



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA DE
PRUEBAS DE INCLINACIÓN (TILT TEST) SEGÚN LA
NORMATIVA VIGENTE APLICADO A UN VEHÍCULO
FÓRMULA SAE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA
AUTOMOTRIZ”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES:

EDDY VINICIO HUANCA ROBLES

ALEXIS FERNANDO SANI TAMAYO

Riobamba – Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA DE
PRUEBAS DE INCLINACIÓN (TILT TEST) SEGÚN LA
NORMATIVA VIGENTE APLICADO A UN VEHÍCULO
FÓRMULA SAE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA
AUTOMOTRIZ”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES: EDDY VINICIO HUANCA ROBLES

ALEXIS FERNANDO SANI TAMAYO

DIRECTORA: Ing. OLGA BEATRIZ BARRERA CÁRDENAS Dra.

Riobamba – Ecuador

2022

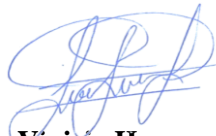
©2022, Eddy Vinicio Huanca Robles & Alexis Fernando Sani Tamayo

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, EDDY VINICIO HUANCA ROBLES Y ALEXIS FERNANDO SANI TAMAYO declaramos que el presente trabajo de integración curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

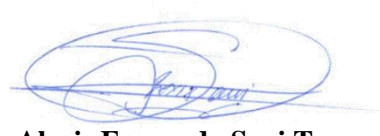
Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de integración curricular; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 18 de marzo de 2022



Eddy Vinicio Huanca Robles

110591227-1

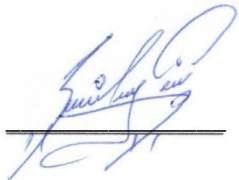
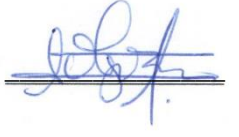


Alexis Fernando Sani Tamayo

17233343817-0

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: el Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA DE PRUEBAS DE INCLINACIÓN (TILT TEST) SEGÚN LA NORMATIVA VIGENTE APLICADO A UN VEHÍCULO FÓRMULA SAE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”**, realizado por los señores **EDDY VINICIO HUANCA ROBLES** y **ALEXIS FERNANDO SANI TAMAYO**, ha sido minuciosamente revisado por los miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Javier José Gavilanes Carrión PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-03-18
Dra. Olga Beatriz Barrera Cárdenas DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-03-18
Ing. Luis Fernando Buenaño Moyano MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2022-03-18

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico principalmente a Dios por guiar mi camino y brindarme la inteligencia y consistencia necesaria que me fueron de mucha ayuda para lograr mis objetivos y metas. A mis padres Ramiro Huanca y Rosa Robles, quienes son mi motor principal para sobresalir, además, me dieron su apoyo incondicional tanto económico como emocionalmente. A mis hermanos Christian, Fernando, Gabriel y Alejandro por otorgarme su apoyo en todo momento. A mi amiga Paola Saritama, quien me ayudó en todos esos malos momentos con sus consejos. A mis tíos por darme sus palabras de aliento y otorgarme ideas visionarias que me motivaron a no renunciar a mis sueños. A Johana Paladines, quien fue la persona que estuvo en todo el transcurso de mi carrera brindándome su apoyo incondicional, dándome cariño y afecto, que me ayudó a superar todos mis problemas e inconvenientes que se presentaban y me enseñó la importancia de la vida y lo esencial de la felicidad.

Eddy

Dedico este trabajo principalmente a mis amados padres, a mi madre Mónica Tamayo por su sacrificio, esfuerzo y por ser quien me ha brindado su apoyo incondicional durante todo este tiempo pese a la distancia y gracias a ella he podido culminar mi carrera, a mi padre Fernando Sani que me ha inculcado los valores y me ha formado como persona gracias a él soy una persona de principios, ambos han sido pilares fundamentales que han generado en mi persona responsabilidad y deseos de superación. A todos mis seres queridos, mi familia, que han sido un soporte emocional y me han brindado todo su afecto y amor.

Alexis

AGRADECIMIENTO

Nuestro sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. A la carrera Ingeniería Automotriz y su equipo de docentes quienes nos otorgaron la formación académica necesaria para salir al mundo y poder servir a la sociedad, principalmente a nuestro país. A la Dra. Olga Barrera tutora del presente trabajo, por colaborarnos con los respectivos asesoramientos e ideas que fueron esenciales para la elaboración del Trabajo de Integración Curricular y brindarnos su confianza y amistad. Al Ing. Luis Buenaño por su ayuda permanente en los asesoramientos del presente trabajo.

Eddy & Alexis

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
RESUMEN	xvi
SUMMARY	xvii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	3
1.1. Antecedentes.....	3
1.2. Planteamiento del problema.....	4
1.3. Justificación.....	5
1.4. Objetivos.....	5
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	5
1.4.2. <i>Objetivo específico</i>	5

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	7
2.1. Estado del arte.....	7
2.2. Bases teóricas.....	9
2.2.1. <i>Motor eléctrico</i>	9
2.2.1.1. <i>El estator</i>	9
2.2.1.2. <i>El rotor</i>	10
2.2.2. <i>Winch</i>	10
2.3. Winch eléctrico.....	10
2.3.1.1. <i>Winch hidráulico</i>	11
2.3.2. <i>Cable de acero</i>	11
2.3.2.1. <i>Torón</i>	12
2.3.3. <i>Batería</i>	12
2.3.4. <i>Funcionamiento de la batería plomo-ácido</i>	12
2.3.5. <i>Fuente de alimentación</i>	14
2.3.5.1. <i>Etapas de transformación</i>	14

2.3.5.2.	<i>Etapa de rectificación</i>	14
2.3.5.3.	<i>Etapa de filtrado</i>	14
2.3.5.4.	<i>Etapa de regulación</i>	14
2.3.6.	<i>Soldadura</i>	15
2.3.6.1.	<i>Soldadura GMAW</i>	15
2.3.6.2.	<i>Soldadura GTAW</i>	16
2.3.6.3.	<i>Soldadura SMAW</i>	16
2.3.7.	<i>Tubos de acero</i>	18
2.3.8.	<i>Esfuerzos y deformaciones</i>	19
2.3.8.1.	<i>Esfuerzo de tensión o tracción</i>	19
2.3.8.2.	<i>Esfuerzo de compresión</i>	20
2.3.8.3.	<i>Esfuerzo de flexión</i>	20
2.3.8.4.	<i>Esfuerzo de torsión</i>	21
2.3.8.5.	<i>Esfuerzo cortante</i>	21
2.3.8.6.	<i>Deformación elástica</i>	22
2.3.8.7.	<i>Deformación plástica</i>	22
2.3.9.	<i>Pintura electrostática</i>	22
2.3.10.	<i>Inclinómetro digital</i>	24
2.3.11.	<i>Software de diseño y simulación</i>	24
2.3.11.1.	<i>Software SOLIDWORKS</i>	24
2.3.11.2.	<i>Software ANSYS</i>	25
2.4.	Marco legal	25
2.4.1.	<i>Inspección técnica</i>	25
2.4.2.	<i>Prueba de inclinación</i>	26
2.4.2.1.	<i>Requisitos de la prueba de inclinación</i>	26
2.4.2.2.	<i>Criterio de la prueba de inclinación</i>	26
2.4.2.3.	<i>Finalización de la prueba de inclinación</i>	26
2.4.3.	<i>Norma INEN 2415</i>	26
2.4.3.1.	<i>Requisitos específicos</i>	27

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	29
3.1.	Diagrama de etapas del proyecto	29
3.2.	Metodología de investigación a realizar	30
3.2.1.	<i>Tipo de estudio</i>	30

3.2.2.	<i>Diseño de la investigación</i>	30
3.2.3.	<i>Métodos, técnicas e instrumentos</i>	30
3.2.3.1.	<i>Método inductivo</i>	30
3.2.3.2.	<i>Método sintético</i>	31
3.2.3.3.	<i>Técnicas</i>	31
3.2.3.4.	<i>Instrumentos</i>	31
3.3.	Desarrollo del proyecto	31
3.3.1.	<i>Cronograma (Planificación de actividades)</i>	31
3.3.2.	<i>Recursos y materiales</i>	33
3.3.2.1.	<i>Presupuesto</i>	33
3.3.2.2.	<i>Talento Humano</i>	34
3.3.2.3.	<i>Equipos y materiales</i>	34
3.3.3.	Diseño y construcción	35
3.3.3.1.	<i>Bosquejo</i>	35
3.3.3.2.	<i>Diseño del dimensionamiento de la estructura</i>	37
3.3.3.3.	<i>Diseño de la base</i>	38
3.3.3.4.	<i>Diseño de la plataforma móvil</i>	41
3.3.3.5.	<i>Diseño de la rampa</i>	44
3.3.3.6.	<i>Diagnóstico de cargas</i>	45
3.3.3.7.	<i>Fuerza requerida del motor eléctrico</i>	45
3.3.3.8.	<i>Determinación del diámetro del cable de acero</i>	48
3.3.3.9.	<i>Dimensionamiento de polea</i>	50
3.3.3.10.	<i>Simulación del primer diseño</i>	52
3.3.3.11.	<i>Simulación del segundo diseño</i>	59
3.3.3.12.	<i>Simulación del tercer diseño</i>	66
3.3.3.13.	<i>Simulación del cuarto diseño</i>	72
3.3.3.14.	<i>Selección del diseño</i>	80
3.3.3.15.	<i>Selección de materiales</i>	83
3.3.3.16.	<i>Construcción estructural de la base</i>	89
3.3.3.17.	<i>Construcción estructural de la plataforma</i>	94
3.3.3.18.	<i>Construcción estructural de rampas</i>	97
3.3.3.19.	<i>Proceso de pintura</i>	98
3.3.3.20.	<i>Ensamblaje de componentes</i>	99
3.3.3.21.	<i>Funcionamiento de la plataforma</i>	102
3.3.3.22.	<i>Prueba de inclinación en el vehículo Fórmula SAE</i>	104

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS	107
4.1.	Obtención de resultados	107
4.1.1.	<i>Resultado en la prueba de inclinación</i>	108
4.2.	Análisis de resultados	109
4.3.	Especificaciones técnicas	111
	CONCLUSIONES	111
	RECOMENDACIONES	112
	GLOSARIO	
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Propiedades mecánicas del acero base	27
Tabla 2-2:	Propiedades y clasificación mecánicas.....	28
Tabla 3-2:	Designación y composición química de materiales.....	28
Tabla 1-3:	Cronograma de actividades en el periodo Mayo – Septiembre del 2021.	32
Tabla 2-3:	Presupuesto de materiales utilizados en la fabricación del mecanismo.....	33
Tabla 3-3:	Gastos que influyen indirectamente con la construcción de la plataforma.....	33
Tabla 4-3:	Presupuesto total.....	34
Tabla 5-3:	Datos de masa total a levantar	47
Tabla 6-3:	Datos de rotura del cable de acero según su diámetro.....	49
Tabla 7-3:	Relación D/d para varias medidas de cables	50
Tabla 8-3:	Piezas que conforman la plataforma diseñada en SolidWorks	80
Tabla 9-3:	Características del tubo cuadrado estructural	83
Tabla 10-3:	Características de perfil en G	85
Tabla 11-3:	Espesor de plancha antideslizante	86
Tabla 12-3:	Porcentaje máximo de elementos químicos que contiene la pancha	87
Tabla 13-3:	Características mecánicas de la plancha antideslizante	87
Tabla 1-4:	Datos de la deformación máxima de los diferentes diseños	107
Tabla 2-4:	Datos de la tensión máxima de los diferentes diseños.....	107
Tabla 3-4:	Datos del factor de seguridad en los diferentes diseños	108
Tabla 4-4:	Características técnicas de la plataforma.....	111

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Elementos que integran un motor eléctrico.....	9
Figura 2-2:	Estator con devanados internos.....	9
Figura 3-2:	Bobinado de un rotor	10
Figura 4-2:	Winch eléctrico con cable de acero.....	11
Figura 5-2:	Estructura de la celda de una batería plomo-ácido.....	13
Figura 6-2:	Proceso de descarga de la batería plomo-ácido.....	13
Figura 7-2:	Fuente de alimentación de 12 v y 30 A.....	14
Figura 8-2:	Etapas de la fuente de alimentación.....	15
Figura 9-2:	Detalle del proceso GMAW.....	15
Figura 10-2:	Detalle del proceso de soldadura GTAW	16
Figura 11-2:	Equipo para la soldadura SMAW	17
Figura 12-2:	Detalle del proceso de soldadura SMAW	17
Figura 13-2:	Tubos de aceros acero al carbono	18
Figura 14-2:	Esfuerzo de tracción.....	20
Figura 15-2:	Esfuerzo de compresión.....	20
Figura 16-2:	Esfuerzo de flexión	21
Figura 17-2:	Esfuerzo de torsión	21
Figura 18-2:	Esfuerzo cortante	22
Figura 19-2:	Máquina y pistola electrostática.....	23
Figura 20-2:	Inclinómetro magnético digital	24
Figura 21-2:	Software CAD.....	24
Figura 22-2:	Software CAE para simulación.....	25
Figura 1-3:	Diagrama de flujo de actividades para la creación del proyecto.....	29
Figura 2-3:	Bosquejo de la base.....	35
Figura 3-3:	Bosquejo de plataforma	36
Figura 4-3:	Bosquejos del ensamble entre la plataforma y la base.....	36
Figura 5-3:	Diseño de la plataforma de inclinación y componente principales.....	37
Figura 6-3:	Primer diseño de la estructura base.....	39
Figura 7-3:	Segundo diseño de la estructura base.....	40
Figura 8-3:	Tercer diseño de la estructura base	40
Figura 9-3:	Cuarto diseño de la estructura base.....	41
Figura 10-3:	Primer diseño de la plataforma móvil.....	42
Figura 11-3:	Estructura del segundo diseño de la plataforma móvil	43
Figura 12-3:	Estructura del tercer diseño de la plataforma móvil.....	43

Figura 13-3:	Estructura del cuarto diseño de la plataforma móvil.....	44
Figura 14-3:	Diseño de la rampa para subir el Fórmula SAE a la plataforma.....	45
Figura 15-3:	Vista lateral de estructura metálica. Angulo de inclinación del cable	46
Figura 16-3:	Diagrama de cuerpo libre y descomposición de fuerzas.....	46
Figura 17-3:	Plano 2D de la descomposición de fuerzas.....	47
Figura 18-3:	Medición del diámetro del cable de acero	49
Figura 19-3:	Perfil del cálculo de holgura de polea.....	52
Figura 20-3:	Forma correcta de medir la holgura de la polea.....	52
Figura 21-3:	Ubicación de cargas y apoyos en la estructura del piso	53
Figura 22-3:	Deformación de la plataforma del primer diseño a 45 grados	54
Figura 23-3:	Deformación de la plataforma del primer diseño a 45 grados	54
Figura 24-3:	Tensión máxima y mínima en la estructura a 45 grados.....	55
Figura 25-3:	Análisis de esfuerzos en los apoyos del primer diseño.....	55
Figura 26-3:	Análisis del factor de seguridad a 45 grados.....	56
Figura 27-3:	Análisis del factor de seguridad en el apoyo.....	56
Figura 28-3:	Deformación de la plataforma del segundo diseño a 60 grados.....	57
Figura 29-3:	Desplazamiento de la plataforma	57
Figura 30-3:	Tensión máxima y mínima en la plataforma a 60 grados	58
Figura 31-3:	Tensiones en los apoyos de la plataforma a 60 grados	58
Figura 32-3:	Análisis del factor de seguridad a un ángulo de 60 grados	59
Figura 33-3:	Análisis del factor de seguridad en el apoyo.....	59
Figura 34-3:	Deformación de la plataforma a 45 grados	60
Figura 35-3:	Desplazamiento de la plataforma a 45 grados.....	60
Figura 36-3:	Tensión máxima y mínima en la plataforma a 45 grados	61
Figura 37-3:	Análisis estático de tensiones en los apoyos.....	61
Figura 38-3:	Análisis estático de tensión en el apoyo superior.....	62
Figura 39-3:	Factor de seguridad en la plataforma a 45 grados.....	62
Figura 40-3:	Deformación de la plataforma a 60 grados	63
Figura 41-3:	Desplazamiento de la plataforma a 60 grados.....	63
Figura 42-3:	Tensión máxima y mínima en la plataforma a 60 grados	64
Figura 43-3:	Análisis estático de tensiones en los apoyos.....	64
Figura 44-3:	Factor de seguridad con una inclinación de 60 grados	65
Figura 45-3:	Análisis del factor de seguridad en los apoyos	66
Figura 46-3:	Deformación de la plataforma a un ángulo de 45 grados.....	66
Figura 47-3:	Desplazamiento de la plataforma a un ángulo de 45 grados.....	67
Figura 48-3:	Tensión máxima y mínima en la plataforma a 45 grados	67

Figura 49-3:	Tensiones en los apoyos de la plataforma a 45 grados	68
Figura 50-3:	Análisis del factor de seguridad a un ángulo de 45 grados	68
Figura 51-3:	Análisis del factor de seguridad en los apoyos	69
Figura 52-3:	Deformación de la plataforma a un ángulo de 60 grados.....	69
Figura 53-3:	Desplazamiento de la plataforma a 60 grados.....	70
Figura 54-3:	Tensión máxima y mínima en la plataforma a 45 grados	70
Figura 55-3:	Análisis estático de tensiones en los apoyos.....	71
Figura 56-3:	Factor de seguridad en la plataforma a 60 grados.....	71
Figura 57-3:	Análisis del factor de seguridad en los apoyos	72
Figura 58-3:	Deformación de la plataforma a un ángulo de 45 grados.....	73
Figura 59-3:	Desplazamiento de la plataforma a 45 grados.....	73
Figura 60-3:	Tensión máxima y mínima en la plataforma a 45 grados	74
Figura 61-3:	Análisis estático de tensiones en los apoyos.....	74
Figura 62-3:	Punto de singularidad en el apoyo	75
Figura 63-3:	Factor de seguridad de la plataforma inclinada 45 grados	75
Figura 64-3:	Análisis del factor de seguridad en los apoyos	76
Figura 65-3:	Punto de singularidad en el apoyo	76
Figura 66-3:	Deformación de la plataforma inclinada 60 grados	77
Figura 67-3:	Desplazamiento de la plataforma inclinada 60 grados.....	77
Figura 68-3:	Esfuerzos máximo y mínimo en la plataforma a 60 grados	78
Figura 69-3:	Análisis estático de tensiones en los apoyos.....	78
Figura 70-3:	Factor de seguridad de la plataforma inclinada 60 grados	79
Figura 71-3:	Análisis del factor de seguridad en los apoyos	80
Figura 72-3:	Perfil cuadrado	83
Figura 73-3:	Perfil en G de correa metálica.....	85
Figura 74-3:	Winch eléctrico de 3500 lb	88
Figura 75-3:	Rueda de acero utilizada para el sistema de riel	88
Figura 76-3:	Polea de acero con rodamiento interno	89
Figura 77-3:	Estructura base	90
Figura 78-3:	Corte de tubos con sierra eléctrica	90
Figura 79-3:	Proceso de soldadura TIG aplicado a la base.....	91
Figura 80-3:	Soportes laterales y posterior de la columna.....	92
Figura 81-3:	Correa en G utilizada como riel para la plataforma	92
Figura 82-3:	Base en C para la polea	93
Figura 83-3:	Base del winch.	93
Figura 84-3:	Base para batería de 12 v	94

Figura 85-3:	Estructura plataforma.....	94
Figura 86-3:	Puntos de suelda en tubos de plataforma	95
Figura 87-3:	Tubos verticales de la base.....	95
Figura 88-3:	Corte y soldadura de la plancha antideslizante sobre la plataforma	96
Figura 89-3:	Platinas de sujeción de las ruedas de goma.....	96
Figura 90-3:	Sujeciones de la rueda del riel y eslabón del winch.....	97
Figura 91-3:	Estructura de base con platinas laterales perforadas	97
Figura 92-3:	Rampas de planchas antideslizante	98
Figura 93-3:	Desbaste del exceso de soldadura	98
Figura 94-3:	Aplicación de la pintura y secado	99
Figura 95-3:	Ubicación de la polea principal.....	99
Figura 96-3:	Ensamble rueda de goma	100
Figura 97-3:	Mecanismo de la polea para la columna	100
Figura 98-3:	Ensamble de la base y la plataforma.....	101
Figura 99-3:	Ubicación de la batería y el motor eléctrico.....	101
Figura 100-3:	Sistema de sujeción entre el motor y la plataforma	102
Figura 101-3:	Ensamble final de la plataforma de inclinación	102
Figura 102-3:	Conexión del winch a batería de 12 v	103
Figura 103-3:	Manipulación del motor eléctrico mediante control remoto	103
Figura 104-3:	Posición inicial del vehículo Fórmula SAE	104
Figura 105-3:	Aseguramiento del vehículo mediante faja.....	104
Figura 106-3:	Pulsado del control remoto para levantar la plataforma.....	105
Figura 107-3:	Levantamiento del vehículo a 45°.....	105
Figura 108-3:	Levantamiento del vehículo a 60°.....	106
Figura 1-4:	Prueba basculante a 45 y 60 grados con Fórmula SAE	108

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: MANUAL DE FUNCIONAMIENTO DE PLATAFORMA DE INCLINACIÓN

ANEXO B: MANUAL DE PREVENCIÓN DE ACCIDENTES Y DETERIORO DE LA PLATAFORMA DE INCLINACIÓN

ANEXO C: MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LA PLATAFORMA DE INCLINACIÓN

ANEXO D: PLANOS

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue diseñar y fabricar una plataforma que permita realizar la prueba de inclinación (Tilt Test) en un vehículo monoplace de la Carrera de Ingeniería Automotriz de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y verificar el cumplimiento de esta prueba según el reglamento de la SAE (Sociedad de Ingenieros Automotrices). Previo a la fabricación de la plataforma, con ayuda de software CAD/CAE (Diseño Asistido por Computadora/ Ingeniería Asistida por Computadora), se diseñaron varios modelos de plataformas y se realizó un estudio del comportamiento del sistema aplicando carga estática de 5000 N, simulando el funcionamiento real del mecanismo con el uso del software ANSYS. En base a los datos obtenidos por el software CAE se eligió el cuarto diseño como modelo para su fabricación ya que otorga buena resistencia a la ruptura bajo carga con un factor de seguridad de 1.6 cuando está a un ángulo de inclinación de 45 grados y 1,7 a 60 grados; además, el coste de fabricación fue bajo en comparación a los demás diseños. Se concluye que el modelo de la plataforma que se construyó usó perfil cuadrado de 50x3 mm, además, la prueba de inclinación se realizó satisfactoriamente y se comprobó que el vehículo Fórmula SAE cumple con los requerimientos estáticos según lo estipulado en el reglamento. Se recomienda que al momento de realizar las simulaciones se utilice una buena calidad de mallado para obtener buenos datos que sean capaces de asemejarse a la realidad.

Palabras clave: <PLATAFORMA DE INCLINACIÓN> <WINCH ELÉCTRICO> <FÓRMULA SAE> <BATERÍA> <FUENTE DE ALIMENTACIÓN> <TUBOS DE ACERO> <SIMULACIÓN> <SINGULARIDAD DE MALLADO> <FACTOR DE SEGURIDAD>.

1826-DBRA-UTP-2022



SUMMARY

The objective of this work was to design and manufacture a platform that allows performing the tilt test (Tilt Test) in a single-seater vehicle of the Automotive Engineering Career of the Escuela Superior Politécnica de Chimborazo and verify compliance with this test according to the regulations of the SAE (Society of Automotive Engineers). Prior to the manufacture of the platform, with the help of CAD/CAE software (Computer Aided Design/Computer Aided Engineering), several platform models were designed and a study of the behavior of the system was carried out by applying a static load of 5000 N, simulating the actual operation of the mechanism with the use of ANSYS software. Based on the data obtained by the CAE software, the fourth design was chosen as a model for its manufacture, since it provides good resistance to rupture under load with safety factor of 1.6 when it is at an angle of inclination of 45 degrees and 1.7 to 60 degrees; In addition, the manufacturing cost was low compared to the other designs. It is concluded that the model of the platform that was built used a 50x3 mm square profile, in addition, the tilt test was carried out satisfactorily and it was verified that the Formula SAE vehicle complies with the static requirements as stipulated in the regulations. It is recommended that when carrying out the simulations, a good meshing quality be used to obtain good data that is capable of resembling reality.

Keywords: <TITL PLATFORM> <ELECTRIC WINCH> <FORMULA SAE> <BATTERY> <POWER SUPPLY> <STEEL PIPES> <SIMULATION> <MESHING SINGULARITY> <SAFETY FACTOR>.



Lic. Francisco Mantillo Mgs.

0603747809

INTRODUCCIÓN

La participación de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) a la Shell Eco - Marathon que se llevó a cabo en Brasil en 2018 motivó a la institución a intervenir en competencias internacionales. La ESPOCH está trabajando para lograr participar en otro evento de renombre por lo que se plantea formar parte de las mejores universidades a nivel internacional logrando participar en la competencia de Fórmula SAE la misma que se realiza cada año (Pozo Ramírez y Puma Benavides, 2014).

Para clasificar a las competencias internacionales, el vehículo Fórmula SAE deberá aprobar varias etapas de pruebas previo a la competencia, como son los eventos estáticos y dinámicos (Pozo Ramírez y Puma Benavides, 2014). Dentro de las pruebas estáticas se encuentra la denominada prueba basculante; teniendo en cuenta la importancia de esta etapa de selección y debido a que no se cuenta con una plataforma dentro de la universidad es necesaria la realización del diseño y construcción de la plataforma de inclinación (tilt test) con el fin de generar pruebas en vehículos de tipo Fórmula SAE de la carrera de Ingeniería Automotriz, el cual nos ayudará a comprobar si existe algún desperfecto mecánico en el vehículo y poder corregirlas.

Para iniciar con el proyecto se recopiló información de varios trabajos con el fin de crear una estrategia que sea útil para construir un mecanismo eficiente y que sea capaz de resistir los esfuerzos que se puedan presentar en la plataforma debido al peso del FSAE, los mismos que se pueden simular haciendo uso de software CAD/CAE. Para esto, se elige materiales que sean capaces de soportar grandes cargas y que sean de fácil adquisición en el mercado local y con costes bajos. Con el fin de garantizar la integridad de los ocupantes se aplicará las pruebas necesarias a la plataforma comprobando el correcto funcionamiento del mecanismo de manera que cumpla con la inclinación exigida según la normativa SAE vigente.

En el capítulo I se aborda el diagnóstico del problema y en consecuencia, se plantea el objetivo general del proyecto el cual es, diseñar y fabricar una plataforma que permita realizar la prueba de inclinación al vehículo monoplaza de Fórmula SAE de la Carrera de Ingeniería Automotriz en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo con el fin de verificar si este vehículo cumple con la prueba tilt test según el reglamento de la SAE. Además, se genera la justificación de este proyecto como un gran avance para la carrera de Ingeniería Automotriz.

En el capítulo II, revisión de la literatura o fundamentos teóricos, se detalla los estudios o publicaciones, en los cuales se apoya este proyecto, y con ayuda bibliográfica se describe los

fundamentos teóricos y se determina el estado legal en el que se rigen para poder realizar el sistema y que cumpla con las normas SAE establecidas.

En el capítulo III, marco metodológico, se describe el tipo de investigación aplicada, el proceso de cómo se desarrolló el proyecto, los diferentes materiales utilizados y las diferentes pruebas de simulaciones que se realizan con el fin de obtener un diseño eficiente.

En el capítulo IV, se expone los resultados obtenidos del proyecto, el análisis y especificaciones técnicas mediante el uso de tablas y gráficas que permitan visualizar los resultados pertinentes.

Posteriormente, se describen las conclusiones que se obtuvieron al realizar el proyecto; además, se agregan las debidas recomendaciones que puedan ser de utilidad para futuros proyectos que posean cierta similitud.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

La SAE International se creó en EE. UU. en 1905. La primera competición empezó a gestarse en 1979 cuando Mark Marshek, docente de la Universidad de Houston, el concepto original de la Fórmula SAE era una evolución de la Baja SAE, una competición existente en la que el tipo de vehículo a construir por los estudiantes es similar a un car-cross (García Villegas, 2014). La primera competencia estudiantil de Fórmula SAE se desarrolló y administro en 1981 con la ayuda de Ron Matthews, profesor de la Universidad de Texas (SAE International, 2021). Esa competencia contó con la participación de 6 equipos y un total de 40 alumnos (Rene Alberto Valenzuela Nájera, et , 2013). El evento tuvo tal éxito que el año siguiente se continuó realizando, incorporando nuevas normas y categorías de forma que los equipos pudieran elegir entre competir con los motores proporcionados por B&S o con sus propios motores facilitados por grandes empresas automotrices como Kawasaki, Honda o Suzuki (Rene Alberto Valenzuela Nájera, et, 2013).

Desde entonces la Fórmula SAE se ha expandido y se ha realizado una gran cantidad de competencias tipo SAE en todas partes del mundo, la evolución de la competencia ha ido de la mano con el reglamento donde cada año se implementa nuevas normas con el objetivo de que los vehículos monoplazas participantes cumplan con la estética, costo, ergonomía, mantenibilidad y su fabricación (Rene Alberto Valenzuela Nájera, et, 2013). Dentro del reglamento SAE se especifica la inspección técnica y la realización de la prueba de inclinación al monoplaza con el fin de comprobar la estabilidad y seguridad para los conductores.

En el país se tiene conocimiento que la Escuela Superior Politécnica del Ejército (ESPE) en el año 2014 realizó el diseño y construcción de un banco de pruebas basculantes para un vehículo tipo Fórmula Student de hasta 500 kg en la Universidad de las Fuerzas Armadas, este banco de pruebas sirvió para realizar la prueba de inclinación en el monoplaza SAE de la ESPE previo a su competición permitiendo conocer si era seguro para el conductor y si podría competir (Pozo Ramírez y Puma Benavides, 2014).

La Carrera de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH a través de proyectos de titulación cuenta ya con un vehículo monoplaza tipo SAE que puede competir, por lo que es necesario realizar una prueba de inclinación con el objetivo de ver el desempeño en cuanto a la seguridad y estabilidad.

1.2. Planteamiento del problema

Todas las competiciones realizadas por la SAE se acogen a un reglamento que se emite bajo la autoridad de la *SAE International Collegiate Design Series*. Al participar en una competencia de la Fórmula SAE, todos los miembros del equipo aceptan cumplir esas reglas, caso contrario el equipo quedará eliminado (SAE International, 2020). Si bien es cierto que existen una gran cantidad de reglas y normas que hacen referencia al comportamiento y conducta, existen también reglas que hacen referencia a la construcción, diseño y seguridad del vehículo que desee participar en la competencia, donde su participación se logra después de aprobar las pruebas dinámicas y estáticas. Las pruebas dinámicas y estáticas se aplican en todos los países donde se hace este tipo de competición, esto incluye la prueba de Tilt Test conocida como prueba de inclinación. Durante las pruebas estáticas según (Guascal Sanguña y Quiroz Dávalos, 2015, p.26) cada equipo participante se registrará a parámetros de evaluación e inspección, donde el vehículo es verificado para poder avanzar a las pruebas dinámicas.

La problemática de este proyecto surge debido a la ausencia de un equipo (plataforma) que nos permita realizar la prueba de inclinación al vehículo monoplace presente en la carrera de Ingeniería Automotriz en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ya que la prueba de inclinación se realiza por cuenta de cada equipo participante por lo que es necesario la construcción de este equipo que ayude a verificar si el vehículo monoplace cumple con el reglamento.

El diseño de esta plataforma debe respetar ciertos criterios como son: costos, seguridad, resistencia y funcionalidad (Rene Alberto Valenzuela Nájera, 2013). Los costos hacen referencia a la cantidad de dinero que se deberá gastar en la compra de materiales, accesorios y acabados para que sea funcional la plataforma de prueba de inclinación. La seguridad hace alusión a que la plataforma deberá ser segura para el piloto y que no haya ningún inconveniente como una ruptura durante la realización de la prueba. Mientras que la resistencia hace mención a los esfuerzos que se producen en la plataforma, se deben tener muy en cuenta los materiales empleados porque una elección errada podría generar una ruptura en la estructura. La resistencia de los materiales empleados en la plataforma debe ser rígidos, pero a la vez ligeros para minimizar la carga total que se deberá levantar.

La funcionalidad de esta plataforma es otro problema que se presenta puesto que lo más importante es que cumpla con el objetivo de inclinar al vehículo monoplace hasta los 60 grados, es indiferente el diseño o el mecanismo que se realice si esta plataforma no cumple con este

objetivo, por lo que es de fundamental enfocarse en el mecanismo que permita realizar la inclinación del vehículo monoplaza.

1.3. Justificación

La prueba de inclinación tilt test se realiza en todos los vehículos tipo SAE y al no existir un equipo que permita realizar esta prueba en la escuela de Ingeniería Automotriz, el presente proyecto técnico surge de esta necesidad, ya que no se puede verificar si el monoplaza tipo SAE de la Carrera de Ingeniería Automotriz cumple con esta normativa. Es importante generar una evaluación previa a la presentación de un evento SAE del comportamiento ante la inclinación a la que se debe someter el vehículo que son 45 y 60 grados porque con esto se logra comprobar la estabilidad del vehículo (SAE International, 2020, p.108).

Se justifica la realización de esta plataforma de pruebas tilt test puesto que la misma se realiza durante la competición de un evento SAE y es necesario verificar que sí se puedan pasar las pruebas según la normativa SAE.

También se debe mencionar que el mecanismo que permitirá inclinar la plataforma será con ayuda de un motor de winch eléctrico, a diferencia de otros trabajos realizados donde se realiza con un sistema hidráulico, esto con el fin de abaratar costos en la construcción de esta plataforma. El trabajo tiene una utilidad metodológica ya que podrían realizarse futuras pruebas de tilt test con esta plataforma a cualquier vehículo Fórmula SAE de la Carrera de Ingeniería Automotriz.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Diseñar y fabricar una plataforma que permita realizar la prueba de inclinación al vehículo monoplaza de Fórmula SAE de la Carrera de Ingeniería Automotriz en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo con el fin de verificar si este vehículo cumple con la prueba de la tilt test según el reglamento de la SAE.

1.4.2. Objetivo específico

- Recopilar información de otros trabajos realizados de manera que se pueda determinar la estrategia a seguir para diseñar y construir la plataforma de pruebas de inclinación de manera que cumpla con el reglamento vigente de la Fórmula SAE.

- Analizar los esfuerzos a los que estará sometida la plataforma de pruebas tilt test con ayuda de software CAE con la finalidad de conocer la fuerza que deberá aplicarse en el mecanismo para que pueda moverse.
- Diseñar un mecanismo para obtener una inclinación de 45 y 60 grados en la plataforma de prueba de acuerdo con el reglamento SAE a fin de verificar que el vehículo cumpla con las exigencias dispuestas en el reglamento.
- Determinar los elementos y materiales adecuados para formar parte del mecanismo de inclinación y que se encuentran disponibles en la industria ecuatoriana con el objetivo de disminuir el coste fabricación.
- Aplicar las pruebas necesarias a la plataforma tilt test a fin de comprobar que el funcionamiento del mecanismo para inclinar la plataforma pueda garantizar el que se pueda ejecutar la correspondiente prueba de acuerdo con la normativa SAE vigente.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Estado del arte

En el trabajo realizado por (Pozo Ramírez y Puma Benavides, 2014, pp.1-8) señala que la Escuela Superior del Ejército (ESPE), para poder participar en la competencia internacional de la Fórmula SAE debían aprobar una serie de pruebas estáticas y dinámicas previas a la competencia. En la prueba estática, se realiza una prueba denominada *tilt test* en donde se somete al vehículo Fórmula SAE a determinados ángulos de inclinación con la horizontal de 45 y 60 grados respectivamente (SAE International, 2020, p.108). Al ver este problema que se tenía en la ESPE de no poseer equipos de estas características, optaron por realizar el diseño y construcción de un banco de pruebas basculante con el fin de realizar las debidas pruebas de inclinación en la Fórmula SAE previas a la competencia (Pozo Ramírez y Puma Benavides, 2014).

En la construcción de la estructura utilizan tubos de aceros rectangulares y para realizar el movimiento hacen uso de un sistema electrohidráulico; es decir, poseía un motor eléctrico que se encarga de activar una bomba hidráulica que otorgue las presiones necesarias a las cañerías de alta presión con el fin de lograr que un pistón levante la plataforma, incluido el Fórmula SAE, a los ángulos deseados (Pozo Ramírez y Puma Benavides, 2014, p.51).

Luego de construir el prototipo, realizan las pruebas reales con el vehículo Fórmula SAE incluido, en el cual identifican que la construcción ha sido la adecuada, sin embargo, se percatan de que, además de verificar fugas de fluido y la estabilidad del monoplaça, el banco de pruebas basculante sirve para identificar cómo se encuentra el sistema de suspensión del vehículo por lo que se obtiene grandes ventajas de este proyecto (Pozo Ramírez y Puma Benavides, 2014, p.120).

En la publicación de (Bushman Equipment Inc, 2021, párr.4) menciona que, la compañía BUSHMAN INC de Estados Unidos, se propuso construir una plataforma de inclinación con la capacidad para soportar hasta 150000 libras, con el objetivo de realizar pruebas basculantes a camiones de tipo bomberos de la empresa E-ONE. El motivo de esta prueba se debe a que, para producir los camiones de rescate, la compañía E-ONE debe aprobar la norma SAE J2180 la cual señala el umbral de vuelco estático admisible. Para la construcción de la mesa de inclinación utilizan cinco cilindros hidráulicos de doble efecto con diámetro de 7 pulgadas; lo cual le otorga grandes capacidades para realizar movimientos con pesos elevados.

Posterior a la construcción de la plataforma, realizan las pruebas de inclinación en el cual lo hacen girar hasta un ángulo en el que se evidencie que la rueda del vehículo se despegue del piso de la plataforma; además, obtuvieron buenos resultados ya que gracias a esta plataforma ampliaron las capacidades de la compañía E-ONE por lo que la mesa de inclinación no solo sirve para probar estos tipos de camiones, sino que también se puede usar para probar una gran variedad de vehículos.

