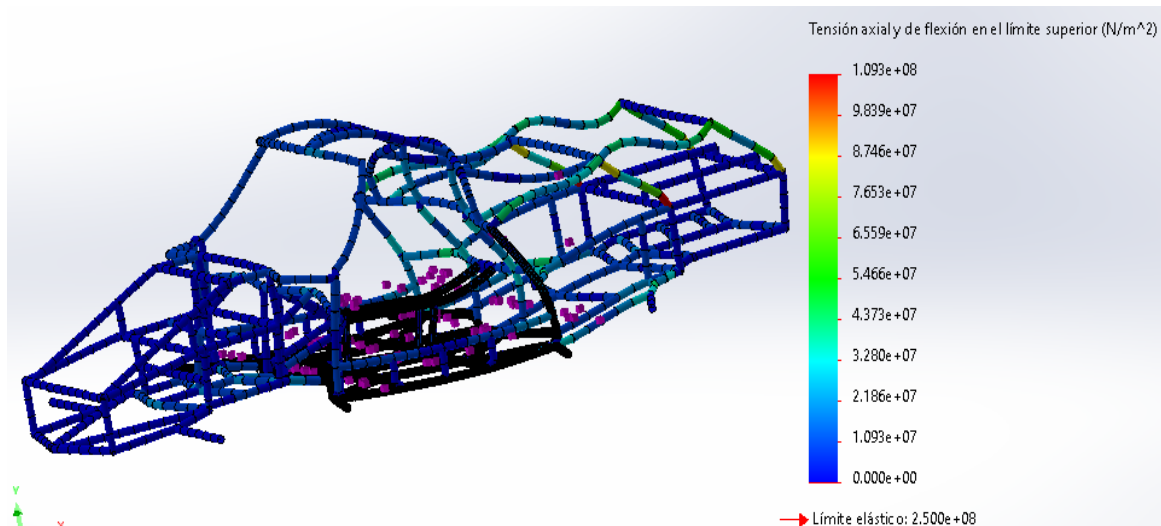


Figura 4.96 Esfuerzos máximos por carga de puntos de anclaje
Fuente: Elaboración propia

El esfuerzo máximo registrado es de 109.3 MPa por lo que es correcto ya que no excede el límite último del material, logrando el chasis absorber los esfuerzos sufridos. La deformación máxima de la estructura producida por los esfuerzos en los anclajes es de 0.62 mm, cuyo es valor es pequeño y este se mantiene en la zona elástica del material de los perfiles como se ve en la figura 4.97.

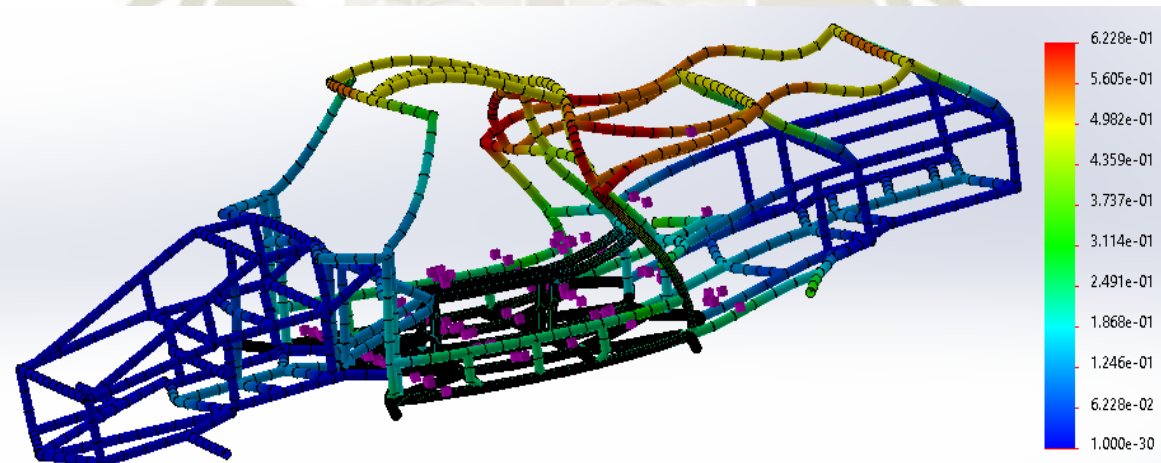


Figura 4.97 Deformación por carga en los anclajes
Fuente: Elaboración propia

- **Factor de seguridad**

La prueba a los anclajes del cinturón de seguridad provocó un esfuerzo máximo de 109.3 MPa sobre el chasis con este valor se puede deducir el factor de seguridad

El factor de seguridad es de:

$$FS = \frac{\sigma_{maximo}}{\sigma_{admisible}}$$

$$FS = \frac{250 \text{ MPa}}{109.3 \text{ MPa}}$$
$$FS = 2.28$$

El factor mínimo de seguridad es de 2.28 por lo que la estructura pasa la prueba de someter los puntos de anclaje a una carga de 2270 kg correspondientes a cada pasajero como denota la figura 4.98.

Distribución de factor de seguridad: FDS min = 2.3

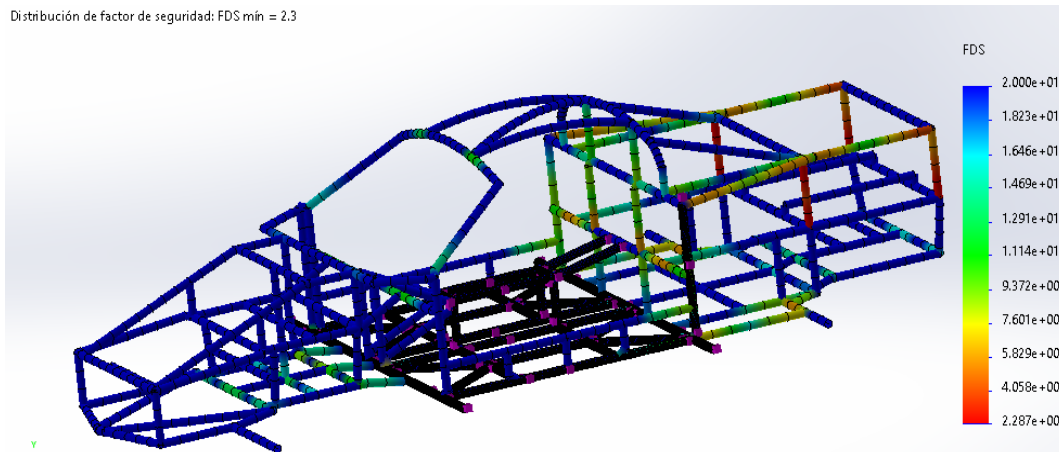


Figura 4.98 Factor de seguridad de los anclajes del cinturón de seguridad
Fuente: Elaboración propia

4.19.7 Análisis de impacto frontal

En caso de colisión del tipo frontal se ejercen grandes esfuerzos sobre la estructura, en estos eventos críticos, el chasis sufre una fuerza frontal que deforma el armazón el cual debe tener un performance adecuado para asegurar la integridad de los ocupantes. Para la simulación del impacto frontal se tomará en cuenta como anclajes solamente los puntos de suspensión traseros y una fuerza perpendicular a la parte delantera del vehículo como se observa en la figura 4.99.

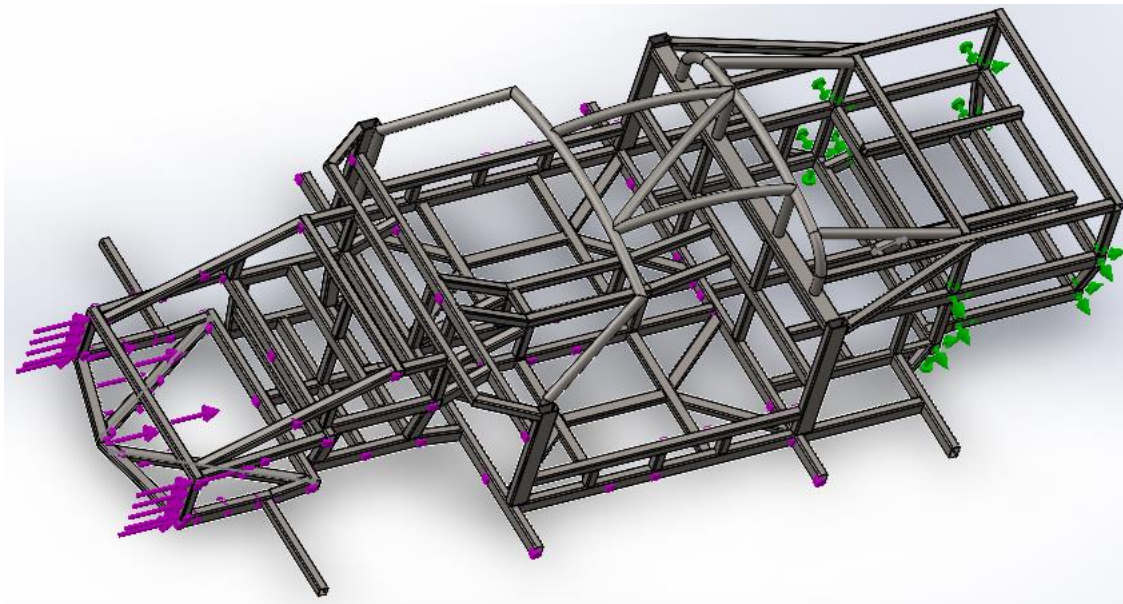


Figura 4.99 Puntos fijos y fuerzas actuantes por impacto frontal
Fuente: Elaboración propia

Para una mejor simulación y análisis, se procede a mallar la estructura enfocando el análisis en la parte delantera, tal y como se muestra en la figura 4.100.

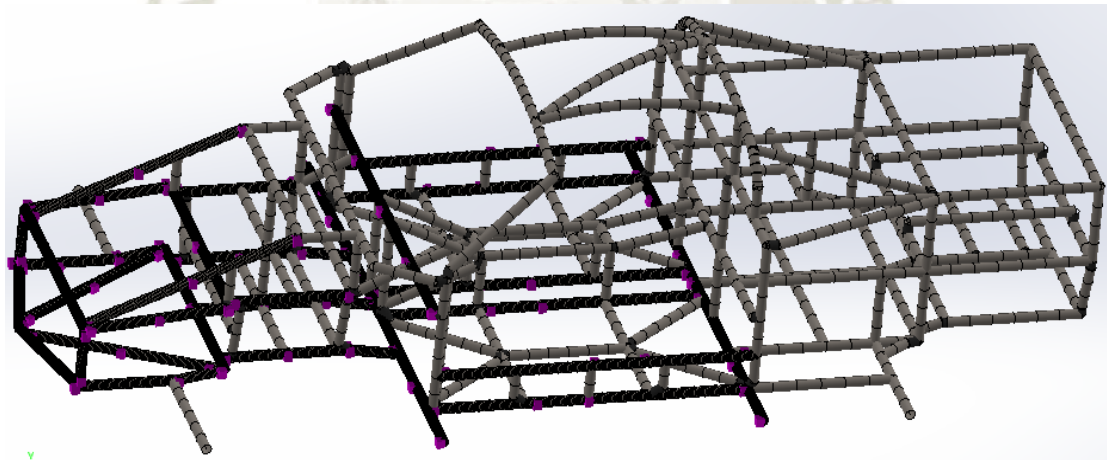


Figura 4.100 Mallado focalizado para impacto frontal
Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la simulación son que la estructura sufrió un esfuerzo máximo de 2238 MPa, este valor es elevado, es debido justamente a que en situaciones críticas como una colisión se pueden alcanzar valores muy grandes sobre las estructuras de los vehículos.

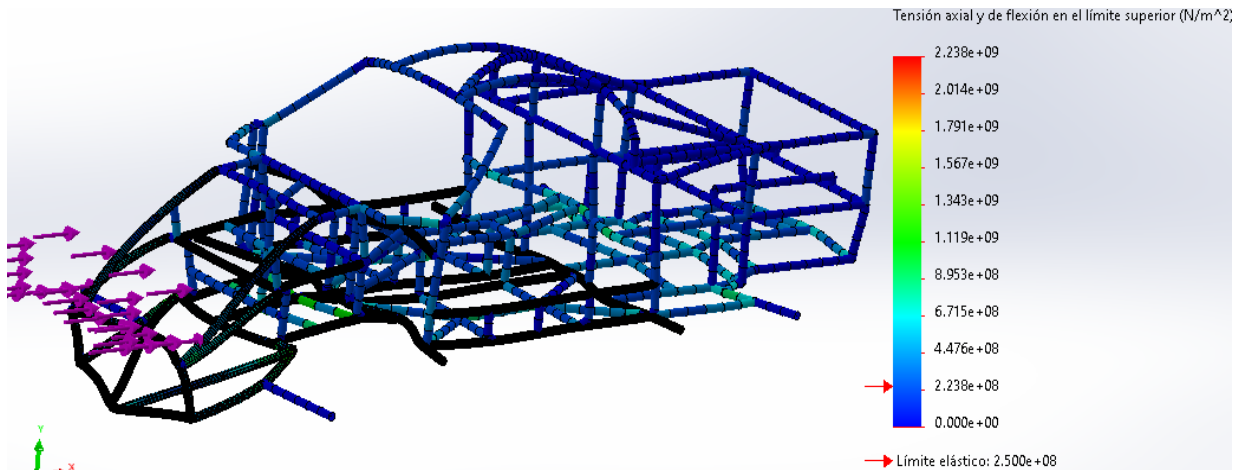


Figura 4.101 Esfuerzo máximo por impacto frontal
Fuente: Elaboración propia

La deformación máxima alcanzada por la estructura es de 39.78 mm, lo cual a pesar de ser un impacto frontal crítico demuestra que la integridad de la estructura se mantiene a pesar de la deformación, garantizando la seguridad del habitáculo.

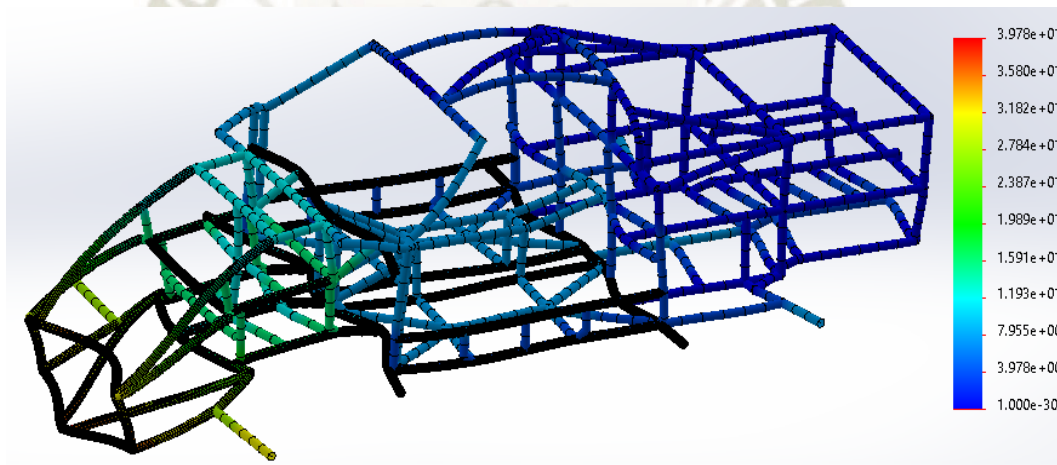


Figura 4.102 Deformación por impacto frontal
Fuente: Elaboración propia

- **El factor de seguridad**

En el caso de colisiones y situaciones críticas y desafortunadas los esfuerzos pueden llegar a valores muy altos puesto que superamos del rango de cedencia del material pasando a esfuerzos de deformación plástica y catastrófica, por tanto, no se tomará en cuenta como un parámetro de referencia, solo el valor que alcanza la deformación de la estructura.

4.19.8 Análisis de impacto Lateral

Se analizará el desempeño de la estructura de chasis ante esfuerzos provocados en caso de una situación crítica tal como una colisión lateral. El chasis debe garantizar la integridad del habitáculo. Los puntos de anclaje serán los puntos de suspensión laterales opuestos a la dirección de la fuerza de impacto, como lo muestra la figura 4.103

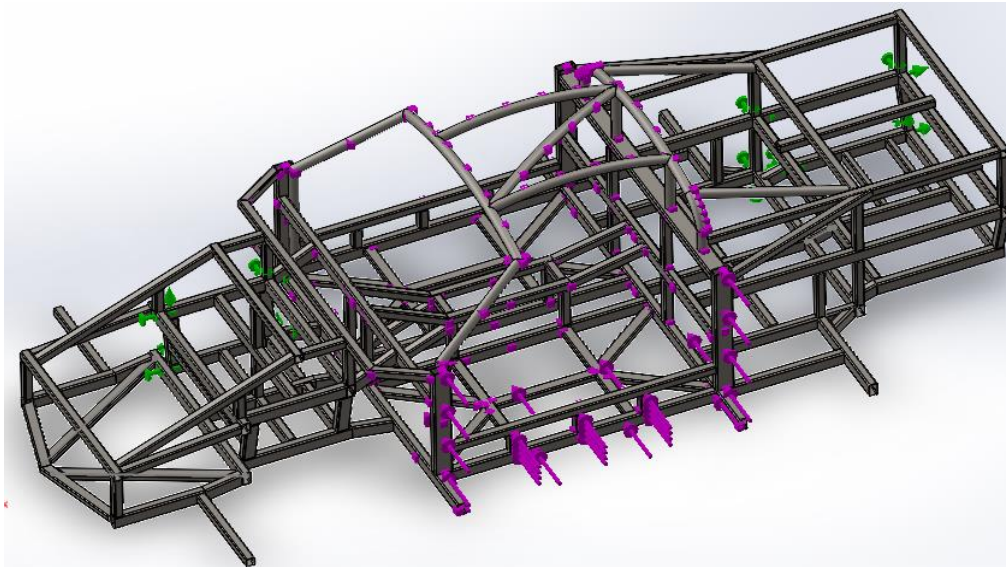


Figura 4.103 Puntos de anclaje y fuerza en la estructura
Fuente: Elaboración propia

El mallado para el análisis hará énfasis en el habitáculo, ya que este sufrirá mayor impacto y deformación en el supuesto de una colisión lateral, además de ser la zona a proteger puesto que conlleva la seguridad de los pasajeros, como expone la figura 4.104

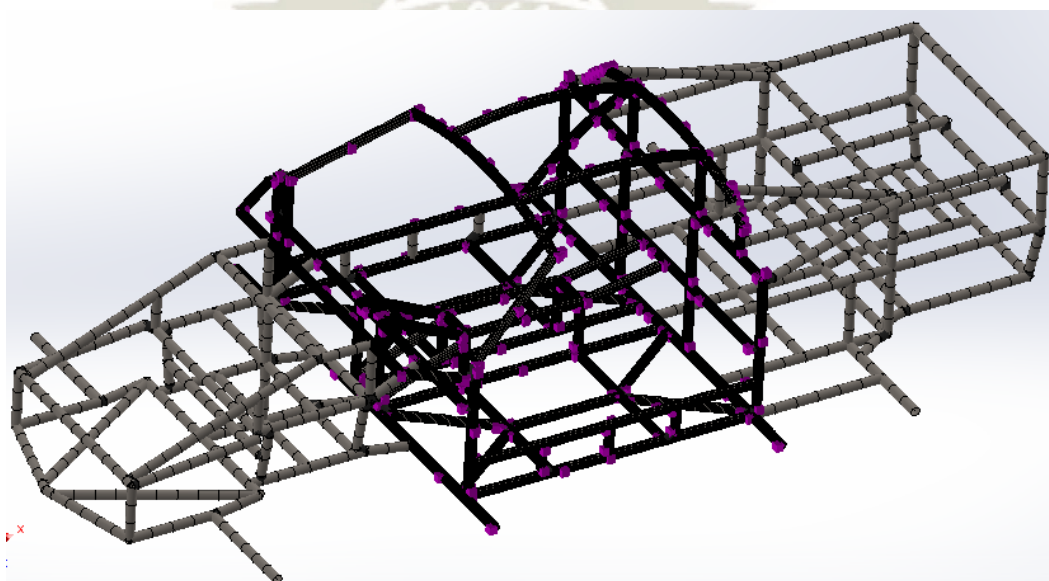


Figura 4.104 Mallado y focalización de la estructura
Fuente: Elaboración propia

El análisis de la simulación de impacto lateral, nos dio como resultado un esfuerzo crítico de 3023 MPa, el cual sobrepasa el valor de límite último del material, por lo que el análisis se enfocara en las deformaciones plásticas sean menores en la cabina.

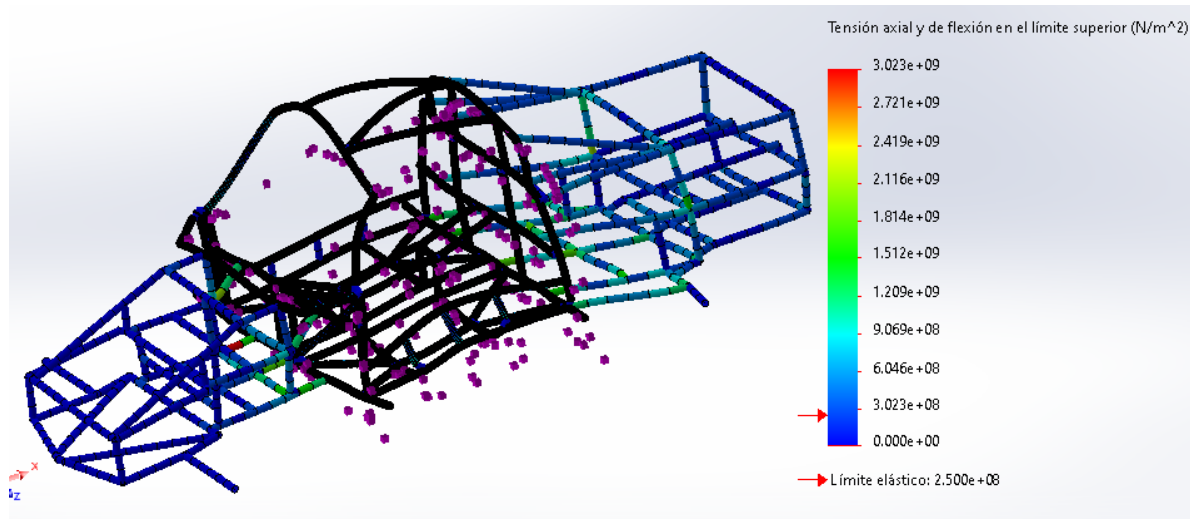


Figura 4.105 Esfuerzos máximos por impacto lateral
Fuente: Elaboración propia

El habitáculo sufrió deformaciones, la más crítica fue de 43.83mm en la zona del impacto lo que indica que, a pesar de los grandes esfuerzos, el habitáculo garantiza la seguridad de los pasajeros.

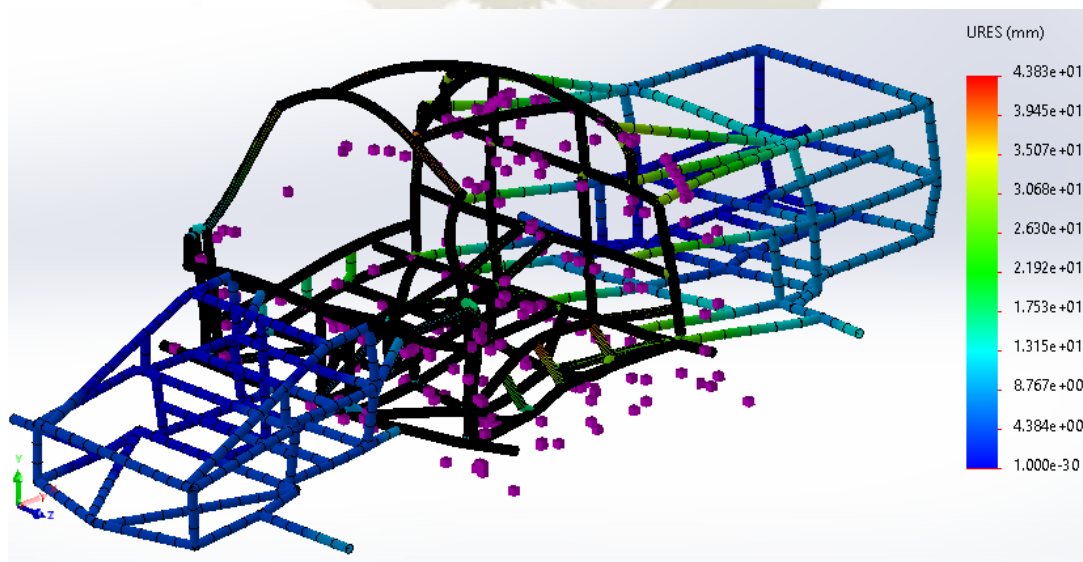


Figura 4.106 Deformación el chasis por impacto lateral
Fuente: Elaboración propia

4.19.9 Análisis por Volcadura.

En caso de una volcadura la integridad estructural del habitáculo debe asegurar que los pasajeros no sufran daños. Como tal se colocará como puntos fijos los anclajes inferiores de la suspensión y la fuerza se dará en el techo de la estructura.

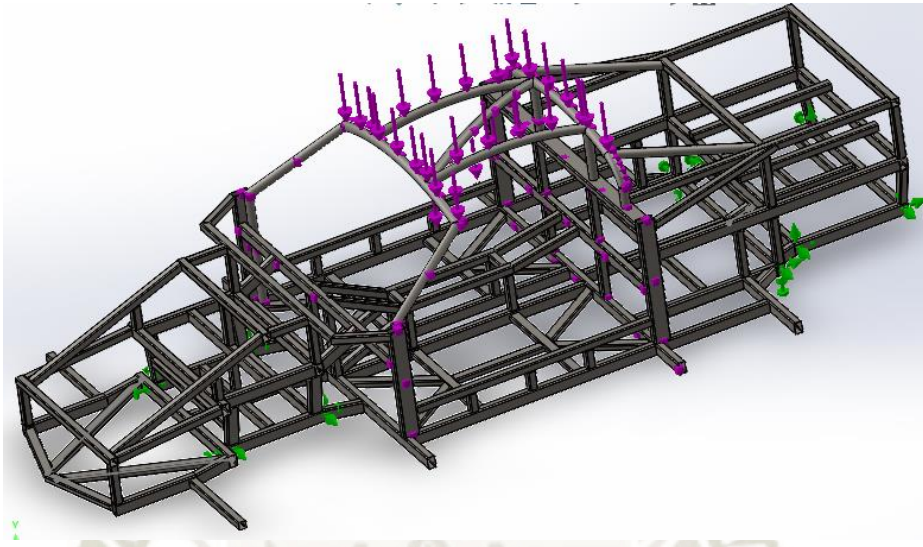


Figura 4.107 Puntos de anclajes y fuerzas durante el volcamiento
Fuente: Elaboración propia

La simulación, nos da como resultado un esfuerzo, máximo de 1200 MPa, la cual excede el límite elástico del material, produciendo, una deformación plástica del habitáculo, como se detalla en la figura 4.108.

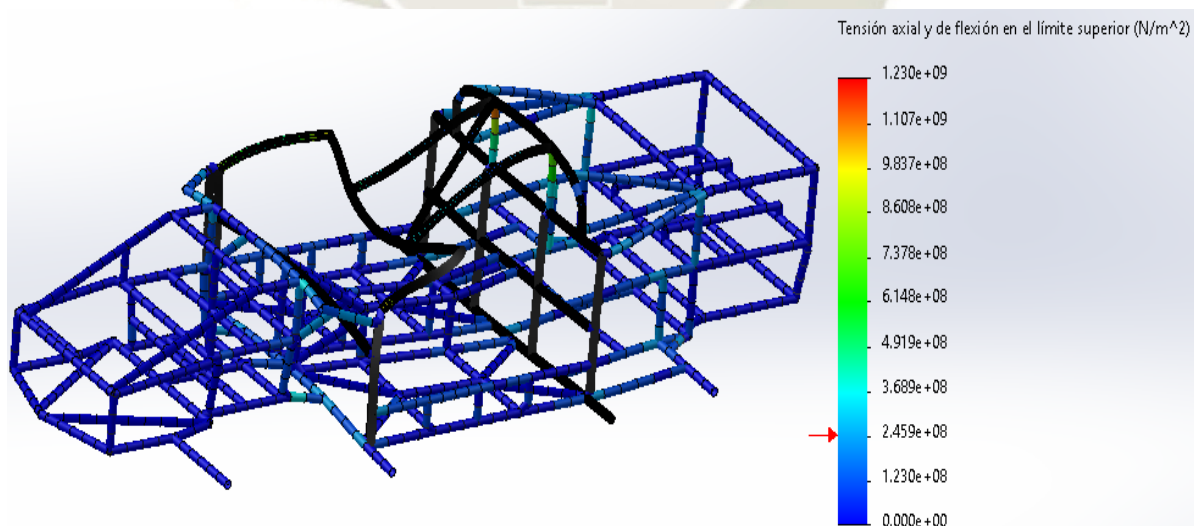


Figura 4.108 Esfuerzos máximos por volcamiento
Fuente: Elaboración propia

El resultado de la deformación del habitáculo en su punto más crítico fue de 31.23 mm, como tal a pesar de esta elongación la integridad estructural se mantiene ya que en otras secciones de la estructura donde se ubica el pasajero la deformación llega a 18.74 mm por lo que se considera un valor seguro.

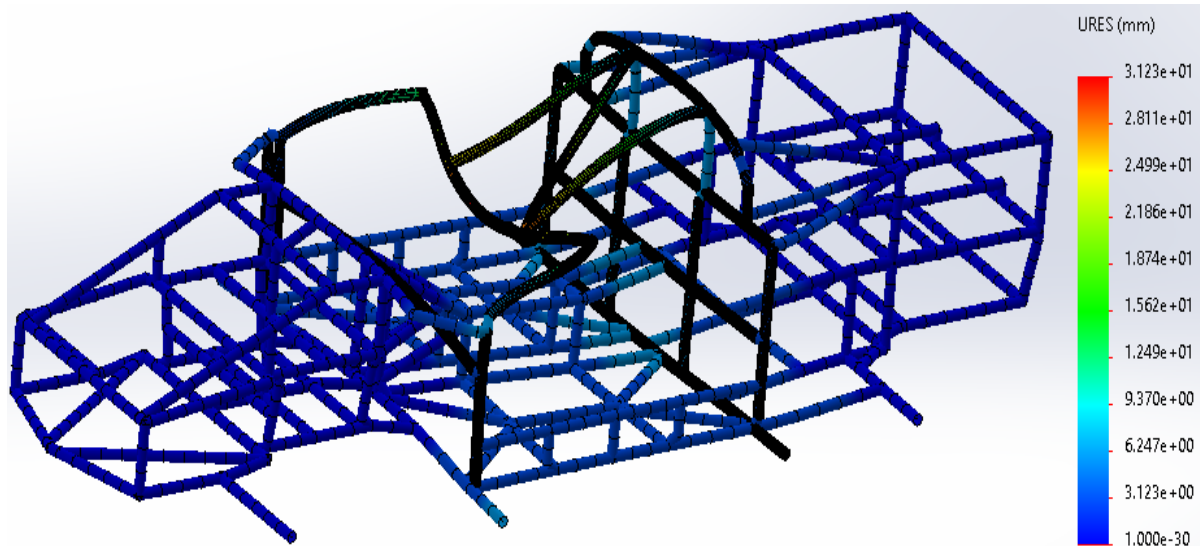


Figura 4.109 Deformación del habitáculo por volcadura
Fuente: Elaboración propia

4.20 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

Producto de las simulaciones de la estructura de chasis en sus diferentes cargas podemos hacer una valoración e interpretación de los procesos de simulados y poder verificar y aprobar su desempeño según las expectativas esperadas.

4.20.1 Desempeño ante cargas estáticas

La estructura de chasis ante cargas estáticas es capaz de soportar los esfuerzos con deformaciones elásticas mínimas inferiores a 1 mm por lo que es capaz de acarrear no solo con su carga viva que consta de los pasajeros si no de las cargas muertas que corresponden a los sistemas y componentes principales y en especial poder acarrear con su propio banco de baterías, el chasis está preparado para afrontar cargas como el peso de la carrocería acoplada a él, y demás elementos ya mencionados anteriormente lo cual es esencial en esta gama de vehículos.

4.20.2 Desempeño en cargas dinámicas

La estructura de chasis también está sometida al movimiento que es producido durante un momento de conducción el cual produce efectos y las diferentes cargas ya analizadas, se tomaron movimientos críticos, aunque con poca probabilidad de llevar estos esfuerzos de forma continua debido a las cualidades de manejo de un transporte urbano, aun con estos eventos críticos la estructura en las simulaciones tuvo un performance correcto que garantiza la funcionabilidad de la estructura, teniendo deformaciones elásticas mínimas y cuyo valor máximo se registró en el ensayo de torsión en los puntales últimos de un brazo de suspensión y no en si la estructura de chasis, lo que demuestra que la estructura tiene la flexibilidad de absorber las cargas producidas en movimiento

La rigidez torsional está en un valor bueno y bajo estándares correctos comparados a otros vehículos comerciales como tal la estructura puede resistir torsiones ya que el chasis donde se acopla el tren delantero no sufrió grandes deformaciones elásticas llegando al promedio de 1.7 mm, y esto es muy correcto demostrando que la estructura puede afrontar cómodamente la transferencia de cargas ante acciones como frenados, y aceleraciones.

La carga producida para los cinturones de seguridad también es aprobada, y su desempeño acorde a la normativa, de cargarlos con 2270 kg por lo que la estructura está proyectada a cumplir y ser segura y sobrellevar los esfuerzos producida por los elementos de seguridad como los cinturones de seguridad, y que protegerán a los pasajeros ante eventos ,muy críticos producto de la conducción.

4.20.3 Desempeño ante cargas por colisiones

Las estructuras deben estar preparadas para soportar grandes esfuerzos críticos producidos durante eventos desafortunados como las colisiones, en caso de impacto frontal, lateral o una volcadura, las simulaciones demuestran que la estructura se comporta de tal manera que asegura la integridad estructural del chasis y sobre todo el área del habitáculo de los pasajeros y con ello la seguridad de los ocupantes, teniendo solamente pequeñas deformaciones plásticas equivalentes a un promedio de 38.28mm debido al impacto, pero el objetivo principal que es mantener el habitáculo resguardado lo mejor posible, se logra conseguir.

Siguiendo la metodología para el desarrollo del vehículo, la estructura de chasis en general ha pasado la diferente variedad de pruebas, producto de las cargas aplicadas a su estructura, por lo que queda validada para poder seguir desarrollando los sistemas complementarios del vehículo.

4.21 SISTEMA DE SUSPENSIÓN DEL VEHÍCULO

Como parte principal del vehículo la suspensión es complementaria para su desempeño y como tal deberá ser diseñada y de esta forma concretar el desarrollo del vehículo eléctrico y que soporte la estructura y brinde confort a los pasajeros, durante la conducción.

4.22 SELECCIÓN DE TIPO DE SUSPENSIÓN

En el capítulo del marco teórico, se hizo referencia a la existencia de varios tipos de suspensión, su funcionamiento y su uso según el tipo de vehículo. Para la fabricación de un sistema de suspensión se tiene que seleccionar un tipo de suspensión que satisfaga las necesidades del vehículo, el confort, y que sea de fácil construcción. Poder discernir el tipo de suspensión más adecuada será basado en una tabla de puntajes ponderados.

Tabla 4.21 Puntajes ponderados de suspensión

Parámetros	Factor	Opciones		
		Doble horquilla	McPherson	Eje oscilante
Rigidez	20%	7	5	5
Eficiencia estructural	20%	8	6	7
Peso	10%	6	7	6
Área ocupada	15%	5	8	7
Facilidad para la construcción	35%	8	5	7
Puntaje Total		7.15	5.85	6.5


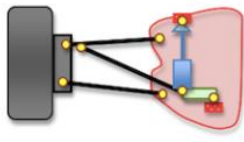
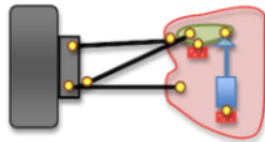
Fuente: Elaboración propia

Como resultado de la tabla de puntajes ponderados se seleccionó el sistema de doble horquilla ya que cumple con las características en especial la de facilidad de construcción la cual es importante para implementar el sistema de suspensión.

4.23 ELECCIÓN DE SISTEMA DE ACCIONAMIENTO DE RESORTE

Una vez seleccionado el tipo de suspensión se debe elegir qué sistema de accionamiento podrá transmitir los movimientos verticales de las ruedas de suspensión hacia los amortiguadores. Entre los métodos más conocidos se seleccionará la opción más adecuada para el vehículo. Existen básicamente tres tipos de sistema que se adecuan a la suspensión de doble horquilla o doble tijera, estos son la directa y el tipo pull-rod y el tipo push-rod, cuyos funcionamientos se detallan en la tabla 4.22.

Tabla 4.22 Características de sistema de accionamiento de resorte

Sistema	Directa	Pull-rod	Push-rod
			
Características	El conjunto del amortiguador se coloca de forma directa sobre los brazos de control de suspensión	El movimiento vertical de la rueda se transmite a través de una barra que trabaja a tracción utilizando un rocker o balancín hacia al conjunto del amortiguador	El movimiento de la rueda se transmite a través de una rueda que trabaja a compresión mediante el rocker o balancín hacia el conjunto del amortiguador

Fuente: Elaboración propia

Una vez comprendido los tipos de accionamiento de muelle se procede a seleccionar la mejor opción para implementarse en el vehículo a través de una tabla de puntaje ponderado, tomando en cuenta las características principales ya descritas con anterioridad, enfocándose en su facilidad de construcción, es decir cual contribuirá de forma más sencilla para adaptarse a la geometría buscada para la suspensión, así como la eficiencia estructural y el área que necesita para funcionar , como lo detalla la tabla 4.23.

Tabla 4.23 Puntajes ponderados de sistema de accionamiento de resorte

Parámetros	Factor	Directa	Opciones	
			Push Roll	Push Rod
Rigidez	15%	7	8	8
Eficiencia estructural	20%	6	8	9
Peso	10%	7	6	6
Área ocupada	20%	5	6	7
Facilidad para la construcción	35%	6	6	7
Puntaje Total		6.5	6.8	7.5

Fuente: Elaboración propia

Como resultado se elige el sistema push rod para el accionamiento del conjunto del amortiguador, ya que es un sistema eficiente estructuralmente, es rígido y con una facilidad de construcción que nos permitiría una mejor y más fácil implementación y sobre todo una gran flexibilidad al momento de poder calibrar la geometría angular más adecuada para el ensamblaje de la suspensión.

4.24 SUSPENSIÓN DELANTERA.

El vehículo necesita absorber las diferencias, depresiones y obstáculos que se encuentren en el camino como tal se debe tomar en cuenta la distribución de pesos la cual se calculara partiendo primeramente encontrando el centro de gravedad del vehículo.

El sistema de doble tijera con push rod, ha sido elegido como el sistema más adecuado ya que es de más fácil construcción y cualquier modificación geométrica es mucho más sencillo y flexible que otros sistemas.

Teniendo en cuenta el sistema a diseñar. Se procederá a seleccionar sus componentes principales los cuales son:

- Los Neumáticos
- Los Brazos de control
- La Barra push rod
- Los rockers o balancines
- El amortiguador

4.25 LOS NEUMÁTICOS

Son los elementos que generan el agarre con el asfalto y el movimiento del vehículo, tomando en cuenta las prestaciones que nuestro vehículo va a cumplir al tener una estructura con un perfil bajo y ser biplaza, consideramos tener neumáticos para un aro 20, que no solo aporta su función de rueda si no también estético. La figura 4.110, grafica las representaciones del aro y el neumático a utilizar.

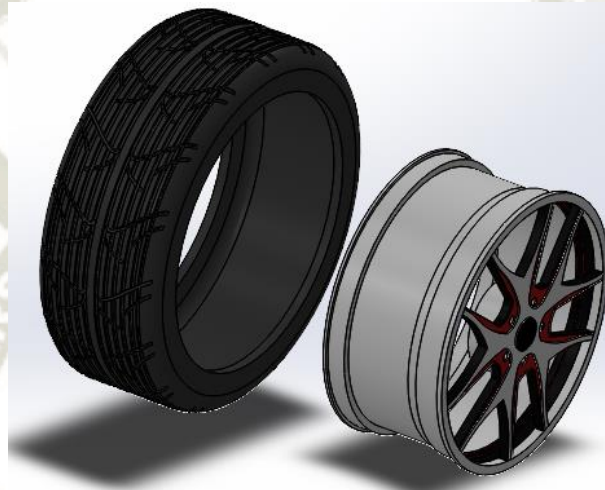


Figura 4.110 Representación 3d del neumático y aro
Fuente: Elaboración propia

4.26 GEOMETRÍA DELANTERA.

Como se refirió en el marco teórico, los ángulos delanteros son importantes para el desempeño de la suspensión como tal debemos tomar en cuenta primeramente la geometría de la estructura de chasis en vista frontal para de esta forma, conocer distancias y puntos para la colocación de los brazos de control y sus correspondientes anclajes, como se aprecia en la figura 4.111.

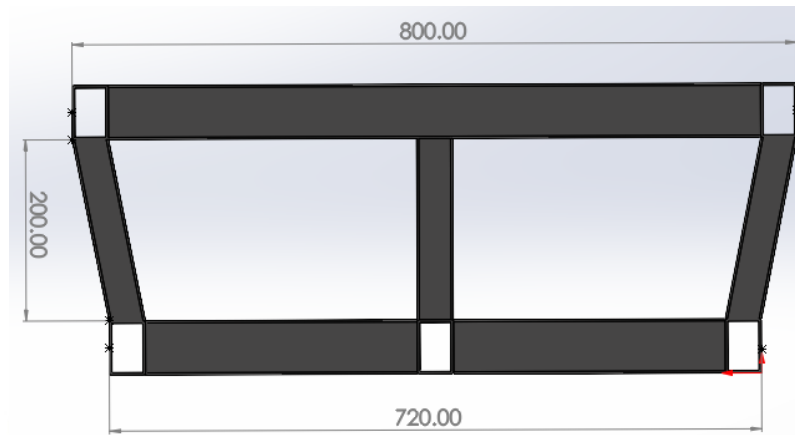


Figura 4.111 Vista frontal de estructura delantera
Fuente: Elaboración propia

En datos tratados anteriormente, el ancho del vehículo será de 1950 mm, como tal las ruedas delanteras estarán separadas esta distancia. Tomando en cuenta el distanciamiento de las ruedas se debe seleccionar el nudillo de dirección que pueda facilitar la construcción el tipo de suspensión delantera, así como el diseño de brazos de control adecuados para conseguir la geometría de accionamiento tipo push rod buscado.

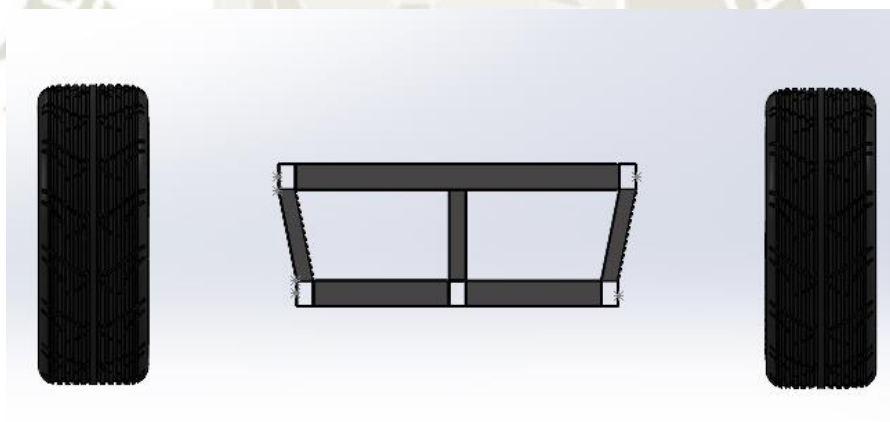


Figura 4.112 Distanciamiento entre las ruedas delanteras
Fuente: Elaboración propia

4.27 BRAZOS DE CONTROL.

4.27.1 Brazo inferior de suspensión

Como componentes principales de la suspensión se deberán dimensionar en base a las medidas generales del vehículo y el tamaño de las ruedas, como se especificó anteriormente.

El material a utilizar es el perfil tubular de ASTM 500 y una plancha de acero laminado en caliente de 4 mm de ancho.

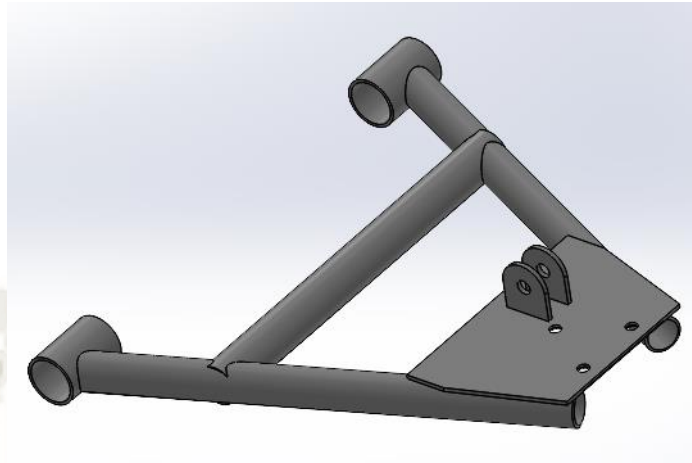


Figura 4.113 Brazo inferior de suspensión delantera
Fuente: Elaboración propia

4.27.2 Rótulas

Son elementos mecánicos que permiten articular los brazos de suspensión con el nudillo de dirección permitiendo no solo un movimiento ascendente y descendente, añadiendo también movimientos laterales propios de la dirección. Para la suspensión se usará una rótula con 3 pernos de anclaje.



Figura 4.114 Rotula de suspensión delantera y diseño 3d
Fuente: Elaboración propia

Con la rótula se puede completar el ensamblaje del brazo inferior de la suspensión. El software nos permite acoplar elementos, dándonos como resultado el modelo 3d, que se observa en la figura 4.115.

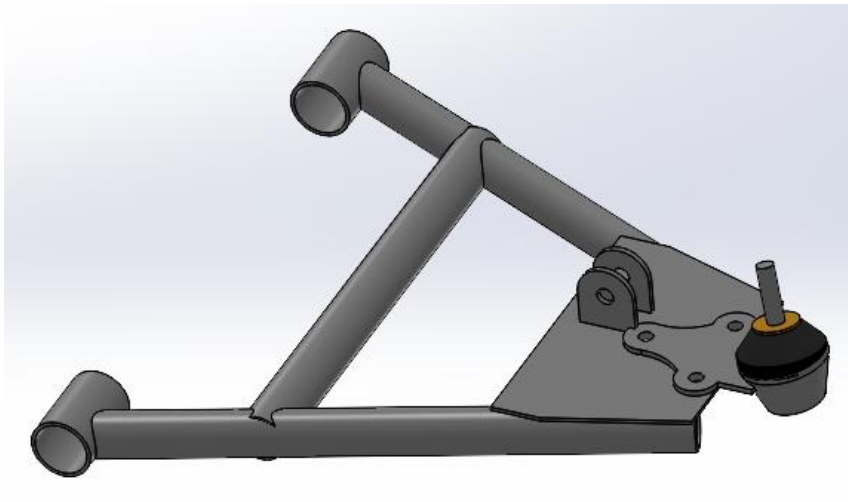


Figura 4.115 Ensamblaje 3d del brazo de suspensión
Fuente: Elaboración propia

4.27.3 Brazo superior de suspensión

El brazo superior de la suspensión al igual que el inferior actúan en conjunto para transmitir los movimientos de las irregularidades de la conducción. El material a utilizar serán los mismos que el brazo inferior, el modelo se visualiza en la figura 4.116.

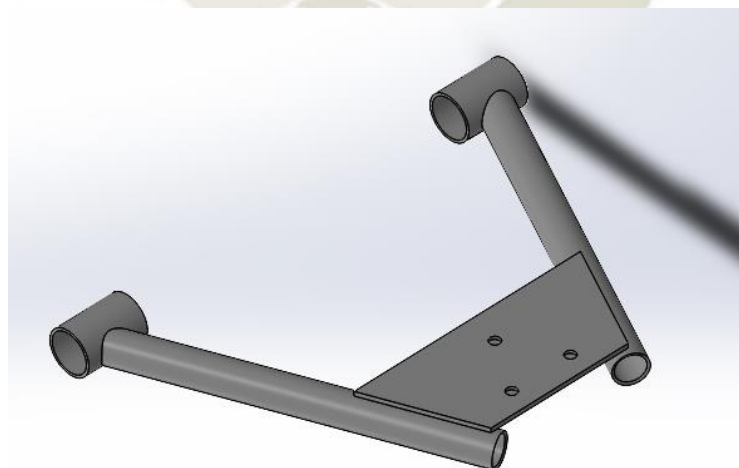


Figura 4.116 Brazo superior de suspensión delantera
Fuente: Elaboración propia

Al igual que el brazo de control inferior, se colocará una rotula para articular la función de dirección en el ensamble.

4.27.4 Brazo inferior trasero de suspensión

De la misma forma que los brazos de control delanteros, la suspensión trasera también contara con un sistema push rod, solo teniendo como principal diferencia que la mangueta trasera la cual sostiene los brazos no tiene función de dirección por lo que se enfoca solamente en los movimientos verticales de las ruedas producto del manejo

El material a utilizar será el mismo que la suspensión delantera y con ello y tomando la distribución de la estructura trasera se elaborará un modelo tridimensional que nos ayudará a ilustrar y realizar análisis.

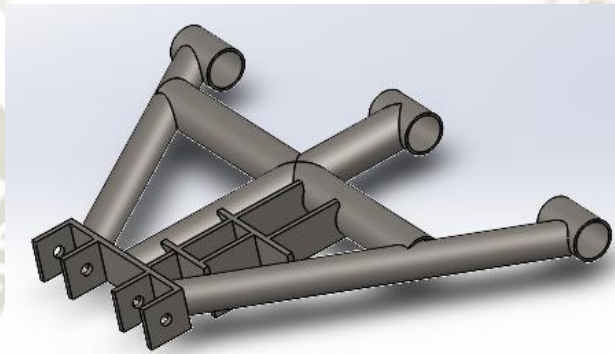


Figura 4.117 Modelo 3d del brazo inferior de suspensión trasera
Fuente: Elaboración propia

4.27.5 Brazo superior trasero de suspensión

Para completar el ensamble de brazos de control de suspensión, también es necesario representar el brazo superior que se une con la mangueta, por geometría y facilitar el desplazamiento el brazo superior es geométricamente más corto que el superior y tendrá como material y perfiles los mismos que los demás brazos de control.

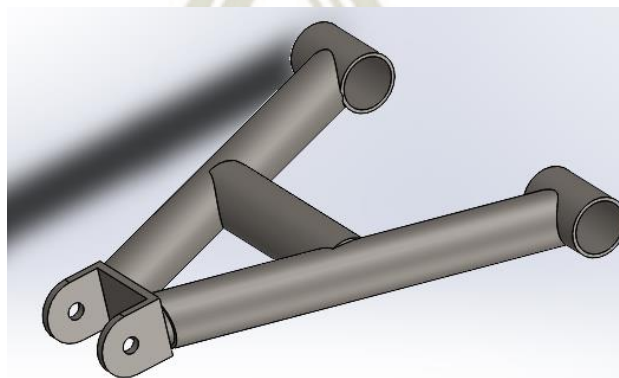


Figura 4.118 Brazo superior de suspensión trasera
Fuente: Elaboración propia

4.28 GEOMETRÍA DE SUSPENSIÓN

4.28.1 Suspensión delantera

Para obtener resultados, de los ángulos de la suspensión delantera se usará un programa gratuito que ilustra de manera visual la distribución de la suspensión y del cual se obtienen datos principales de la geometría de la suspensión.

Teniendo la distancia de los brazos, el ancho total y la geometría frontal de la estructura y tamaño de las ruedas se puede calcular los ángulos de la geometría delantera de la suspensión. El software libre a utilizar es VSUSP. Una vez puesto los datos se obtuvo como resultado una ubicación del centro de rotación a 12mm del suelo, como se aprecia en la figura 4.119.

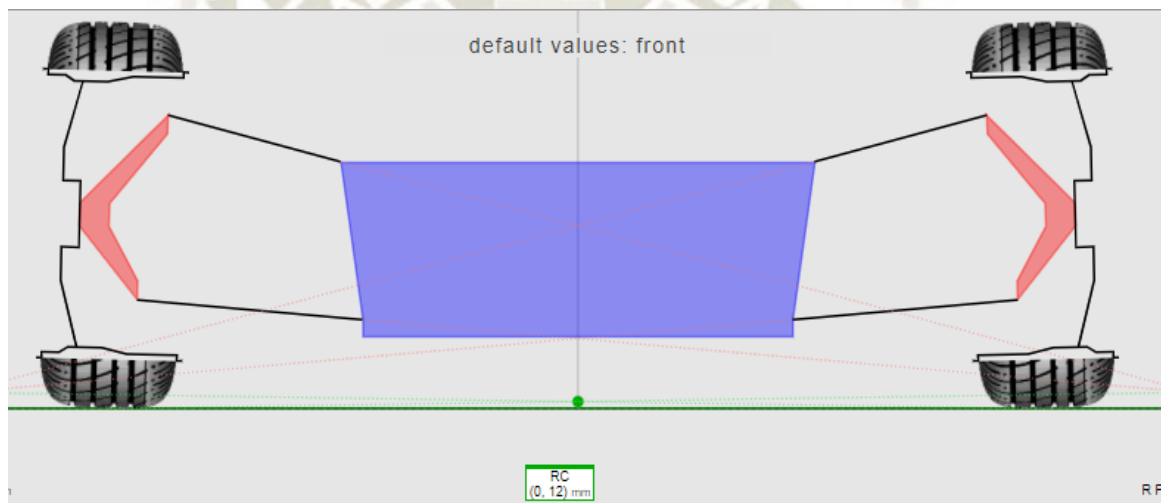


Figura 4.119 Geometría de centro de rotación
Fuente: Elaboración propia

El ángulo camber fue de -1.43 grados por lo tanto cumple con parámetros generales que mejoran el agarre al asfalto en caso de curva y que podríamos encontrar en vehículos que figuran en el mercado.

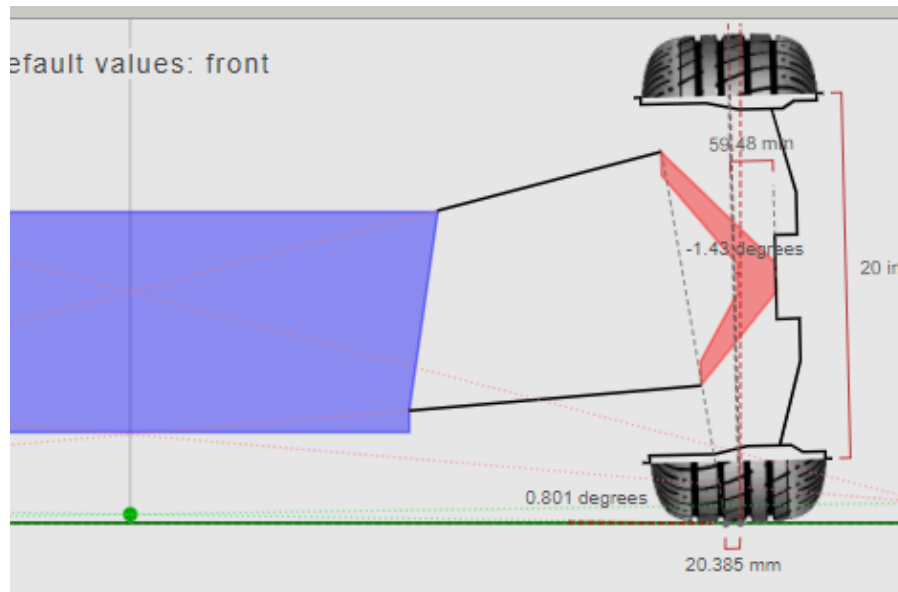


Figura 4.120 Ángulo camber de la suspensión
Fuente: Elaboración propia

El ángulo de salida o king pin es de 9.81° como se ve en la figura 4.121. Con toda esta información podemos continuar con un análisis de los brazos de control de la suspensión.

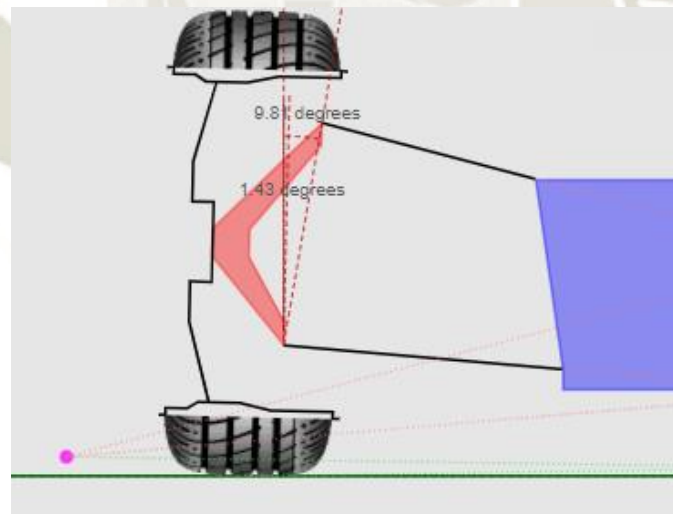


Figura 4.121 Ángulo de salida o king pin de la suspensión
Fuente: Elaboración propia

4.28.2 Geometría suspensión trasera

Una vez obtenido las dimensiones y partes de la suspensión trasera se puede calcular su geometría a través de la misma forma que la suspensión trasera.

Con el análisis gracias al software de Vsusp, encontramos que el centro de balanceo de la suspensión trasera está por encima del suelo a 63 mm

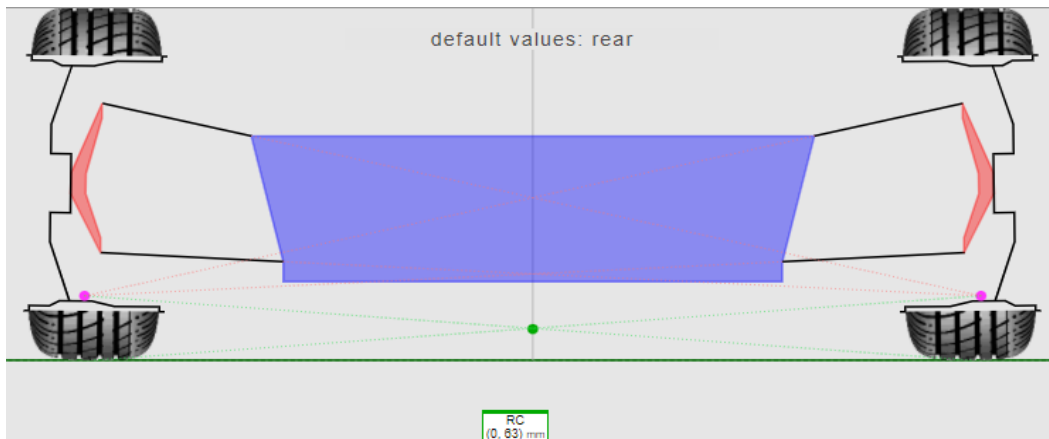


Figura 4.122 Centro de balanceo de la suspensión trasera
Fuente: Elaboración propia

El ángulo camber registrado es de -0.598° al ser negativo este permite un mejor agarre en las curvas y se puede apreciar en la figura 4.123. Como tal la estructura de la suspensión tendría un desempeño estructural correcto para su funcionalidad en el vehículo.

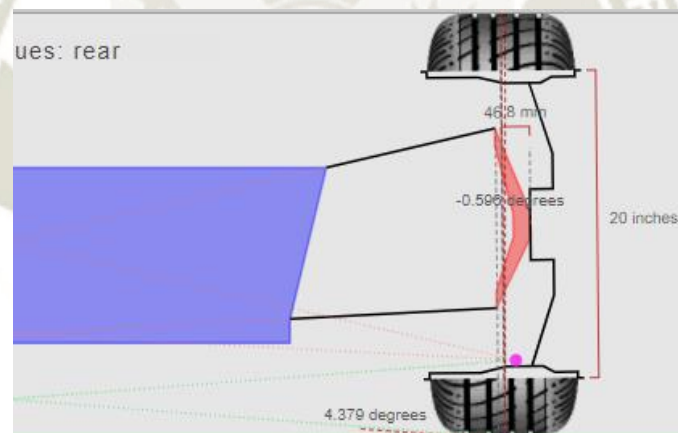


Figura 4.123 Ángulo camber de la suspensión trasera
Fuente: Elaboración propia

4.29 DISTRIBUCIÓN DE PESOS

Para poder encontrar como se distribuye el peso de los componentes tanto en el eje delantero como trasero es necesario conocer el centro de gravedad de la estructura, la distancia de los ejes con respecto a este punto, y la longitud de la batalla del vehículo.

4.30 CENTRO DE GRAVEDAD

El centro de gravedad del vehículo se puede calcular a través del mismo software utilizando el cálculo de propiedades físicas del ensamble y ella nos proporciona las

distancias. La figura 4.124, nos permite apreciar justamente esta demarcación y data de esta estructura.

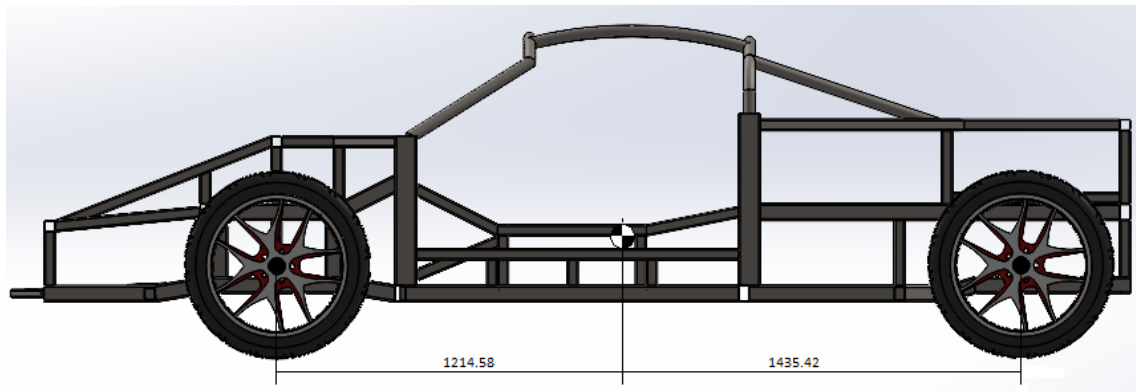


Figura 4.124 Centro de masas del chasis del vehículo
Fuente: Elaboración propia

La distancia entre eje delantero y el centro de masas es de 1214.58mm y la distancia entre el eje trasero y el centro de masas es de 1435.42mm.

Para poder calcular la distribución de pesos se debe hacer una sumatoria de momentos en el eje delantero referenciado por el punto A y así conseguimos las ecuaciones base para el cálculo.

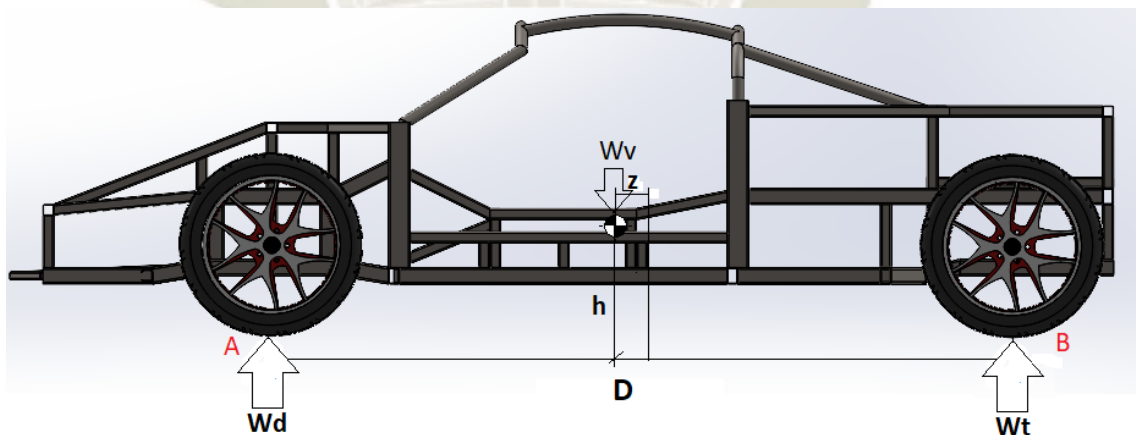


Figura 4.125 Disposición de masas y distancias del vehículo
Fuente: Elaboración propia

Sumatoria de momentos en A

$$\sum MA = 0 \text{ } \cup \text{ } +$$

$$W_t * D - W_v * \left(\frac{D}{2} - z\right) = 0 \quad (4.25)$$

Sumatoria de momentos en B

$$\sum MB = 0 \cup +$$

$$-W_d * D + W_v * \left(\frac{D}{2} + z\right) = 0$$

Al despejar W_t y W_d se obtiene

$$W_t = \frac{W_v}{2} - \frac{W_v * z}{D}$$

$$W_d = \frac{W_v}{2} + \frac{W_v * z}{D}$$

Donde los valores son:

W_d = porcentaje de peso distribuido en el eje delantero

W_t = porcentaje de peso distribuido en el eje trasero

W_v = peso total del vehiculo = 100%

D = distancia entre ejes = 2650 m

z = distancia longitudinal entre el eje neutro y el CG = 110.42 mm

$$W_d = \frac{100\%}{2} + \frac{100\% * 110.42 \text{ mm}}{2650 \text{ mm}}$$

$$W_d = 54.17\%$$

$$W_t = \frac{100\%}{2} - \frac{100\% * 110.42 \text{ mm}}{2650 \text{ mm}}$$

$$W_t = 45.83\%$$

Con el porcentaje se calcula el peso total soportado por el eje delantero.

$$m_{vehiculo} = 1129.37 \text{ kg}$$

$$m_{ejedelantero} = 1129.37 \text{ kg} \times 54.17\% \quad (4.26)$$

$$m_{ejedelantero} = 1129.37 \text{ kg} \times 54.17\%$$

$$m_{ejedelantero} = 611.78 \text{ kg}$$

Con el porcentaje se calcula el peso total soportado por el eje trasero.

$$m_{vehiculo} = 1129.37 \text{ kg}$$

$$m_{ejetrasero} = 1129.37 \text{ kg} \times 45.83\% \quad (4.27)$$

$$m_{ejetrasero} = 517.59 \text{ kg}$$

4.31 TRANSFERENCIA DE PESO DURANTE EL FRENADO

En un evento de frenado la suspensión también actúa y ocurre una transferencia de masas de forma longitudinal hacia el eje delantero. En el apartado de cargas se utilizó una desaceleración promedio cuyo valor se utilizará como dato de análisis para este cálculo de transferencia de masa.

$$\text{desaceleración} = 3.4 \frac{m}{s^2}$$

$$w_f = \frac{m * a * h}{l} \quad (4.28)$$

$$w_f = \frac{1129.37 \text{ kg} * \frac{3.4m}{s^2} * 0.387m}{2.650m}$$

$$w_f = 560.76 \text{ N}$$

$$w_f = 57.22 \text{ kg}$$

Tomando en cuenta el porcentaje de distribución de pesos durante una carga de frenado que se transfiere al eje delantero se calcula.

$$w_{ft} = (1129.37 \text{ kg} * 54.17\%) + (57.22 \text{ kg})$$

$$w_{ft} = 668.99 \text{ Kg}$$

y la carga en cada rueda de 668.99 kg es de 334.49 kg

4.32 TRANSFERENCIA DE PESO DURANTE LA ACELERACIÓN

La aceleración produce también esfuerzos sobre la suspensión ya que se producen transferencia de masas hacia el eje trasero. En el apartado de cargas se utilizó una aceleración,

para este análisis se utilizará un valor para la aceleración equivalente inverso a la desaceleración, ya que este dato es más crítico.

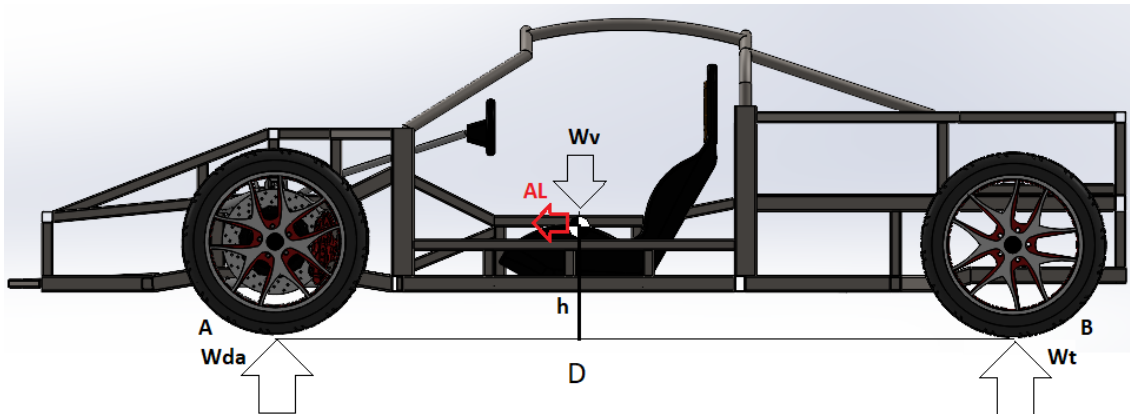


Figura 4.126 Distribución de fuerzas durante aceleración
Fuente: Elaboración propia

Sumatoria de momentos en B

$$\begin{aligned} \sum MB &= 0 \quad \cup + \\ W_{da} * D &= W_v * h * A_L \\ W_{da} &= \frac{W_v * h * A_L}{D} \end{aligned} \quad (4.29)$$

Donde tenemos:

W_{da} = masa transferida al eje trasero

D = distancia entre ejes = 2650 m

h = altura del centro de gravedad = 387.68mm

W_v = peso total del vehículo = 1129.37 kg

aceleración = $3.4 \frac{m}{s^2}$

aceleración = $3.4 \frac{m}{s^2} \div 9.80 \frac{m}{s^2}$

aceleración = 0.35 gs

$$W_{da} = \frac{W_v * h * A_L}{D}$$

$$w_{da} = \frac{1129.37 \text{ kg} * 0.35 * 0.38768 \text{ m}}{2.650 \text{ m}}$$

$$w_{da} = 57.83 \text{ kg}$$

Tomando en cuenta el porcentaje de distribución de pesos que se transfieren al eje trasero se calcula la carga total de la aceleración.

$$w_{at} = (1129.37 \text{ kg} * 45.83\%) + 57.83 \text{ kg}$$

$$w_{at} = 575.42 \text{ Kg}$$

y la carga en cada rueda de 575.42 kg es de 287.71 kg

4.33 VELOCIDAD CRÍTICA DE VUELCO

El vehículo al entrar a una curva experimenta fuerzas normales y centrífuga, las cuales influencia en su agarre a la pista, todos los parámetros se ven relacionados con la velocidad a la que el vehículo toma la curva, el peralte de la misma, por tanto, es un elemento crítico para poder analizar no solo el desempeño estructural si no de otros elementos como la suspensión ya que esta acción produce transferencia de masas laterales.

Con un peralte igual a 5°

$$V_{Limv} = \sqrt{g \cdot R * \frac{\frac{B}{2h} + \tan \alpha}{1 - \frac{B}{2h} * \tan \alpha}} \quad (4.30)$$

$$V_{Limv} = \sqrt{9.80 \frac{m}{s^2} \cdot 35m * \frac{\frac{1.705m}{2 * 0.387 m} + \tan 5}{1 - \left(\frac{1.705m}{2 * 0.387 m} * \tan 5\right)}}$$

$$V_{Limv} = 31.29 \frac{m}{s}$$

$$V_{Limv} = 112.645 \frac{Km}{h}$$

Con un peralte igual a 0

$$V_{Limv} = \sqrt{g \cdot R \cdot \frac{B}{2h}} \quad (4.31)$$

$$V_{Limv} = \sqrt{9.80 \frac{m}{s^2} \cdot 35m \cdot \frac{1.705}{2 \cdot 0.387}}$$

$$V_{Limv} = 27.46 \frac{m}{s}$$

$$V_{Limv} = 98.86 \frac{km}{h}$$

4.34 TRANSFERENCIA LATERAL DURANTE UN GIRO

Al entrar en una curva la suspensión también trabaja para poder mantener el agarre de los neumáticos al asfalto, este movimiento transmite la carga hacia el sistema de suspensión. Tomando en cuenta la velocidad crítica de vuelco, y la velocidad máxima que se toma en carretera se toma una velocidad 100km/h. y un radio de 50 m

$$a_n = \frac{v_v^2}{r} \quad (4.32)$$

Unidades:

$$v_v = \text{velocidad del vehiculo} = 100 \frac{km}{h}$$

$$r = \text{radio de curva} = 50 \text{ m}$$

$$a_n = \frac{\left(27.78 \frac{m}{s}\right)^2}{50 \text{ m}}$$

$$a_n = 15.43 \frac{m}{s^2}$$

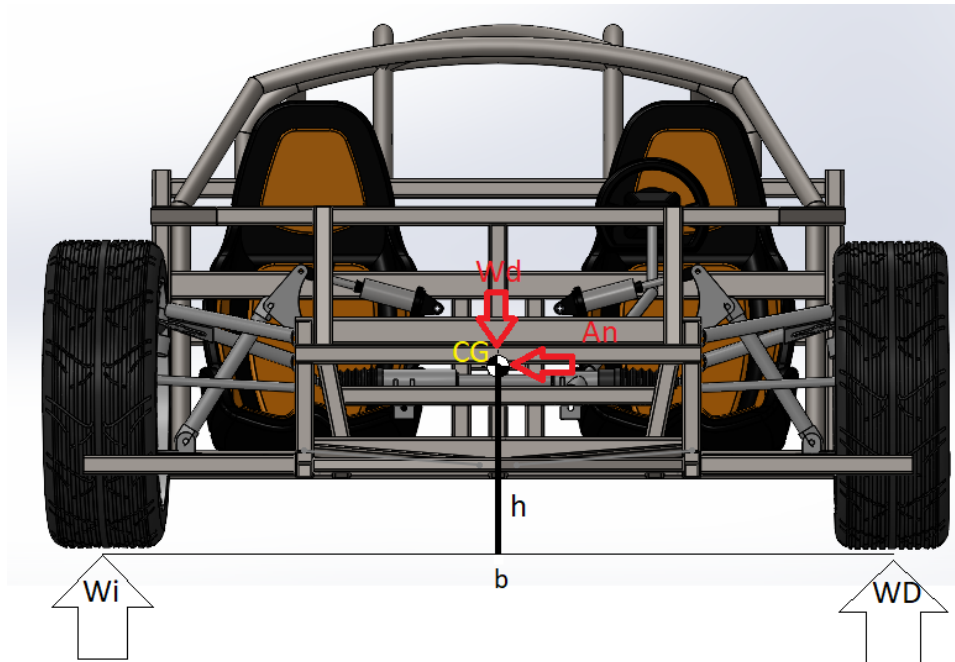


Figura 4.127 Distribución de fuerzas y pesos
Fuente: Elaboración propia

$$W_i = \frac{W_d}{2} + \frac{W_d * A_n * h}{x} \quad (4.33)$$

Donde tenemos que:

W_i = peso ubicado en el eje exterior

A_n = aceleración lateral

h = altura del centro de gravedad = 387.68mm

W_d = peso en el eje delantero

Tomando en cuenta el eje delantero

$$W_{id} = \frac{611.78 \text{ kg}}{2} + \frac{611.78 \text{ kg} * \left(\frac{15.4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{9.80 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \right) * 387.68 \text{ mm}}{1705 \text{ mm}}$$

$$W_{id} = \frac{611.78 \text{ kg}}{2} + \frac{611.78 \text{ kg} * 1.58 * 387.68 \text{ mm}}{1705 \text{ mm}}$$

$$W_{id} = 525.68 \text{ kg}$$

$$W_{da} = 86.1 \text{ kg}$$

Evaluando el eje trasero se obtiene

$$W_{it} = \frac{517.59 \text{ kg}}{2} + \frac{517.59 \text{ kg} * \left(\frac{15.4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{9.80 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \right) * 387.68 \text{ mm}}{1735 \text{ mm}}$$

$$W_{it} = \frac{517.59 \text{ kg}}{2} + \frac{517.59 \text{ kg} * 1.58 * 387.68 \text{ mm}}{1735 \text{ mm}}$$

$$W_{it} = 440.89 \text{ kg}$$

$$W_{dt} = 76.70 \text{ kg}$$

4.35 TOPE DE VELOCIDAD

Un vehículo al estar en movimiento, puede encontrar diferentes obstáculos en la vía, los cuales afectan la suspensión y la estructura de chasis, para el análisis se tomará una velocidad de 50 km/h y una altura para el reductor de velocidad o rompemuelleres según la normativa N.º 01-2011-MTC/14 reductores de velocidad tipo de resalto para el sistema nacional de carretas (SINAC), generalmente se toma una altura de tope de 10 cm y para el análisis geométrico se usará una pendiente de 20°.

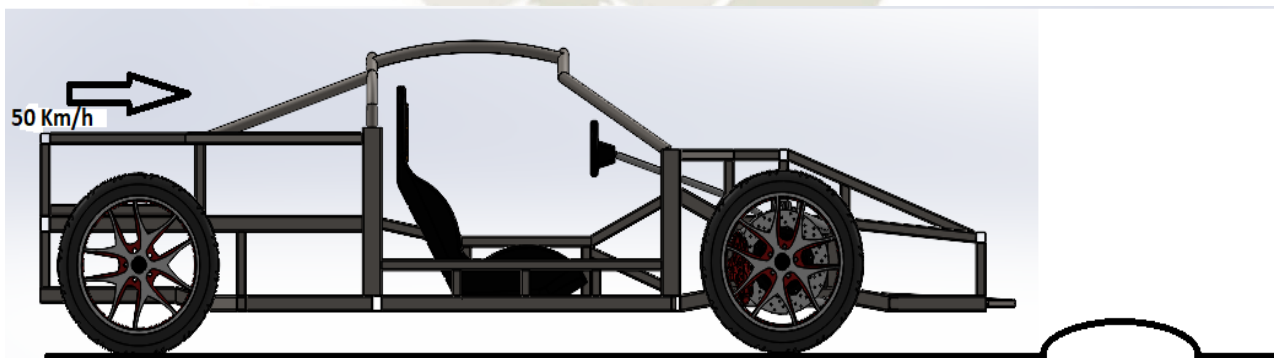


Figura 4.128 Vehículo con tope de velocidad
Fuente: Elaboración propia

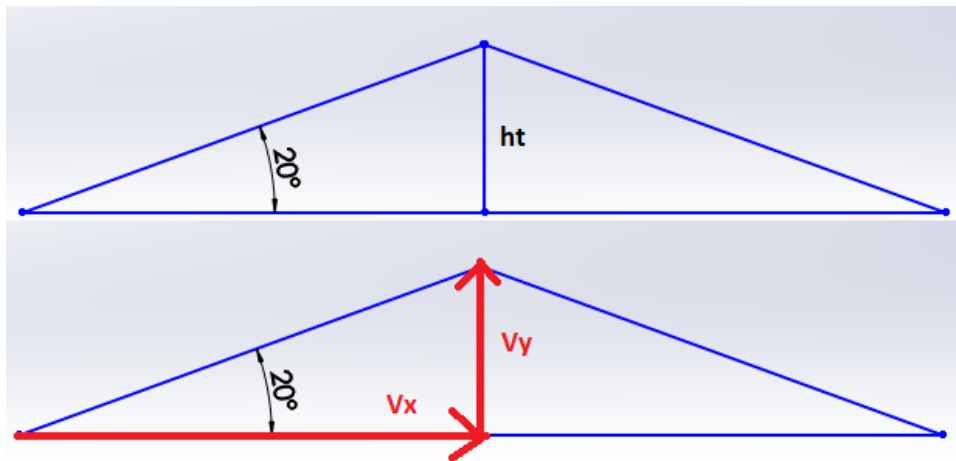


Figura 4.129 Distribución geométrica de los parámetros
Fuente: Elaboración propia

$$V_x * \tan(20^\circ) = V_y \quad (4.34)$$

$$13.88 \frac{m}{s} * \tan(20^\circ) = V_y$$

$$V_y = 5.02 \frac{m}{s}$$

Tomando en cuenta la velocidad vertical

$$V_x^2 = V_y^2 + 2 * a_y * ht \quad (4.35)$$

$$V_x^2 = 0$$

$$a_y = \frac{V_y^2}{2 * ht}$$

$$a_y = \frac{\left(5.02 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 0.10}$$

$$a_y = 126 \frac{m}{s^2}$$

La fuerza sobre los neumáticos será de:

$$F_{sobre eje} = h_t * m_{eje} * a_y \quad (4.36)$$

$$F_{sobre\ eje} = 0.10\ m * 611.78\ kg * 126\ \frac{m}{s^2}$$

$$F_{sobre\ eje} = 7708.428\ N$$

Por lo tanto, la fuerza sobre los neumáticos delanteros cuando pasan por un tope de velocidad es de 7708.428 N.

4.36 RESUMEN DE CARGAS

Con los resultados de los análisis en los apartados anteriores se tiene un compendio todas las cargas las cuales se especifican en la tabla 4.24.

Tabla 4.24 Resumen de fuerzas sobre el sistema de suspensión

Fuerzas Verticales	N
Transferencia de masa lateral	5151.66 N
Transferencia de masa longitudinal	3278.05 N
Fuerza al pasar por un tope de velocidad	7708.42 N
Fuerza resultante vertical	16138.14 N
Fuerza Lateral	
Fuerza Lateral de giro	24901.91 N

Fuente: Elaboración propia

Una vez definidas las fuerzas máximas que actúan sobre la suspensión se puede distribuir en un diagrama de cuerpo libre como se denota en la figura 4.130. para conocer las variables a encontrar.

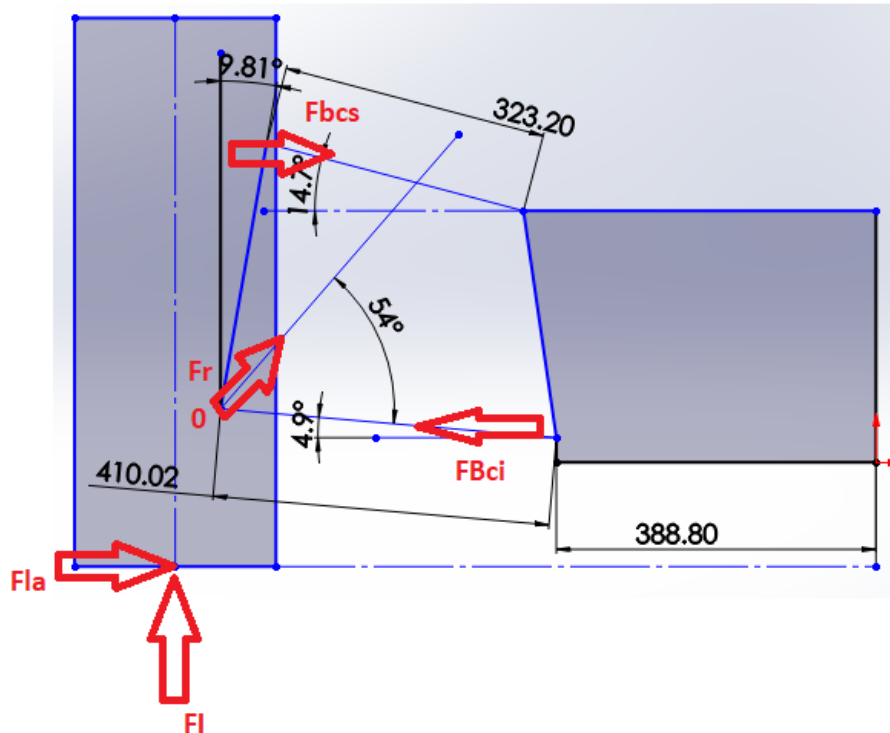


Figura 4.130 Esquema geométrico de la suspensión delantera
Fuente: Elaboración propia

Usando el solucionar de ecuaciones, del mismo software podemos encontrar las fuerzas resultantes en cada brazo, como se muestra a continuación. Asumiendo una situación crítica que conlleve el frenado en una curva cerrada con topes se tiene un esfuerzo combinado en el eje vertical de 16138.138 N la cual se aplicara para el análisis, cuyo objetivo es obtener las fuerzas que se distribuyen por los brazos de la suspensión y en la barra push rod, de esta forma se puede analizar de manera individual el desempeño de los elementos de la suspensión.

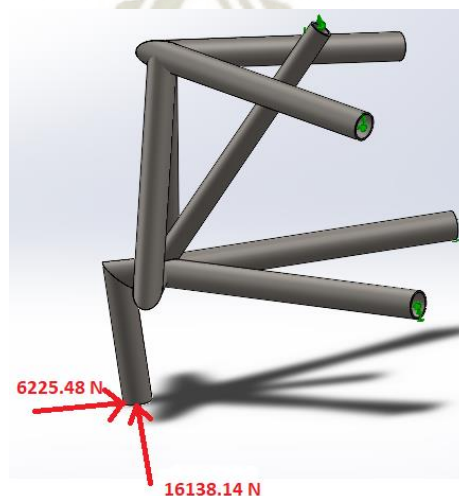


Figura 4.131 Distribución de fuerzas en los brazos de suspensión
Fuente: Elaboración propia

Una vez ejecutado el estudio se puede obtener las fuerzas resultantes a través del motor de análisis estático del software Solidworks, lo que nos soluciona el análisis matemático.

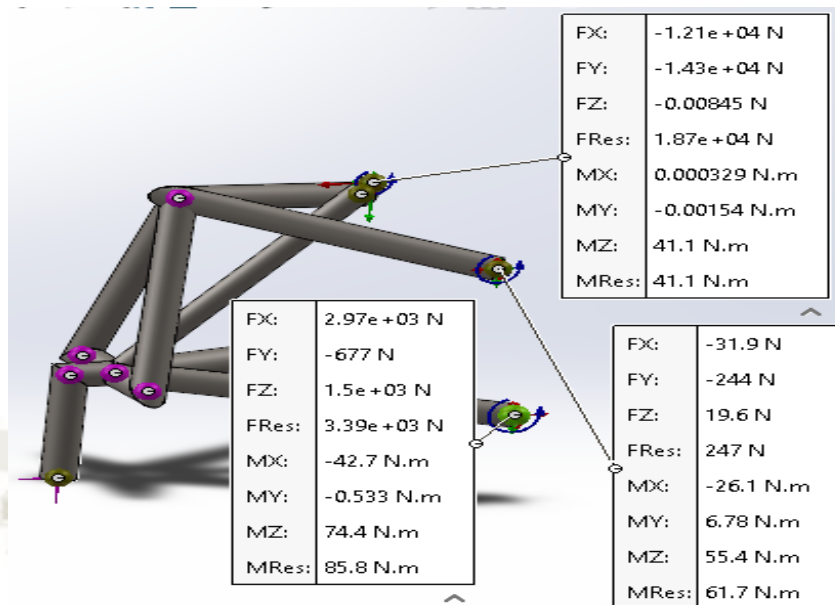


Figura 4.132 Fuerzas resultantes en los brazos de suspensión
Fuente: Elaboración propia

Como resultado del estudio estático se muestra como fuerza resultante en los brazos

$$F_{bcs}=247N$$

$$F_{bci}=3390N$$

$$F_r=18700N$$

4.37 ANÁLISIS DE LOS BRAZOS DE SUSPENSIÓN DELANTERO

Tomando en cuenta el diseño de los brazos se evaluará el desempeño físico en acciones de manejo como el frenado y aceleración. Para lo cual se debe distribuir el peso entre los ejes delantero y trasero y sus correspondientes brazos de control.

4.37.1 Brazo de inferior de suspensión delantero

Tomando en cuenta el estudio anterior de las fuerzas repartidas entre los brazos de suspensión tenemos que analizar el brazo inferior delantero, quien está sometido de manera más directa a los esfuerzos provocados en la conducción.

Para su simulación y análisis se anclará los brazos y se colocaran los esfuerzos por transferencia de cargas laterales y longitudinales, pues son en estos esfuerzos combinados, los que provocan más carga sobre los brazos.

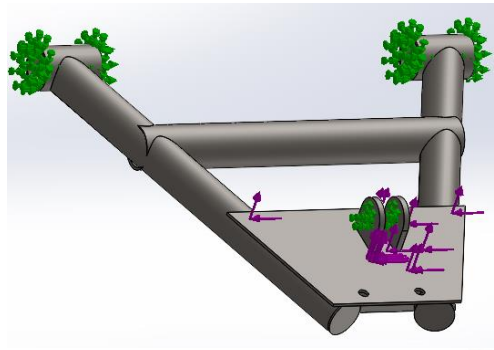


Figura 4.133 Distribución de esfuerzos brazo inferior delantero
Fuente: Elaboración propia

Como resultado de la simulación se obtuvo un resultado de esfuerzo máximo de 178.7 MPa.

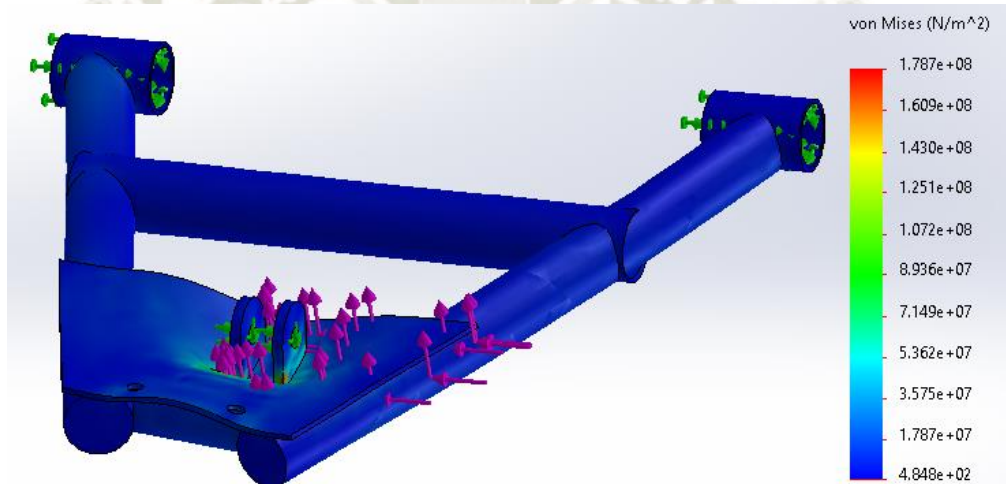


Figura 4.134 Resultado esfuerzo máximo del brazo inferior delantero
Fuente: Elaboración propia

El factor de seguridad es de

$$FS = \frac{\sigma_{maximo}}{\sigma_{admisible}}$$

$$FS = \frac{250 \text{ MPa}}{178.7 \text{ MPa}}$$

$$FS = 1.4$$

El factor de seguridad mínimo es de 1.4 por lo que cumple con el desempeño en caso de someterlo a diferentes esfuerzos combinados como se aprecia en la figura 4.135.

Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 1.4

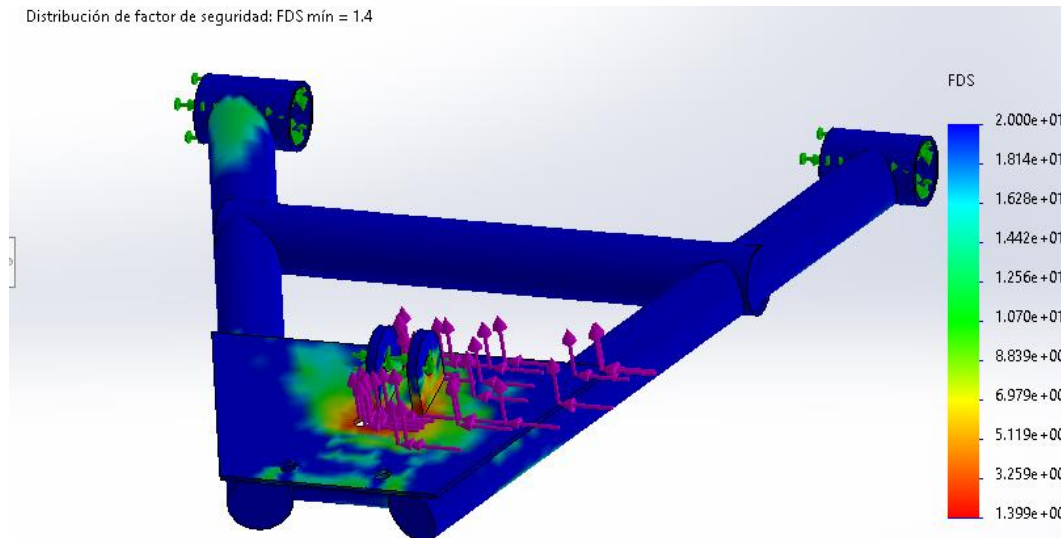


Figura 4.135 Factor de seguridad del brazo inferior delantero
Fuente: Elaboración propia

4.37.2 Brazo de inferior de suspensión trasero

Los esfuerzos aplicados en la suspensión no solo actúan sobre la parte delantera del vehículo, también la suspensión trasera se ve afectada, como tal se debe analizar y verificar su desempeño. Para su análisis también se anclará los brazos en sus puntos de acople al chasis y se colocaran los esfuerzos combinados en los puntos de unión con la mangueta trasera.

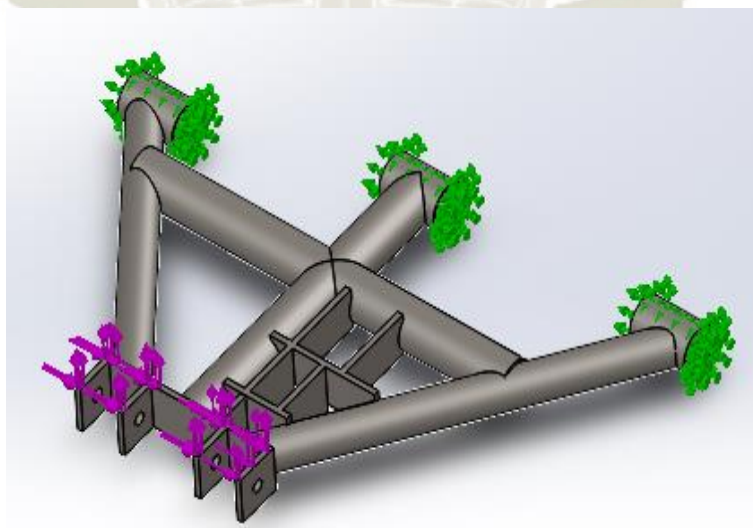


Figura 4.136 Distribución de esfuerzos brazo inferior trasero
Fuente: Elaboración propia

Como resultado de la simulación se obtuvo un resultado de esfuerzo máximo de 164.8 MPa en el brazo inferior trasero de suspensión, como se aprecia en la figura 4.137

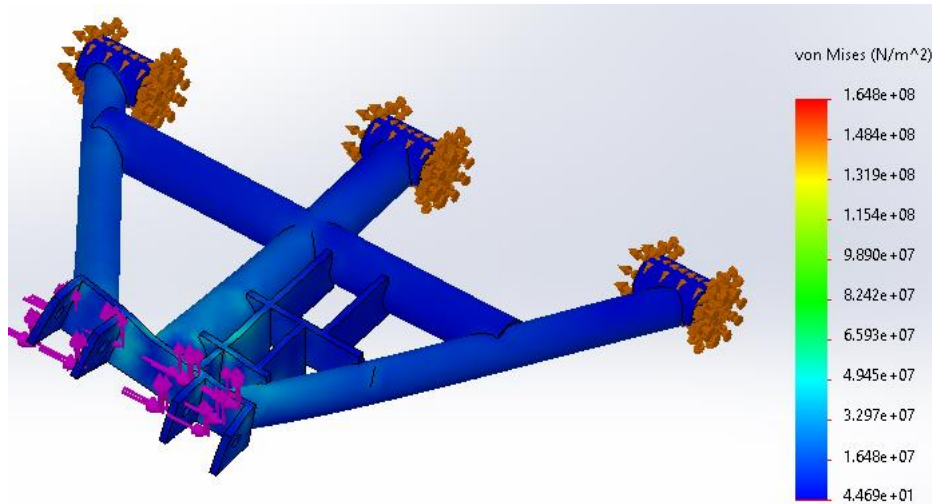


Figura 4.137 Esfuerzo máximo del brazo inferior trasero
Fuente: Elaboración propia

El factor de seguridad del brazo inferior

$$FS = \frac{\sigma_{maximo}}{\sigma_{admisible}}$$

$$FS = \frac{250 \text{ MPa}}{164.8 \text{ MPa}}$$

$$FS = 1.5$$

El factor de seguridad mínimo es de 1.5 por lo que el brazo inferior trasero cumple con el desempeño al ser sometido a esfuerzos combinados como se observa en la figura 4.138.

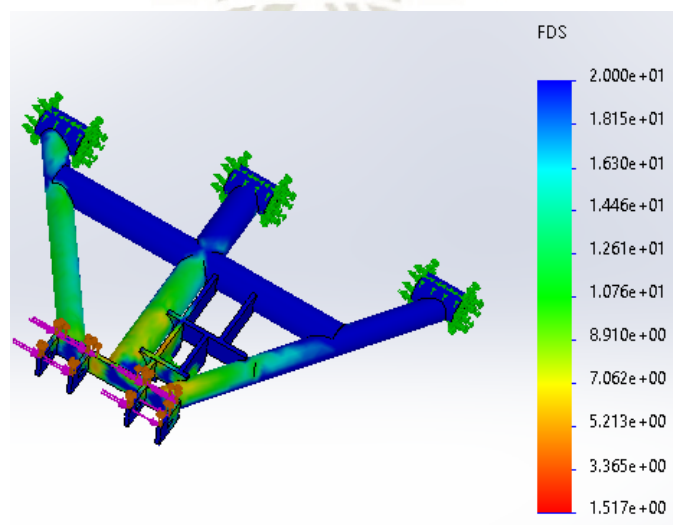


Figura 4.138 Factor de seguridad del brazo inferior trasero
Fuente: Elaboración propia

4.38 NUDILLO DE DIRECCIÓN

Tenemos diferentes tipos de nudillos de dirección dispuestos en el mercado, de diferentes modelos, pero lo más fáciles a adaptar a un sistema de doble tijera push rod, serían los de la marca Volkswagen, ya que otras marcas comerciales de automóviles tienen anclajes con pernos que no permiten el poder adaptar fácilmente la función de dirección ya que esta está adaptada a un sistema McPherson mucho más simple donde el amortiguador es parte del pivote de dirección, en lugar de las rotulas como en otros modelos de autos .



Figura 4.139 Nudillo de dirección delantera
Fuente: Elaboración propia

4.39 MANGUETA TRASERA

Al implementar el tren de potencia y diseñar el sistema de suspensión, se debe tomar en cuenta una trasera mangueta que cumpla con parámetros geométricos adecuados para el vehículo ya que es a través de ella que se generara la propulsión.

La mangueta trasera debe asegurar los puntos de sujeción además de los frenos y otros elementos. Para poder diseñar la mangueta se debe considerar que la rueda tiene que estar centrada con respecto a los palieres que transmiten la potencia para lo cual el rodamiento central es un elemento fundamental con todo esto se debe fijar los puntos de anclaje.

4.39.1 Rodamiento

Es el componente que se va anclar a la mangueta y es el que conectara el tren de propulsión con la rueda, en el mercado existen varios, pero se escogerá el mismo rodamiento que se tiene en el nudillo delantero que corresponde a un auto comercial.

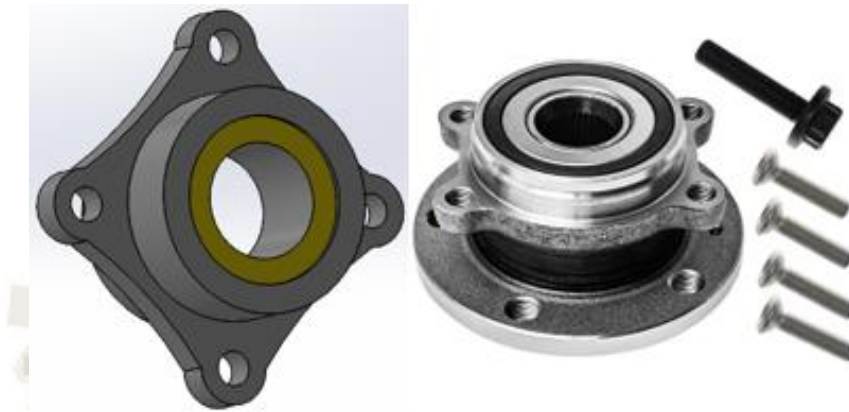


Figura 4.140 Rodamiento para mangueta trasera.
Fuente: Elaboración propia

4.39.2 Geometría de mangueta trasera

Teniendo en cuenta las partes que corresponden a la mangueta trasera se procede a diseñar un modelo geométrico 3d que cumpla con la función requerida de alojar el rodamiento trasero.

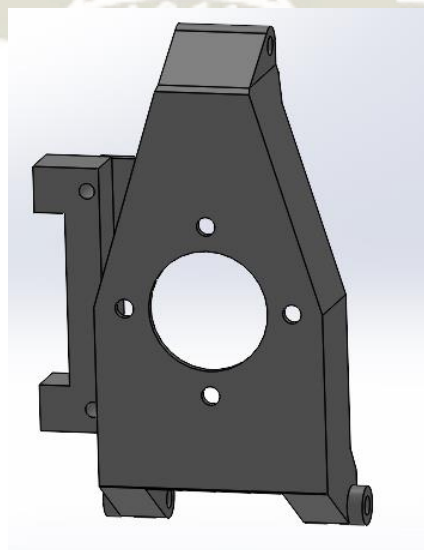


Figura 4.141 Modelo 3d de la mangueta trasera.
Fuente: Elaboración propia

La mangueta tiene tres puntos de anclaje además de los espacios requeridos para el cojinete de rueda y puntos para colocar las mordazas de freno

4.40 ANÁLISIS DE MANGUETA TRASERA

Conociendo los esfuerzos a los que se somete el vehículo por transferencia de cargas se analizará su desempeño estructural y de esta forma comprobar si la mangueta resistirá los puntos críticos de la conducción. Las fuerzas a aplicar son las de transferencia lateral y longitudinal, así como el torque del motor que es parte de la data obtenida y que influencia en la mangueta.

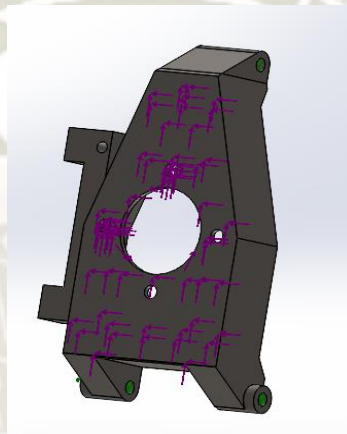


Figura 4.142 Distribución de esfuerzo en la mangueta
Fuente: Elaboración propia

Se simularon los esfuerzos y se realizaron aplicando como material el ASTM A36 que es el valor más cercano a las láminas de acero LAC que se usarían para su fabricación. La simulación realizada da como resultado un esfuerzo máximo de 42.87 MPa como se aprecia en la figura 4.143.

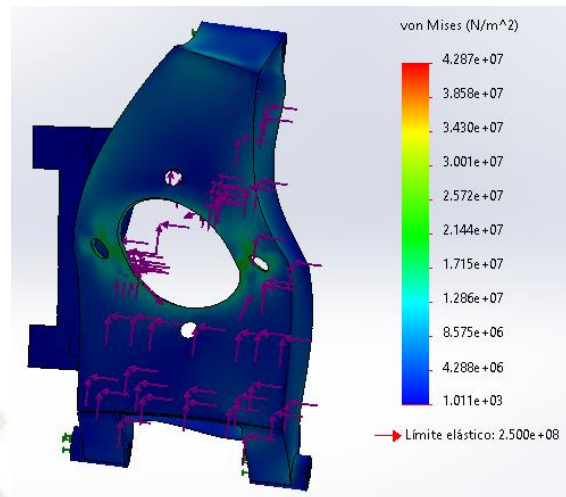


Figura 4.143 Esfuerzo máximo de la mangueta trasera
Fuente: Elaboración propia

Estos esfuerzos combinados produjeron una deformación plástica ya que no supera el límite último del material de la pieza, el valor que tomaron estos desplazamientos es de 0.0145 mm en su punto más crítico.

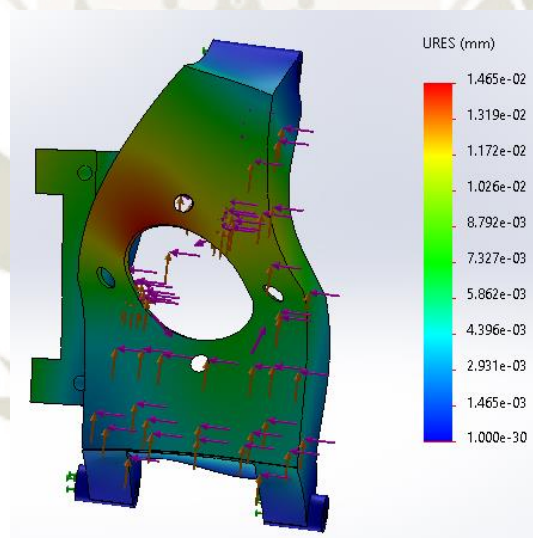


Figura 4.144 Deformaciones de la mangueta trasera
Fuente: Elaboración propia

Producto de los esfuerzos aplicado sobre la mangueta se consiguió el factor de seguridad que asegura el correcto desempeño de la pieza.

El factor de seguridad de la mangueta es de:

$$FS = \frac{\sigma_{maximo}}{\sigma_{admisible}}$$

$$F_s = \frac{250 \text{ MPa}}{42.87 \text{ MPa}}$$

$$F_s = 5.8$$

El factor de seguridad de 5.8 indica que la mangueta bajo condiciones de esfuerzo tiene un buen performance, por lo que si pasa el análisis de esfuerzos. La figura 4.145 expone el factor de seguridad de la mangueta

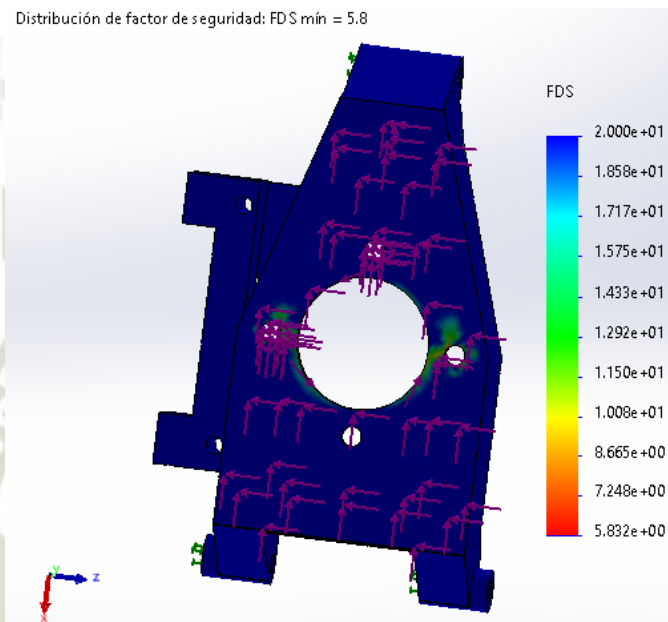


Figura 4.145 Factor de seguridad de la mangueta trasera
Fuente: Elaboración propia

4.41 AMORTIGUADORES

Como componente que absorbe los movimientos de la suspensión y preserva el confort en la cabina y mantiene las ruedas pegadas a la capa asfáltica conservando el agarre y buena conducción, es importante poder seleccionado uno adecuado para el vehículo.

4.41.1 Selección del amortiguador

La constante de rigidez del resorte es de un valor importante para la selección del amortiguador más adecuado para el sistema. La rigidez del resorte nos indica cuanta fuerza debe ser necesaria para su compresión, tomando en cuenta que una suspensión más rígida ayuda a tomar curvas balanceando el chasis, pero empeora el confort de los pasajeros y el agarre de los neumáticos, por lo que una suspensión menos o más rígida para un vehículo urbano es importante.

Tomando en cuenta la distribución de pesos en los ejes delanteros y trasero podemos calcular un rango de constante de rigidez para el resorte del amortiguador en ciertas condiciones.

4.41.2 Compresión de resorte

Podemos suponer una primera situación, cuando el vehículo se encuentra inmóvil, y se coloca todo el peso de la estructura sobre sus ejes, esto produce una compresión la cual puede ser evaluada entre diferentes valores como el 20% y 25 % tomando en cuenta una longitud de resorte en promedio en el mercado de 20 cm podemos calcular la compresión.

Compresión al 20%:

Eje delantero

$$K_d = \frac{F}{x} \quad (4.37)$$

$$K_d = \frac{305.89 \text{ kg} * 9.80 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{0.20 * 0.20\text{m}}$$

$$K_d = 74943.05 \text{ N}$$

Eje trasero

$$K_t = \frac{F}{x}$$

$$K_t = \frac{258.79 \text{ kg} * 9.80 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{0.20 * 0.20\text{m}}$$

$$K_t = 63403.55 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Compresión al 25%

Eje delantero

$$K_d = \frac{F}{x}$$

$$K_d = \frac{305.89 \text{ kg} * 9.80 \frac{m}{s^2}}{0.25 * 0.20m}$$

$$K_d = 59954.44 \frac{N}{m}$$

Eje trasero

$$K_t = \frac{F}{x}$$

$$K_t = \frac{258.79kg * 9.80 \frac{m}{s^2}}{0.25 * 0.20m}$$

$$K_t = 50722.84 \frac{N}{m}$$

Bajo esta situación obtenemos valores para K dentro de un rango

$$59954.44 \frac{N}{m} < K_d < 74943.05 \frac{N}{m}$$

$$6.11 \frac{kg}{mm} < K_d < 7.64 \frac{kg}{mm}$$

$$50722.84 \frac{N}{m} < K_t < 63403.55 \frac{N}{m}$$

$$5.17 \frac{kg}{mm} < K_t < 6.469 \frac{kg}{mm}$$

En caso de carga de giro ocurre transferencia de masas laterales

Tabla 4.25 Porcentaje distribución de pesos laterales

Eje delantero 611.78 kg		Eje trasero 517.59 kg	
14.08%	85.92%	14.82%	85.18%
86.1 kg	525.68 kg	76.70 kg	440.89 kg

Fuente: Elaboración propia

Compresión de 5 cm

Eje delantero

$$K_d = \frac{F}{x}$$

$$K_d = \frac{525.68 \text{ kg} * 9.80 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{0.05 \text{ m}}$$

$$K_d = 103033.28 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Eje trasero

$$K_t = \frac{F}{x}$$

$$K_t = \frac{440.89 \text{ kg} * 9.80 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{0.05 \text{ m}}$$

$$K_t = 86414.44 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Compresión de 10 cm

Eje delantero

$$K_d = \frac{F}{x}$$

$$K_d = \frac{525.68 \text{ kg} * 9.80 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{0.10 \text{ m}}$$

$$K_d = 51516.64 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Eje trasero

$$K_t = \frac{F}{x}$$

$$K_t = \frac{440.89 \text{ kg} * 9.80 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{0.10\text{m}}$$

$$K_t = 43207.22 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Por lo que se obtuvieron los valores

$$51516.64 \frac{\text{N}}{\text{m}} < K_d < 103033.28 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$5.25 \frac{\text{kg}}{\text{mm}} < K_d < 10.51 \frac{\text{kg}}{\text{mm}}$$

$$43207.22 \frac{\text{N}}{\text{m}} < K_t < 86414.44 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$4.40 \frac{\text{kg}}{\text{mm}} < K_t < 8.81 \frac{\text{kg}}{\text{mm}}$$

Tomando en cuenta los valores anteriores podemos establecer en un intervalo la K de los resortes

$$6.11 \frac{\text{kg}}{\text{mm}} < K_d < 7.64 \frac{\text{kg}}{\text{mm}} \quad 5.25 \frac{\text{kg}}{\text{mm}} < K_d < 10.51 \frac{\text{kg}}{\text{mm}}$$

$$6.11 \frac{\text{kg}}{\text{mm}} < K_d < 7.64 \frac{\text{kg}}{\text{mm}}$$

$$5.17 \frac{\text{kg}}{\text{mm}} < K_t < 6.469 \frac{\text{kg}}{\text{mm}} \quad 4.40 \frac{\text{kg}}{\text{mm}} < K_t < 8.81 \frac{\text{kg}}{\text{mm}}$$

$$5.14 \frac{\text{kg}}{\text{mm}} < K_t < 6.469 \frac{\text{kg}}{\text{mm}}$$


Tomando en cuenta los valores y sus intervalos se escogerá un valor intermedio

$$K_d = 7.50 \frac{\text{kg}}{\text{mm}} = 419.10 \frac{\text{lb}}{\text{in}}$$

$$K_t = 6.40 \frac{kg}{mm} = 357.63 \frac{lb}{in}$$

En el mercado se encuentran amortiguadores con los valores de resorte cercanos, a los encontrados, por lo tanto, se hará un cuadro para escoger el amortiguador más adecuado.

Tabla 4.26 Características de amortiguadores

Parámetros	Amortiguador 1	Amortiguador2	Amortiguador3
			
Dimensiones	270mm*	295mm*1	380mm*
Resorte	350lb	980lb	550 lb
Tipo	común	coilover	coilover

Fuente: Elaboración propia

Seleccionaremos el amortiguador tipo 3 ya que cumple con los valores y además es el que tiene una carrera más grande, al de los de los demás y es tipo coilover, eso significa que puedo graduar la dureza y altura del amortiguador y resorte y por ende de la suspensión. Conociendo los valores del resorte del amortiguador podemos pasar al dimensionamiento y análisis de los rockers o balancines que actúan en el sistema push rod

4.42 ROCKERS O BALANCINES

Son el elemento mecánico de la suspensión que transmite el movimiento vertical de la rueda utilizando una barra o push rod hacia los amortiguadores.

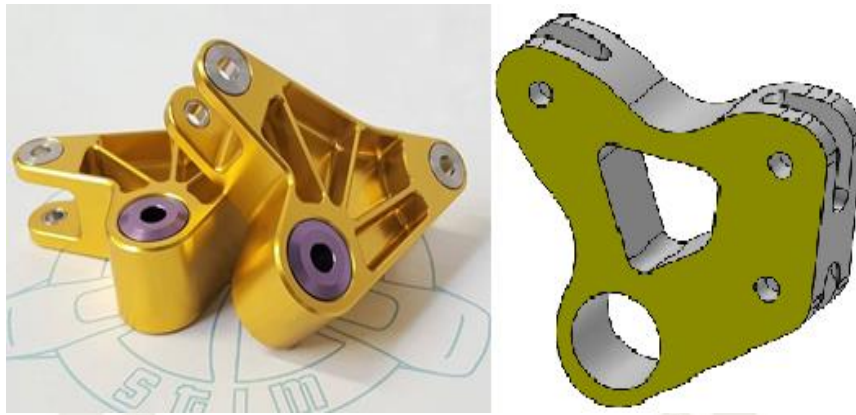


Figura 4.146 Rockers o balancines de suspensión y una representación 3d
Fuente: Elaboración propia

Mediante el conocimiento de la geometría de la suspensión frontal se puede hacer un análisis para el diseño del rocker o balancín desarrollado en el software 3d para la suspensión el cual también usara acero A36 para su simulación.

4.43 ANÁLISIS DE LOS ROCKERS O BALANCINES

Para el análisis estructural de los balancines se usará las fuerzas calculadas en apartados anteriores, para el análisis se tomará en cuenta la fuerza más grande que puedes encontrar en una situación normal de manejo, la de 7708.42 N.

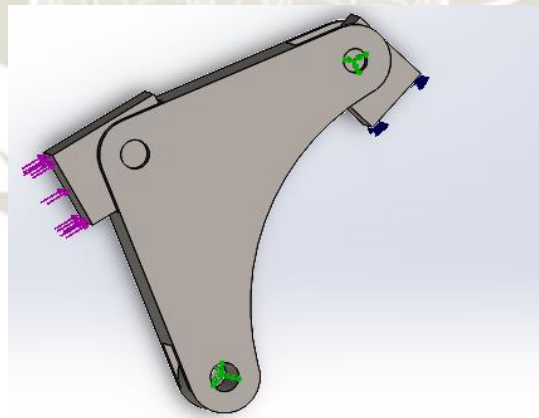


Figura 4.147 Distribución de esfuerzos sobre el rocker
Fuente: Elaboración propia

Como resultado del análisis se tiene que el rocker se desempeña de buena manera ante los esfuerzos calculados, con un esfuerzo máximo de 101.5 MPa.

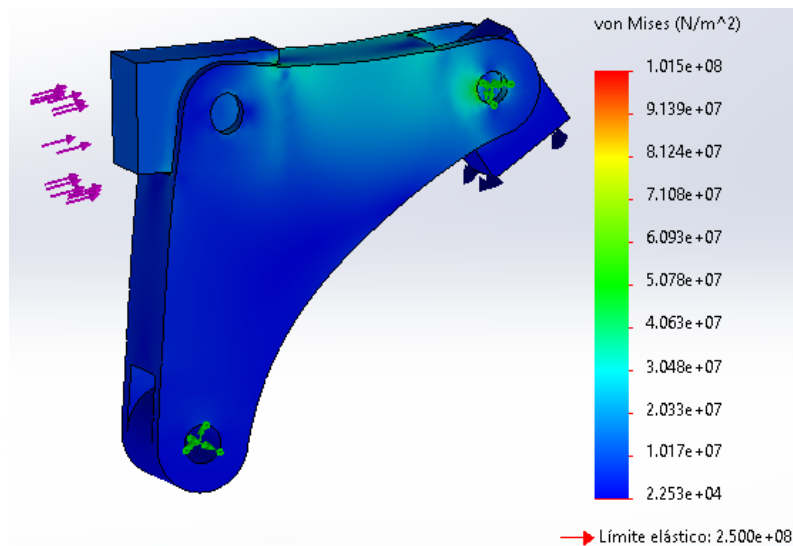


Figura 4.148 Esfuerzo máximo del rocker o balancín
Fuente: Elaboración propia

El rocker al ser sometido al esfuerzo muestra que en su punto más crítico tiene un factor de seguridad mínimo de 2.5, como expone la figura 4.149

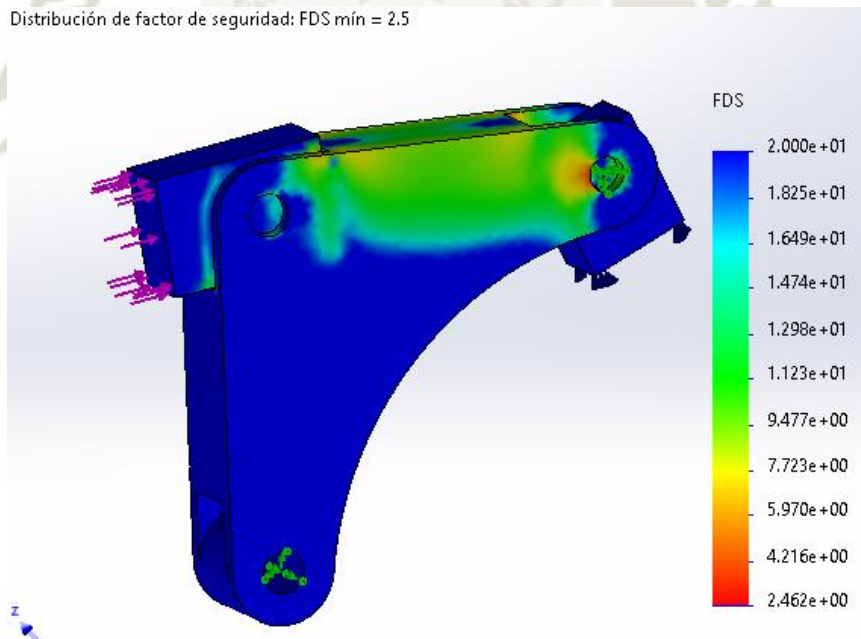


Figura 4.149 Factor de seguridad del rocker
Fuente: Elaboración propia

4.44 CREMALLERA DE DIRECCIÓN Y BARRA DE TORSIÓN

El sistema de dirección está conformado de forma principal, por una cremallera de dirección la cual acciona de manera angular las barras de dirección a través de ensamble de tornillo sin fin y mover sobre su eje a las ruedas directrices. Para disminuir el efecto de la

torsión en curvas se suele utilizar la barra de torsión o antivuelco. En la suspensión del vehículo eléctrico se usará una barra y cremallera de dirección de un vehículo comercial de un kia soul modelo 2016, los cuales se adaptarán a la geometría de suspensión ya diseñada previamente.

4.45 SISTEMA DE FRENADO

Durante la conducción existen diferentes eventos en los cuales es necesario disminuir la velocidad del vehículo y cuando la situación lo requiera, detenerlo por completo, para esta tarea se requiere de un sistema de frenos que garantice la seguridad de los ocupantes. Para entender cómo opera el sistema de frenos de forma sencilla se tiene que entender que el accionar el pedal del freno activamos un mecanismo hidráulico que actúan y que a través de materiales de fricción compuestos ya sea por cerámicos, metales u otros, detienen el movimiento de las ruedas. En términos físicos, se toma la energía cinética que provoca el desplazamiento del vehículo y la disipamos en calor que se produce por la fricción de los componentes del freno. Esta tecnología es sencilla y casi no ha cambiado, en la actualidad, tenemos dos clases. Los frenos de disco, consisten en un disco metálico que se acopla al eje de la rueda y este es detenido por la acción de unas pastillas accionadas por un pistón hidráulico dentro de una pinza. El otro sistema es el del tambor, que consta de un elemento cilíndrico que se acopla a las ruedas y que en su interior posee un actuador que mueve unas balatas que poseen material de fricción que se adhieren a los laterales del cilindro exterior haciendo que se detenga junto con la rueda.



Figura 4.150 Modelo 3d del sistema de disco de freno
Fuente: Elaboración propia

Una vez completado el análisis de la suspensión delantera se puede diseñar un modelo en 3d y de esta forma apreciar el ensamble de la figura 4.151, lo que nos da una referencia de como quedaría en su construcción. Cabe acotar que los brazos de suspensión tanto delanteros y trasero poseen bujes para poder alojar los pernos que los acoplan a la estructura y tener un mejor ensamble.