El artículo “Diseño de chasis para un monoplaza Fórmula SAE” muestra el proceso de diseño de un chasis para un vehículo tipo SAE, el principal problema que se plantea en el artículo es el diseño del chasis delimitado por los lineamientos de la Fórmula SAE que compete a la estructura del chasis y su fabricación. La elección de este artículo es para considerar el uso de la metodología utilizada en cuanto al diseño de un chasis y su estudio sobre la elección del material con el que se debe construir. El trabajo menciona que el chasis es la parte del vehículo más importante porque es donde se unen los sistemas dirección, frenos, suspensión, transmisión y carrocería (Rene Alberto Valenzuela Nájera, et., 2013, p.2). Un buen dimensionamiento del chasis da una mayor estabilidad y seguridad al conductor ya que el chasis se debe diseñar para resistir colisiones y amortiguar los impactos evitando que el conductor resulte lastimado (Rene Alberto Valenzuela Nájera, et., 2013, p.3). Para lograr un diseño del chasis adecuado definen los elementos que lo componen y conforman la estructura. También toman en cuenta factores que puede influir sobre el chasis como pesos extras (motor, batería, etc.) y el material a ser utilizado ya que el uso de materiales diferentes cambia la ligereza y la rigidez de la estructura (Rene Alberto Valenzuela Nájera, et., 2013, p.4).

En la sección de la selección del material muestran una comparación de las propiedades físicas y mecánicas y con cuál se logra mejorar el desempeño del chasis, hacen la comparación entre un acero al carbono SAE 1020 y un acero aleado SAE 4130. El uso del software SolidWorks es de gran ayuda porque una vez hecho el diseño del chasis realizan una simulación y ven el comportamiento de cada material. Finalmente comparan el material y el comportamiento de impacto frontal, impacto lateral, impacto de arco principal y de arco frontal. En base a las pruebas realizadas se observa que el acero SAE 4130 tuvo mejores resultados y que el acero SAE 1020 no lo superó en ninguna de las pruebas que se realizan (Rene Alberto Valenzuela Nájera, et., 2013, p.24). De los resultados que obtuvieron, lo más destacable son las tensiones máximas que son bajas y un factor de seguridad muy alto que asegura la inexistencia de algún tipo de falla. Esto nos muestra que con ayuda de software se puede seleccionar el mejor material comparando el comportamiento cuando se le asigna al diseño y se realiza una simulación.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Motor eléctrico

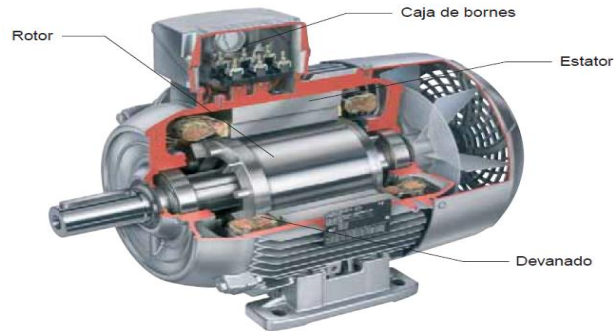


Figura 1-2: Elementos que integran un motor eléctrico

Fuente: (Martín y García, 2009)

Un motor eléctrico no es más que una máquina que tiene la función de convertir la energía eléctrica en energía mecánica; esto se logra generando un campo magnético mediante el bobinado que posee en su interior (Martín y García, 2009, p.104).

Las máquinas eléctricas constan de dos partes fundamentales:

2.2.1.1. El estator



Figura 2-2: Estator con devanados internos

Fuente: (Martín y García, 2009)

No es más que la parte fija del motor. Funciona como elemento base o alojamiento para que se genere el campo magnético; además, funciona juntamente con el estator para generar el par o movimiento giratorio.

Puede estar construido de imán o electroimán en donde un conjunto de hilos de cobre lo rodea para energizarlo y crear el campo magnético, este bobinado se le conoce como devanado de campo (Martín y García, 2009, p.105).

2.2.1.2. El rotor



Figura 3-2: Bobinado de un rotor

Fuente: (Martín y García, 2009)

Este componente es la parte móvil del motor eléctrico. Se encuentra ubicado en la parte interna del estator y está formado por un conjunto de chapas metálicas, generalmente de silicio, las mismas se encuentran apiladas entre sí logrando la forma de un cilindro con un bobinado que hace función transmitir la corriente logrando crear un campo magnético para generar el movimiento en conjunto con la parte fija que es el estator (Martín y García, 2009, p.105).

2.2.2. Winch

También llamado cabrestante, es una máquina cuya función principal es la de levantar, bajar, transportar o tirar algún tipo de carga que posea un peso excesivo para poder realizarlo con esfuerzo humano. Se utiliza en gran variedad en la industria naval y en la industria automotriz (Oré, 2019, p.33).

Existen dos tipos de winchs que se clasifican según su forma de funcionamiento como pueden ser:

2.3. Winch eléctrico

Es una máquina que funciona con un motor eléctrico el mismo que puede trabajar con 12V o 24V todo dependerá del tipo de motor que tenga incorporado el cabrestante. Es el más usado debido a que ocupan poco espacio y son de poco peso (American Hoist, 2019, p.16).



Figura 4-2: Winch eléctrico con cable de acero

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

2.3.1.1. Winch hidráulico

Es una maquinaria que para lograr realizar un trabajo utiliza como elemento principal al fluido hidráulico el mismo que es impulsado por un motor o bomba hidráulica que se encarga de crear las presiones necesarias para realizar un movimiento y generar algún tipo de trabajo. Este tipo de herramientas se utilizan en actividades que requieren mover pesos elevados (Duran, 2020, párr.2).

Los cabrestantes poseen elementos que son:

- Motor
- Solenoide
- Cable
- Tambor del winch
- Freno interno
- Tren de engranajes
- Embrague

2.3.2. Cable de acero

Son componentes mecánicos que son utilizados para realizar trabajos de tensión; existen gran variedad de cables, por lo general, son fabricados con mayor cantidad de carbono para resistir grandes esfuerzos de tensión, esto hace que tengan una gran demanda en el mercado especialmente dentro de las diversas industrias de construcción (Leoncables Cia. Ltda., 2017, p.3).

Los cables de acero es el resultado de la unión de varios torones que se encuentran enrollados de forma helicoidal.

2.3.2.1. Torón

También se lo conoce como cordón, no es más que la unión de varios hilos de alambre muy finos. Un cable puede estar compuesto de varios torones, todo dependerá de la cantidad de tensión a la que será sometido el cable (Leoncables Cia. Ltda., 2017, p.3).

2.3.3. Batería

La batería es una fuente eléctrica de alimentación que es capaz de convertir la energía química en energía eléctrica. Este elemento será el encargado de suministrar la energía eléctrica al motor eléctrico tipo winch que levantará el peso del vehículo Fórmula SAE. Existen diferentes tipos de baterías para distintos usos dependiendo de sus características, las más comunes son las baterías de plomo-ácido, también se usa mucho las baterías de níquel hidruro metálico (NiMH) y Ion-Litio. Las características principales de cualquier tipo de batería son:

- Cantidad de energía que puede almacenar.
- La máxima corriente que puede entregar (descarga).
- La profundidad de descarga que será la cantidad de energía que puede extraerse de una batería.

Para alimentar el motor eléctrico tipo winch se elige la batería de plomo-ácido ya que tiene una relación desempeño-costos buena.

2.3.4. Funcionamiento de la batería plomo-ácido

La batería de plomo-ácido es un tipo de batería húmeda que almacena la energía eléctrica mediante reacciones electroquímicas de reducción-oxidación (REDOX) (De Alba y Muñoz, 2017). Generalmente proporciona una tensión de 6 V, 12 V y 24V. Estas baterías son ideales para motores de arranque y motores eléctricos porque suministran grandes cantidades de corriente con un bajo costo.

Una batería plomo-ácido consta de un borne positivo (ánodo) y un borne negativo (cátodo), dentro del contenedor se tiene una serie de placas positivas y negativas separadas por un aislante para evitar

un cortocircuito, las placas están hechas de plomo, aunque las negativas están recubiertas de dióxido de plomo. Este conjunto de placas se encuentra sumergidas en un electrolito de ácido sulfúrico ($2H_2SO_4$) (De Alba y Muñoz, 2017).

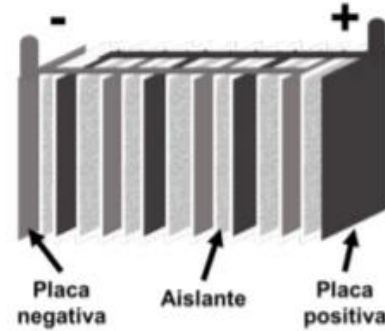


Figura 5-2: Estructura de la celda de una batería plomo-ácido

Fuente: (De Alba y Muñoz, 2017)

El principio de su funcionamiento es que al combinar el plomo y el dióxido de plomo con el electrolito produce sulfato de plomo ($PbSO_4$) por la oxidación y agua. Posteriormente al aplicar una corriente eléctrica entre las placas se produce la electrólisis del agua liberando hidrógeno (H_2) y (O_2) en la placa negativa y positiva respectivamente, al mismo tiempo se produce dióxido de plomo en la placa positiva y en la negativa hay una pérdida de electrones quedando plomo esponjoso (Pb). Este proceso de carga y descarga se puede observar en la ecuación 1.

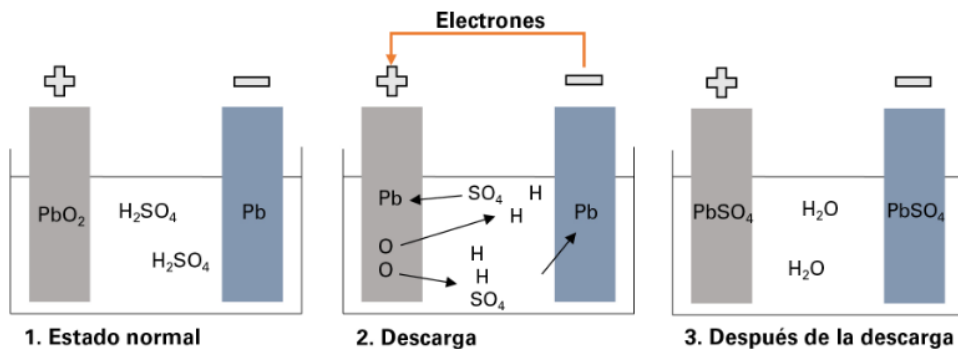
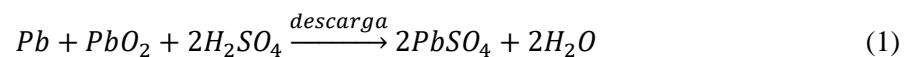


Figura 6-2: Proceso de descarga de la batería plomo-ácido

Fuente: Varta, 2021



2.3.5. Fuente de alimentación

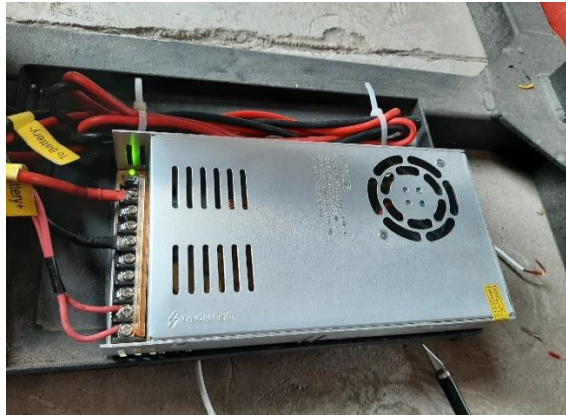


Figura 7-2: Fuente de alimentación de 12 v y 30 A

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

Es un dispositivo electrónico que tiene la función de convertir la corriente eléctrica alterna de entrada de la red a una salida de corriente continua pasando por varias etapas como son transformación, rectificación, filtro y regulación (L, 2020, párr.2).

2.3.5.1. Etapa de transformación

Contiene un transformador que tiene la finalidad de convertir la corriente alterna de la red en otra del mismo tipo, pero con un diferente nivel de voltaje (Nieto, 2015b).

2.3.5.2. Etapa de rectificación

Contienen diodos rectificadores que se encargan de rectificar la señal eléctrica arrojada por los bobinados secundarios del transformador (Nieto, 2015a).

2.3.5.3. Etapa de filtrado

Se utiliza varios capacitores para eliminar los picos de tensión alterna, se lo consigue cargando dichos capacitores a su máxima capacidad y se descargan lentamente para lograr suavizar la señal proveniente de la rectificación (Nieto, 2015b).

2.3.5.4. Etapa de regulación

Se utiliza circuitos integrados con el fin de mantener constante las características del sistema y mantener independiente el estado de entrada con la salida (Nieto, 2015b).

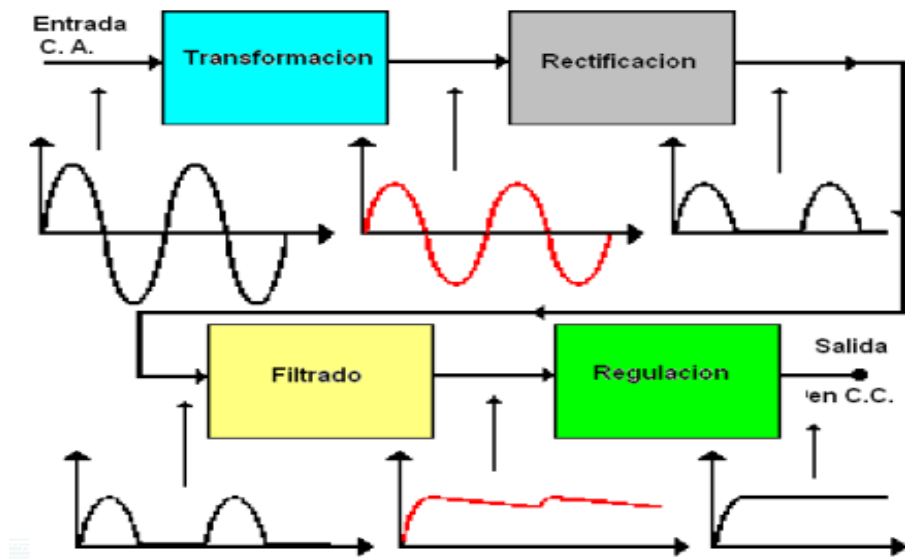


Figura 8-2: Etapas de la fuente de alimentación

Fuente: (Ramírez Darío, 2011)

2.3.6. Soldadura

La soldadura es un proceso que se utiliza para unir dos o más piezas metálicas entre sí (Giachino y Weeks, 2007, p.56). Existen varios tipos de soldadura que se utiliza en diferentes industrias, sin embargo, las más comunes son: GMAW, GTAW y SMAW.

2.3.6.1. Soldadura GMAW

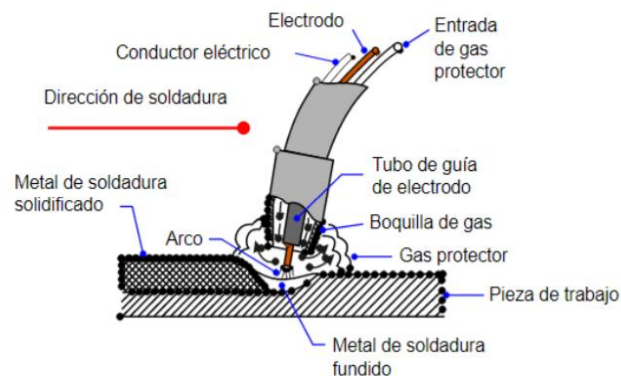


Figura 9-2: Detalle del proceso GMAW

Fuente: (Giachino y Weeks, 2007).

Según la Sociedad Americana de Soldadura (AWS), la soldadura GMAW (Gas Metal Arc Welding) corresponde a la soldadura MIG/MAG que quiere decir, soldadura metálica por gas inerte y soldadura metálica por gas activo respectivamente. Utilizan como gas protector el Argón, Helio, CO₂ o una mezcla entre el CO₂ y el Argón; este tipo de soldadura utiliza un material de

aporte conocido como hilo electrodo continuo que se abastece automáticamente mediante la pistola de soldadura cuya velocidad de soldeo se la puede regular (Giachino y Weeks, 2007, p.166). En el proceso de soldadura, el baño de fusión se encuentra protegido por el gas protector, el mismo que es suministrado por la pistola de soldadura (Giachino y Weeks, 2007, p.169).

Este proceso de soldadura puede ser automático o semiautomático, por lo que, es el más utilizado ya que presenta una fácil especialización y su técnica de soldar se la puede lograr en unas pocas horas.

2.3.6.2. Soldadura GTAW

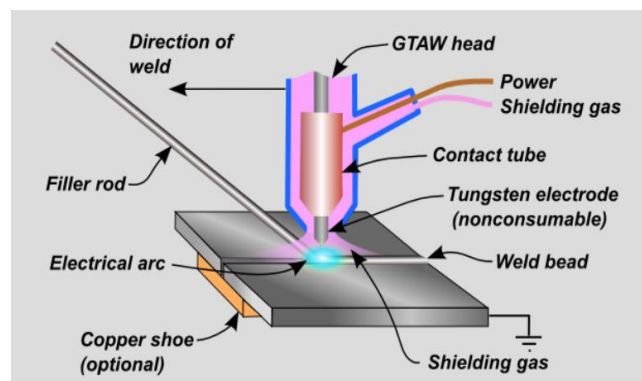


Figura 10-2: Detalle del proceso de soldadura GTAW

Fuente: (Rodríguez Rodríguez y Tole Martínez, 2017)

La soldadura GTAW (Gas Tungsten Arc Welding) también denominada soldadura TIG (Tungsten Inert Gas) es un proceso de soldadura por arco que utiliza un electrodo de tungsteno no consumible para producir la soldadura (Rodríguez Rodríguez y Tole Martínez, 2017). Se caracteriza porque el área donde se realiza la soldadura y el electrodo se protegen contra la oxidación o cualquier contaminación que pueda existir en el ambiente.

El área de protección se realiza mediante un gas inerte que puede ser tanto el argón como el helio junto a un metal de relleno, aunque algunas soldaduras autógenas no necesitan de este (Rodríguez Rodríguez y Tole Martínez, 2017).

2.3.6.3. Soldadura SMAW

La soldadura SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) es un proceso donde se funden los metales por medio del calor de un arco eléctrico sostenido entre la punta de un electrodo revestido y la superficie del metal base, en la unión que se está soldando (Rodríguez Rodríguez y Tole Martínez, 2017).

Este proceso de soldadura es ideal para construcciones de estructuras de acero de aleaciones ferrosas, sin embargo tiene desventaja en la eficiencia porque se necesita una cantidad de electrodos constante y la eliminación de la escoria que se genera en el proceso haciendo que el proceso de soldadura sea lento. Es la más asequible por el coste de las máquinas, simplicidad y facilidad de uso como se puede ver en la Figura 11-2 donde se visualiza el equipo para realizar la soldadura.

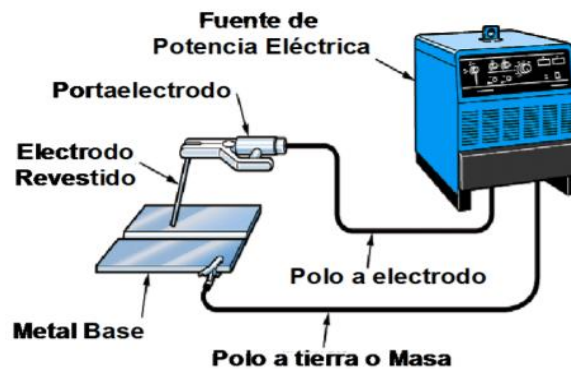


Figura 11-2: Equipo para la soldadura SMAW

Fuente: (Rodríguez Rodríguez y Tole Martínez, 2017)

El principio de este tipo de suelda es dejar caer gotas de metal del electrodo fundido que se transfiere por medio del arco al charco de soldadura y los gases que se generan lo protegen de la atmósfera. La escoria que se genera flota en la superficie del charco y protege el metal de soldadura durante la solidificación, una vez que se ha solidificado se debe retirar la escoria que se generó (Rodríguez Rodríguez y Tole Martínez, 2017).

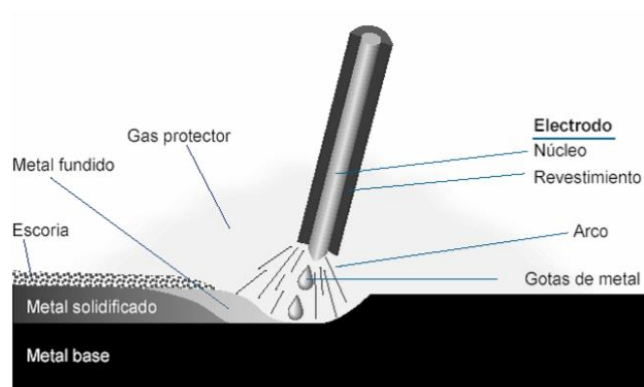


Figura 12-2: Detalle del proceso de soldadura SMAW

Fuente: (Rodríguez Rodríguez y Tole Martínez, 2017)

El uso del electrodo revestido es para estabilizar el arco y proteger el metal fundido con los gases que se generan a temperaturas mayores a 5000 °C en su centro, la fusión se realiza en el instante

que se produce el arco (Rodríguez Rodríguez y Tole Martínez, 2017). El uso del electrodo revestido es para estabilizar el arco y proteger el metal fundido con los gases que se generan a temperaturas mayores a 5000 °C en su centro, la fusión se realiza en el instante que se produce el arco (Rodríguez Rodríguez y Tole Martínez, 2017).

2.3.7. *Tubos de acero*



Figura 13-2: Tubos de aceros acero al carbono

Fuente: Aceros Bahía, 2018.

En el mercado se puede encontrar tubos de acero inoxidable, acero al carbono, acero galvanizado entre otras, y se utilizan principalmente para realizar estructuras metálicas ya que son ideales para soportar grandes cargas.

Se pueden encontrar tubos de varias formas, los mismos que son laminados en frío y construidos mediante aleaciones con diferentes materiales como el aluminio, titanio, magnesio, entre otros, con el fin de otorgar propiedades únicas al elemento final (Importaceros, 2021, p.60).

Existen tubos de diferentes formas, las más utilizadas para realizar construcciones de estructuras metálicas son los siguientes:

a) *Tubos redondos*

Los tubos estructurales redondos son ideales para crear sistemas estructurales metálicos que posean una elevada resistencia a los esfuerzos, además, tiene la ventaja de ser manuales y prácticos al momento de construir. Se los puede encontrar en acero galvanizado y acero negro y su aleación es de hierro-carbono y se usan principalmente para la construcción de puentes, viviendas, galpones (Importaceros, 2021).

b) *Tubos cuadrados*

Los tubos cuadrados estructurales por lo general son de aleaciones de hierro – carbono; poseen la ventaja de ser altamente resistentes a los esfuerzos, a la oxidación y su superficie es de fácil soldabilidad con otros tubos metálicos, por lo que son empleados en construcción donde abarca una enorme cantidad de peso como puede ser en las construcciones de edificios, puentes, centros comerciales (Importaceros, 2021, p.57).

c) *Tubos rectangulares*

Los tubos estructurales rectangulares son de aleación hierro – carbono obteniendo propiedades ventajosas como la resistencia a las elevadas temperaturas, oxidación y resistente al peso elevado, son ampliamente usados en diversas industrias de la construcción otorgando un buen acabado y una fácil soldabilidad (Importaceros, 2021, p.61).

2.3.8. Esfuerzos y deformaciones

Los elementos de la estructura de la plataforma para pruebas de inclinación estarán sometidos además de su propio peso, a otras fuerzas y cargas externas que actuarán sobre ellas. El esfuerzo es una fuerza que actúa sobre un área para que el material no sea deformado por las cargas (Capote Luna, 2011). Se denota con la letra griega sigma σ y los tipos de esfuerzos que se generan son: esfuerzo de flexión, tracción, torsión, compresión y cortante.

A consecuencia de los esfuerzos, se generan las deformaciones y la deformación se define como el alargamiento producido en un material por una carga, en otras palabras, el cambio de dimensiones del cuerpo (Capote Luna, 2011, p.2). Cuando se quita la carga a la que fue sometido un cuerpo de un material la fuerza que se ejercía desaparece, pero la deformación puede desaparecer o puede no hacerlo. En función de esto tenemos dos tipos de deformaciones, una deformación elástica y una deformación plástica.

2.3.8.1. Esfuerzo de tensión o tracción

El elemento estará sometido a un esfuerzo de tracción cuando se aplica dos fuerzas que actúan en direcciones opuestas y estiran el cuerpo. A consecuencia de este tipo de esfuerzo, el cuerpo sufre de un alargamiento en el eje X mientras que en los ejes Y y Z sufre de una disminución, a este fenómeno se lo conoce como módulo de Poisson (Capote Luna, 2011, p.7).

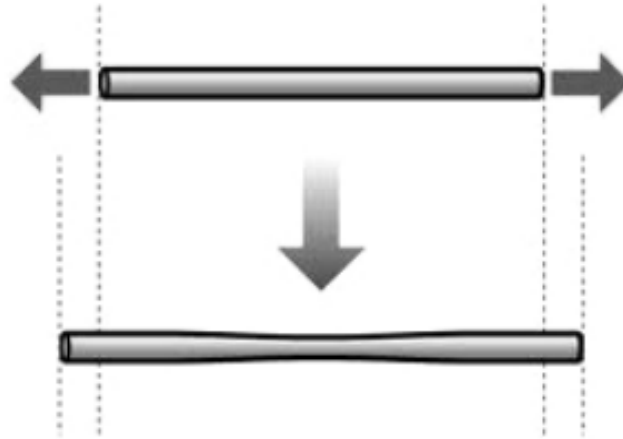


Figura 14-2: Esfuerzo de tracción

Fuente: (Capote Luna, 2011)

2.3.8.2. Esfuerzo de compresión

Un cuerpo estará sometido a un esfuerzo de compresión al aplicarse dos fuerzas en el mismo sentido lo que genera un acortamiento. A diferencia de la tracción se comprimen las partículas de un material, provocando acortamientos en el cuerpo como se puede ver la figura inferior (Capote Luna, 2011, p.8).

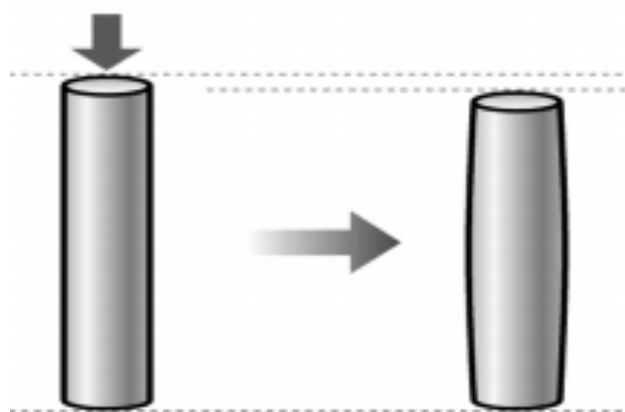


Figura 15-2: Esfuerzo de compresión

Fuente: (Capote Luna, 2011)

2.3.8.3. Esfuerzo de flexión

La combinación de los esfuerzos de compresión y tracción produce el esfuerzo de flexión. El elemento sometido a flexión se doblará, generalmente este tipo de esfuerzo se ven en estructuras de vigas. La característica de un esfuerzo de flexión en un cuerpo es que las fibras superiores se

alargan mientras que las inferiores se acortan generando una deformación. El esfuerzo que provoca la flexión también se denomina momento flector (Capote Luna, 2011, p.10).

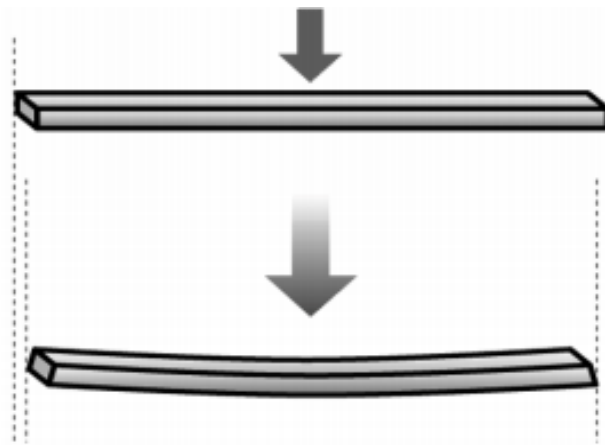


Figura 16-2: Esfuerzo de flexión

Fuente: (Capote Luna, 2011)

2.3.8.4. Esfuerzo de torsión

El esfuerzo de torsión es una reacción interna que se presenta cuando se aplica un momento sobre el eje longitudinal de un elemento constructivo como es el caso de la plataforma de inclinación para pruebas de inclinación. Estas fuerzas tienden a retorcer el eje y dan lugar a tensiones cortantes (Capote Luna, 2011, p.15).

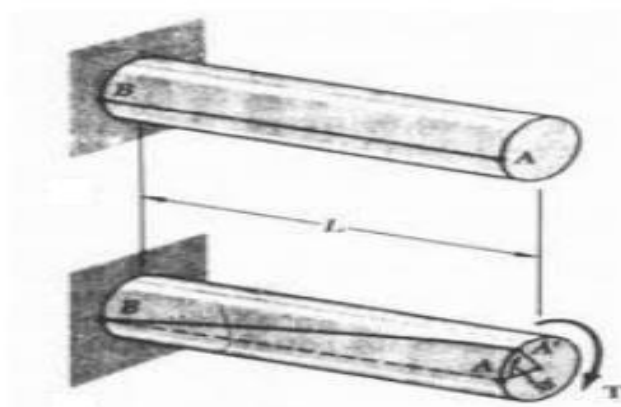


Figura 17-2: Esfuerzo de torsión

Fuente: (Capote Luna, 2011)

2.3.8.5. Esfuerzo cortante

Es el esfuerzo que soporta un cuerpo cuando actúan fuerzas que son perpendiculares en la misma superficie, haciendo que las partículas del material se desplacen las unas sobre las otras.

Normalmente, el esfuerzo de cortadura no se presenta aislado, suele ir acompañado de algún otro esfuerzo, y dependerá del tipo de material a cortar (Capote Luna, 2011).

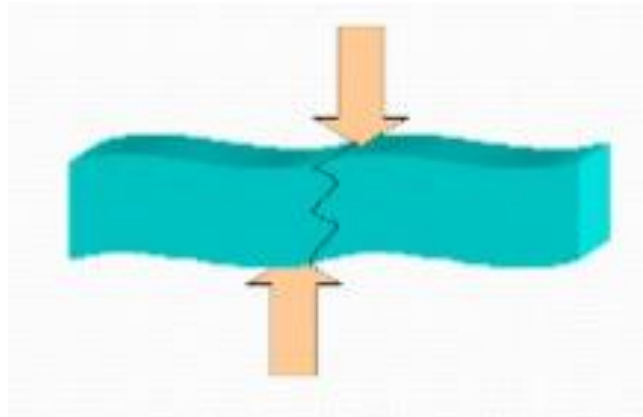


Figura 18-2: Esfuerzo cortante

Fuente: (Pozo Ramírez y Puma Benavides, 2014)

2.3.8.6. Deformación elástica

Esta deformación ocurre cuando el material que fue sometido a una carga recupera su forma original una vez se haya descargado. La recuperación de su forma en un inicio se produce por la tendencia de los átomos a recuperar su distancia interatómica que se alteró por la carga ejercida (Capote Luna, 2011, p.3).

2.3.8.7. Deformación plástica

Esta deformación se genera cuando al quitar la carga aplicada en un cuerpo, este no regresa a su forma original. Este tipo de deformación se produce porque la distancia interatómica se fuerza y por lo tanto las uniones atómicas se rompen, a consecuencia de esta ruptura no existe una fuerza que quiera recuperar su esta inicial. Los átomos se desplazan en la posición sin que haya cambio volumétrico, pero sí de forma (Capote Luna, 2011, p.3).

2.3.9. Pintura electrostática

El proceso de pintura electrostática es una tecnología que se usa para generar un bañado de pintura de las superficies metálicas en forma de polvo, posteriormente, se realiza un tratamiento térmico para generar la correcta adherencia (Jozsef y Blaga, 2020, p.45).

Los metales que son pintados con esta tecnología adquieren la ventaja de resistencia al desgaste, abrasión, rayones, oxidación y salinidad. Estas ventajas se generan gracias al agarre de la pintura sobre las superficies metálicas a las que se está aplicando.

Para llevar a cabo el pintado primeramente se debe pasar por varias fases de limpieza (baño de fosfato) para eliminar todo tipo de impureza que pueda afectar el acabado final, posteriormente, se utiliza maquinarias especiales para este tipo de trabajos como es una máquina para pintura electrostática y una pistola pulverizadora que trabaja con alto voltaje (220v), mediante una manguera que va conectada a la máquina se alimenta de pintura en polvo y con el aire comprimido lo expulsa hacia el exterior pulverizado por la boquilla, las partículas de pintura se cargan positivamente y en el proceso de expulsión pasa de carga positiva a carga negativa y son atraídas por las paredes metálicas para finalmente adherirse (Jozsef y Blaga, 2020, p.46).



Figura 19-2: Máquina y pistola electrostática

Fuente: Pintulac, 2020.

Una vez terminada de rociar toda la pieza de pintura en polvo, se la introduce a la pieza dentro de un horno para fundir a la pintura y generar una correcta adherencia al metal. Esta cocción va desde los 100 a 350 °C durante un tiempo de 15 a 60 min todo esto dependerá del material que se desea pintar (Jozsef y Blaga, 2020, p.46).

Las principales ventajas para usar esta pintura electrostáticas son las siguientes:

- Alta adherencia
- Elevada protección
- Resistencia a la abrasión
- Resistencia a la humedad

- Resistencia al desgaste
- Resistente a la corrosión
- Pintura fina uniforme

2.3.10. *Inclinómetro digital*

Es un dispositivo que se utiliza para medir ángulos de inclinación respecto a la horizontal. Este instrumento es utilizado en varias industrias como la aeronáutica, naval y automotriz (MESUREX, 2021, párr1).



Figura 20-2: Inclinómetro magnético digital

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021

2.3.11. *Software de diseño y simulación*

Para llevar a cabo la construcción del proyecto se realiza el diseño de la plataforma y posteriormente la simulación, haciendo uso de software que sean capaces de brindar todas las herramientas de diseño con el fin de obtener un producto de calidad. Los programas de diseño y simulación que se han optado son los siguientes:

2.3.11.1. *Software SOLIDWORKS*



Figura 21-2: Software CAD

Fuente: (SOLIDWORKS, 2021)

SOLIDWORKS es un software CAD (*Computer Aided Design*) que se dedica principalmente al diseño de piezas mecánicas en dos y en tres dimensiones. Es un programa de diseño muy versátil el cual posee un sinnúmero de opciones que son necesarias para realizar una buena construcción de piezas. También posee la capacidad de realizar simulaciones para identificar la capacidad de resistencia de las piezas cuando se encuentran bajo ciertas cargas (SOLIDWORKS, 2021, párr.2).

2.3.11.2. Software ANSYS



Figura 22-2: Software CAE para simulación

Fuente: (ANSYS, 2021)

ANSYS es un programa CAE (*Computer Aided Engineering*), en otras palabras, es un software creado principalmente para realizar simulaciones de elementos mediante computadora, además, presenta la ventaja de brindar aplicaciones en varios campos como pueden ser dinámica de fluidos, mecánica estructural, entre otras (ANSYS, 2021, párr.1).

Estos softwares CAE brinda gran facilidad para las empresas ya que les otorga las ventajas de predecir como un elemento puede funcionar en la vida real lo que conlleva a una facilidad y reducción de costos y al mismo tiempo mejora la calidad y reduce los riesgos de fallo a la hora de fabricar productos o prototipos; esto hace que las empresas sean más competitivas y productivas (ANSYS, 2021, párr.2).

2.4. Marco legal

En el documento del reglamento SAE del año 2020 se establece las lineamientos y requisitos que se deben cumplir para la aprobación de la prueba de inclinación, prueba que se realizará a todos los vehículos monoplaza de la competencia que se realice.

2.4.1. Inspección técnica

El objetivo de la Inspección Técnica es determinar si el vehículo cumple con los requisitos y restricciones de las Reglas de Fórmula SAE y si, considerado en su conjunto, satisface la intención de las Reglas (SAE International, 2020).

2.4.2. Prueba de inclinación

2.4.2.1. Requisitos de la prueba de inclinación

- a) El vehículo debe contener la cantidad máxima de líquidos que puede transportar.
- b) El conductor más alto debe estar sentado en la posición de conducción normal.
- c) Las pruebas de inclinación se pueden realizar en una o ambas direcciones para aprobar (SAE International, 2020).
- d) (Solo IC) Los motores equipados con bombas de combustible accionadas mecánicamente deben funcionar para llenar y presionar el sistema aguas abajo de la bomba de alta presión.

2.4.2.2. Criterio de la prueba de inclinación

No hay fugas de fluido de ningún tipo cuando el vehículo está inclinado a un ángulo de 45 ° con respecto a la horizontal (SAE International, 2020).

El vehículo no rueda cuando se inclina en un ángulo de 60 ° con la horizontal, correspondiente a 1,7 g (SAE International, 2020).

2.4.2.3. Finalización de la prueba de inclinación

Las pruebas de inclinación deben aprobarse antes de que un vehículo pueda intentar realizar más inspecciones (SAE International, 2020).

2.4.3. Norma INEN 2415

Según la norma (INEN, 2006, p.1) “establece los requisitos que deben cumplir los tubos de acero al carbono tanto negros como galvanizados, conformados en frío, soldados (con costura) de sección circular, cuadrada, rectangular o especial para aplicaciones estructurales y usos generales”.

Para realizar la construcción de la plataforma de inclinación tomamos en cuenta los siguientes requerimientos según la norma INEN 2415 los cuales nos servirán para elegir los tubos adecuados para construir la estructura metálica y que sea capaz de soportar todas las cargas que se puedan presentar en la plataforma sin sufrir alguna deformación permanente.

2.4.3.1. Requisitos específicos

En la materia prima, el acero base debe cumplir con las propiedades mecánicas especificadas en la siguiente tabla y cualquier otro tipo de material de acero que se utilice debe basarse con el grado mínimo de 230. En la materia prima, “el acero base para la fabricación de los paneles debe cumplir con las propiedades mecánicas especificadas en la Tabla 1-2. Cualquier otro tipo de acero utilizado, debe cumplir mínimo con los requerimientos del grado 230” (INEN, 2006, p.2).

Tabla 1-2: Propiedades mecánicas del acero base

Grado	Límite de fluencia (Mpa)	Resistencia a la tracción (Mpa)	b) Elongación %
230	230	310	20
250	250	330	19
255	255	360	18
275	25	380	16
340	340	450	12
550	550	570
a) Los valores especificados en esta tabla son los requisitos mínimos. b) La elongación está en función de una probeta de 50 mm de longitud calibrada.			

Fuente: (INEN, 2006)

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

En las propiedades mecánicas, “la tubería debe cumplir con las especificaciones de esfuerzos a la tracción y porcentajes de elongación establecidos en la Tabla 2-2” (INEN, 2006, p.2).

Tabla 2-2: Propiedades y clasificación mecánicas

Grado	Descripción	Límite de fluencia min (Mpa)	Resistencia a la tracción min. (Mpa)	Elongación % mín.		
				< a 1,6 mm de espesor	≥ 1,6 mm ≤ 2,5 mm de espesor	> 2,5 mm de espesor
A	Tubo para usos generales	(170)	(270)	(25)	(25)	(25)
B	Tubos estructurales	180	270	25	25	25
C		205	340	21	24	25
D		250	365	17	21	22
E		345	450	11	16	17
Valores opcionales ()						

Fuente: (INEN, 2006)

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

Con respecto a la composición química, “el material utilizado para la fabricación de tubería debe ser acero al carbono, apto para ser soldado y su composición química debe cumplir con las especificaciones establecidas en la Tabla 3-2” (INEN, 2006, p.2).

Tabla 3-2: Designación y composición química de materiales

Designación	Composición máx. %			
	C	Mn	P	S
Grado A	0,12	0,50	0,040	0,045
Grado B	0,20	0,50	0,040	0,040
Grado C	0,20	0,60	0,040	0,040
Grado D	0,25	0,90	0,040	0,040
Grado E	0,25	1,25	0,040	0,040

Fuente: (INEN, 2006)

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Diagrama de etapas del proyecto

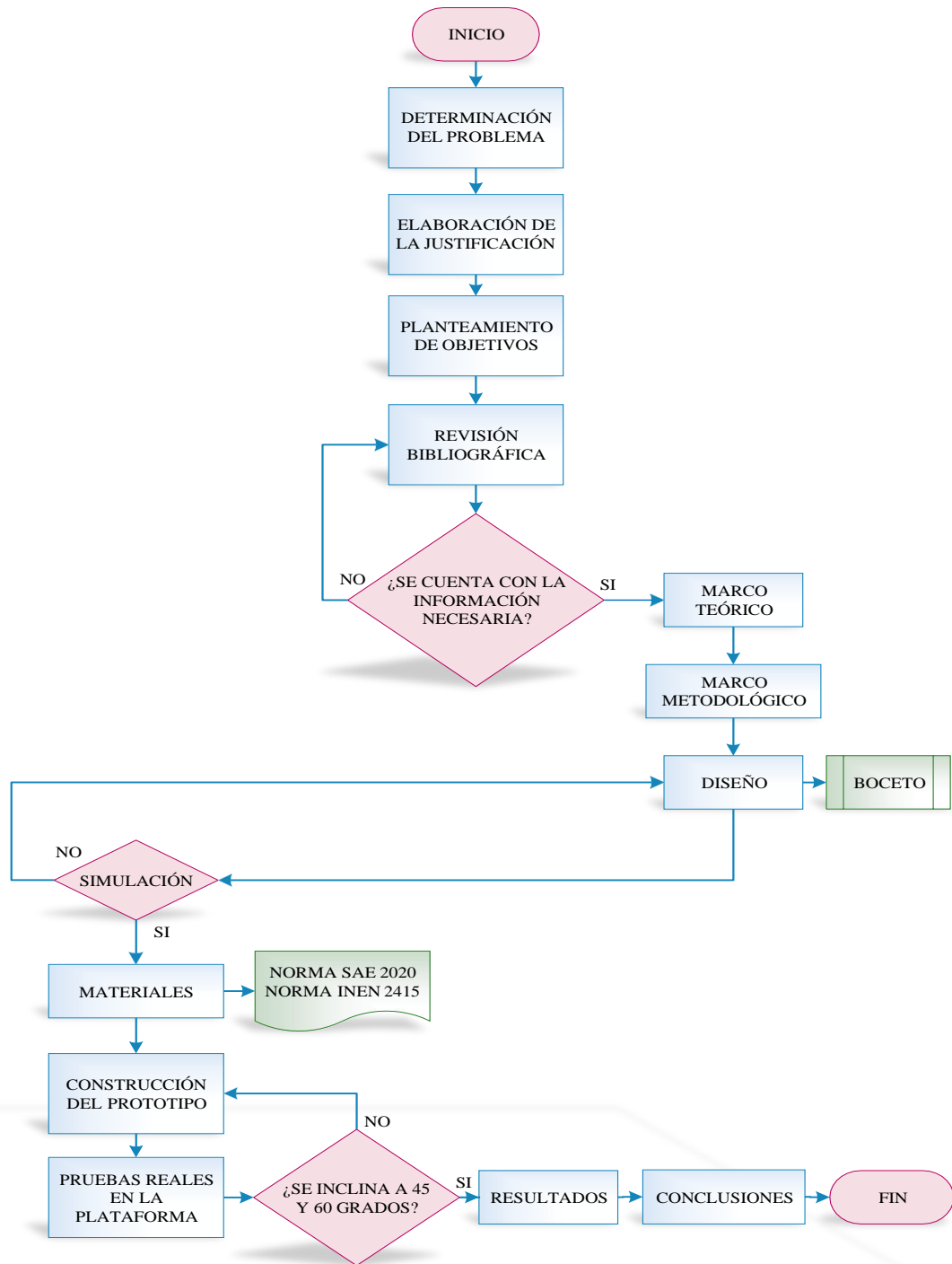


Figura 1-3: Diagrama de flujo de actividades para la creación del proyecto

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

3.2. Metodología de investigación a realizar

3.2.1. Tipo de estudio

Los tipos de estudio que se realizan en la investigación presente son los siguientes:

El estudio de tipo exploratorio porque se realiza una familiarización con el área o problemática de estudio; es por ello, que se hace una indagación sobre todos los temas de interés que nos pueda ser de utilidad para el presente proyecto (Cegarra Sánchez, 2004, p.92).

Estudio de tipo aplicado, se usa este tipo de estudio ya que, al finalizar el presente proyecto, éste se va a utilizar no solo para realizar las respectivas pruebas en el vehículo Fórmula SAE en el monoplaza, sino que también servirá para futuros proyectos que se puedan realizar (Cegarra Sánchez, 2004).

3.2.2. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación del proyecto tiene un enfoque cualitativo debido a que se toma datos no estadísticos, es decir, se hará uso de documentos como las normas SAE 2020 e INEN 2415 que serán de ayuda para llevar a cabo la elaboración del proyecto. Se utiliza el método de revisión bibliográfica para lograr fundamentar la selección de materiales que se utilizarán en la creación del trabajo. Es de tipo experimental ya que se pretende realizar la fabricación de la plataforma de inclinación mediante el ensamble de distintos elementos para obtener un objeto final (Cegarra Sánchez, 2004, p.101).

3.2.3. Métodos, técnicas e instrumentos

Para la elaboración del siguiente trabajo se optó por hacer uso del método científico, el cual se caracteriza por realizar una observación sistémica, ordenada y flexible lo que permite adquirir nuevos conocimientos sobre la construcción de la plataforma (Cegarra Sánchez, 2004, pp.102-103).

Mediante el uso de este método se puede realizar la experimentación logrando obtener como resultado la elaboración de la plataforma de inclinación para el vehículo Fórmula SAE.

3.2.3.1. Método inductivo

En el presente proyecto se hace uso del método inductivo, debido a que se hace la recolección de información que serán de utilidad para la creación del proyecto, esta información se las obtiene

de fuentes secundarias debido a que no se obtiene directamente del lugar de los hechos, sin embargo, la información adquirida es confiables (Cegarra Sánchez, 2004, pp.83-84).

3.2.3.2. Método sintético

Se usa este método debido a que el método sintético analiza de manera individual y de manera ordenada cada elemento para lograr estudiarlos en su totalidad y posteriormente lograr ensamblarlos y obtener como resultado la plataforma de inclinación, que será usada para la prueba basculante (Cegarra Sánchez, 2004).

3.2.3.3. Técnicas

Para efectuar el proyecto se hace uso de la técnica documental el cual nos será de ayuda para la recolección de datos e información sobre trabajos históricos relacionados con la construcción de la plataforma de inclinación, una vez obtenida la información pertinente se procede a su análisis utilizando una técnica de observación indirecta estructurada la misma que nos servirá para lograr obtener una idea sobre como poder generar la construcción del proyecto basándonos en trabajos anteriores.

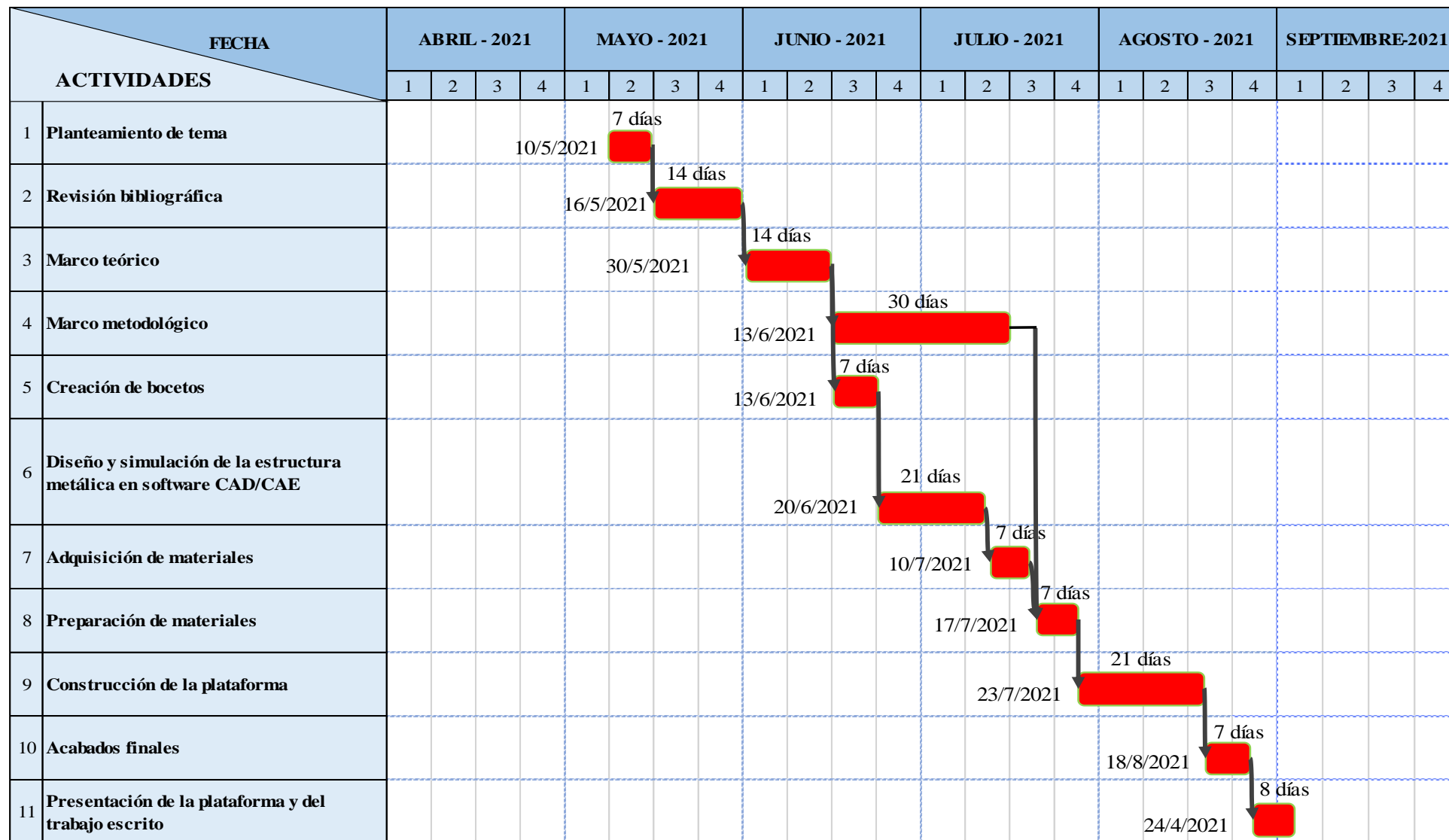
3.2.3.4. Instrumentos

Para la recolección de la información se utiliza la plataforma Google Académico, Science Direct, Scopus y videos, que son fuentes secundarias confiables de las que se puede obtener datos referentes al tema de estudio. También se hace uso de software CAD (SolidWork) para realizar el diseño de la estructura y el software CAE (ANSYS) para generar las simulaciones de la resistencia a las cargas que se puedan presentar en la plataforma.

3.3. Desarrollo del proyecto

3.3.1. Cronograma (Planificación de actividades)

Tabla 1-3: Cronograma de actividades en el periodo Mayo – Septiembre del 2021



Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

3.3.2. Recursos y materiales

3.3.2.1. Presupuesto

Tabla 2-3: Presupuesto de materiales utilizados en la fabricación del mecanismo

Gastos Directos				
		Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1	Tubo cuadrado 50x3 (mm)	7	\$50,00	\$350,00
2	Tubo rectángulo 20x40x1,5 (mm)	1	\$13,37	\$13,37
3	Plancha	1	\$10,00	\$10,00
4	Plancha corrugada	1	\$76,00	\$76,00
5	Servicio de corte para plancha	1	\$20,00	\$20,00
6	Correa G 60x30x1,5 (mm)	1	\$18,27	\$18,27
7	Platina 50x50x6 (mm)	10	\$2,00	\$20,00
8	Fuente de alimentación de 12v	1	\$35,00	\$35,00
9	Winche eléctrico	1	\$250,00	\$250,00
10	Polea guía del riel ascendente	1	\$8,00	\$8,00
11	Polea central	1	\$18,00	\$18,00
12	Inclinómetro magnético	1	\$60,00	\$60,00
13	Correa de amarre con tensor	1	\$18,00	\$18,00
14	Rueda de goma (250 lb)	2	\$20,00	\$40,00
15	Cable de electrodo	1	\$25,00	\$25,00
16	Discos de corte	10	\$2,50	\$25,00
17	Cable de acero 1/4 in (metros)	5	\$5,00	\$25,00
18	Pintado electrostático	1	\$120,00	\$120,00
19	Lija (Diferente medida)	5	\$0,50	\$2,50
20	Pernos (Diferentes medidas)	6	\$0,40	\$2,40
21	Tuercas (Diferentes medidas)	6	\$0,30	\$1,80
22	Tiñer (Litros)	1	\$2,00	\$2,00
Total				\$1.140,34

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

Tabla 3-3: Gastos que influyen indirectamente con la construcción de la plataforma

Gastos Indirectos		
1	Alimentación	\$140,00
2	Alojamiento	\$90,00
3	Movilización	\$200,00
4	Imprevistos	\$50,00
5	Impresiones	\$40,00
6	Encuadernación	\$40,00
Total		\$560,00

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

Tabla 4-3: Presupuesto total

Total de Gastos	
Gastos directos	\$1.140,34
Gastos indirectos	\$560,00
Total	\$1.700,34

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

3.3.2.2. *Talento Humano*

El talento humano involucrado en el presente proyecto se encuentra conformado por las siguientes personas Dr. Olga Barrera interviene como directora del proyecto, Ing. Luis Buenaño como asesor del proyecto, Eddy Huanca como autor directo del proyecto y Alexis Sani como autor directo del proyecto. Los presentes colaboradores que participan en la elaboración del proyecto influyen positivamente para lograr construir el mecanismo y la plataforma de manera eficiente.

3.3.2.3. *Equipos y materiales*

Para realizar la construcción de la estructura metálica se hace uso de equipos eléctricos, una de ella es la amoladora y una sierra eléctrica que se utiliza para recortar los tubos de acero eficientemente y con gran precisión, con el fin de encajar bien las piezas.

También, se utiliza un equipo de soldadura de tipo TIG que servirá para unir todas las piezas metálicas recortadas y formar lentamente la estructura.

Otro equipo que se utiliza es un compresor de aire con el fin de darle los retoques y acabados finales a la plataforma completa una vez esté terminada.

Los materiales que se implementaron fueron tubos cuadrados metálicos que se utilizan para crear toda la estructura metálica, además se utiliza una plancha metálica antideslizante que servirán como soporte de las ruedas del Fórmula SAE al momento de realizar la prueba tilt test. También, se utiliza ruedas metálicas que sirve para dar movimiento a la plataforma al momento de la prueba. Otro material que se utiliza es una polea de acero sobre la que se asentará el cable del motor para poder realizar la inclinación de la plataforma a los diferentes ángulos de inclinación.

Se usa un perfil de tipo G o también conocido como correa metálica, ésta servirá como columna de la base y en su interior se aplicará un sistema de riel para que la plataforma pueda moverse verticalmente de forma correcta.

El elemento principal que se usa es el motor eléctrico o también conocido como winch, el cual servirá para realizar el trabajo de tirar o alar a la plataforma y levantarla al ángulo que se desea. Para hacer funcionar el winch, se hace uso de una batería de 12 v; sin embargo, para evitar el proceso de carga y descarga de la batería, se utiliza una fuente de alimentación de 12 v y que arroja una corriente de hasta un máximo de 30 amperios que son los suficientes para inclinar la plataforma en plena carga. También se hace uso de varios pernos de diversas medidas que se usan para asegurar las ruedas y otros elementos que podrían sufrir algún desperfecto por causa del peso y del trabajo que realicen. Adicionalmente, se usa un inclinómetro magnético digital que permite evidenciar la inclinación de la plataforma (45° y 60°).

3.3.3. *Diseño y construcción*

La creación de la plataforma de inclinación para la prueba basculante se llevó a cabo en varias fases iniciando con los bosquejos, seguido por la simulación, la selección de los materiales que se va a utilizar, el ensamblaje y la presentación final del proyecto.

3.3.3.1. *Bosquejo*

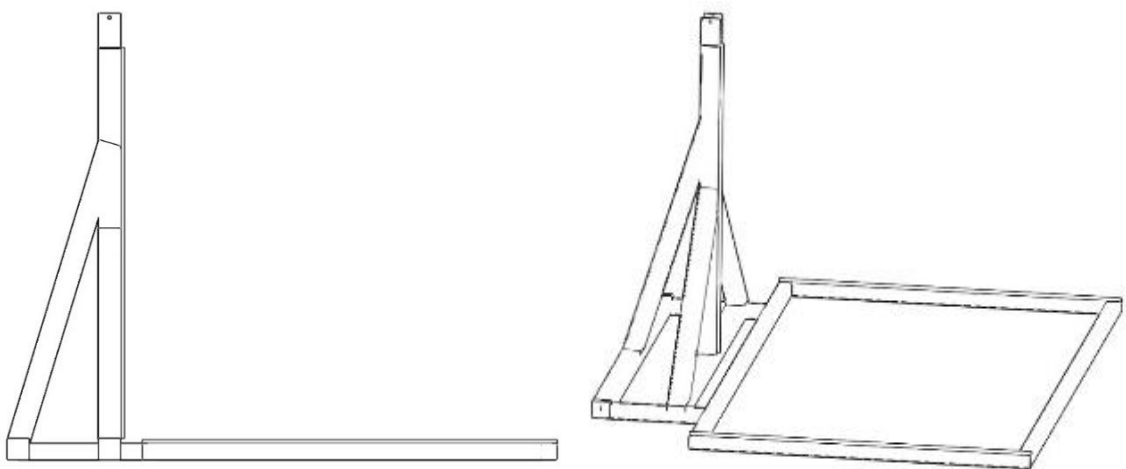


Figura 2-3: Bosquejo de la base

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

El primer bosquejo que se realizó fue la base, este es el elemento donde se acentuaría la plataforma y sobre la que se guiará para lograr inclinarse a los ángulos establecidos en la norma SAE. Para realizar la construcción se planea usar tubos de hierro – carbono de tipo cuadrado y se usa un tubo de mayor dimensión para construir la columna donde iría ubicada la polea, además permitiría su uso como un riel para subir la plataforma linealmente con la ayuda del motor eléctrico. Se ubica un tubo inclinado en la parte posterior de la columna para mitigar los esfuerzos que se puedan producir al momento de realizar la prueba basculante.

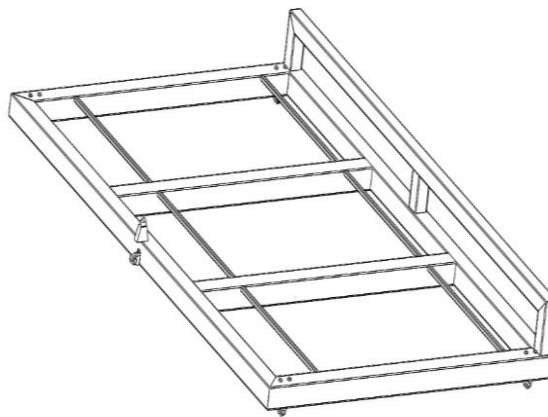


Figura 3-3: Bosquejo de plataforma

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

Para la construcción de la plataforma se plantea usar tubos de acero hierro – carbono de tipo cuadrado con las dimensiones necesarias para soportar el peso del vehículo Fórmula SAE y del conductor en el momento de realizar la prueba tilt test.

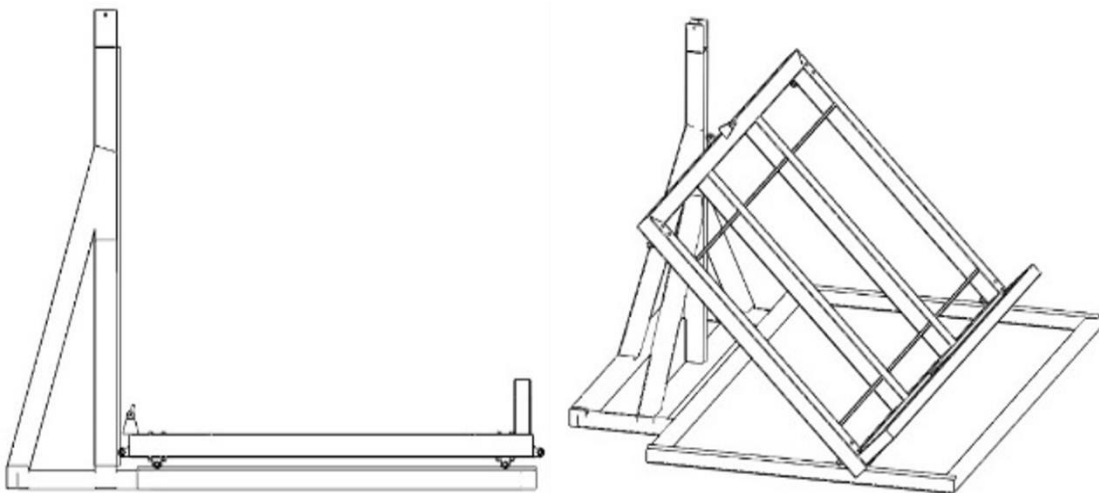


Figura 4-3: Bosquejos del ensamble entre la plataforma y la base

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

Como resultado final, se realiza el ensamblaje entre la base y la plataforma obteniendo el ensamble de la estructura con la que se pretende realizar las pruebas de inclinación en el vehículo Formula SAE. Para que funcione este mecanismo se utiliza un motor eléctrico que irá ubicado sobre el tubo cuadrado posterior que soporta la columna. En la plataforma se ubica un conjunto de ruedas de acero que soportan el peso de todo el conjunto y de esa manera encaja sobre la base; además, se aplica un sistema de riel que será de ayuda para evitar que la plataforma se salga de su trayecto al realizar su movimiento de inclinación durante la prueba.

3.3.3.2. Diseño del dimensionamiento de la estructura

Un dimensionamiento estimado de la estructura se realizó a partir de los planos del monoplaza SAE de la Carrera de Ingeniería Automotriz, el mismo que cuenta con una longitud de 3000 mm aproximadamente y un ancho de 1680 m. Para el dimensionamiento de la plataforma no se ha tomado el largo total de 3000 m, sino que se tomó el valor de la distancia entre ejes ya que es el punto donde se sitúan los neumáticos y donde se concentrará la carga del vehículo monoplaza distribuida en 4 puntos de apoyo, además que al reducir su dimensión se logra abaratar el costo de los materiales en la construcción.

En cuanto a la estructura base, esta se dimensionó a partir de la plataforma ya que debe rodear a la misma, además, debe darle estabilidad y soporte mientras se eleva. Estas medidas se aplicaron en la creación del bosquejo de la plataforma como se ve en la Figura 4-3 y a partir del primer borrador planteado inicialmente se fue mejorando el diseño de la plataforma de inclinación.

La siguiente figura muestra las partes principales de las que se compone el diseño de la plataforma de inclinación.

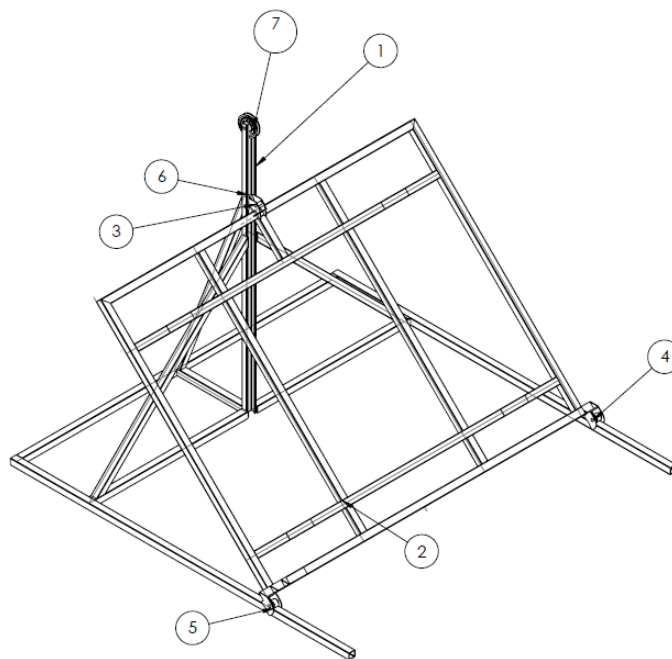


Figura 5-3: Diseño de la plataforma de inclinación y componente principales

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

A continuación, se describe cada uno de los componentes mostrados en la Figura 5-3:

1. Estructura base
2. Plataforma móvil
3. Eje de soporte para el gancho y cable del motor winch
4. Rodamiento para la plataforma
5. Rodamiento para la plataforma
6. Rodamiento para la columna de soporte
7. Polea
8. Motor winch eléctrico

Con el uso del software de SolidWorks se diseñaron estos componentes, para el diseño se utilizó las herramientas de croquis 2D y 3D, las herramientas del software más utilizadas fueron las siguientes: miembro estructural, recortar/extender, extruir, extruir corte, combinar, simetría entre otras más. Mientras que el ensamble se usan relaciones de posición para restringir su movimiento o unir los componentes que se requiera. Las relaciones de posición nos ayudan a dar el ángulo de inclinación deseado de la plataforma, además, nos permite realizar el ensamble de toda la estructura para poder realizar el análisis de esfuerzos, deformación y factor de seguridad con ayuda del programa ANSYS.

3.3.3.3. Diseño de la base

La estructura base es el componente que se va a encargar de dar estabilidad y ser el soporte para el motor de winch eléctrico que levantará por medio de un cable y una polea a la plataforma, su dimensionamiento se basa a partir de las dimensiones de la plataforma pues la misma se ubica en el centro.

El primer diseño realizado de la estructura base tiene unas dimensiones de 1870 mm de ancho y 3015 mm de largo como se puede ver en la Figura 6-3. Para el estudio de análisis estático de la base se hizo uso del software ANSYS y se concluyó que tenía un sobredimensionamiento ya que tanto su deformación máxima como su factor de seguridad mínimo estaban fuera de los rangos normales dimensionamiento según el análisis realizado, el análisis se explica en el apartado de simulación, para este diseño se usó un tubo cuadrado de 100 x 4 mm por lo que se optó por realizar otro diseño con una dimensión del tubo menor de manera que los costos en cuanto al material para su construcción sean menores y además que soporte la carga a la que se verá sometido.

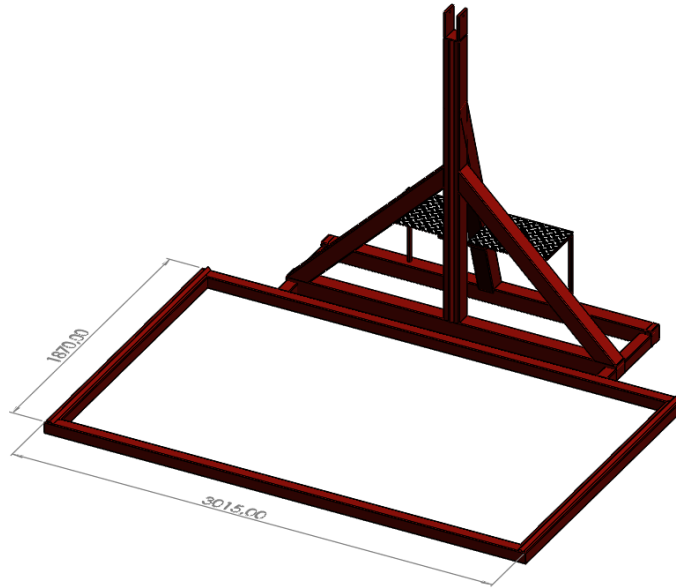


Figura 6-3: Primer diseño de la estructura base

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

En este primer diseño, la base serviría de apoyo para la plataforma y sobre la estructura de la base se apoyaría todo el peso tanto del monoplaza SAE como del piloto, para poder generar la inclinación a 45 y 60 grados se diseñó un mecanismo con rieles y ruedas metálicas para puertas corredizas que seguirían las guías de los rieles a cada extremo, sin embargo se llegó a la conclusión que se podía generar un tambaleo mientras la plataforma alcanzaba su grado de inclinación siendo un riesgo para el piloto y el operador de la plataforma de inclinación.

En el segundo diseño realizado de la estructura base se tenía unas medidas de 2900 mm de ancho por 3126 mm de largo, el primer cambio notorio en el diseño es sus dimensiones en el perfil del tubo y a diferencia del primer diseño realizado esta estructura base rodearía la plataforma y a la vez serviría de guías para generar la inclinación de la plataforma. Aunque las dimensiones aumentaron con referencia al modelo 1 su costo disminuyó, esto es debido a una mejor selección del perfil de tubo a usar, el perfil de tubo para este modelo fue de 50x3 mm y otro de 70x3 mm que se colocó para dar un mejor soporte a la columna de la estructura base. A este diseño también se le realiza su análisis estático.

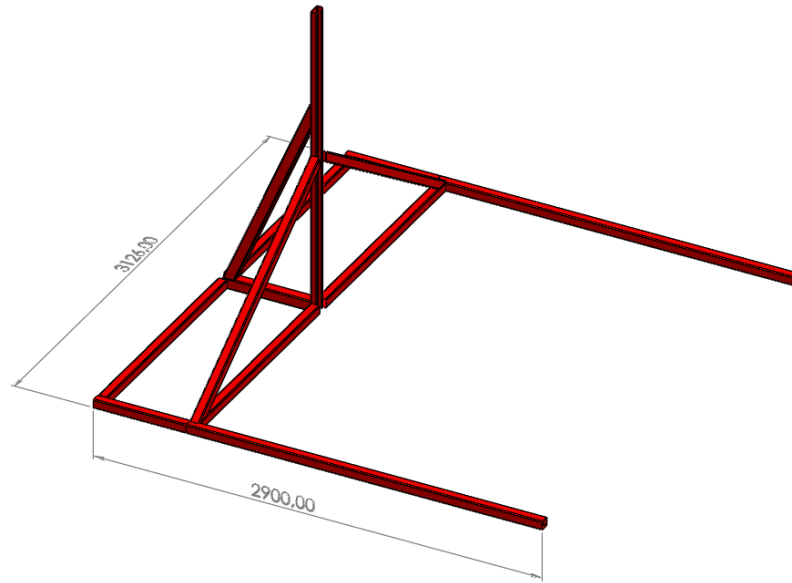


Figura 7-3: Segundo diseño de la estructura base

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

El tercer diseño realizado tuvo un nuevo dimensionamiento como se puede ver en la Figura 8-3, para este nuevo diseño se propuso un ancho de 2900 mm y un largo de 2610 mm, este acorte de medidas se logró gracias a un redimensionamiento de la plataforma. Al igual que con los otros diseños realizados se le realiza un análisis estático con el fin de verificar el comportamiento cuando se levante la plataforma.

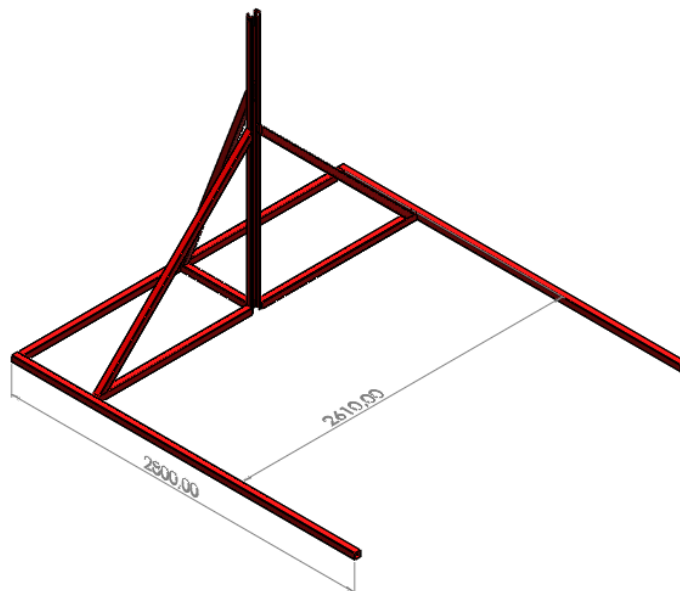


Figura 8-3: Tercer diseño de la estructura base

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

Para el cuarto diseño de la base solo se realizó un cambio en las medidas como se puede ver en la Figura 9-3, teniendo una longitud de 2700 mm y un ancho de 2850mm. Para el modelado de este elemento se usó los siguientes perfiles: el primer perfil de 50x3 mm que conforma casi en su totalidad este elemento, el segundo es un tubo rectangular de 50x25x2 mm el último perfil de tubo que forma parte de este elemento es una correa G de 60x30x10x2 mm, la función de este perfil es servir de guía mientras se levanta la plataforma de manera que esta no descarrile, además que con esto se asegura que la plataforma tenga una mejor estabilidad mientras se eleva. También se puede apreciar una pequeña base donde se ubicará la batería y el controlador. El motor eléctrico tipo winch se colocará en el soporte en la parte trasera, el soporte está soldado al tubo y es importante tener en cuenta que el cable del motor eléctrico debe estar paralelo al tubo ya que con eso se aprovecha su fuerza de arrastre.

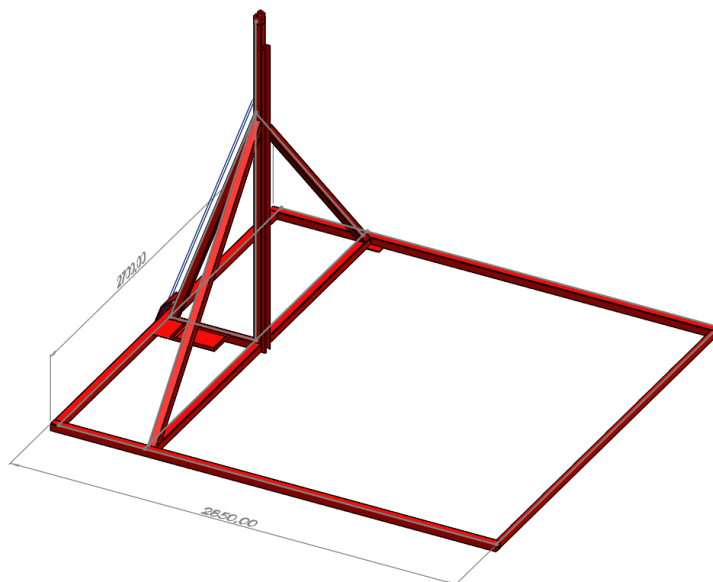


Figura 9-3: Cuarto diseño de la estructura base

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

Comparando los diseños previos realizados con el diseño final, el cambio más notorio es la nueva asignación de perfil reduciendo un 50% de material para la estructura, esto ayuda al costo de adquisición de materiales por demás que se corroboró que su factor de seguridad calculado es mayor a 1. El análisis de su factor de seguridad se muestra en la sección de simulación.

3.3.3.4. Diseño de la plataforma móvil

Para el primer diseño realizado de este elemento se tomó en cuenta las dimensiones del Fórmula SAE, teniendo en cuenta que en el diseño creado se situaría encima de la estructura base y que este elemento sería la estructura que se inclinaría. Para la modelación en este diseño se usó un

tubo cuadrado de 100x3 mm y las dimensiones asignadas en este elemento fueron de 1890 mm de ancho y 3040 mm de largo, inicialmente se asignó este perfil para realizar un estudio de su deformación y esfuerzos cuando está bajo una carga de 5000 N en el software ANSYS, después de obtener los resultados se comprobó que tenía un sobredimensionamiento por lo que se hizo un segundo diseño donde se mejora este sobredimensionamiento en la plataforma. En la Figura 10-3 se ve cómo era el diseño la plataforma inicialmente la cual solo se conformaría de 6 tubos para el piso y las planchas antideslizante en los extremos, también se colocó 4 ruedas metálicas pequeñas en la parte inferior y se asentaría encima de la estructura base, se puede apreciar que se colocó un anillo soldado al tubo donde se colocaría el cable del motor eléctrico.