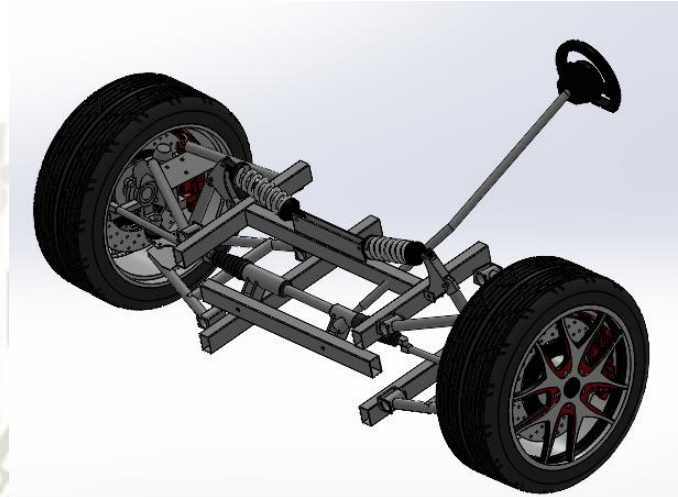


Figura 4.151 Modelo 3d de la suspensión delantera
Fuente: Elaboración propia

Con las simulaciones asimismo de los brazos de suspensión trasera, así como su geometría, también se puede proceder a su diseño de un modelo de 3d que nos ilustrara las dimensiones y como quedaría finalmente la suspensión trasera del vehículo.

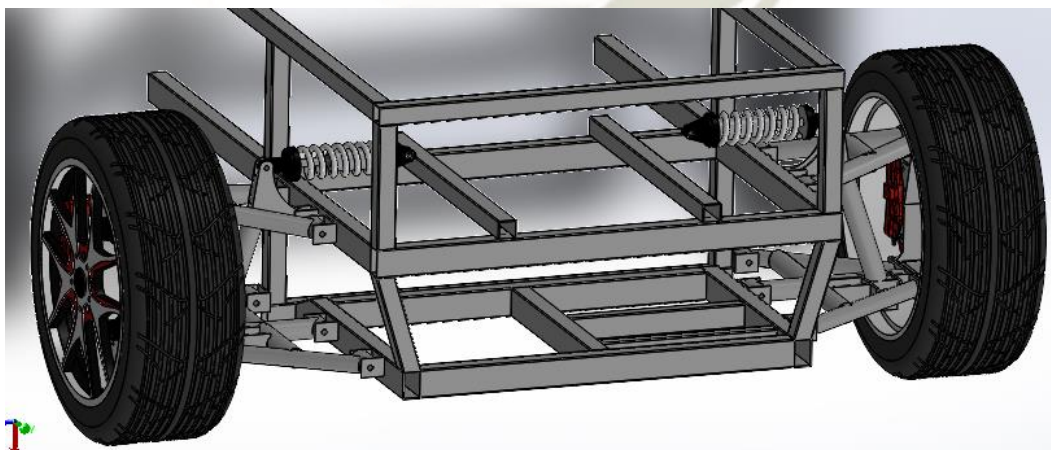


Figura 4.152 Ensamble de la suspensión trasera
Fuente: Elaboración propia

4.46 PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN

Una vez concebidos y analizados los sistemas principales del vehículo se procederá a planificar el proceso para poder manufacturar la estructura de chasis para de esta forma tener un modelo físico la cual nos permitiría contar con un prototipo que puede ser mejorado y estudiado en el tiempo. El ensamblaje de los componentes se observa en la figura 4.153

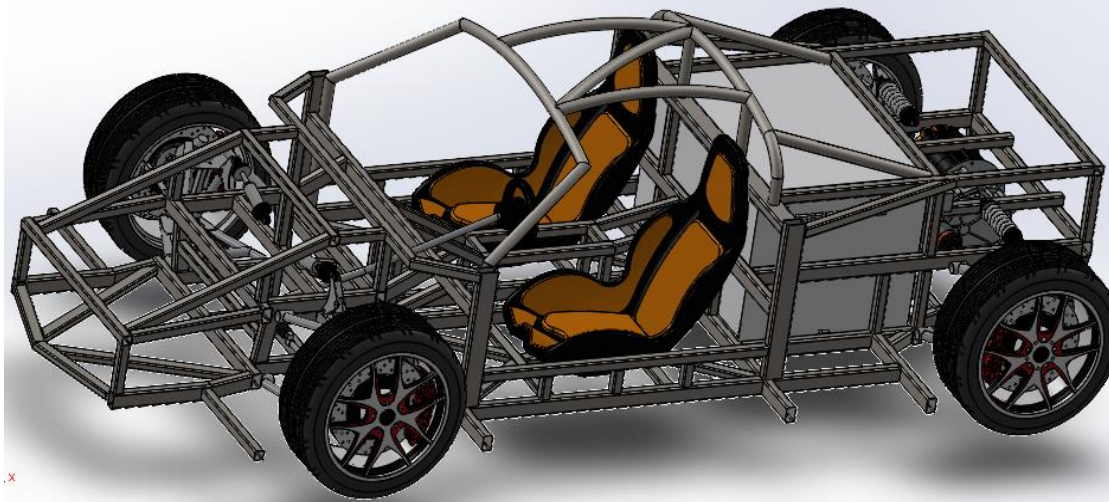


Figura 4.153 Ensamble interior del vehículo en 3d
Fuente: Elaboración propia

Los estudios y análisis anteriores han llevado a concebir un ensamble 3d de todos los sistemas y carrocería como ilustra la figura 4.154, lo cual nos dan dimensiones y una referencia tridimensional que nos servirá como guía para la construcción del chasis.



Figura 4.154 Ensamble total del vehículo en 3d
Fuente: Elaboración propia

4.47 METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN

Para plantear un plan a seguir para la construcción del chasis se deben tomar en cuenta una secuencia de pasos que deben dar la pauta para poder seguir un orden de desarrollo y de esta forma poder fabricar posteriormente la estructura y su sistema de suspensión. La forma de seguir un orden en la construcción es a través de un algoritmo que especificara el desarrollo del proyecto y se muestra en la figura 4.155.

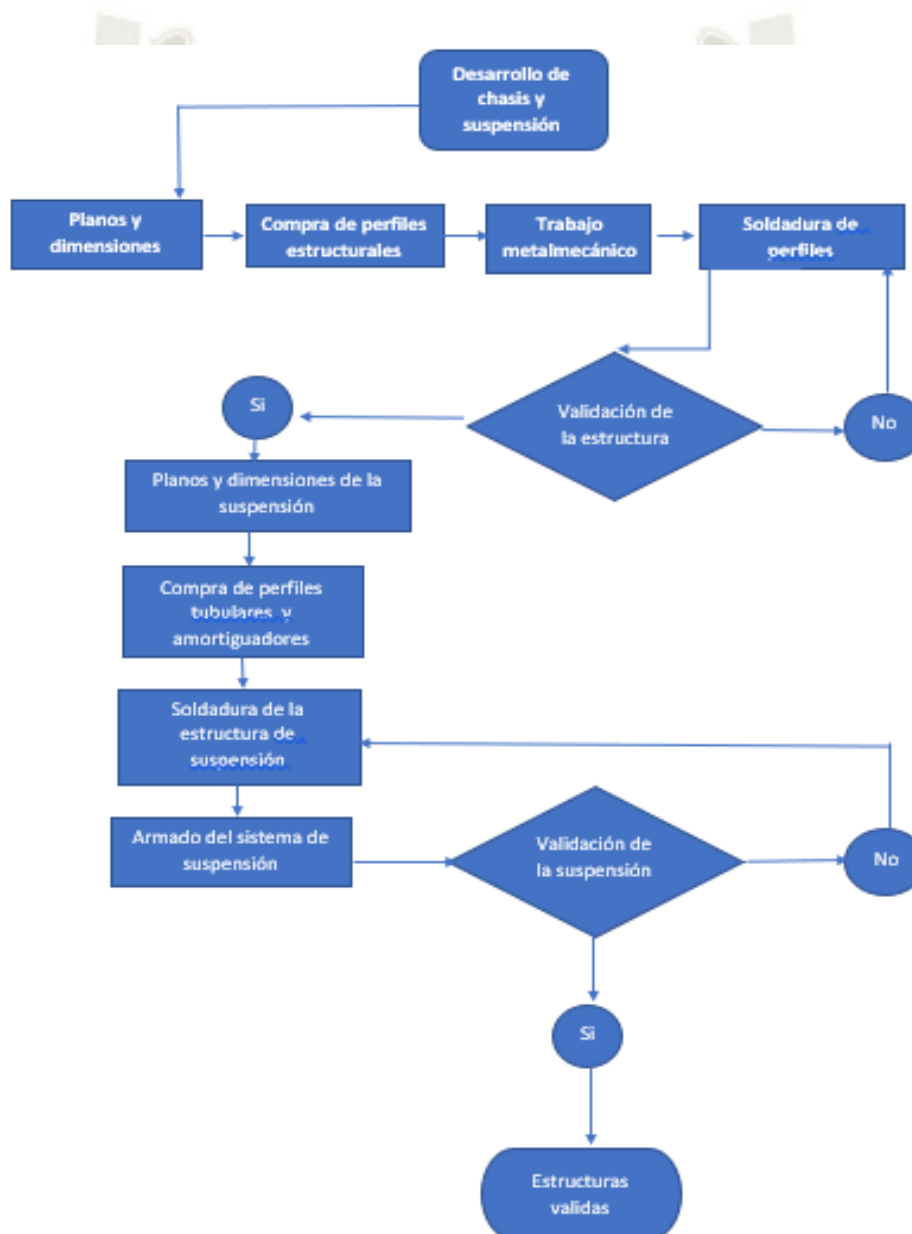


Figura 4.155 Algoritmo para la construcción de la estructura y suspensión
Fuente: Elaboración propia

4.48 SOLDADURA

El conjunto de la estructura de chasis está diseñado para una fácil fabricación, la cual se realiza a través del corte de los perfiles tubulares y su unión mediante soldadura. La unión soldada debe resistir los esfuerzos aplicados sobre la estructura, para lo cual se analizará la parte más crítica de la estructura.

La sección más crítica de la estructura es el travesaño en el cual se apoya la batería del vehículo. La carga que se distribuye en este perfil es una carga estática, en apartados anteriores se hizo el cálculo de esta como una carga muerta, se tomó esta debido a que es constante en el tiempo y las cargas dinámicas analizadas son momentos críticos y puntuales en el tiempo y no se repiten muchísimas veces para considerar un esfuerzo repetido, ya que en una conducción normal estos esfuerzos repetidos son más pequeños y absorbidos por el sistema de amortiguación.

El método más común en el mercado y menos costoso es el uso del electrodo revestido, por lo cual se escogerá ese método tomando en cuenta su accesibilidad. El electrodo escogido es el de 3/32 6061 que podemos encontrar en el mercado nacional y debido a que su tamaño nos permite trabajar con los perfiles del chasis que en su mayoría son de 3.2mm de espesor. Los datos básicos del electrodo nos sirven para poder realizar el cálculo y simulación.

4.49 ANÁLISIS DE SOLDADURA

Para analizar la soldadura se usará un electrodo E60XX y un factor de seguridad de 5, la carga a utilizar será la carga muerta de las baterías ya que es la mayor carga resistida por la estructura la cual es de 3082.98 N, el objetivo del análisis es encontrar la altura del cordón de soldadura, y posteriormente simular el procedimiento y comprobar su adecuado dimensionamiento.

Para el estudio del tubo transversal que soporta la batería se hará primeramente un diagrama de fuerzas a fin de facilitar su estudio, se colocaran la carga distribuida y se considerara los extremos anclados como puntos fijos así lo muestra la figura 4.156.

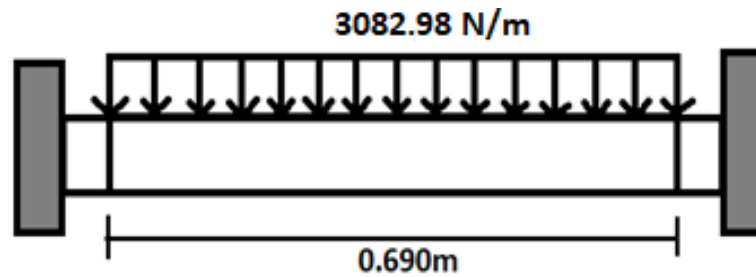


Figura 4.156 Distribución de fuerzas en el perfil tubular
Fuente: Elaboración propia

Para un mejor análisis y ya que la geometría y distribución de fuerzas es simétrica se puede analizar uno de los extremos, se comenzará por el lado izquierdo como se aprecia en la figura 4.157.

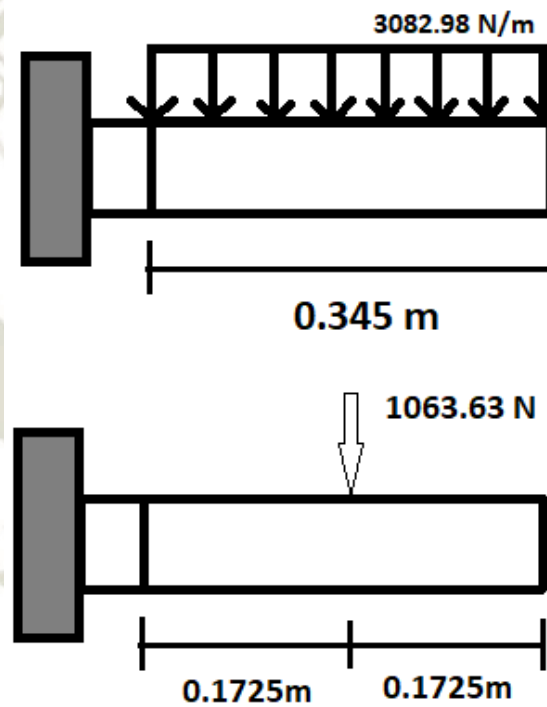


Figura 4.157 Análisis de fuerzas sobre el perfil tubular
Fuente: Elaboración propia

El cálculo de fuerza y momento se hace a través de las siguientes ecuaciones:

$$F = w * l \quad (4.38)$$

$$F = 3082.98 \frac{N}{m} * 0.345m$$

$$F = 1063.63N$$

$$M = F * d \quad (4.39)$$

$$M = 1063.63 \text{ N} * 0.1725m$$

$$F = 183.47 N * m$$

Para continuar con el análisis se tiene que encontrar el Área generada por los cordones de soldadura:

$$A = 1.414 * h_w * (b + d) \quad (4.40)$$

$$A = 1.414 * h_w * (0.040m + 0.060m)$$

$$A = 0.1414 * h_w$$

El esfuerzo cortante es:

$$\tau_1 = \frac{F}{A} \quad (4.41)$$

$$\tau_1 = \frac{1063.63 N}{0.1414 * h_w}$$

$$\tau_1 = \frac{7522.13 N}{h_w * m}$$

Para analizar la flexión se debe conocer el segundo momento de inercia

$$I_U = \frac{d^2}{6} * (3b + d) \quad (4.42)$$

$$I_U = \frac{0.060m^2}{6} * (3 * 0.040m + 0.060m)$$

$$I_U = 1.08 \times 10^{-4} m^3$$

Reemplazando en el momento de inercia:

$$I = 0.707 * I_U * h_w \quad (4.43)$$

$$I = 0.707 * 1.08 \times 10^{-4} m^3 * h_w$$

$$I = 7.63 \times 10^{-5} m^3 * h_w$$

En la ecuación del cortante provocado por flexión

$$\tau_2 = \frac{M * c}{I} \quad (4.44)$$

$$\tau_2 = \frac{183.47 N * m \times 0.030m}{7.63 \times 10^{-5} m^3 * h_w}$$

$$\tau_2 = \frac{72137.61 N}{h_w * m}$$

Encontrando el esfuerzo cortante total

$$\tau_T = \sqrt{\tau_1^2 + \tau_2^2} \quad (4.45)$$

$$\tau_T = \sqrt{\left(\frac{7522.13N}{h_w * m}\right)^2 + \left(\frac{72137.61N}{h_w * m}\right)^2}$$

$$\tau_T = \frac{72528.73 N}{h_w * m}$$

Tomando en cuenta que el análisis de flexión se considera un esfuerzo ultimo de 0.60Sy, al usar un electrodo E60XX cuyo valor es de 345 MPA

$$\sigma_{perm} = 0.60 * S_y \quad (4.46)$$

$$\sigma_{perm} = 0.60 * 345 MPA$$

$$\sigma_{perm} = 207 MPA$$

Tomando como factor de seguridad 5, se procederá a hallar la altura del cordón

$$FS = 5$$

$$5 = \frac{\sigma_{perm}}{\tau_T}$$

$$5 = \frac{207 * 10^6 \frac{N}{m^2}}{\frac{72528.73 N}{h_w * m}}$$

$$5 = \frac{207 * 10^6 * h_w}{72528.73 N}$$

$$h_w = 1.75 * 10^{-3} m$$

$$h_w = 1.75 mm$$

4.50 SIMULACIÓN DE SOLDADURA

Para comprobar el cálculo realizado es necesario simular el cordón de soldadura de esta forma poder comprobar su adecuado desempeño ante la carga sometida. Para la simulación se usará el mismo software de SolidWorks que analiza soldaduras, se establecerá los materiales de los perfiles, que ya en apartados anteriores se definió como acero A36, el electrodo a utilizar ser el E60XX bajo el estándar norteamericano, se usara una soldadura de filete, y se colocara una altura de cordón de 2.4 mm ya que es el tamaño comercial más pequeño, esta altura solo es referencial ya que en el resultado se coloca el cordón calculado el cual está sometido a un factor de seguridad de 5.

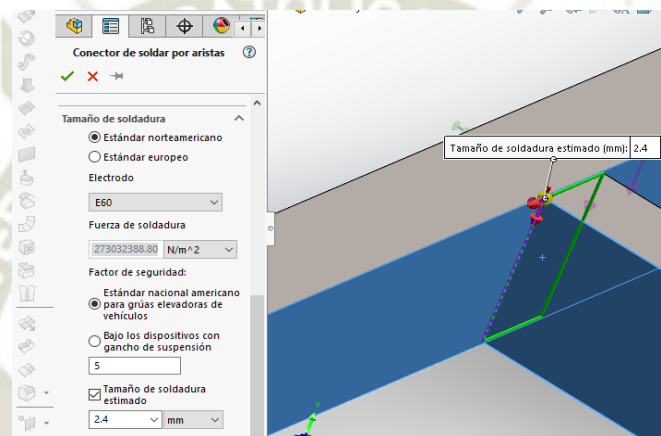


Figura 4.158 Datos de la simulación de soldadura
Fuente: Elaboración propia

Una vez aplicada la simulación el software calcula la altura de cordón que sea la más adecuada. El resultado es que el cordón tiene una altura de 2.01 mm lo que es muy cercano al valor calculado lo que comprueba la altura adecuada.

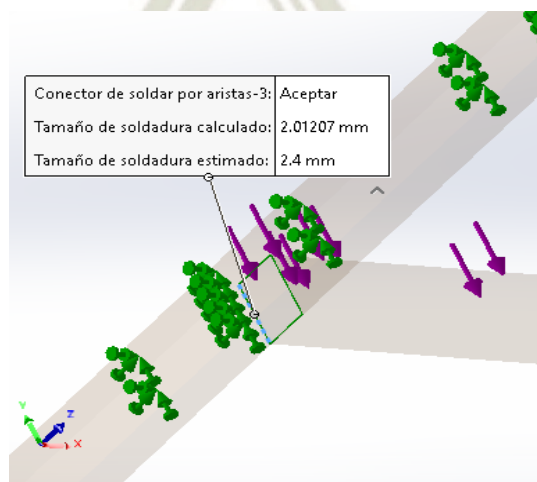


Figura 4.159 Resultados de la simulación del cordón de soldadura
Fuente: Elaboración propia

4.51 COSTOS

En este punto se realizará un análisis de los aspectos económicos del desarrollo del vehículo eléctrico diseñado, se sopesa que no se tiene una cadena de montaje comercial, ni uso de grandes cantidades de componentes, como tal los costos unitarios se mantienen regulares a diferencia de tener un gran stock de componentes. En primera instancia para poder concebir en su totalidad el vehículo se toman los precios de todos los elementos principales incluidas materias primas para la fabricación de piezas y demás componentes a medida. Los precios están dados por los proveedores directos de estos elementos, aunque siempre se toma en cuenta la variación tanto positiva o negativa del mercado. En la siguiente tabla se enumeran los precios de los elementos principales.

Tabla 4.27 Costos y cantidades de elementos del vehículo

Componente	Cantidad	Precio \$
Motor EVD250-90S1	1	9200
Transmisión vehículo eléctrico	1	3075
Inversor modelo RMS	1	13100
PM250DZ		
Celdas lifepo 4	90	4200
Bms Rec	7	2400
Precargador	1	65
Convertor dc-dc	1	240
Cargador	1	728
Kit suspensión	1	1390
Contactores	3	375
Fusibles	1	90
Acelerador selector	1	60
Asientos	1	30
Asientos	2	160
Cremallera de dirección	1	290
Kit discos y frenos	1	1450
Aros	4	561.33
Batería estándar	1	77.72
llantas	4	280.14
Tubo 60*40	7	191.01
Tubo 40*40	6	124.74
Tubo 50*30	2	43.14
Tubo 80*40	1	41.84
Tubo 42.2	3	67.05
Lamina acero Lac	1	57.17
Electrodo 6061 3/32	4	11.65
Resina epoxica	5	82.90
Fibra de vidrio	1	56.99
Subtotal		38488.68

Fuente: Elaboración propia

Todos estos precios resultan ser el subtotal, solo para obtener la totalidad de componentes, ya que no consta de precio de mano de obra, la cual deberá contar con habilidades y capacitación adecuada para llevar a cabo la construcción. Existen diferentes tareas puntuales que requieren atención de la mano de obra que las realizara las cuales se enumeran en la tabla siguiente.

Tabla 4.28 Trabajos y perfiles profesionales

Trabajo	Técnico profesional
Construcción de la estructura de chasis y demás piezas a medida	Técnico mecánico, fabricación industrial, con especialidad en soldadura y construcción de estructuras metálicas
Sistema eléctrico, electrónico	Técnico electromecánico
Construcción de los moldes de fibra de vidrio	Técnico en fabricación de fibra de vidrio y carpintería
Fabricación y acabado en fibra de vidrio	Técnico en trabajo, y acabado en fibra de vidrio
Acabados y pintura	Pintura vehicular

Fuente: Elaboración propia

Con el conocimiento de las características de los trabajos y los perfiles del personal que realizara las actividades, podemos hacer un cálculo del costo de las horas de trabajo invertidas y con ello un valor total de mano de obra como se muestra en la tabla, cuyo valor sumado al costo subtotal anterior nos da como resultado el costo total de fabricación de un prototipo físico es de 40193.68 dólares. Este costo a nivel comercial, es muy similar o inferior al costo de vehículos similares en el mercado,

Tabla 4.29 Costos de mano de obra y total de fabricación del vehículo

Técnico profesional	Costo por hora \$	Horas de trabajo	Costo \$
Técnico mecánico industrial	9	64	576
Técnico electromecánico	12	24	288
Técnico carpintería	7	40	280
Técnico fabricación y acabado en fibra de vidrio	10	50	500
Técnico en Pintura automotriz	11	56	616
		Subtotal mano de obra	1705
		Imprevistos	806.4
		Subtotal del vehículo	38488.68
		Costo total de fabricación del vehículo	41000.08

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

El producto final de diseño del vehículo eléctrico ha atravesado por diferentes etapas, y análisis que han producido diferentes conclusiones.

Se diseñó un vehículo eléctrico capaz de transportar dos personas cómodamente, para sumarse al emergente avance de esta tecnología en el mercado, respondiendo a la necesidad de aprovechar este nicho de mercado en la realidad latinoamericana, satisfaciendo la necesidad de un transporte menos contaminante, más silencioso, y más eficiente, y que resulta más económico en el tiempo.

Se determinó los parámetros y especificaciones que contribuyeron a concebir el diseño del vehículo eléctrico, algunos de estos factores fueron el confort, rigidez. El tipo de chasis que se escogió es el tubular con una carrocería que se acopla a la estructura. La distribución de espacios está dada por los componentes principales, tales como batería, motor y transmisión, cuya selección responden a un criterio ponderado o por parámetros, como , costos disponibilidad en el mercado, y facilidad en el montaje, estos criterios básicos influyen en la selección de componentes y materiales por ende directamente en el diseño y forma de la estructura de chasis, los perfiles tubulares rectangulares bajo la norma ASTM 500 fueron seleccionados para la construcción de la estructura de chasis, es en ella donde se monta el habitáculo. El ensamble total es el que da un performance en la conducción debido a su relación con el sistema de suspensión, con la forma y distribución de los equipos.

Se estableció y dimensionó componentes principales como el banco de baterías y el tren motriz. La batería del vehículo cumple con un criterio de modularidad para fácil ensamblaje, se utilizó parámetros de selección para optar por el tipo de celda más adecuado que conformaría la batería, de esta forma se parametrizó sus componentes electrónicos, que desempeñan y administran diferentes variables para el adecuado desempeño de las baterías, voltaje, corriente y temperatura de cada celda son calibrados y verificados por el sistema BMS que tiene un sistema distribuido de esclavo y maestro por cada módulo. se seleccionó y ponderó también el sistema de refrigeración por aire que, a través de una simulación en SolidWorks, se verificó ser el más adecuado para cada módulo, de esta forma se garantiza la gestión térmica del banco de baterías, que es muy importante en vehículos eléctricos, ya que mantiene una temperatura adecuada de trabajo de las celdas y electrónicos de los módulos, y de esta forma asegura una prolongada vida útil de los componentes.

Se diseñó el chasis y el sistema principal de la suspensión en el software de desarrollo 3d de Solidworks, de esta forma se obtuvieron distancias y dimensiones precisas, también propiedades físicas y materiales adecuados para la estructura. El software nos permite la flexibilidad de diseño, tanto para piezas, estructura como para la carrocería, y de esta forma tener una referencia visual y modificable de la ubicación de los elementos, el espacio para el habitáculo y como todo el conjunto toma forma para concebir el vehículo deseado.

Se analizaron los desplazamientos, tensiones y deformaciones una vez obtenido el diseño en 3d de la estructura de chasis, sus perfiles y materiales se utilizó el motor de cálculo y simulación del software Solidworks. La estructura de chasis fue sometida bajo cargas estáticas y dinámicas que fueron calculadas previamente utilizando como guías, normativas peruanas y de la región. Los resultados del desempeño de la estructura ante estas cargas fueron satisfactorios, lo que evidencia una estructura fuerte que garantiza la seguridad de sus ocupantes, los componentes de la suspensión independiente y regulable, también son sometidos a análisis, cumplen con un buen desempeño ante la transferencia de masas que sufre la suspensión, durante la conducción.

La batería de alto voltaje es el elemento principal del vehículo en consecuencia, algunos sistemas como el de refrigeración están ligados a esa selección y por ello también al mismo diseño de la estructura del chasis. La utilización de dispositivos de control va relacionada también con las características de cada módulo, el BMS es fundamental para mantener en parámetros adecuados el paquete de baterías, gestiona el sistema térmico y la corriente de carga y descarga. Los relés y fusibles sirven para proteger los sistemas en caso de cortos y sobretensiones. El dimensionamiento de la batería va de acuerdo al propósito principal del auto, la batería diseñada de 34.56 kW es adecuada para un uso urbano y permite una carga más rápida.

El motor seleccionado tiene la capacidad de mover al vehículo totalmente ocupado, incluido el peso de las baterías, teniendo una potencia 200hp. El controlador electrónico debe ser escogido en capacidad y tipo del motor, ya que él es el centro de todas las funciones tanto, motrices, velocidad, RPM como eléctricas, ya que la demanda o retorna energía eléctrica del motor.

La suspensión independiente tipo push rod con amortiguadores tipo coilovers, asegura una eficiente conducción, y también una flexibilidad para poder modificar geométricamente parámetros el sistema de suspensión.

RECOMENDACIONES

El diseño de un vehículo de esta gama, conlleva una gran cantidad de características que se deben tomar en cuenta. El principal parámetro para enfocar el diseño, es el propósito, ya que, según la misión del vehículo, se procede a dimensionar una batería que afecta en su totalidad el diseño y elementos principales del vehículo.

Se recomienda la adecuada, selección del tipo de celda, pues según sus características es que se desarrollan los módulos y sus subsistemas como los controles electrónicos y sistema de gestión térmica, estos afectan también al diseño de la estructura para poder alojar el banco de baterías.

Los materiales para la estructura de chasis deben ser fáciles de adquirir y trabajar como los perfiles tubulares, de esta forma, no solo se obtendrá una estructura fuerte, si no también mano de obra menos costosa. En un chasis de perfiles tubulares, se debe buscar la configuración de la triangular en sectores importantes del chasis, esto brinda solides

La carrocería debe ser diseñada de acorde a la estructura de chasis, la forma y materiales deben estar acordes al diseño, y el fin del vehículo. Se debe buscar el método fácil y rápido para diseñar y posteriormente manufacturar la carrocería, ya que todo el proceso lleva un costo de mano de obra y materiales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aceros, A. (2021). *tubos de acero*. Obtenido de Aceros Arequipa:
<https://www.acerosarequipa.com/categorias/27/tubos-de-acero>
- Ambiental, D. G. (Diciembre de 2014). *Ministerio del ambiente peruano*. Obtenido de Seguimiento ambiental del mercado automotriz peruano:
<https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2014/07/SEGUIMIENTO-AMBIENTAL-DEL-MERCADO-AUTOMOTRIZ-PERUANO-final.pdf>
- Bartrop, T. (26 de 04 de 2020). *Prueba de Torsión [Figura]*. Obtenido de WichCar:
<https://www.whichcar.com.au/features/diy/torsion-and-beaming-test-modified-car>
- Evwest. (2020). *Motor electrico EVD250-90S1*. Obtenido de Evwest:
https://www.evwest.com/catalog/product_info.php?cPath=8&products_id=297
- Hadia, F. G., & Tong, Z. Y. (2013). *Simulation of the Thermal Behavior of a Prismatic LiFePO4 Battery Cell*. Obtenido de Institute of Electrical and Electronics Engineers:
<https://ieeexplore.ieee.org/document/6804913>
- Isla, L., Singla, M., Rodriguez, M., & Granada, I. (2019). *Análisis de tecnología, industria, y mercado para vehículos eléctricos en América Latina y el Caribe*. Obtenido de Banco Interamericano de Desarrollo: <http://dx.doi.org/10.18235/0001638>
- Murunguza, A. (25 de 05 de 2020). *Colisión Lateral [Figura]*. Obtenido de Reconstrucción accidentes trafico: <https://rMp1oViPb3EdvcJ5kxoqe52RuaiK6YiUYo.com/colisiones-frontolaterales-que-son-y-como-llevamos-a-cabo-una-reconstruccion-en-este-tipo-de-accidentes/>
- REC. (2021). *Modulo Rec Q BMS*. Obtenido de rec-bms: <https://www.rec-bms.com/rec-q-battery-management-system-16s/>
- telecomunicaciones, M. d. (25 de Enero de 2018). *Ministerio de transportes y telecomunicaciones*. Obtenido de Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 RD N° 03-2018 MTC/14:
https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf
- West, E. (2021). *Transmisión de vehiculo electrico* . Obtenido de Ev. West:
https://evwest.com/store/product_info.php?products_id=285

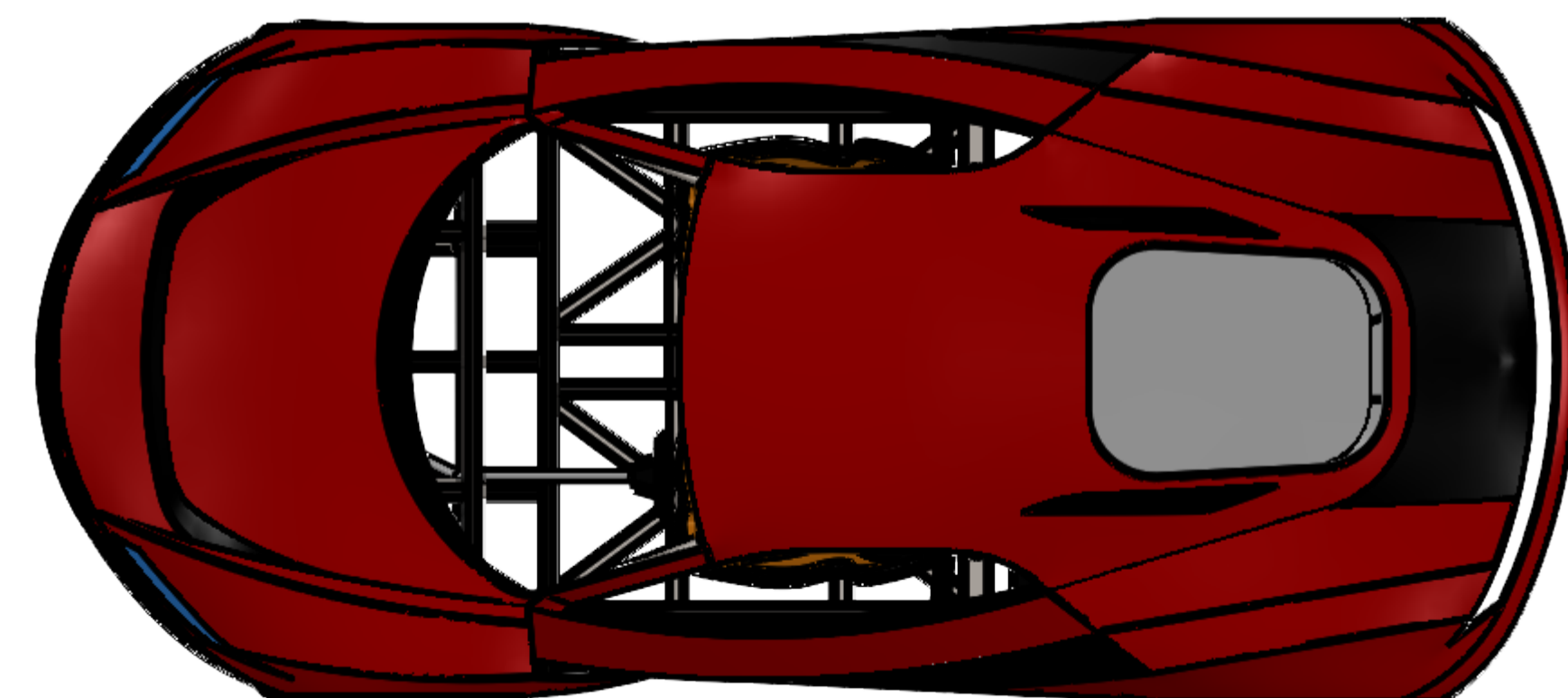
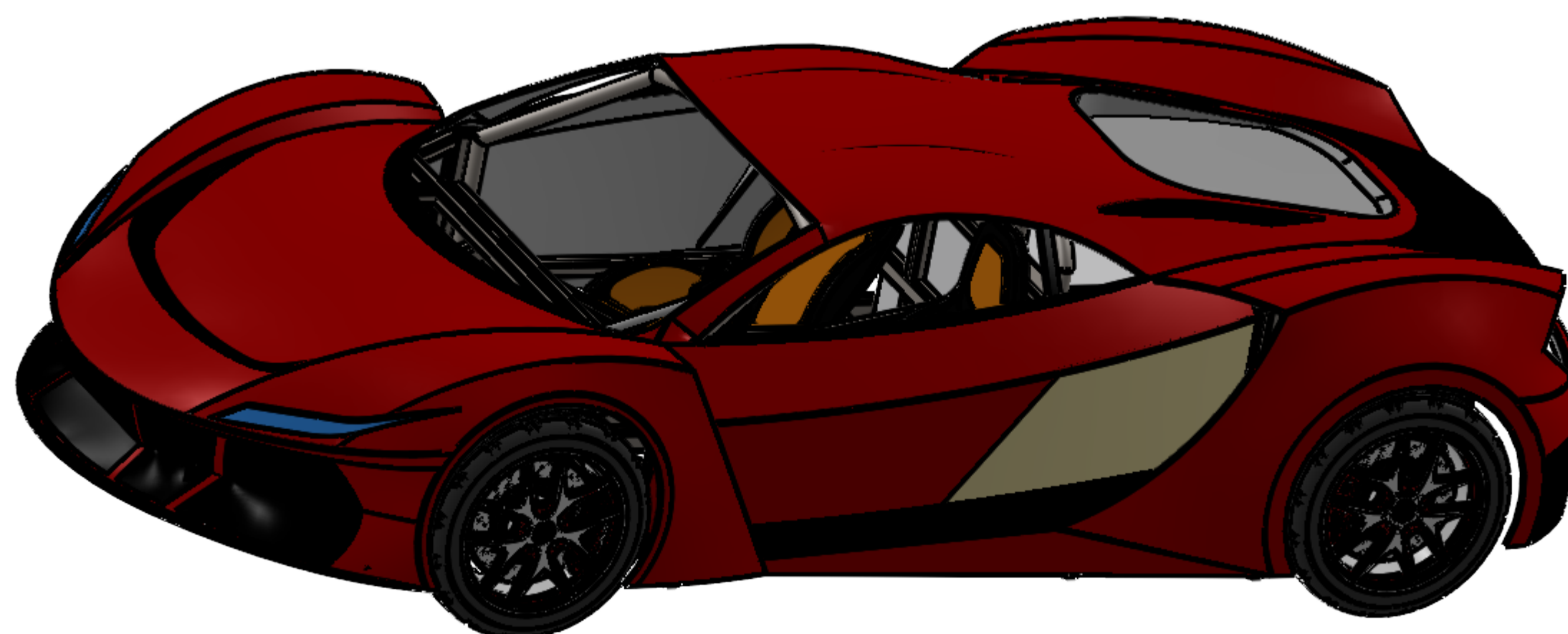
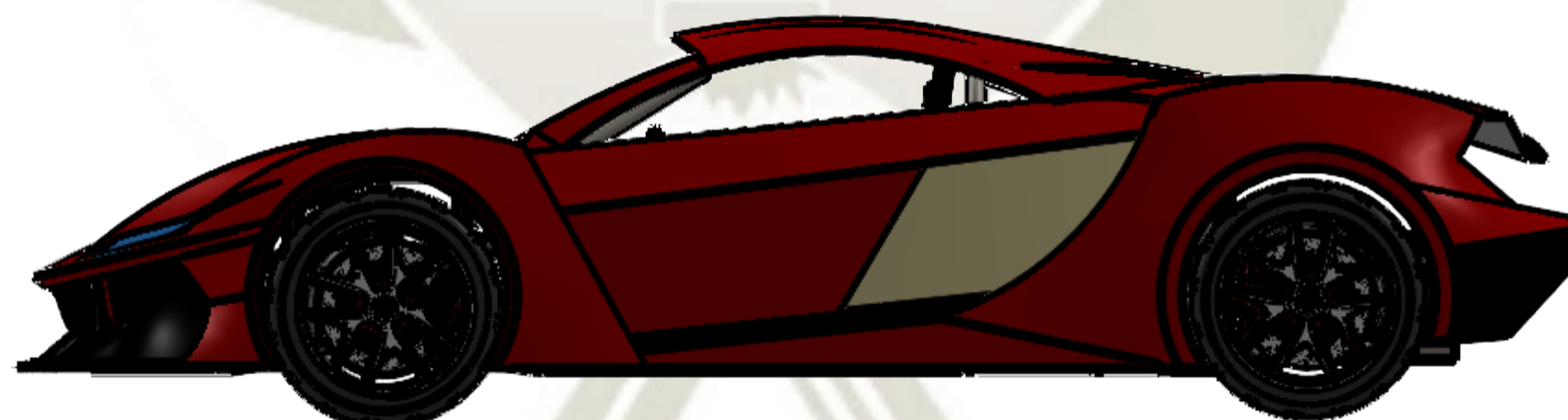
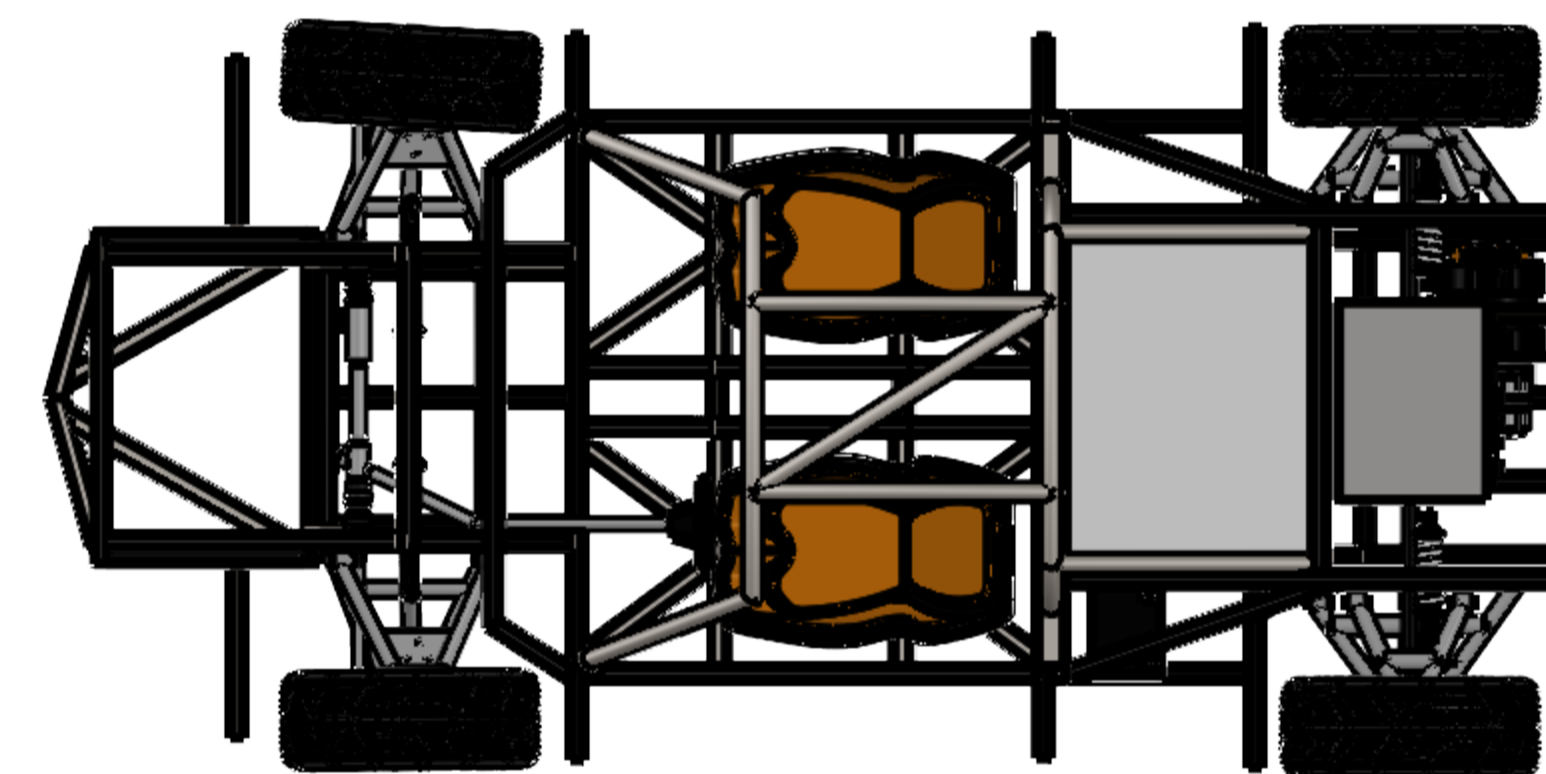
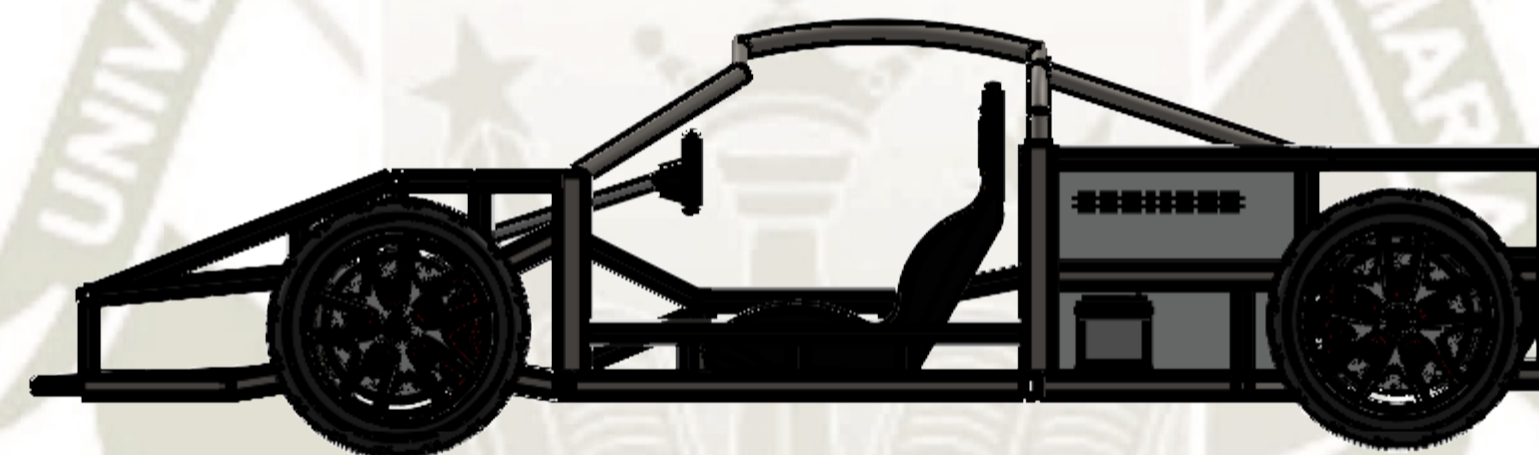
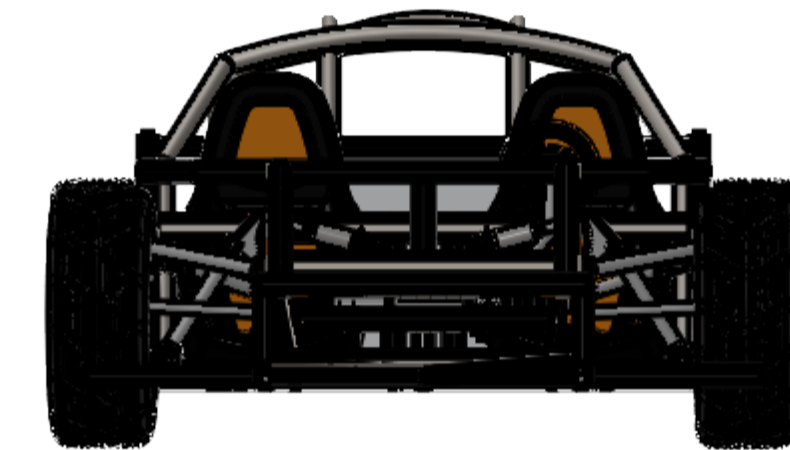
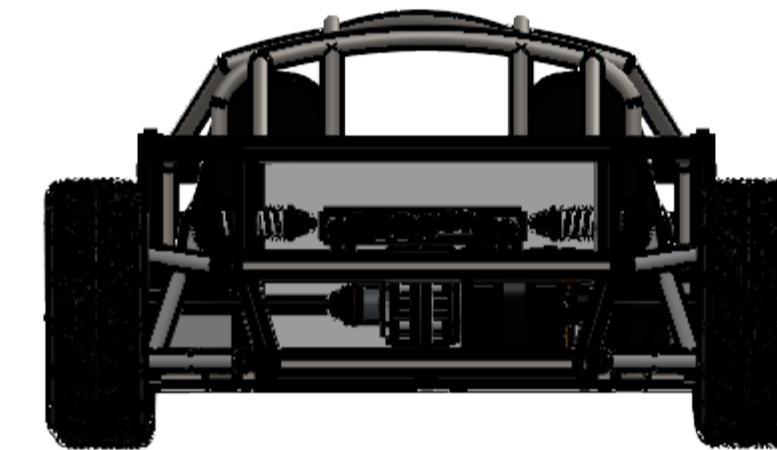
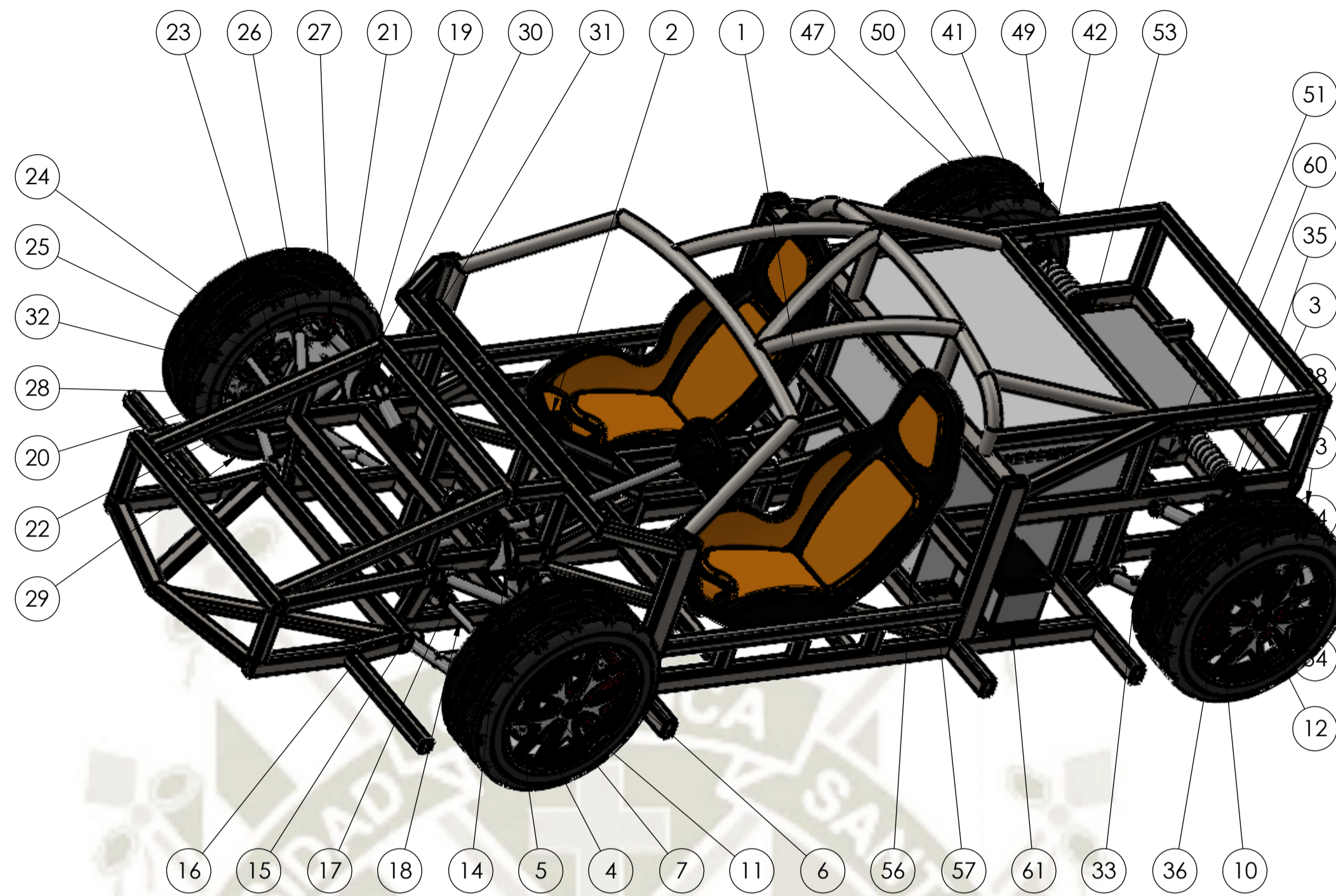
Anexo A:
Planos de trabajo



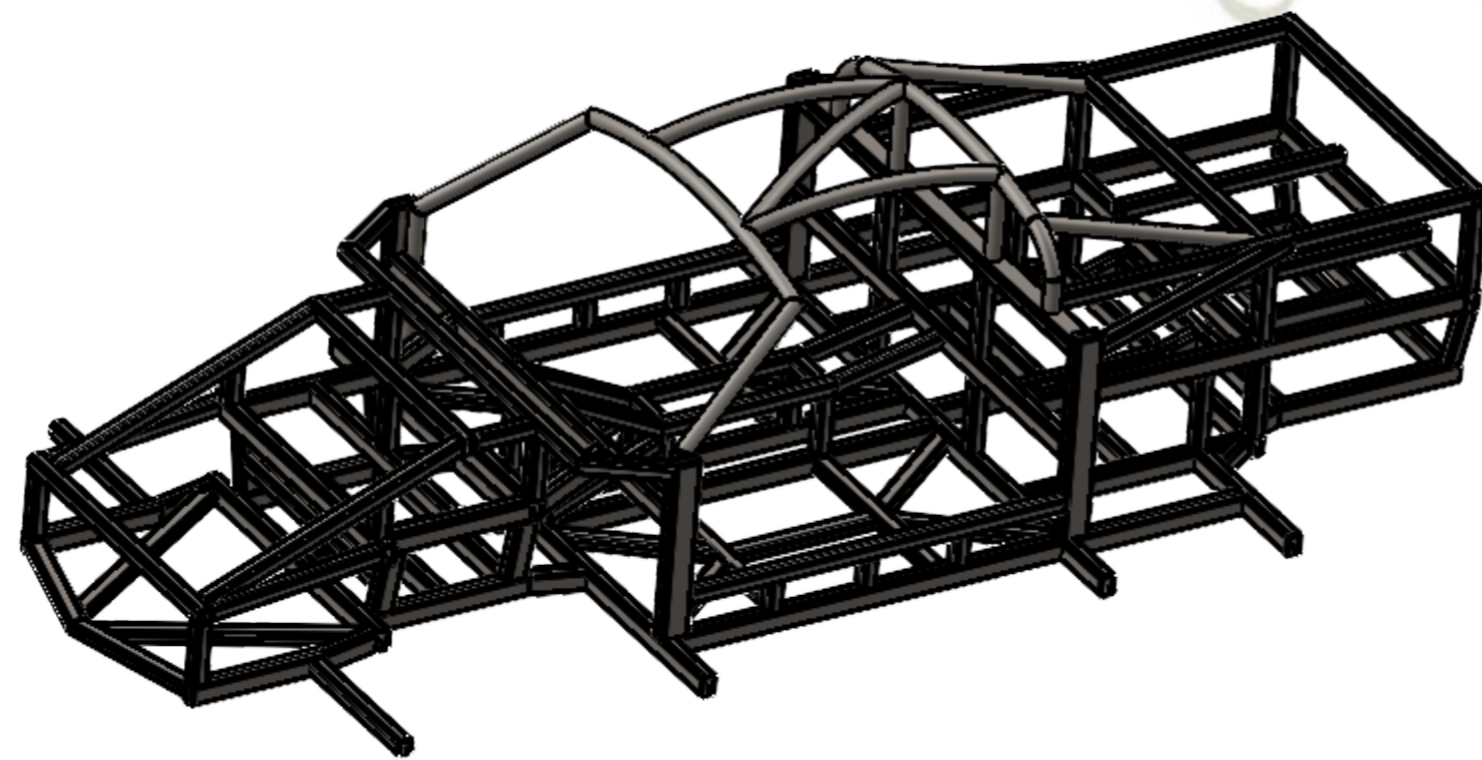
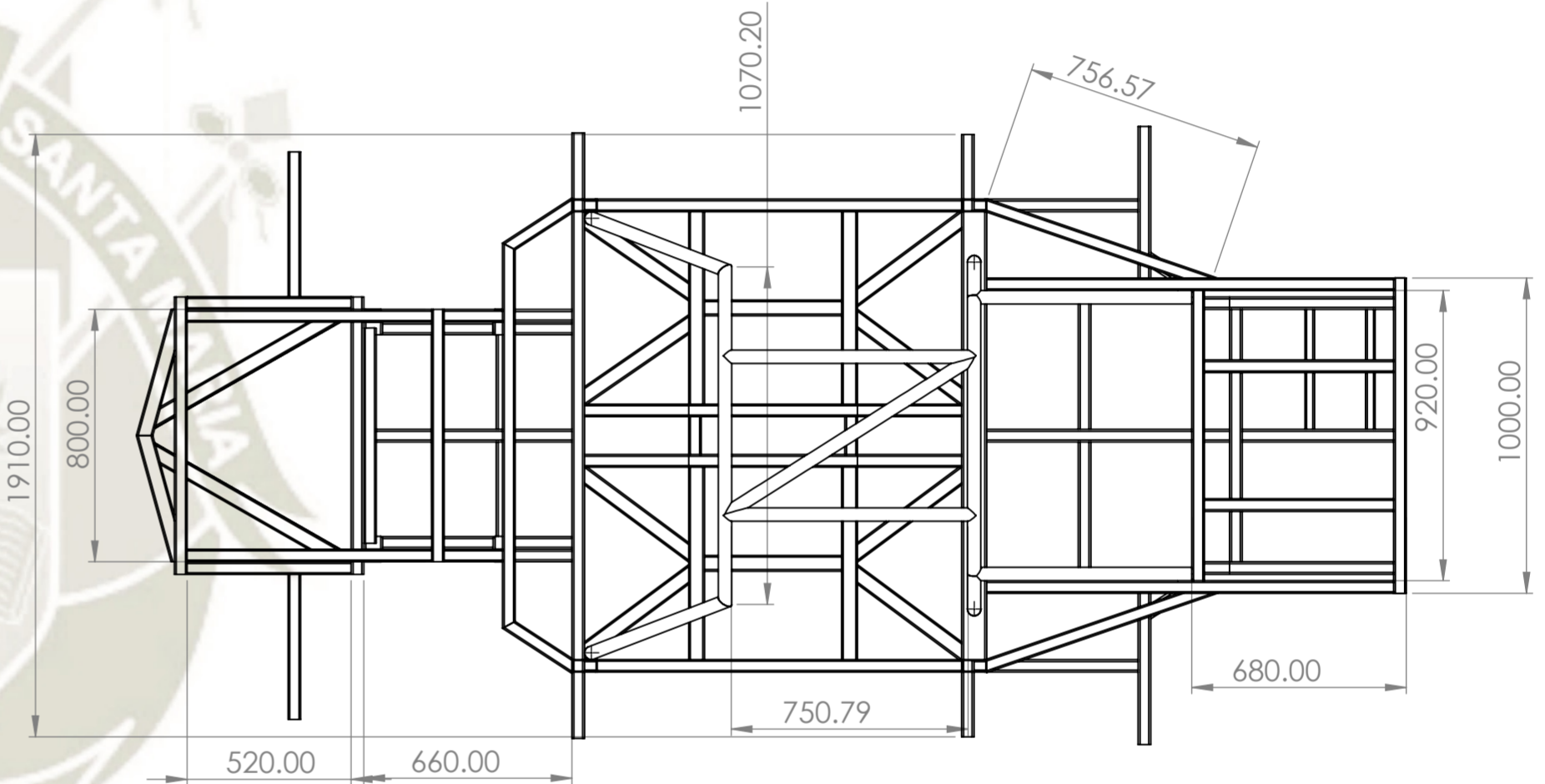
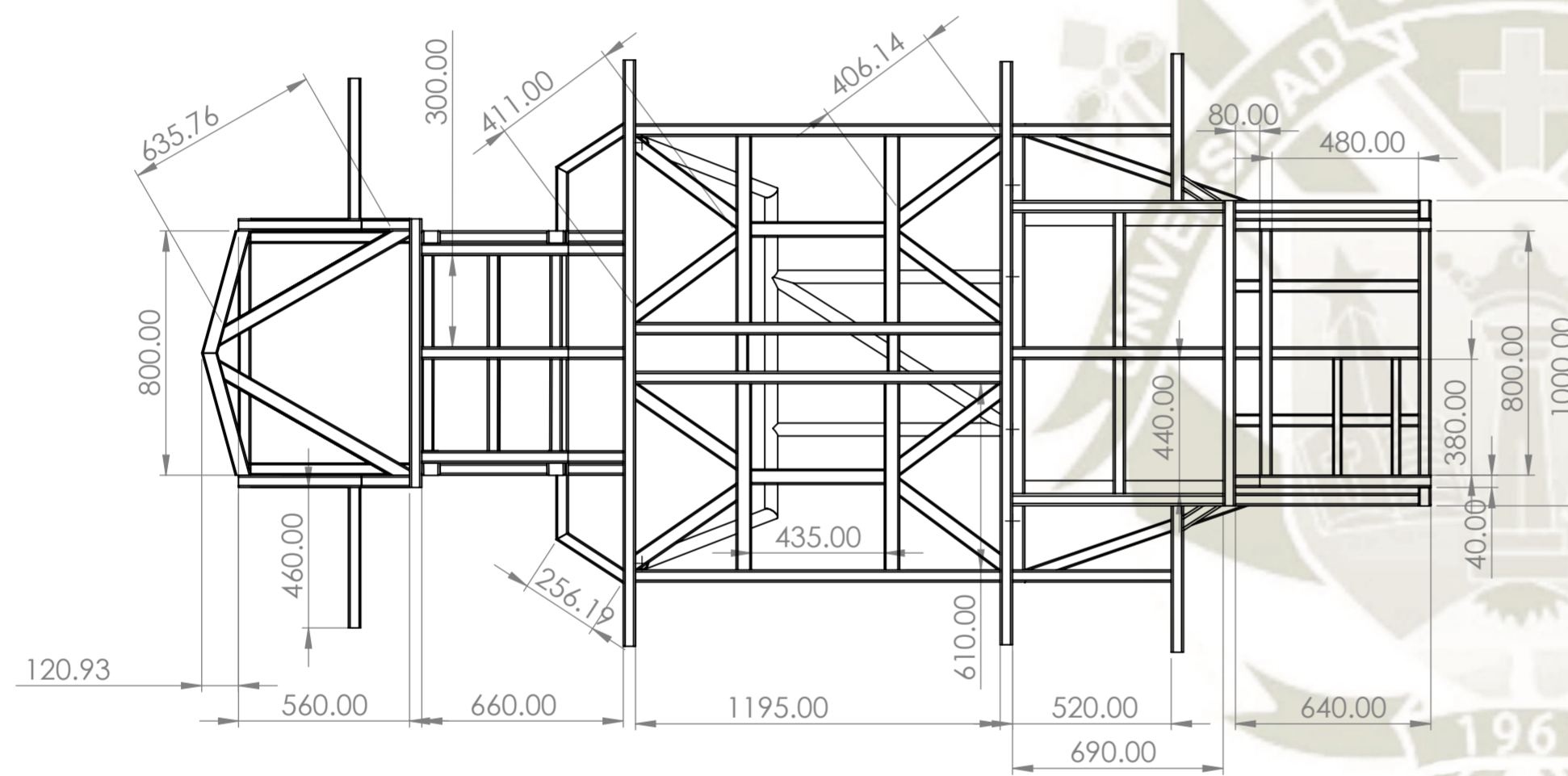
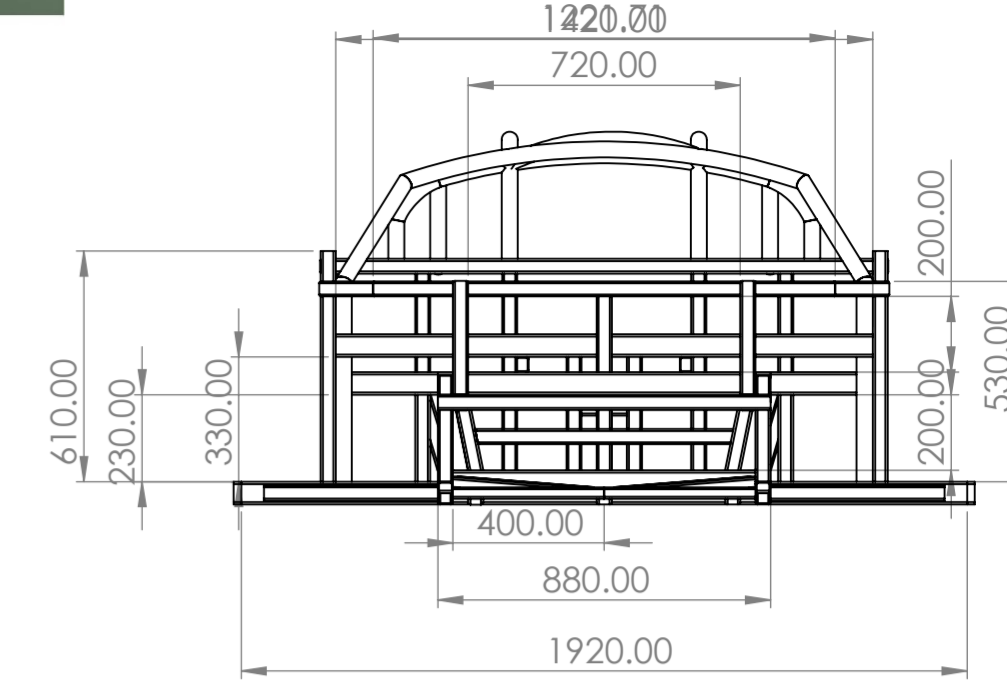
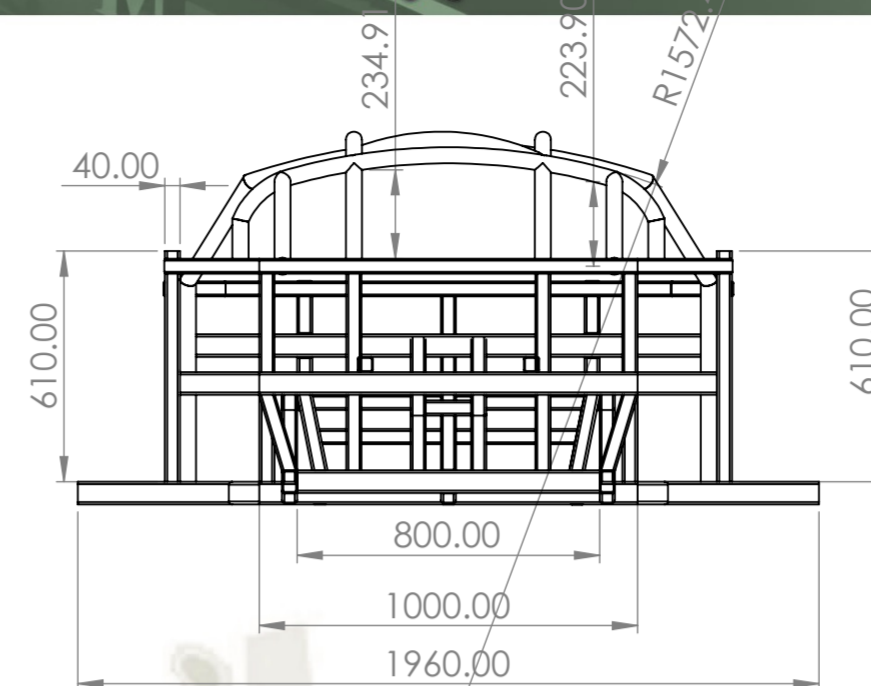
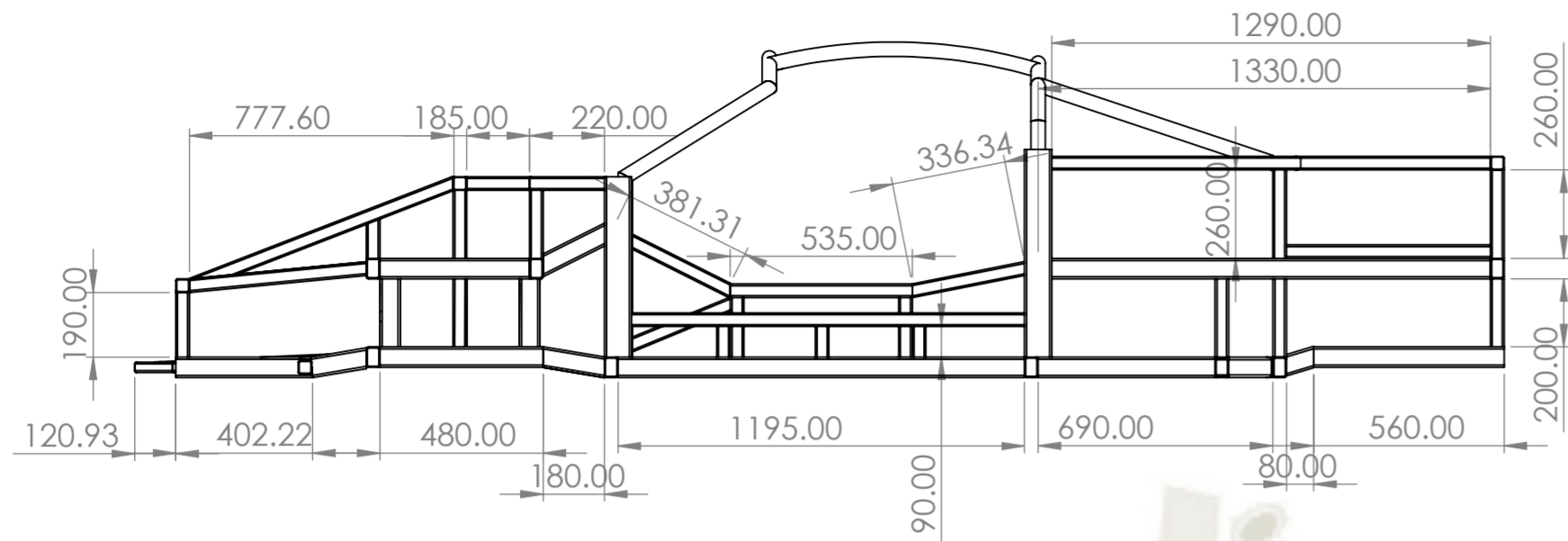
Anexo B:
Normativa principal



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	estructurainternaguias egundosimujaula		1
2	asientoosolid		2
3	rocket.ipt		2
4	rotulainferiorer.ipt		1
5	rotulasuperiorr.ipt		1
6	barraconductora.ipt		1
7	nudillo de direccion final.ipt		1
8	portamasa1.ipt		2
9	masa1.ipt		2
10	nuevodiscodofreno.ipt		2
11	nuevocaliper_MIR2.ipt		1
12	aro20nuevo.ipt		2
13	neumatico20.ipt		2
14	piston1.ipt		1
15	cilindromortiguador.ipt		1
16	direccion1.ipt		1
17	corrededefini.ipt		1
18	brazo de direccion1.ipt		1
19	rocket_MIR.ipt		1
20	rotulainferiorer_MIR.ipt		1
21	rotulasuperiorr_MIR.ipt		1
22	barraconductora_MIR.ipt		1
23	nudillo de direccion final_MIR.ipt		1
24	portamasa1_MIR.ipt		1
25	masa1_MIR.ipt		1
26	nuevodiscodofreno_MIR.ipt		1
27	nuevocaliper_MIR2_MIR.ipt		1
28	aro20nuevo_MIR.ipt		1
29	neumatico20_MIR.ipt		1
30	piston1_MIR.ipt		1
31	cilindromortiguador_MIR.ipt		1
32	brazo de direccion2.ipt		1
33	brazoinferiortrasero15.ipt		1
34	masapartetrasera2.ipt		1
35	brazosuperior.ipt		1
36	nuevocaliper.ipt		1
37	brazopushrodd.ipt		1
38	amortiguador1200.ipt		1
39	brazoinferiortrasero15_MIR.ipt		1
40	masapartetrasera2_MIR.ipt		1
41	rocket_MIR1.ipt		1
42	brazosuperior_MIR.ipt		1
43	portamasa1_MIR1.ipt		1
44	masa1_MIR1.ipt		1
45	nuevodiscodofreno_MIR1.ipt		1
46	nuevocaliper_MIR3.ipt		1
47	aro20nuevo_MIR1.ipt		1
48	brazopushrodd_MIR.ipt		1
49	neumatico20_MIR1.ipt		1
50	amortiguador1200_MIR.ipt		1
51	evtransmision.ipt		1
52	unionmotor.ipt		1
53	motorelectrico2.ipt		1
54	pailler.ipt		2
55	controladordemotor.ipt		1
56	inferior carcaza bancosolid		1
57	carcaza de bancosolid		1
58	superior carcaza bancosolid		1
59	carroceriadevehiculosolidwork		1
60	controladordemotor solido		1
61	bateria estandar solid		1

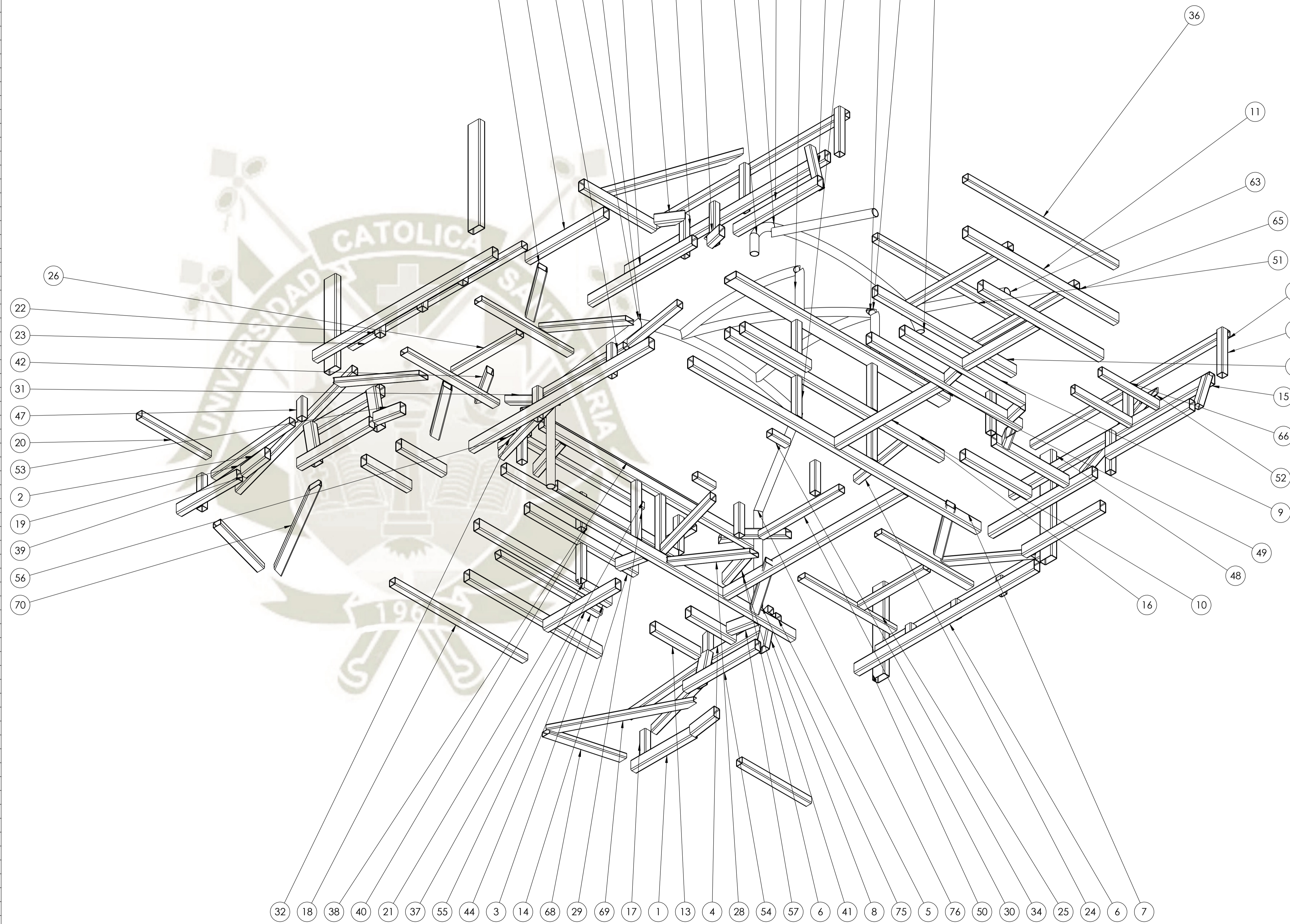


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO: Ensamble del vehículo eléctrico		
DIBUJ. VERIF. APROB. FABR. CALIB.			Nº DE DIBUJO 1	A1	
MATERIAL: Variado			ESCALA: 1:20	HOJA 1 DE 1	



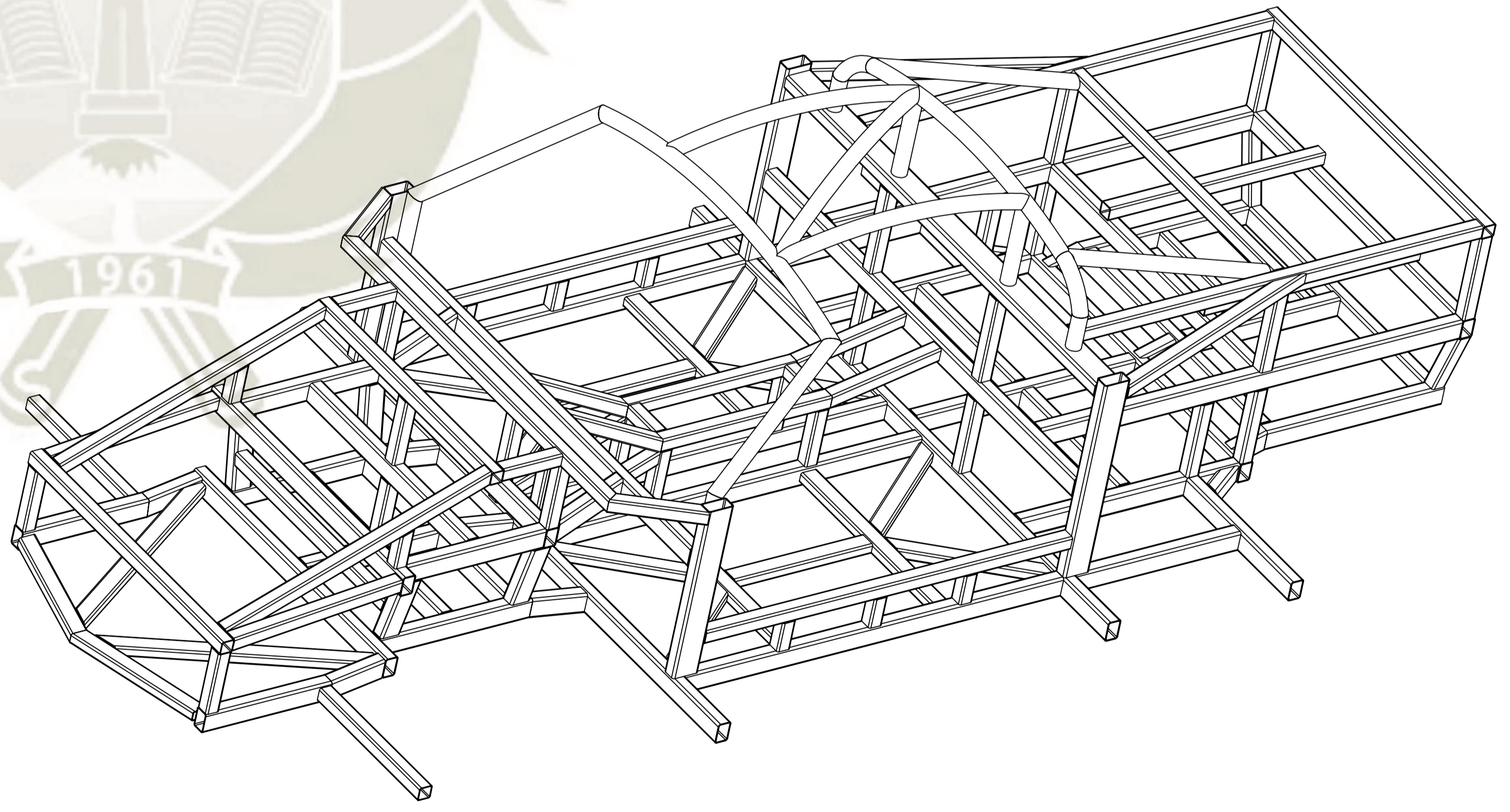
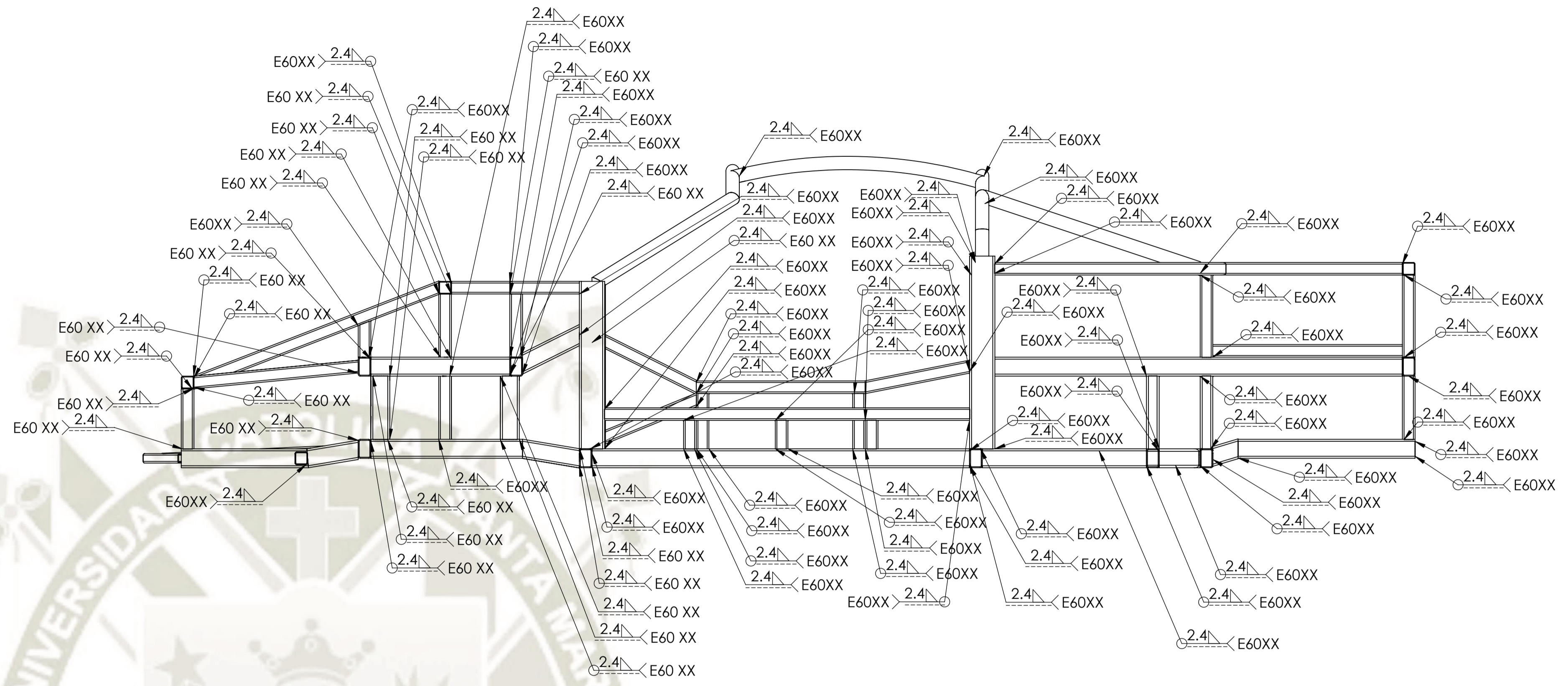
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:	
VERIF.	Bryan Cnadia Chire		15/01/2022	Estructura de chasis	
APROB.				N.º DE DIBUJO	A2
FABR.				2	
CAUD.				MATERIAL:	
				Acero-ASTM 500	
				PESO:	
				ESCALA: 1:20	HOJA 1 DE 1

Nº de elemento	Cantidad	Descripción	LONGITUD
1	2	60 x 40 x 3.2	402.48
2	2	60 x 40 x 3.2	169.69
3	2	60 x 40 x 3.2	880
4	4	60 x 40 x 3.2	440
5	1	60 x 40 x 3.2	1920
6	4	60 x 40 x 3.2	1195
7	1	60 x 40 x 3.2	1910
8	4	60 x 40 x 3.2	211.96
9	3	60 x 40 x 3.2	800
10	1	60 x 40 x 3.2	690
11	2	60 x 40 x 3.2	1000
12	3	60 x 40 x 3.2	109
13	4	60 x 40 x 3.2	300.02
14	1	60 x 40 x 3.2	720
15	2	60 x 40 x 3.2	1330
16	2	60 x 40 x 3.2	1420
17	2	40 x 40 x 2.6	190
18	1	40 x 40 x 2.6	880
19	2	40 x 40 x 2.6	526.24
20	2	40 x 40 x 2.6	460
21	1	40 x 40 x 2.6	230.01
22	6	40 x 40 x 2.6	90
23	2	40 x 40 x 2.6	1155
24	2	40 x 40 x 2.6	344.22
25	4	50 x 30 x 2.6	610
26	2	50 x 30 x 2.6	435
27	6	50 x 30 x 2.6	444.47
28	2	50 x 30 x 2.6	432.41
29	2	40 x 40 x 2.6	330
30	2	40 x 40 x 2.6	535
31	2	40 x 40 x 2.6	388.95
32	2	40 x 40 x 2.6	372.91
33	4	40 x 40 x 2.6	175
34	2	40 x 40 x 2.6	120
35	2	40 x 40 x 2.6	1290
36	1	40 x 40 x 2.6	1000
37	1	40 x 40 x 2.6	800
38	1	40 x 40 x 2.6	1221.71
39	2	40 x 40 x 2.6	846.52
40	3	40 x 40 x 2.6	200
41	2	60 x 40 x 3.2	231.25
42	2	40 x 40 x 2.6	262.39
43	6	40 x 40 x 2.6	260
44	1	40 x 40 x 2.6	682.96
45	2	40 x 40 x 2.6	220.81
46	2	60 x 40 x 3.2	560
47	2	40 x 40 x 2.6	115.33
48	2	80 x 40 x 3.2	610
49	1	80 x 40 x 3.2	1420
50	2	80 x 40 x 3.2	530
51	1	40 x 40 x 2.6	920
52	2	40 x 40 x 2.6	773.5
53	2	60 x 40 x 3.2	192.48
54	1	60 x 40 x 3.2	479.67
55	5	60 x 40 x 3.2	480
56	2	40 x 40 x 2.6	185
57	1	60 x 40 x 3.2	192.82
58	2	40 x 40 x 2.6	230
59	2	42.4 x 2.6	106.08
60	2	42.4 x 2.6	166.03
61	1	42.4 x 2.6	902.27
62	2	42.4 x 2.6	253.02
63	2	42.4 x 2.6	733.53
64	1	60 x 40 x 3.2	920
65	2	40 x 40 x 2.6	680
66	2	50 x 30 x 2.6	380
67	2	60 x 40 x 3.2	520
68	2	50 x 30 x 2.6	428.6
69	1	50 x 30 x 2.6	729.18
70	1	50 x 30 x 2.6	729.18
71	4	40 x 40 x 3.2	230
72	2	60 x 40 x 4.0	690
73	2	60 x 40 x 4.0	149.64
74	2	42.4 x 3.2	809.21
75	2	42.4 x 3.2	557.23
76	1	42.4 x 3.2	549.87
77	1	42.4 x 3.2	1108.99
78	1	42.4 x 3.2	549.87
79	1	42.4 x 3.2	954.38



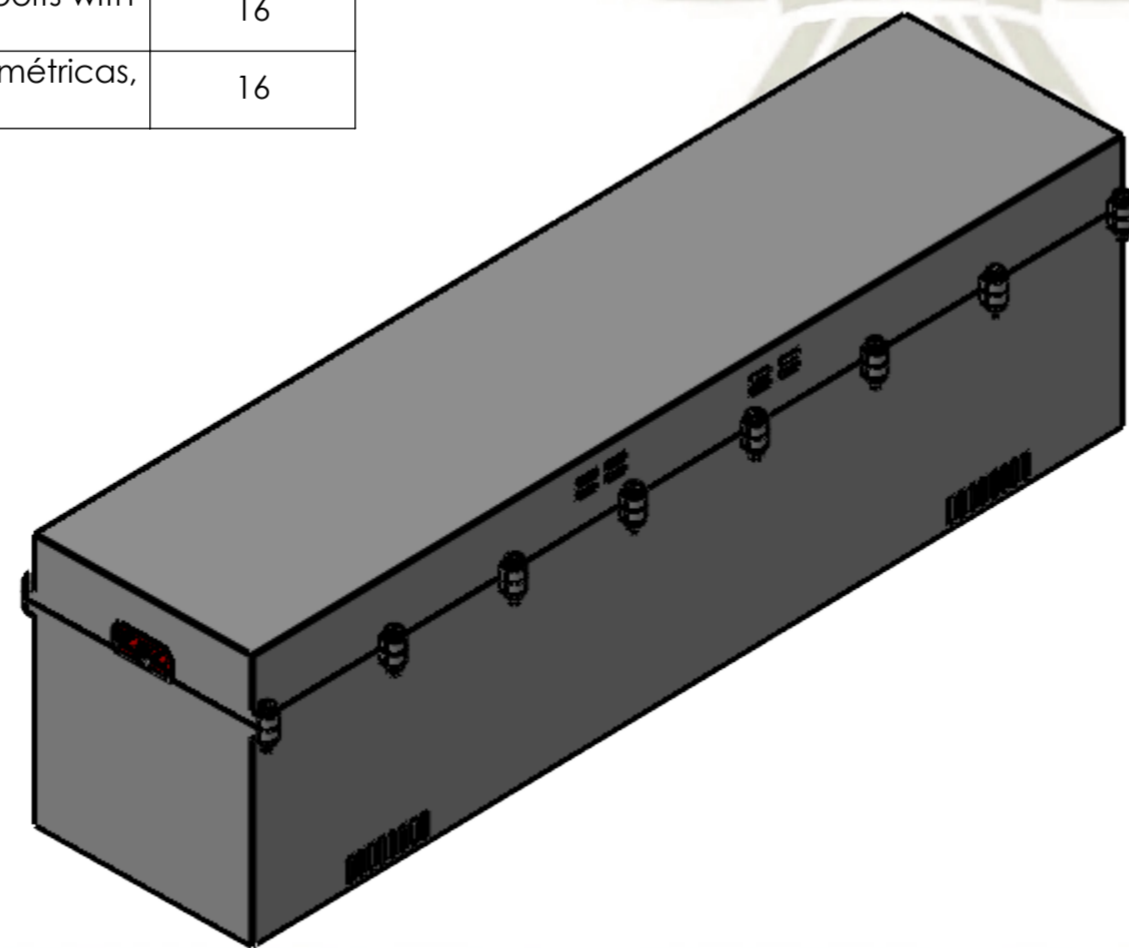
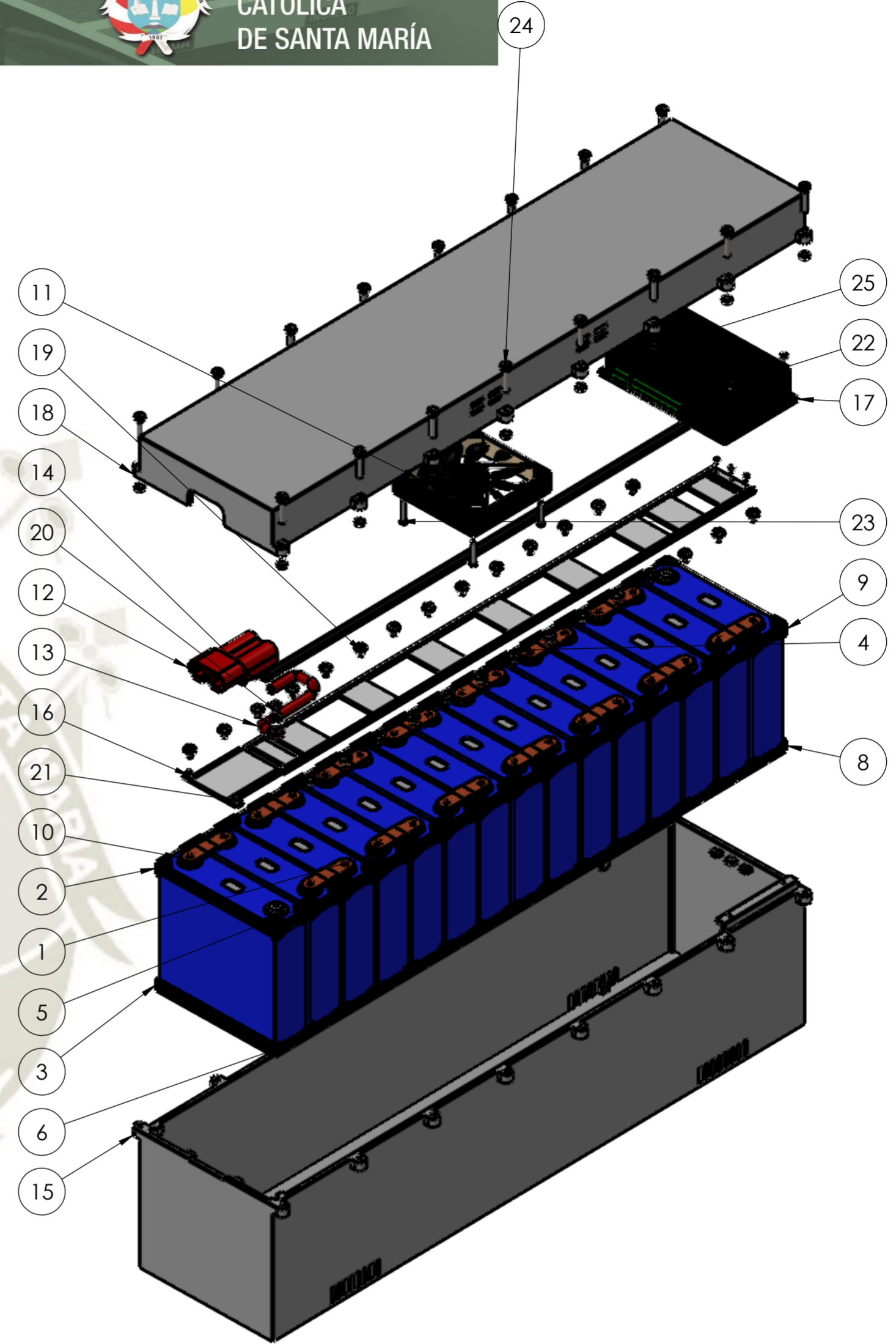
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAS: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE:	FRMA:	FECHA:	TÍTULO:		
DIBUJ:		15/01/2022	Ensamblaje de chasis		
VERIF:			Nº DE DIBUJO:	3	A1
APROB:			MATERIAL:	Acero ASTM-500	
FABR:			PESO:		
CAJID:			ESCALA: 1:20		HOJA 1 DE 1

N.º DE ELEMENTO	TAMAÑO DE SOLDADURA	SÍMBOLO	LONGITUD DE SOLDADURA	MATERIAL DE SOLDADURA	CANTIDAD
1	2.4	▷	148.9	<Sin especificar>	34
2	2.4	▷	148.9	<Sin especificar>	4
3	2.4	▷	149.44	<Sin especificar>	6
4	2.4	▷	150.82	<Sin especificar>	1
5	2.4	▷	188.13	<Sin especificar>	5
6	2.4	▷	94.06	<Sin especificar>	2
7	2.4	▷	29.58	<Sin especificar>	1
8	2.4	▷	187.01	<Sin especificar>	14
9	2.4	▷	149.71	<Sin especificar>	2
10	2.4	▷	153.44	<Sin especificar>	3
11	2.4	▷	154.97	<Sin especificar>	1
12	2.4	▷	188.22	<Sin especificar>	3
13	2.4	▷	139.33	<Sin especificar>	1
14	2.4	▷	114.48	<Sin especificar>	1
15	2.4	▷	113.5	<Sin especificar>	1
16	2.4	▷	69.89	<Sin especificar>	1
17	2.4	▷	188.01	<Sin especificar>	1
18	2.4	▷	107.31	<Sin especificar>	2
19	2.4	▷	220.34	<Sin especificar>	1
20	2.4	▷	189.77	<Sin especificar>	2
21	2.4	▷	151.42	<Sin especificar>	1
22	2.4	▷	139.35	<Sin especificar>	1
23	2.4	▷	150.82	<Sin especificar>	1
24	2.4	▷	220.35	<Sin especificar>	1
25	2.4	▷	188.07	<Sin especificar>	1
26	2.4	▷	72.15	<Sin especificar>	1
27	2.4	▷	151.35	<Sin especificar>	1
28	2.4	▷	151.27	<Sin especificar>	1
29	2.4	▷	34.14	<Sin especificar>	2
30	2.4	▷	188.01	<Sin especificar>	3
31	2.4	▷	187.01	<Sin especificar>	31
32	2.4	▷	149.44	<Sin especificar>	29
33	2.4	▷	113.5	<Sin especificar>	3
34	2.4	▷	114.48	<Sin especificar>	3
35	2.4	▷	151.07	<Sin especificar>	8
36	2.4	▷	154.87	<Sin especificar>	3
37	2.4	▷	160.01	<Sin especificar>	2
38	2.4	▷	152.52	<Sin especificar>	2
39	2.4	▷	178.22	<Sin especificar>	6
40	2.4	▷	173.18	<Sin especificar>	6
41	2.4	▷	89.57	<Sin especificar>	1
42	2.4	▷	175.7	<Sin especificar>	2
43	2.4	▷	90.53	<Sin especificar>	1
44	2.4	▷	170.22	<Sin especificar>	2
45	2.4	▷	64.17	<Sin especificar>	2
46	2.4	▷	63.55	<Sin especificar>	1
47	2.4	▷	47.2	<Sin especificar>	1
48	2.4	▷	161.95	<Sin especificar>	2
49	2.4	▷	130.15	<Sin especificar>	1
50	2.4	▷	161.97	<Sin especificar>	2
51	2.4	▷	130.06	<Sin especificar>	1
52	2.4	▷	133.2	<Sin especificar>	4
53	2.4	▷	227.01	<Sin especificar>	2
54	2.4	▷	163.39	<Sin especificar>	2
55	2.4	▷	149.98	<Sin especificar>	2
56	2.4	▷	184.44	<Sin especificar>	4
57	2.4	▷	152.06	<Sin especificar>	2
58	2.4	▷	311.79	<Sin especificar>	2
59	2.4	▷	186.28	<Sin especificar>	4
60	2.4	▷	146.28	<Sin especificar>	2
61	2.4	▷	147.01	<Sin especificar>	6
62	2.4	▷	198.53	<Sin especificar>	2
63	2.4	▷	248.21	<Sin especificar>	2
64	2.4	▷	221.66	<Sin especificar>	1
65	2.4	▷	32.1	<Sin especificar>	2
66	2.4	▷	221.64	<Sin especificar>	2
67	2.4	▷	113.6	<Sin especificar>	4
68	2.4	▷	107.04	<Sin especificar>	1
69	2.4	▷	151.34	<Sin especificar>	2
70	2.4	▷	150.88	<Sin especificar>	4
71	2.4	▷	190.76	<Sin especificar>	1
72	2.4	▷	118.21	<Sin especificar>	1
73	2.4	▷	265.54	<Sin especificar>	1
74	2.4	▷	135	<Sin especificar>	1
75	2.4	▷	135.01	<Sin especificar>	1
76	2.4	▷	125.27	<Sin especificar>	1
77	2.4	▷	154.97	<Sin especificar>	1
78	2.4	▷	153.44	<Sin especificar>	1
79	2.4	▷	128.78	<Sin especificar>	1

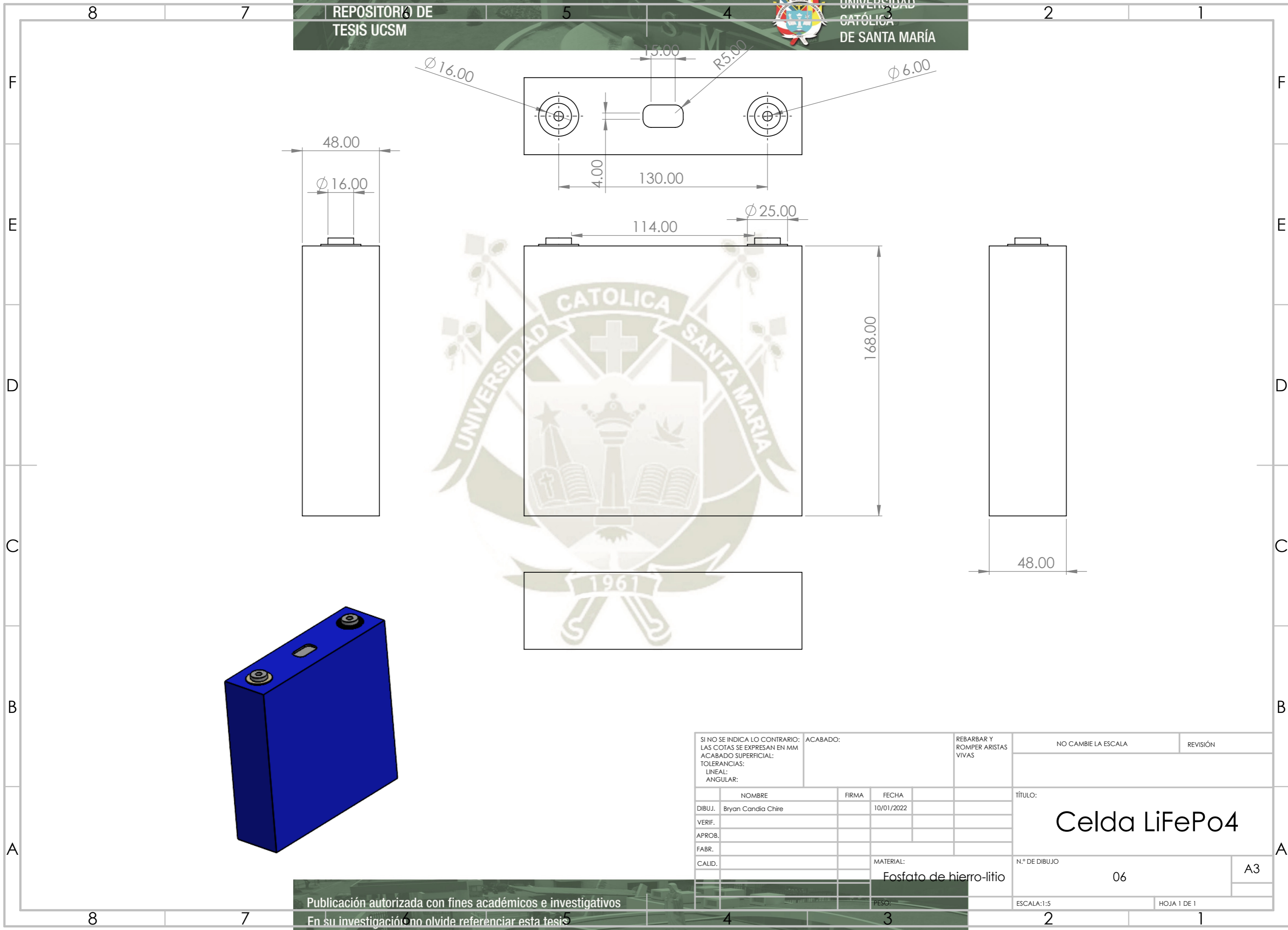


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
ACABADO SUPERFICIAL:					
TOLERANCIAS:					
LINEAS:					
ANGULARES:					
NOMBRE:	FIRMA:	FECHA:	TÍTULO:		
DIBUJ.: Bryan Candia Chiro		14/01/2022	Soldadura de Chasis		
VERIF.:			Nº DE DIBUJO:	4	A1
APROB.:			ESCALA:	1:20	HOJA 1 DE 1
FABR.:			MATERIAL:	Acero	
CAID.:			PESO:		

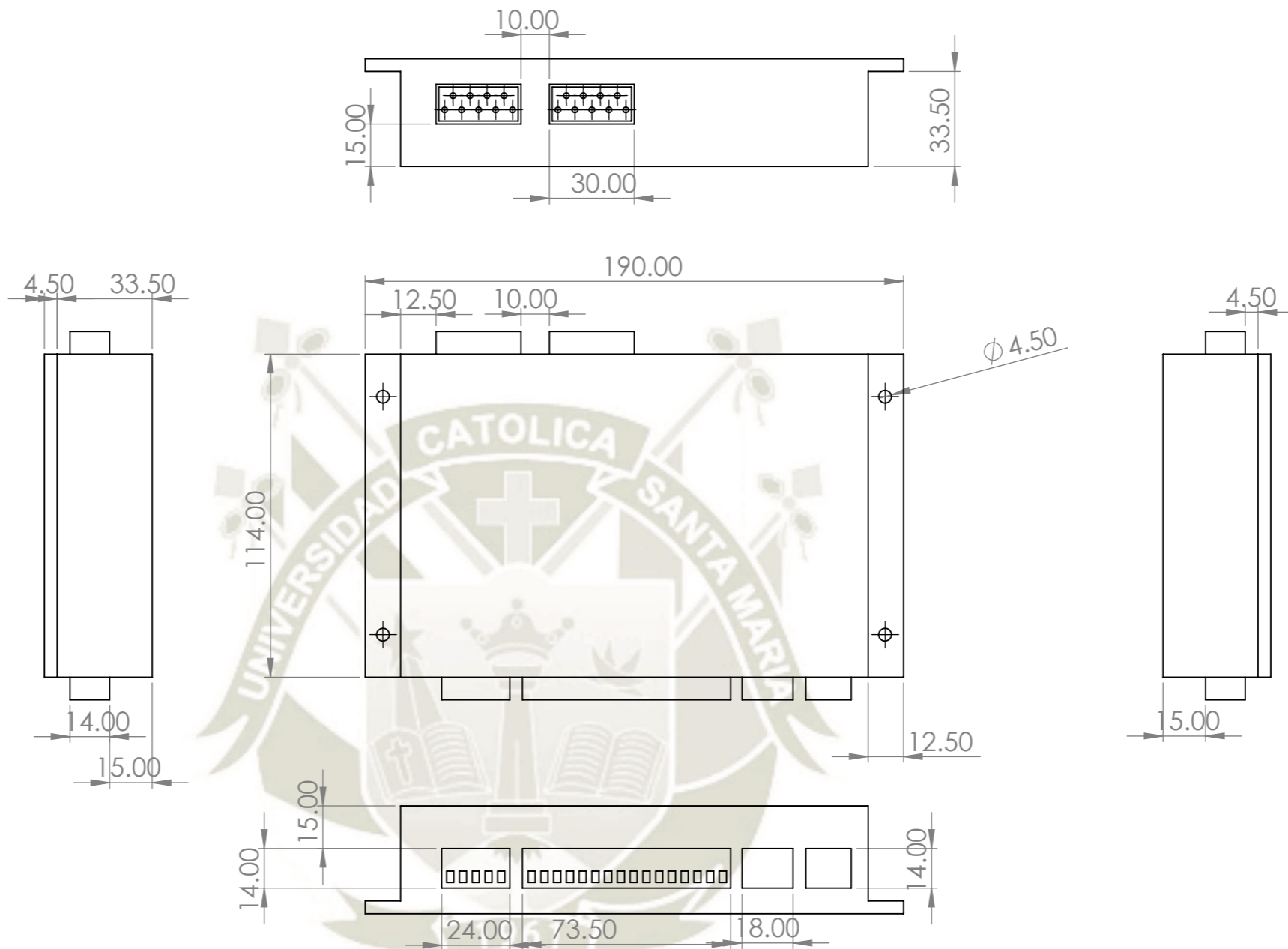
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	bateria3.2v100ahsolid		15
2	sujetadorfinalsuperiorsolid		1
3	sujetadorinferiorfinalsolid		1
4	separadorderechosolid		14
5	separadorsolid		14
6	separadorinferiorsolid		14
7	separadorinferiorderechosolid		14
8	sujetadordebateriainferiorsolid		1
9	sujetadorsuperiorizquierdosolid		1
10	conectordecobre_16		14
11	ventiladormodulosolid		1
12	enchufe_1		1
13	cablenegativoosolido		1
14	cablepositivoosolido		1
15	carcazomoduloparasimulacion1inferiorsolid		1
16	guia de cablesolid		1
17	bmssolid		1
18	carcazomoduloparasimulacion21modulo		1
19	ANSI B18.22M - 6 N arandela solid	Arandelas métricas planas	30
20	AS 1427 - M6 x 10(5) II tornillo solid	Pozidriv Tornillos métricos para maquinaria ISO	30
21	AS 1427 - M3 x 5(5) II tornillo solid	Pozidriv Tornillos métricos para maquinaria ISO	5
22	AS 1427 - M4 x 8(5) II solid	Pozidriv Tornillos métricos para maquinaria ISO	4
23	AS 1427 - M4 x 30(5) II solid	Pozidriv Tornillos métricos para maquinaria ISO	4
24	Bolt GB_T 29.2 M6 x 30 tornillo solid	Cross recessed hexagon bolts with indentation	16
25	AS 1112 - M6(2) tuerca solid	Tuercas hexagonales ISO métricas, incluidas	16



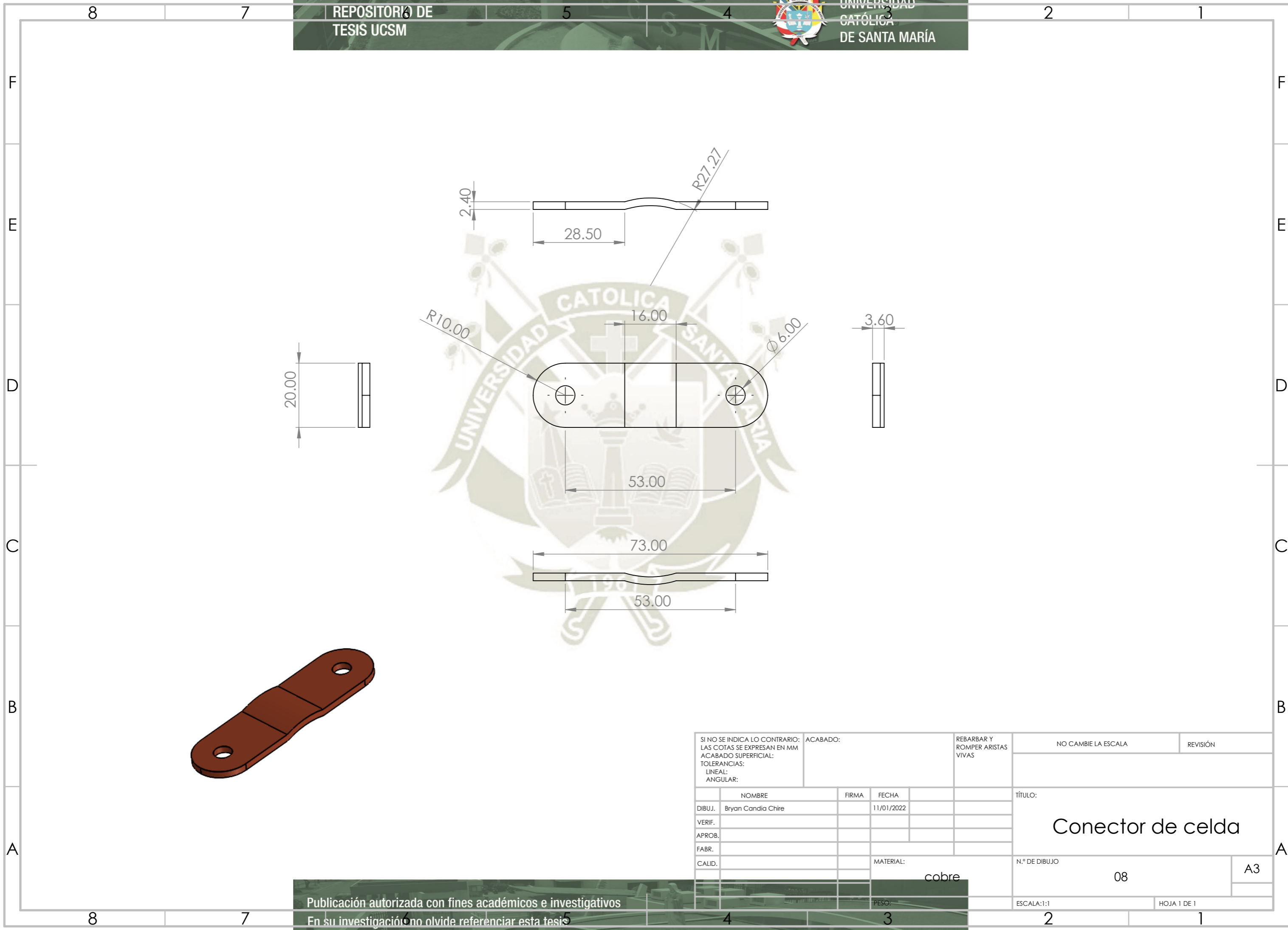
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:	
VERIF.	Bryan Candia Chie		13/01/2022	Ensamble de módulo eléctrico	
APROB.				N.º DE DIBUJO	A2
FABR.				5	
CAUD.				MATERIAL:	
				Variado	
				PESO:	
				ESCALA:1:10	HOJA 1 DE 1



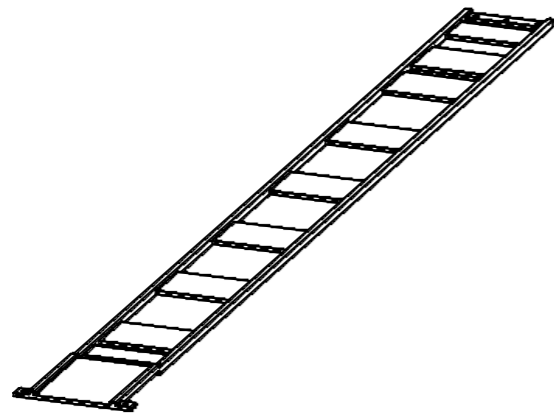
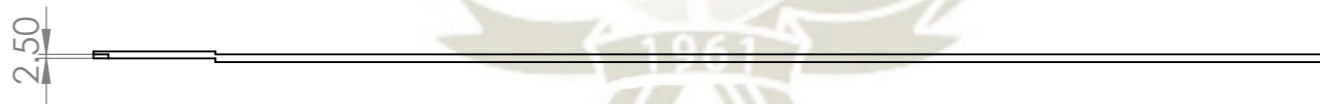
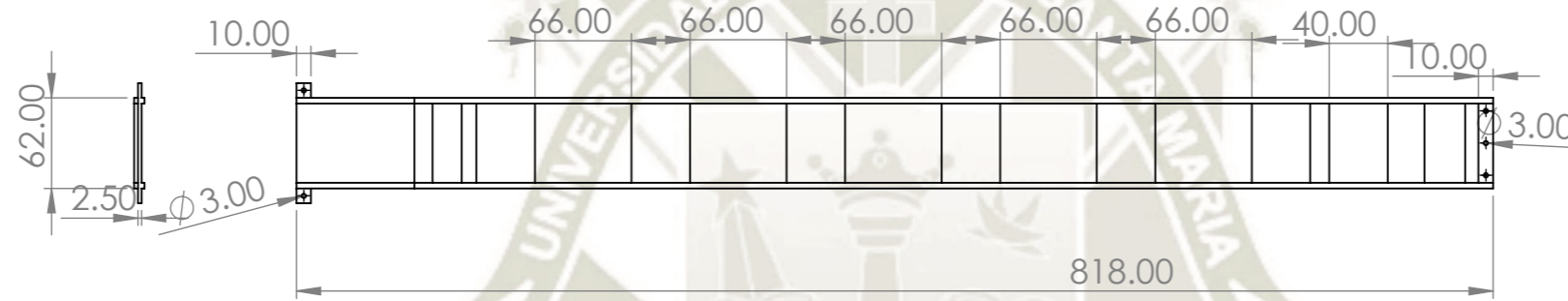
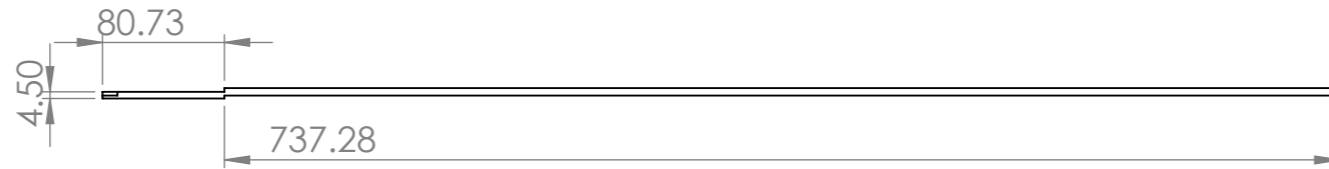
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ. Bryan Candia Chire			FIRMA	FECHA 10/01/2022	TÍTULO: Celda LiFePo4	
VERIF.					N.º DE DIBUJO 06	
APROB.					A3	
FABR.					ESCALA:1:5	
CALID.			MATERIAL: Fosfato de hierro-litio		HOJA 1 DE 1	
			PESO:			



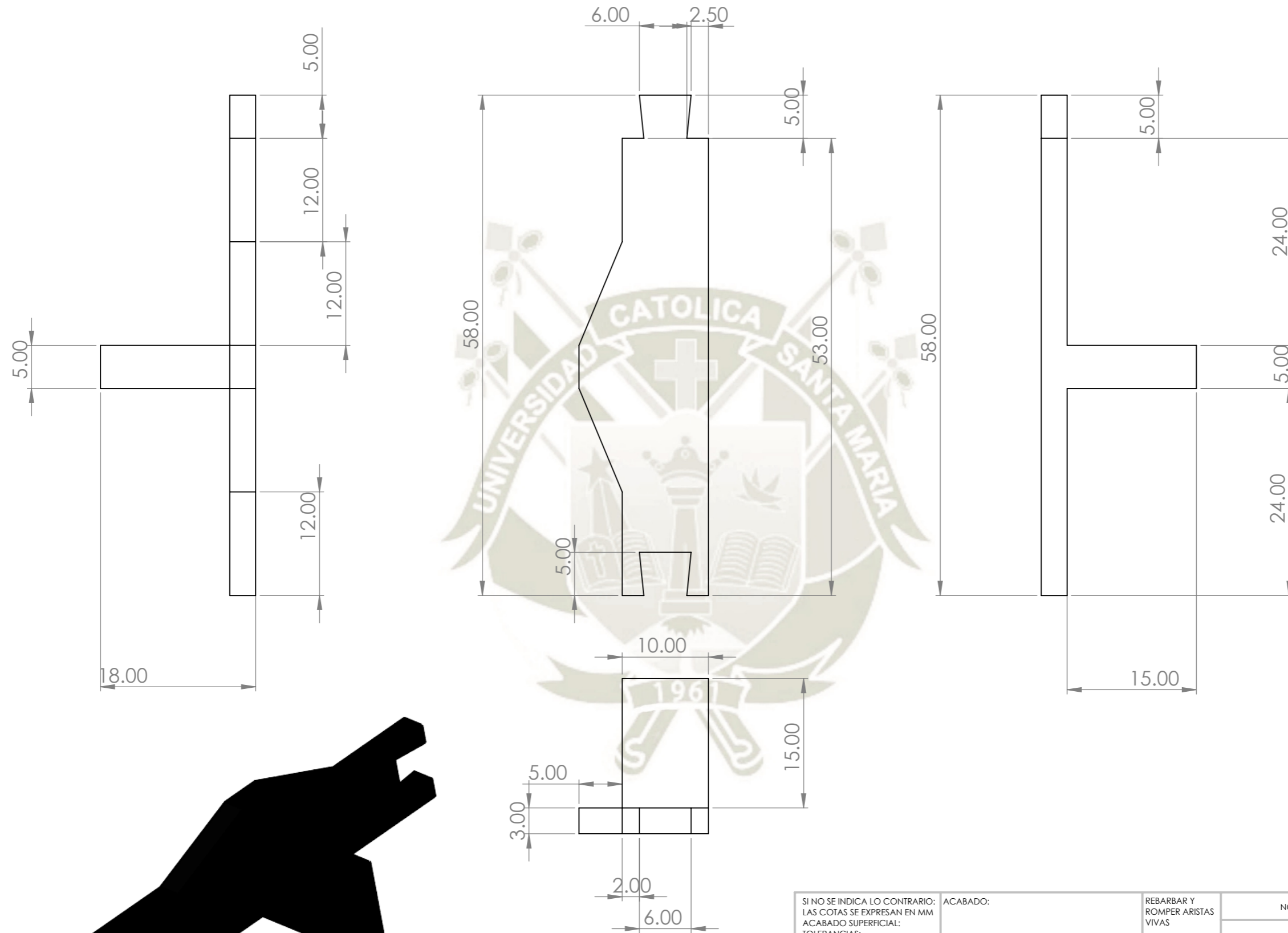
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA		TÍTULO:	
VERIF.	Bryan Candia Chire		13/01/2022		Battery management system B.M.S	
APROB.					N.º DE DIBUJO	
FABR.					07	
CALID.				MATERIAL: Variado	ESCALA:1:2	HOJA 1 DE 1
				PESO:		