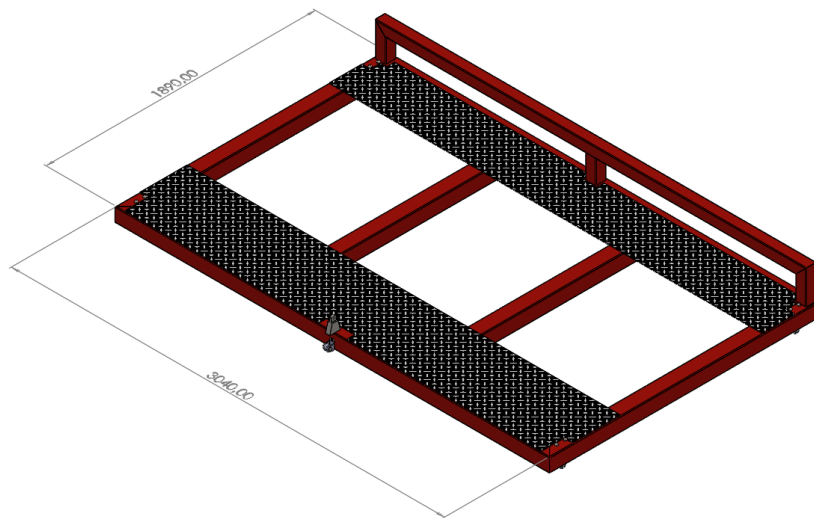


Figura 10-3: Primer diseño de la plataforma móvil

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

En el segundo diseño de la plataforma móvil se utiliza un perfil cuadrado de 50x4 mm de acero estructural, las dimensiones de esta estructura serían de 2000 mm de ancho y 3000 mm de largo como se puede ver en la Figura 11-3, para este diseño se agregó tubos cuadrados a lo largo de la plataforma en la zona donde se sujeta la polea con el fin de reducir los esfuerzos que se puedan suscitar por la carga, también serviría de soporte para la plancha antideslizante y para las ruedas del vehículo SAE. Otro cambio realizado en este diseño es en el lado derecho donde se puede ver una estructura como soporte antideslizante de las ruedas cuando alcance la máxima inclinación, para este apoyo se usó un tubo cuadrado de 20x3 mm soldado a la plataforma.

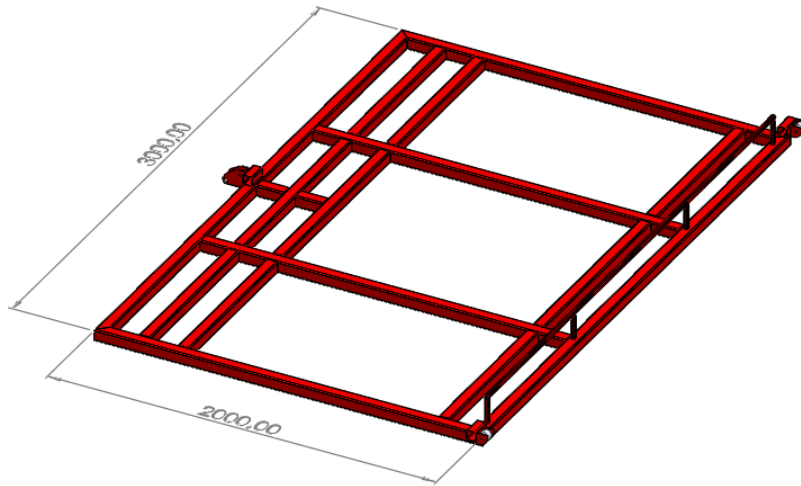


Figura 11-3: Estructura del segundo diseño de la plataforma móvil

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

Para el tercer diseño se utilizó un perfil de tubo cuadrado de 50x4 mm, en este caso se utiliza dos tubos a lo largo de la plataforma en la sección cerca de donde irán ubicadas las ruedas del vehículo Fórmula SAE de esta manera se da un mejor soporte en la carga evitando la deformación y el pandeo de la plancha antideslizante. Un cambio que se hizo con respecto al diseño dos es agregar las piezas que servirán de guías para las ruedas de goma y se asentarán en los tubos de la estructura base que se puede ver en los extremos del lado derecho en la plataforma de la Figura 12-3. Sus medidas también tienen un cambio en comparación al diseño dos, se cambió la longitud de la plataforma por una medida de 2600 mm y un ancho de 2000 mm. Otro de los cambios realizados es en el apoyo para evitar el deslizamiento de las ruedas en la inclinación máxima de 60 grados, en el anterior diseño se puso un tubo cuadrado de 20x3 mm y en este nuevo diseño se lo cambio por el mismo tubo asignado para toda la estructura de la plataforma.

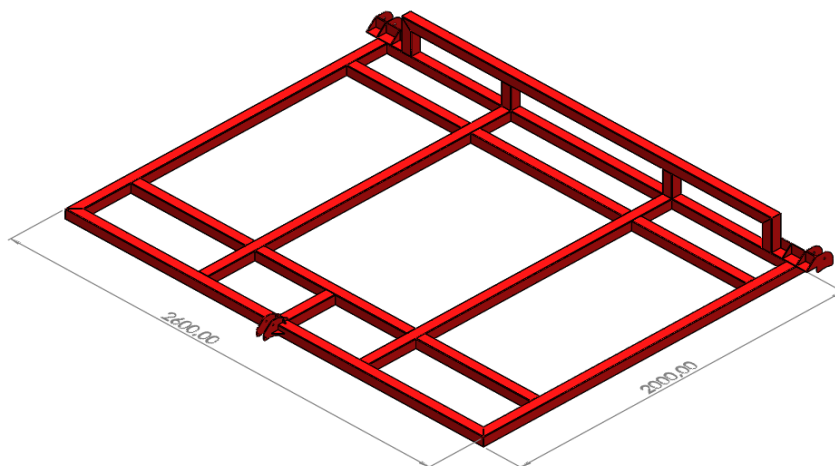


Figura 12-3: Estructura del tercer diseño de la plataforma móvil

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

En el cuarto diseño realizado de esta plataforma se cambió el perfil del tubo por uno cuadrado de 50x3 mm manteniendo las medidas de la longitud y del ancho del diseño anterior, esta reducción en el espesor del tubo no afecta en gran medida a la deformación de la plataforma cuando está bajo la carga y sigue teniendo un factor de seguridad mayor a 1, estos resultados se exponen en el apartado de simulación. Otro cambio realizado es el diseño en los soportes para las ruedas de goma y la ubicación de los tubos en el interior, se coloca dos tubos en el eje donde estaría ubicadas las llantas cuando se sube el vehículo en la plataforma con esto cada tubo será el soporte de toda la carga, los otros dos tubos transversales también están situados en el apoyo de las ruedas teniendo una separación igual a la distancia entre ejes del vehículo SAE. Finalmente se agrega dos tubos rectangulares con un perfil de 50x25x2 mm a cada lado del tubo donde se ubicarán las ruedas, esto con la finalidad de colocar la plancha antideslizante.

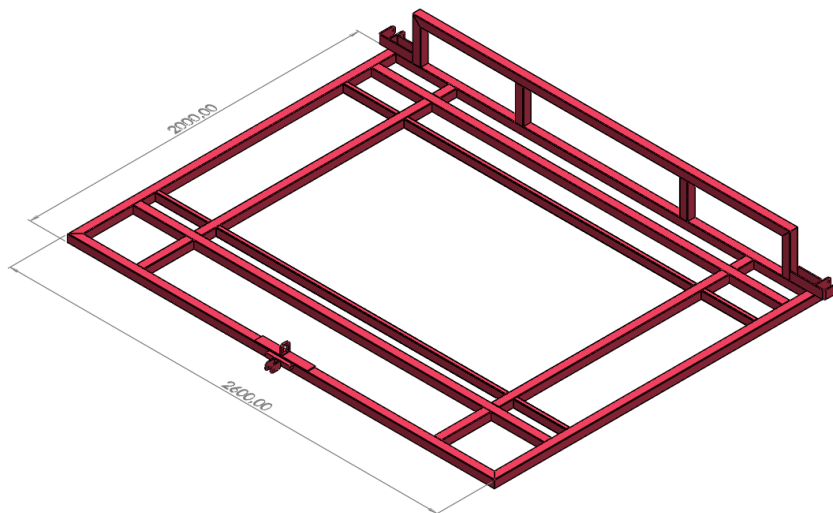


Figura 13-3: Estructura del cuarto diseño de la plataforma móvil

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

3.3.3.5. Diseño de la rampa

Se usa un tubo cuadrado de 50x3 mm al que se le corta con un ángulo aproximado de 8°, una vez cortados los tubos se coloca la plancha antideslizante y se suelda, este proceso se lo aplica para las 4 rampas, cada una de las rampas tendrá las siguientes dimensiones: una longitud de una altura de máximo 53 mm y sobre ella se ubicará una plancha antideslizante para ubicar el Fórmula SAE sobre la plataforma.

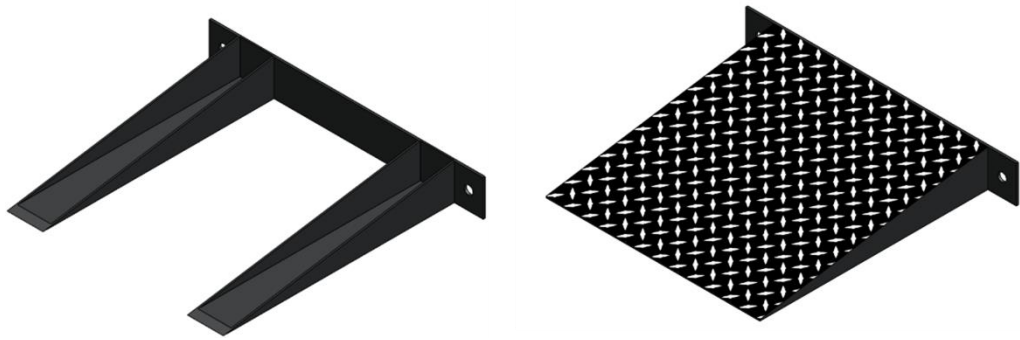


Figura 14-3: Diseño de la rampa para subir el Fórmula SAE a la plataforma

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

3.3.3.6. *Diagnóstico de cargas*

Se diagnostica y se determina las cargas que se encuentran presentes en la plataforma de inclinación al momento de realizar la prueba basculante con el vehículo Fórmula SAE acoplado sobre la plataforma.

3.3.3.7. *Fuerza requerida del motor eléctrico*

La fuerza que necesita el motor eléctrico para levantar la plataforma y generar la prueba basculante se lo calcula mediante el análisis estático partiendo del cuerpo libre de la plataforma de inclinación donde se visualiza los esfuerzos que interactúan al momento de realizar la acción de inclinar el Fórmula SAE con el uso de la plataforma y por ende con el motor eléctrico. Las cargas que se encuentran en la plataforma se visualizan en las siguientes figuras.

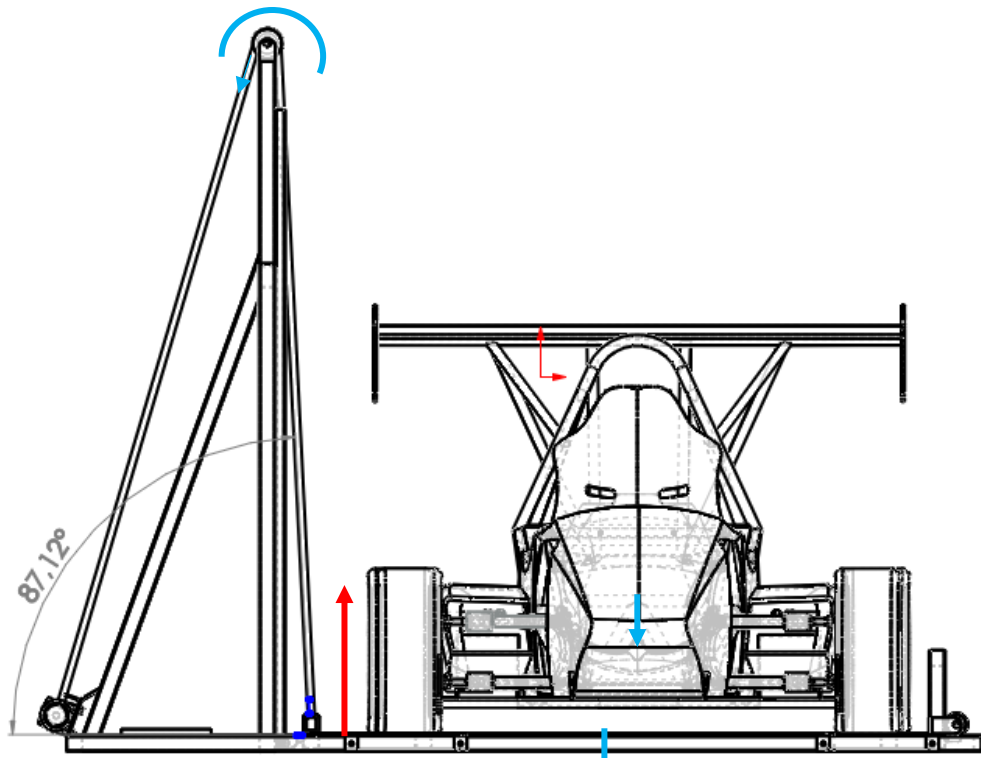


Figura 15-3: Vista lateral de estructura metálica. Angulo de inclinación del cable

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

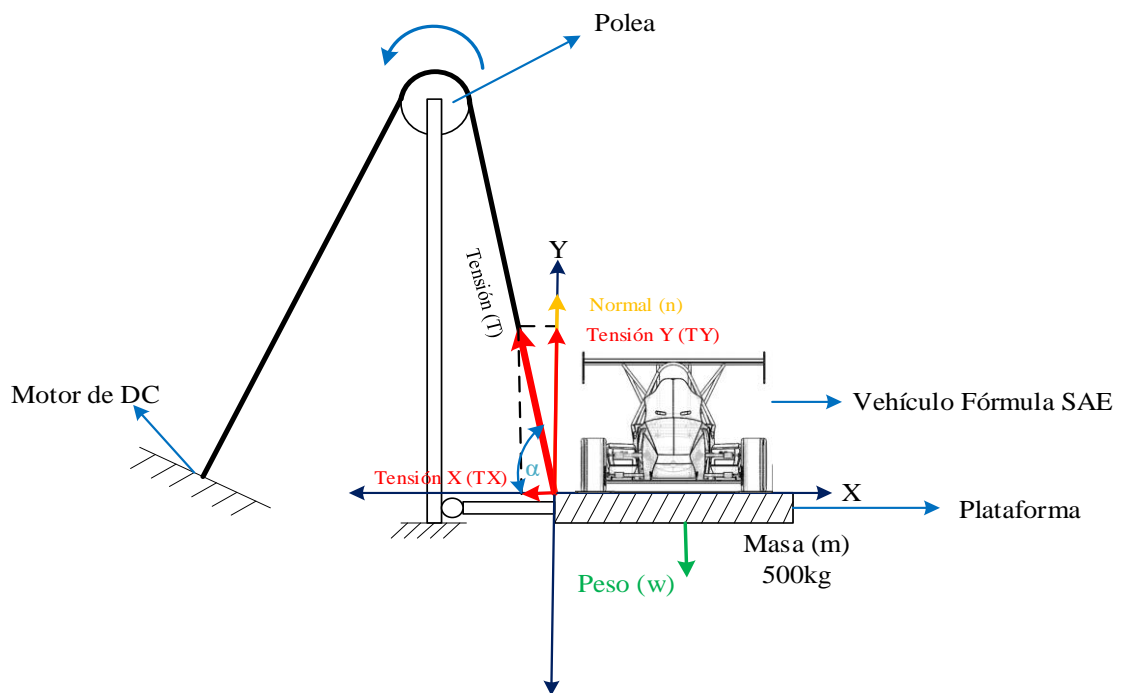


Figura 16-3: Diagrama de cuerpo libre y descomposición de fuerzas

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

Para obtener los resultados de la tensión que se genera en la cuerda y de la fuerza que requiere el motor DC para lograr levantar la plataforma con el vehículo Fórmula SAE incluido, realizamos

el análisis de las fuerzas que interactúan en el sistema; en el siguiente plano en 2D se evidencia todas las fuerzas que se presentan al momento en que el motor eléctrico empieza a trabajar.

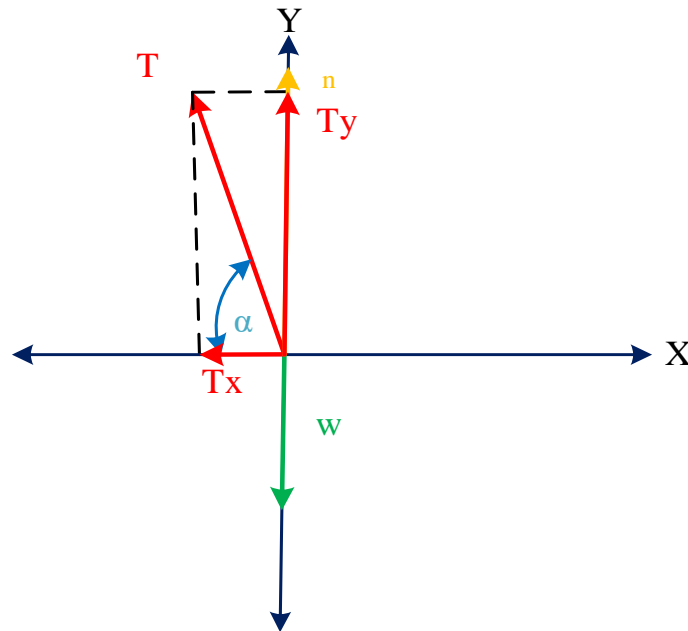


Figura 17-3: Plano 2D de la descomposición de fuerzas

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

Para obtener los resultados de las cargas presentes en el sistema, primeramente, se obtiene todos los datos posibles los cuales se detallan en la Tabla 5-3.

Tabla 5-3: Datos de masa total a levantar

Detalles	Cantidad
Masa del Fórmula SAE (kg)	350
Masa de plataforma (kg)	161
Masa del conductor (kg)	75
Ángulo α (°)	87,12

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

- *Cálculo de tensión del cable*

a) *Tensión en X*

$$Tx = T * \cos \alpha \quad (2)$$

$$Tx = T * \cos 87,12$$

b) *Tensión en Y*

$$Ty = T * \text{sen } \alpha \quad (3)$$

$$Ty = T * \text{sen } 87,12$$

c) *Sumatoria de fuerzas en X*

$$\sum Fx = 0$$

d) *Sumatoria de fuerzas en Y*

$$\sum Fy = 0$$

$$-w + Ty + n = 0 \quad (4)$$

$$T \text{ del cable} = \text{Fuerza del motor DC} \quad (5)$$

$$\text{Fuerza del motor DC} = \text{masa} * \text{aceleración} \quad (6)$$

$$T = m * a \quad (7)$$

$$T = (350 + 161 + 75)kg * 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$T = 5748,55 N$$

$$Ty = T * \text{sen } 87,12$$

$$Ty = 5748,55 N * \text{sen } 87,12$$

$$Ty = 5741,4 N$$

$$Tx = T * \text{cos } 87,12$$

$$Tx = 5748,55 N * \text{cos } 87,12$$

$$Tx = 288,83 N$$

$$-w + Ty + n = 0$$

$$-\left((350 + 161 + 75)kg * 9,81 \frac{m}{s^2} \right) + 5741,4 N + n = 0$$

$$n = 7,26 N$$

3.3.3.8. Determinación del diámetro del cable de acero

La determinación del diámetro del cable de acero es de vital importancia a la hora de levantar peso. A continuación, se muestra la forma correcta de realizar la medición del diámetro del cable haciendo uso de un pie de rey o también conocido como calibrador. La nomenclatura de los cables se la realiza de la siguiente manera 6x36 donde el primer valor hace referencia a los torones y el segundo valor se refiere a la cantidad de alambre que posee cada torón, en este caso es un cable de 6 torones y 36 alambres.

Para la selección del diámetro del cable de acero se realiza la medición con el uso del calibrador, en la Figura 18-3 se indica la forma correcta de realizar la medición del diámetro del cable

midiendo el diámetro más grande del cable con el fin de coincidir en el canal de la polea con una cierta tolerancia de holgura entre ambos con el fin de reducir contactos que puedan reducir la vida útil del cable de acero (Palacio Henao, 2019, pp.23-27).

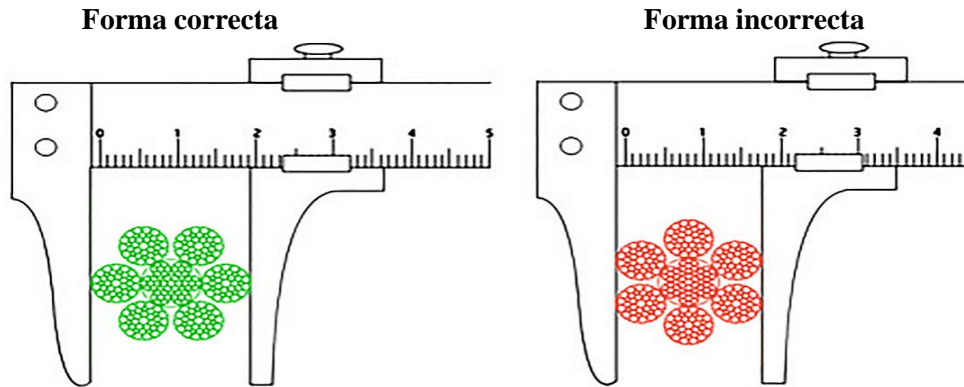


Figura 18-3: Medición del diámetro del cable de acero

Fuente: Leroy Merlin, 2019

Para la selección del cable de acero adecuado a utilizar en este proyecto se centra en la carga que va a soportar y que se calcularon anteriormente (5748,55 N para levantar 586 kg). El cable seleccionado fue de ¼ de pulgada de diámetro (6,35 mm), según la Tabla 6-3 se evidencia la capacidad que tiene el cable a la ruptura el cual su valor oscila entre las 2,35 hasta 2,90 toneladas dependiendo del material con la que se ha fabricado el alma del cable.

Tabla 6-3: Datos de rotura del cable de acero según su diámetro

Diámetro Nominal		Carga de Rotura (T.M)			Peso aproximado (kg/m)	
		IPS		XIP		
pulg.	mm.	FC	IWRC	IWRC	FC	IWRC
3/16	4,76	1,32	-	-	0,088	-
1/4	6,35	2,35	2,52	2,90	0,156	0,173
5/16	7,94	3,65	3,93	4,52	0,244	0,268
3/8	9,52	5,23	5,62	6,47	0,351	0,387
7/16	11,11	7,09	7,63	8,77	0,480	0,520
1/2	12,70	9,25	9,97	11,43	0,620	0,680
9/16	14,29	11,70	12,60	14,40	0,800	0,880
5/8	15,87	14,30	15,40	17,70	0,980	1,070
3/4	19,05	20,50	22,00	25,30	1,410	1,550
7/8	22,22	27,70	29,80	34,30	1,920	2,110
1	25,40	36,10	38,80	44,50	2,500	2,750

Fuente: Continental, 2017

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

3.3.3.9. Dimensionamiento de polea

El dimensionamiento de la polea se la realiza con el objetivo de maximizar la vida útil del cable de acero y de la polea. Los cables de acero que son destinados para izaje de carga se encuentran sometidos a esfuerzos de flexión ocasionando fatiga mecánica en el cable. Esta fatiga depende del diámetro del cable (d) y el diámetro de la polea (D) dando como resultado un factor que influye directamente en la estimación de la vida útil del cable de acero (AG continental suplidores navales y petroleros, 2017, párr.67).

Tabla 7-3: Relación D/d para varias medidas de cables

Diámetros de poleas		
Construcción	Relación D/d	
	Recomendada	Mínima
6 x 7	72	42
18 x7	51	34
6 x 19 S	51	34
6 x 21 FW	45	30
6 x 25 FW	39	26
6 x 36 WS	35	23
8 x 25 FW	32	21
6 x 41 SFW	32	21

Fuente: Continental, 2017

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

Para estimar el diámetro ideal de la polea se multiplica el diámetro del cable (d) por el factor (D/d) obtenido de la Tabla 7-3.

D : Diámetro de la polea

d : Diámetro del cable

X : Dato de tabla

$$D = X * d \quad (8)$$

$$D = 23 * 6,35mm$$

$$D = 146,05 \text{ mm Diámetro mínimo}$$

$$D = 35 * 6,35mm$$

$$D = 222,25 \text{ mm Diámetro recomendado}$$

En este caso, el diámetro recomendado de la polea es de 222,25 mm, sin embargo, según (Aguilar Vega, 2016, párr.2) menciona que el diámetro que se obtiene mediante cálculos puede ser exagerado, por lo que si se toma en consideración los esfuerzos de fatiga de curvatura a la que estará sometida la polea y el cable de acero, se puede decir que mientras la cuerda no se curve demasiado se puede deducir que el diámetro de la polea puede ser 9 veces el diámetro del cable por lo que se obtiene un resultado de 57,15 mm de diámetro de polea, por otro lado, si se tomando en cuenta las condiciones de trabajo a las que está predestinado el mecanismo se evidencia que no son tan exigentes por lo que se utilizar una polea sólida de 90 mm de diámetro.

Las poleas poseen canales que sirven para ubicar el cable; dicha holgura debe estar diseñado de tal manera que el cable no se atasque ni genere algún modo de agarre con los laterales de la polea por lo que poseen un ángulo de holgura y una determinada tolerancia con el fin de evitar que la vida útil del cable se reduzca.

En la Figura 19-3 se exhibe la ranura de la garrucha y se indica la forma correcta de escoger la polea. El perfil está formado por un arco de la ranura ligeramente superior al diámetro del cable que se va a instalar son un ángulo de contacto de 135° a 150°, a los laterales se encuentran las paredes de la polea que entre sí forman 30° a 45°.

Para tomar la polea adecuada se debe de verificar que la ranura sea levemente superior al diámetro del cable, el diámetro del cable no debe superar el diámetro de la ranura ya que si esto sucede se genera presión entre el cable y la polea deteriorando el cable además de que le impide el movimiento del cable; por otro lado, si la holgura es demasiado ancha se puede generar el aplastamiento y no existiría el apoyo para generar el movimiento.

Para determinar la altura o profundidad y el diámetro de la ranura de la garrucha se aplica las siguientes ecuaciones (AG continental suplidores navales y petroleros, 2017, párr.69).

Profundidad

$$p = 1,5 \times d \quad (9)$$

Diámetro de ranura

$$D = 1,075 \times d \quad (10)$$

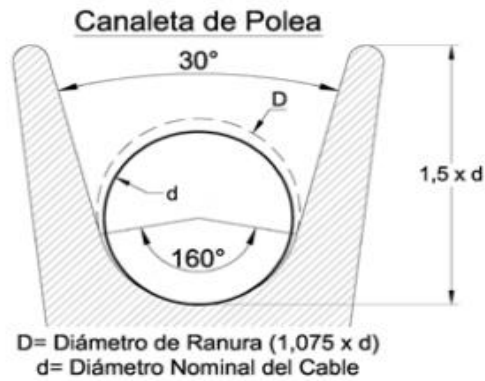


Figura 19-3: Perfil del cálculo de holgura de polea

Fuente: Prodinsa, 2020

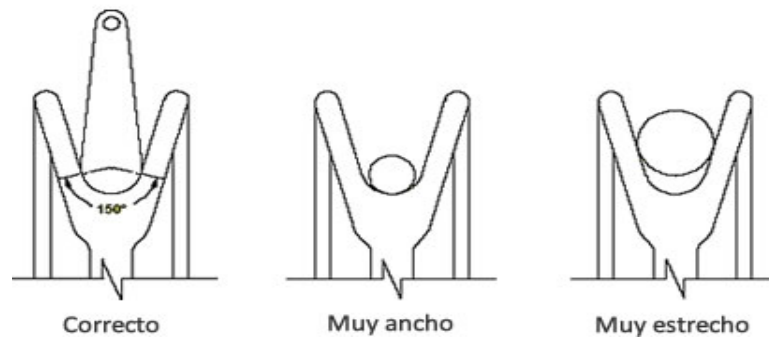


Figura 20-3: Forma correcta de medir la holgura de la polea

Fuente: Continental, 2017

Para identificar la presión que se genera en la polea utilizamos la ecuación:

$$P = \frac{2 * T}{D * d} \quad (11)$$

Donde:

P : Presión unitaria (Pa)

T : Tensión generado por el cable (N)

D : Diámetro de la polea (m)

d : Diámetro del cable (m)

$$P = \frac{2 * 5748,55 \text{ N}}{0,09\text{m} * 0,00635\text{m}}$$

$$P = 20174,410 \text{ KPa}$$

$$P = 2917,78 \text{ Psi}$$

3.3.3.10. Simulación del primer diseño

Una vez realizado el diseño de la plataforma en SolidWorks se pasa el diseño al programa ANSYS para realizar su respectivo análisis estático, en todos los resultados que se obtuvieron de cada análisis, se empleó el mismo método de mallado por elementos finitos para todos modelos simulados. El mallado se configuró de manera que el valor para el tamaño del elemento es de 4 mm y la forma del elemento se lo dejó controlada automáticamente por el software lo que genera una forma del elemento combinada entre tetraedros y hexaedros, estos parámetros permitieron tener una calidad de malla muy buena para el estudio que se quiere realizar. Después de haber generado el mallado se asignan las cargas a las que se someterá la plataforma Tilt Test, para la asignación de las cargas se consideró el peso del vehículo Fórmula SAE, así como el peso del piloto, otro factor a tener en cuenta es el peso del piso en el que se ubicará el vehículo para lo cual se asigna una carga de la gravedad.

En cuanto a los soportes, se los debe considerar cuando se produce la inclinación de la de la plataforma debido a que estos puntos son donde se distribuirán todo el peso, para este primer diseño los apoyos se ubican en la parte inferior donde se sitúan las ruedas (punto B) y en la parte superior central donde se engancha el cable acero (punto A).

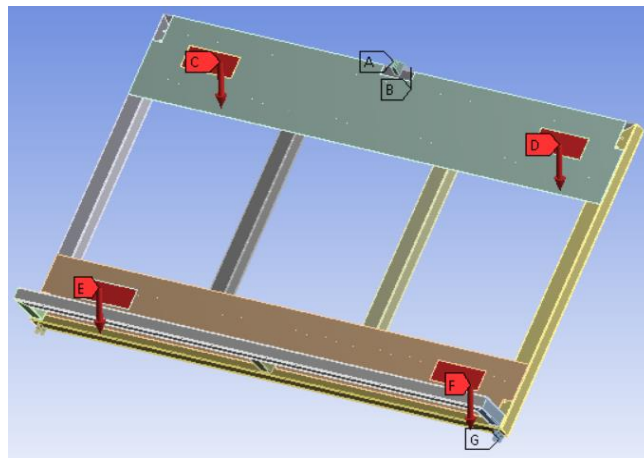


Figura 21-3: Ubicación de cargas y apoyos en la estructura del piso

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

Se realizaron dos análisis en cada diseño uno a 45 grados de inclinación y otro a 60 grados porque son los ángulos de interés a los que se debe colocar el Fórmula SAE según el reglamento y realizar las pruebas respectivas.

a) *Deformación del primer diseño de la plataforma a 45 grados de inclinación*

Realizada la simulación del diseño 1 se obtuvo un valor de la deformación máxima de 0,67 mm, esta deformación se ubica en los apoyos de las ruedas y se generaría principalmente en la plancha

antideslizante ya que como se muestra en las siguientes figuras la estructura alcanza una deformación de hasta 0,52 mm en las esquinas superiores.

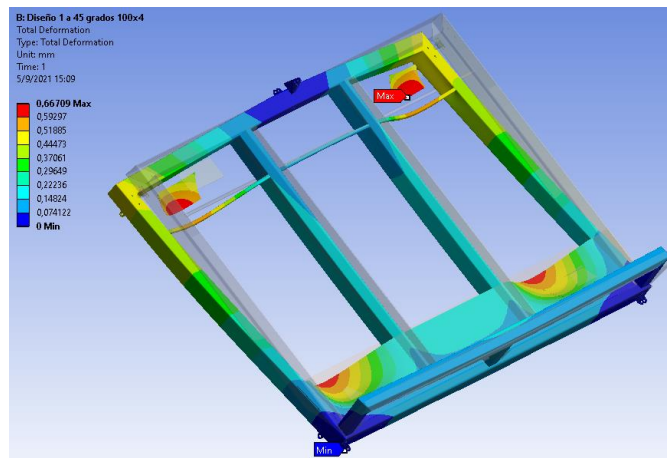


Figura 22-3: Deformación de la plataforma del primer diseño a 45 grados

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

En la Figura 23-3 se muestra la deformación que se generaría en la estructura a una escala mayor visto desde un lateral de manera que se puede apreciar mejor el desplazamiento en la estructura.

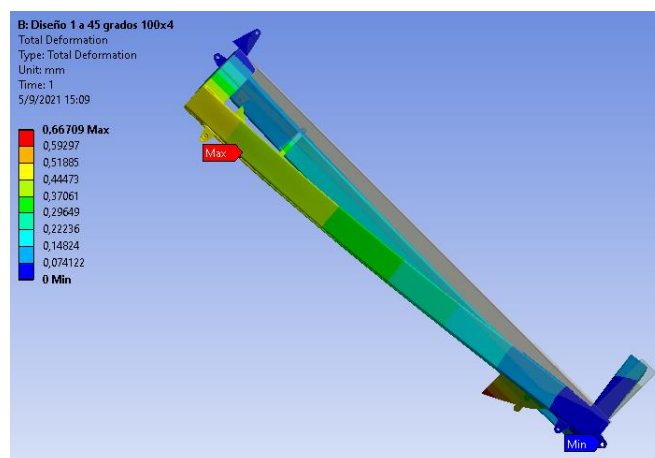


Figura 23-3: Deformación de la plataforma del primer diseño a 45 grados

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

b) Esfuerzos en el primer diseño de la plataforma a 45 grados de inclinación

El esfuerzo máximo por tensión que se generó en este primer diseño fue de 134 MPa, como se puede ver en la Figura 24-3, en la escala de colores se puede observar cómo toda la estructura se comporta bajo la carga, en su gran mayoría no hay esfuerzos altos, sin embargo, en los apoyos de las ruedas es donde existe mayor esfuerzo y se muestran en la Figura 47-3 con mayor detalle.

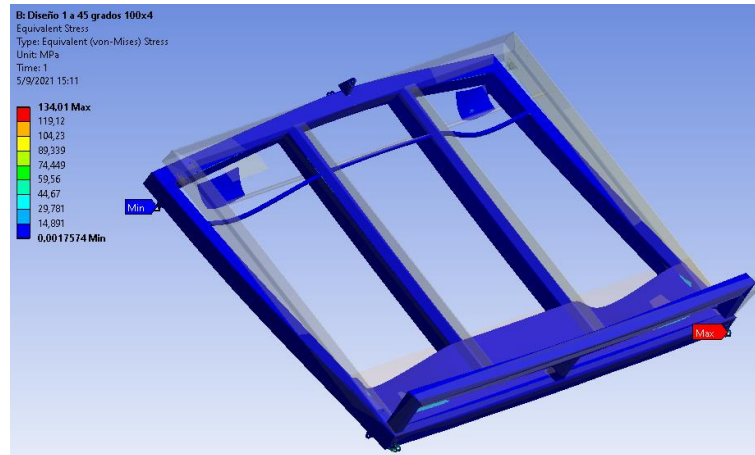


Figura 24-3: Tensión máxima y mínima en la estructura a 45 grados

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

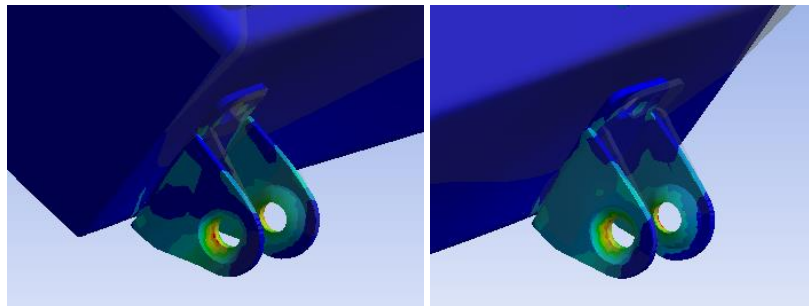


Figura 25-3: Análisis de esfuerzos en los apoyos del primer diseño

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

c) *Factor de seguridad del primer diseño de la plataforma a 45 grados de inclinación*

La siguiente figura muestra el análisis realizado del factor de seguridad en la plataforma del primer diseño cuando esta se encuentra a una inclinación de 45° , su valor mínimo es de 1,86 y al ser mayor a 1 se puede afirmar que la estructura es segura y puede soportar la carga sin problemas. En la mayoría de la estructura su factor de seguridad es 15 o mayor, los únicos puntos donde el valor del factor de seguridad es bajo es en los apoyos de las ruedas como se puede observar en la Figura 26-3.

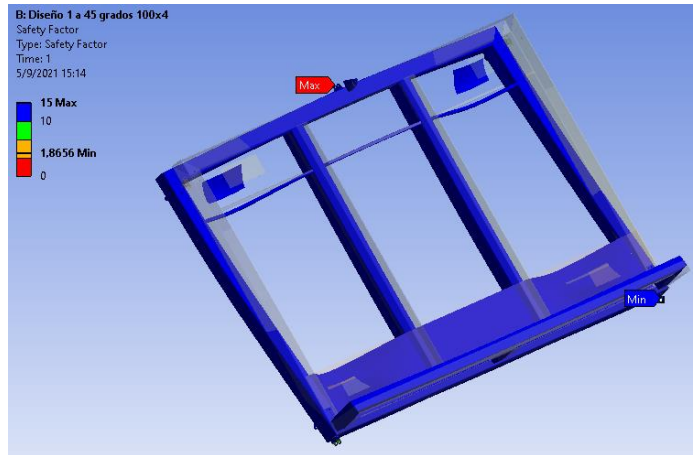


Figura 26-3: Análisis del factor de seguridad a 45 grados

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

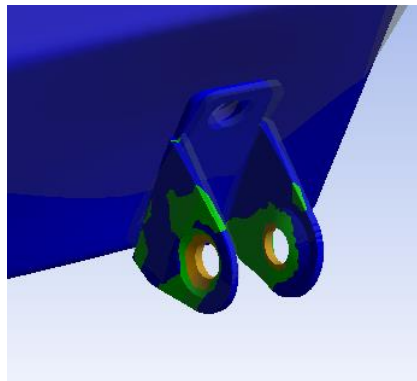


Figura 27-3: Análisis del factor de seguridad en el apoyo

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

d) Deformación del primer diseño de la plataforma a 60 grados de inclinación

Como se ha mencionado antes, el análisis estático de la plataforma se hace a 60 grados porque el reglamento SAE que especifica que el vehículo será inspeccionado a este ángulo de inclinación, y es de interés conocer el comportamiento de la estructura tanto al ángulo de 45 y 60 grados para realizar una comparación de resultados y comprender cuál de estos dos ángulos es más crítico cuando está bajo carga.

El resultado obtenido en esta simulación para el desplazamiento máximo fue de 0,45 mm y se sitúa en las ruedas del Fórmula SAE.

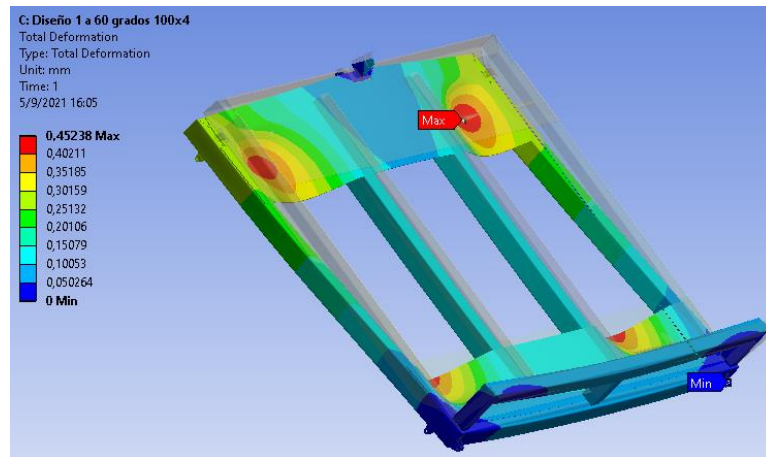


Figura 28-3: Deformación de la plataforma del segundo diseño a 60 grados

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

En la siguiente Figura se aprecia de mejor manera el desplazamiento de la plataforma en un ángulo de 60 grados, para tener una mejor apreciación del desplazamiento se hizo una escala automática.

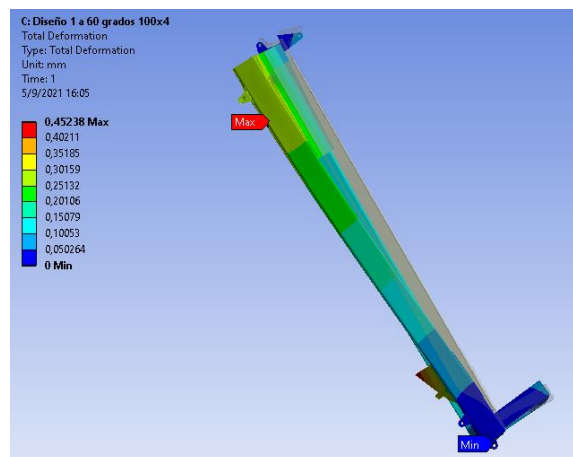


Figura 29-3: Desplazamiento de la plataforma

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

e) *Esfuerzos en el primer diseño de la plataforma a 60 grados de inclinación*

La tensión máxima a este ángulo es de 134,58 MPa y se genera en los apoyos de las ruedas, en la siguiente figura se puede observar la tensión en la estructura en una escala de colores y como se puede ver las tensiones en la mayoría de la estructura son bajas.

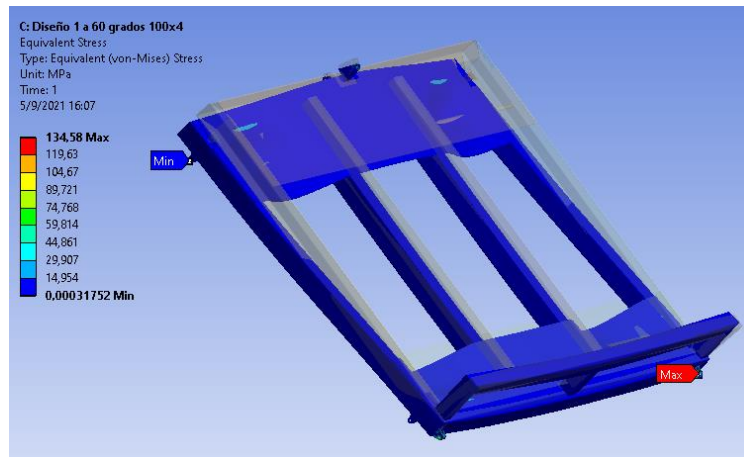


Figura 30-3: Tensión máxima y mínima en la plataforma a 60 grados

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

En la siguiente figura se muestra el análisis de tensiones en los apoyos de la plataforma, en color rojo es donde se genera la tensión máxima mientras que en color azul la tensión mínima.

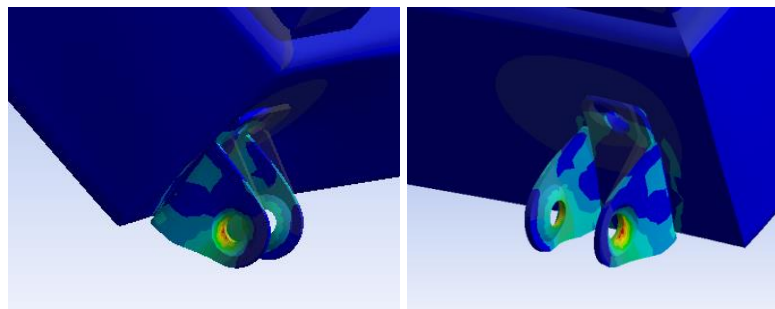


Figura 31-3: Tensiones en los apoyos de la plataforma a 60 grados

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

f) Factor de seguridad del primer diseño de la plataforma a 60 grados de inclinación

La siguiente Figura 32-3 muestra el factor de seguridad en toda la plataforma cuando el ángulo de inclinación es de 60 grados, se puede ver que en la gran mayoría de la estructura el valor del factor de seguridad es de 15 o mayor y solo se genera un valor mínimo de 1,85 en los apoyos, al ser este valor mayor a 1 se puede decir que soportará la carga sin problemas.

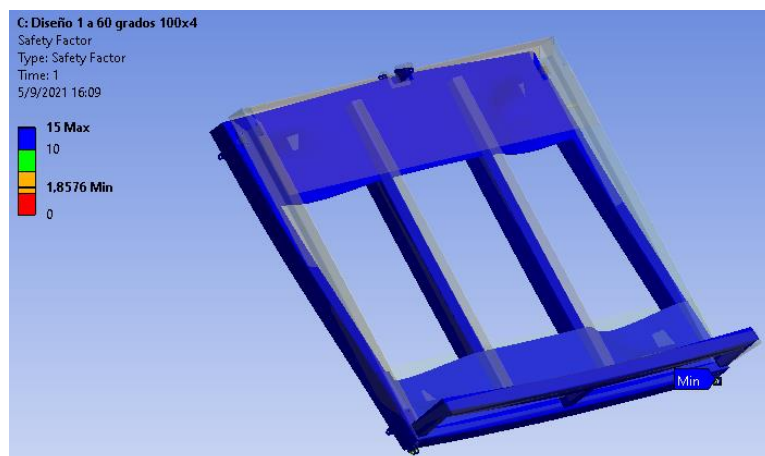


Figura 32-3: Análisis del factor de seguridad a un ángulo de 60 grados

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

En la Figura 33-3 se presenta el análisis del factor de seguridad en el apoyo, aquí es donde se tiene un valor del factor de seguridad mínimo y se lo resalta de color anaranjado.

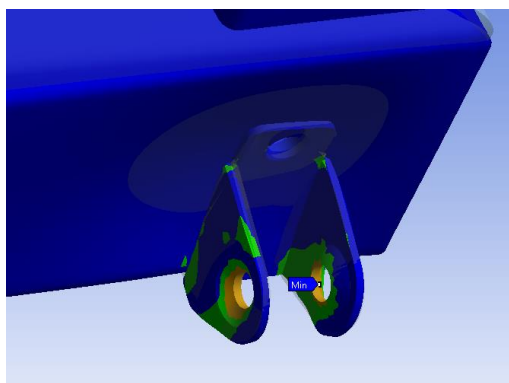


Figura 33-3: Análisis del factor de seguridad en el apoyo

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

3.3.3.11. Simulación del segundo diseño

a) Deformación del segundo diseño de la plataforma a 45 grados de inclinación

En el análisis estático realizado al segundo diseño de la plataforma de pruebas Tilt Test se obtuvo que el desplazamiento máximo de la plataforma es de 1,66 mm, si se observa la Figura 34-3 se aprecia de mejor manera la deformación que tendría este diseño siendo la zona de color rojo la más crítica.

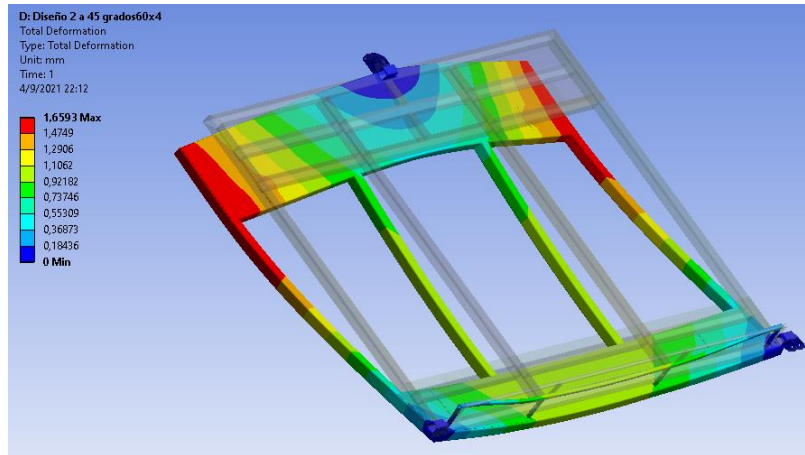


Figura 34-3: Deformación de la plataforma a 45 grados

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

En la Figura 35-3 se muestra el desplazamiento de la plataforma desde una vista lateral, este desplazamiento fue escalado de forma automática para observarlo de mejor manera.

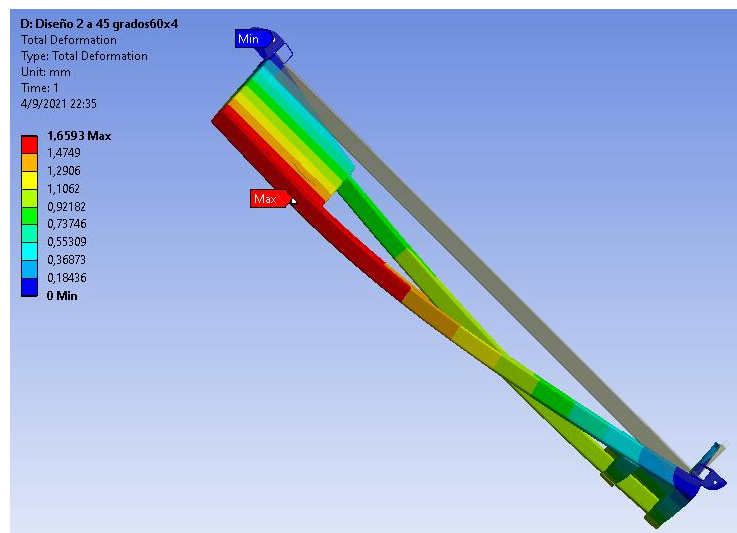


Figura 35-3: Desplazamiento de la plataforma a 45 grados

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

b) *Esfuerzos en el segundo diseño de la plataforma a 45 grados de inclinación*

La Figura 36-3 muestra el comportamiento de la plataforma a los esfuerzos, existe una tensión máxima con un valor de 276,13 MPa y como se puede ver es en los puntos de apoyos de las ruedas.

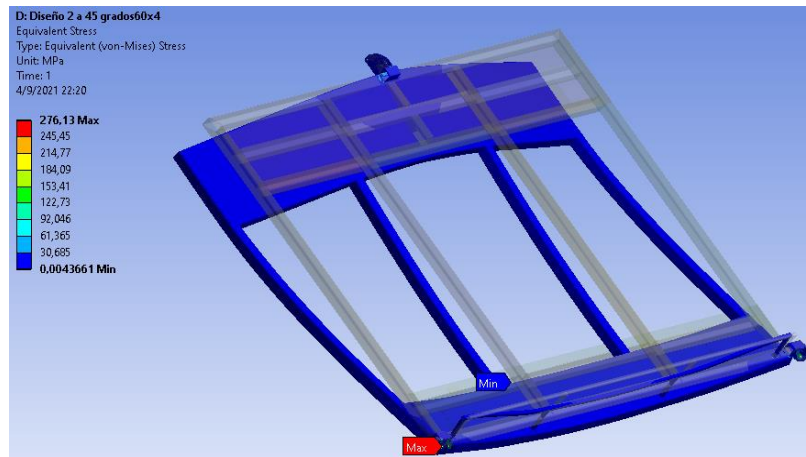


Figura 36-3: Tensión máxima y mínima en la plataforma a 45 grados

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

Al hacer un acercamiento a los apoyos como se muestra en Figura 37-3 podemos ver la zona afectada por el esfuerzo de tensión, aquí es donde se encuentra la tensión máxima para ambos apoyos.

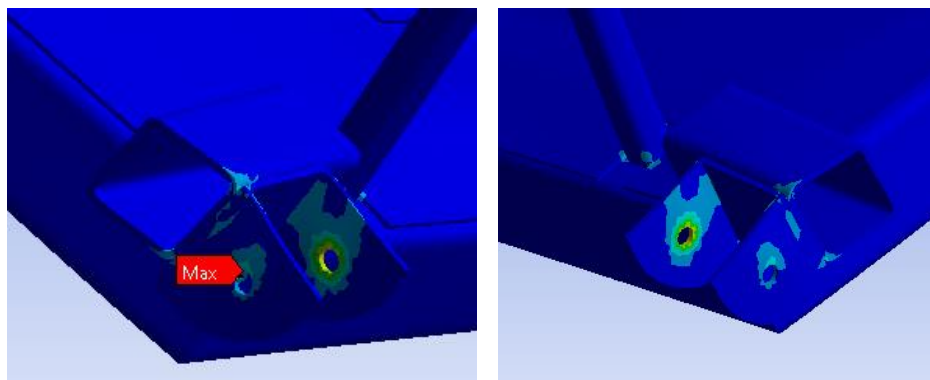


Figura 37-3: Análisis estático de tensiones en los apoyos

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

En la Figura 38-3 de abajo se puede ver con mayor detalle la tensión que se genera en el apoyo donde se coloca el cable de acero, esta tensión no es tan alta como la que se genera en los apoyos de las ruedas de goma. La tensión máxima que se genera en este apoyo es de 30,66 MPa en la zona de color celeste.

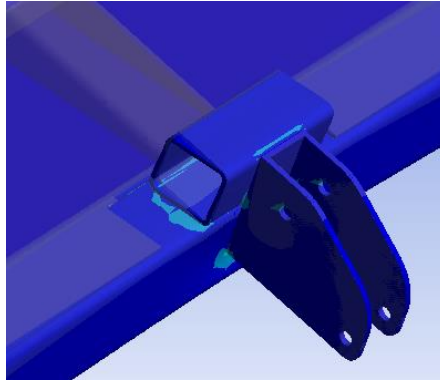


Figura 38-3: Análisis estático de tensión en el apoyo superior

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

c) *Factor de seguridad del segundo diseño de la plataforma de inclinación a 45 grados*

El factor de seguridad obtenido para el segundo diseño cuando está a un ángulo de inclinación de 45 grados es de 0,9 en este caso no es mayor a 1 como sería lo ideal, sin embargo, al ver la Figura 39-3 se determina que la estructura tiene un factor de seguridad de 15 o mayor y en el apoyo superior es donde se genera el valor del factor de seguridad mínimo, por lo que se debe mejorar el diseño de los apoyos ya que no soportaran la carga.

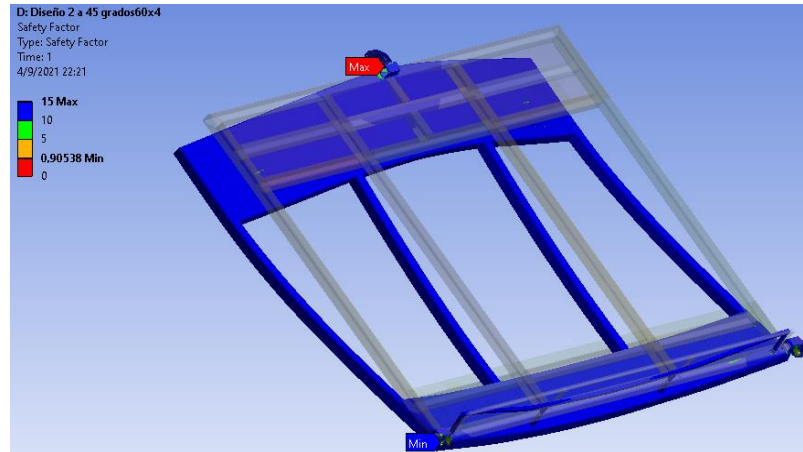


Figura 39-3: Factor de seguridad en la plataforma a 45 grados

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

d) *Deformación del segundo diseño de la plataforma a 60 grados de inclinación*

La Figura 40-3 muestra en análisis estático de la deformación para el segundo diseño a un ángulo de 60 grados, su desplazamiento máximo se produce en la zona de color rojo y tiene un valor de 1,19 mm.

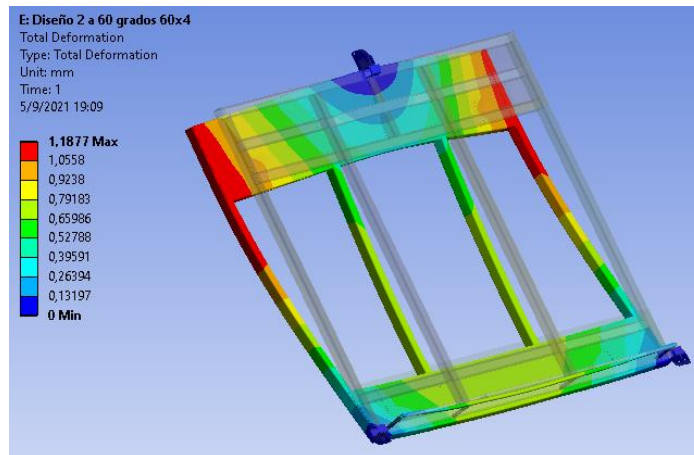


Figura 40-3: Deformación de la plataforma a 60 grados

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

Para que se aprecie mejor el desplazamiento que se produce en la plataforma de este diseño, en la Figura 41-3 se muestra a una escala automática el desplazamiento desde una vista lateral. La escala de colores permite identificar mejor las áreas que tendrían una mayor deformación en la estructura.

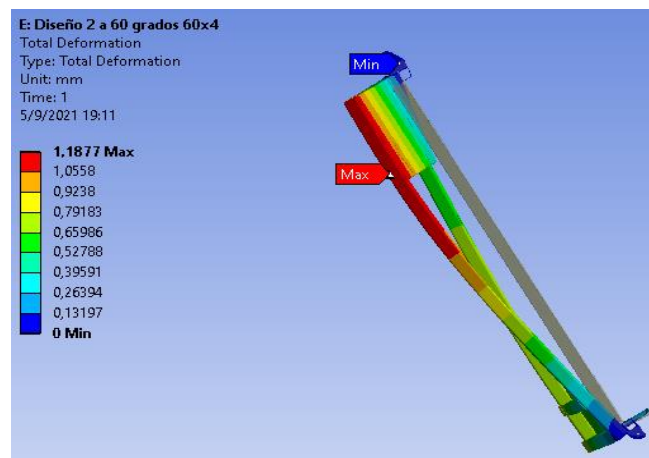


Figura 41-3: Desplazamiento de la plataforma a 60 grados

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

e) *Esfuerzos en el segundo diseño de la plataforma a 60 grados de inclinación*

En la Figura 42-3 de abajo se muestra el resultado de los esfuerzos que se generan en la plataforma cuando está a una inclinación de 60 grados, se puede apreciar que la estructura en general se somete a una tensión de alrededor de 25,53 MPa generándose las tensiones máximas en los puntos de apoyo de la estructura con un valor de 229,79 MPa.

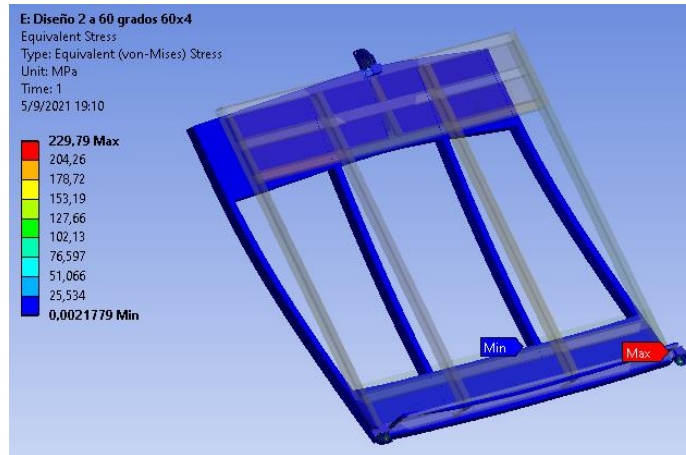


Figura 42-3: Tensión máxima y mínima en la plataforma a 60 grados
Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

Para apreciar de mejor forma el comportamiento de las tensiones en los apoyos de este diseño, se muestra en la siguiente figura un acercamiento en las secciones donde se generan las máximas tensiones. En estos puntos de apoyo se tienen los valores de tensiones mayores, se puede ver las áreas más afectadas y aunque son zonas pequeñas en comparación a la estructura en general también son áreas de interés ya que se debe evitar cualquier fractura por el peso al que se somete.

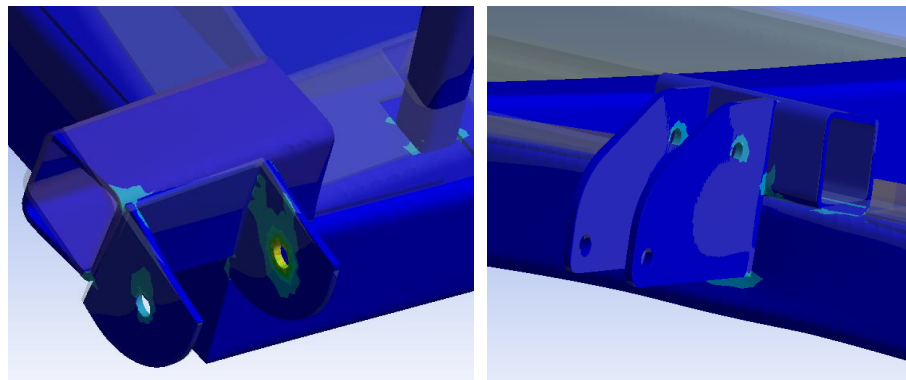


Figura 43-3: Análisis estático de tensiones en los apoyos
Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

En la Figura 43-3 podemos ver dos imágenes, la imagen de la derecha corresponde al apoyo inferior izquierdo y este mismo análisis se obtiene en el apoyo inferior derecho, el área más afectada por las tensiones que se generan se marca en color verde, mientras que la imagen de la derecha corresponde al apoyo donde se sujeta el cable de acero y se marca en color celeste las zonas donde hay mayor tensión.

f) *Factor de seguridad del segundo diseño de la plataforma a 60 grados de inclinación*

El factor de seguridad mínimo obtenido en la plataforma del segundo diseño cuando se encuentra a una inclinación de 60 grados fue de 1,08. En la Figura 44-3 se puede ver el resultado obtenido en la simulación y se aprecia que la estructura en general tiene un valor del factor de seguridad de 15, aunque su valor mínimo sea por muy poco superior al sugerido (mayor a 1), esto se debe a que hay zonas muy puntuales donde las tensiones generadas llegan a ser cercanas al límite de cedencia del material lo que puede causar fracturas del material en esas zonas por lo que se puede afirmar que este diseño puede soportar la carga a la que se sometería al estar dentro del límite de seguridad, pero es recomendable mejorar el diseño de manera que el valor del factor de seguridad sea más alto.

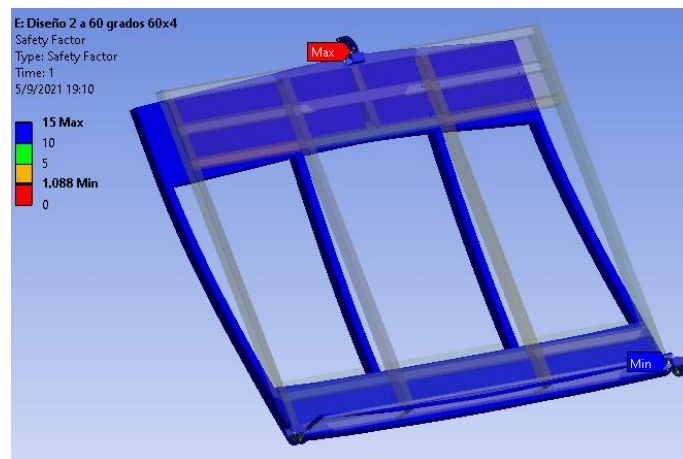


Figura 44-3: Factor de seguridad con una inclinación de 60 grados

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

La Figura 45-3 muestra un acercamiento a las áreas de los apoyos permitiendo observar de manera más detallada cómo afecta la carga a estos puntos, las áreas de color naranja son las más críticas en donde su factor de seguridad mínimo llega a ser de 1,08 mientras que las zonas en color verde alcanza un factor de seguridad mínimo de 5. Las zonas de color verde y naranja en comparación a la estructura en general son áreas pequeñas por lo que la plataforma si soportaría la carga asignada.

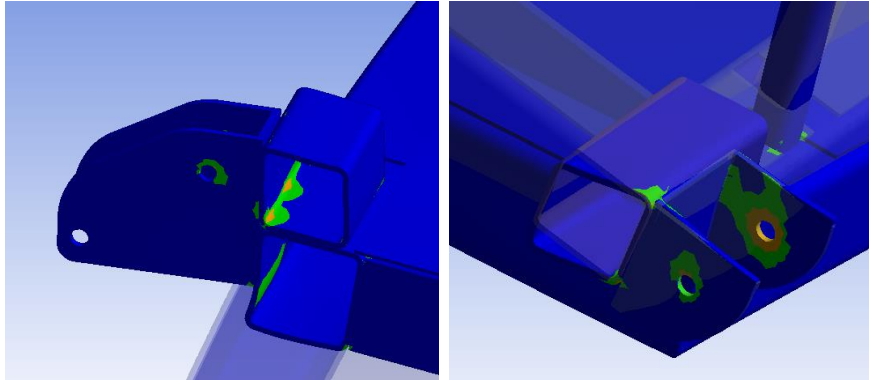


Figura 45-3: Análisis del factor de seguridad en los apoyos

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

3.3.3.12. Simulación del tercer diseño

a) Deformación del tercer diseño de la plataforma a 45 grados de inclinación

En la simulación del tercer diseño de la plataforma inclinada en un ángulo de 45 grados se obtuvo que su deformación máxima es de 1,98 mm con la carga asignada. La deformación máxima se produce en los extremos superiores de la plataforma mientras que en la parte inferior la deformación es casi imperceptible con valores entre 0,22 mm y 0,88 mm.

A continuación, se muestra los resultados del análisis de la deformación, la escala de colores nos ayuda a identificar las zonas que son más afectadas por la carga, así como las áreas que no tienen un gran desplazamiento.

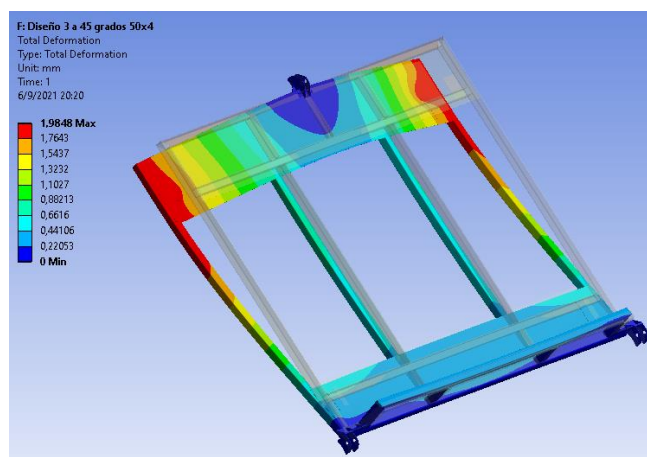


Figura 46-3: Deformación de la plataforma a un ángulo de 45 grados

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

Para apreciar de mejor manera el desplazamiento que se produce en este tercer diseño de la plataforma de inclinación en la Figura 47-3 se presenta una vista lateral, con ayuda de una escala automática podemos ver su posición final cuando está bajo la carga asignada de 5000 N.

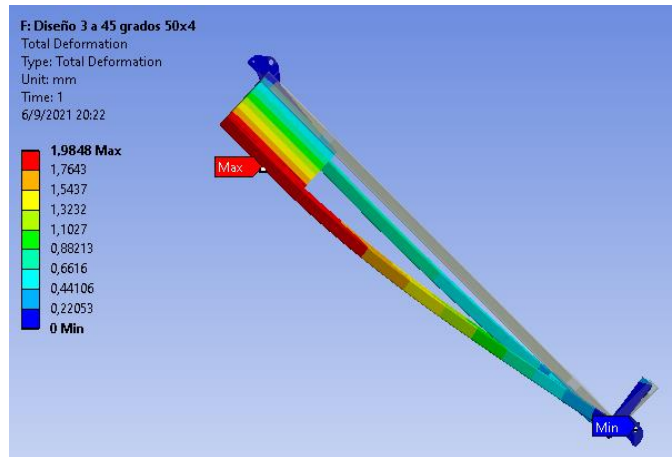


Figura 47-3: Desplazamiento de la plataforma a un ángulo de 45 grados
Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

b) *Esfuerzos en el tercer diseño de la plataforma a 45 grados de inclinación*

La tensión máxima que se obtuvo en este tercer diseño de la plataforma fue de 202,85 MPa, esta tensión se ubica en la parte superior, sin embargo, el área en donde se produjo es muy pequeña en comparación con la estructura en general. En la Figura 48-3 se muestra el análisis de esfuerzos obtenido en una escala de colores para poder identificar las zonas donde se producen.

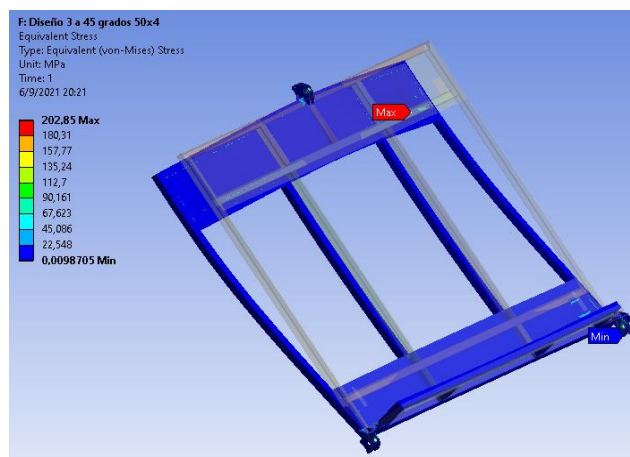


Figura 48-3: Tensión máxima y mínima en la plataforma a 45 grados
Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

El valor máximo obtenido en el análisis se halla en el tubo transversal superior, aunque el área donde se genera este esfuerzo no es grande por lo que se lo puede considerar como un punto de

singularidad y las zonas donde hay mayor variación de esfuerzos son en los apoyos, en la siguiente figura se muestra un acercamiento a los apoyos con el fin de observar más detalladamente el comportamiento cuando la carga está asignada.

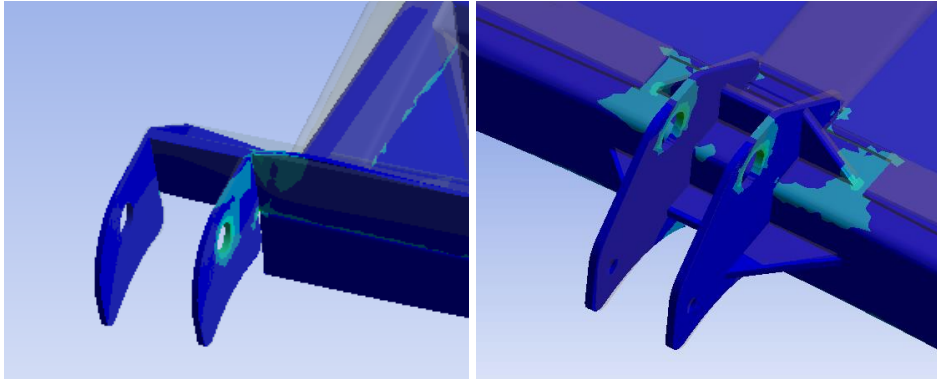


Figura 49-3: Tensiones en los apoyos de la plataforma a 45 grados

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

Los apoyos tienen ciertas zonas donde hay mayor tensión, según la escala de colores los valores de tensiones generados varían entre 0 y 90 MPa por lo que no hay peligro de que se genere una ruptura.

c) *Factor de seguridad del tercer diseño de la plataforma a 45 grados de inclinación*

En Figura 50-3 se observa el análisis del factor de seguridad realizado en el tercer diseño de la plataforma de inclinación cuando está a una inclinación de 45 grados, bajo estas condiciones el valor mínimo del factor de seguridad obtenido fue de 1,23. Este valor está por encima del mínimo recomendado por lo que se puede afirmar que este diseño es seguro para la carga de 5000 N.

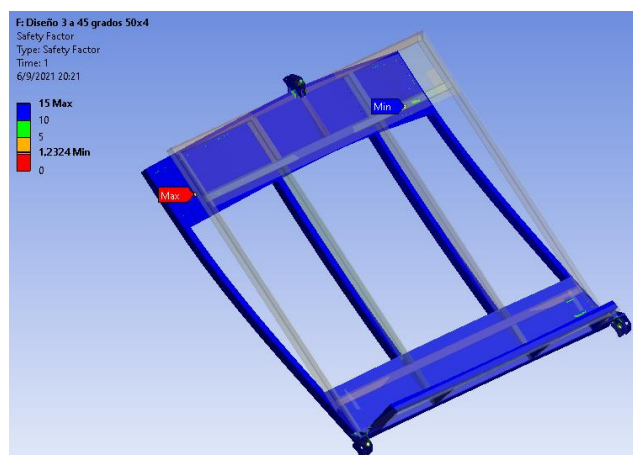


Figura 50-3: Análisis del factor de seguridad a un ángulo de 45 grados

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

Se puede observar que la estructura en general tiene un factor de seguridad de 15 y las zonas donde este valor es menor son en los apoyos. Para apreciar de mejor manera las áreas donde el factor de seguridad es menor en la siguiente figura se muestre un acercamiento a los apoyos de la plataforma siendo las áreas de color naranja las más críticas y teniendo una variación en el valor del factor de seguridad entre 1,23 y 5.

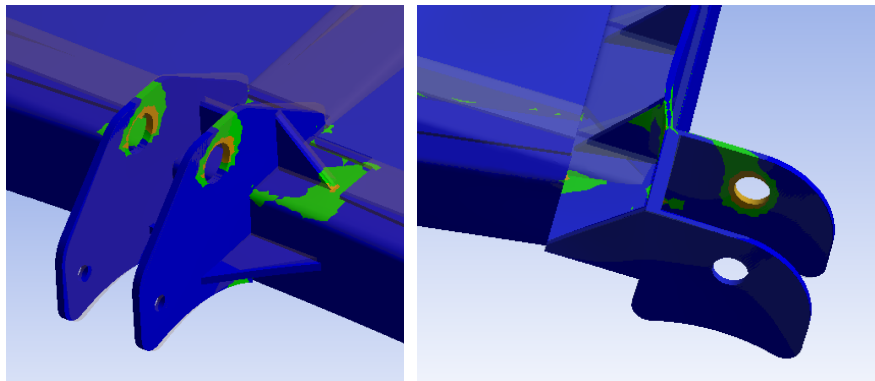


Figura 51-3: Análisis del factor de seguridad en los apoyos

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

d) *Deformación del tercer diseño de la plataforma a 60 grados de inclinación*

El valor de deformación máxima obtenido en la simulación de la plataforma cuando se encuentra inclinada 60 grados fue de 1,38 mm y este desplazamiento se ubica en la parte superior a los extremos como se puede ver en la siguiente figura donde en color rojo se muestra las zonas donde hay una deformación máxima generada por la carga de 5000 N.

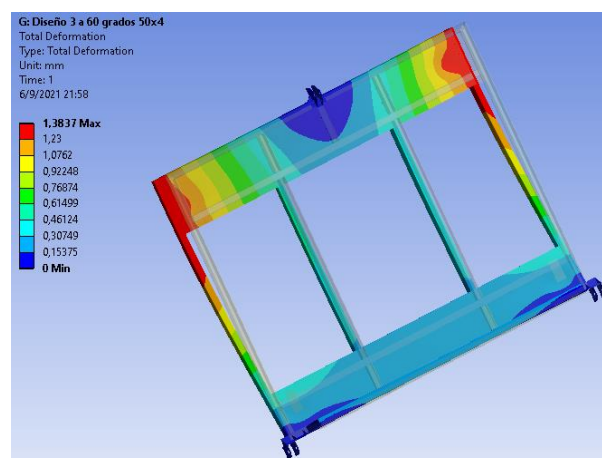


Figura 52-3: Deformación de la plataforma a un ángulo de 60 grados

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

Con el fin de visualizar de mejor manera el desplazamiento en la plataforma, en la figura a continuación se muestra una vista lateral de la estructura. La deformación que se muestra está escalada a una mucho mayor de la real de forma que es más fácil ver las áreas que se desplazan más de su posición inicial.

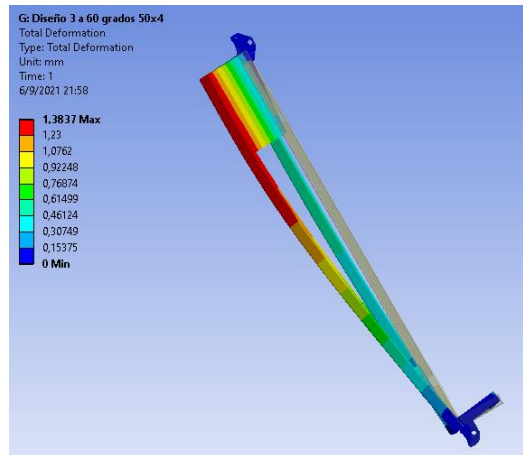


Figura 53-3: Desplazamiento de la plataforma a 60 grados

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

e) *Esfuerzos en el tercer diseño de la plataforma a 60 grados de inclinación*

En la Figura 54-3 se muestra el análisis realizado en el tercer diseño de la plataforma cuando está a una inclinación de 60 grados en donde se obtuvo que la tensión máxima generada por la carga de 5000 N es de 157,96 MPa. La tensión máxima se ubica en el tubo transversal superior provocado por las ruedas del vehículo ya que en ese punto es donde se transmite gran parte del peso. También se producen tensiones en los diferentes apoyos de la plataforma.