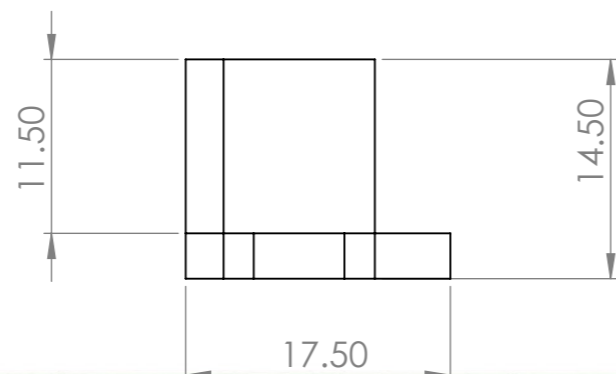
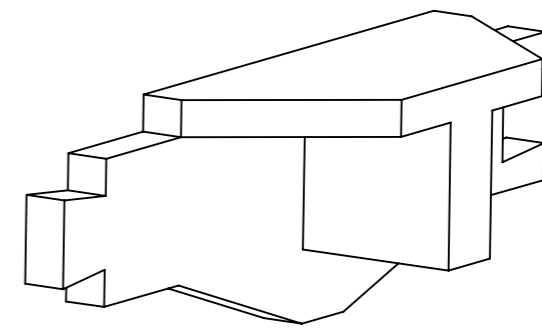
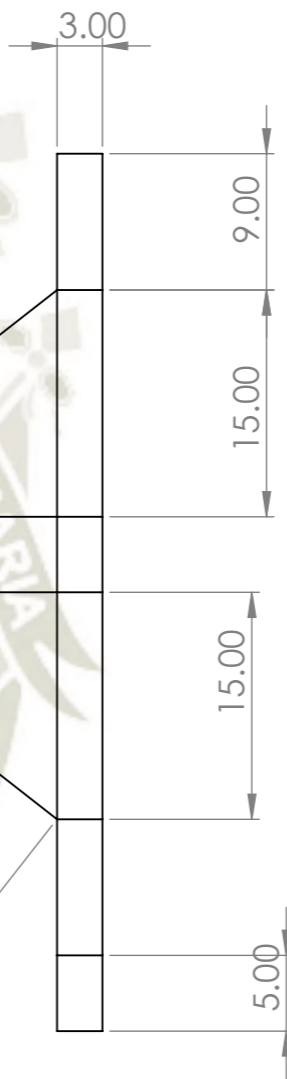
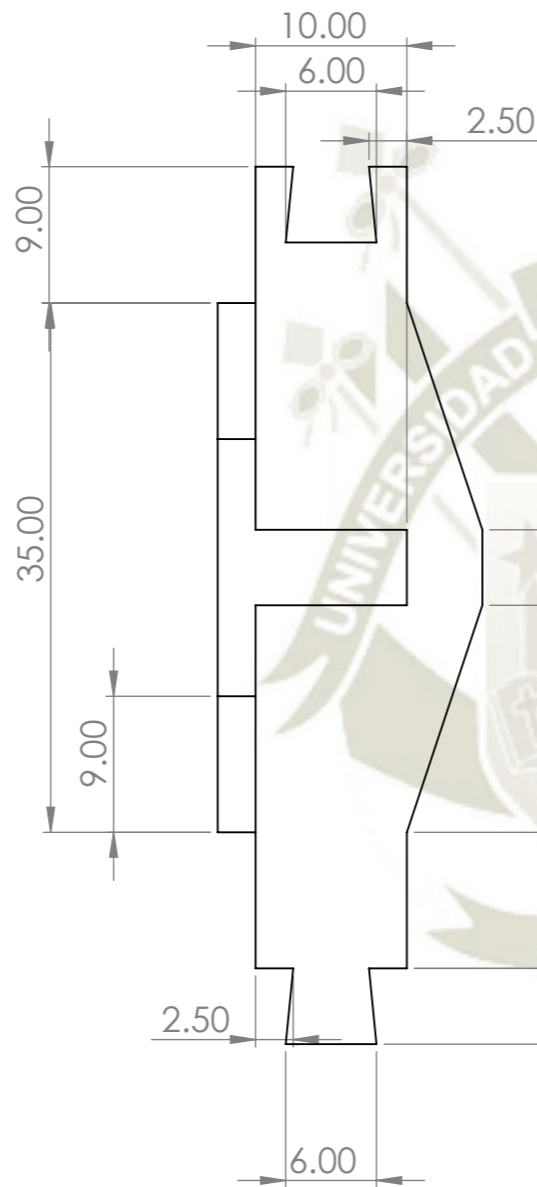
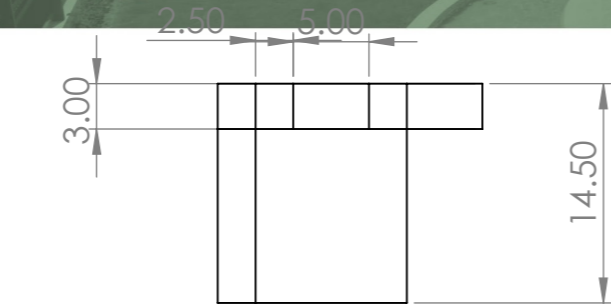
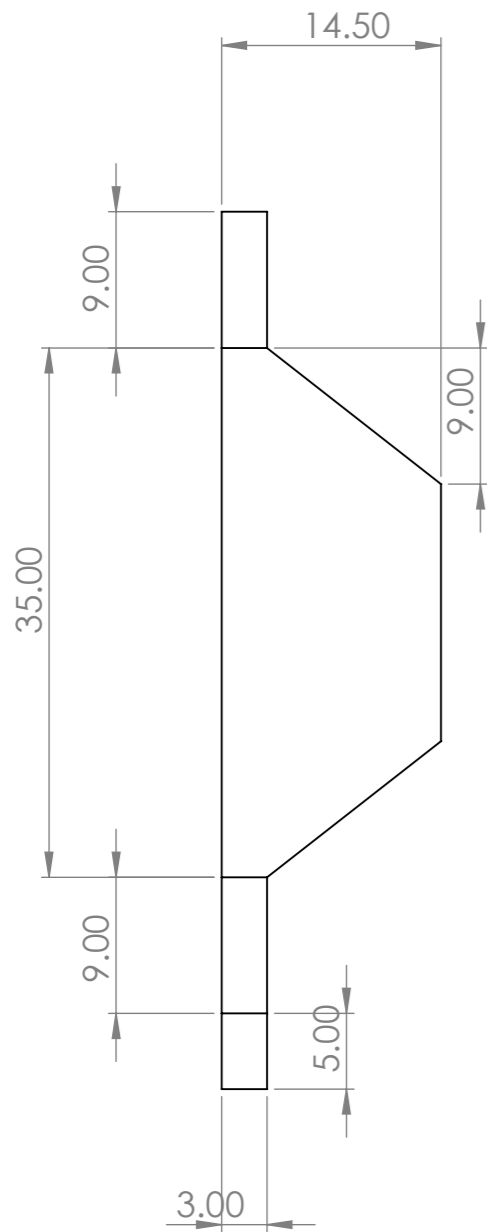
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:			
DIBUJ. Bryan Candia Chire		11/01/2022	Conector de celda			
VERIF.						
APROB.						
FABR.						
CALID.		MATERIAL:	N.º DE DIBUJO		A3	
		cobre	08			
		PESO:	ESCALA:1:1		HOJA 1 DE 1	



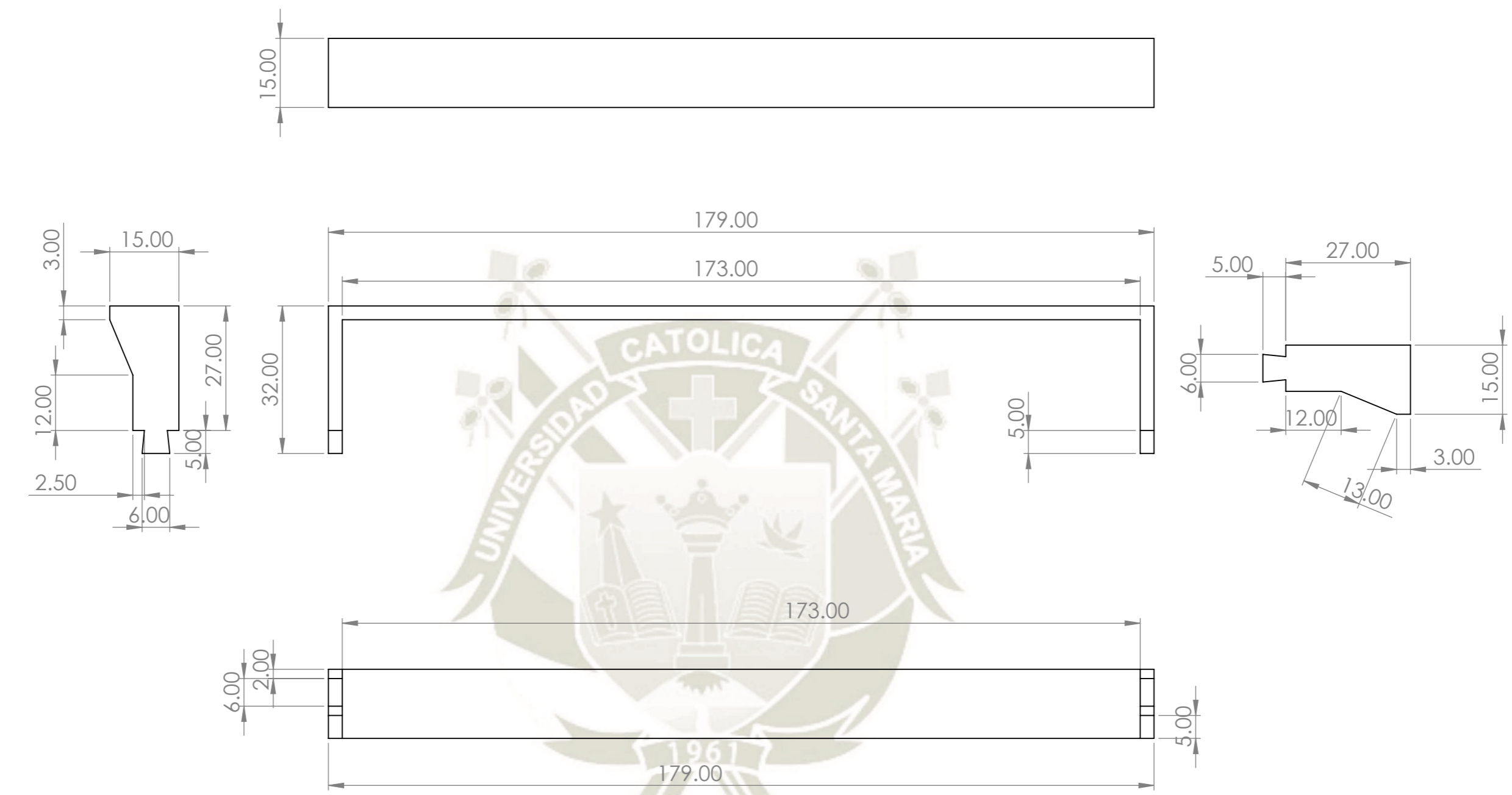
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	Bryan Candia Chire	FIRMA		FECHA	11/01/2022	TÍTULO: Guia interna del módulo
VERIF.						
APROB.						
FABR.						
CALID.				MATERIAL:		N.º DE DIBUJO 09
				PESO:		A3
						ESCALA:1:10
						HOJA 1 DE 1



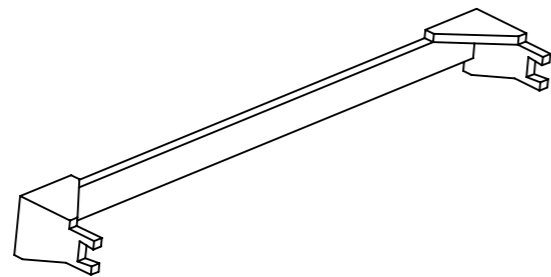
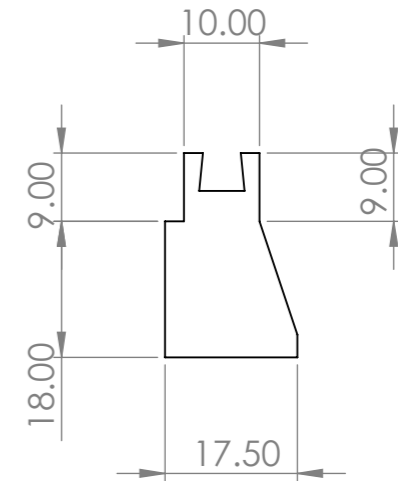
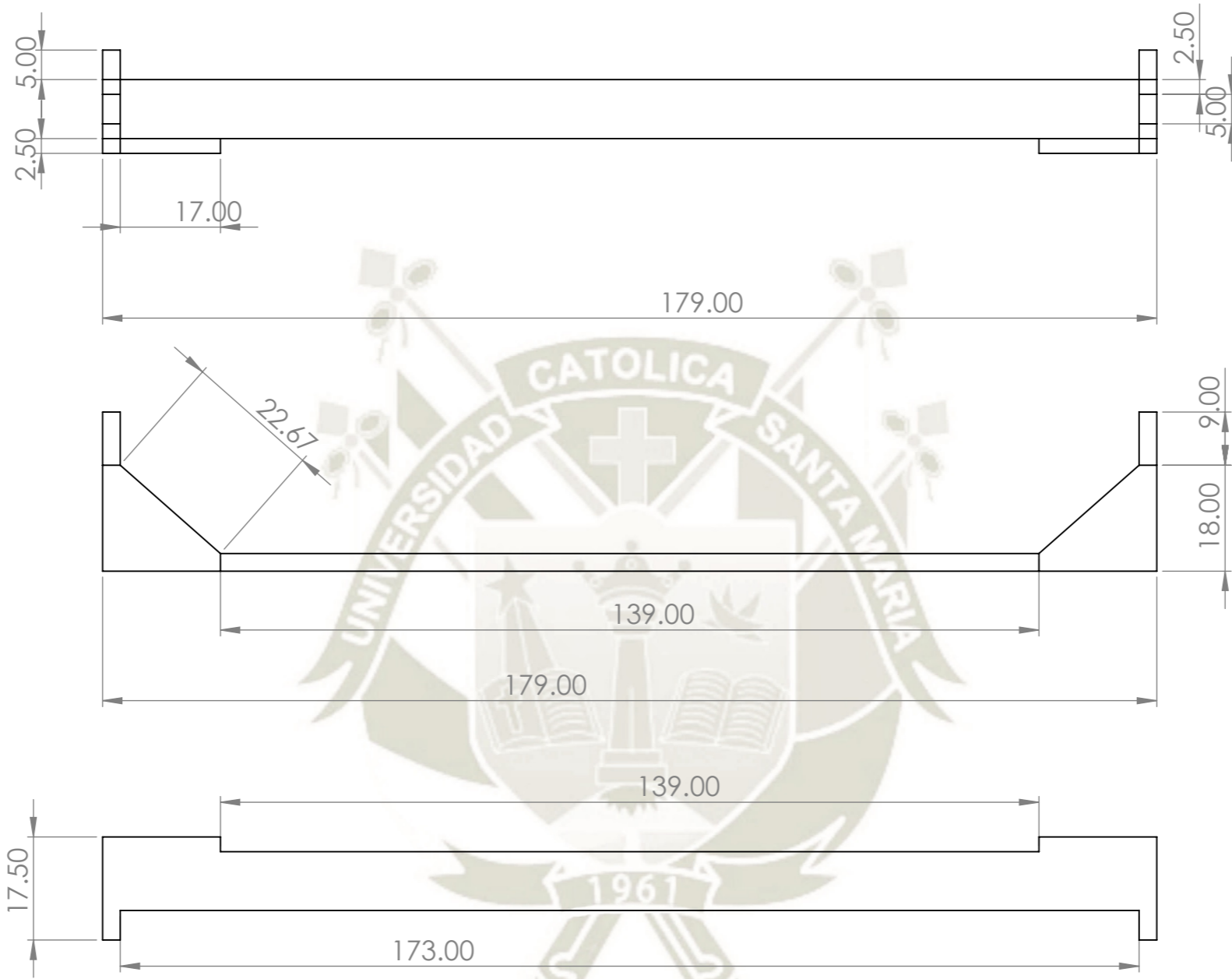
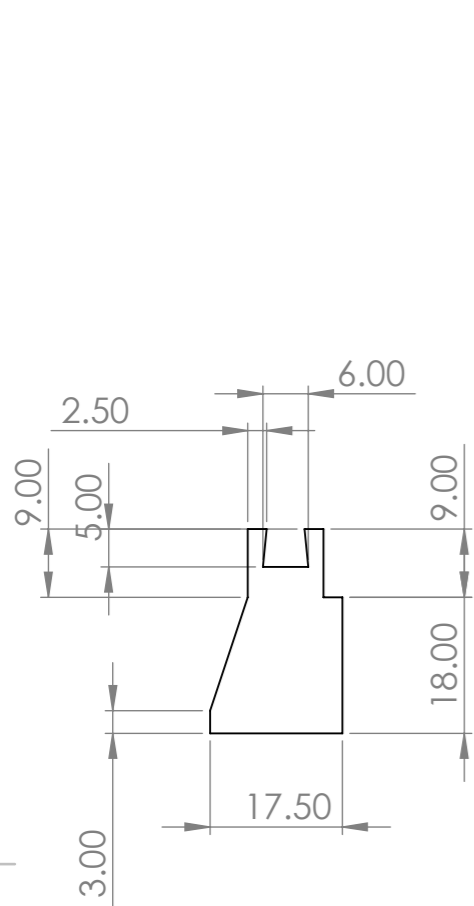
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:			
DIBUJ. Bryan Candia Chire		11/01/2022	Separador inferior derecho de celda			
VERIF.			N.º DE DIBUJO			
APROB.			10			
FABR.			A3			
CALID.		MATERIAL:	ESCALA:2:1			
		PESO:	HOJA 1 DE 1			



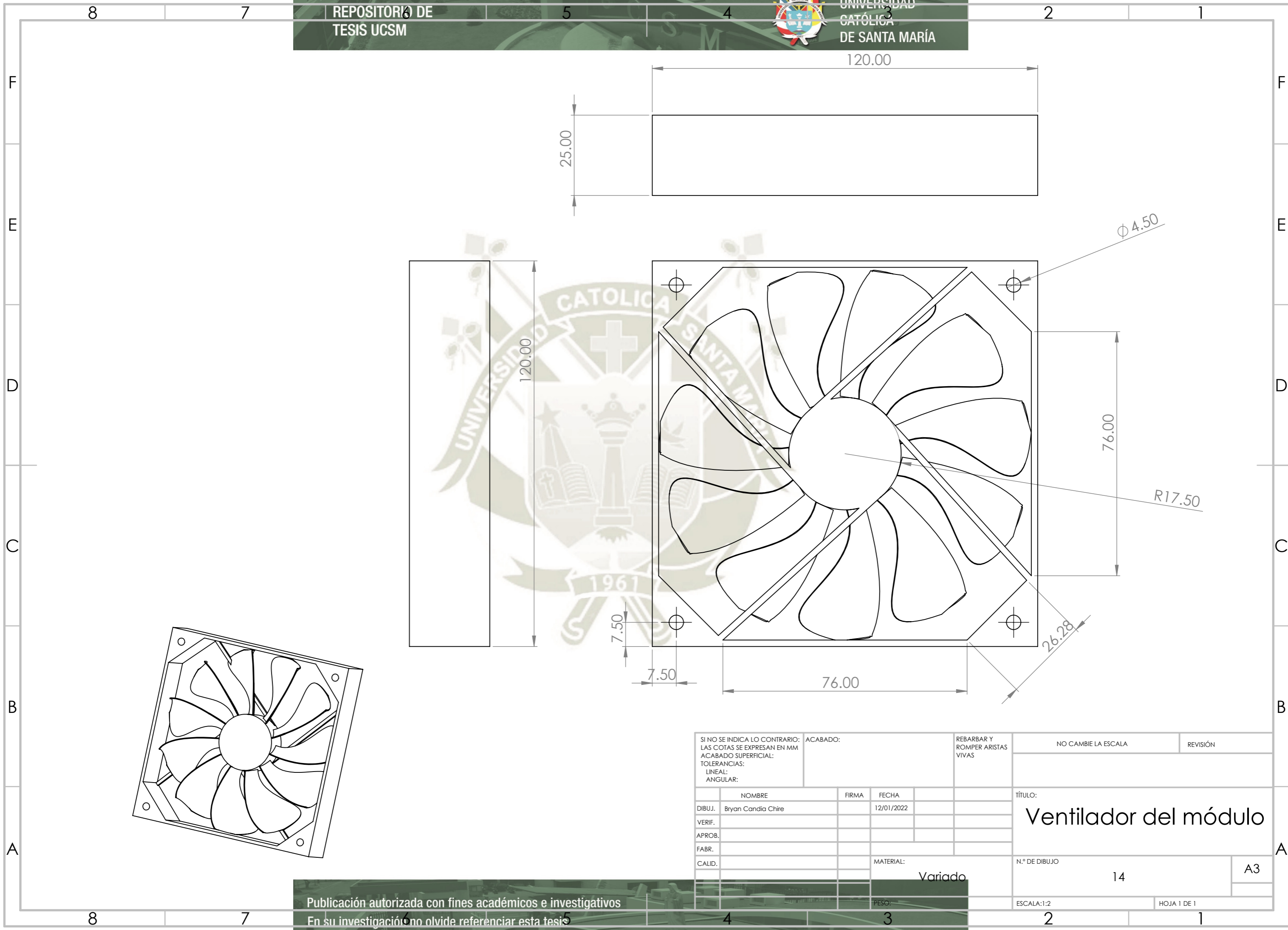
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:			
DIBUJ. Bryan Candia Chire		11/01/2022	Separador superior de celda			
VERIF.			N.º DE DIBUJO			
APROB.			11		A3	
FABR.			ESCALA:2:1			
CALID.			HOJA 1 DE 1			



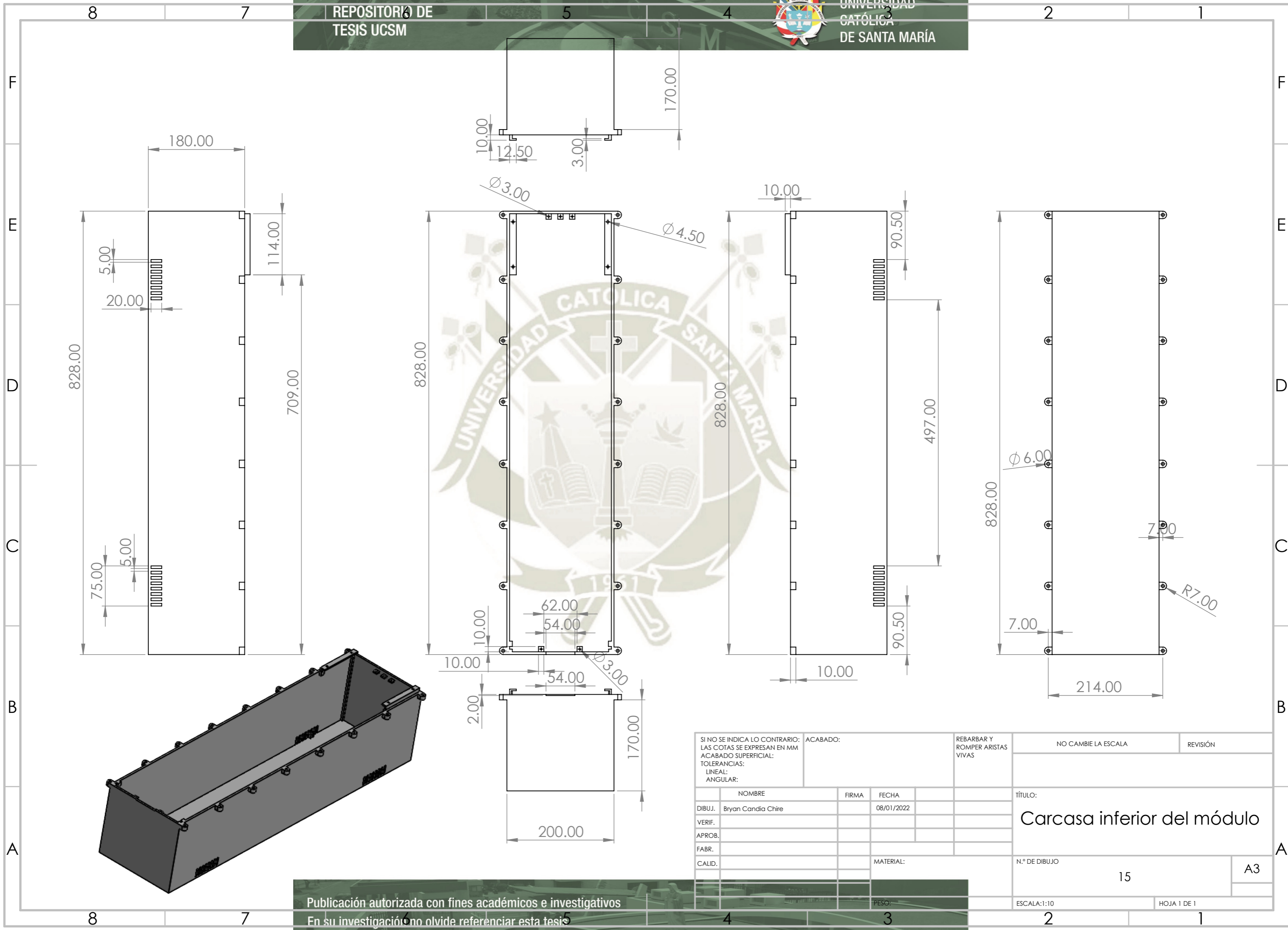
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA		TÍTULO:	
DIBUJ. Bryan Candia Chire		08/01/2022		Sujetador de batería inferior	
VERIF.				N.º DE DIBUJO	A3
APROB.				12	
FABR.			MATERIAL:	ESCALA:1:2	HOJA 1 DE 1
CALID.			PESO:		



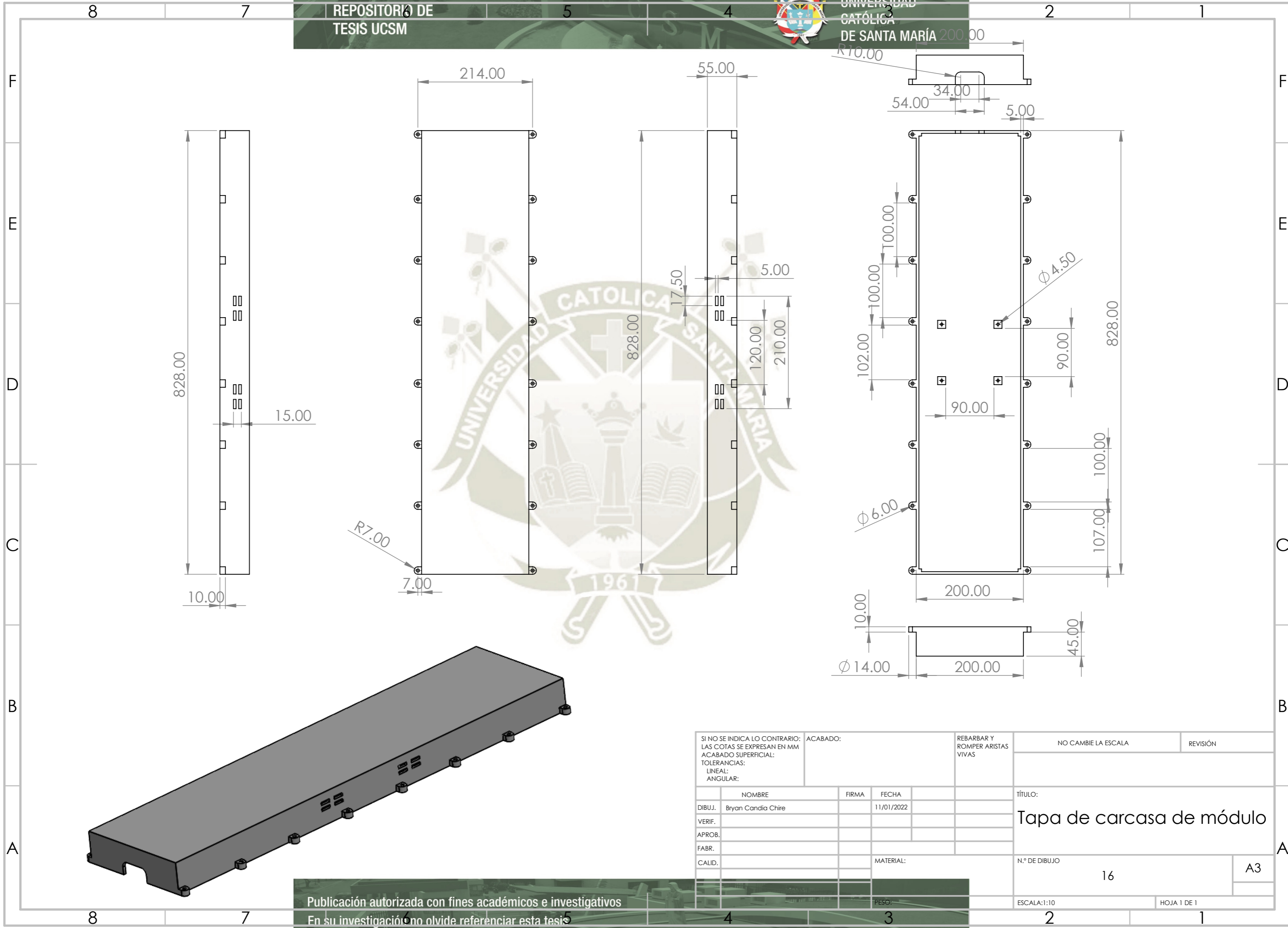
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA		TÍTULO: Sujetador superior izquierdo de celda	
DIBUJ. Bryan Candia Chire		08/01/2022		N.º DE DIBUJO	A3
VERIF.				13	
APROB.				ESCALA:1:2	HOJA 1 DE 1
FABR.					
CALID.			MATERIAL:		
			PESO:		



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
ACABADO SUPERFICIAL:						
TOLERANCIAS:						
LINEAL:						
ANGULAR:						
	NOMBRE	FIRMA	FECHA		TÍTULO:	
DIBUJ.	Bryan Candia Chire		12/01/2022		Ventilador del módulo	
VERIF.						
APROB.						
FABR.						
CALID.				MATERIAL:	N.º DE DIBUJO	A3
				Variado	14	
				PESO:	ESCALA:1:2	HOJA 1 DE 1

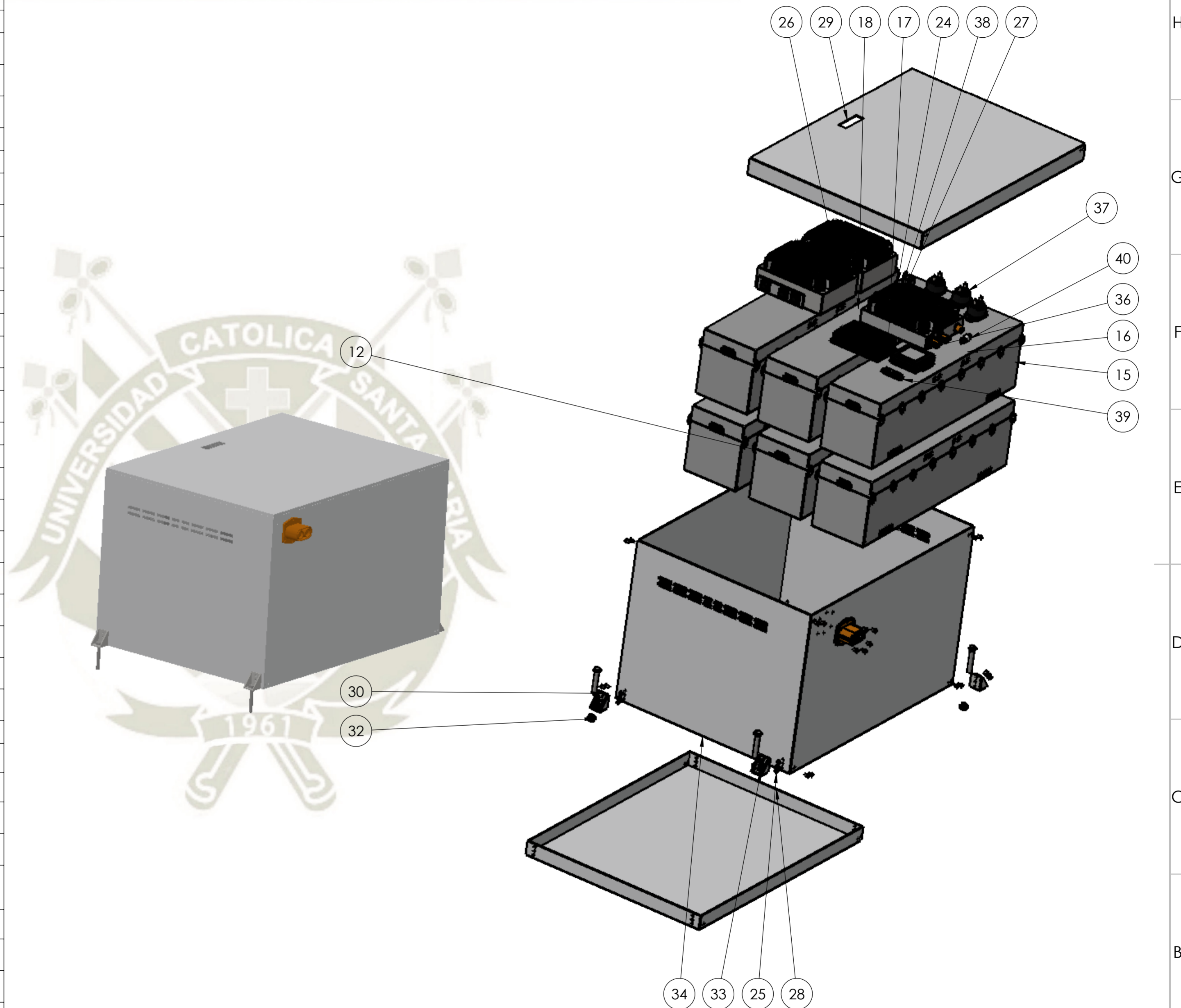


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:		
DIBUJ. Bryan Candia Chire		08/01/2022	Carcasa inferior del módulo		
VERIF.			N.º DE DIBUJO		
APROB.			15		A3
FABR.		MATERIAL:	ESCALA:1:10		
CALID.		PESO:	HOJA 1 DE 1		

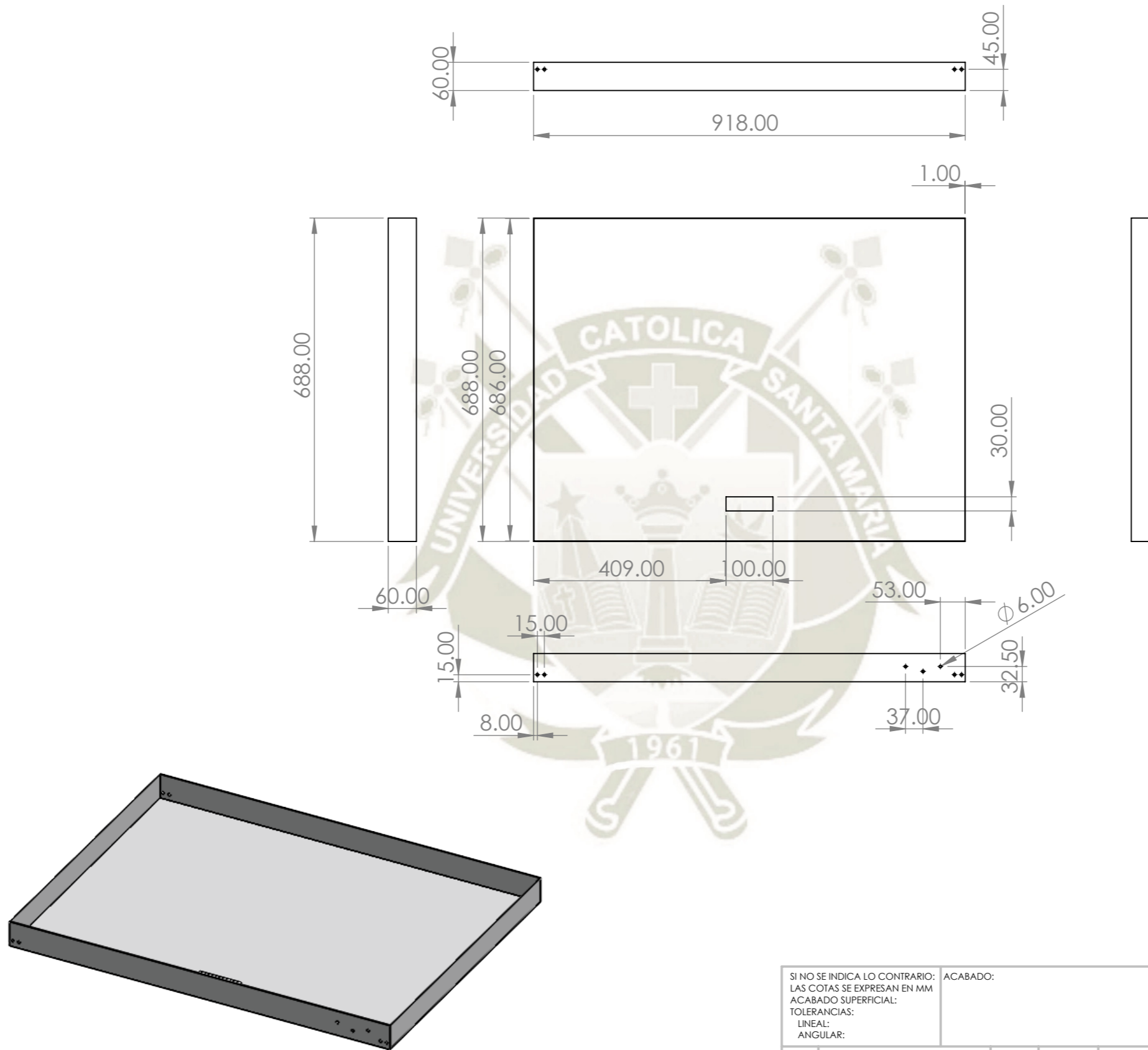


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA		TÍTULO:	
DIBUJ. Bryan Candia Chire		11/01/2022		Tapa de carcasa de módulo	
VERIF.				N.º DE DIBUJO	A3
APROB.				16	
FABR.				ESCALA:1:10	HOJA 1 DE 1
CALID.			MATERIAL:		
			PESO:		

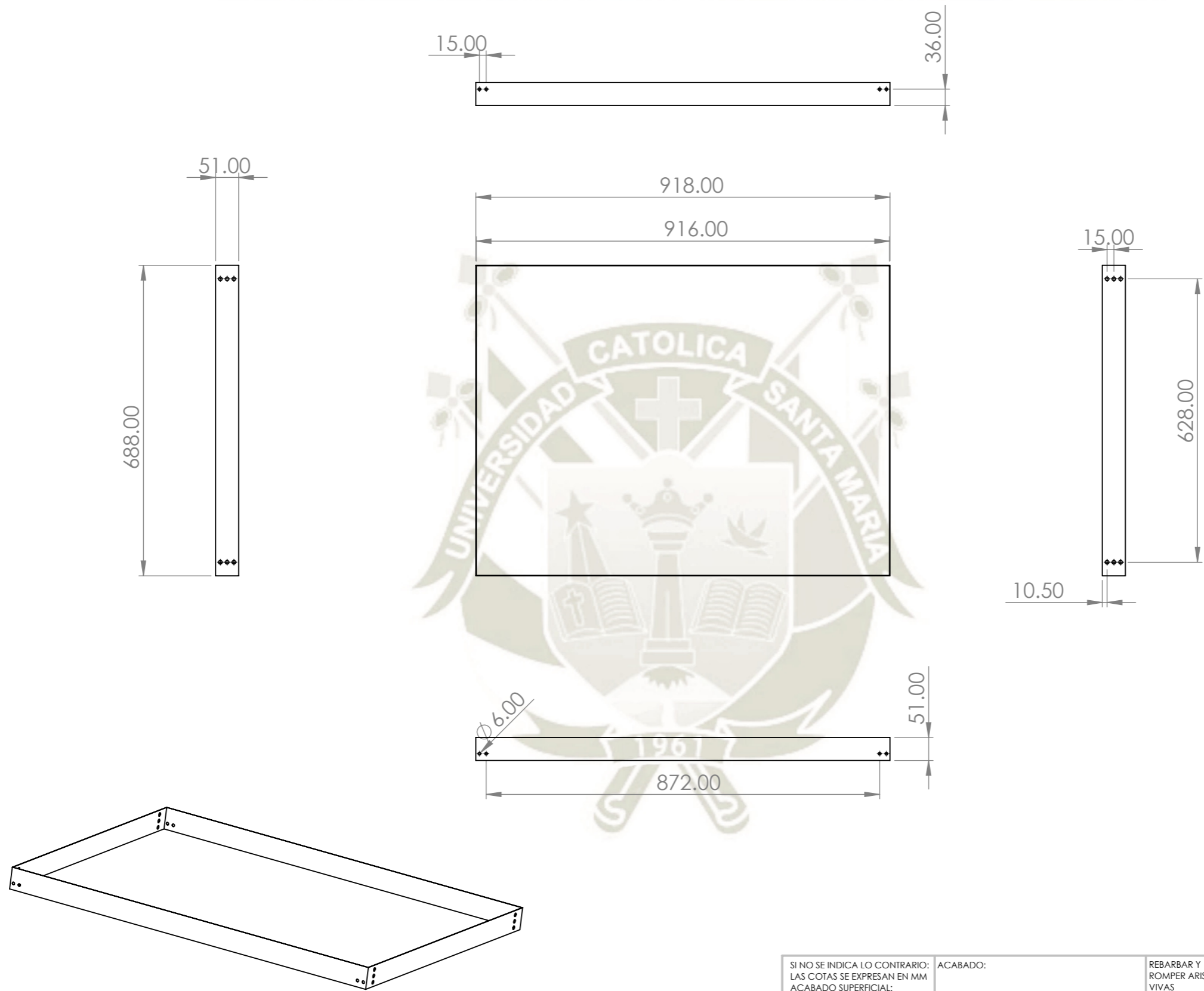
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	bateria3.2v100ahsolid		90
2	sujetadorfinalsuperiorsolid		6
3	sujetadorinferiorfinalsolid		6
4	separadorderechosolid		84
5	separadorsolid		84
6	separadorinferiorsolid		84
7	separadorinferiorderechosolid		84
8	sujetadordebateriainferiorsolid		6
9	sujetadorsuperiorizquierdosolid		6
10	conectordecobre_16		84
11	ventiladorrmodulosolid		6
12	enchufe_1		6
13	cablenegativoosolido		6
14	cablepositivoosolido		6
15	carcazamoduloparasimulacion1inferiorsolid		6
16	guía de cable solid		6
17	bmssolid		7
18	carcazamoduloparasimulacion21 modulo		6
19	ANSI B18.22M - 6 N arandela solid	Arandelas métricas planas	180
20	AS 1427 - M6 x 10(5) II tornillo solid	Pozidriv Tornillos métricos para maquinaria ISO	180
21	AS 1427 - M3 x 5(5) II tornillo solid	Pozidriv Tornillos métricos para maquinaria ISO	30
22	AS 1427 - M4 x 8(5) II solid	Pozidriv Tornillos métricos para maquinaria ISO	24
23	AS 1427 - M4 x 30(5) II solid	Pozidriv Tornillos métricos para maquinaria ISO	24
24	Bolt GB_T 29.2 M6 x 30 tornillo solid	Cross recessed hexagon bolts with indentation	96
25	AS 1112 - M6(2) tuerca solid	Tuercas hexagonales ISO métricas, incluidas	108
26	cargador 6.6kw solid		1
27	convertidordcdc solid		1
28	inferior carcaza banco 2 solid		1
29	superior carcaza banco 2 solid		1
30	sujetadordebancodebaterias solid		4
31	AS 1252 - M12 x 85 tornillo solid	Pernos de acero de alta resistencia con tuercas y arandelas para ingeniería estructural	4
32	AS 1252 - M12 tuerca solid	Pernos de acero Perno hex	5
33	AS 1110 - M6 x 12 tornillo solid	Pernos y tornillos métricos ISO de precisión de cabeza hexagonal	34
34	carcaza de banco mejorada solid		1
35	conector hembra de alto voltaje solid		1
36	prechargeunit solid		1
37	rele de altovoltaje		3
38	rele de 12v automotriz		1
39	shunt solid		1
40	fusible de alto voltaje solid		1



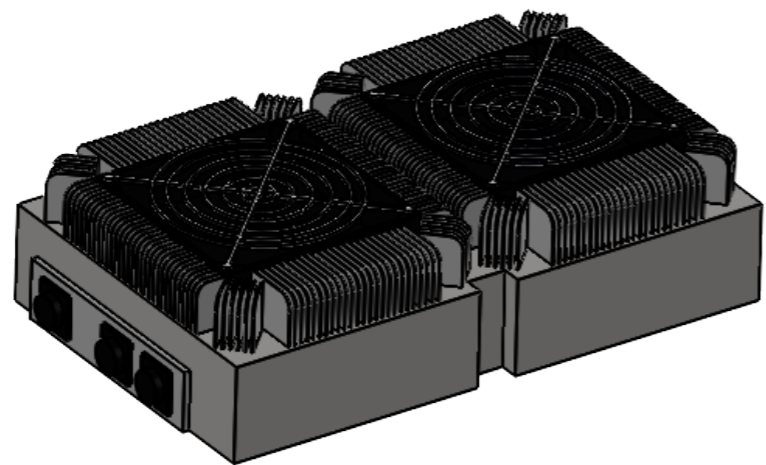
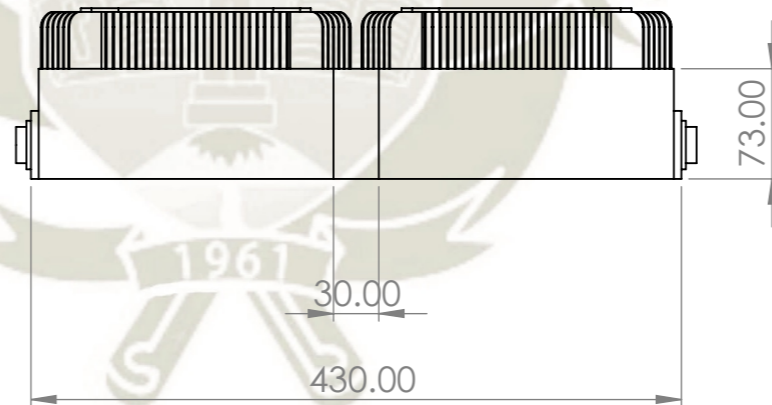
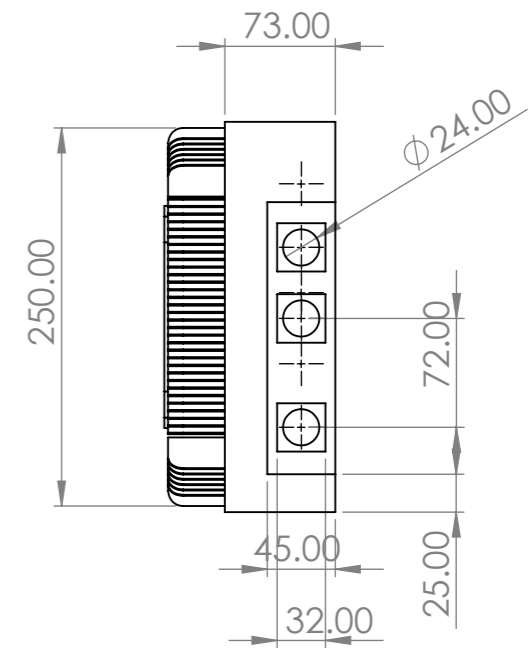
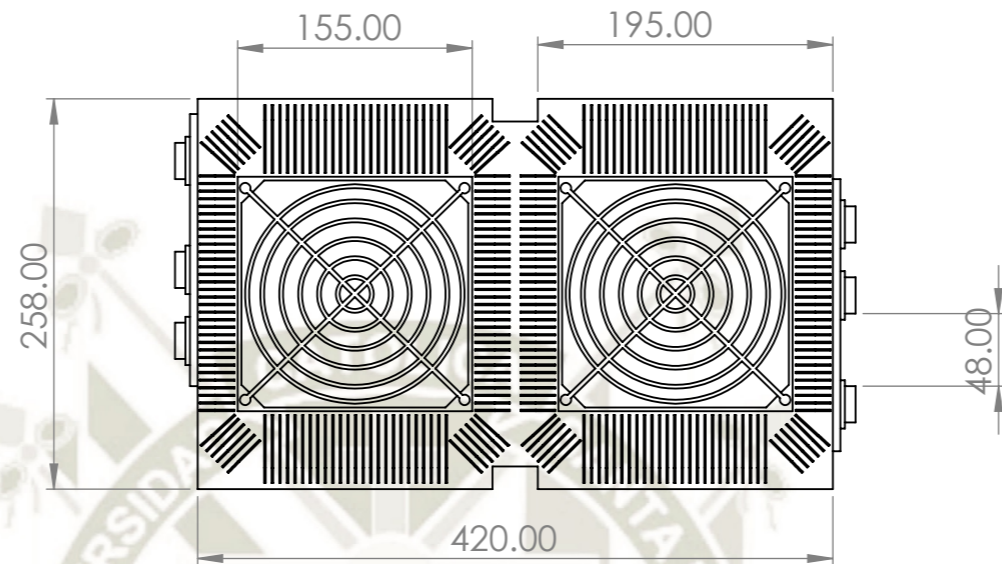
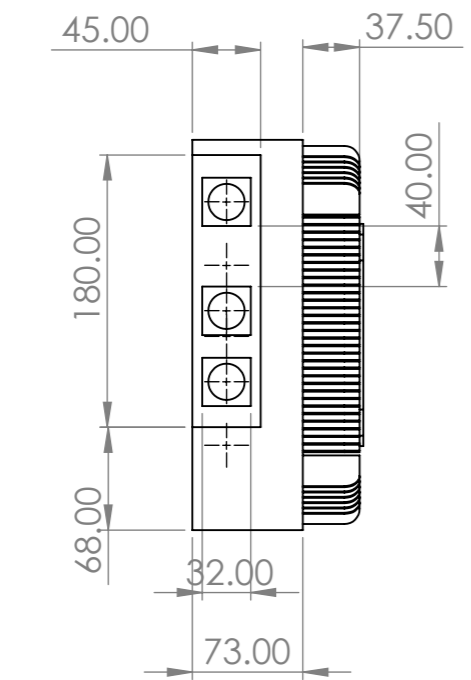
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO: Ensamblaje de banco de baterías		
DIBUJ. Bryan Candia Chire		12/01/2022			
VERIF.					
APROB.					
FABR.					
CAUD.			MATERIAL: Variado	N.º DE DIBUJO 17	A2
			PESO:	ESCALA:1:20	HOJA 1 DE 1



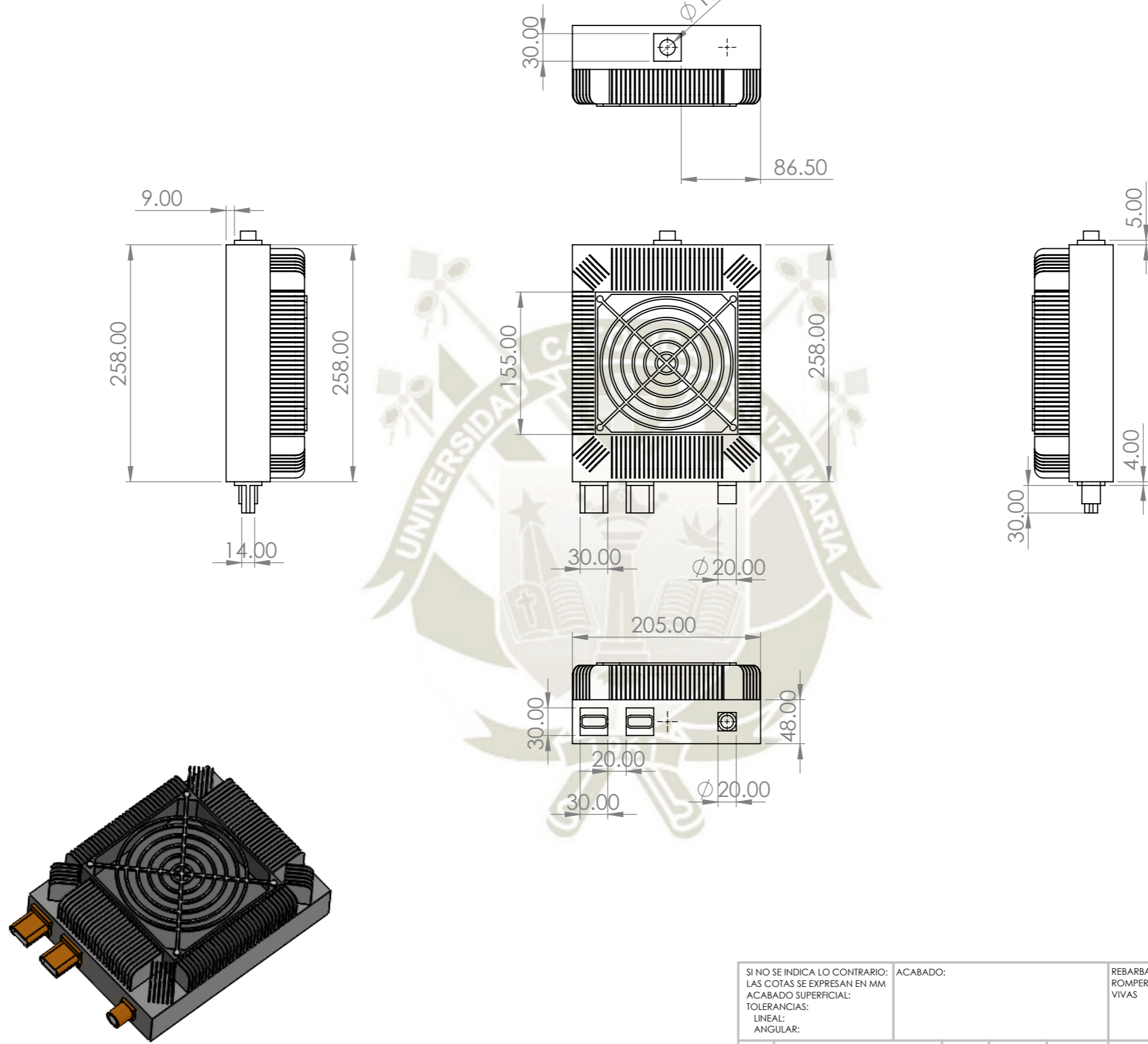
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA		TÍTULO:	
DIBUJ. Bryan Candia Chire		11/01/2022		Tapa superior de carcasa de batería	
VERIF.				N.º DE DIBUJO	
APROB.				18	A3
FABR.			MATERIAL: Acero	ESCALA:1:10	
CALID.			PESO:	HOJA 1 DE 1	



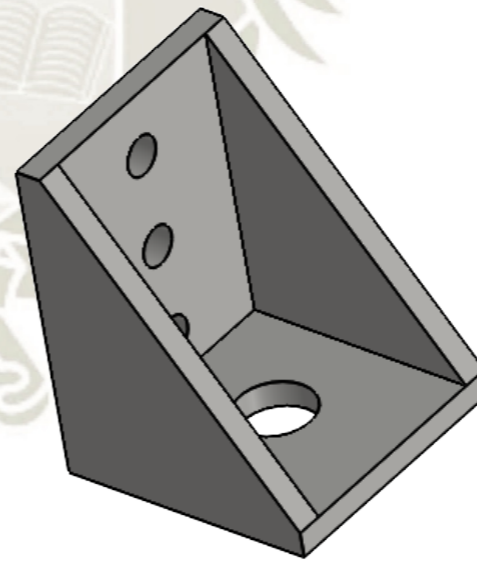
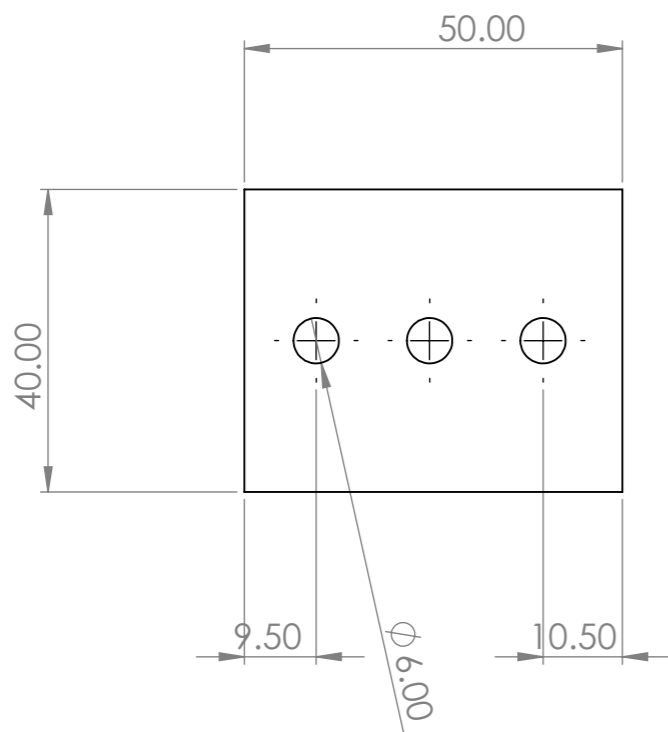
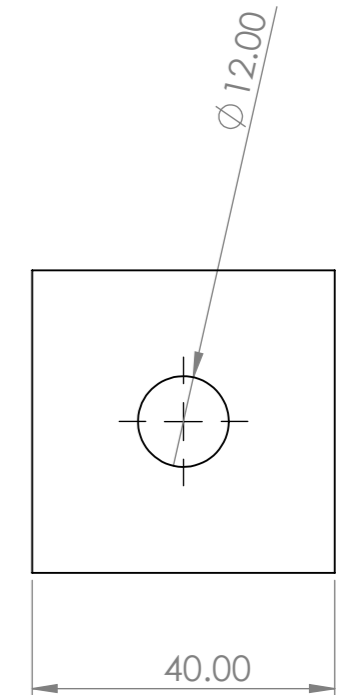
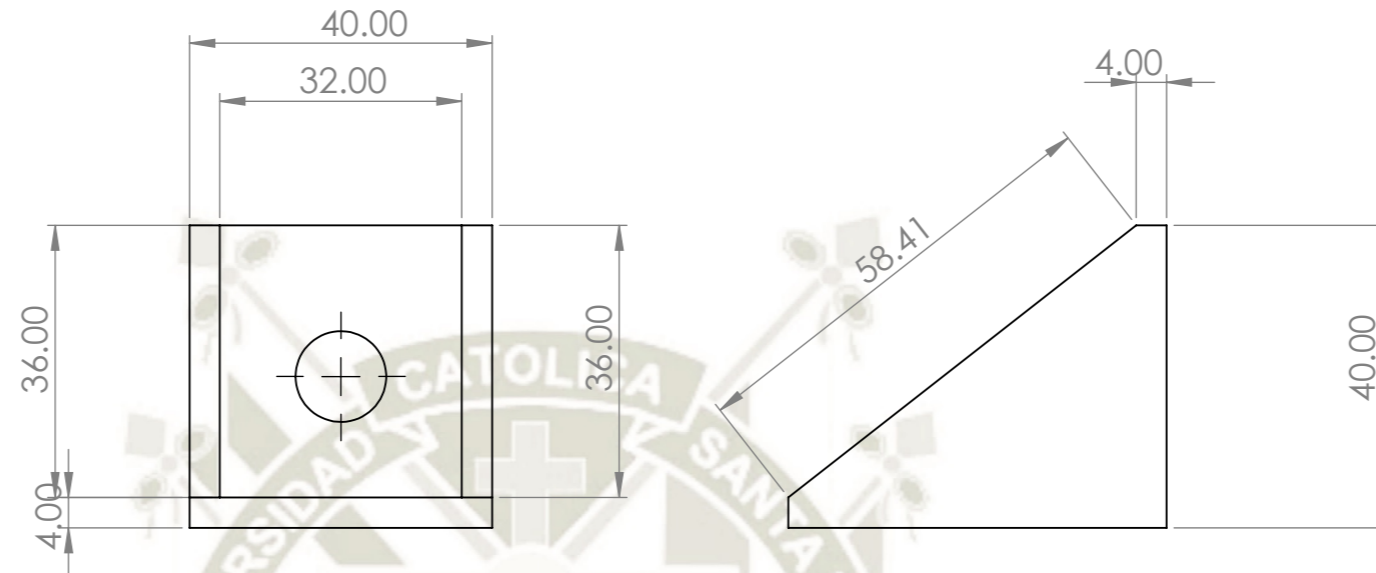
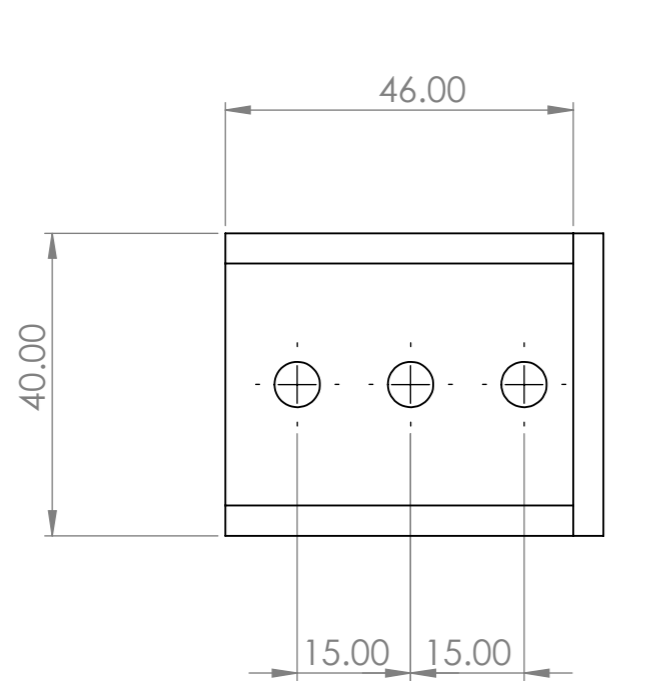
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM		ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
ACABADO SUPERFICIAL:									
TOLERANCIAS:									
LINEAL:									
ANGULAR:									
NOMBRE		FIRMA		FECHA		TÍTULO:			
DIBUJ. Bryan Candia Chire				11/01/2022		Tapa inferior de carcasa de batería			
VERIF.						N.º DE DIBUJO		A3	
APROB.						19			
FABR.						MATERIAL:			
CALID.						Acero			
				PESO:		ESCALA:1:10		HOJA 1 DE 1	



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO: Cargador de batería			
DIBUJ. Bryan Candia Chire		12/01/2022				
VERIF.						
APROB.						
FABR.						
CALID.		MATERIAL: Variado	N.º DE DIBUJO 20	A3		
PESO:			ESCALA:1:5	HOJA 1 DE 1		

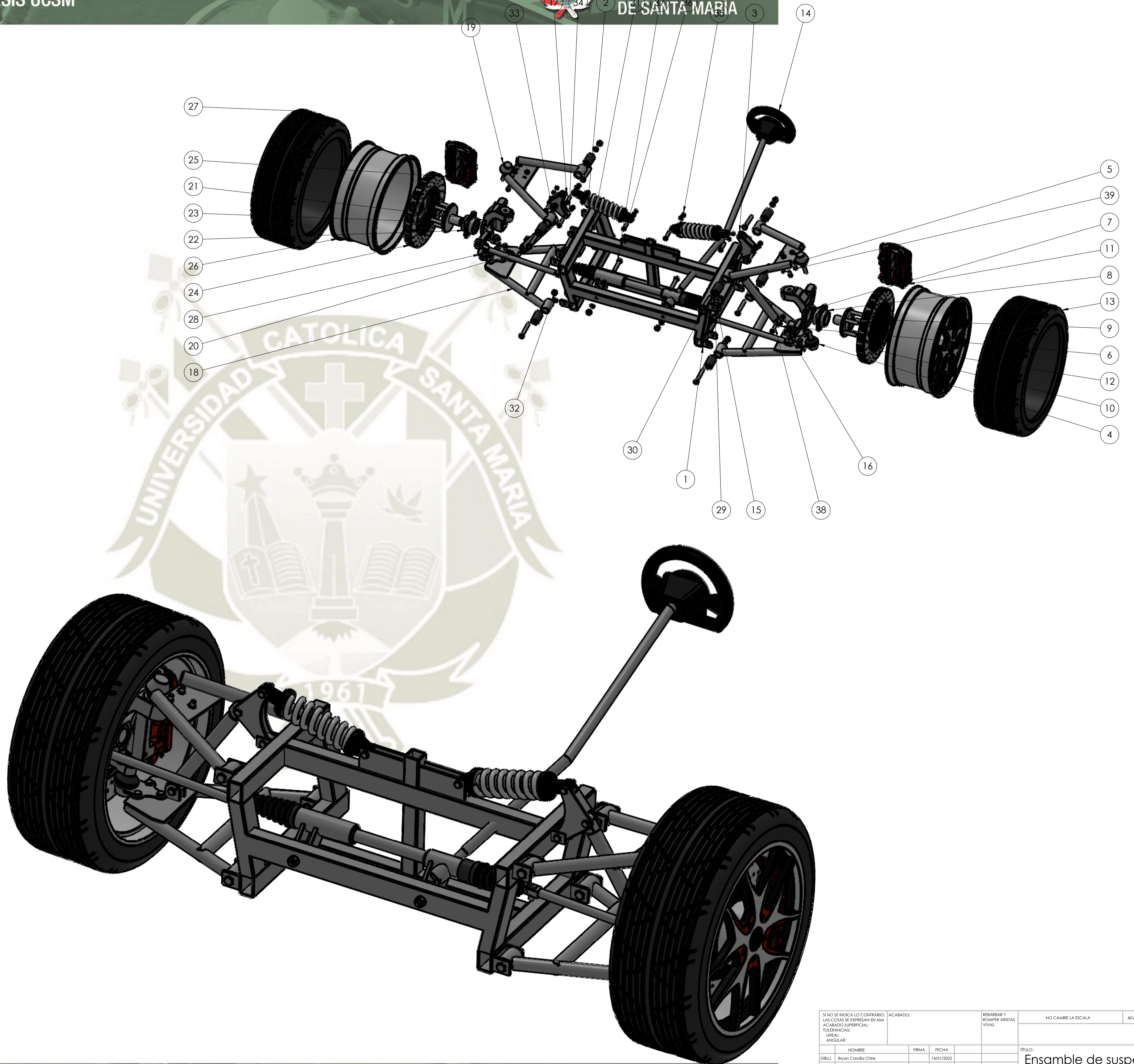


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:			
DIBUJ. Bryan Candia Chire		09/01/2022	Convertidor dc-dc			
VERIF.			N.º DE DIBUJO			
APROB.			21			
FABR.			A3			
CALID.			ESCALA:1:5			
MATERIAL: Variado			HOJA 1 DE 1			
PESO:						

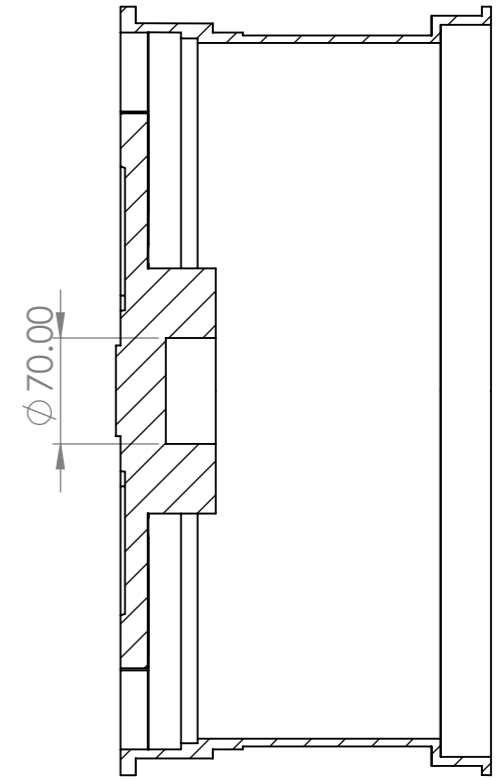
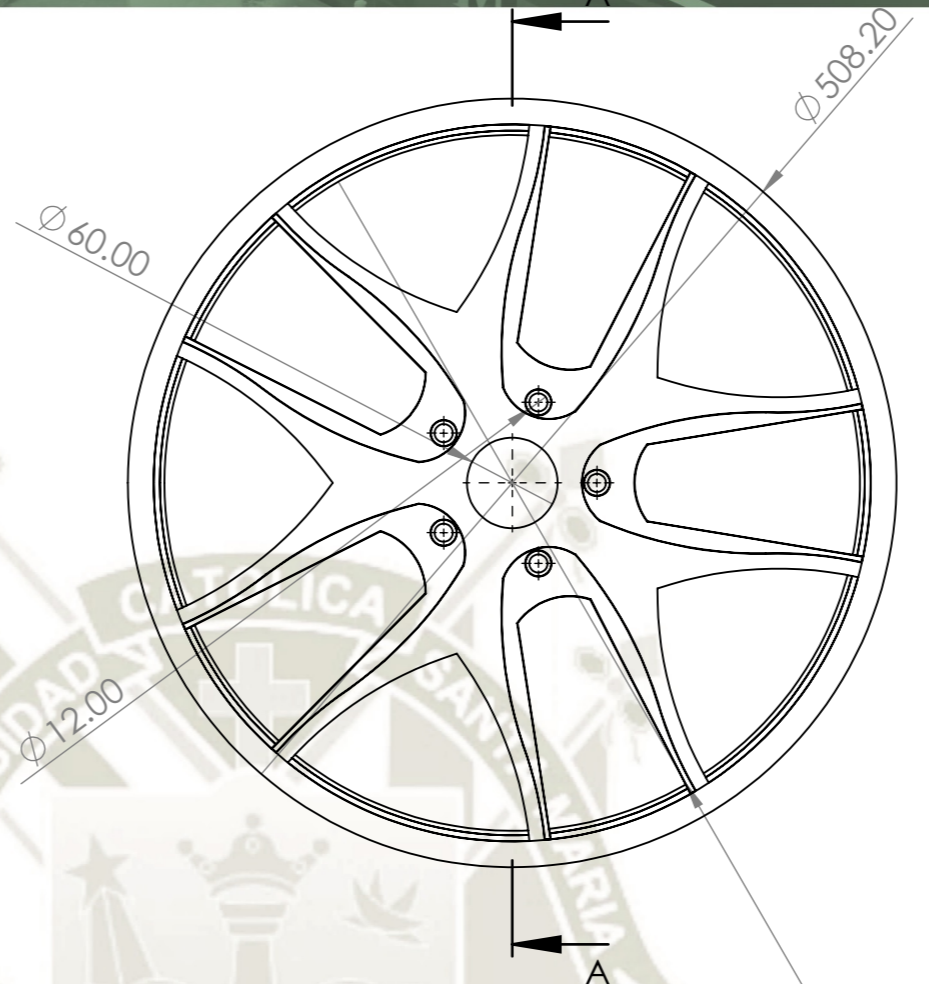
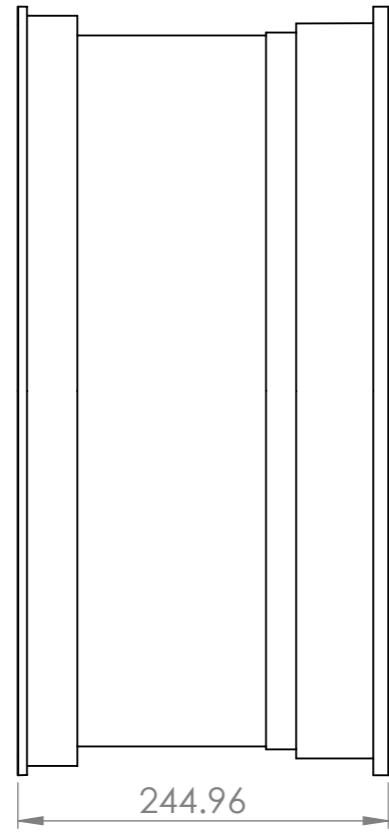


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA		TÍTULO: Sujetador de banco de baterías	
DIBUJ. Bryan Candia Chire		20/01/2022		N.º DE DIBUJO	A3
VERIF.				22	
APROB.				ESCALA:2:1	HOJA 1 DE 1
FABR.			MATERIAL: Acero		
CALID.			PESO:		

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	lado.ipt		1
2	amortiguador1200.ipt		2
3	rocket.ipt		1
4	rotulainferiorer.ipt		1
5	rotulasuperiorm.ipt		1
6	barraconductora.ipt		1
7	nudillo de direccion final.ipt		1
8	portamasa1.ipt		1
9	masa1.ipt		1
10	nuevodiscodefreno.ipt		1
11	nuevocaliper_MIR2.ipt		1
12	aro20nuevo.ipt		1
13	neumatico20.ipt		1
14	direccion1.ipt		1
15	correderafini.ipt		1
16	brazo de direccion1.ipt		1
17	rocket_MIR.ipt		1
18	rotulainferiorer_MIR.ipt		1
19	rotulasuperiorm_MIR.ipt		1
20	barraconductora_MIR.ipt		1
21	nudillo de direccion final_MIR.ipt		1
22	portamasa1_MIR.ipt		1
23	masa1_MIR.ipt		1
24	nuevodiscodefreno_MIR.ipt		1
25	nuevocaliper_MIR2_MIR.ipt		1
26	aro20nuevo_MIR.ipt		1
27	neumatico20_MIR.ipt		1
28	brazo de direccion2.ipt		1
29	buje de suspensión.ipt		8
30	AS 1252 - M12 x 85.ipt	Pernos de acero de alta resistencia con tuercas y arandelas para ingeniería estructural	8
31	AS 1237 - 12 mm(5).ipt	Arandelas de metal planas para uso general en ingeniería (serie métrica)	10
32	AS 1252 - M12.ipt	Pernos de acero Perno hex	10
33	AS 1111 - M10 x 50.ipt	Tornillos y pernos ISO comerciales hexagonales métricos	2
34	ANSI B18.22M - 10 N.ipt	Arandelas métricas planas	10
35	AS 1112 - M10(2).ipt	Tuercas hexagonales ISO métricas, incluidas	21
36	AS 1111 - M10 x 45.ipt	Tornillos y pernos ISO comerciales hexagonales métricos	6
37	AS 1252 - M12 x 70.ipt	Pernos de acero de alta resistencia con tuercas y arandelas para ingeniería estructural	2
38	AS 1111 - M10 x 40.ipt	Tornillos y pernos ISO comerciales hexagonales métricos	2
39	AS 1110 - M10 x 25.ipt	Pernos y tornillos métricos ISO de precisión de cabeza hexagonal	12



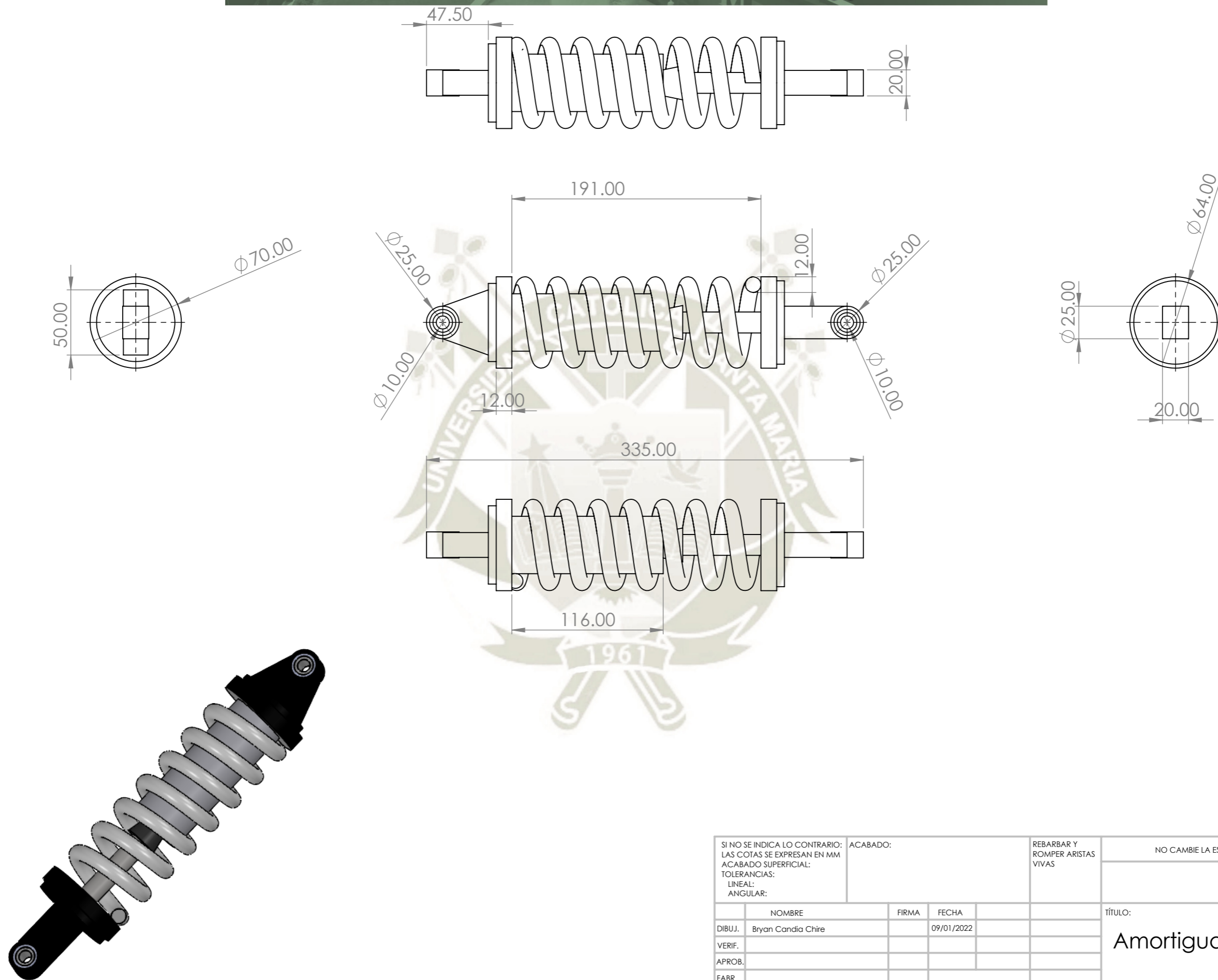
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE:	FRMA:	FECHA:	TÍTULO:		
DIBUJ.:	Bryan Cardo Chie	14/01/2022	Ensamble de suspensión delantera		
VERIF.:			Nº DE DIBUJO:	23	A1
APROB.:			MATERIAL:	Acero-Variado	
FABR.:			PESO:		
CAID.:			ESCALA: 1:20	HOJA 1 DE 1	



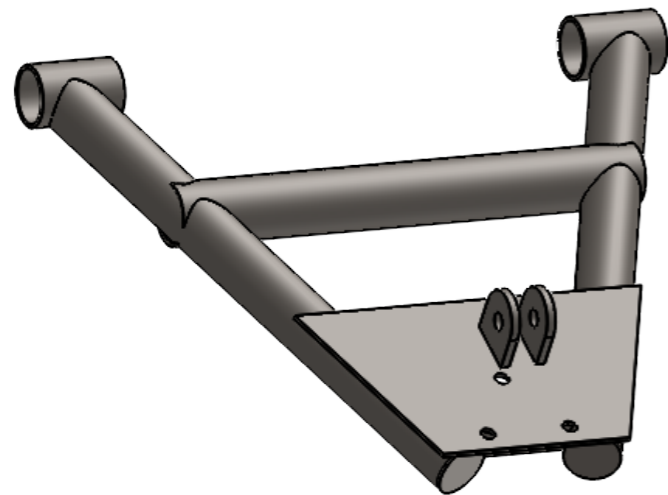
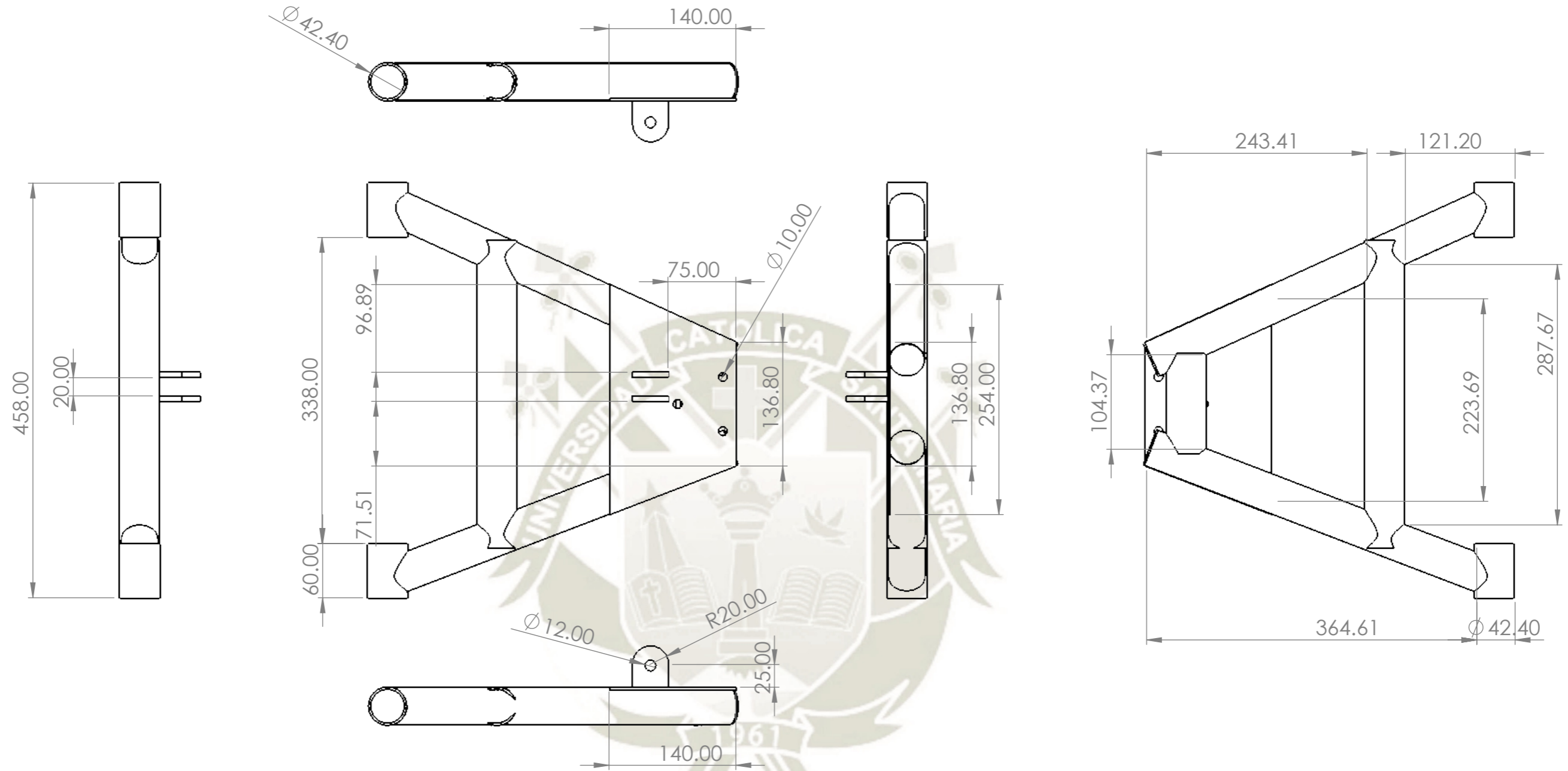
SECCIÓN A-A



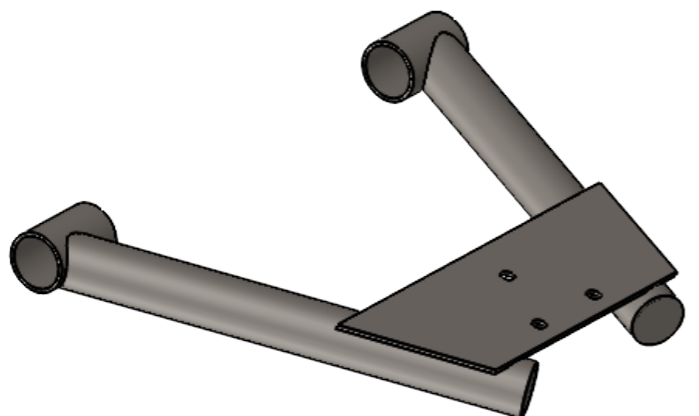
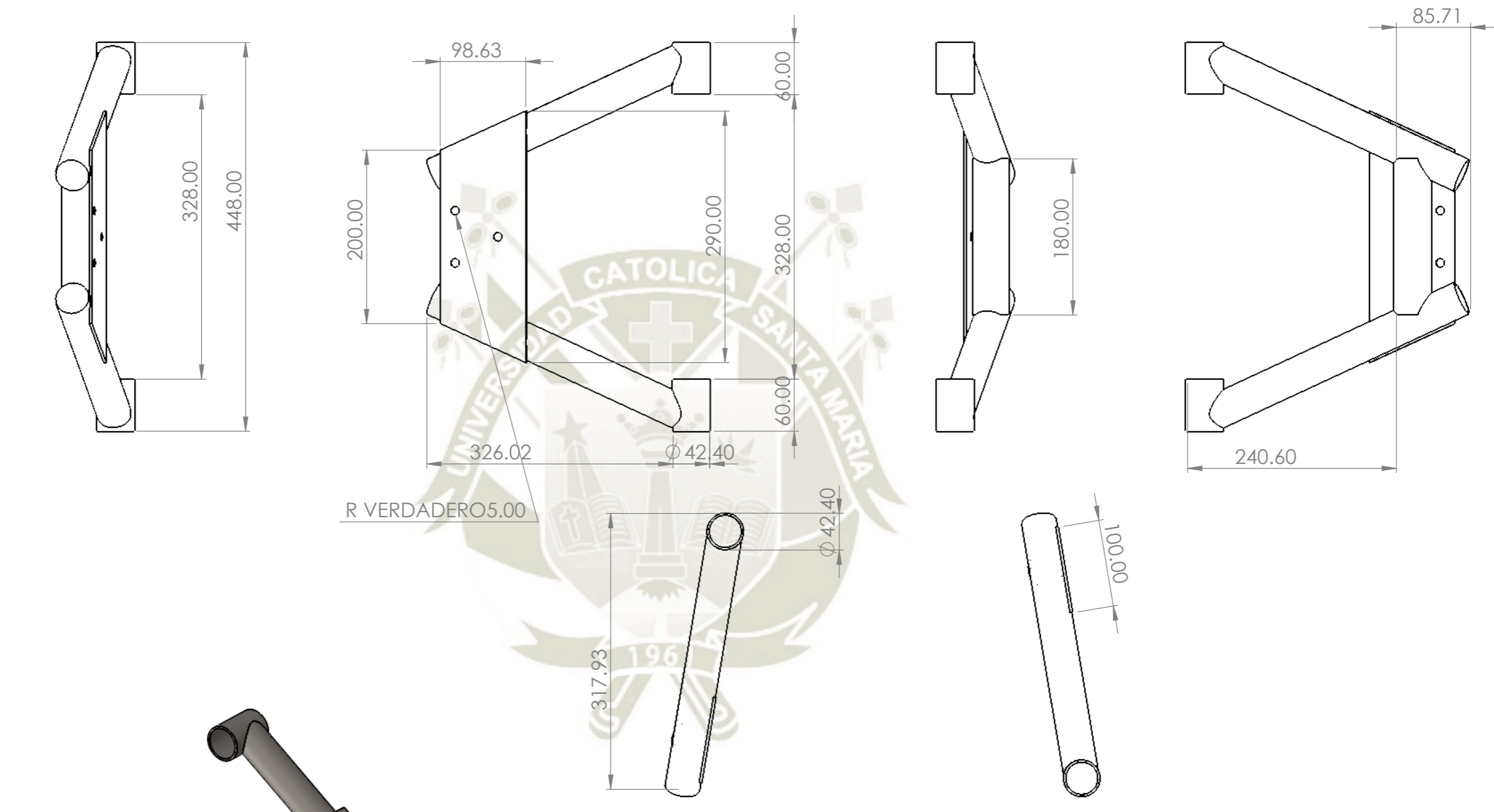
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:			
DIBUJ. Bryan Candia Chire		09/01/2022	<h1>Aro 20</h1>			
VERIF.						
APROB.						
FABR.						
CALID.		MATERIAL: Aluminio	N.º DE DIBUJO	24	A3	
			PESO:	ESCALA:1:5	HOJA 1 DE 1	



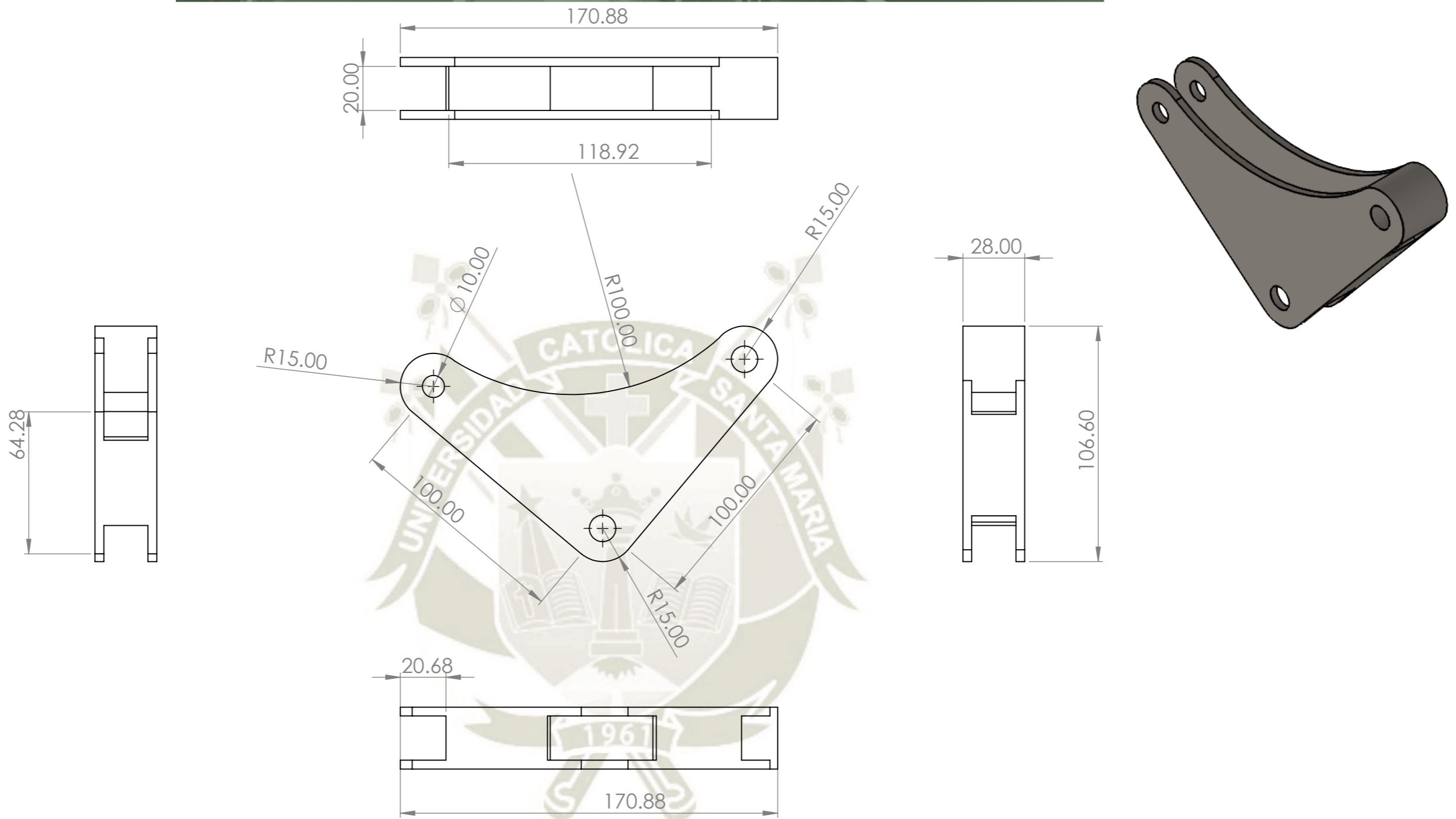
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:			
DIBUJ. Bryan Candia Chire		09/01/2022	Amortiguador de suspensión			
VERIF.			N.º DE DIBUJO			
APROB.			25			
FABR.			A3			
CALID.		MATERIAL:	Acero			
		PESO:	ESCALA:1:2			
			HOJA 1 DE 1			



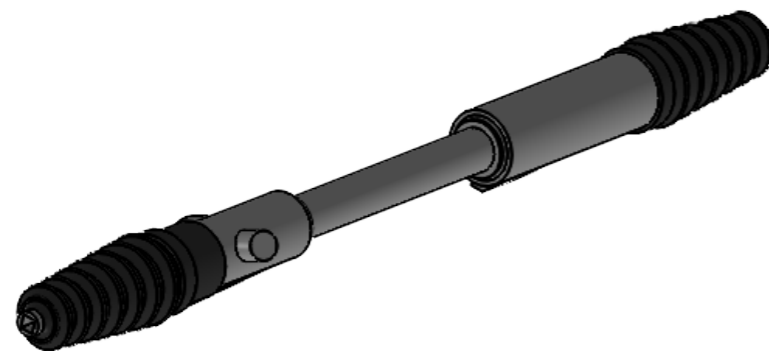
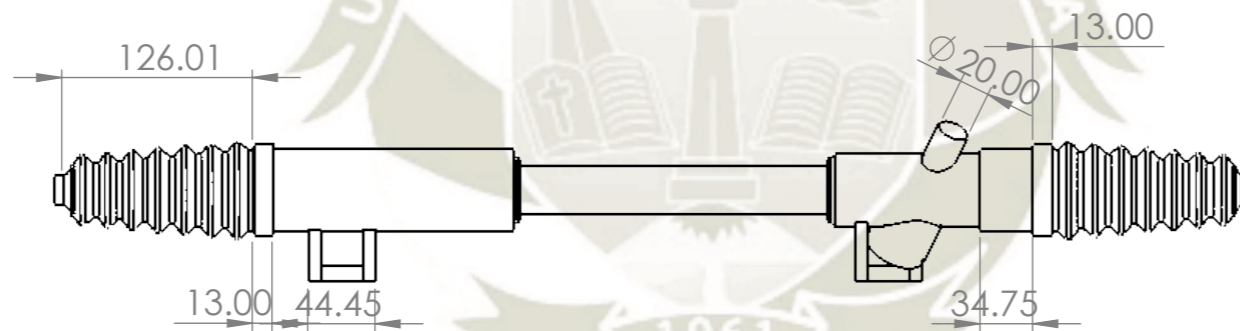
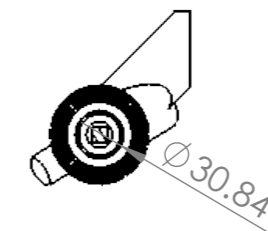
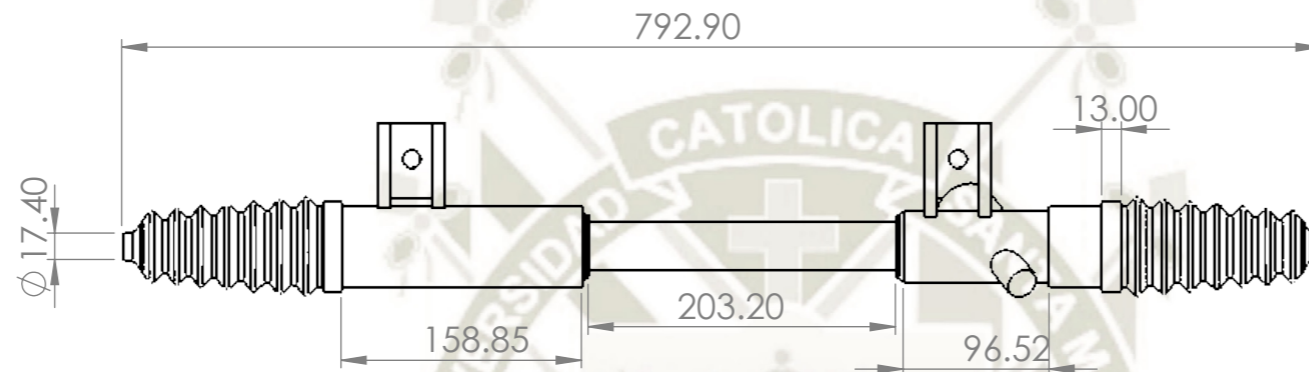
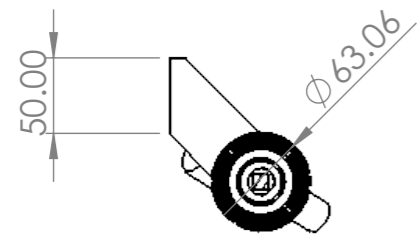
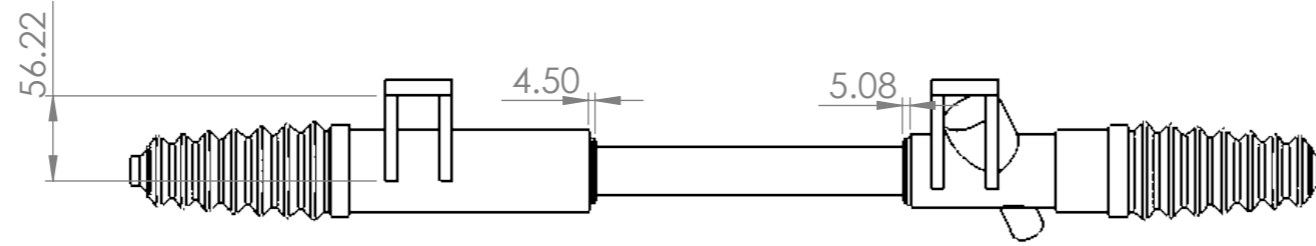
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO: Brazo de control inferior delantero			
DIBUJ. Bryan Candia Chire		09/01/2022	N.º DE DIBUJO 26			
VERIF.			MATERIAL: Acero			
APROB.			PESO:			
FABR.			ESCALA:1:10			
CALID.			HOJA 1 DE 1			
						A3



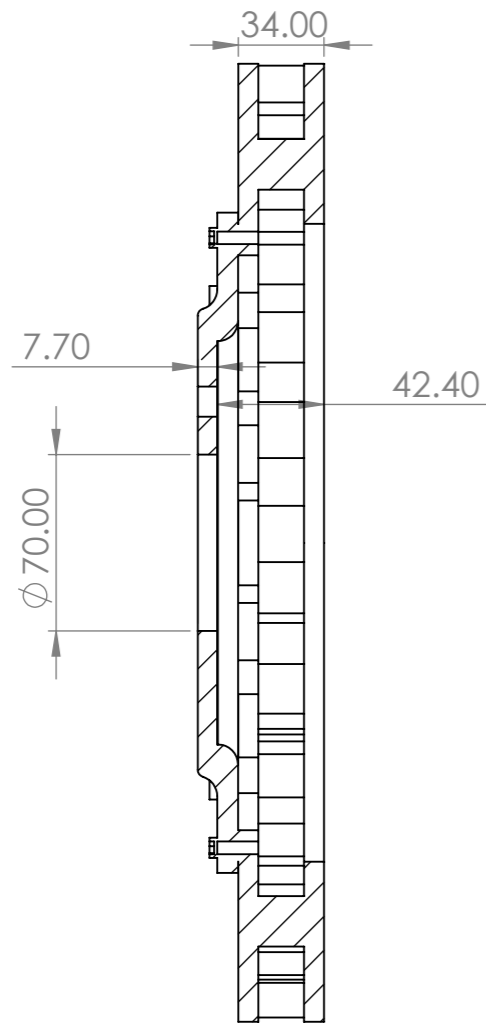
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO: Brazo de control superior delantero			
DIBUJ. Bryan Candia Chire		09/01/2022	N.º DE DIBUJO 27			
VERIF.			A3			
APROB.			ESCALA: 1:5			
FABR.			HOJA 1 DE 1			
CALID.			MATERIAL: Acero			
			PESO:			



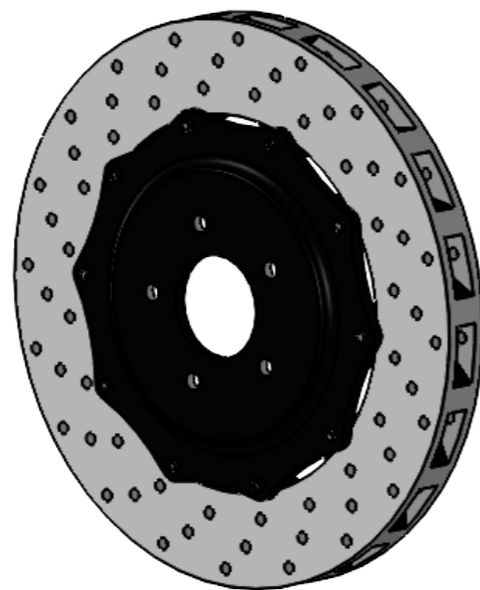
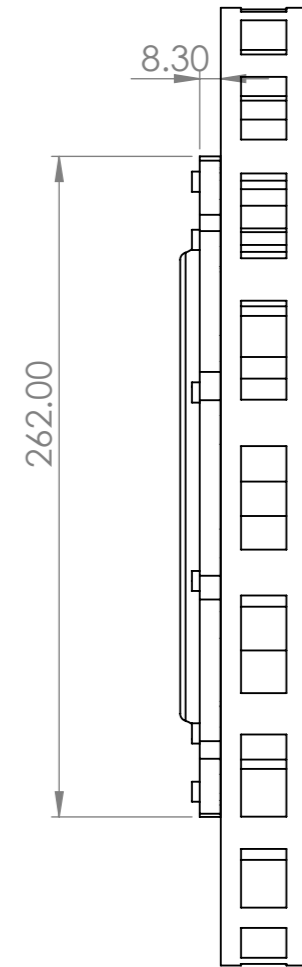
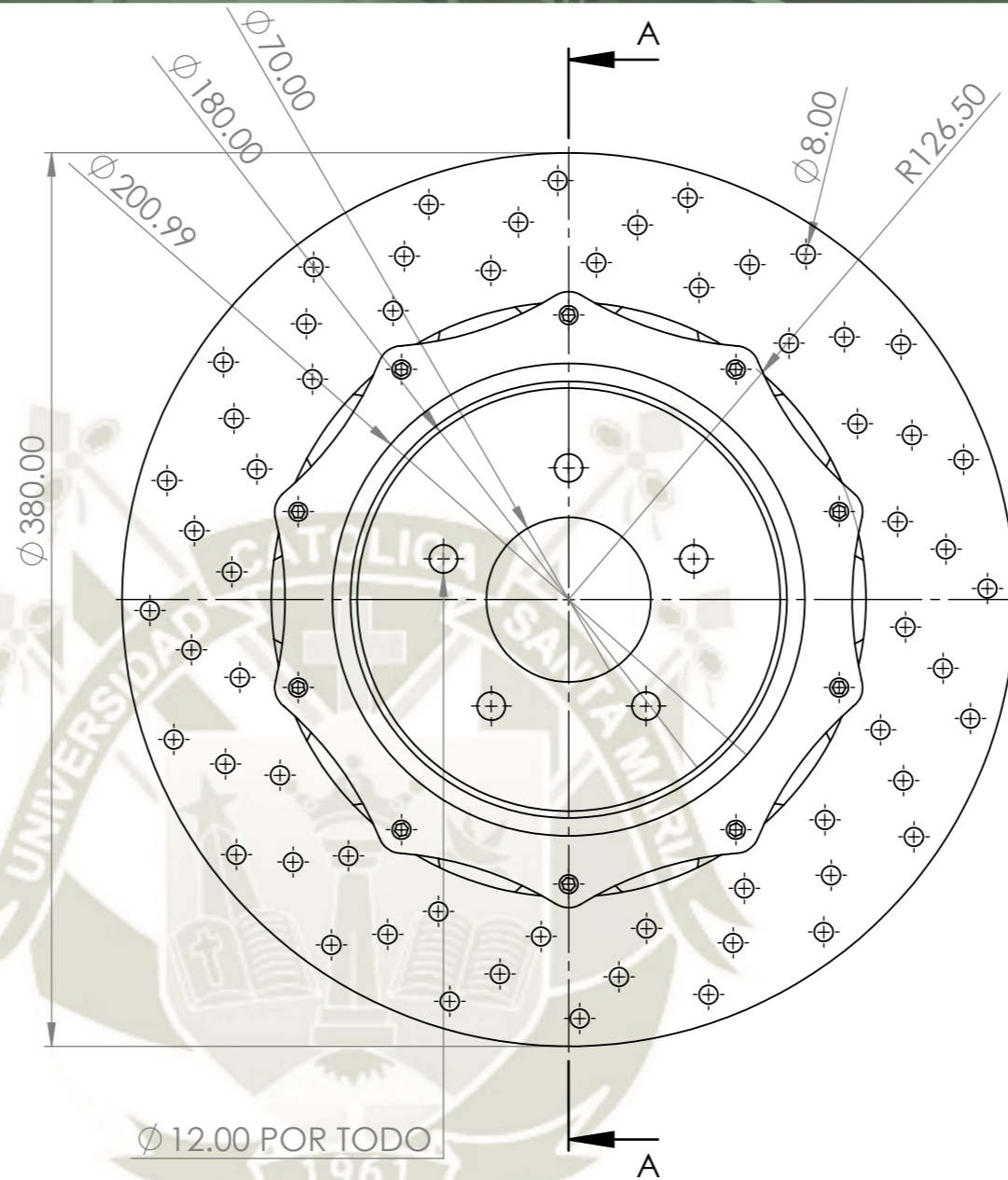
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:		
DIBUJ. Bryan Candia Chire		09/01/2022	Balancin de suspensión		
VERIF.			N.º DE DIBUJO		
APROB.			28		A3
FABR.			ESCALA:1:2		
CALID.			HOJA 1 DE 1		
		MATERIAL:	Acero		
		PESO:			



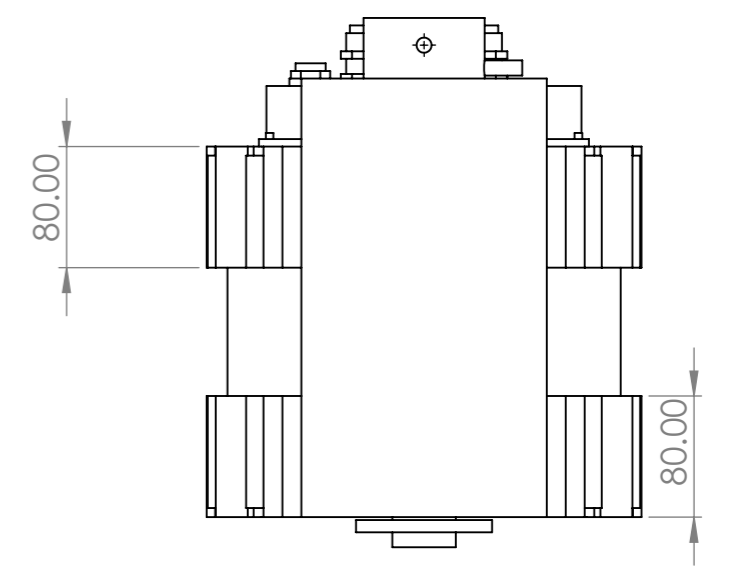
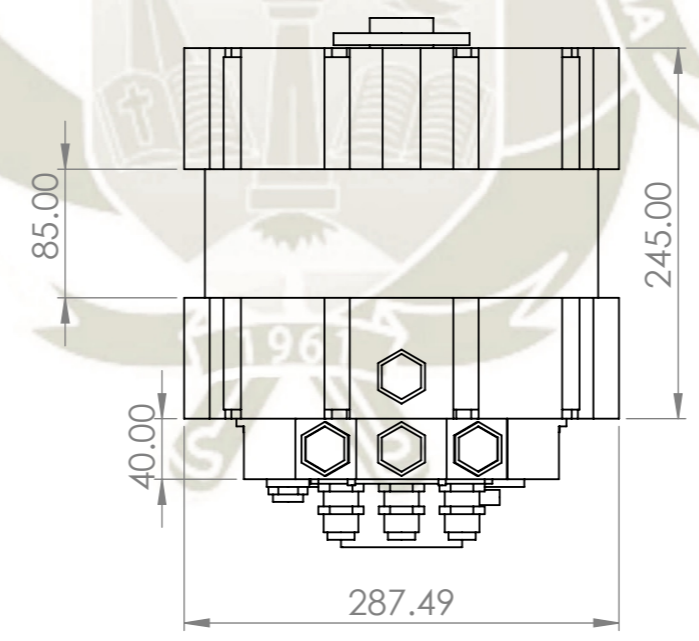
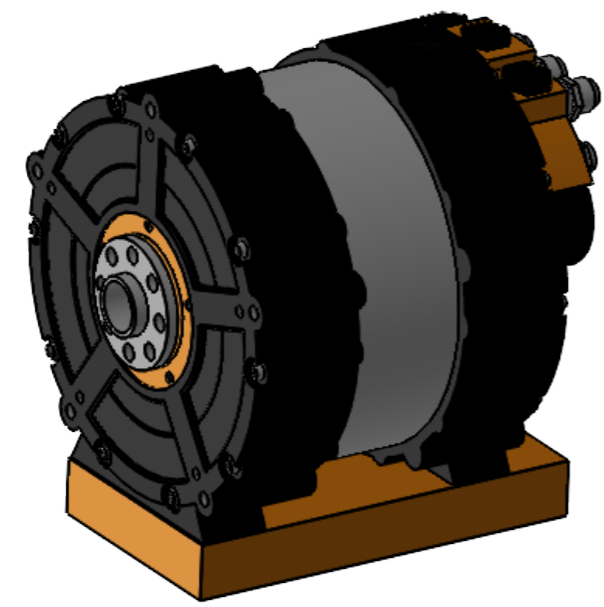
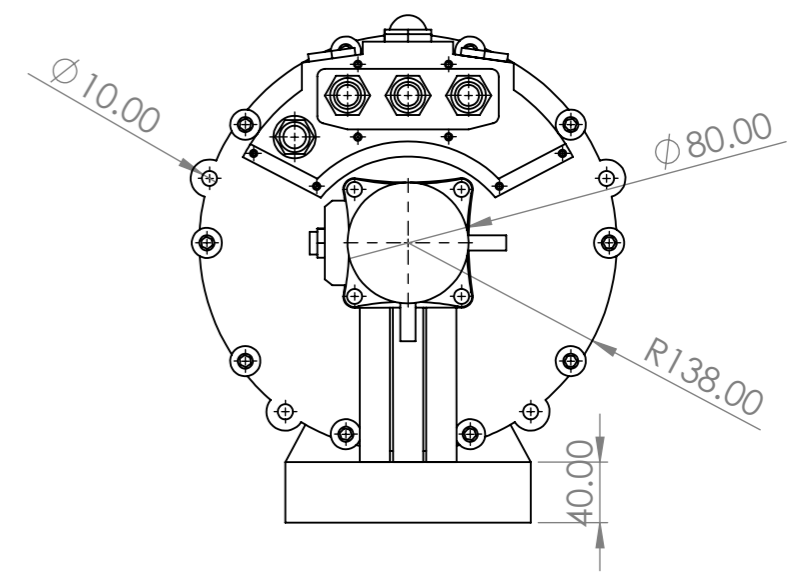
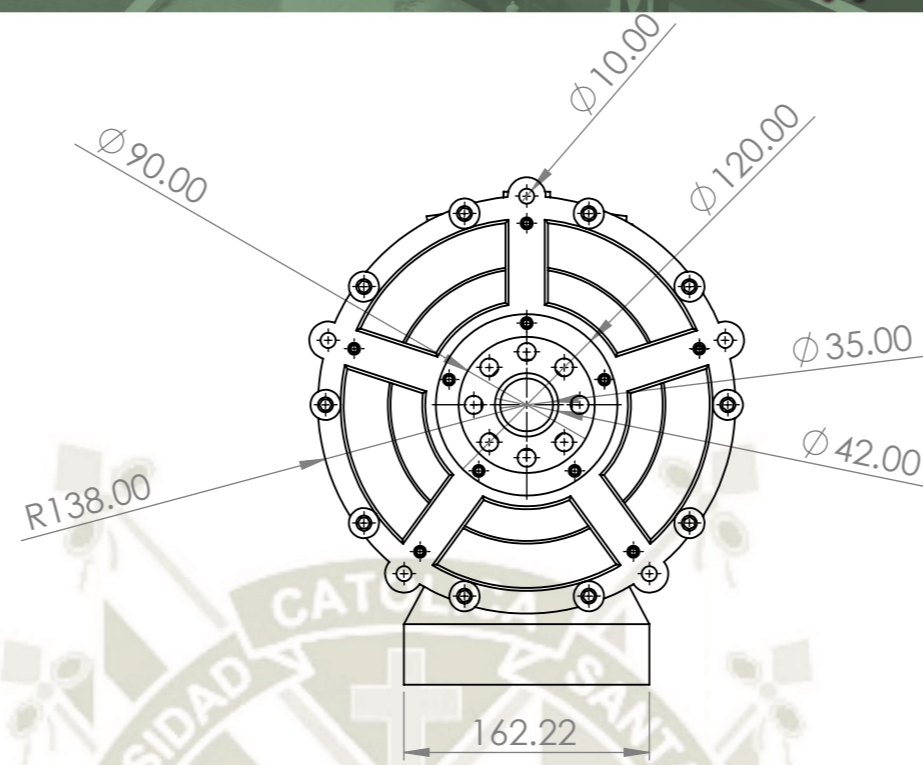
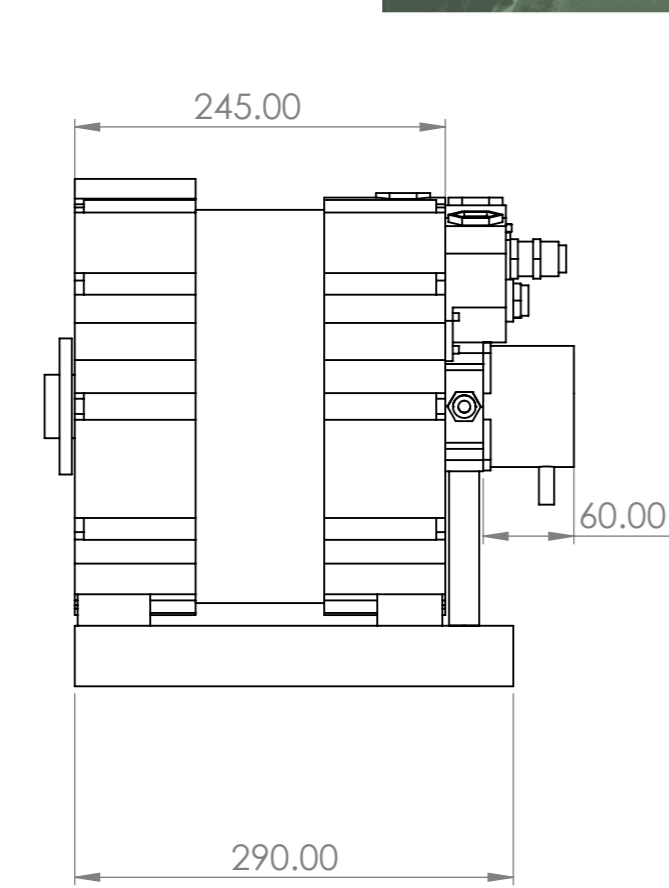
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ. Bryan Candia Chire			FIRMA	FECHA 09/01/2022	TÍTULO: Cremallera de dirección	
VERIF.					N.º DE DIBUJO 29	
APROB.					A3	
FABR.					ESCALA: 1:10	
CALID.			MATERIAL: Acero		HOJA 1 DE 1	
			PESO:			



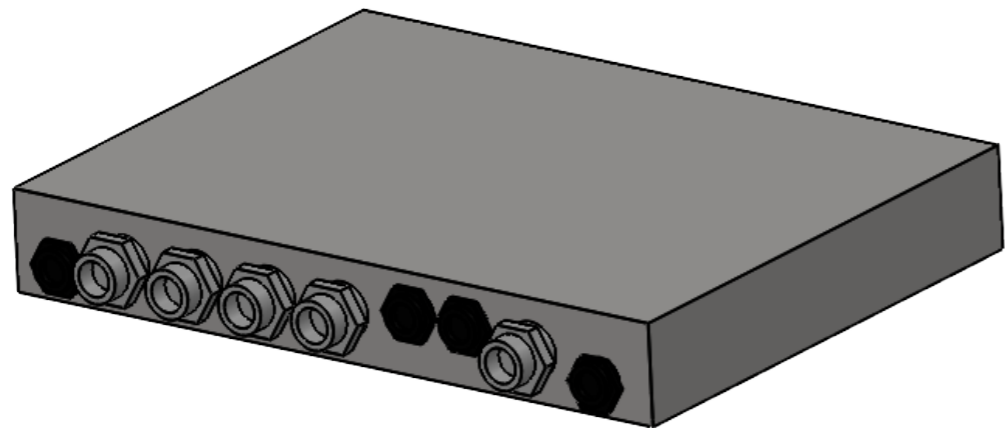
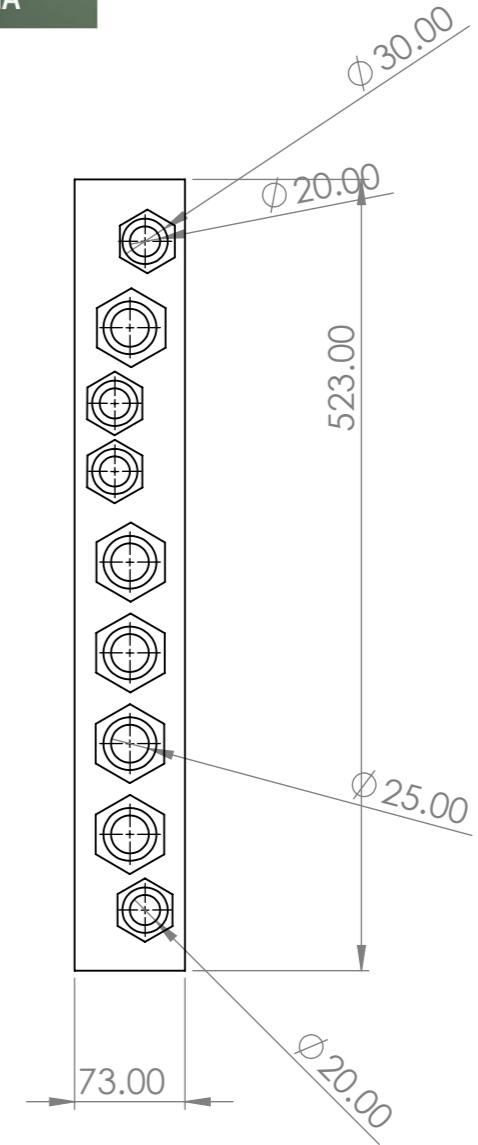
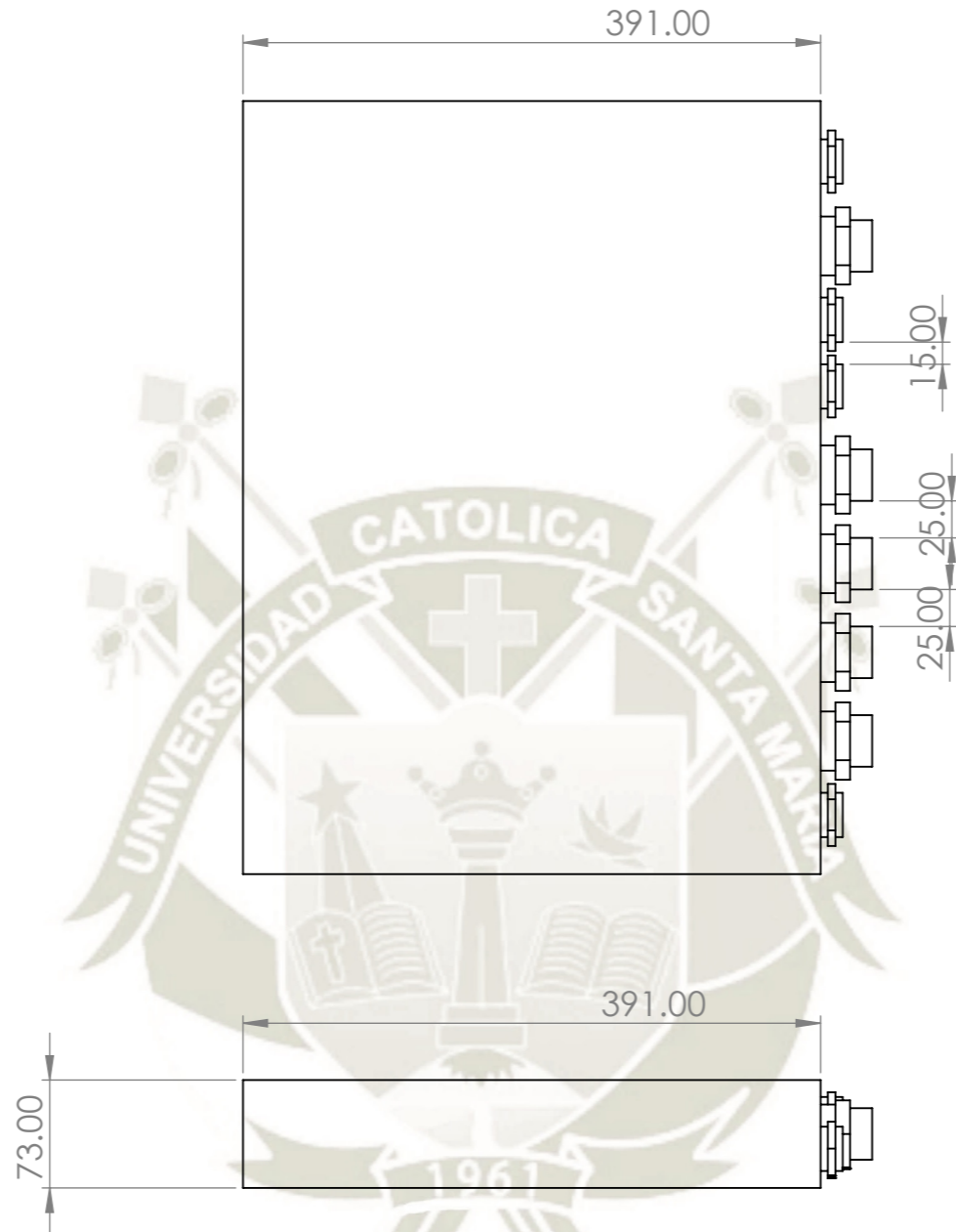
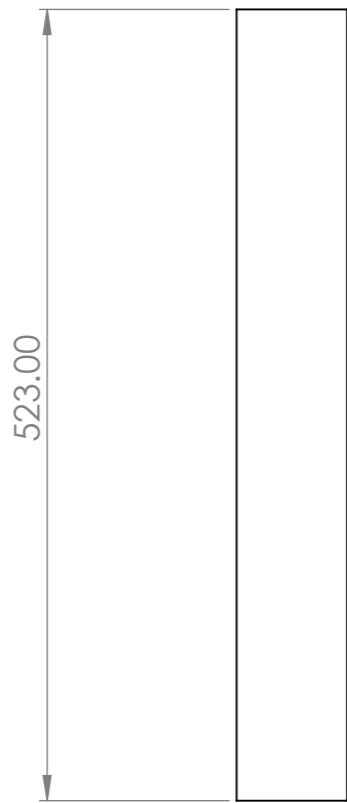
SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 3