Figura 54-3: Tensión máxima y mínima en la plataforma a 45 grados

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

En la Figura 55-3 se presenta un acercamiento de los apoyos, se muestra el comportamiento más detalladamente de las tensiones en estos puntos en una escala de colores.

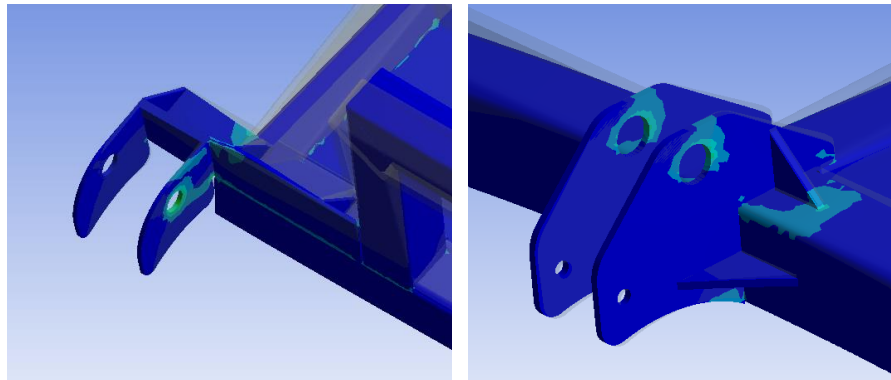


Figura 55-3: Análisis estático de tensiones en los apoyos

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

Como se puede observar en estas zonas los valores de los esfuerzos llegan hasta los 87 MPa, aunque las áreas en la estructura en donde se generan no son muy grandes por lo que no existiría riesgo de que se produzca una ruptura del material.

f) *Factor de seguridad del tercer diseño de la plataforma a 60 grados de inclinación*

La siguiente Figura 56-3 muestra el análisis del factor de seguridad del tercer diseño de la plataforma cuando está bajo una carga de 5000 N y a una inclinación de 60 grados.



Figura 56-3: Factor de seguridad en la plataforma a 60 grados

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

El valor mínimo del factor de seguridad obtenido para este diseño fue de 1,58 no obstante se puede ver en la figura que la estructura en general tiene un factor de seguridad de 15. El menor

valor del factor de seguridad se halla en los apoyos y en el tubo transversal superior. Este valor se encuentra por encima del recomendado por lo que se puede afirmar que este diseño es seguro y soportaría la carga.

Para observar el comportamiento del factor de seguridad en los apoyos en la siguiente figura se muestra un acercamiento del apoyo superior como del inferior de la plataforma.

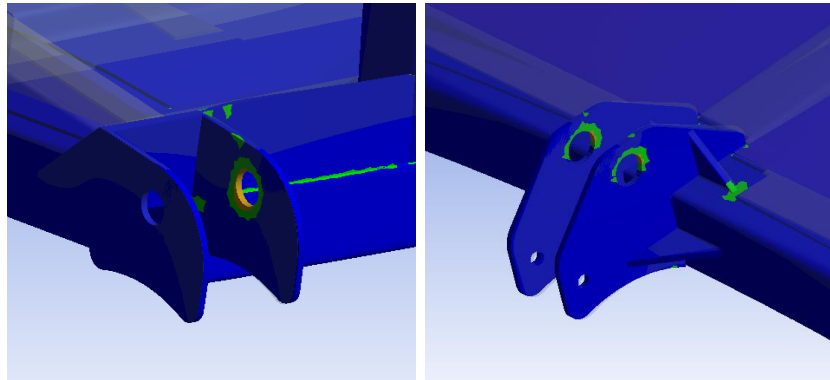


Figura 57-3: Análisis del factor de seguridad en los apoyos

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

Se puede ver que las áreas en color naranja son las más críticas con valores del factor de seguridad entre 1,58 y 5. Estas zonas son pequeñas en comparación a la estructura en general por lo que se puede concluir que no habría riesgo de ruptura en los apoyos y la plataforma soportaría la carga.

3.3.3.13. Simulación del cuarto diseño

a) Deformación del cuarto diseño de la plataforma a 45 grados de inclinación

La deformación máxima que se produce en este diseño es de 2,72 mm y se ubica en los extremos superiores de la plataforma, en la siguiente Figura 58-3 se muestra el análisis estático de la deformación en la plataforma cuando está con una carga de 5000 N y a una inclinación de 45 grados. La imagen se presenta en una escala de colores para ver más detalladamente el comportamiento de la deformación siendo las zonas en color rojo las más críticas.

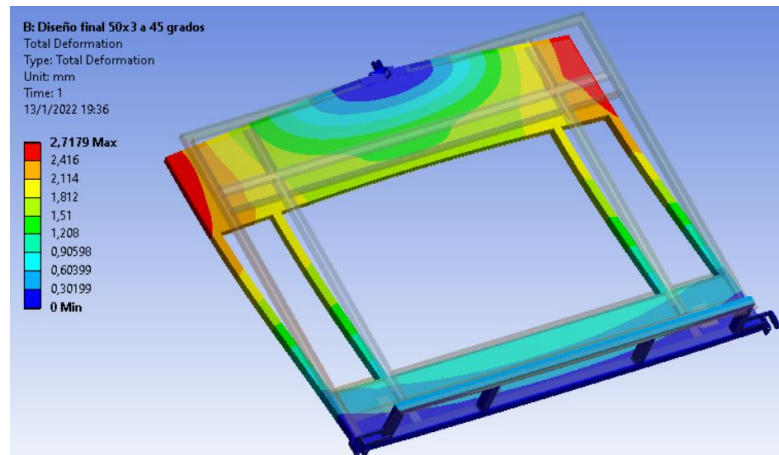


Figura 58-3: Deformación de la plataforma a un ángulo de 45 grados

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

La Figura 59-3 muestra el desplazamiento de la plataforma desde una vista lateral y con una escala mayor a la real de forma que se aprecie mejor la posición inicial y final de la estructura. El punto del máximo desplazamiento está en la esquina de la estructura como se puede observar y el desplazamiento de la plataforma va disminuyendo a medida que se acerca a los apoyos de las ruedas de color azul.

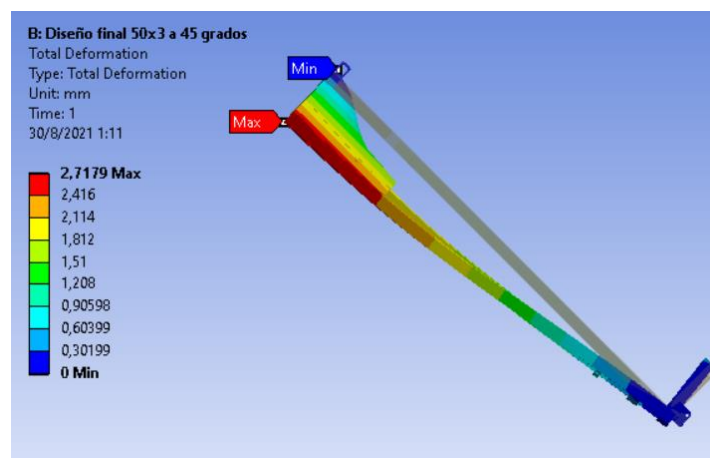


Figura 59-3: Desplazamiento de la plataforma a 45 grados

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

b) *Esfuerzos en el cuarto diseño de la plataforma a 45 grados de inclinación*

En la figura inferior se muestra el análisis estático de los esfuerzos realizado en la plataforma cuando está inclinada 45 grados, el valor máximo de tensión obtenido es de 158,15 MPa. Las tensiones más altas se ubican en los apoyos inferiores de la plataforma como se puede observar en la Figura 60-3.

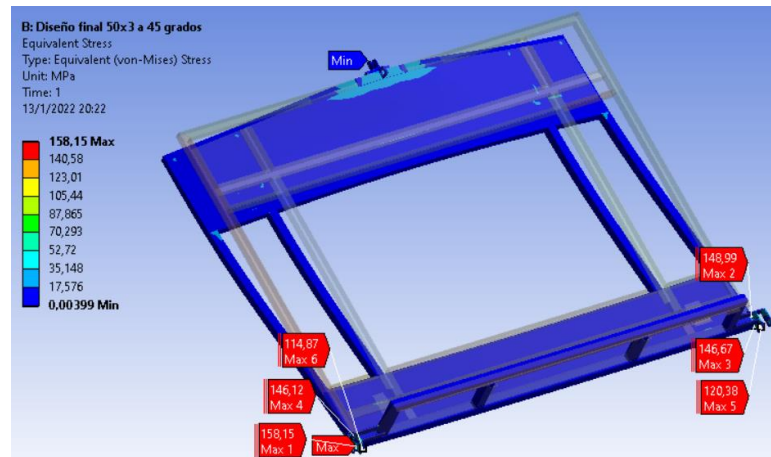


Figura 60-3: Tensión máxima y mínima en la plataforma a 45 grados

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

En la Figura 61-3 se muestra un acercamiento de los apoyos en la plataforma con la finalidad de observar más detalladamente los esfuerzos que se generan y el comportamiento de la estructura. La imagen de la izquierda pertenece al apoyo superior donde se conecta el gancho con el cable de acero hasta motor eléctrico y la imagen de la derecha corresponde al apoyo inferior en donde se sitúa la rueda, la imagen de la derecha engloba también al segundo apoyo inferior debido a que los resultados son iguales en ambos casos.

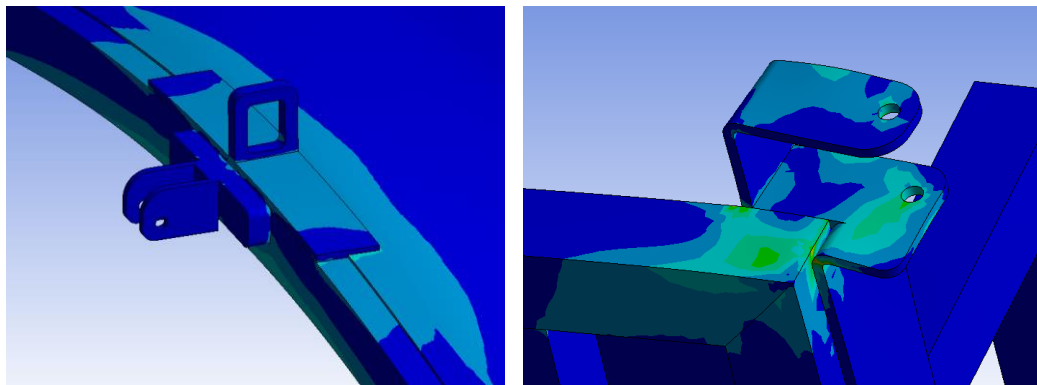


Figura 61-3: Análisis estático de tensiones en los apoyos

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

En este apoyo es donde se genera la máxima tensión en la plataforma, sin embargo, como se puede ver en la Figura 62-3 el valor máximo de tensión se origina en un solo punto, este punto se lo denomina como una singularidad de mallado ocasionado porque el nodo en ese punto no es perfectamente geométrico lo que desencadena en que los cálculos en ese punto no sean fiables y para corroborar esta hipótesis se observa las tensiones que se generan alrededor del punto donde se puede percatar que el valor máximo llega a ser de hasta 125 MPa.

Conforme a esta consideración se puede afirmar que el valor máximo de tensión que se genera en la plataforma con una carga de 5000 N es de 125 MPa, este valor se produce cuando la plataforma está a un ángulo de inclinación de 45 grados y no existiría riesgo de una ruptura en la estructura.



Figura 62-3: Punto de singularidad en el apoyo

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

c) *Factor de seguridad del cuarto diseño de la plataforma a 45 grados de inclinación*

La Figura 63-3 presenta el análisis estático del factor de seguridad del diseño final de la plataforma en un ángulo de inclinación de 45 grados, el valor mínimo obtenido en la simulación fue de 1,58. El valor mínimo del factor de seguridad se ubica principalmente en los apoyos inferiores.

La escala de colores facilita evaluar las áreas donde hay un menor factor de seguridad apreciando que la estructura en general se halla en un color azul que pertenece a un valor del factor de seguridad de 15 lo que significa que la estructura no experimentará ningún tipo de fractura por la carga establecida de 5000 N.

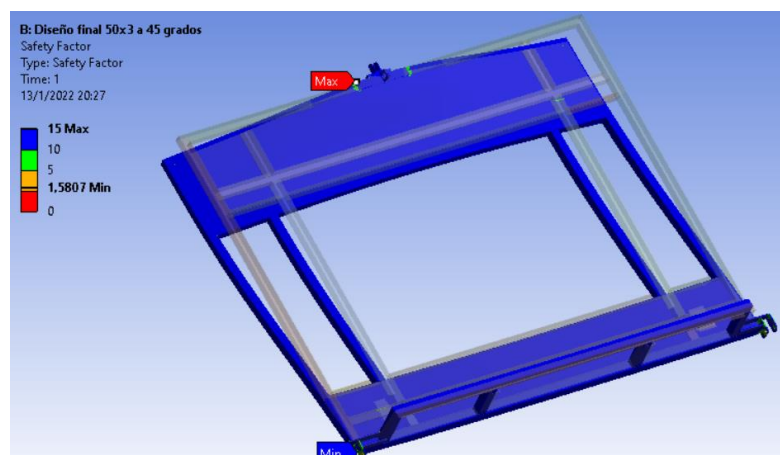


Figura 63-3: Factor de seguridad de la plataforma inclinada 45 grados

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

En la Figura 64-3 se muestra un acercamiento de los apoyos en la plataforma con la finalidad de analizar el comportamiento del factor de seguridad en estos puntos donde se puede observar que la zona más crítica es la de color naranja. En la imagen de la izquierda se presenta el apoyo de la parte superior donde el valor mínimo del factor de seguridad en este apoyo llega hasta 4 lo que asegura que el apoyo superior soportará sin dificultad la carga asignada. En la imagen de la derecha se muestra el apoyo inferior en este lugar se tiene el valor mínimo del factor de seguridad, al igual que se realizó un análisis en las tensiones máximas también se lo hace en los resultados del factor de seguridad.

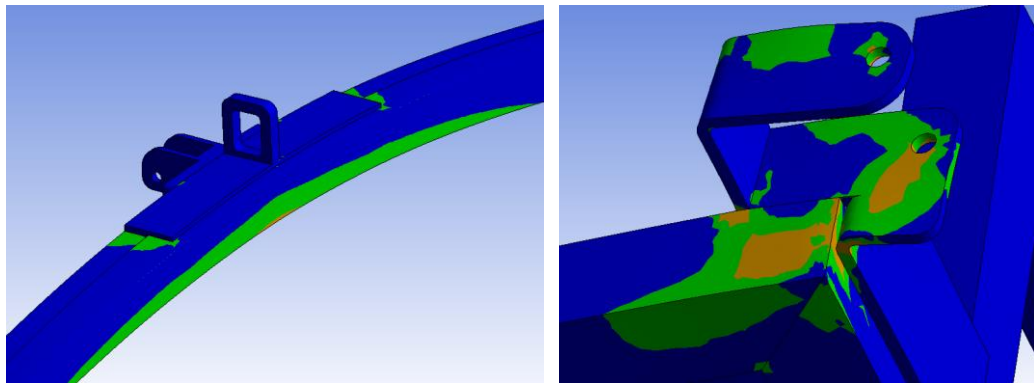


Figura 64-3: Análisis del factor de seguridad en los apoyos

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

En la Figura 65-3 se muestra el punto de singularidad para el factor de seguridad y el comportamiento en ese punto. Para comprobar que el cálculo en ese punto no es del todo fiable se marca los valores del factor de seguridad alrededor hallando que los valores llegan hasta un mínimo de 2. De acuerdo a este análisis se puede afirmar que la plataforma es segura y podrá soportar la carga de 5000 N cuando está a 45 grados de inclinación.

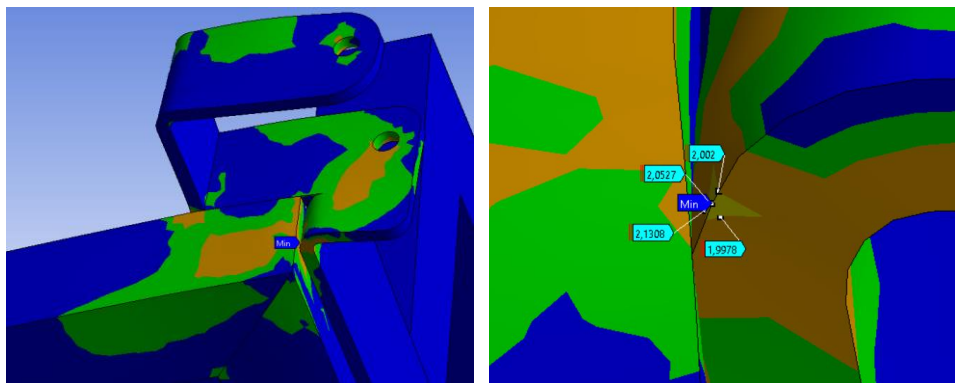


Figura 65-3: Punto de singularidad en el apoyo

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021

d) *Deformación del cuarto diseño de la plataforma a 60 grados de inclinación*

La deformación máxima obtenida en el análisis estático de la plataforma cuando está a un ángulo de inclinación de 60 grados fue de 2,25 mm. En la Figura 66-3 se muestra el análisis de la deformación en una escala de colores siendo las zonas en color rojo las más críticas.

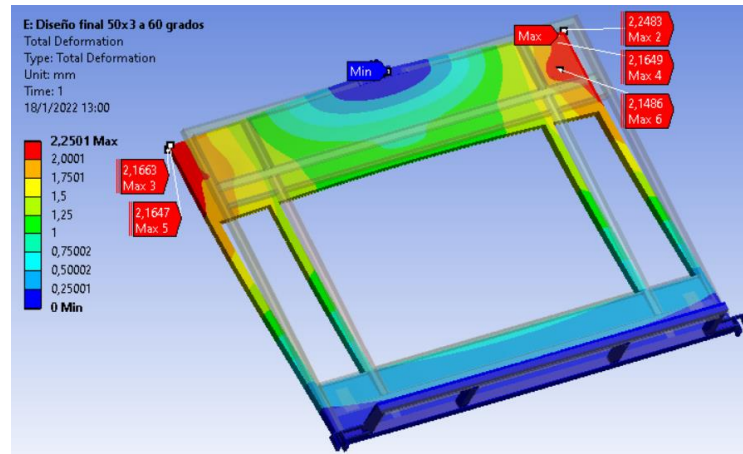


Figura 66-3: Deformación de la plataforma inclinada 60 grados

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

El punto máximo de deformación se encuentra en las esquinas superiores de la plataforma mientras que la parte inferior no sufre de una deformación significativa. En la siguiente figura se muestra una vista lateral de la plataforma con el propósito de reconocer el desplazamiento que se genera desde la posición inicial, en color gris, hasta la posición final cuando está bajo la carga de 5000 N.

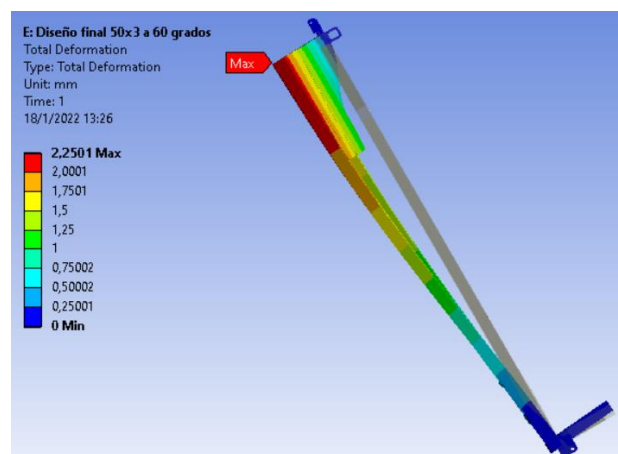


Figura 67-3: Desplazamiento de la plataforma inclinada 60 grados

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

e) *Esfuerzos en el cuarto diseño de la plataforma a 60 grados de inclinación*

A continuación, se muestra el análisis estático de los esfuerzos en el diseño de la plataforma final cuando está a una inclinación de 60 grados. La tensión máxima que se genera es de 128,47 MPa y se ubica principalmente en los apoyos inferiores de la plataforma.

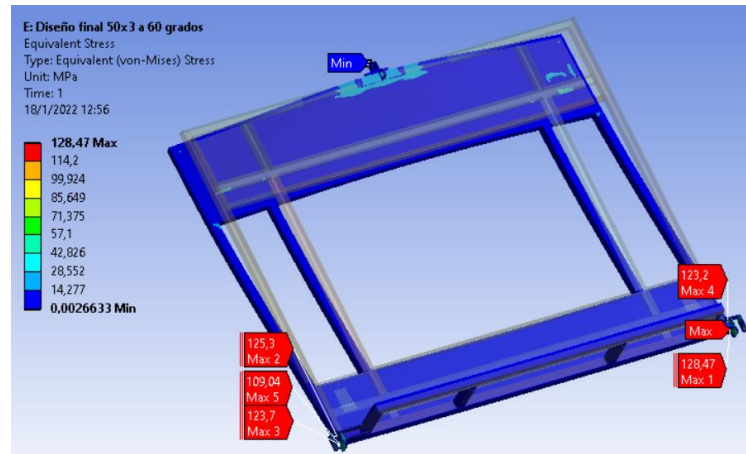


Figura 68-3: Esfuerzos máximo y mínimo en la plataforma a 60 grados

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021

La Figura 69-3 muestra un acercamiento de los apoyos en la plataforma con la finalidad de visualizar más detalladamente el comportamiento de los esfuerzos que se generan. La imagen de la izquierda muestra los esfuerzos que se generan en el apoyo superior donde se coloca el cable de acero hasta el motor eléctrico, la tensión máxima que se genera en este apoyo alcanza un valor máximo de 42 MPa. La imagen de la derecha muestra el comportamiento de las tensiones en el apoyo inferior, en este punto es donde se genera la máxima tensión de la plataforma, ambos apoyos inferiores se incluyen en este estudio al tener valores similares.

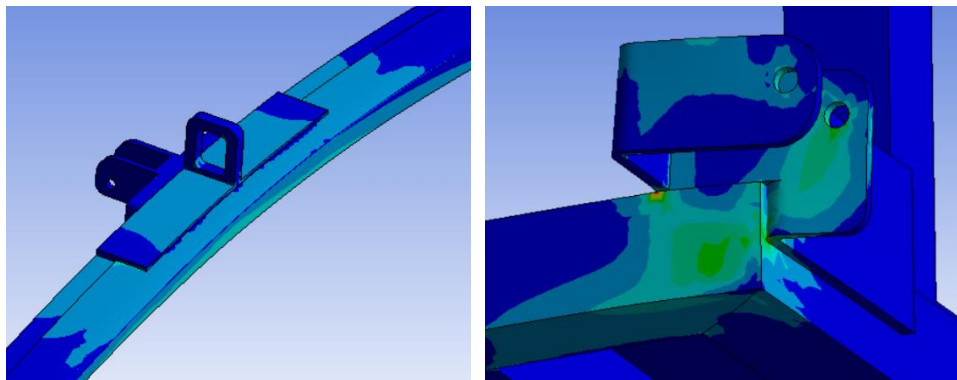


Figura 69-3: Análisis estático de tensiones en los apoyos

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021

f) *Factor de seguridad del cuarto diseño de la plataforma a 60 grados de inclinación*

La Figura 70-3 muestra el análisis del factor de seguridad en el diseño final de la plataforma cuando se encuentra a una inclinación de 60 grados, se puede observar que la estructura en su mayoría tiene un factor de seguridad de 15, mientras que los valores más bajos del factor de seguridad se encuentran en los apoyos de la plataforma. El valor mínimo del factor de seguridad obtenido en este análisis fue de 1,94 en consecuencia se puede afirmar que el diseño es seguro y soportará la carga sin problemas.

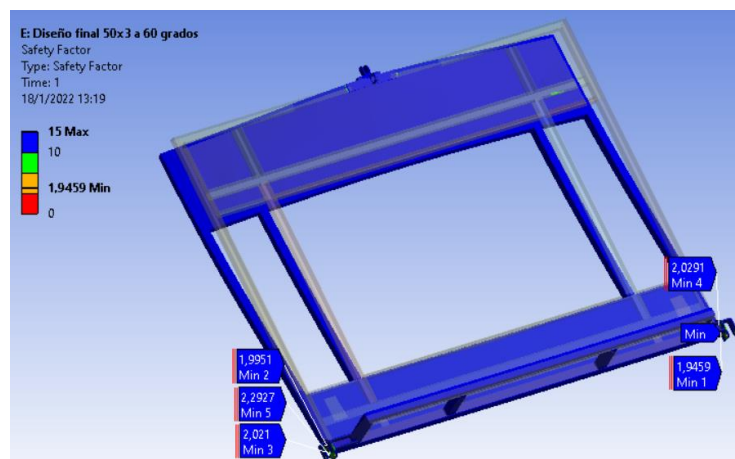


Figura 70-3: Factor de seguridad de la plataforma inclinada 60 grados

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021

En la siguiente figura se muestra un acercamiento de los apoyos en la plataforma de forma que se aprecie más detalladamente el comportamiento del factor de seguridad en estos puntos. La imagen de la izquierda muestra el análisis estático del factor de seguridad del apoyo superior, en este apoyo el valor mínimo del factor de seguridad es de 6. En la imagen de la derecha se muestra el apoyo inferior que abarca a ambos apoyos puesto que tienen resultados muy similares, el valor mínimo del factor de seguridad de la plataforma se produce en este apoyo y como se puede ver en la Figura 71-3 el valor se ubica en un solo punto de modo que se lo puede considerar como una singularidad y observando los valores del factor de seguridad alrededor el mínimo alcanza una cifra de 2.

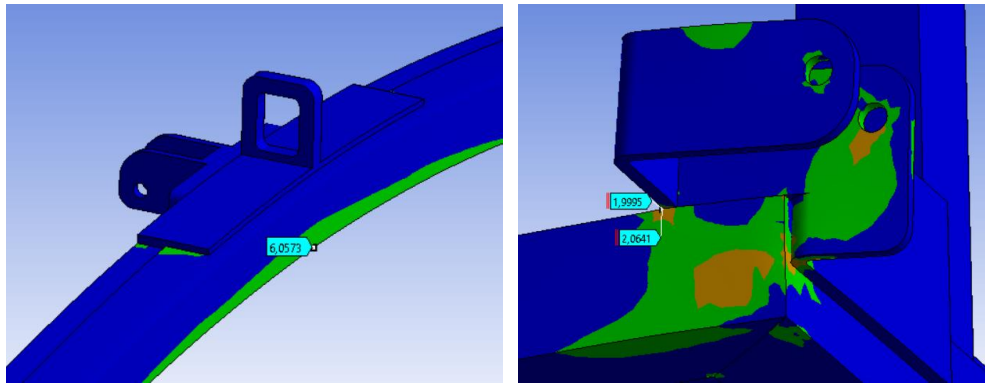


Figura 71-3: Análisis del factor de seguridad en los apoyos

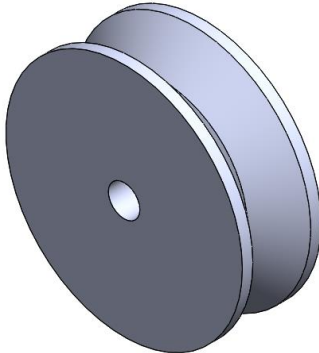
Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021

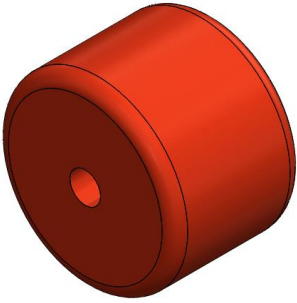
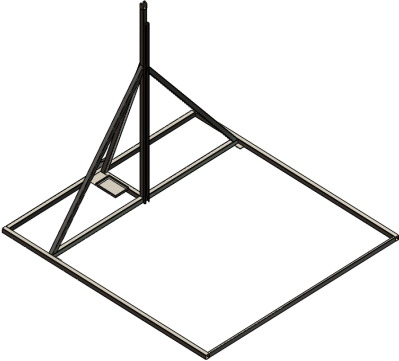
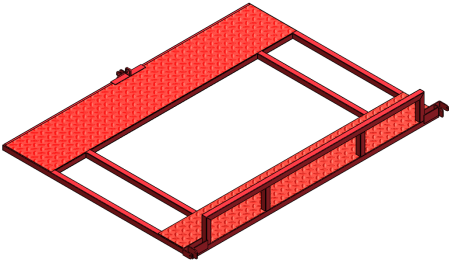
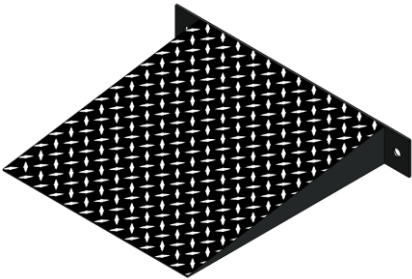
3.3.3.14. Selección del diseño

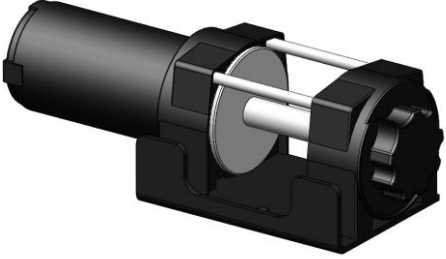
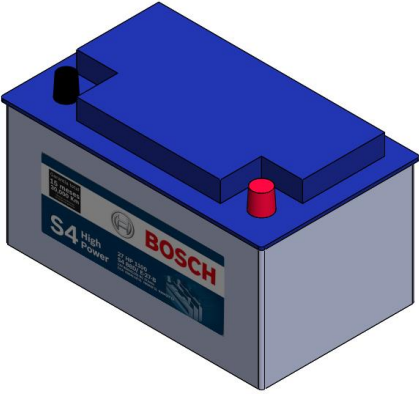

Una vez que se ha realizado las simulaciones de todos los diseños de las plataformas se comparan los resultados obtenidos, en el apartado de resultados se presenta los valores de la deformación, esfuerzos y factor de seguridad. Para la selección del mejor diseño se toma en cuenta principalmente el valor del factor de seguridad de la plataforma y el coste de la adquisición de los materiales para la construcción de la misma. Teniendo en cuenta estos dos factores el mejor diseño es el número cuatro puesto que el factor de seguridad mínimo alcanzado es de 2 como se explica en el apartado Simulación del cuarto diseño, además al usarse un tubo cuadrado de 50x50 mm en la mayoría de la estructura el coste de compra del material disminuye siendo esta la mejor opción en cuanto a resistencia de la estructura y construcción.

La Tabla 8-3 muestra los elementos principales que conforman la plataforma de inclinación.

Tabla 8-3: Piezas que conforman la plataforma diseñada en SolidWorks

	Piezas	Características
1		<p>Polea:</p> <p>Es el elemento base en donde se asentará cable de acero para lograr levantar la plataforma a los ángulos deseados.</p>

2		<p>Rueda de goma:</p> <p>Forman parte del sistema de riel y es el encargado de mover la plataforma linealmente. Soporta todas las cargas que se generan en el momento de la prueba de inclinación.</p>
3		<p>Base:</p> <p>Estructura metálica de acero estructural que sirve como sistema de riel entre la horizontal y la vertical. Soporta todas las cargas que se generan al momento de genera la prueba basculante.</p>
4		<p>Plataforma:</p> <p>Estructura metálica de acero estructural que soporta la carga al momento de inclinarse en la prueba con el vehículo incluido.</p>
5		<p>Rampa:</p> <p>Sirve para lograr montar el vehículo Formula SAE sobre la plataforma.</p>

6		<p>Motor eléctrico: Elemento principal que cumple la función de generar la fuerza necesaria para levantar e inclinar la plataforma a los ángulos de 45° y 60°</p>
7		<p>Batería de 12 v: Pieza indispensable de la plataforma que sirve como fuente de alimentación para el winch eléctrico.</p>
8		<p>Fuente de alimentación: Elemento que reemplaza a la batería convencional por la ventaja de no ser recargable ya que funciona directamente con la corriente de la red doméstica de 110 v.</p>

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

3.3.3.15. Selección de materiales

a) Tubo cuadrado

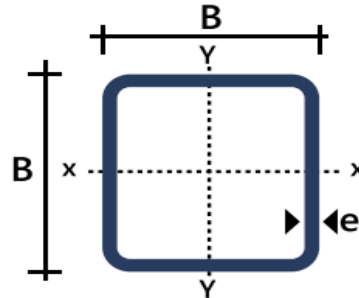


Figura 72-3: Perfil cuadrado

Fuente: (Importaceros, 2021)

Los tubos cuadrados que se utilizan para la creación del proyecto fueron de las medidas 50x3 mm que se usan para la construcción de la base metálica en la que va asentada la plataforma de inclinación. También, se utiliza el mismo tubo para la construcción de la plataforma ya que logra soportar las cargas que se presentan al momento de ubicar el vehículo Fórmula SAE.

Se utiliza un tubo cuadrado de medidas 50x3 mm que se ubica en la parte posterior de la base y sirve como soporte de la correa tipo G para evitar que ceda al momento que se levante la plataforma, de esta manera se garantiza que el sistema funcione correctamente y no colapse.

Los tubos que se eligen son de hierro al carbono de la calidad ASTM A36 lo que le permite obtener propiedades interesantes de trabajo; unas de ellas son la elevada resistencia al esfuerzo, resistencia a la corrosión y resistencia a elevadas temperaturas; también posee la peculiaridad de ser un elemento de fácil soldeo lo que permite unir los elementos de manera eficiente (Importaceros, 2021, p.57).

En la Tabla 9-3 se puede evidenciar todas las características que presentan este perfil. Se visualiza que el tubo cuadrado 50x3 mm tiene un módulo de resistencia de $7,8 \text{ cm}^3$ y un momento de inercia de $15,50 \text{ cm}^4$, además, se designa el peso que se obtiene por cada metro de longitud del tubo el cual obtiene un peso de 4,25 kg/m y el perfil tiene un área de $5,41 \text{ cm}^2$ (Importaceros, 2021).

Tabla 9-3: Características del tubo cuadrado estructural

Designaciones	Área	Peso	Propiedades Estáticas		
			Eje x-x = y-y		
			Momento de inercia	Módulo de resistencia	Radio de giro

B	e	A	P	I	W	I
mm	mm	cm²	kg/m	cm⁴	cm³	cm
20	1,4	0,99	0,78	0,56	0,56	0,75
	1,5	1,05	0,83	0,58	0,58	0,75
	1,8	1,23	0,96	0,66	0,66	0,73
	2	1,34	1,05	0,7	0,7	0,72
25	1,4	1,27	1	1,16	0,93	0,95
	1,5	1,25	1,06	1,22	0,97	0,95
	1,8	1,59	1,25	1,39	1,11	0,94
	2	1,74	1,36	1,49	1,19	0,93
40	1,4	2,11	1,66	5,18	2,59	1,57
	1,5	2,25	1,77	5,49	2,75	1,56
	1,8	2,67	2,09	6,39	3,19	1,55
	2	2,9	2,31	6,95	3,47	1,54
	2,5	3,59	2,82	8,23	4,12	1,51
	3	4,21	3,3	9,36	4,68	1,49
	4	5,35	4,2	11,18	5,59	1,45
50	1,4	2,67	2,1	10,42	4,17	1,97
	1,5	2,85	2,24	11,07	4,43	1,97
	1,8	3,39	2,66	12,95	5,18	1,96
	2	3,74	2,93	14,15	5,66	1,95
	2,5	4,59	3,6	16,96	6,78	1,92
	3	5,41	4,25	19,5	7,8	1,9
	4	6,95	5,45	23,84	9,54	1,85
60	1,5	3,45	2,71	19,52	6,51	2,38
	1,8	4,11	3,22	22,95	7,65	2,36
	2	4,54	3,56	25,15	8,38	2,35
	2,5	5,59	4,39	30,36	10,12	2,33
	3	6,61	5,19	35,17	11,72	2,31
	4	8,55	6,71	43,65	14,55	2,26

Fuente: (Importaceros, 2021)

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

b) *Correa G metálicas*

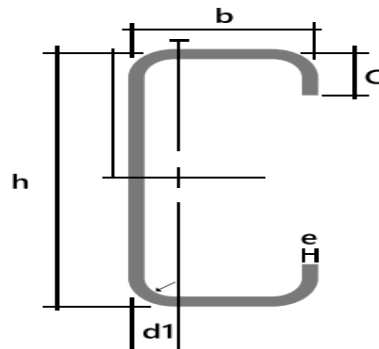


Figura 73-3: Perfil en G de correa metálica

Fuente: (Importaceros, 2021)

Se hace uso de una correa de tipo G con medidas de 60x30x10x2 mm la misma que servirá como soporte del riel de la plataforma; este perfil se ubicará como una columna y dentro de ella irá un sistema de movimiento que permitirá que se incline la plataforma de manera lineal evitando posibles sucesos de pandeo.

La correa es de acero laminado en caliente y posee la calidad ASTM A36 de acero negro, esto lo hace ideal para construcciones de estructuras metálicas soportando grandes cargas (Importaceros, 2021).

Tabla 10-3: Características de perfil en G

Designación	Dimensiones				Masa kg/m	A cm ²	d1 cm	Momento de inercia		Módulo resistente		Radio de giro	
	h	b	c	e				Ix	Iy	Wx	Wy	ix	iy
	mm	mm	mm	mm				cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm
G 60x30x10x2	60	30	10	2	1,96	2,54	1,44	14,88	5,28	4,9	2,74	2,42	1,44
G 80x40x15x2	80	40	15	2	2,75	3,54	1,46	35,25	8,07	8,81	3,18	3,16	1,51
G 80x40x15x3	80	40	15	3	3,95	5,11	1,46	49,04	10,85	12,26	4,27	3,1	1,46
G 80x50x15x2	80	50	15	2	3,06	3,88	1,46	41,11	13,55	10,28	4,34	3,23	1,88

Fuente: (Importaceros, 2021)

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

En la Tabla 10-3 se puede visualizar los datos del perfil en G como el módulo de resistencia en WX con un valor de 4,9 cm y en WY un valor de 2,74 cm⁴, de igual manera se puede obtener el

momento de inercia con un valor en IX de 14,88 cm⁴ y en IY con un valor de 5,28 cm³; la masa que se obtiene durante cada metro de longitud es de 1,96 kg/m y el área del perfil es de 2,54 cm² (Importaceros, 2021, p.92).

c) *Plancha antideslizante*

Se la puede conocer con diversos nombres como plancha antiderrape, diamantada, antideslizante, estriadas. Estas planchas de metal son las más adecuadas para evitar algún riesgo de deslizamiento entre las ruedas del vehículo Fórmula SAE y el punto de contacto que será la plancha antiderrape y esto se logra gracias a los estampados que posee la plancha evitando el deslizamiento.

La plancha antideslizante en este caso se la obtiene mediante el laminado en frío, es galvanizada de color negro y se rige a la norma de calidad de acero ASTM A36 y norma de fabricación de productos ASTM A786. Tiene una amplia utilización en las diversas industrias entre ellas la industria automotriz y es debido a los grandes beneficios que presenta como la resistencia a las cargas, a las altas temperaturas y a la oxidación.

En la Tabla 11-3 se expone las diversas medidas de planchas metálicas que existen en el mercado ecuatoriano. Las medidas de las planchas son de 1,22 m de ancho por 2,44 metros de largo y con un espesor desde 2mm hasta un máximo de 6 mm. La plancha que se utiliza para el punto de contacto en el proyecto será de 2 mm de espesor siendo suficiente para resistir las fuerzas que se generan al ubicar el Fórmula SAE (Importaceros, 2021, p.22).

Tabla 11-3: Espesor de plancha antideslizante

1.22 x 2.44 metros	
Denominación	Peso (kg)
2.0 mm	47,63
2.3 mm	58,7
2.5 mm	59,54
3.00 mm	71,45
4.00 mm	102,04
5.00 mm	127,56
6.00 mm	142,89

Fuente: (Importaceros, 2021)

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

En la Tabla 12-3 se muestra la plancha de acero con las debidas cantidades de elementos químicos; la calidad ASTM A36 posee cantidad máxima de 0,25% de C, 0,40% de Si, 0,04% de P y 0,05 de S. La plancha de acero de calidad ASTM A1011CS Tipo B posee un porcentaje máximo de 0,10% de C, 0,60% de Mn, 0,03% de P, 0,035% de S (Importaceros, 2021).

Tabla 12-3: Porcentaje máximo de elementos químicos que contiene la plancha

DEL ACERO	C %	Mn %	Si %	P %	S %
ASTM A 36/A 36M	0,25 máx	-	0,4 máx	0,04 máx	0,05 máx
ASTM 1011/A 1011M CS Tipo B	0,1 máx	0,6 máx		0,03 máx	0,035 máx

Fuente: (Importaceros, 2021)

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

La Tabla 13-3 indica las características de la plancha de calidad ASTM A36 que es la que se va a utilizar la misma que posee una resistencia a la tracción de 400 – 500 MPa con un límite mínimo a la fluencia de 250 MPa y un porcentaje de elongación mínimo de 20 % (Importaceros, 2021, p.23).

Tabla 13-3: Características mecánicas de la plancha antideslizante

NORMA TÉCNICA		Límite de Fluencia			Resistencia a la Tracción			Elongación	
Del Producto	Del Acero	Kg/mm ²	ksi	Mpa	Kg/mm ²	ksi	Mpa	Probeta 2"	Probeta 8"
ASTM A 786/A 786M	ASTM A 36/A 36M	25,3 min	36 min	250 min	41 – 56	58 – 80	400 – 550	21 % mín	20% mín
	ASTM 1011/A 1011M CS Tipo B				21 – 35	30 – 50	205 – 340	25 % mín	

Fuente: (Importaceros, 2021)

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

d) *Winch eléctrico*



Figura 74-3: Winch eléctrico de 3500 lb

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021

Se elige un winch eléctrico que posee un motor de 3,5HP logrando levantar un peso de hasta 3500 lb, esto es suficiente para levantar la plataforma incluido el Fórmula SAE, lo cual se estima que llegaría a obtener un peso alrededor de las 1200 lb. Se evidencia que el winch eléctrico es lo suficientemente potente para levantar la plataforma y cumplir con la prueba de inclinación del monoplaza sin problemas.

e) *Ruedas de goma*

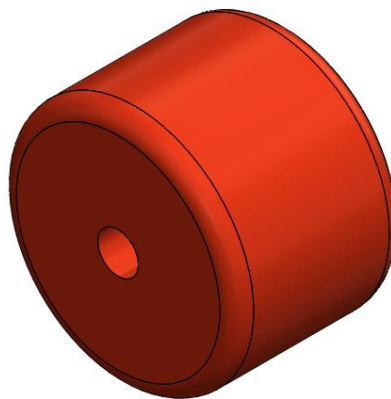


Figura 75-3: Rueda de acero utilizada para el sistema de riel

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021

Se hace uso de ruedas de goma que soporta peso de hasta 2452,5 N, del monoplaza y del conductor al momento de realizar la prueba basculante. Estas ruedas servirán para darle movilidad a la plataforma al momento de que el winch eléctrico empiece a levantarlo.

Las ruedas generan un sistema parecido a un riel por lo que, la plataforma siempre seguirá su curso sin salirse del perfil cuadrado. Estas ruedas soportan elevadas cargas y debido a que la prueba tilt test dura unos pocos minutos son ideales para implementarlas en el presente proyecto.

f) *Polea*

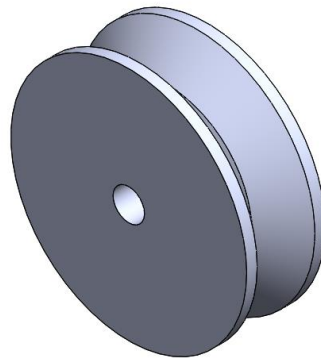


Figura 76-3: Polea de acero con rodamiento interno

Fuente: Direct Industry, 2022

Se utiliza una polea de acero de 70 mm de diámetro por 30 mm de espesor es ideal para soportar grandes cargas. Esta irá ubicada en la parte superior de la correa metálica y servirá como guía de movimiento del cable de acero del winch eléctrico, de esa manera se puede levantar o bajar la plataforma.

3.3.3.16. *Construcción estructural de la base*

La construcción de la base metálica se la llevó a cabo de acuerdo con los diseños realizados en el software Solidworks.

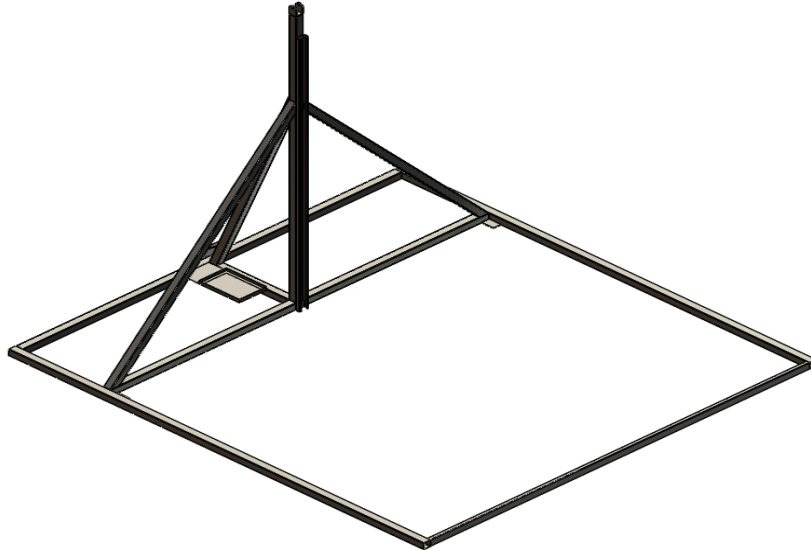


Figura 77-3: Estructura base

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

Todos los tubos de acero estructural que se utilizó en esta estructura metálica se rigen a la norma de calidad ASTM A36 donde se empieza la construcción con lo siguiente:

1. Tomamos las medidas de los planos que se muestran en el anexo D, para cortar los perfiles cuadrados 50x3 mm, se extrae tres secciones que se usarán para los laterales y se utiliza otro tubo rectangular 50x25x2 mm que irá ubicado en un extremo de la base, para realizar los cortes de los perfiles de acero se hace uso de una sierra eléctrica que es ideal para este tipo de trabajos. Los cortes que se realizaron fueron en ángulo de 45° con el objetivo de lograr una buena unión entre los tubos.



Figura 78-3: Corte de tubos con sierra eléctrica

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

2. Se utiliza un proceso de soldadura conocido como TIG, con una corriente de 70 Amperios y con un ángulo de inclinación de la pistola de soldeo entre 70 y 80 grados con la horizontal. Antes de soldar por completo los tubos estructurales, se realiza puntos de suelda en las uniones, posteriormente, se verifica que las dimensiones sean las adecuadas según los planos ya establecidos, para luego realizar la soldadura completa en los topes.



Figura 79-3: Proceso de soldadura TIG aplicado a la base

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

3. Se corta un perfil estructural cuadrado de 50x3 mm el cual se usa como columna y sirve como base de la correa en G. Se corta otro tubo de las mismas dimensiones para ubicar en la parte posterior de la columna con una inclinación de 60 grados con la horizontal, tiene la función de soporte de la columna al momento de empezar con las pruebas tilt test y evitar alguna deformación o fallo. Se corta otro tubo cuadrado que va ubicado en los laterales con una inclinación de 70

grados con la horizontal, funciona como soporte de la columna al momento de empezar con las pruebas tilt test y evitar que se generen movimientos indeseados.



Figura 80-3: Soportes laterales y posterior de la columna

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

4. Ubicamos una correa en G sobre la columna con dimensiones de 60x30x10x2 mm. Soldamos el perfil en G sobre la columna; sirve como riel de guía para la rueda de la plataforma, esto favorece el levantamiento de la plataforma al momento en que el motor eléctrico o winch genere el movimiento.



Figura 81-3: Correa en G utilizada como riel para la plataforma

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

5. Se recorta platinas de 6 mm de espesor, formando un diseño tipo C, posteriormente, se realiza perforaciones con broca de 12 mm de diámetro; luego, se ubica esta pieza en la parte superior de la columna y se realiza el proceso de soldadura ; este elemento será la base donde descansará la polea.

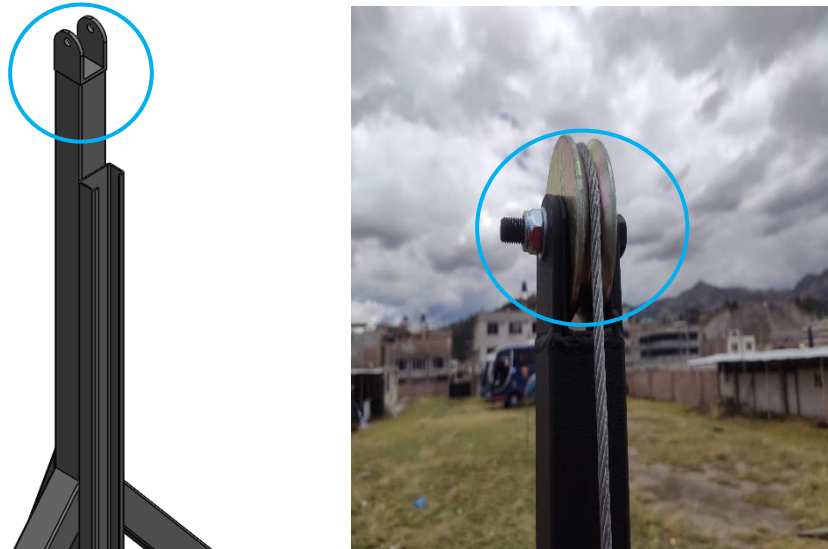


Figura 82-3: Base en C para la polea

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

6. Se recorta una pequeña plancha de acero de 6 mm de espesor que va ubicado sobre el soporte inclinado de la base. Luego, se perfora con taladro de broca 12 mm. Esto será la base para ubicar el motor eléctrico.

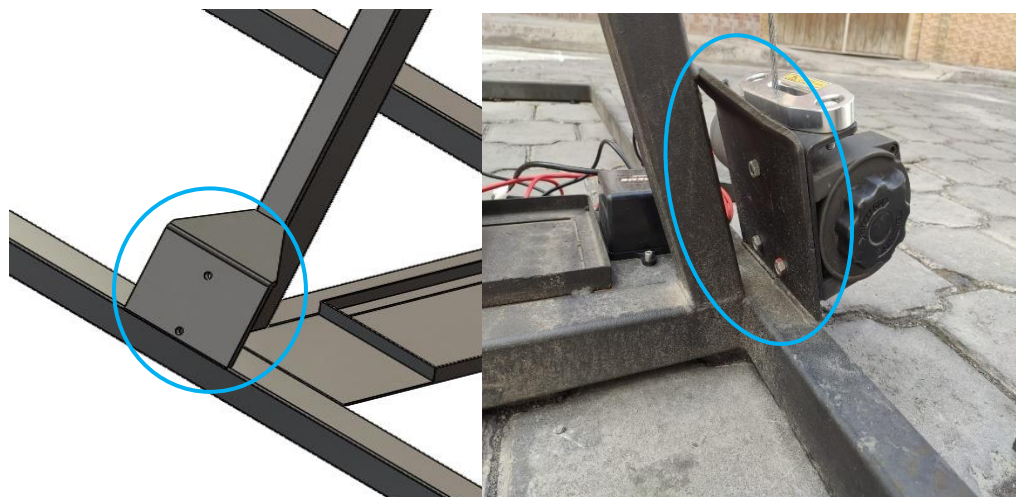


Figura 83-3: Base del winch.

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

7. Se ubica una pequeña lámina de acero de 2mm de espesor sobre un tubo estructura de la base, cerca al motor eléctrico y se une mediante soldadura, esta lámina sirve como base para ubicar la batería o fuente de poder que hará funcionar el winch.

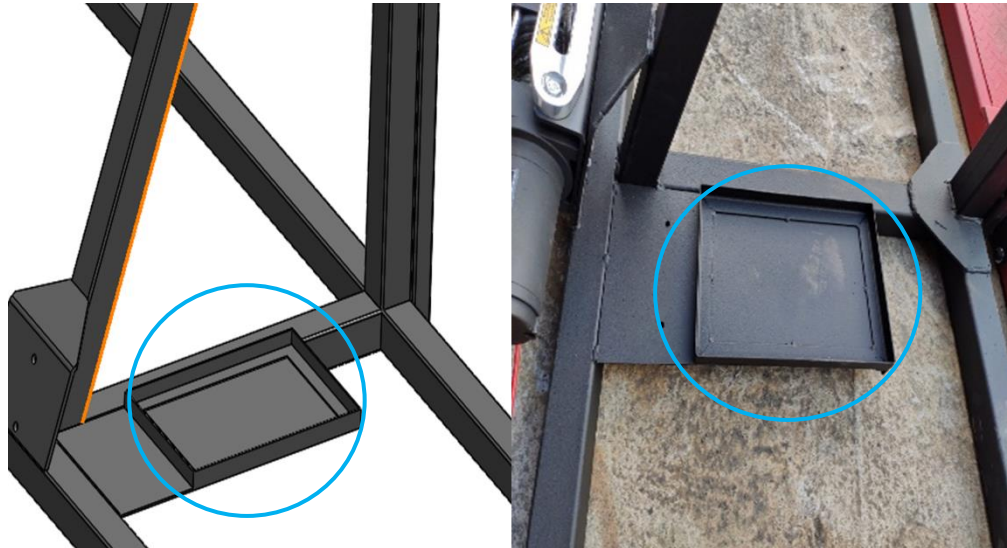


Figura 84-3: Base para batería de 12 v

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

3.3.3.17. Construcción estructural de la plataforma

La construcción de la plataforma se la llevó a cabo de acuerdo con los diseños realizados en el software Solidworks.

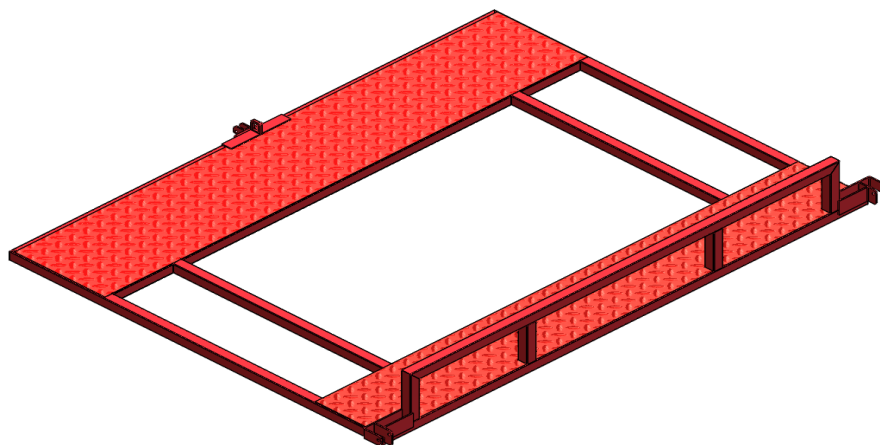


Figura 85-3: Estructura plataforma

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

1. Con las dimensiones obtenidas de los planos del ANEXO D se procede a recortar los tubos externos e internos que forman parte de la plataforma. Los perfiles externos se cortaron con

un ángulo de 45 grados con el fin de tener un buen acabado estético y que la unión mediante el proceso de soldadura sea el adecuado. Por otra parte, los tubos internos se cortaron normalmente. Se utilizaron perfiles cuadrados estructurales de 50x3 mm. Posteriormente, se ubica los tubos laterales en su posición indicada y se aplica en un inicio un punto de suelda TIG en las uniones y se verifica que las dimensiones entre tubos sean las indicadas en los planos, una vez que todo está correcto se realiza el proceso de soldadura por completo.



Figura 86-3: Puntos de suelda en tubos de plataforma

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

2. Se corta los perfiles cuadrados estructurales de 50x3 mm y se los ubica en el extremo de la plataforma y soldamos, servirá de soporte para las llantas del Fórmula SAE.



Figura 87-3: Tubos verticales de la base

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

3. Con uso de una cinta métrica o flexómetro se realiza la medición de la plancha antideslizante y se procede a recortar, posteriormente, se realiza el proceso de soldadura para fijar la plancha en la estructura.



Figura 88-3: Corte y soldadura de la plancha antideslizante sobre la plataforma

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

4. Se utiliza platinas de acero en los dos extremos de la estructura y se fijan mediante soldadura TIG, luego se hacen perforaciones sobre las mismas con taladro de broca de 12 mm, estas perforaciones servirán para colocar las ruedas de la plataforma y pueda moverse hacia adelante y hacia atrás al momento de realizar la prueba de inclinación.

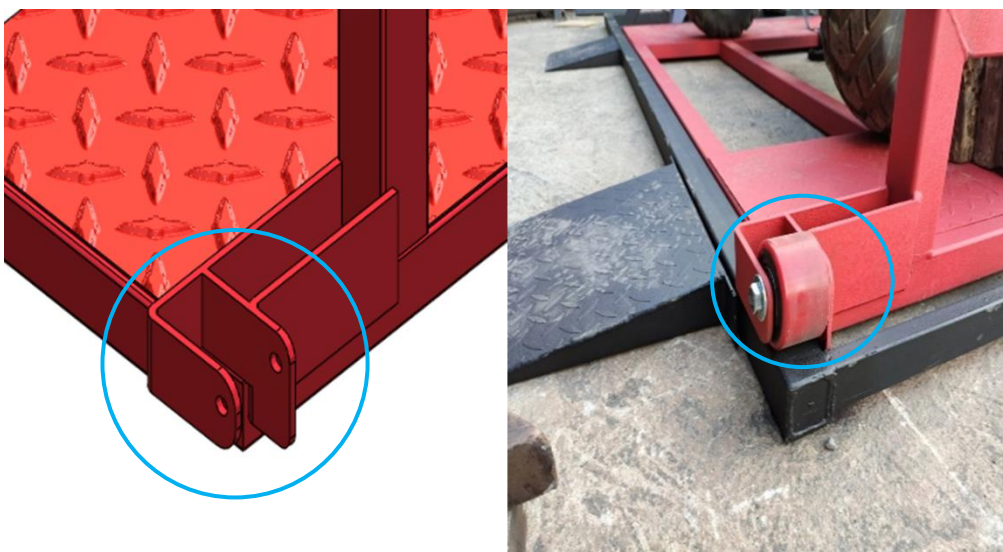


Figura 89-3: Platinas de sujeción de las ruedas de goma

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

5. En la parte lateral media, se ubica una platina con perforación de 12 mm de diámetro y soldada sobre la estructura, sirven de base para sujetar la rueda que guiará a la plataforma verticalmente. En el mismo sector ubicamos un eslabón hecho de platinas de acero de 6 mm de espesor que se utiliza para enganchar con el cable de acero del winch y poder levantar la plataforma.

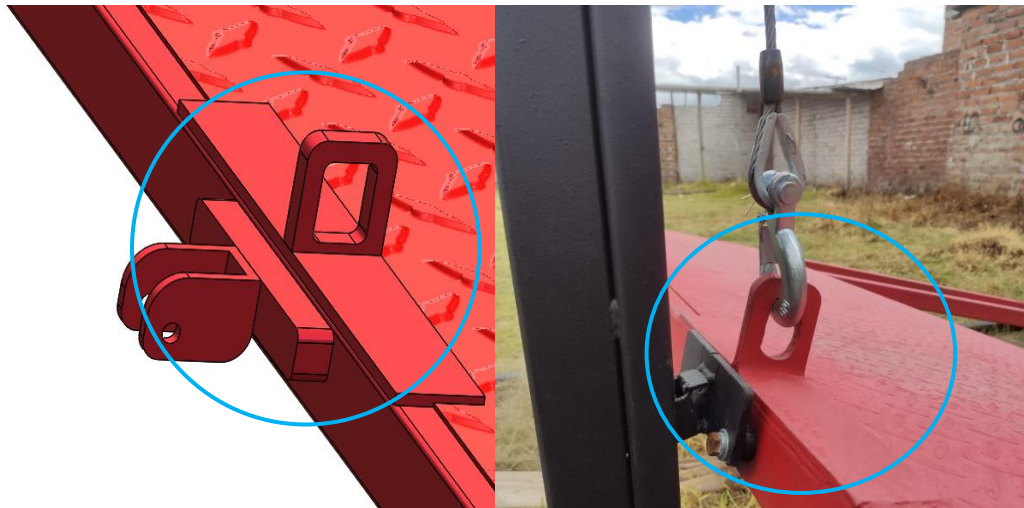


Figura 90-3: Sujeciones de la rueda del riel y eslabón del winch

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

3.3.3.18. Construcción estructural de rampas

1. Con los sobrantes de los perfiles cuadrados de 50x3 mm, se hacen cortes diagonales con la sierra eléctrica. Adicional, se agrega unas platinas de 6 mm de espesor a los costados de las rampas con perforaciones de 12 mm de diámetro con el fin de empernar las rampas sobre la plataforma si así se quisiera.



Figura 91-3: Estructura de base con platinas laterales perforadas

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

2. Se recorta un pequeño pedazo de plancha antideslizante y se coloca sobre la estructura de las rampas, posteriormente, se unen con soldadura TIG.



Figura 92-3: Rampas de planchas antideslizante

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

3.3.3.19. *Proceso de pintura*

1. Usando una amoladora con disco de corte de hierro se realiza el proceso desbaste con el fin de quitar el exceso de los puntos de soldadura en todas las uniones que se realizó a fin de obtener un buen acabado de la estructura.



Figura 93-3: Desbaste del exceso de soldadura

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

2. Se envía la plataforma al laboratorio de pintado electrostático, antes de empezar con el proceso de pintado, se limpia toda la pieza con un baño de ácido para eliminar todo tipo de suciedad y grasa existente en la estructura metálica. Posteriormente, se realiza el proceso de pintado electrostático con el uso de una pistola pulverizadora de alto voltaje que mediante el aire comprimido se pulveriza la pintura en polvo para rosear la plataforma. Luego, se traslada a la plataforma hacia el horno durante 20 a 60 min a 350 °C. Esto otorga grandes ventajas a la estructura como resistencia a rayones, humedad y salinidad.



Figura 94-3: Aplicación de la pintura y secado

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

3.3.3.20. *Ensamblaje de componentes*

1. Se instala una la polea en la parte superior de la columna de la base, la polea se sujeta mediante un perno M12x80 mm en las perforaciones que se realizaron anteriormente.



Figura 95-3: Ubicación de la polea principal

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

2. En los dos extremos de la plataforma móvil van ubicadas las ruedas de goma las cuales son aseguradas con pernos M12x80 (mm).

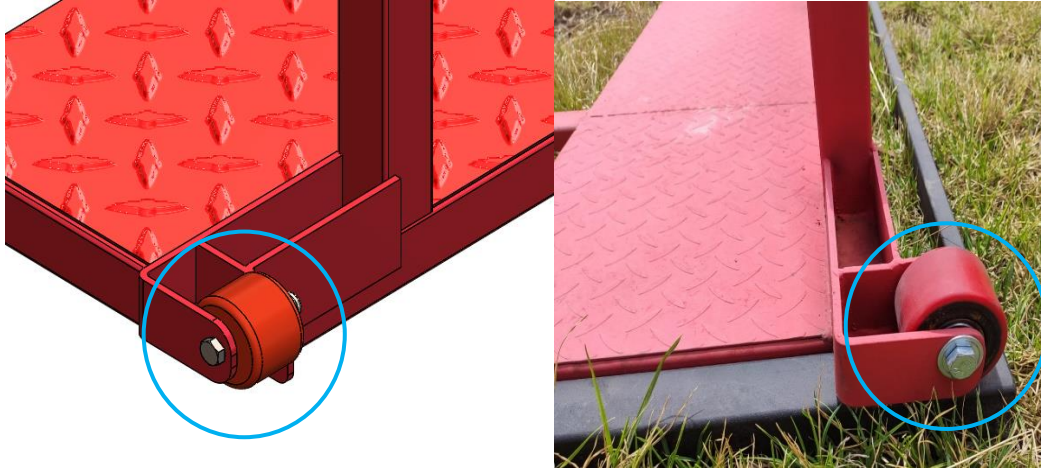


Figura 96-3: Ensamble rueda de goma

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

3. En la parte media lateral de la plataforma móvil, sobre las platinas que se ubicaron anteriormente, se introduce una polea de acero tipo V que servirá como guía para levantar la plataforma verticalmente.

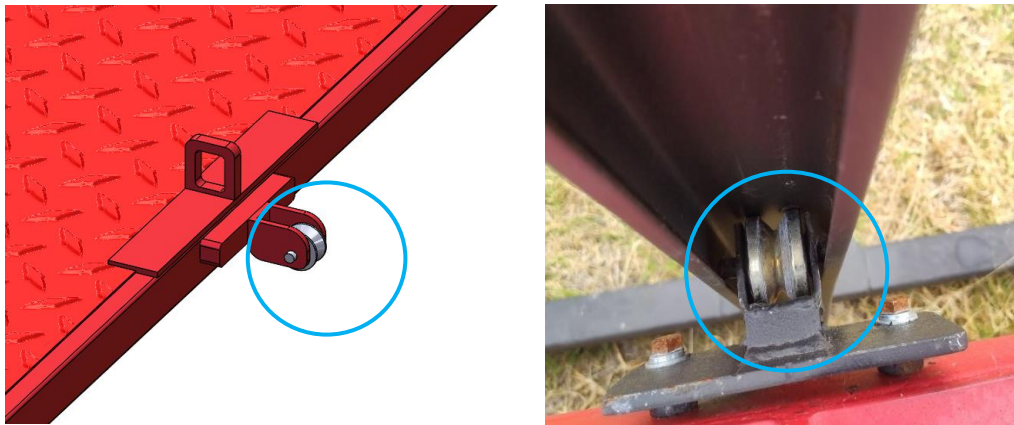


Figura 97-3: Mecanismo de la polea para la columna

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

4. Se ubica la plataforma sobre la base principal de manera que encaje sobre el riel de la columna.

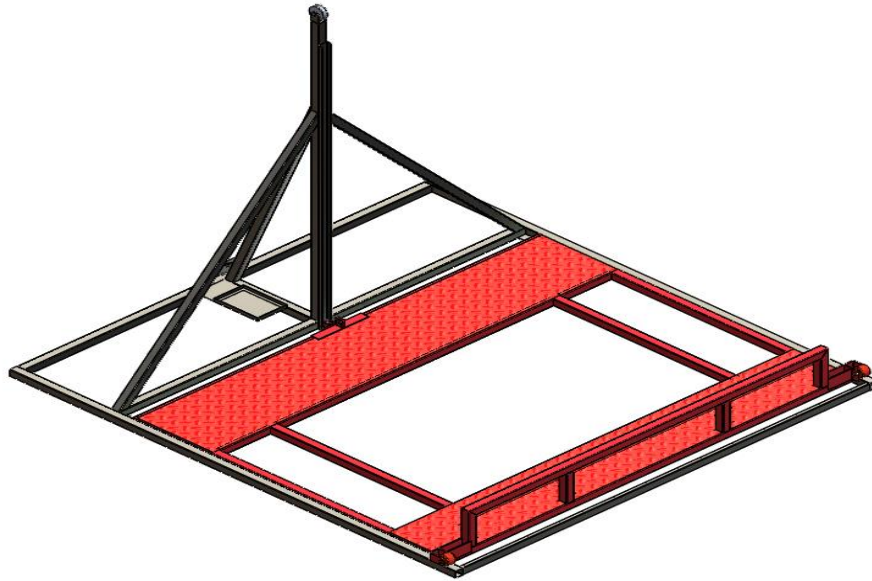


Figura 98-3: Ensamblaje de la base y la plataforma

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

5. Se instala el motor eléctrico o winch en la base que se construyó previamente en columna y se asegura con pernos M12x80 mm; también se agrega la batería de 12v o fuente de alimentación en la lámina base. Debido a que existe el inconveniente de cargar la batería y con la finalidad de hacer que el funcionamiento de la plataforma sea más cómodo, se reemplazó a la batería por una fuente de alimentación de 12 v.

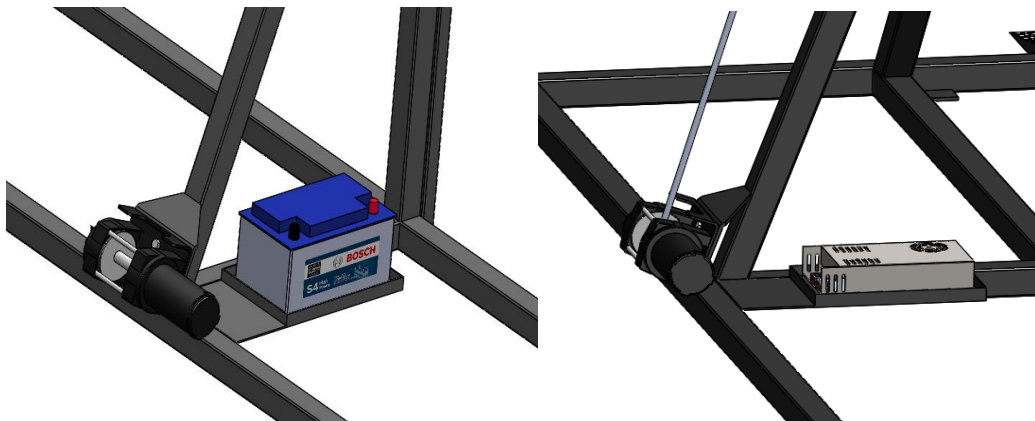


Figura 99-3: Ubicación de la batería y el motor eléctrico

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

6. Se ubica el cable de acero del winch sobre la polea principal que está situada en la parte superior de la base y se engancha el cable de acero sobre el eslabón de la plataforma; al finalizar se verifica que la tensión del cable sea la adecuada.



Figura 100-3: Sistema de sujeción entre el motor y la plataforma

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

7. Una vez que se ha terminado de generar el ensamble total tendremos como resultado la siguiente plataforma ya culminada.

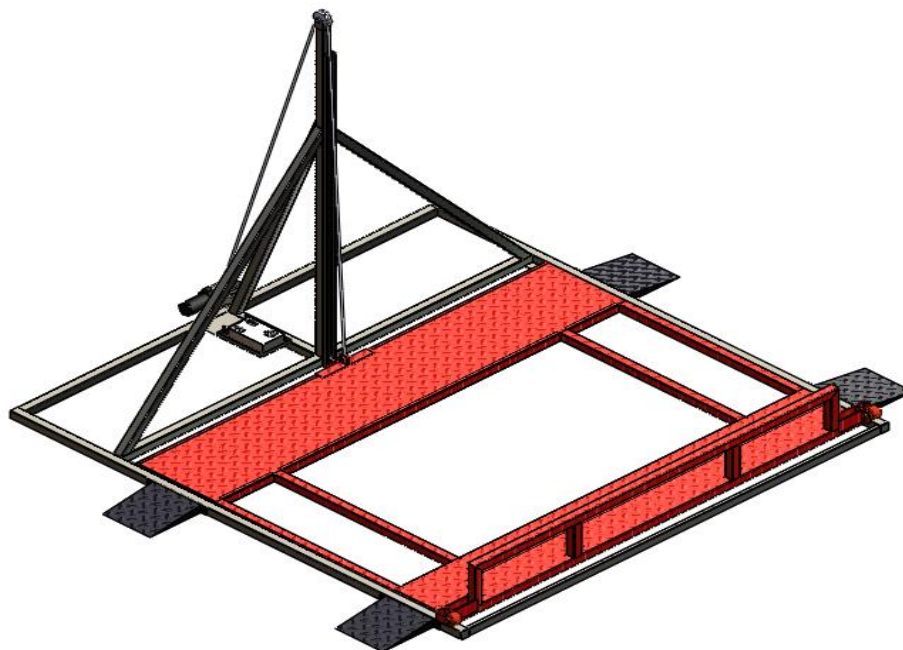


Figura 101-3: Ensamble final de la plataforma de inclinación

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

3.3.3.21. *Funcionamiento de la plataforma*

Se conecta el motor eléctrico (3,5HP) a una batería de 12v y una capacidad de 60Ah. Se realiza la sustitución de la batería por una fuente de alimentación debido a la factibilidad de uso que presenta con este dispositivo ya que se puede conectar a la red eléctrica de cualquier domicilio y funciona a 110v.



Figura 102-3: Conexión del winch a batería de 12 v

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

Para encender el motor eléctrico basta con conectar a la batería de 12v o fuente de alimentación e 12v y entra en funcionamiento. Se puede manipular al motor mediante un control remoto, obteniendo un mejor dominio en los movimientos de la plataforma.



Figura 103-3: Manipulación del motor eléctrico mediante control remoto

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

3.3.3.22. Prueba de inclinación en el vehículo Fórmula SAE

Cuando se va a realizar la prueba tilt test, el cabrestante entra en funcionamiento genera el izaje de la plataforma con el vehículo Fórmula SAE incluido. El levantamiento se efectúa con la ayuda del cable de acero que va montada sobre una polea que se encuentra ubicado en lo más alto de la base y se engancha en la plataforma móvil.

1. Se ubica al Fórmula SAE sobre la plataforma como se muestra en la Figura 104-3.



Figura 104-3: Posición inicial del vehículo Fórmula SAE

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

2. Se coloca una faja y aseguramos al Fórmula SAE en la plataforma. Esta es una medida de seguridad para que en caso de emergencia no se vuelque el vehículo.



Figura 105-3: Aseguramiento del vehículo mediante faja

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

3. Para generar la inclinación de la plataforma, se utiliza el control remoto y se deja presionado el pulsador de la Figura 106-3.



Figura 106-3: Pulsado del control remoto para levantar la plataforma

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

4. Para la primera prueba se crea la pendiente de 45° con la horizontal y para que se detenga la plataforma en el ángulo deseado se deja de presionar el pulsador y se detendrá. A medida que se va levantando la plataforma se debe ir visualizando que no se generen algunos fallos por lo que se debe estar atento.



Figura 107-3: Levantamiento del vehículo a 45°

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

5. En la segunda prueba se inclina a la plataforma móvil a 60° con la horizontal por lo que se debe de presionar el pulsador del control remoto y dejar de presionar cuando ya se haya llegado al ángulo deseado.



Figura 108-3: Levantamiento del vehículo a 60°

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

6. Para descender la plataforma se utiliza el control remoto y se presiona el pulsador que se visualiza en la Figura 106-3; se mantiene presionada hasta llegar al punto inicial.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Obtención de resultados

En la siguiente Tabla 1-4 se muestra el desplazamiento máximo de la estructura metálica cuando se le agrega una carga de 5000 N.

Tabla 1-4: Datos de la deformación máxima de los diferentes diseños

Número de diseño	Ángulo de inclinación (°C)	Desplazamiento de plataforma móvil	Unidad
Diseño 1	45	0,67	mm
	60	0,45	mm
Diseño 2	45	1,65	mm
	60	1,19	mm
Diseño 3	45	1,98	mm
	60	1,38	mm
Diseño 4	45	2,72	mm
	60	2,38	mm

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

En la siguiente Tabla 2-4 se indica la tensión máxima de la estructura metálica cuando se somete a una carga de 5000 N.

Tabla 2-4: Datos de la tensión máxima de los diferentes diseños

Número de diseño	Ángulo de inclinación (°C)	Tensión	Unidad
Diseño 1	45	134	MPa
	60	134,58	MPa
Diseño 2	45	276,13	MPa
	60	229,79	MPa
Diseño 3	45	202,85	MPa
	60	157,96	MPa
Diseño 4	45	158,15	MPa
	60	146,9	MPa

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

En la siguiente Tabla 3-4 se muestra el factor de seguridad de la estructura metálica al momento de agregar una carga de 5000 N.

Tabla 3-4: Datos del factor de seguridad en los diferentes diseños

Número de diseño	Ángulo de inclinación (°C)	Factor de seguridad	Unidad
Diseño 1	45	1,86	-
	60	1,86	-
Diseño 2	45	0,90	-
	60	1,09	-
Diseño 3	45	1,23	-
	60	1,58	-
Diseño 4	45	1,58	-
	60	1,70	-

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

4.1.1. Resultado en la prueba de inclinación

La prueba de inclinación de la plataforma con el fórmula SAE incluido se realizó satisfactoriamente. Se llevó a cabo la inclinación del vehículo Fórmula SAE a 45 y 60 grados, en donde se pudo constatar que la plataforma es capaz de soportar todo el peso. Además, el motor eléctrico posee la fuerza necesaria para poder deslizar la rampa hacia arriba sin ningun problema.