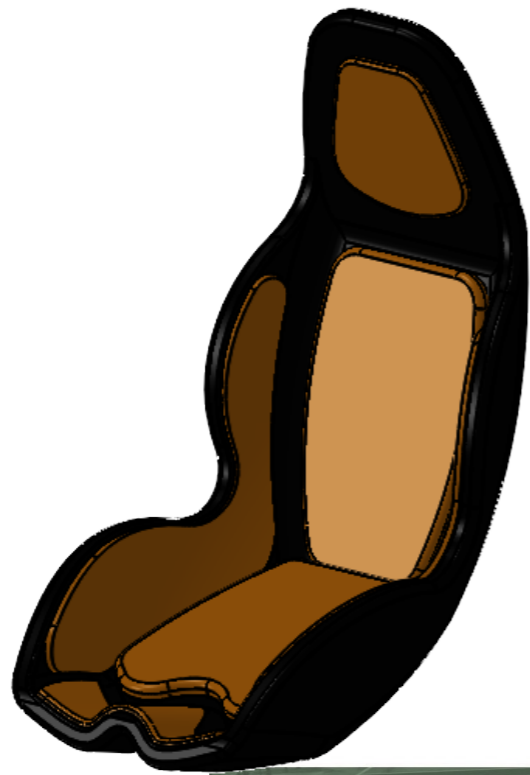
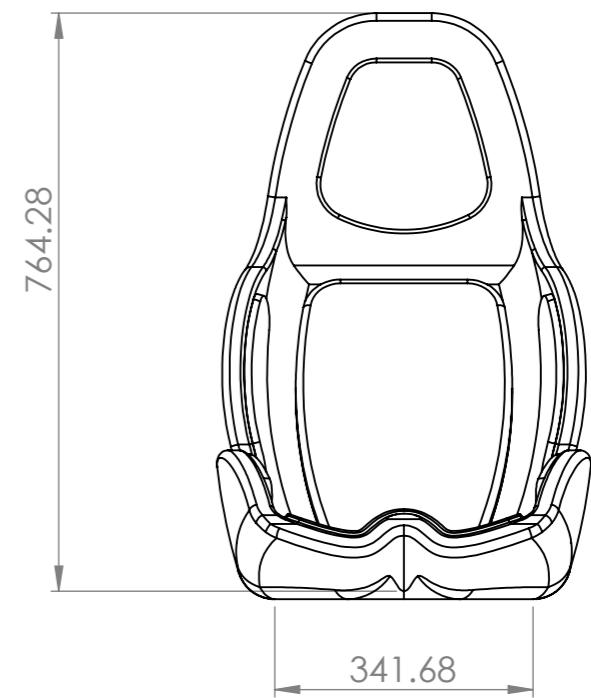
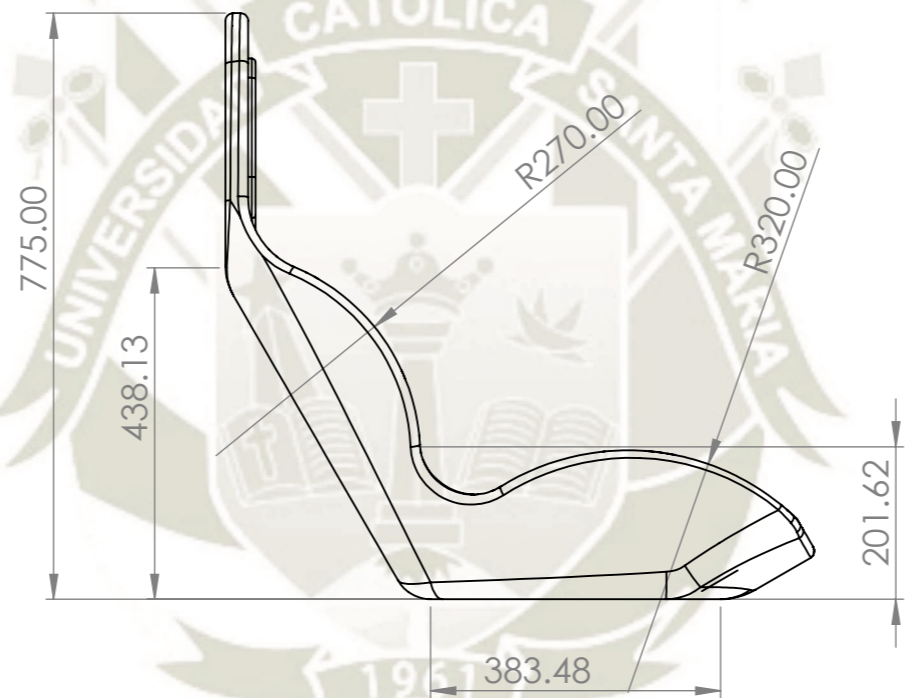
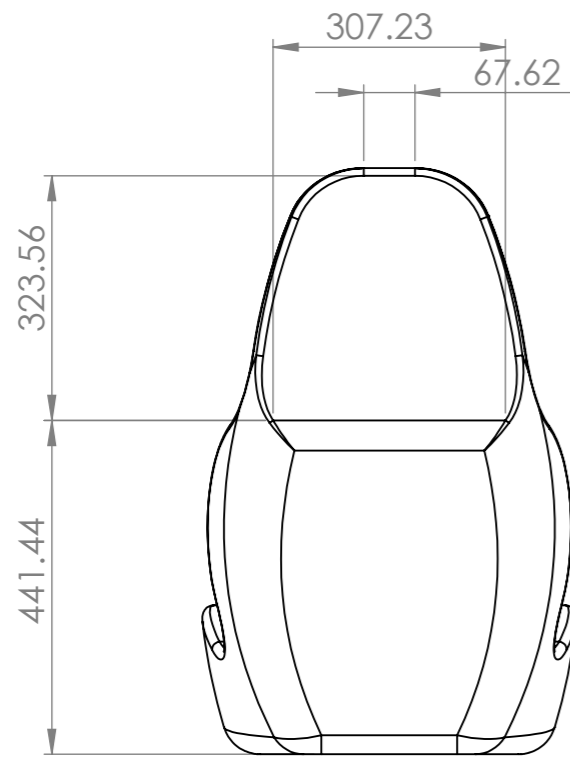
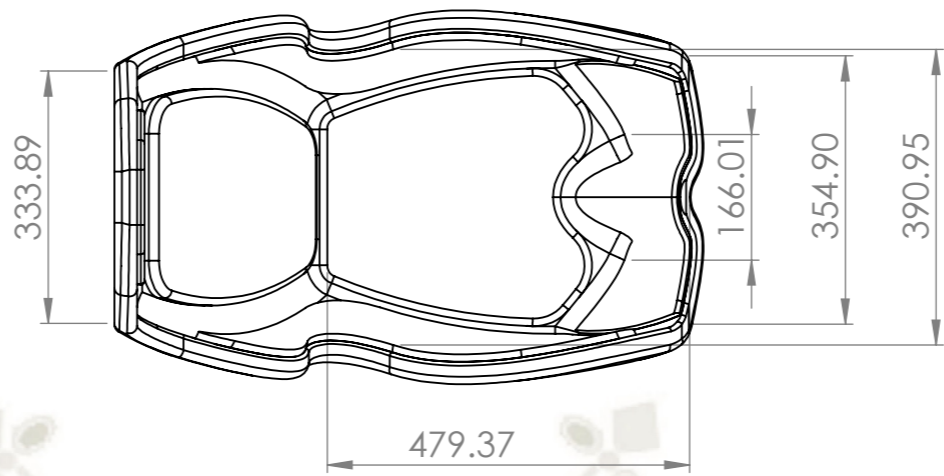
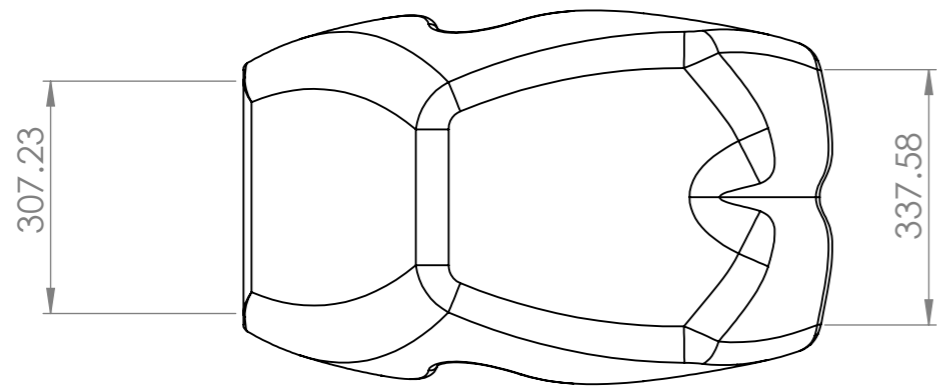
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:			
DIBUJ. Bryan Candia Chire		08/01/2022	Disco de freno			
VERIF.			N.º DE DIBUJO			
APROB.			30			
FABR.			MATERIAL:			
CALID.			Acero			
PESO:			ESCALA:1:5		HOJA 1 DE 1	
					A3	



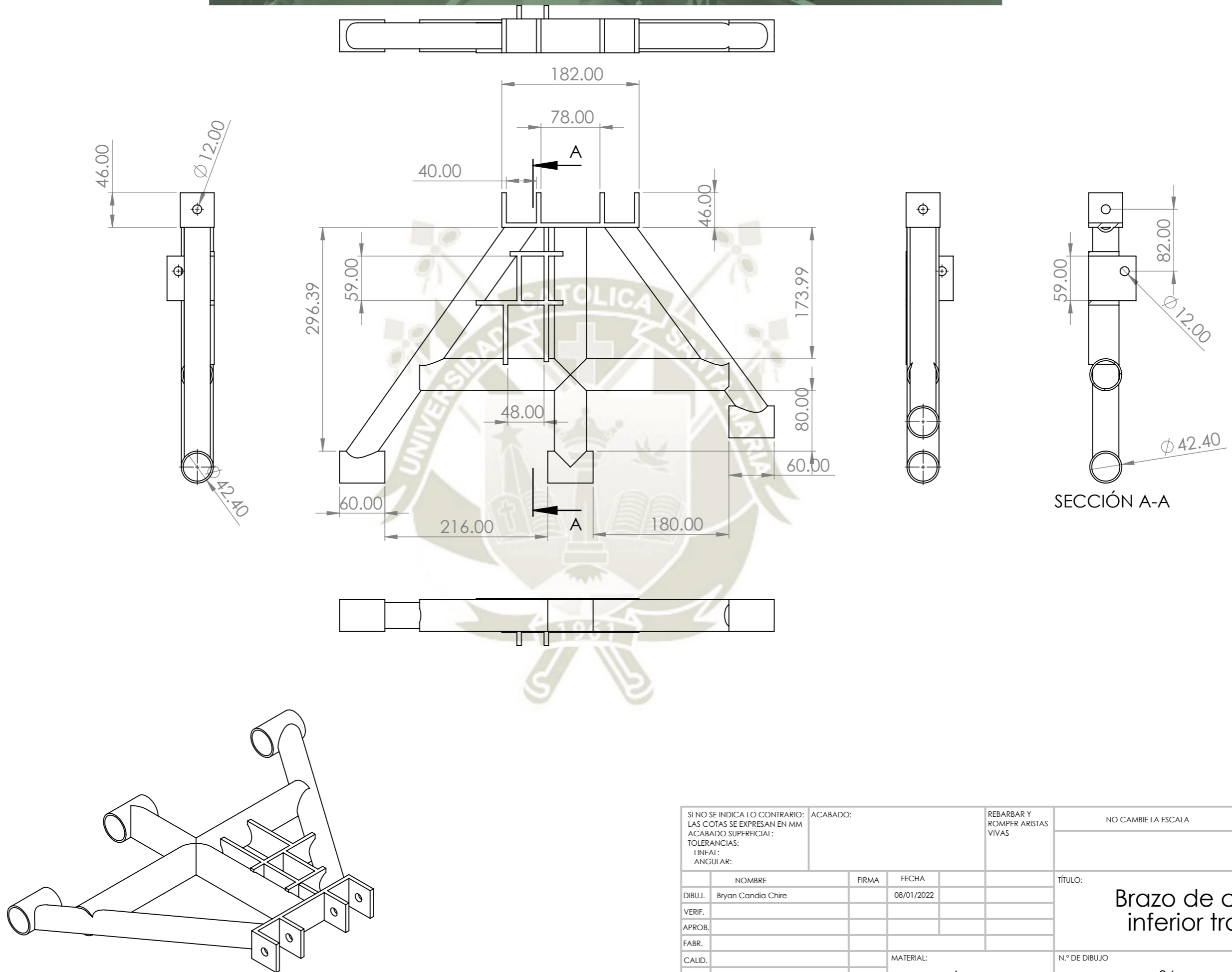
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:			
DIBUJ. Bryan Candia Chire		08/01/2022	Motor eléctrico			
VERIF.			N.º DE DIBUJO			
APROB.			31			
FABR.			A3			
CALID.			ESCALA:1:5			
MATERIAL: Variado			HOJA 1 DE 1			
PESO:						



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:		
DIBUJ. Bryan Candia Chire		10/01/2022	<h1>Controlador</h1>		
VERIF.					
APROB.					
FABR.					
CALID.		MATERIAL: Variado	N.º DE DIBUJO	32	A3
		PESO:	ESCALA: 1:5	HOJA 1 DE 1	

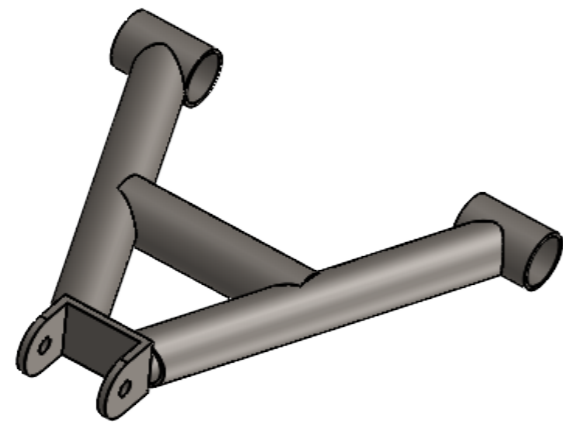
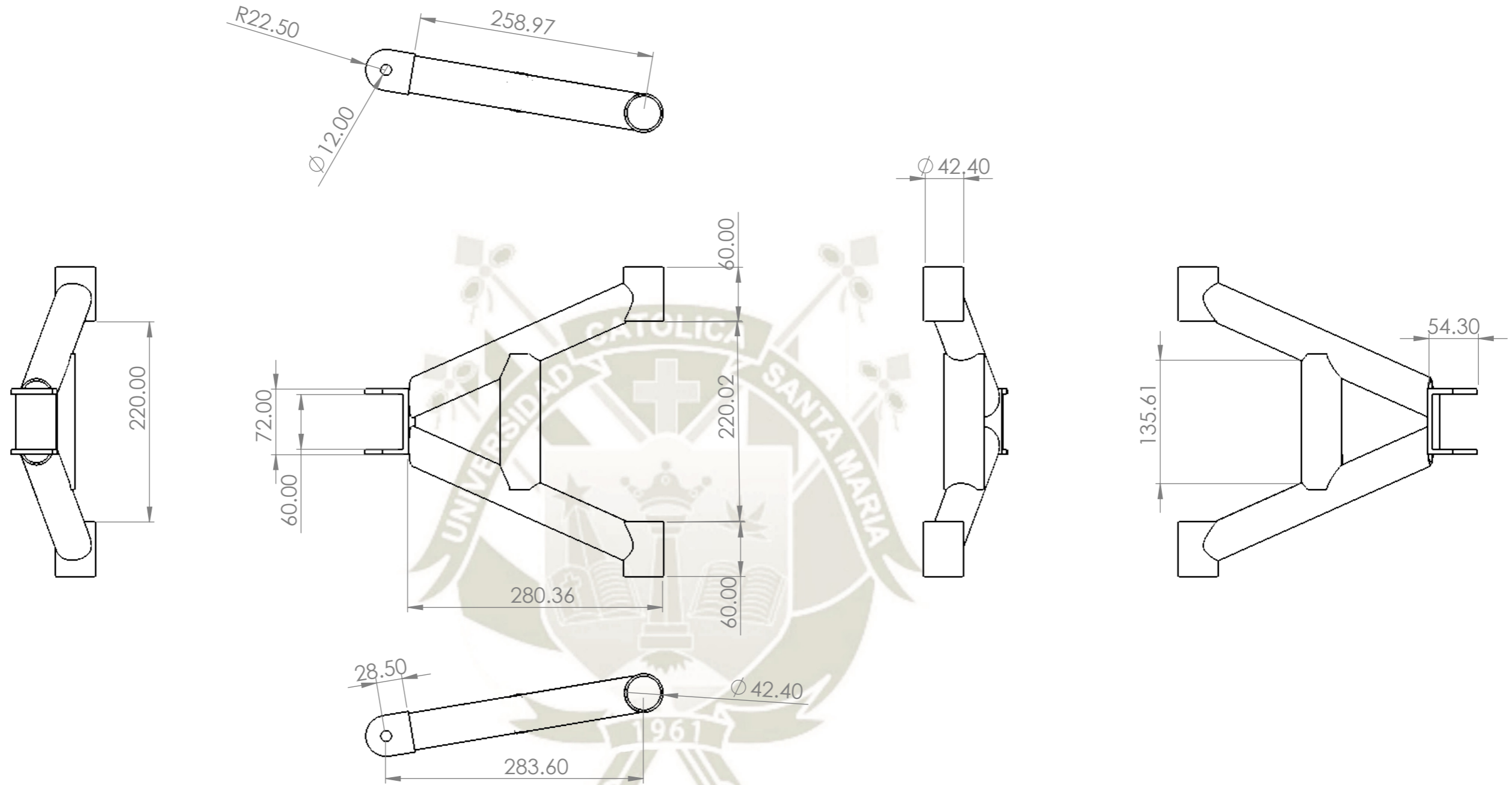


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO: Asiento del vehículo			
DIBUJ. Bryan Candia Chire		11/01/2022				
VERIF.						
APROB.						
FABR.						
CALID.			MATERIAL: Variado	N.º DE DIBUJO 33	A3	
			PESO:	ESCALA:1:10	HOJA 1 DE 1	



SECCIÓN A-A

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ. Bryan Candia Chire			FIRMA	FECHA 08/01/2022	TÍTULO: Brazo de control inferior trasero	
VERIF.					N.º DE DIBUJO 34	
APROB.					A3	
FABR.					ESCALA:1:5	
CALID.			MATERIAL: Acero		HOJA 1 DE 1	
			PESO:			



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO: Brazo de control superior trasero			
DIBUJ. Bryan Candia Chire		09/01/2022	N.º DE DIBUJO 35			
VERIF.			A3			
APROB.			ESCALA:1:5			
FABR.			HOJA 1 DE 1			
CALID.			MATERIAL: Acero			
			PESO:			

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 1323:2009
Primera revisión

**VEHICULOS AUTOMOTORES. CARROCERIAS DE BUSES.
REQUISITOS.**

Primera Edición

ROAD VEHICLES. BUS BODIES. REQUIREMENTS

First Edition

DESCRIPTORES: Ingeniería automotriz, sistemas para vehículos automotores, carrocerías y componentes, buses, requisitos
MC 01.01-401
CDU: 629.11.011.6
CIU: 3843
ICS: 43.020.60

<p>Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria</p>	<p align="center">VEHÍCULOS AUTOMOTORES CARROCERIAS DE BUSES REQUISITOS</p>	<p align="center">NTE INEN 1323:2009 Primera Revisión 2009-02</p>
--	--	---

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casilla 17-01-3999 – Baquerizo Moreno E8-29 y Almagro – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos generales para el diseño, fabricación y montaje de carrocerías de buses para todas sus modalidades.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica a todas las carrocerías de buses, sean importadas o de construcción nacional. (Ver nota 1).

2.2 Esta norma incluye a las carrocerías que son parte de los chasis carrozados importados y carrocerías autoportantes

3. DEFINICIONES

3.1 Para los efectos de la presente NTE INEN se adoptan las definiciones establecidas en las NTE INEN ISO 3833 vigente, NTE INEN 1 155 vigente, y las que a continuación se detallan:

3.1.1 *Carga de aceleración brusca* (A_b). Corresponde a la fuerza producida por la aceleración brusca del vehículo.

3.1.2 *Carga de frenado* (F). Corresponde a la fuerza producida por el frenado del vehículo.

3.1.3 *Carga de giro* (G). Corresponde a la fuerza producida por el giro de un vehículo.

3.1.4 *Carga por Resistencia del Aire frontal* (R_{af}). Corresponde a la fuerza del aire actuante sobre un área correspondiente a la proyección del bus en un plano perpendicular a su eje longitudinal.

3.1.5 *Carga muerta* (M). Corresponde al peso total de la carrocería en condiciones operativas, lo que incluye todos los componentes estructurales y no estructurales permanentes; es decir, la carrocería terminada con todos sus accesorios.

3.1.6 *Carga viva* (V). Corresponde a la carga por ocupación y se la considerará como distribuida uniformemente en los respectivos elementos estructurales de la carrocería.

3.1.7 *Carrocería*. Conjunto de estructura, elementos de seguridad y confort que se adiciona al chasis de forma fija, para el transporte de personas.

3.1.8 *Carrocería autoportante*. Aquella que en su diseño conforma el bastidor e incluye en su estructura los anclajes necesarios para el equipo mecánico y eléctrico.

3.1.9 *Bastidor o chasis*. Constituye el soporte de todos los órganos principales del vehículo (motor, transmisión, suspensión sobre la que se apoya, dirección, ruedas, frenos).

3.1.10 *Espacio de supervivencia*. Es el volumen que se obtiene en el compartimento de ocupantes, desplazando en línea recta el plano vertical y transversal indicado en la figura 1, de manera que se pase el punto S_R de la figura 2 desde el punto S_R del último asiento exterior a través del punto S_R de cada asiento exterior intermedio hasta el punto S_R del primer asiento exterior del ocupante.

NOTA 1.- La definición de buses de acuerdo a la NTE INEN ISO 3833 vigente.

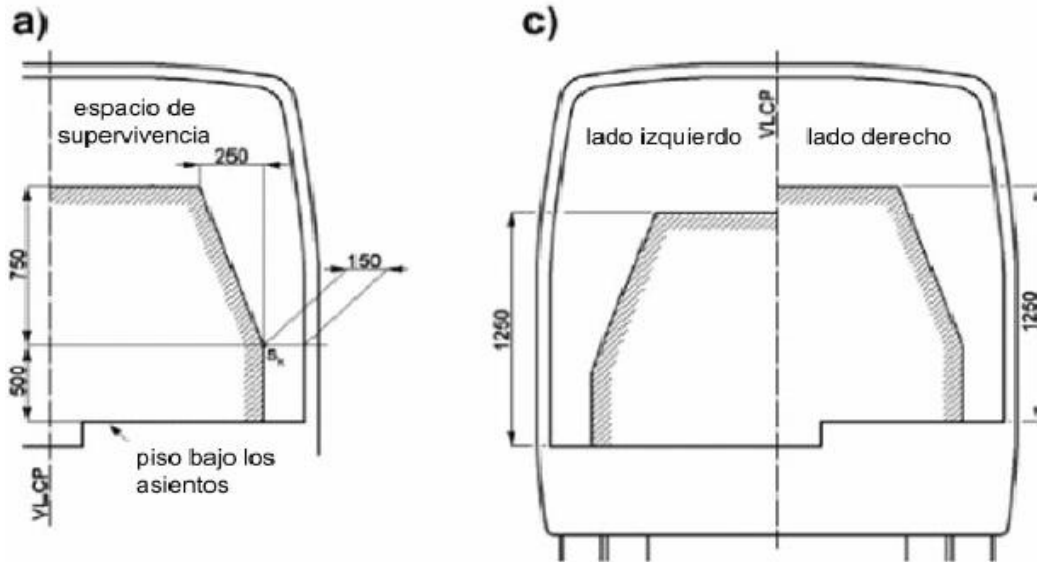
(Continúa)

DESCRIPTORES: Ingeniería automotriz, sistemas para vehículos automotores, carrocerías y componentes, buses, requisitos

FIGURA 1. Vista transversal del espacio de supervivencia. (Ver nota 2)

Especificación del espacio de supervivencia

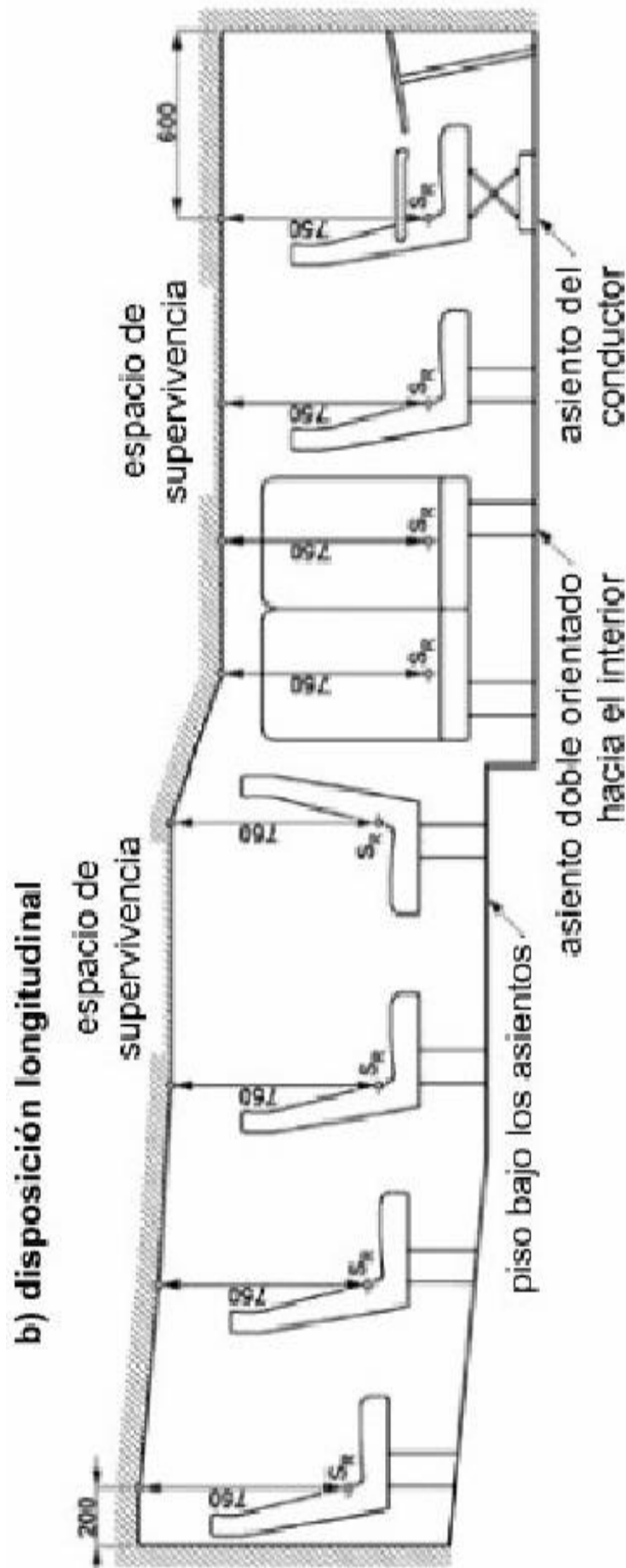
a) y c) disposiciones laterales



NOTA 2. El objetivo de las figuras 1 y 2 es indicar las dimensiones en milímetros del espacio de supervivencia. Las figuras 1 y 2 no están relacionadas con una forma geométrica o distribución de asientos específica en las carrocerías.

(Continúa)

FIGURA 2 Vista longitudinal del espacio de supervivencia



3.1.11 Peso máximo admisible para el chasis. Conocida también como capacidad de carga. Es la carga útil máxima emitida para la cual fue diseñado el vehículo. Este valor es proporcionado por el fabricante del chasis.

4. DISPOSICIONES GENERALES

4.1 Consideraciones de diseño de la carrocería. Se debe considerar lo siguiente:

4.1.1 Las especificaciones del chasis, lo cual incluye:

- Tipo de Servicio de la carrocería.
- Peso bruto vehicular (PBV).
- Capacidad de carga de los ejes.
- Peso del chasis en vacío o tara, total y por ejes.
- Relación peso/potencia.

4.1.2 La estabilidad, lo cual incluye:

- Distribución de masa
- Altura del centro de gravedad
- Dimensiones de la carrocería
- Rigidez de suspensión.
- Capacidad de inclinación (rolido).

4.1.3 El confort, lo cual incluye:

- Aislamiento acústico y térmico.
- Ventilación.
- Hermeticidad.
- Ergonomía.

4.1.4 El mantenimiento, lo cual incluye:

- Accesibilidad a los elementos del vehículo.

4.1.5 La seguridad, lo cual incluye:

- Seguridad activa y pasiva.

4.1.6 Método de anclaje y montaje, lo cual incluye:

- Disposiciones y recomendaciones del fabricante del chasis (manual de carrozado).

4.1.7 Estructura, lo cual incluye:

- Materiales metálicos y no metálicos.
- Uniones y juntas.
- Tratamientos de materiales.
- Geometría.
- Resistencia estructural.

(Continúa)

5. REQUISITOS

5.1 Estructura de las carrocerías de buses

5.1.1 Cargas de Diseño. Para el análisis cuasi estático de la estructura de la carrocería se aplicarán las cargas especificadas en el presente numeral.

5.1.1.1 Cargas vivas. Se determinarán de acuerdo con la tabla 1.

TABLA 1. Cargas vivas de diseño.

TIPO DE SERVICIO (ver nota 3)	MASA DE UN OCUPANTE (kg)	MASA MÍNIMA DE EQUIPAJE DE MANO POR PASAJERO (kg)	MASA MÍNIMA DE EQUIPAJE A TRANSPORTARSE EN BODEGAS PORTA EQUIPAJES (kg) (ver nota 4)	ESPACIO NECESARIO POR PASAJERO DE PIE (m ²)
Urbano	70	-	-	0,16
Urbano (escolar e institucional)	70	-	-	Sin pasajeros de pie
Interurbano (Intraprovincial)	70	5	100 x Vol	0,16
Larga Distancia (Interprovincial y turismo)	70	5	100 x Vol	Sin pasajeros de pie

5.1.1.2 Carga de Giro (G). Debe calcularse en función de la fuerza centrífuga que se genera al ingresar el vehículo en una curva de determinado radio de giro y a cierta velocidad. Esta fuerza centrífuga deberá ser inferior a la fuerza de vuelco, calculada sobre la base del peso total del bus a plena carga y su centro de gravedad. La velocidad crítica deberá ser considerada de al menos 90 km/h y el radio de giro se establece en función de la tabla 2.

TABLA 2.- Velocidades, radios mínimos y peraltes en carretera. (Ver Nota 5)

Velocidad (del vehículo) (km/h)	Radio de curvatura de la carretera (m)	Peralte (%)
80	250	8
85	300	
90	350	
95	400	
100	450	
105	500	
110	550	
115	600	
120	700	
125	800	
130	900	7,51
135	1050	6,97
140	1250	6,25
145	1475	5,49
150	1725	4,84
		4,29

NOTA 3.- De acuerdo a la NTE INEN ISO 3833 vigente y al Reglamento de la Ley de Tránsito y Transporte Terrestre vigente.

NOTA 4.- Vol.- Volumen de las bodegas portaequipajes en m³

NOTA 5.- Tabla determinada al documento Norma 3.1-IC

(Continúa)

5.1.1.3 Carga de frenado (F). Se asume una desaceleración mayor o igual a 4 m/s^2 (ver Nota 6).

5.1.1.4 Carga de aceleración brusca (A_b). Se calcula con el mismo criterio de la carga de frenado pero en sentido contrario.

5.1.1.5 Carga por resistencia del aire frontal (R_{af}). Se la aplicará como la fuerza del aire actuante sobre un área correspondiente a la proyección del bus en un plano perpendicular a su eje longitudinal. Se utilizará la siguiente fórmula:

$$R_{af} = (1/2) \times (C_x) \times \rho \times A_f \times V^2$$

Donde:

R_{af} = Carga por resistencia Aerodinámica, en (N).

ρ = Densidad del aire, en (kg/m^3).

V = Velocidad del aire, en (m/s). (Como mínimo 25 m/s).

A_f = Área correspondiente a la proyección del bus en un plano perpendicular a su eje longitudinal, en (m^2).

C_x = Coeficiente de resistencia frontal del aire. (Como mínimo 0.7)

5.1.2 *Combinaciones de cargas básicas.* Las estructuras de las carrocerías deben ser diseñadas de tal manera que resistan los esfuerzos determinados en base al menos a las siguientes combinaciones de cargas básicas:

5.1.2.1 Según método ASD (Allowable strength design)

1: M

2: M + V

3: M + V + G

4: M + V + F

5: M + V + F + R_{af}

6: M + V + R_{af}

7: M + V + A_b

8: M + V + A_b + R_{af}

5.1.2.2 Según método LRFD (Load resistance factor design)

1: 1,4M+V

2: 1,2M + 1,6V + 0,5G

3: 1,2M + 0,5V + 1,6G

4: 1,2M + 1,6F+ 0,8 R_{af}

5: 1,2M + 0,5 V+ 0,5F+ 1,3 R_{af}

6: 1,2M +1,5 A_b +0,5V

7: 0,9M – 1,3 R_{af}

8: 0,9M + 1,3 R_{af}

5.1.3 *Factores.* Los factores a utilizarse según el método ASD o LRFD serán los indicados en: Specification for Structural Steel Buildings (AISC) y North American Specification for the design of Cold Formed Steel-Structural Members (AISII).

5.1.4 Las cargas combinadas, según los dos métodos (ASD y LRFD), deben alcanzar una deformación elástica de todos los componentes de la estructura de la carrocería iguales o menores a 1/240 veces su longitud.

NOTA 6. De acuerdo con el Ensayo del Tipo 0 con motor embragado para vehículos clase N de la DIRECTIVA 98/12/CE DE LA COMISIÓN EUROPEA, Anexo 2, Ensayos de frenado y rendimiento de los dispositivos de frenado.

(Continúa)

5.1.5 Resistencia de la estructura. Las estructuras de carrocerías deberán cumplir las siguientes condiciones:

5.1.5.1 Debe resistir una carga estática sobre el techo, equivalente al cincuenta por ciento (50%) del peso máximo admisible para el chasis, distribuido uniformemente a lo largo del mismo, sin experimentar deformaciones en ningún punto, que superen los setenta milímetros (70 mm).

5.1.5.2 Durante el ensayo de resistencia de la estructura o ni una vez finalizado el mismo, la estructura de la carrocería debe resistir para que el espacio de supervivencia no resulte invadido según el alcance del documento Regulation 66. Uniform Provisions Concerning the Approval of Large Passenger Vehicles with Regard to the Strength of their Superstructure de las Naciones Unidas. (Ver Nota 7)

5.1.6 Materiales de la estructura. Deben ser perfiles estructurales protegidos contra la corrosión que cumplan con las NTE INEN correspondientes vigentes. (Ver nota 8).

5.1.7 Soldadura de carrocerías. Las carrocerías de buses deben soldarse de acuerdo con las normas vigentes AWS D8.8 para componentes de acero y/o AWS D8.14 para componentes de aluminio.

5.1.7.1 El proceso y procedimiento de soldadura será calificado de acuerdo con las normas vigentes AWS D1.3 para acero, AWS D1.2 para aluminio y AWS D1.6 para acero inoxidable.

5.1.8 Manuales. El fabricante de carrocerías debe disponer y aplicar la información indicada en los manuales de fabricación y montaje de carrocerías provistos por el fabricante de chasis. Para ello el fabricante de chasis debe entregar obligatoriamente dichos manuales específicos para cada modelo de chasis.

5.2 Unión chasis-carrocería. Las uniones entre el chasis y la carrocería se realizarán siguiendo exclusivamente las recomendaciones del fabricante del chasis para bus de transporte de pasajeros, indicadas en su manual de fabricación y montaje de carrocerías de buses.

5.3 Documentos técnicos. El proveedor de carrocerías debe disponer de memorias de cálculo estructural, listado de materiales, planos de construcción dimensionales, eléctricos, y neumáticos; para cada modelo de carrocería y chasis. El formato de los planos debe cumplir con el CPE INEN 03 Código de Dibujo Técnico-Mecánico.

5.4 Vidrios de seguridad. Los vidrios deben cumplir con la NTE INEN 1669 vigente y con el RTE INEN 034 Elementos de Seguridad en vehículos automotores vigente.

5.5 Elementos de seguridad. Las carrocerías de buses deben cumplir con el RTE INEN 034 Elementos de Seguridad en vehículos automotores vigente.

5.6 Los dispositivos de alumbrado, espejos retrovisores y señalización luminosa deben cumplir con la NTE INEN 1 155 vigente y con el RTE INEN 034 Elementos de Seguridad en vehículos automotores vigente.

5.7 Otros Requisitos

5.7.1 Superficies de pisos y áreas de entrada y salida. Deben ser de material antideslizante.

5.7.2 Equipo e instalación eléctrica. Deben cumplir con lo indicado en el numeral 7.5.2 y 7.5.3 de la Directiva Europea 2001/85 CE (ver anexo A).

5.7.3 Pintura. Debe cumplir con las NTE INEN correspondientes vigentes (ver nota 8).

NOTA 7. Mientras no exista un documento normativo INEN equivalente

NOTA 8. En el caso de no existir Normas Técnicas Ecuatorianas NTE INEN se deben utilizar las normas o reglamentos equivalentes de reconocido prestigio, tales como: ASTM, DIN, JIS, ANSI.

(Continúa)

5.7.4 Aislamiento térmico y acústico. Debe cumplir con lo indicado en el numeral 7.5.1 de la Directiva Europea 2001/85 CE (ver Anexo A).

5.7.5 Flamabilidad de materiales. Retardante al fuego con un índice de llama no menor de 150 bajo la norma ASTM E 162 o un máximo de 250 mm/min según la norma ISO 3795.

5.7.6 Sujeción de Parabrisas. Debe cumplir con lo dispuesto en el documento normativo FMVSS 212 vigente.

5.7.7 Los materiales del piso, la perfilera de las ventanas y de las puertas deben cumplir con las NTE INEN vigentes (ver Nota 8).

5.7.8 Los sistemas eléctricos y neumáticos deben estar ocultos (ver Anexo A).

5.7.9 Salidas de emergencia. El número mínimo de salidas de emergencia será de acuerdo a la tabla 3.

TABLA 3. Número mínimo de salidas de emergencia

Número de pasajeros	Número total mínimo de salidas de emergencia
17-30	4
31-45	5
46-60	6
61-75	7
76-90	8
Mayor a 90	9

6. ENSAYOS

6.1 Los ensayos serán los indicados en la presente norma.

6.2 Métodos de ensayo de resistencia de la estructura.

La estructura del bus se ensayará por cualquiera de los métodos de ensayo contemplados en el numeral 6 del documento Regulation 66. Uniform Provisions Concerning the Approval of Large Passenger Vehicles with Regard to the Strength of their Superstructure, de las Naciones Unidas.

7. ROTULADO

7.1 Las carrocerías deben disponer de una placa inalterable de identificación, con fines de rastreo, de fácil acceso, visible, legible y debe disponer de al menos la siguiente información:

- Nombre de la empresa fabricante de la carrocería.
- Número de certificado de evaluación de la conformidad de la estructura (NCE).
- Capacidad de pasajeros.
- Fecha de la fabricación (de finalización) (MM/AAAA).
- Número de producción (seis dígitos alfanuméricos).
- Número de chasis (VIN)
- País de origen de la carrocería.

Tamaño mínimo de la placa: 148,5 mm de largo
105 mm de ancho (formato A6).

7.2 El fabricante será responsable de marcar el número de producción indeleblemente en al menos dos lugares de la carrocería.

(Continua)

ANEXO A

Texto de los numerales 7.5.1, 7.5.2 y 7.5.3 de la Directiva 2001/85/CE.

7.5.1 *Compartimento del motor*

7.5.1.1 En el compartimento del motor no se utilizará ningún material de isonización inflamable o susceptible de impregnarse de combustible o lubricante, salvo que dicho material esté recubierto de un revestimiento impermeable.

7.5.1.2 Se adoptarán las debidas precauciones, ya sea configurando de forma adecuada el compartimento del motor, ya sea disponiendo orificios de drenaje, para evitar en la medida de lo posible que pueda acumularse combustible o aceite lubricante en alguna parte del compartimento del motor.

7.5.1.3 Entre el compartimento del motor o cualquier otra fuente de calor (como un dispositivo destinado a absorber la energía liberada cuando un vehículo desciende por una larga pendiente, por ejemplo un ralentizador, o un dispositivo utilizado como calefactor del habitáculo, exceptuando sin embargo, los que funcionan por circulación de agua caliente) y el resto del vehículo, deberá colocarse una pantalla de separación resistente al calor. Todas las mordazas, juntas, etc. utilizadas en unión con dicha pantalla de separación deberán ser resistentes al fuego.

7.5.1.4 Podrá instalarse en el compartimento de viajeros un dispositivo calefactor que funcione por un método distinto del de circulación de agua caliente, siempre que este rodeado de material que resista las temperaturas que produzca el dispositivo, no emita gases tóxicos y esté situado de forma que los viajeros no puedan entrar en contacto con una superficie caliente.

7.5.2 *Equipo e instalación eléctricos*

7.5.2.1 Todos los cables deben estar bien aislados y todos los cables y material eléctrico deben resistir las condiciones de temperatura y humedad a las que están expuestos. En cuanto al compartimento del motor, se prestará especial atención a su resistencia a la temperatura ambiente y a los efectos de todos los posibles productos contaminantes.

7.5.2.2 Ninguno de los cables utilizados en los circuitos eléctricos deben transmitir una corriente de intensidad superior a la admisible para el cable en cuestión. Habida cuenta de su forma de montaje y de la temperatura ambiente máxima.

7.5.2.3 Cada circuito eléctrico que alimente un elemento del sistema distinto del motor de arranque, el circuito de encendido (encendido por chispa), las bujías de incandescencia, el dispositivo de parada del motor, el circuito de carga y la conexión a tierra de la batería, deben estar provisto de un fusible o de un disyuntor. No obstante, podrán ir protegidos por un fusible o un disyuntor comunes, siempre que su potencia nominal no sobrepase los 16 A.

7.5.2.4 Todos los cables deben ir bien protegidos y firmemente fijados, de manera que no puedan ser dañados por cortes, abrasiones o roces.

7.5.2.5 Cuando la tensión eficaz supere los 100 voltios en uno o más de los circuitos eléctricos de un vehículo, se conectará un conmutador manual de aislamiento, capaz de desconectar dichos circuitos de la alimentación eléctrica principal, a todos los polos que no vayan conectados eléctricamente a tierra, situándolo en el interior del vehículo de modo que el conductor pueda acceder fácilmente a él, todo ello, siempre que dicho conmutador de aislamiento no pueda desconectar ninguno de los circuitos eléctricos que alimentan las luces exteriores obligatorias del vehículo. No obstante esto no será aplicable cuando se trate de circuitos de encendido de alta tensión o de circuitos autónomos incorporados a un elemento de equipo en el vehículo.

7.5.2.6 Todos los cables eléctricos deben estar colocados de tal forma que ninguna parte de los mismos pueda entrar en contacto con ningún tubo de carga de combustible ni con ninguna parte del sistema de escape, ni pueda estar sometida a calor excesivo, a menos que vayan provistos de aislamiento y protección especial, por ejemplo en el caso de una válvula de escape solenoide.

7.5.3 *Baterías*

7.5.3.1 Todas las baterías deben estar sólidamente fijadas y fácilmente accesibles.

7.5.3.2 El compartimento de las baterías estará separado del habitáculo destinado a los viajeros y del habitáculo del conductor y contará con ventilación por aire del exterior.

7.5.3.3 Los polos de la batería irán provistos de protección contra el riesgo de cortocircuito.

APENDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Código de Práctica Ecuatoriano CPE INEN 03:1989
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1155:2008

*Código de Dibujo Técnico Mecánico.
Vehículos automotores. Dispositivos para
mantener o mejorar la visibilidad. Primera
Revisión.*

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1669:1990

*Vidrios de seguridad para automotores.
Requisitos.*

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 3833:2008

*Vehículos automotores. Tipos. Términos y
definiciones. Primera Revisión.*

Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE 034:2008

*Elementos mínimos de seguridad en
vehículos automotores.*

Reglamento a la Ley de Tránsito y Transporte Terrestre.

ASTM E 162 Standard Test Method for Surface Flammability of Materials Using a Radiant Heat Energy Source.

AWS D1.2 Structural Welding Code- Aluminium.

AWS D1.3 Structural Welding Code- Sheet Steel.

AWS D1.6 Structural Welding Code- Stainless Steel.

AWS D8.8M. Specification for Automotive weld quality-Arc Welding of Steel.

AWS D8.14M/D8.14. Specification for automotive and light truck components weld quality aluminium arc welding.

Directiva Europea: Directiva 98/12/CE de la Comisión del 27 de enero de 1998 por la que se adapta al progreso técnico la Directiva 71/320/CEE del Consejo relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre los dispositivos de frenado de determinadas categorías de vehículos a motor y sus remolques.

Directiva Europea: Directiva 2001/85/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, del 20 de noviembre del 2001, relativa a las disposiciones especiales aplicables a los vehículos utilizados para el transporte de viajeros con más de ocho plazas además del asiento del conductor, y por la que se modifican las Directivas 70/156/CEE y 97/27/CE.

FMVSS 212. Federal Motors Vehicles Safety Standard 212. Windshield Mounting.

ISO 3795. Road Vehicles, and tractors and machinery for agriculture and forestry. Determination of burning behaviour of interior materials.

Norma 3.1-IC: *Trazado*. O.M. de 27 de diciembre de 1999. Boletín Oficial del Estado, número 28, de 2 de febrero de 2000. MINISTERIO DE FOMENTO (2000) Madrid.

Regulation 66. Uniform Provisions Concerning the Approval of Large Passenger Vehicles with Regard to the Strength of their Superstructure

Specification for Structural Steel Buildings. American Institute Steel Construction.

North American Specification for the design of Cold Formed Steel-Structural Members. American Iron and Steel Institute.

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Regulation 36. Uniform Provisions Concerning the Approval of Large Passenger Vehicles with Regard to their General Construction.

Documento: NTE INEN 1323 Primera Revisión
TÍTULO: VEHÍCULOS AUTOMOTORES. CARROCERIAS DE BUSES. REQUISITOS
Código: MC 01.01-401

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 2007-06	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo 1985-07-05 Oficialización con el Carácter de Obligatoria Por Acuerdo No. 545 de 1985-07-31 publicado en el Registro Oficial No. 260(s) de 1985-08-29 Fecha de iniciación del estudio: 2007-06
--	--

Fechas de consulta pública: de _____ a _____

Subcomité Técnico: Carrocerías de buses
Fecha de iniciación: 2008-04-22
Integrantes del Subcomité Técnico: _____
Fecha de aprobación: 2008-07-15

NOMBRES:

Ing. Alexis Ortiz, (Presidente)
Ing. Christian Villacrés
Ing. Santiago Mena
Sr. Luis A. Mosquera T.
Sr. Pedro Santos

Sr. Raúl Ruiz Dueñas
Sr. Johnny Lowndes
Ing. Ángel Portilla
Sr. Carlos Jácome
Sr. Iván Paredes
Ing. Lenin Jimenez
Sr. Medardo Cepeda
Sr. Ricardo Medina
Ing. James Casteline
Arq. Vinicio Manzano
Sr. Luis Patricio Pérez
Sr. Robert Velasco
Sr. Jorge Enrique Salgado.
Sr. Carlos Laniano
Sr. Raúl Morales
Ing. Pedro Cabrera
Sbte. Luis Palacios

Sr. Jorge Ledesma
Sr. Bladimir Pico
Ing. Luigi M. Lertora Velarde
Sr. Rubén Román
Sr. Francisco Borja
Sr. Moisés Flores
Ing. Jorge Álvarez
Sr. Vicente Chávez

Sr. Carlos Carchi
Ing. Jorge Cevallos
Sr. Carlos Pillapa
Ing. José Sánchez López

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

CIMEPI
IBIMCO
CIMEPI
IMETAM C.A
COOPERATIVA ARTESANAL DE
PRODUCCIÓN DE CARROCERIAS
METALICAS TUNGURAHUA-IMPEDSA.
ARTESANOS
SIKA ECUATORIANA SA
AUTEC S.A.
EPN-CCICEV
SERMAN
CINAE
I. MUNICIPIO DE LOJA- UMTTT-L
CEPEDA CIA LTDA
AEADE
METROVIA
DIRECCIÓN NACIONAL DE TRÁNSITO
METÁLICAS PAPER´S
ESPE
LA CASA DEL PARABRISAS Y VIDRIERIA J.S
ALUVID VENTANAS
CHARLIE AUTOGLASS- CRISETSA
UMT-CUENCA
DIRECCION NACIONAL DE TRANSITO Y
TRANSPORTE TERRESTRE
ATTE
PICOSA-CANFAC
CIMEG-COLEGIO DE ING. MEC. DEL GUAYAS
DINA-VOLKSWAGEN
COVIAL
FAIRIS C.A.
CORPAIRE
CÁMARA DE TRANSPORTE – TRANSPORTES
SAN CRISTOBAL
GLASSUIT LOJA
D.N.T.
CARROCERIAS PILLAPA
STARMOTORS

Ing. Marco Grijalva
Ing. Víctor Paredes

Ing. Elizabeth Guamán
Sr. Francisco Velasco
Lcda. Piedad Aguilar
Ing. Geovany Novillo A

Sr. Clemente Ponce
Sr. Víctor Jimenez
Ing. Flavio Cotacachi

Ing. Patricio Lara
Sr. Marco García

Ing. Pablo Viteri
Ing. Alvaro Meza
Srta. Myriam Salgado
Ing. Santiago Benavides
Ing. John A. Quintana I.
Ing. Diego Dávila
Dr. Freddy Sánchez
Ing. Santiago Vargas
Ing. Carlos Landires

Ing. Galo Espín
Ing. Ángel Tierra

Sr. Julio Llerena
Ing. Santiago Montero
Ing. José Miranda
Ing. Santiago Moya
Sra. América Núñez
Ing. Antonio Chamorro
Sr. Marcelo Valencia r
Tlgo. Daniel Mosquera
Ing. Juan Revelo
Sr. Damián Llerena
Ing. Hugo Paredes, (Secretario Técnico)

GM OBB
MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS
PÚBLICAS
CCICEV
MOVIMIENTO JUSTICIA VIAL
CANFAC
ESPOCH- FACULTAD INGENIERIA.
MECÁNICA-
AEADE
COVIAL
CONSEJO NACIONAL DE TRANSITO Y
TRANSPORTE TERRESTRE
CCICEV
ATTE ASOCIACIÓN TRANSPORTE
TURÍSTICO DEL ECUADOR
NEOHYUNDAI
CARROCERIAS PATRICIO CEPEDA
LA CASA DEL PARABRISAS
CIMEPI
CIMEG
ANETA
POLISAN
VARMA S.A.
COLEGIO DE INGENIEROS MECANICOS DEL
GUAYAS-CIMEG
CRILAMIT S.A.
ESPOCH-FACULTAD DE INGENIERIA
MECANICA
CARROCERIAS JC LLERENA
SIKA
MIRAL
PICOSA
CARROCERIAS CUENCA
EMSAT
DINA S.A.
IMETAM
ROOFTEC ECUADOR S.A.
CARROCERIAS JC LLERENA
INEN

Otros trámites: Esta NTE INEN 1323:2009 (Primera revisión), remplace a la NTE INEN 1323:1985.

♦¹⁰ Esta norma sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA** a **VOLUNTARIA**, según Resolución Ministerial y oficializada mediante Resolución No. 14158 de 2014-04-21, publicado en el Registro Oficial No. 239 del 2014-05-06.

El Directorio del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 2008-11-28

Oficializada como: Obligatoria
Registro Oficial No. 519 de 2009-02-02

Por Resolución No. 142-2009 de 2009-01-29



**Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815**

Dirección General: E-Mail: furresta@inen.gov.ec

Área Técnica de Normalización: E-Mail: normalizacion@inen.gov.ec

Área Técnica de Certificación: E-Mail: certificacion@inen.gov.ec

Área Técnica de Verificación: E-Mail: verificacion@inen.gov.ec

Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail: inencati@inen.gov.ec

Regional Guayas: E-Mail: inenguayas@inen.gov.ec

Regional Azuay: E-Mail: inencuenca@inen.gov.ec

Regional Chimborazo: E-Mail: inenriobamba@inen.gov.ec

URL: www.inen.gov.ec

ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL



MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
Dirección General de Caminos y Ferrocarriles
CERTIFICO: Que el presente documento
es copia fiel del original

LUIS ALBERTO NICHOMANRIQUE
FEDATARIO TITULAR
R.M. N°748-2009-MTC/01
Reg. N° 244 Fecha: 13 OCT. 2011

Resolución Directoral

N° 23 – 2011 – MTC/14.
Lima, 13 de Octubre 2011

CONSIDERANDO:

Que, por Resolución Directoral N° 050-2007-MTC/14, de fecha 24 de Agosto del 2007, la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles aprobó la Directiva N° 002-2007-MTC/14-“Reductores de Velocidad Tipo Resalto”, con el objeto de normar el diseño, uso, construcción y mantenimiento de este tipo de reductores en las carreteras conformantes de la Red Vial Nacional;

Que, el Reglamento Nacional de Gestión de la Infraestructura Vial, aprobado por Decreto Supremo N° 034-2008-MTC, ha precisado en su artículo 17° que los instrumentos de gestión de la infraestructura vial están constituidos por las leyes, reglamentos, manuales, directivas y otros. Asimismo, en su artículo 4° ha previsto que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, en su calidad de órgano rector a nivel nacional en materia de transporte y tránsito terrestre, es, a través de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, la autoridad competente para dictar las normas correspondientes a la gestión de la infraestructura vial, fiscalizar su cumplimiento e interpretar las normas técnicas contenidas en dicho Reglamento;

Que, por otro lado, el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, aprobado por Decreto Supremo N° 021-2007-MTC, ha previsto en el literal a) de su artículo 60°, como una de las funciones de la Dirección de Normatividad Vial de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, la de actualizar las normas de carácter técnico y/o administrativas relacionadas con la gestión de infraestructura vial (estudios, construcción, rehabilitación, mejoramiento, mantenimiento y uso de caminos);

Que, en el marco de lo señalado en los considerandos anteriores, la citada Dirección se planteó la revisión de la Directiva N° 002-2007-MTC/14-“Reductores de Velocidad Tipo Resalto” con el objeto de actualizarla, mejorarla y ampliar sus alcances al Sistema Nacional de Carreteras (SINAC);

Que, luego de realizar dicha labor de revisión, la Dirección de Normatividad Vial presentó, mediante Informe N° 067-2011-MTC/14.04, el proyecto de Directiva “Reductores de velocidad tipo resalto para el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC)”, a fin que éste sea publicado;

Que, en atención a ello, la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, mediante Memorándum N° 1876-2011-MTC/14, elevó el mencionado proyecto de directiva a la Alta Dirección del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, para su correspondiente publicación, en cumplimiento de las disposiciones previstas en el “Reglamento que establece disposiciones relativas a la



LUIS ALBERTO NICHU MANRIQUE
FEDATARIO TITULAR
R.M. N° 748-2009-MTC/01 13 OCT. 2011
Reg. N° 144 Fecha:

N° 23 – 2011 – MTC/14.
Lima, 13 de Octubre 2011

publicidad, publicación de proyectos normativos y difusión de normas legales de carácter general”, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS, y en la Directiva N° 003-2008-MTC/01, aprobada por Resolución Ministerial N° 191-2008-MTC/01 (vigente en ese momento);

Que, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, mediante Resolución Ministerial N° 526-2011-MTC/02, de fecha 20 de Julio del 2011, dispuso la publicación del proyecto de directiva, con el objeto de recibir las sugerencias y comentarios de la ciudadanía en general, por un plazo de 30 días calendario;

Que, una vez concluida dicha etapa, la Dirección de Normatividad Vial ha formulado la versión definitiva de la directiva, la misma que ha sido presentada y sustentada, para su trámite de aprobación correspondiente, con Informe N° 115-2011-MTC/14.04 de fecha 07 de Octubre del 2011. Asimismo, en dicho documento ha solicitado se deje sin efecto la Directiva N° 002-2007-MTC/14-“Reductores de Velocidad Tipo Resalto”;

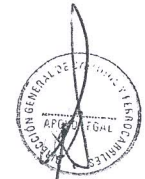
Que, de otro lado, en relación a la publicación de dicha norma (una vez ésta sea aprobada), el reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS, ha previsto en su Artículo 9°, que, en el caso de publicación de normas legales que tengan anexos, se publicará en el Diario Oficial “El Peruano”, solamente la correspondiente norma aprobatoria, disponiéndose en la misma, que el Anexo se publicará mediante el Portal Electrónico de la entidad emisora, en la misma fecha de la publicación oficial, bajo responsabilidad;

Que, en virtud de lo expuesto, es pertinente dictar el acto administrativo correspondiente;

De conformidad con la Ley N° 29370-Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Decreto Supremo N° 021-2007-MTC, y en uso de las facultades conferidas por Resolución Ministerial N° 506-2008-MTC/02;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- Aprobar la Directiva N° 001-2011-MTC/14-“Reductores de velocidad tipo resalto para el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC)”, la cual obra en Anexo que consta de veintidós (22) páginas, y cuyo original forma parte integrante de la presente Resolución Directoral.



ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL



MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
Dirección General de Caminos y Ferrocarriles
CERTIFICO: Que el presente documento
es copia fiel del original

LUIS ALBERTO NICHU MANRIQUE
FEDATARIO TITULAR
R.M. N°748-2009-MTC/01

13 OCT. 2011

Reg. N° 144 Fecha:

Resolución Directoral

N° 23 – 2011 – MTC/14.
Lima, 13 de Octubre 2011

ARTÍCULO SEGUNDO.- Dejar sin efecto la Directiva N° 002-2007-MTC/14-"Reductores de Velocidad Tipo Resalto" y la Resolución Directoral N° 050-2007-MTC/14 que la aprobó; por las razones expuestas en la parte considerativa de la presente resolución.

ARTÍCULO TERCERO.- Disponer la publicación de la presente Resolución Directoral en el Diario Oficial "El Peruano", y la publicación de su Anexo, que contiene la Directiva N° 001-2011-MTC/14, en la página web del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (<http://www.mintc.gob.pe>).

Regístrese, comuníquese y publíquese,

WALTER N. ZECENARRO MATEUS
DIRECTOR GENERAL
Dirección General de Caminos y Ferrocarriles





PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

Viceministerio
de Transportes

Dirección General
de Caminos y
Ferrocarriles

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año del Centenario de Machu Picchu para el mundo"

Directiva N° 01- 2011-MTC/14

**REDUCTORES DE VELOCIDAD TIPO
RESALTO PARA EL SISTEMA NACIONAL
DE CARRETERAS (SINAC)**

**Aprobado por Resolución Directoral
N° 23-2011-MTC/14**

ÍNDICE

I. OBJETIVO

II. FINALIDAD

III. COMPETENCIAS

IV. ALCANCE

V. BASE LEGAL

VI. DEFINICIONES

VII. DISPOSICIONES TÉCNICAS

7.1 RESALTO

7.1.1 DEFINICIÓN

7.1.2 FUNCIÓN

7.1.3 CRITERIOS DE IMPLEMENTACIÓN

7.1.4 TIPOS DE RESALTO

7.2 ZONAS DE APROXIMACIÓN

7.2.1 DEFINICIÓN

7.2.2 FUNCIÓN

7.2.3 CRITERIOS DE IMPLEMENTACIÓN

7.2.4 TIPOS

7.3 DISEÑO

7.3.1 CONSIDERACIONES GENERALES

7.3.2 DIMENSIONES DE LOS RESALTOS

7.3.2.1 RESALTO DE SECCIÓN CIRCULAR

7.3.2.2 RESALTO DE SECCIÓN TRAPEZOIDAL

7.3.2.3 RESALTO VIRTUAL

7.3.2.4 RESALTO DE TIPO COJINES

7.3.3 DIMENSIONES DE LA ZONA DE APROXIMACIÓN

VIII. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN

8.1 RESALTO EN CARRETERAS PAVIMENTADAS

8.1.1 MATERIALES

8.1.2 CONSTRUCCIÓN

8.2 RESALTO EN CARRETERAS NO PAVIMENTADAS

8.3 ILUMINACIÓN

8.4 SEÑALIZACIÓN

8.4.1 SEÑALIZACIÓN VERTICAL

8.4.2 SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL

a. Resalto de sección circular y virtual

- b. Resalto de sección trapezoidal
- c. Resalto tipo cojín

8.5 BANDAS TRANSVERSALES DE ALERTA.

IX. MANTENIMIENTO DE LOS DISPOSITIVOS

X. EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL DISPOSITIVO

XI. ANEXOS

- Figura N°01 - Resalto de sección circular
- Figura N°02 - Resalto de sección trapezoidal
- Figura N°03 - Detalle del refuerzo para resalto de concreto Portland
- Figura N°04 - Resalto cojín
- Figura N°05 - Resalto en carreteras no pavimentadas
- Figura N°06 - Bandas transversales de alerta

DIRECTIVA N° 01-2011-MTC/14

REDUCTORES DE VELOCIDAD TIPO RESALTO PARA EL SISTEMA NACIONAL DE CARRETERAS (SINAC)

I. OBJETIVO

La presente directiva tiene como objetivo normar y establecer los criterios básicos que deben ser considerados en el diseño, uso, construcción y mantenimiento de los reductores de velocidad tipo Resalto en el Sistema Nacional de Carreteras - SINAC.

II. FINALIDAD

La finalidad de la presente directiva es reglamentar la construcción de los reductores de velocidad tipo resalto, con criterios técnicos que cumplan con su propósito de reducir las velocidades en las carreteras que atraviesan zonas urbanas, para seguridad de los peatones y evitando molestias a los conductores y daños a los vehículos.

III. COMPETENCIAS

La autoridad competente para disponer la instalación de reductores de velocidad tipo Resalto en el Sistema Nacional de Carreteras, de conformidad con el Reglamento de Jerarquización Vial y el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, es la siguiente:

- El Ministerio de Transportes y Comunicaciones, por el Gobierno Nacional, a cargo de la Red Vial Nacional.
- Los Gobiernos Regionales, a cargo de su respectiva Red Vial Departamental o Regional.
- Los Gobiernos Locales, a cargo de su respectiva Red Vial Vecinal o Rural.

IV. ALCANCE

La presente Directiva es de alcance nacional y de cumplimiento por parte de las autoridades competentes con jurisdicción para reglamentar u orientar el tránsito en carreteras, que conforman el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC), que atraviesan zonas urbanas. Asimismo, puede hacerse extensivo su uso en las vías urbanas, a criterio de los Gobiernos Locales.

V. BASE LEGAL

- Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial
- Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción.
- Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras.
- Manual de Diseño Geométrico.
- TUO del Reglamento Nacional de Tránsito – Código de Tránsito.
- Reglamento de Jerarquización Vial.

- Consejo Nacional de Seguridad de Tránsito de Chile - Reductores de velocidad: cojines.
- Danish Road Standards, Urban Traffic Areas – Part 7: Speed Reducers. Secretaría de Comunicaciones y Transportes de México- Norma N.PRY-CAR-10-04-006/05 Dispositivos para Control de la Velocidad.

VI. DEFINICIONES

- **Auditoría de Seguridad Vial.-** Procedimiento sistemático en el que un equipo de profesionales calificados e independientes (auditores) comprueban las condiciones de un proyecto de carretera (o tramo) nueva o de intervención de una existente, analizando todos los aspectos y su entorno, que puedan intervenir en la seguridad de los usuarios (motorizados, peatones, ciclistas, etc.)
- **Auditor de Seguridad Vial.-** Profesional que ejecuta la auditoría que tiene conocimiento y experiencia en seguridad vial.
- **Estudios de Impacto Vial:** Estudios que permiten identificar, analizar cuantitativa y cualitativamente, los efectos que produce sobre la transitabilidad vehicular, el desarrollo de un proyecto privado o público en las áreas adyacentes o de influencia del derecho de vía de la carretera, y prever las medidas administrativas y técnicas adecuadas, que posibiliten mantener, recuperar o mejorar el nivel de servicio existente en la carretera y su entorno.
- **Iluminación Diferencial.-** Es aquella que presenta un contraste respecto a un conjunto o sistema de iluminación existente en un tramo vial.
- **Impacto Vial.-** Cambios en la cantidad de tránsito de vehículos y peatones, que afectan la transitabilidad y nivel de servicio de la carretera, por la implementación de un proyecto privado o público en las áreas adyacentes o de influencia del derecho de vía.
- **Inspección de Seguridad Vial.-** Procedimiento sistemático en el que un equipo de profesionales calificados e independientes (auditores) comprueban las condiciones de una carretera existente (o tramo) en operación, analizando todos los aspectos y su entorno, que puedan intervenir en la seguridad de los usuarios (motorizados, peatones, ciclistas, etc.)
- **Reductor de Velocidad.-** Tipo de dispositivo para el control de velocidad diseñado con la finalidad de obligar al conductor a disminuir la velocidad de operación.
- **Velocidad Esperada.-** Velocidad de operación que se puede desarrollar para un tránsito efectivo a la llegada al dispositivo.
- **Velocidad de Paso.-** Velocidad de operación resultante para el tránsito en el dispositivo.
- **Zona de Aproximación.-** Área próxima al dispositivo en la cual se diseñará la señalización vial para lograr un sistema de reducción de velocidad eficiente.

- **Zona de conflicto.**- Tramo de la carretera, que atraviesa una zona urbana, en la que las autoridades no puedan ejercer un control adecuado de la velocidad y donde habitualmente se exceden los límites de velocidad permitidos, y por lo que se genera ocurrencias de accidentes, como en cruce de peatones, una intersección a nivel, etc.
- **Zona Rural.**- Área geográfica fuera de las zonas urbanas.
- **Zona Urbana.**- Se considera como área urbana al territorio ocupado por un centro poblado cuyas características lo determinen como tal, por tener calles, plazas, servicios de agua, desagüe, alumbrado y otros servicios.

Para efectos de la presente directiva las definiciones que no están contempladas en este ítem se adoptarán las contenidas en el “Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial” aprobado mediante Resolución Ministerial N°660-2008-MTC/02.

VII. DISPOSICIONES TÉCNICAS

7.1 RESALTO

7.1.1 DEFINICIÓN

Es un dispositivo estructural fijo, que opera como reductor de velocidad en los sectores de las carreteras que atraviesan las zonas urbanas, y que consiste en la elevación transversal de la calzada en una sección determinada de la vía.

7.1.2 FUNCIÓN

Reducir la velocidad de operación de los vehículos motorizados al ingresar a una zona de conflicto, asegurando que circulen con una velocidad controlada, lo cual permitirá un tránsito vehicular más seguro, disminuyendo los riesgos de accidentalidad y creando una armonía entre los usuarios de la vía y el entorno de la zona de influencia.

7.1.3 CRITERIOS DE IMPLEMENTACIÓN

- a. Los reductores de velocidad tipo resalto sólo serán instalados en las carreteras o tramos viales en tangente que atraviesan zonas urbanas, donde la velocidad de operación sea igual o menor a 50 km/h, y serán implementados junto con los elementos de señalización que adviertan al conductor de la presencia de este dispositivo.
- b. Cuando se encuentren velocidades de operación superiores a los 50km/h se deberá implantar una zona de aproximación, que permita reducirla gradualmente hasta la velocidad esperada.
- c. Se implementarán en aquellas zonas donde los vehículos regularmente no cumplen los límites de velocidades de operación establecidas por la señalización de la vía, de acuerdo al Reglamento Nacional de Tránsito –

Código de Tránsito (aprobado por D.S. N° 016-2009-MTC), representando esta acción un factor potencial de ocurrencia de accidentes.

- d. Mediante una Auditoría de Seguridad Vial o Inspección de Seguridad Vial será definido la necesidad, causa, ubicación, tipo, instalación o retiro del resalto de acuerdo a los parámetros técnicos mínimos establecidos en la presente Directiva, donde se debe prever las consecuencias positivas y/o negativas como: potencialidad ocurrencia de accidentes e incidentes, ruidos, molestias para los usuarios, vehículos, etc., y deberá ser aceptado por la comunidad receptora.
- e. Estos dispositivos deben estar puntualmente identificados con colores y forma, que contrasten con la calzada y según lo especificado en la presente directiva.
- f. Se implementaran en zonas de transición de Rural a Urbano y viceversa donde exista iluminación en la vía con un sistema de iluminación diferenciada a efectos de garantizar la visibilidad oportuna del dispositivo, su localización y la presencia de peatones.
- g. La autoridad competente autorizará la construcción del resalto y verificará que cuente con la señalización vertical y horizontal correspondiente, asimismo informará de su ubicación a los servicios de emergencias como: bomberos, ambulancias, policía nacional de carreteras, etc.
- h. Una vez que cesen las causas que justificaron su instalación, el resalto debe ser retirado.

7.1.4 TIPOS DE RESALTO

- a. **Circular.**- Este tipo de resalto es de sección circular y puede colocarse en un solo carril o en toda la sección de la vía.



PERFIL



SECCIÓN TRANSVERSAL

- b. **Trapezoidal.**- Este tipo de resalto es de sección trapezoidal y cubre toda la sección de la vía, también tiene la función de cruceo peatonal.



PERFIL



SECCIÓN TRANSVERSAL

- c. **Virtual.**- Se denomina resalto virtual a una marca en el pavimento, el cual genera en el conductor la sensación de estar observando un resalto, con el propósito de inducirlo a disminuir la velocidad del vehículo. Por lo general se utiliza para complementar resaltos en serie.

- d. **Cojines.**- Este tipo de resalto no cubre toda la sección de la vía, su uso es para velocidades del orden de 50 a 60 km/h, con la finalidad de calmar la velocidad pero sin afectar la comodidad de los vehículos de emergencia, sin perjudicar el tiempo de respuesta en asistir, trasladar enfermos o heridos, incendios, etc.



7.2 ZONAS DE APROXIMACIÓN

7.2.1 DEFINICION

Tipo de sistema de reductor de velocidad en área de aproximación de la calzada y adyacente a zona de alto riesgo de accidentes, constituida por señales horizontales y verticales.

7.2.2 FUNCIÓN

Causar una ilusión óptica al conductor para que disminuya la velocidad y/o advertirlo de la presencia de una zona de riesgo de accidentes.

7.2.3 CRITERIOS DE IMPLEMENTACIÓN

En vías rurales

En tramos de transición de zona rural a urbana y viceversa

En tramos de aproximación a pasos a nivel de peatones.

En tramos de aproximación a reductores de velocidad tipo resalto.

Como complemento a de otros reductores de velocidad.

7.2.4 TIPOS

Sin resalto, con líneas pintadas.

Con resalto, con cintas prefabricadas con un ligero resalto de aproximadamente 3 mm.

7.3 DISEÑO

7.3.1 CONSIDERACIONES GENERALES

- Para realizar el diseño es necesario la visita a la zona por personal técnico calificado quienes evaluarán los impactos del dispositivo, así como la reasignación de flujos por vías alternas a la de la ubicación del resalto.
- Conocer la velocidad de operación en la carretera y la señalización existente.
- Planos de planta y sección de la vía.
- Tipo de tráfico e índice medio diario anual (IMDA)
- Contar con los datos históricos sobre la accidentalidad e incidentes de la zona, denuncias de los residentes del lugar o usuarios de la vía y encuestas.

7.3.2 DIMENSIONES DE LOS RESALTOS

7.3.2.1 RESALTO DE SECCIÓN CIRCULAR

Las dimensiones recomendadas para los resaltos de sección circular de acuerdo a la velocidad esperada se muestran en la Tabla N° 01 y Figura N° 01.

Tabla N° 01
Radios y longitudes de cuerda para el resalto de sección circular

Velocidad Esperada (Km/h)	Radio (m)	Longitud de Cuerda (m)	Velocidad durante el paso (Km/h)
25	15	3.5	10
30	20	4.0	15
35	31	5.0	20
40	53	6.5	25
45	80	8.0	30
50	113	9.5	35

7.3.2.2 RESALTO DE SECCIÓN TRAPEZOIDAL

Las dimensiones recomendadas para los resalto de sección trapezoidal se muestran en la Tabla N° 02 y Figura N° 02.

Tabla N° 02
Longitudes de rampas y pendientes para resalto de sección trapezoidal

Velocidad Esperada (Km/h)	Longitud de Rampa (m)	Pendiente (%)	Velocidad durante el paso (Km/h)
25	0.8	12.5	5
30	1.0	10.0	10
35	1.3	7.5	15
40	1.7	6.0	20

45	2.0	5.0	25
50	2.5	4.0	30

La máxima elevación recomendada para los tipos de resalto de sección circular y trapezoidal es de 10cm y mínimo de 7cm. Las elevaciones mayores a 10cm ocasionarían daños a los vehículos.

Transitar a una velocidad de 5 Km/h por encima de la velocidad esperada con la dimensión de resalto indicada en las Tablas N° 01 y 02 producirá incomodidad a los ocupantes del vehículo.

7.3.2.3 RESALTO VIRTUAL

Para los resaltos virtuales la dimensión recomendada es de cuatro (4) metros de ancho a lo largo de la calzada.

7.3.2.4 RESALTO DE TIPO COJINES

Las dimensiones recomendadas para los resalto de tipo cojines se muestran en la Figura N° 04. La separación entre los cojines no debe ser mayor al ancho de un vehículo liviano, y la distancia entre cojines y borde de la vereda se recomienda que sea mayor a un metro.

7.3.3 DIMENSIONES DE LA ZONA DE APROXIMACIÓN

Serán líneas transversales al eje de la carretera de color blanco

La distribución de las líneas será en función a un espaciamiento logarítmico

Abarcara solo el carril de circulación en sentido de la aproximación.

La distancia longitudinal y el número de líneas requeridas para estas marcas, está en función de la diferencia de velocidades de proyecto o de operación de la vía y la velocidad requerida para su restricción.

Para el diseño tomar como guía Tabla N° 04 y el ejemplo de aplicación en la Fig N° 06 para el caso de una diferencia de velocidad de 20 km/hr.

La sección de cada línea pintada será de 60 cm. Para el caso de líneas con material prefabricado, también se exigirá bandas de 60 cm de sección.

Las zonas de aproximación será complementada con las respectivas señales verticales tanto en carreteras con superficie de rodadura pavimentada o afirmada.

Las zonas de aproximación en carreteras con superficie de rodadura afirmada se procuraran algún tipo de pavimento económico para la construcción de líneas transversales, caso contrario se implementara con las respectivas señales verticales.

VIII. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN

8.1 RESALTO EN CARRETERAS PAVIMENTADAS

8.1.1 MATERIALES

El resalto puede ser de concreto asfáltico (en frío o en caliente), concreto Pórtland, de caucho u otro material.

Las características de los materiales, en lo que corresponda, deberán estar acorde al Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras.

La demarcación del resalto, en el caso de utilizar pintura, será conforme a lo especificado en el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras. También se podrá utilizar otro tipo de material de especificación especial que cumpla con resaltar la presencia de este elemento.

La calidad de los materiales empleados en la construcción deberá garantizar la estabilidad del resalto, su unión a la calzada y durabilidad.

8.1.2 CONSTRUCCIÓN

En la construcción del resalto de concreto asfáltico se aplicará una impregnación bituminosa o riego de liga para la adherencia en el pavimento existente. La obtención de la forma requerida del resalto será mediante plantillas de madera o metal, una vez obtenida la forma apropiada, debidamente compactada, se agregará gravilla para incrementar la rugosidad. (Ver Figura N° 01 y N° 02).

En el caso de los resaltos de Concreto Portland se debe realizar el corte y retiro del pavimento existente y luego excavar de acuerdo al diseño (Ver Figura N° 01, 02 y 03). Para los resaltos de caucho u otro material, estos podrán ser prefabricados y serán instalados de acuerdo con las especificaciones técnicas del fabricante.

Para evitar la acumulación de agua en los extremos de los resaltos se debe contar con un sistema de drenaje adecuado. Entre las posibles soluciones a considerar, se recomienda construir una canaleta o sumideros a los bordes del resalto.

Con el objetivo de evitar riesgos de accidentes, tanto la construcción, y señalización del resalto son actividades que deben realizarse en forma simultánea. En ningún caso podrán estar desfasadas en el tiempo unas respecto de las otras.

Si se requiere la instalación de resaltos consecutivos, los espaciamientos recomendados entre resaltos en zonas urbanas son los siguientes:

Tabla N° 03
Espaciamiento entre Resaltos en zonas urbanas

Velocidad de paso del primer resalto (km/h)	Espaciamiento (m)						
	20	40	60	80	100	120	140
	Velocidad de operación entre resaltos (km/h)						
20	13	14	15	16	18	19	20
25	15	16	17	18	20	21	22
30	17	18	19	20	22	23	24
35	19	20	21	22	24	25	26

Fuente: Traffic Advisory Leaflet 2/96 del Departamento de Transporte de Londres.

8.2 RESALTO EN CARRETERAS NO PAVIMENTADAS

La necesidad de reductores de velocidad tipo resalto también se da en las carreteras no pavimentadas unidireccionales o bidireccionales. En este caso se tomarán en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Respecto a su geometría, disposición y señalización, el resalto será conforme a lo previsto en esta norma.
- Se construirán con el mismo tipo de material y características técnicas de capa granular de rodadura existente. También pueden construirse del tipo diferenciado, es decir de tipo de material diferente a la capa granular de rodadura existente, en cuyo caso serán de las mismas características de los materiales utilizados para resalto en carreteras pavimentadas.
- Las características de los materiales, en lo que corresponda, deberán estar acorde al Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción.

8.3 ILUMINACIÓN

Todos los reductores de velocidad tipo resalto deberán contar con iluminación nocturna a efectos de garantizar su visibilidad, localización y presencia de peatones en su caso, por parte de los conductores. Por lo tanto debe ubicarse cercano a un poste de iluminación, en caso no existiera, se debe considerar su instalación.

En caso que exista iluminación en la vía, el dispositivo debe contar con un sistema de iluminación diferenciada, a efecto de garantizar a los conductores la visibilidad oportuna del dispositivo.

8.4 SEÑALIZACION

Para permitir una apropiada percepción del resalto durante el día, la noche y ante cualquier circunstancia, tanto en la travesía como en el entorno del resalto, se debe de utilizar elementos de señalización que a continuación se detalla:

8.4.1 SEÑALIZACION VERTICAL

El diseñador deberá implementar la instalación de señales verticales: reglamentarias, preventivas e informativas en la zona de aproximación al resalto, de acuerdo al Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras.

Se recomienda que la señal preventiva P-33 sea reforzada con una señal informativa que indique la distancia al resalto o señales preventivas como P- 48, P- 49, P- 56.

De igual manera, el diseñador deberá tener en cuenta la velocidad de operación de la vía y la señalización existente en la zona de aproximación con la finalidad de que el vehículo llegue con la velocidad esperada utilizando para ello la señal reglamentaria R-30.

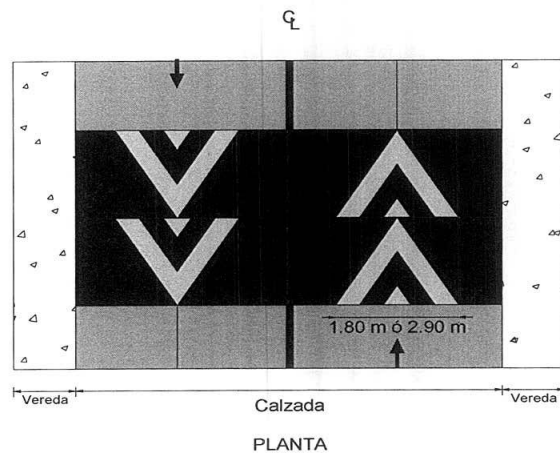
La señalización de ubicación del resalto en carreteras no pavimentadas debe ser diferenciada conforme se muestra en la Figura N° 05 y de conformidad a lo especificado en el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito para Calles y Carreteras. También se podrá utilizar otro tipo de material de especificación especial que cumpla con resaltar la presencia de este elemento.

8.4.2 SEÑALIZACION HORIZONTAL

a. Resalto de sección circular y virtual

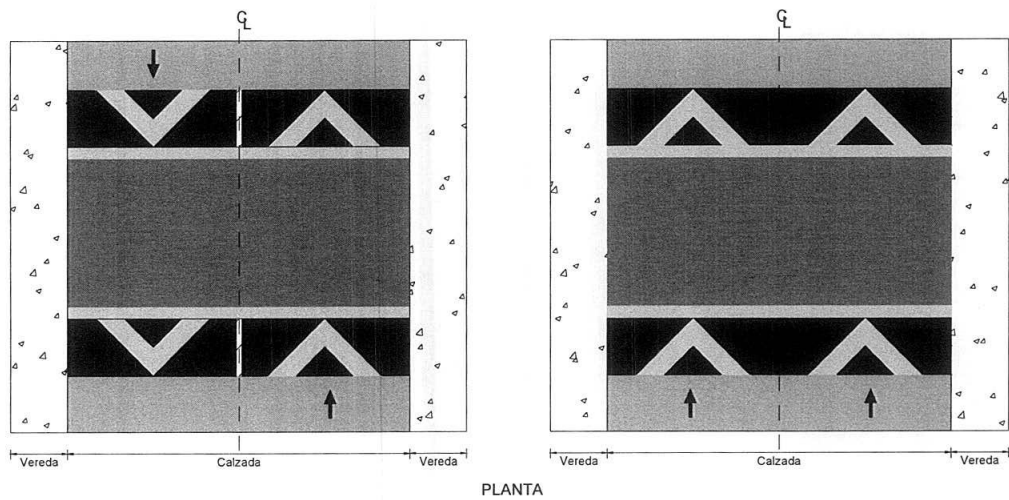
Será pintado con franjas diagonales alternadas, de color negro y amarillo, de treinta (30) o cincuenta (50) centímetros de ancho, y con una inclinación máxima de cuarenta y cinco grados (45°) hacia ambos lados respecto al eje de simetría del carril, abarcando todo el ancho del reductor, para que sea visible en cualquier sentido del tránsito vehicular. La máxima separación entre las líneas diagonales será de 1.80 m ó 2.90 m según la sección del carril. Las dimensiones antes citadas, se aplicaran en función a dar la máxima visibilidad a toda la longitud del resalto y que la señal sea de fácil interpretación.

Como parte de la señalización, cuando se justifique, se puede incorporar tachas retrorreflectivas dentro el cuerpo del resalto y a lo largo de la zona de contacto con la superficie de rodadura, que indique al usuario la presencia de estos elementos en las noches.

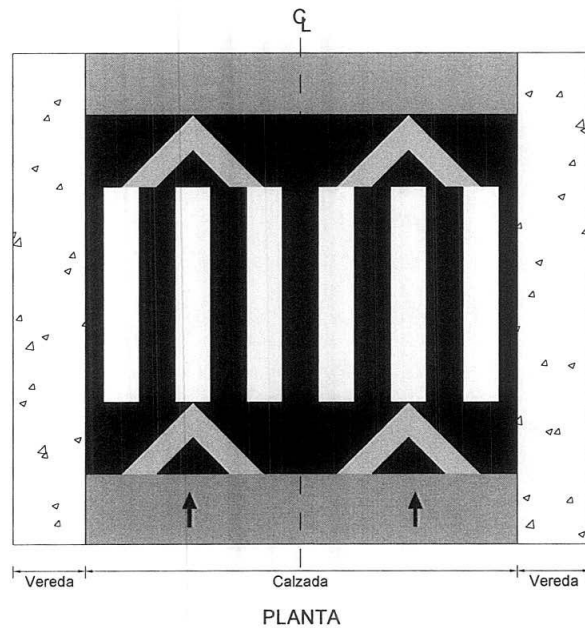


b. Resalto de sección trapezoidal

Será pintado con flechas de color amarillo, de espesor de medio metro (0.50m) y la dirección según el sentido del tránsito. En los bordes de la sección plana se marcarán con líneas de color amarillo y fondo negro.

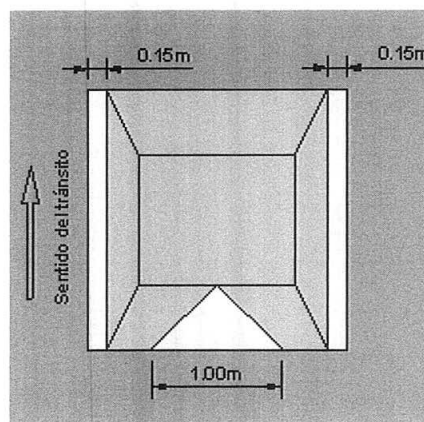


En vías urbanas, en caso se justifique, la sección plana de los resaltos tipo trapezoidal podrá contar con líneas de paso peatonal.



c. Resalto tipo cojín

Será de color amarillo, y a los costados del cojín será demarcado por una línea blanca de quince centímetros (15cm) de ancho a lo largo del cojín, y una flecha de color blanco de un metro de ancho (1m) de acuerdo al sentido del tránsito así como se muestra a continuación.



8.5 BANDAS TRANSVERSALES DE ALERTA

Las bandas transversales de alerta, es otro tipo de reductor de velocidad que puede ser implementado en la zona de aproximación a un reductor de velocidad tipo resalto u otro tipo, zonas de conflicto de tránsito vehicular motorizado y no motorizado, peatonal y en zonas de aproximación a curvas horizontales y verticales en las que se haya detectado un nivel elevado de accidentalidad debido a un exceso de velocidad. (Ver figura N° 06)

Las bandas transversales de alerta están constituidas por grupos de bandas blancas dispuestas en forma transversal a la vía con un espesor promedio de 0,60m, y se clasifican en tres grupos:

- Las fresadas, que son las que quedan por debajo de la rasante del pavimento cuya profundidad no puede ser superior a 10mm.
- Las realzadas, que quedan por encima de la rasante del pavimento cuya altura no puede ser superior a 10mm.
- Las sin realzar, están al mismo nivel del pavimento.

Se recomienda que las bandas fresadas y realzadas no deban instalarse en la proximidad de zonas habitadas ya que pueden producir molestias a causa del ruido que ocasionarían los vehículos al circular sobre ellas. Para su instalación se debe realizar un análisis de impacto acústico en las viviendas cercanas.

En la Tabla N° 04 se muestra el espaciamiento de las bandas alertadoras en función a la diferencia de velocidades, entre la velocidad de operación de la vía con la velocidad esperada al resalto.

IX. MANTENIMIENTO DE LOS DISPOSITIVOS

Los resaltos y demás dispositivos de la zona de aproximación (sistema de reducción de velocidad) deberán ser sometidos a labores de conservación, con la finalidad que cumplan con su función prevista y que deben estar a cargo de la Autoridad competente.

X. EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL DISPOSITIVO

Corresponde a la Autoridad competente realizar una gestión de valoración del impacto y análisis del dispositivo implementado mediante un monitoreo, para ello tendrá en cuenta la información estadística de accidentes un año antes y después de la implementación del sistema de reducción de velocidad, las sugerencias de los propios usuarios mediante encuestas, observaciones y recomendaciones del personal profesional a su cargo, entre otros. De esta manera se evaluará la eficacia de este dispositivo antes y después de su instalación.

Todos los reductores de velocidad tipo resalto instalados en el Sistema Nacional de Carreteras-SINAC deben ser inspeccionados y homologados en un plazo máximo de un (01) año. En caso de no cumplir con los requisitos aquí planteados deben ser eliminados.

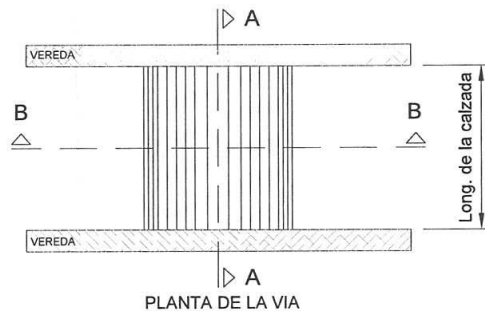
Tabla N° 04
Espaciamento entre las bandas transversales

DIFERENCIA DE VELOCIDADES (KM/H)	20	30	40	50
NUMERO DE LINEAS	13	20	26	32
e ₁	3,55	3,15	3,10	3,10
e ₂	3,85	3,30	3,20	3,15
e ₃	4,15	3,45	3,30	3,25
e ₄	4,50	3,65	3,45	3,35
e ₅	4,95	3,85	3,60	3,45
e ₆	5,50	4,05	3,75	3,55
e ₇	6,10	4,30	3,90	3,65
e ₈	6,95	4,55	4,05	3,75
e ₉	8,05	4,85	4,25	3,90
e ₁₀	9,55	5,25	4,45	4,05
e ₁₁	11,75	5,65	4,65	4,20
e ₁₂	15,25	6,10	4,90	4,35
e ₁₃		6,70	5,15	4,50
e ₁₄		7,40	5,45	4,70
e ₁₅		8,25	5,80	4,90
e ₁₆		9,30	6,20	5,10
e ₁₇		10,70	6,60	5,35
e ₁₈		12,55	7,15	5,60
e ₁₉		15,25	7,70	5,90
e ₂₀			8,40	6,25
e ₂₁			9,25	6,60
e ₂₂			10,25	7,00
e ₂₃			11,50	7,40
e ₂₄			13,10	7,95
e ₂₅			15,25	8,50
e ₂₆				9,20
e ₂₇				10,00
e ₂₈				10,90
e ₂₉				12,05
e ₃₀				13,50
e ₃₁				15,25
Long. de espaciamento (Σe_i)	84,15	122,30	158,40	194,40
Ancho de línea (ΣAL)	7,80	12,00	15,60	19,20
LONG. TOTAL ($\Sigma e_i + \Sigma AL$)	91,95	134,30	174,00	213,60

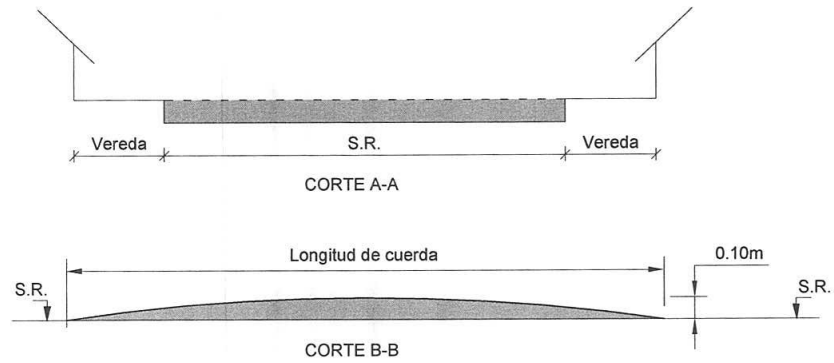
XI. ANEXO

Figura N° 01 - Resalto de Sección Circular

1. PLANTA TIPICA

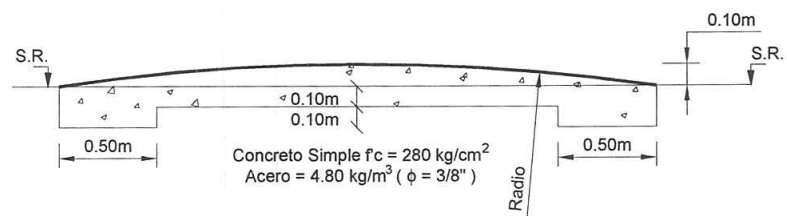


2. DIMENSIONAMIENTO



3. CARACTERISTICAS TECNICAS DE RESALTO

3.1 DE CONCRETO PORTLAND



3.2. DE CONCRETO ASFALTICO

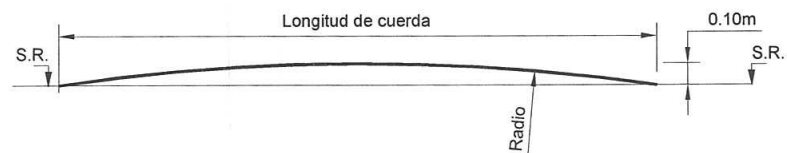
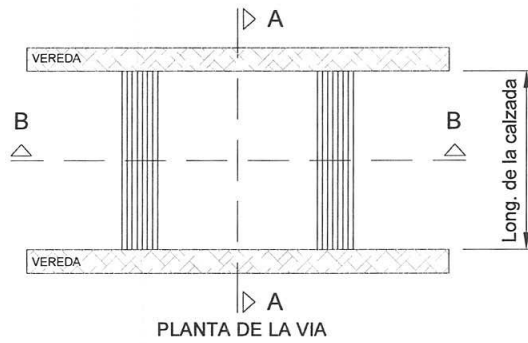
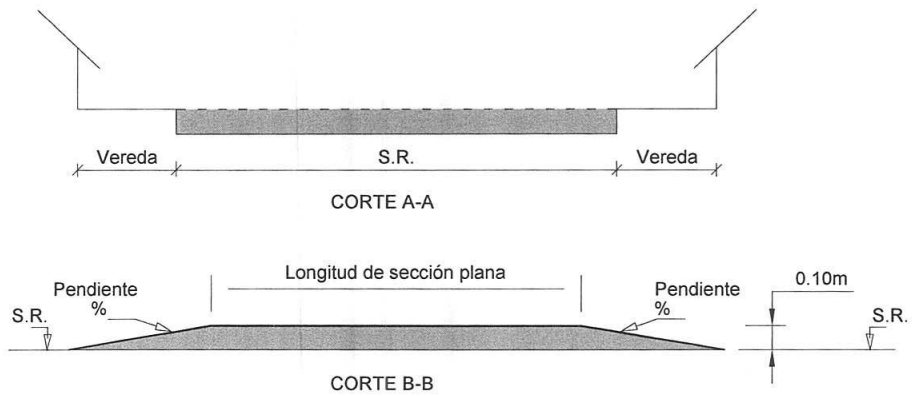


Figura N° 02 - Resalto de Sección Trapezoidal

1. PLANTA TIPICA

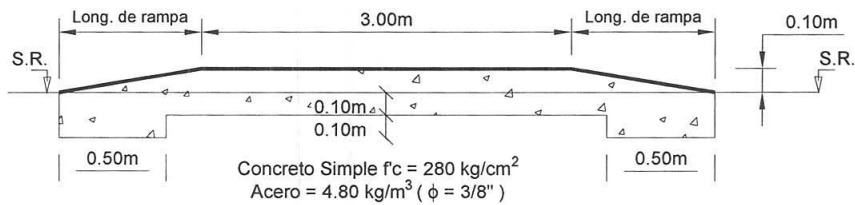


2. DIMENSIONAMIENTO



3. CARACTERISTICAS TECNICAS DE RESALTO

3.1. DE CONCRETO PORTLAND



3.2. DE CONCRETO ASFALTICO

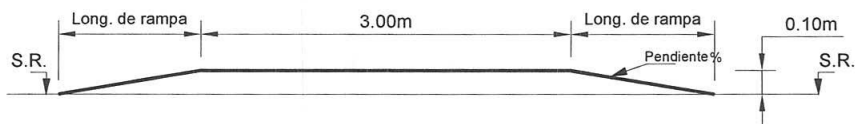
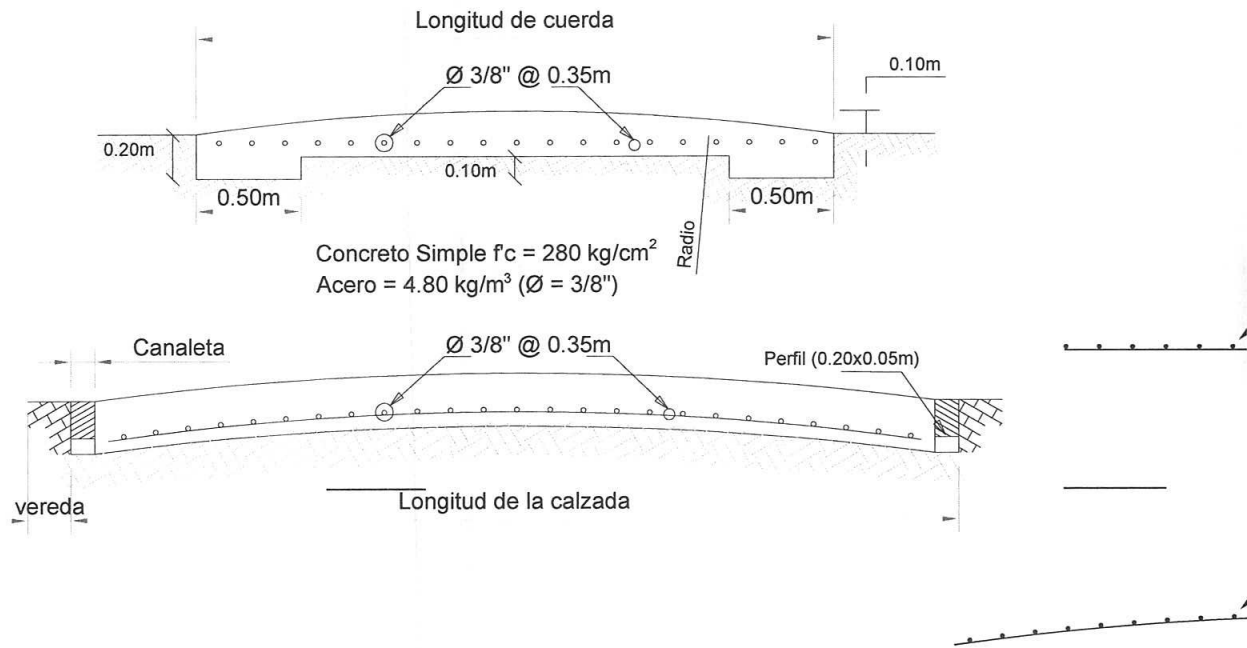


Figura N° 3
Detalle del Refuerzo para Resalto de Concreto Pórtland

Resalto de Sección Circular



Resalto de Sección Trapezoidal

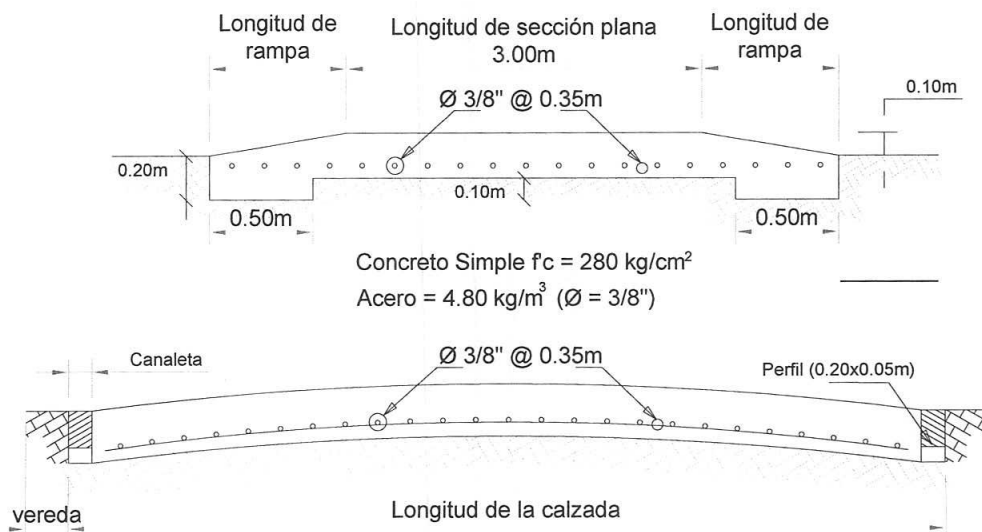
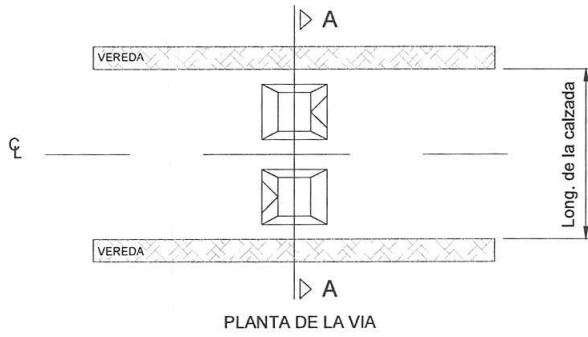
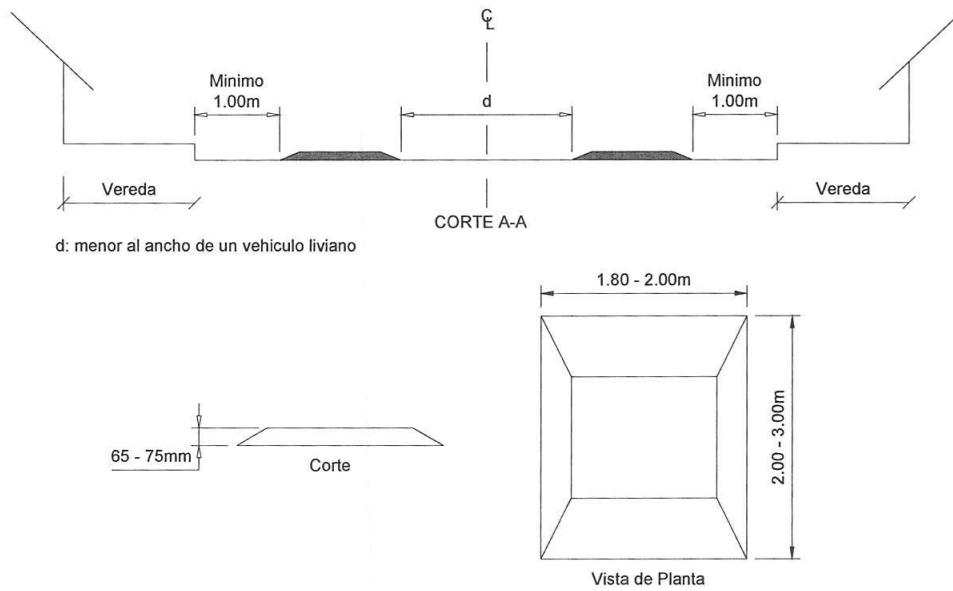


Figura N° 04 - Resalto Cojín

1. PLANTA TIPICA



2. DIMENSIONAMIENTO



d: menor al ancho de un vehiculo liviano

3. FUNCIONAMIENTO DEL COJIN

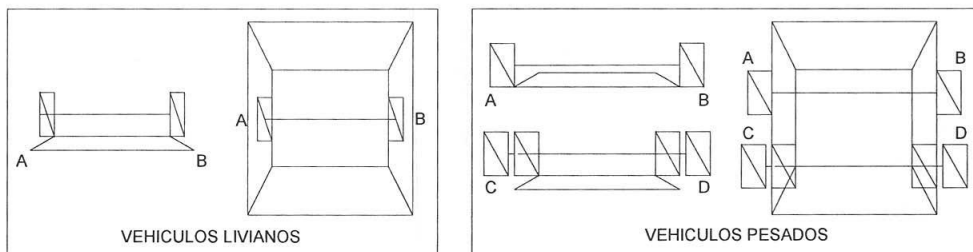


Figura N° 05 - Resalto en carreteras no pavimentadas

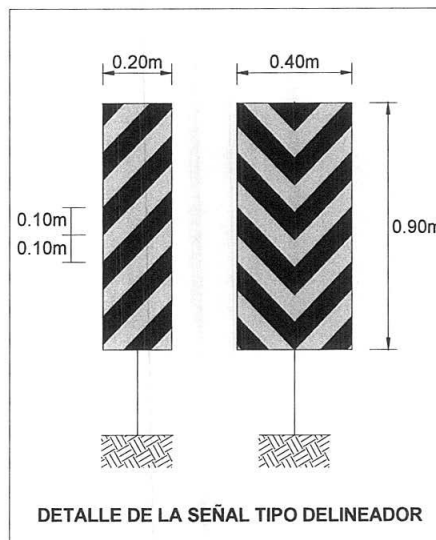
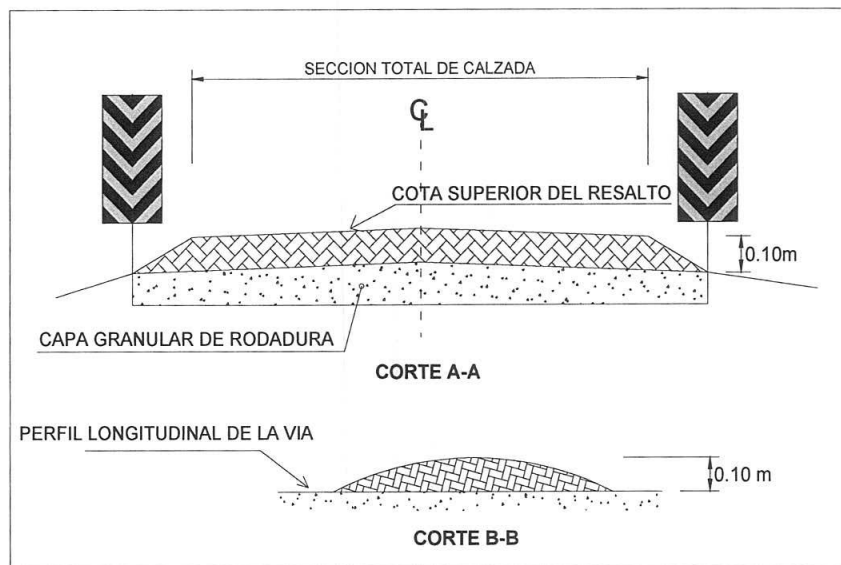
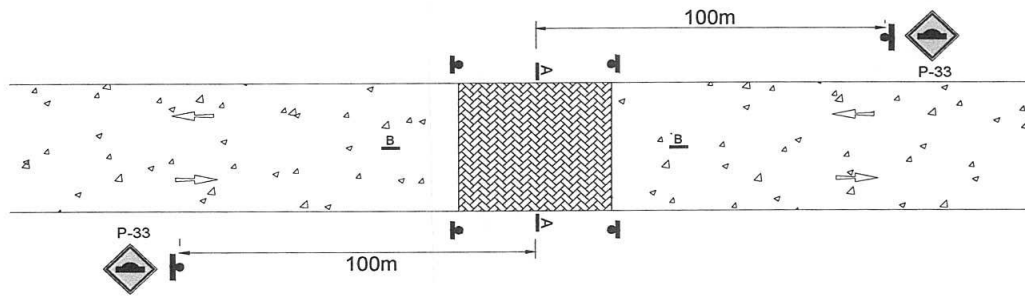
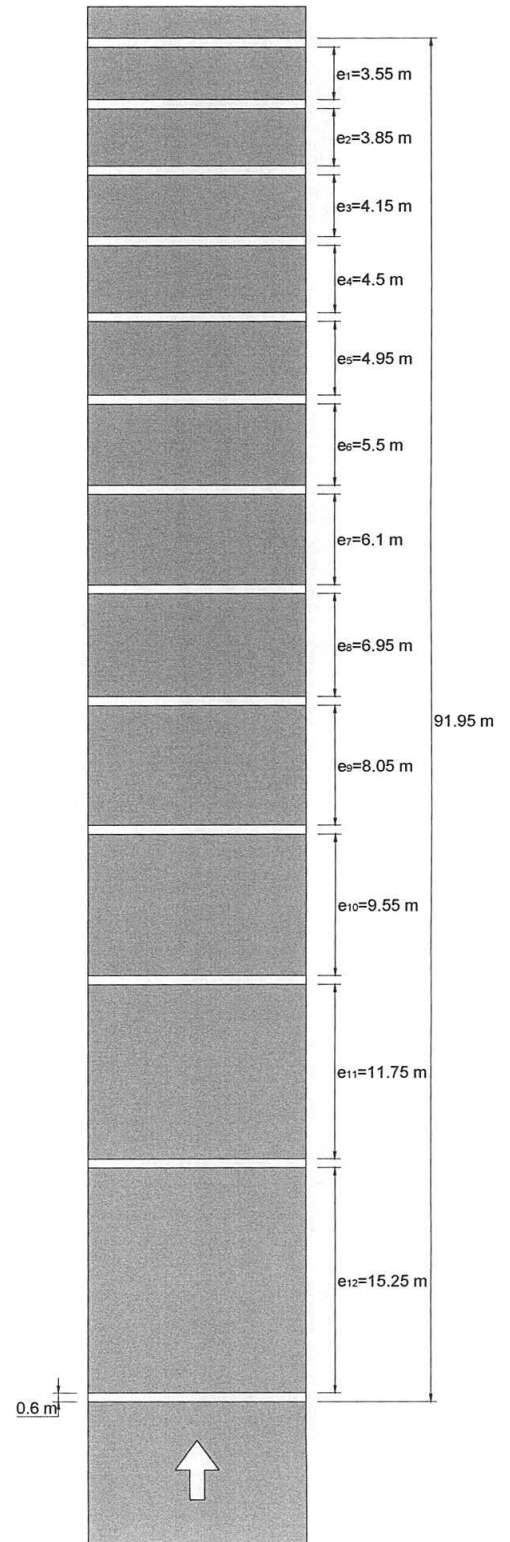
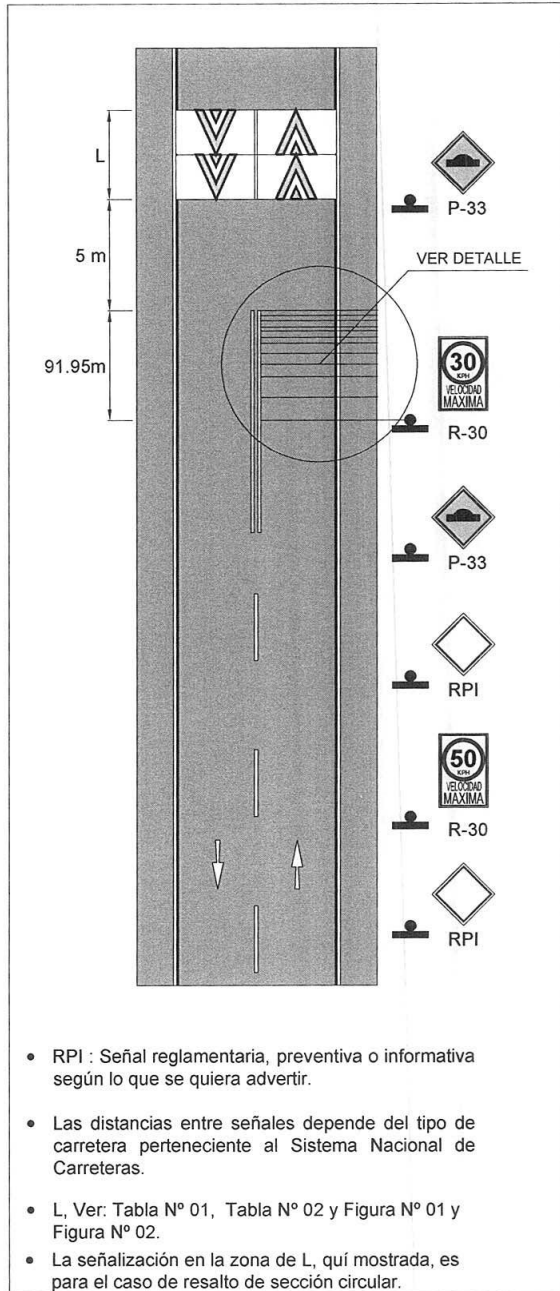


Figura N° 06 - Bandas transversales de alerta



EJEMPLO:DETALLE
 BANDAS TRANSVERSALES DE ALERTA PARA
 DIFERENCIA DE VELOCIDAD = 20 KM/HR.

**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 293.003
1974 (revisada el 2012)**

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias-INDECOPI
Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

ANCLAJE DE LOS CINTURONES DE SEGURIDAD EN AUTOMOTORES

ANCHORING OF SAFETY BELTS IN AUTOMOTIVES

**2012-11-28
1ª Edición**

R.0118-2012/CNB-INDECOPI. Publicada el 2012-12-09
I.C.S.: 43.040.80

Precio basado en 05 páginas
ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Cinturón, anclaje, equipo de seguridad, seguridad, automotor

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

PRÓLOGO

(de revisión 2012)

A. RESEÑA HISTÓRICA

A.1 La presente Norma Técnica Peruana se encuentra dentro de la relación de normas incluidas en el Plan de Revisión y Actualización de Normas Técnicas Peruanas, aprobadas durante la gestión del ITINTEC (periodo 1966-1992).

A.2 La NTP 293.003:1974 fue aprobada mediante resolución R.D. N° 370-74 ITINTEC DG/DN de 1974-11-28 y el Comité Técnico de Normalización de Carrocerías, la revisó acordando en su sesión del 2012-11-14 , mantenerla vigente.

A.3 La Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias -CNB-, aprobó mantener vigente la presente norma, oficializándose como **NTP 293.003:1974 (revisada el 2012) ANCLAJE DE LOS CINTURONES DE SEGURIDAD EN AUTOMOTORES**, el 09 de diciembre de 2012.

NOTA: Cabe resaltar que la revisión de la presente NTP se ha realizado con el objetivo de determinar su vigencia, mas no su actualización.

A.4 La presente Norma Técnica Peruana reemplaza a la NTP 293.003:1974. **ANCLAJE DE LOS CINTURONES DE SEGURIDAD EN AUTOMOTORES.**

B. INSTITUCIONES MIEMBROS DEL COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN DE CARROCERÍAS

Secretaría	Asociación Automotriz del Perú
Presidente	Enrique Prado
Secretario	Alfredo Ortiz

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

ENTIDAD

Confederación General de Transporte

Ministerio de la Producción

Asociación Automotriz del Perú

SENATI

Automotores Gildemeister Perú S.A.

Divemotor

Motores Diesel Andinos S.A.

REPRESENTANTE

Gregorio Torres Gonzales

Luis Alberto Rojas Arones

Víctor Malasquez Gonzáles

Carlos Estrada Yndigoyen

Pablo Suyu Ricra

Renzo Villamonte Pizarro

Benjamín Garcés

Oscar Saldaña

---oooOooo---

ANCLAJE DE LOS CINTURONES DE SEGURIDAD EN AUTOMOTORES

1. NORMAS A CONSULTAR

NTP 293.002¹ Conjunto de cinturones de seguridad para vehículos automotores

2. OBJETO

2.1 Esta Norma Técnica Peruana se aplica al anclaje o adaptación de los cinturones de seguridad al bastidor de los asientos o a la estructura de los autos de pasajeros especifica el tipo y ubicación de los anclajes de los cinturones de seguridad cuando se dispone de ellos; la provisión para la identificación y localización de los puntos de sujeción cuando no se dispone de los anclajes y también los requisitos de resistencia.

3. DEFINICIONES

3.1 **anclaje:** El anclaje de cinturones de seguridad consiste en un agujero roscado en una estructura adecuada para recibir los aditamentos para sujeción del cinturón de seguridad. Se pueden emplear otros medios de sujeción en el vehículo o estructura del asiento en caso de que los cinturones de seguridad se provean como equipo normal.

3.2 **punto de sujeción:** Consiste en una depresión u otro medio adecuado para identificar aquellos puntos de la estructura del vehículo en que pueda realizarse la sujeción del cinturón de seguridad.

3.3 **aditamentos para la sujeción:** Son las partes necesarias para sujetar el cinturón de seguridad a la estructura del vehículo.

¹ La NTP 293.002 fue dejada sin efecto y ha sido reemplazada por la NTP 293.002:1982 CINTURONES DE SEGURIDAD PARA USO AUTOMOTRIZ. Requisitos y métodos de ensayo

4. GENERALIDADES

4.1 Se debe disponer de anclajes o puntos de sujeción para instalaciones de cinturones de seguridad en los autos de pasajeros, para cada ocupante para el que se haya diseñado un asiento. Se recomienda que se suministren anclajes para cuando menos 2 ocupantes del asiento delantero en carros de pasajeros, en caso de que no se provea los cinturones como equipo normal.

4.2 Se puede suministrar un anclaje o punto de sujeción común para un extremo de un cinturón central y el extremo interior de un cinturón lateral o para los extremos interiores de dos cinturones laterales.

5. PROVISIÓN PARA ANCLAJE

5.1 La designación de la rosca debe ser 7/16--20 UNF-2B.

6. LOCALIZACIÓN DE LOS ANCLAJES O PUNTOS DE SUJECIÓN

6.1 **Asiento ajustable:** La localización de los anclajes o puntos de sujeción deberá ser determinada con el asiento en el límite trasero tope de su carrera.

6.2 **Cinturones de seguridad fuera de los asientos:** Los anclajes o puntos de sujeción exteriores para cinturones de seguridad de un asiento para varios ocupantes, o ambos anclajes o puntos, de sujeción para un asiento de un solo ocupante, pueden ubicarse en forma de permitir que el cinturón pase alrededor del lado exterior del asiento.

6.3 **Ángulo del cinturón de seguridad:** La ubicación de los anclajes o puntos de sujeción debe ser tal, que una línea desde el anclaje o punto de sujeción o punto "de cadera" del pasajero, forme un ángulo con respecto a la horizontal tan próximo como sea posible de los 45° como se muestra en las Figuras 1, 2 y 3.

6.4 Cinturón de seguridad sobre la barra trasera del bastidor del asiento:

Los anclajes o puntos de sujeción en el piso para cinturones de seguridad que vayan a instalarse sobre la barra trasera del bastidor inferior del asiento, deben estar hacia atrás de una línea vertical que pase por el punto donde el cinturón de seguridad vaya a entrar al asiento, como se ilustra en la Figura 4.

6.5 Ubicación lateral: Todos los anclajes o puntos de sujeción deben apreciarse lateralmente de manera que el cinturón forma una curva en forma de "U" cuando está en uso. En ningún caso deben estar conectados los dos extremos de un cinturón al mismo anclaje o punto de sujeción.

7. REQUISITOS DE RESISTENCIA

7.1 La estructura del vehículo, los anclajes del cinturón de seguridad y los aditamentos para su sujeción deberán soportar la tracción simultánea de 2270 kg en cada juego de cinturones de seguridad para los cuales el asiento (delantero trasero, etc.) ha sido diseñado, cuando se prueban de acuerdo con el capítulo 8.

7.2 Puede hacerse una prueba separada para cada asiento de anchura completa o cada juego de asientos individuales en las ubicaciones delantera o trasera.

7.3 Cinturones de seguridad sujetos al bastidor del asiento: La estructura del asiento, los ajustadores de asiento (cuando se usan) y la sujeción al piso, deberán soportar las cargas de cada extremo de cinturón de seguridad sujeto al asiento, más la fuerza de inercia del asiento según se describe en los apartados 7.3.1, 7.3.2 y 7.3.3, sin falla estructural o la liberación del mecanismo de seguro del ajustador.

7.3.1 La carga del cinturón de seguridad es la fuerza resultante de una carga de 2270 kg (aplicada según el capítulo 8) sobre cada juego de cinturones de seguridad.

7.3.2 La fuerza de inercia del asiento deberá ser 20 veces el peso del asiento.

7.3.3 La carga del cinturón de seguridad y la fuerza de inercia del asiento deberán aplicarse simultáneamente excepto cuando se pueda demostrar en un sistema dado, que la carga máxima del cinturón y las fuerzas de inercia no se presentan simultáneamente.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

NOTA: Puede haber una deformación sustancial del piso y del asiento como resultado de las pruebas indicadas en los apartados 7.1, 7.2 y 7.3.

8. MÉTODO DE PRUEBA CON CARGA

8.1 La prueba con carga debe efectuarse con el asiento en su posición, salvo que el asiento no tuviera efecto sobre la prueba.

Las cargas deben aplicarse usando un tramo de carrocería del tipo "de sobreponer", similar al ilustrado en la Figura 5. La conexión del tramo de carrocería a los anclajes o adaptadores para sujeción debe hacerse de la misma manera en la cual estarían instalados los cinturones de seguridad, y el tramo de carrocería jalado a un ángulo de $10^\circ \pm 5^\circ$ con respecto a la horizontal.

9. PROTECCIÓN CONTRA CORROSIÓN

9.1 Se debe dar consideración en el diseño a la protección que hay que suministrar contra la corrosión de los anclajes o puntos de sujeción de los cinturones de seguridad. El grado de protección requerido será determinado por el grado de exposición a elementos corrosivos, ubicación del anclaje o puntos de sujeción en la carrocería y la configuración y espesor del metal de la estructura de soporte.

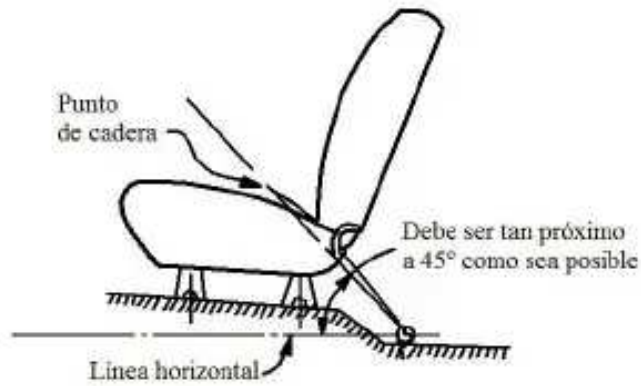


FIGURA 1 - Cinturón fuera del asiento o a través de los resortes del asiento

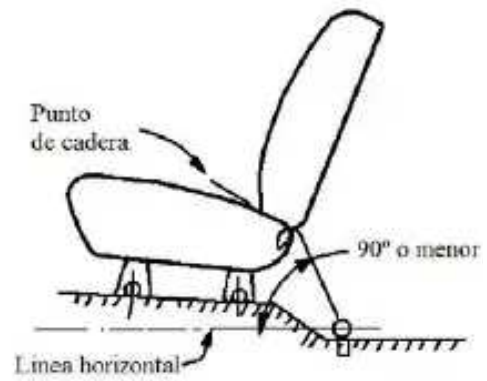


FIGURA 4 - Cinturón sobre la barra transversal del asiento

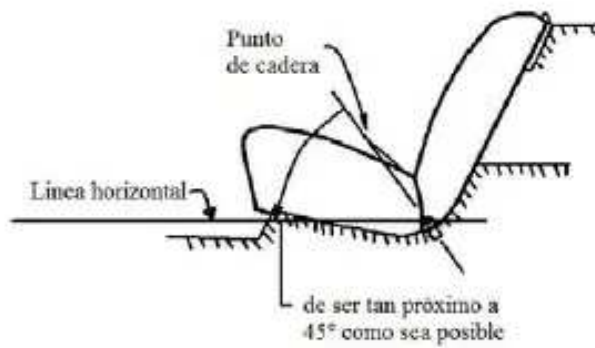


FIGURA 2 - Instalación del cinturón en asiento trasero

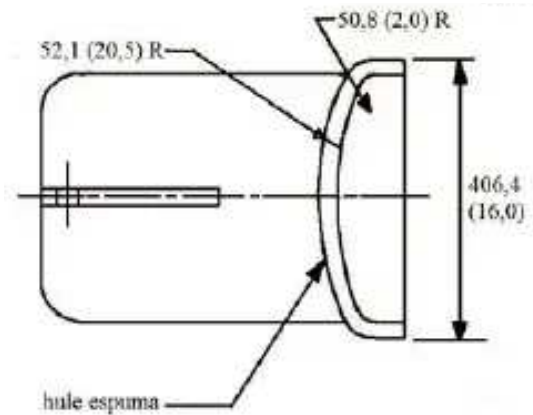


FIGURA 5 - Tramo de carrocería del tipo de sobreponer

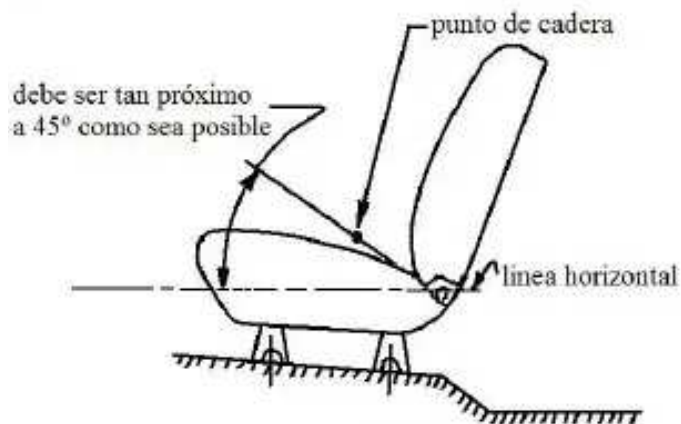


FIGURA 3 - Cinturón sujetado al bastidor del asiento