Figura 1-4: Prueba basculante a 45 y 60 grados con Fórmula SAE

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

4.2. Análisis de resultados

En la Tabla 1-4 se obtiene los resultados del desplazamiento generado en la estructura metálica en el momento de ubicar una carga de 5000 N. Para el diseño número 1 evaluado a 45° con la horizontal, se obtiene un desplazamiento de 0,67 mm y con un ángulo de 60° se obtiene un desplazamiento de 0,45 mm. En el diseño número 2 evaluado a 45° se obtiene un desplazamiento de 1,65 mm y con un ángulo de 60° se obtiene 1,19 mm. Para el diseño número 3 se evalúa a 45° nos da un resultado en el desplazamiento de 1,98 mm y con un ángulo de 60° se obtiene un desplazamiento 1,38 mm. Para el diseño número 4 evaluado a 45° se obtiene un desplazamiento de 2,72 mm y a 60° se obtiene 2,26 mm de desplazamiento.

Los datos del desplazamiento obtenidos en el diseño 1 se deben a la estructura robusta que se utilizó (perfiles cuadrados 100x4 mm) lo que evita la deformación excesiva al momento de ubicar la carga de 5000 N. En el diseño 2 se obtiene un valor de desplazamiento de 1,65 mm, su elevación en la deformación o desplazamiento de la estructura se debe a que la estructura utilizada fue de menores dimensiones (perfiles cuadrados 60x3 mm) que la anterior logrando así un leve incremento en su desplazamiento al momento de simular la carga de 5000N. En el diseño 3 se obtiene una deformación de 1,98 mm, su incremento del desplazamiento se debe principalmente a la reducción de dimensiones de los materiales (perfiles cuadrados 50x4 mm). En el diseño 4 se obtiene una deformación de 2,72 mm debido a la estructura cuadrada de 50x3 mm. Por otro lado, si se visualiza la Tabla 1-4 se puede destacar que los valores de deformación máxima se suscitan principalmente al momento de que la plataforma se inclina a 45° con la horizontal y esto se debe a que las fuerzas van perpendicularmente hacia la plataforma y al no poseer los extremos algún soporte que permita reducir los efectos de deformación se genera un mayor desplazamiento, en cambio a 60° las fuerzas recaen con mayor consistencia sobre los soportes que son las ruedas de goma lo que reduce la deformación o desplazamiento en los extremos de la plataforma móvil.

En la Tabla 2-4 se obtiene los resultados de las tensiones generadas en la estructura metálica de la plataforma móvil en el momento de ubicar una carga de 5000 N. Para el diseño número 1 evaluado a 45° con la horizontal, se obtiene una tensión de 134 MPa y con un ángulo de 60° se obtiene una tensión de 134,38 MPa. En el diseño número 2 evaluado a 45° se obtiene la tensión de 276,13 MPa y con un ángulo de 60° se obtiene 202,85 MPa. Para el diseño número 3 se evalúa a 45° arrojando un resultado de tensión igual a 202,85 MPa y con un ángulo de 60° se obtiene un 157,96 MPa. Para el diseño número 4 evaluado a 45° se obtiene el valor de la tensión igual a 158,15 MPa y a 60° se obtiene 146,9 MPa de tensión.

Las tensiones que se generan en los diferentes diseños se producen en el área donde se encuentran sujetas las ruedas (platinas) y que sirven como contacto de la plataforma móvil con la base. En el primer diseño se da una tensión baja de 134,58 MPa, se debe a la estructura que está dimensionada en exceso por lo que permite soportar las cargas empleadas. En el diseño 2 se obtiene una tensión de 276,13 MPa llegando a determinar que estas platinas no soportarán la carga y se deformarán plásticamente. En el diseño 3 se tiene una tensión de 202, 85 MPa, su tensión disminuye debido al diseño de las platinas (ángulo con filetes) lo que permite soportar las cargas sin sobrepasar el límite elástico del material. En el diseño 4 se obtiene una tensión de 158,15 MPa, su tensión es baja y es particularmente al diseño de las platinas de sujeción de las ruedas tienen un diseño particular de dos platinas paralelas lo que hace soportar las cargas empleadas satisfactoriamente sin llegar a la deformación plástica del material. Si se analiza los datos de la Tabla 2-4 se puede verificar que las tensiones máximas se generan al momento de ubicar la plataforma móvil a 45° respecto de la horizontal y se debe a que las platinas que son destinadas para los apoyos de la plataforma móvil, a mayor inclinación irá reduciendo su tensión ya que las cargas se van ubicando perpendicularmente se alojarán en las ruedas.

En la Tabla 3-4 se visualiza los resultados del factor de seguridad generadas en la estructura metálica de la plataforma móvil en el momento de ubicar una carga de 5000 N. Para el diseño número 1 evaluado a 45° con la horizontal, se obtiene un factor de seguridad igual a 1,86 y con un ángulo de 60 ° se obtiene un factor de seguridad igual a 1,86. En el diseño número 2 evaluado a 45 ° se obtiene el factor de seguridad igual a 0,90 y con un ángulo de 60° se obtiene 1,09. Para el diseño número 3 se evalúa a 45° dando como resultado un factor de seguridad igual 1,23 y con un ángulo de 60° se tiene un factor de seguridad igual a 1,58. Para el diseño número 4 evaluado a 45° se obtiene el factor de seguridad igual a 1,58 y a 60° se obtiene 1,70.

Se puede ver claramente que el factor de seguridad mayor se genera al momento en que la plataforma móvil se inclina a 60° respecto de la horizontal. Esto es lógico ya que conforme se va levantando la plataforma las fuerzas se van centrando sobre las ruedas de apoyo mitigando las deformaciones de la estructura o de las platinas de sujeción de las ruedas de apoyo. En todos los diseños se genera el menor factor de seguridad a un ángulo de 45° y es debido a que las fuerzas caen directamente sobre la estructura metálica y debido a eso las platinas de sujeción de las ruedas de apoyo que es donde más se genera el punto crítico de fallo; tienen una carga elevada a ese ángulo de inclinación por lo que su diseño en paralelo lo hace ideal para reducir riesgos de ruptura o alguna posible deformación.

4.3. Especificaciones técnicas

Tabla 4-4: Características técnicas de la plataforma

Características técnicas del motor y plataforma		
Descripción	Valor	Unidad
Peso máximo que puede levantar el motor	2200	lb
Ángulo máximo de inclinación de plataforma	60	°
Voltaje de operación del motor	12	v
Tipo de corriente	DC	
Consumo máximo de amperaje	25	A

Realizado por: Huanca, E.; Sani, A. 2021.

CONCLUSIONES

Se llevó a cabo el diseño y fabricación de una plataforma que permite realizar la prueba de inclinación al vehículo monoplaza de Fórmula SAE de la Carrera de Ingeniería Automotriz en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y se comprueba que este vehículo cumple con la prueba de la tilt test según el reglamento de la SAE.

Se recopiló información existente en varios trabajos relacionados con la plataforma, lo cual sirvió para lograr determinar el mejor diseño de la estructura metálica y posteriormente se realiza la construcción de la plataforma de pruebas de inclinación logrando cumplir con el reglamento vigente de la Fórmula SAE.

Se realizó el análisis de los esfuerzos a los que estará sometida la plataforma de pruebas tilt test con ayuda de software CAE y se verifica que el diseño de la plataforma de inclinación sea el adecuado siendo capaz de resistir las cargas a 45 y 60 grados de inclinación con la horizontal. También se pudo determinar cuál es la fuerza necesaria para romper la inercia de la plataforma móvil incluido el vehículo SAE cuya fuerza es de 5748,55 N.

Se creó un diseño del mecanismo que ayuda a la inclinación de la plataforma a 45 y 60 grados de acuerdo con el reglamento SAE por lo que se puede realizar las pruebas en el vehículo y verificar si cumple con las exigencias dispuestas en el reglamento.

Los elementos y materiales seleccionados fueron los más adecuados para conformar el mecanismo de inclinación y debido a su disponibilidad en el Ecuador los costes de fabricación de todo el sistema de la plataforma fueron lo más reducido posible llegando al monto de \$1141.

Se llevaron a cabo las respectivas pruebas a la plataforma tilt test y se comprobó que el mecanismo destinado a la inclinación de la plataforma función correctamente y es posible realizar la prueba basculante según la normativa SAE vigente.

RECOMENDACIONES

Antes de utilizar la plataforma de inclinación, se recomienda leer el manual de operación y mantenimiento de la misma con el fin de realizar una buena utilización del mecanismo, además, se debe tomar las debidas precauciones para evitar accidentes.

Llevar a cabo inspecciones visuales y dar mantenimiento al winch, ruedas de goma de apoyo, poleas y cable de acero.

Ubicar la plataforma en áreas que sean seguras con el fin de salvaguardar la seguridad del operario y chofer al momento de realizar la prueba basculante.

Tratar de no sobrepasar los 500 Kg sobre la plataforma de inclinación ya que, si se excede con el peso, los materiales de la estructura pueden llegar a deformarse hasta llegar a un punto de ruptura.

Utilizar la faja como medida de seguridad para sujetar el Fórmula SAE en caso de generarse algún fallo en la plataforma o un posible vuelco.

Realizar un proceso de mallado lo más pequeño posible y con el tipo de mallado correspondiente a fin de obtener resultados lo más exactos posibles.

GLOSARIO

Torones: Conjunto de alambres que forman un cable de acero.

Abrasión: Desgaste del cable producido por el roce entre el cable de acero y la polea.

Cabrestante: Nombre que se conoce a los winchs y se utiliza para mover objetos de gran peso.

SAE: Es la abreviatura de una sociedad denominada como Sociedad de Ingenieros de Automoción.

Singularidad de mallado: Denominación asignado en el software Ansys para definir el error que se genera en uno o más nodos del mallado debido a que el nodo no posee una forma completamente definida por lo que arroja una medida errónea.

BIBLIOGRAFÍA

AG CONTINENTAL SUPLIDORES NAVALES Y PETROLEROS. *Catálogo técnico*. [blog]. 2017. [Consulta: 6 marzo 2022]. Disponible en: http://www.agcontinental.com/cables_acero/catalogo-tecnico/.

AGUILAR VEGA, María del Pilar. *Poleas y tambores cables* [blog]. 2016. [Consulta: 18 marzo 2022]. Disponible en: <https://slideplayer.es/slide/4922660/>.

AMERICAN HOIST. *Catálogo K&N* [blog]. 2019. pp. 82. [Consulta: 9 marzo 2022]. Disponible en: <https://kynperu.com/catalogo-kyn/catalogo-kyn-2020.pdf>.

ANSYS. *Brand Story* [blog]. 2021. [Consulta: 24 junio 2021]. Disponible en: <https://www.ansys.com/company-information/the-ansys-story>.

BUSHMAN EQUIPMENT INC. *Mesa de prueba de inclinación de elevación diseñada a medida para E-One* [blog]. 2021. [Consulta: 16 junio 2021]. Disponible en: <https://www.bushman.com/case-studies/custom-designed-tilt-test-table-e-one/>.

CAPOTE LUNA, Vicente. "Tipos de esfuerzos físicos". *Revista digital para profesionales de la enseñanza* [en línea], 2011, Andalucía, pp. 1-13. [Consulta: 26 junio 2021]. ISSN 1989-4023. Disponible en: <https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd8567.pdf>.

CEGARRA SÁNCHEZ, José. *Metodología de la investigación científica y tecnológica* [en línea]. Barcelona-España. Ediciones Díaz de Santos, 2004. [Consulta: 1 julio 2021]. Disponible en: <https://www.freelibros.me/metodologia-de-la-investigacion/metodologia-de-la-investigacion-cientifica-y-tecnologica-jose-cegarra-sanchez>.

DE ALBA PADILLA, Carlos Antonio; & MUÑOZ GUILLEN, María Gabriela. 2017. "Estudio y fabricación de una batería ácido plomo". *Temas de Ciencia y Tecnología* [en línea], 2017, 21, pp. 23-28. [Consulta: 30 junio 2021]. Disponible en: http://www.utm.mx/edi_anteriores/temas61/T61_1E3_Estudio_y_fabricacion_bateria.pdf.

DURAN, Gabriel. *Cabrestantes hidráulicos* [blog]. 2020. [Consulta: 15 marzo 2022]. Disponible en: <https://decompresores.com/cabrestantes-hidraulicos/>.

GARCÍA VILLEGAS, José Manuel. Sistema de control de tracción y salida para un monoplaza

de la Fórmula SAE. [En línea]. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España. 2014 . pp. 9-39. [Consulta: 2021-06-08]. Disponible en: http://oa.upm.es/34092/1/PFC_jose_manuel_garcia_villegas.pdf.

GIACHINO, Joseph; & WEEKS, William. 2007. *Técnica y práctica de la soldadura* [en línea]. Barcelona-España: Editorial Reverté, 2007. [Consulta: 14 junio 2021]. Disponible en: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=JE2RK4QupuoC&oi=fnd&pg=PA1&dq=soldadura+de+estructuras+metalicas&ots=G8Jwk9UbWi&sig=2I5qzkjyTfduyUHE7ouNIvAWMk#v=onepage&q&f=false>.

GUASCAL SANGUÑA, Edison Javier; & QUIROZ DÁVALOS, Luis Armando. Diseño y construcción de un chasis para el vehículo tipo Fórmula SAE. [En línea]. Universidad de las Fuerzas Armadas, Latacunga, Ecuador. 2015. pp. 3-15. [Consulta: 2021-06-09]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/9413>

IMPORTACEROS. *Catálogo De Productos Importaceros* [blog]. 2021. [Consulta: 16 septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.importaceros.com/wp-content/uploads/2021/01/Catalogo-importaceros-2021-web.pdf>.

NTE INEN 2 415. *Tubos de acero al carbono soldados para aplicaciones estructurales y usos generales. Requisitos.*

JOZSEF, Boer; & BLAGA, Petruta. "Innovative method to reduce process costs in the field of electrostatic powder painting". *Procedia Manufacturing* [en línea], 2020, Romania, 46, pp. 44-48. [Consulta: 16 septiembre 2021] ISSN 23519789. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.03.008>.

R, José Luis. *Fuentes de poder | Función, características y partes* [blog]. 2020. [Consulta: 15 marzo 2022]. Disponible en: <https://247tecno.com/fuentes-de-poder-funcion-caracteristicas-y-partes/>.

LEONCABLES CIA. LTDA. *Cables y Cadenas de Acero de Alta Resistencia* [blog]. 2017. [Consulta: 20 enero 2022]. Disponible en: <https://www.leoncables.net/images/leoncables/PDF/CATALOGO-LEONCABLES-2017-OK.pdf>.

MARTÍN, Juan Carlos; & GARCÍA, María Pilar. *Automatismos Industriales* [en línea].

EDITEX. ISBN 9789588272993, 2009. [Consulta: 18 junio 2021]. Disponible en: <https://www.ebooks7-24.com:443/?il=5549>.

MESUREX. *Uso de inclinómetros en aplicaciones geotécnicas* [blog]. 2021. [Consulta: 15 marzo 2022]. Disponible en: <https://measurex.com/uso-de-inclinometros-en-aplicaciones-geotecnicas/>.

NIETO, Eugenio. *Fuentes de alimentación conmutadas en la práctica* [en línea], Fidestec Ediciones, 2015. [Consulta: 15 marzo 2022]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=h5dNBwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=etapas+de+fuentes+de+alimentación&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=etapas+de+fuentes+de+alimentación&f=false.

ORÉ, Cristhiam José. Sistema electrónico compensador de torque en motor ac de winche en la compañía minera casapalca s.a. [En línea]. Universidad Nacional de Huancavelica, Lima, Perú. 2019. pp. 12-36. [Consulta: 2021-06-12]. Disponible en: <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2755>.

PALACIO HENAO, Santiago Alfonso; & ANGARITA SANCHEZ, Pablo Andrés. Diseño de un sistema de elevación para transporte de personal en la mina providencia de la compañía grancolombiagold [En línea]. Universidad Tecnológica de pereira, Pereira, Colombia. 2019. pp. 14-44. [Consulta: 2021-06-14]. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/9848/T621.87A581.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

POZO RAMÍREZ, Edwin Patricio; & PUMA BENAVIDES, David Sebastián. Diseño y construcción de un banco de pruebas basculante (tilt test) para un vehículo tipo formula student de hasta 500 kg [En línea]. Escuela Superior Politécnica del Ejército, Latacunga, Ecuador. 2014. pp. 7-40. [Consulta: 2021-06-08]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/9177/T-ESPEL-MAI-0491.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

RENE ALBERTO VALENZUELA NÁJERA, et al. "Diseño de chasis para un monoplaza formula SAE". *Culcyt //Tecnología* [En línea]. 2013, México, 50, pp. 57-87. [Consulta: 08 junio 2021]. Disponible en: <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/930>.

RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, Sara del Pilar; & TOLE MARTÍNEZ, Diego Omar. Estudio

comparativo de soldadura mecanizada con procesos GMAW / FCAW o GTAW frente a procesos de soldadura manual en tubería de transporte de hidrocarburos [En línea]. Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia. 2017. pp. 21-57. [Consulta: 2021-06-16]. Disponible en: <https://repositorio.utp.edu.co/items/12273510-0374-4fcc-99e6-d28d8218220b>

SAE INTERNATIONAL. *Formula SAE Rules 2021.*

SOLIDWORKS. *Diseño/Ingeniería* [blog]. 2021. [Consulta: 24 junio 2021]. Disponible en: <https://www.solidworks.com/es/domain/design-engineering>.

ANEXOS

ANEXO A: MANUAL DE FUNCIONAMIENTO DE PLATAFORMA DE INCLINACIÓN

1. Ubicamos el vehículo fórmula SAE sobre la plataforma móvil



2. Aseguramos el vehículo Fórmula SAE mediante unas correas con el fin de evitar algún accidente



3. Conectamos los cables de alimentación del combustible hacia la batería de 12 voltios



4. Para iniciar la inclinación del vehículo hacemos uso del control remoto manteniendo presionado el pulsador de la parte superior y empezará la inclinación de vehículo.



5. Se realiza la inclinación de la plataforma SAE a 45 y 60 grados con la horizontal, posteriormente, se realiza las inspecciones respectivas.



6. Terminadas la revisión de vehículo Fórmula SAE se realiza el descenso de la plataforma para la cual se mantiene presionado el pulsador inferior del control remoto hasta llegar al punto inicial de partida.

ANEXO B: MANUAL DE PREVENCIÓN DE ACCIDENTES Y DETERIORO DE LA PLATAFORMA DE INCLINACIÓN

- Para evitar cualquier problema en toda la plataforma se la debe ubicar en un sitio libre de humedad. La humedad puede traer consigo la corrosión de la perfilería y puede ocasionar la avería del motor eléctrico.
- Antes de realizar la prueba basculante en el vehículo Fórmula SAE se recomienda realizar una inspección visual de todo el sistema de la plataforma para descartar algún accidente y garantizar que la prueba se realice satisfactoriamente.
- Antes de realizar la prueba en el vehículo, se debe asegurar el mismo mediante correas de tela con trinquete; estas correas deben encontrarse en buen estado y que sean capaces de resistir el esfuerzo ocasionado por el Fórmula SAE en su máxima inclinación (60°).
- Se debe de verificar que el motor eléctrico se encuentra correctamente sujeto al perfil de acero y que los pernos de sujeción se encuentren en buen estado. Caso contrario se debe reemplazar por unos nuevos de buena calidad.

ANEXO C: MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LA PLATAFORMA DE INCLINACIÓN

- Antes de cada uso de la plataforma se debe de realizar una limpieza previa en el cable, polea, motor eléctrico y fuente de alimentación con el fin de eliminar polvo o alguna impureza que puede ocasionar algún daño al momento de entrar en funcionamiento.
- Se recomienda que cada ocho a doce meses se realice una inspección del cable de acero con el fin de descartar algún deterioro de este. En caso de haber algún deterioro en el cable de acero se debe analizar si soportará la prueba, caso contrario se debe de reemplazar el cable por uno nuevo.
- Se debe realizar una lubricación del cable de acero periódicamente para evitar la oxidación por un buen tiempo. Se recomienda utilizar un lubricante de buena calidad que posea una buena viscosidad de manera que penetre los torones y que proteja contra la oxidación. Antes de aplicar el lubricante se debe quitar al máximo el polvo y el material abrasivo que se encuentra en la superficie del cable, posteriormente, se introduce el lubricante mediante brocha o mediante spray.



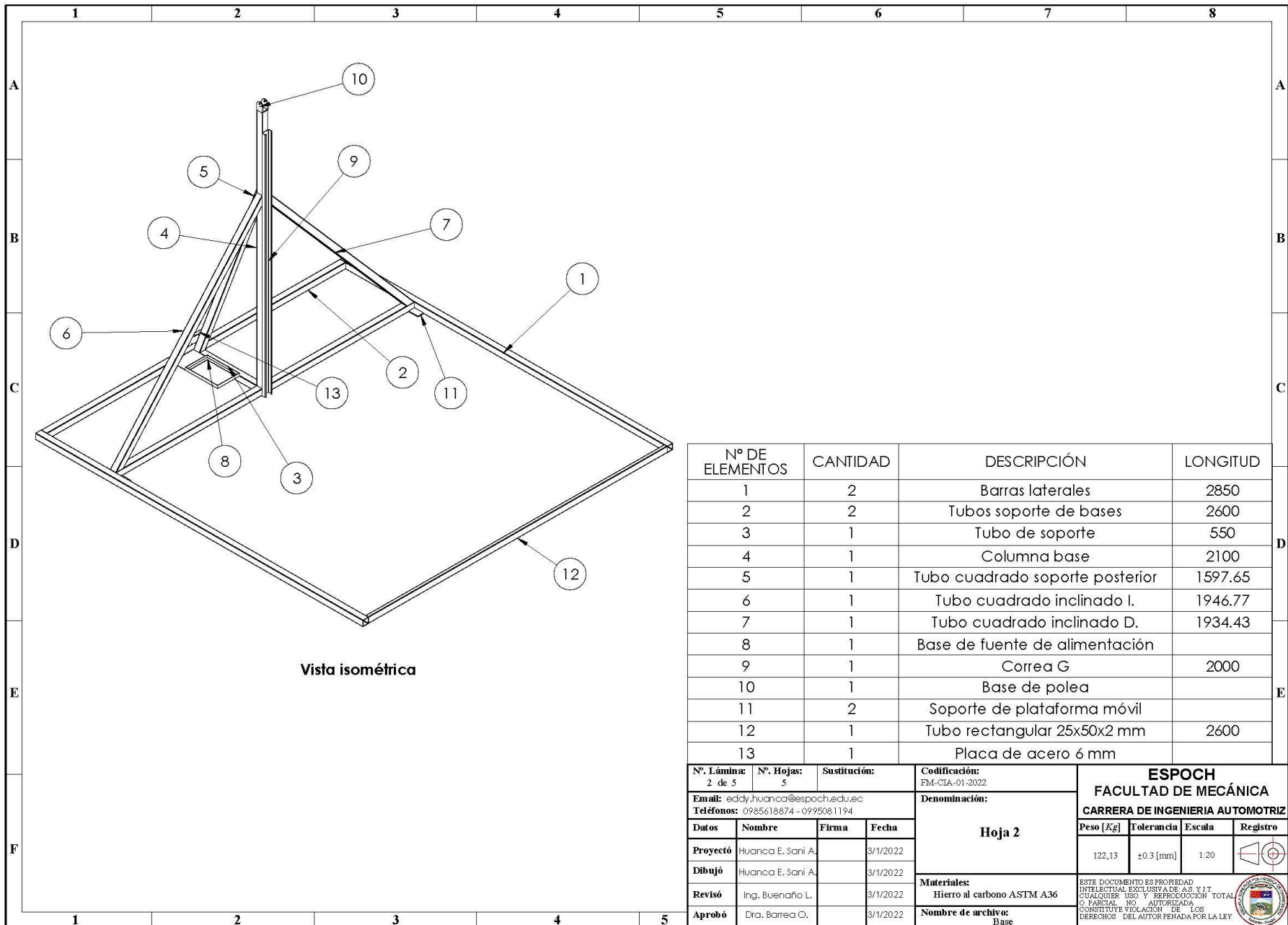
- Realizar una inspección de los puntos de unión de los perfiles metálicos cada seis meses o cuando considere necesario según la frecuencia de uso del mecanismo; si existe alguna grieta en las uniones se procede a realizar el sellado mediante puntos de suelda, se recomienda usar el mismo tipo de suelda, en este caso suelda tipo TIG.
- Se debe realizar un mantenimiento del motor eléctrico cada dos meses con el fin de eliminar partículas de polvo que es el principal causante de daños en el mismo. Si se genera fallos en el motor eléctrico se realiza el despiece del motor con las herramientas adecuadas y se trata de solucionar el problema. En caso de que no exista forma de solucionar el desperfecto se procede a reemplazar por uno nuevo de las mismas especificaciones.

ANEXO D: PLANOS

Vista isométrica de ensamble plataforma

N.º DE ELEMENTO	NOMBRE DE PIEZA	CANTIDAD
1	Base	1
2	Rodamiento plataforma	2
3	Perno ISO 8676 - M12x1.5 x 80-N	2
4	Motor winch	1
5	ISO 8676 - M10x1.0 x 20-N	2
6	Rodamiento columna	1
7	Pasador columna	1
8	Polea	1
9	Perno ISO 8676 - M12x1.5 x 70-N	1
10	Perno ISO 10512-M12x1.5-N	3
11	Perno ISO 10512-M10x1.25-N	2
12	Rampa	4
13	Plataforma	1
14	Cable de acero	1
15	Fuente de alimentación 12 v	1

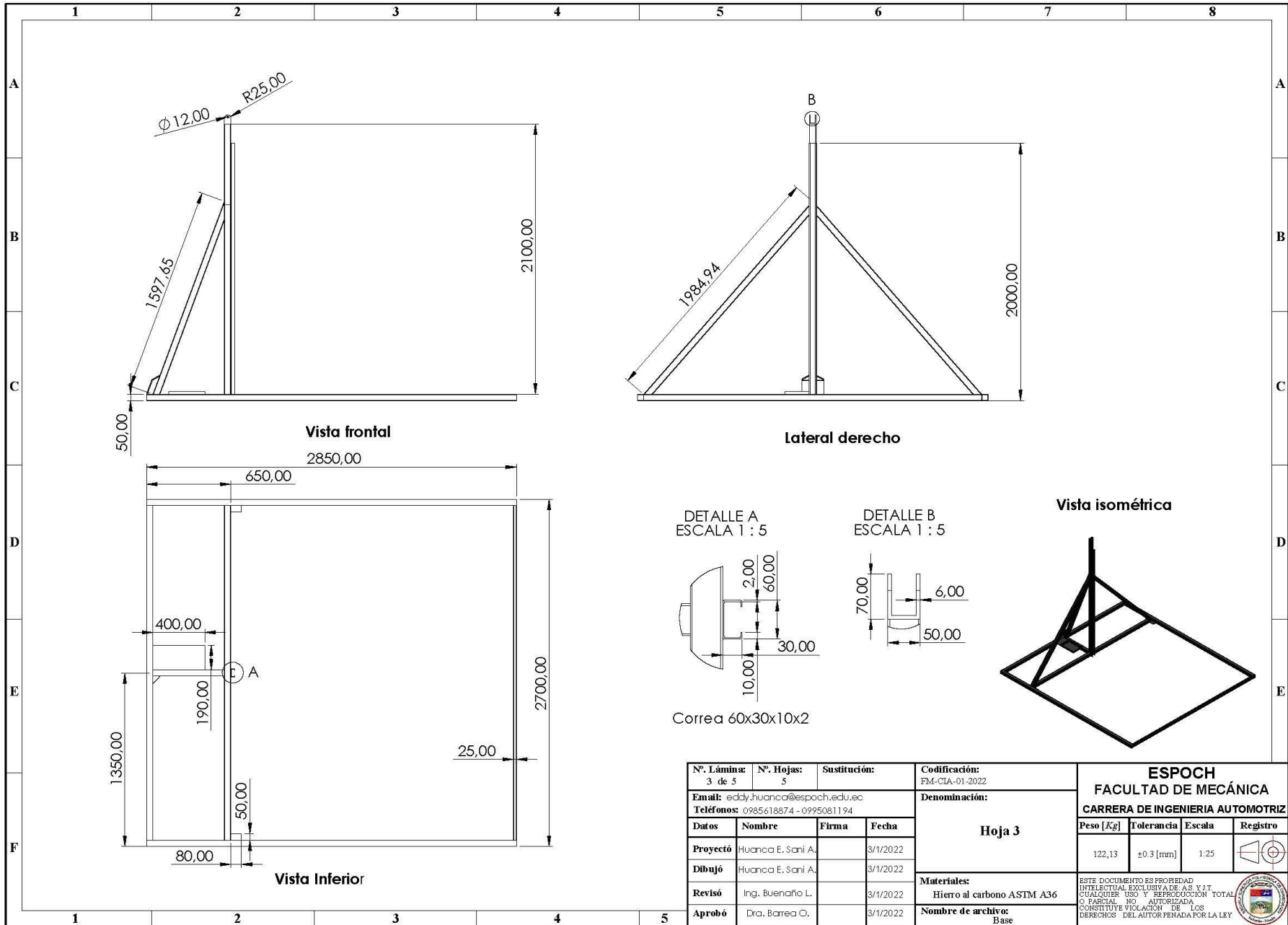
N.º Lámina: 1 de 5		N.º Hojas: 5		Sustitución:		Codificación: FM-CLA-01-2022		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA							
Email: eddy.huanca@esPOCH.edu.ec						Denominación: Hoja 1									
Teléfonos: 0985618874 - 0995081194															
Datos		Nombre		Firma		Fecha		Peso [Kg]		Tolerancia		Escala		Registro	
Proyectó		Huanca E. Sani A.				3/1/2022		443,608		±0.3 [mm]		1:20			
Dibujó		Huanca E. Sani A.				3/1/2022		Materiales: Hierro al carbono ASTM A36 Nombre de archivos: Ensamble plataforma							
Revisó		Ing. Buenaño L.				3/1/2022									
Aprobó		Dra. Barrea O.				3/1/2022		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE A.S. V.I.T. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY							



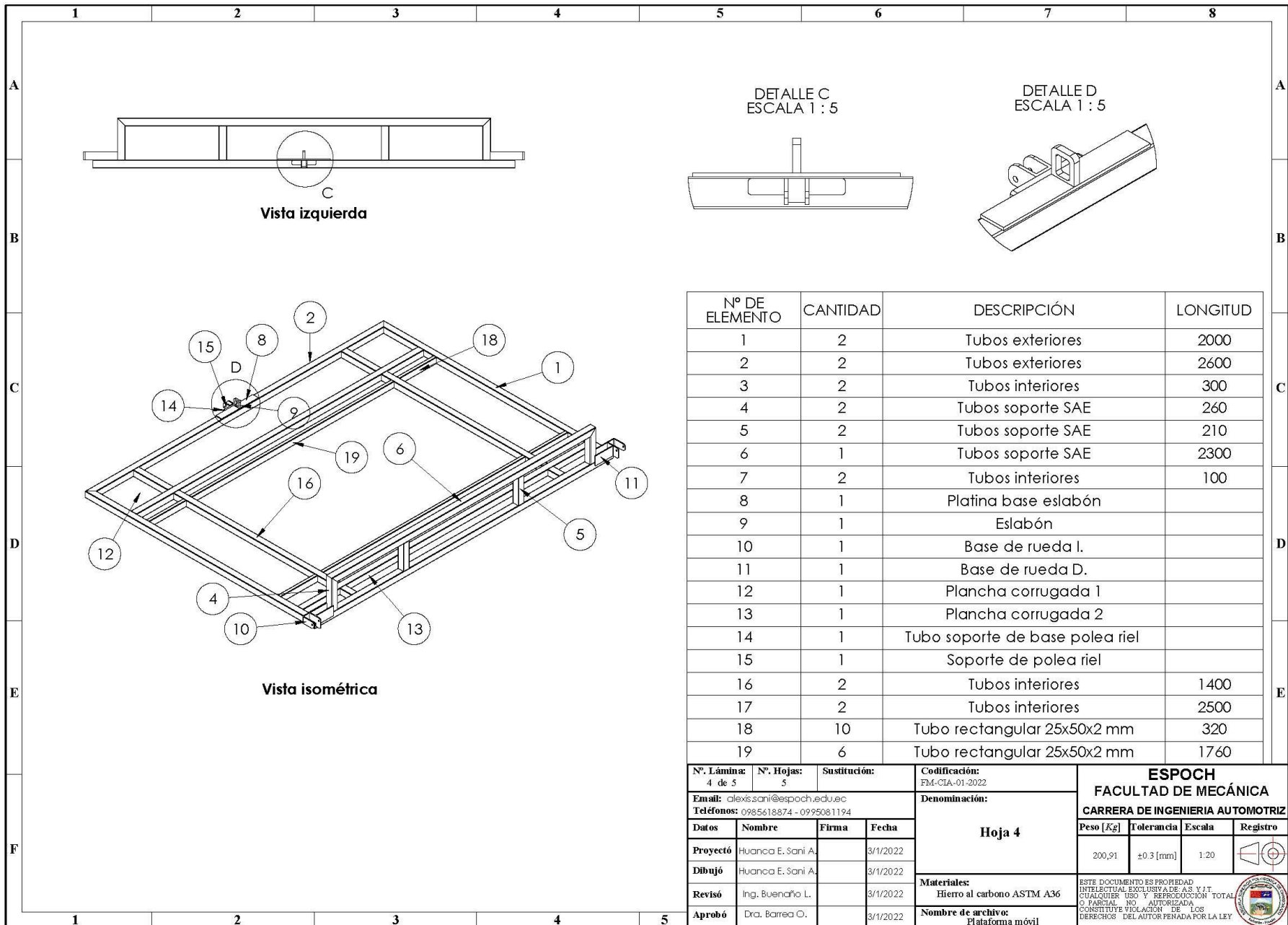
Vista isométrica

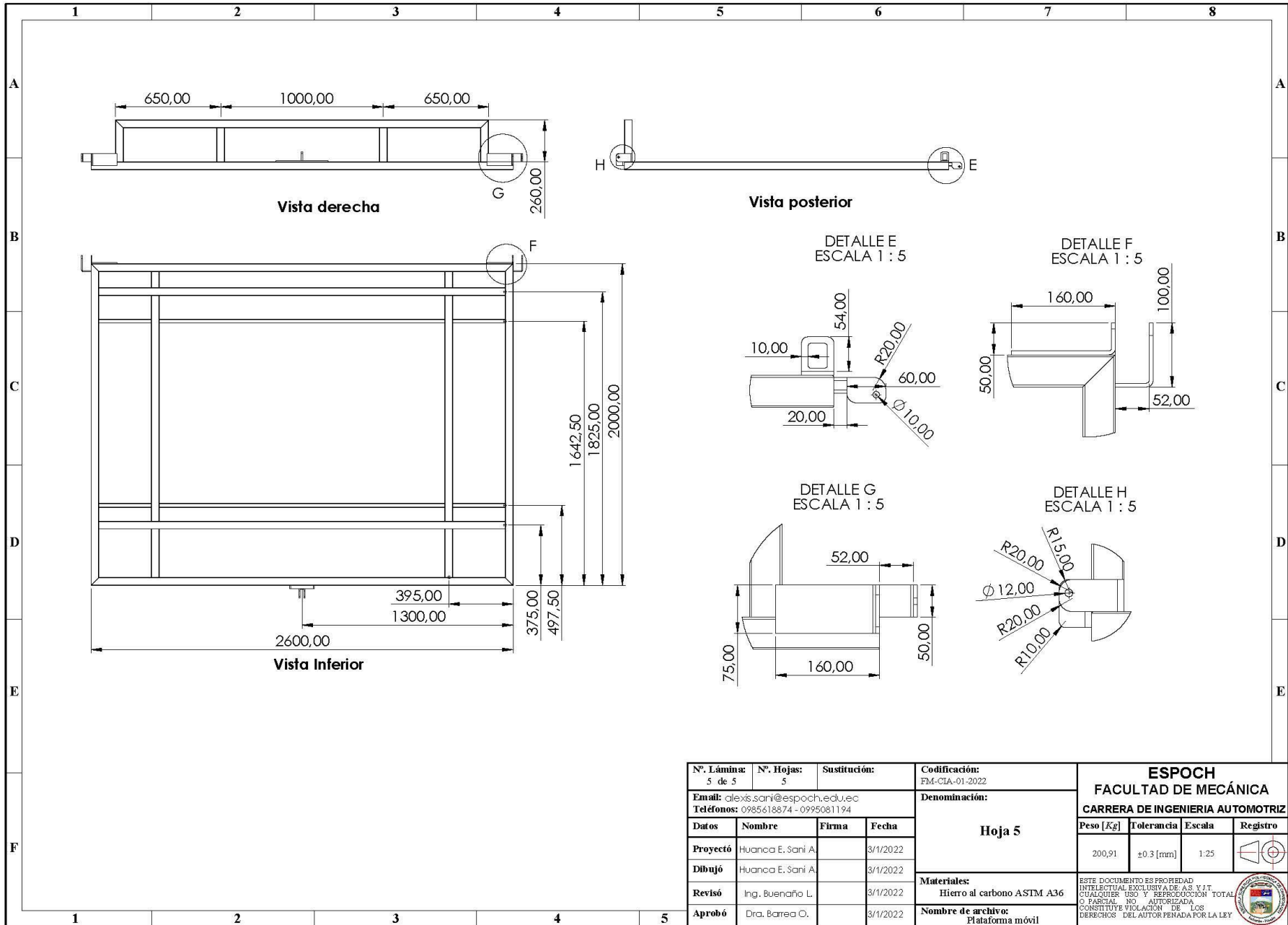
Nº DE ELEMENTOS	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	LONGITUD
1	2	Barras laterales	2850
2	2	Tubos soporte de bases	2600
3	1	Tubo de soporte	550
4	1	Columna base	2100
5	1	Tubo cuadrado soporte posterior	1597.65
6	1	Tubo cuadrado inclinado I.	1946.77
7	1	Tubo cuadrado inclinado D.	1934.43
8	1	Base de fuente de alimentación	
9	1	Correa G	2000
10	1	Base de polea	
11	2	Soporte de plataforma móvil	
12	1	Tubo rectangular 25x50x2 mm	2600
13	1	Placa de acero 6 mm	

Nº. Lámina: 2 de 5		Nº. Hojas: 5		Sustitución:		Codificación: FM-CIA-01-2022		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ							
Email: eddy.huanca@espoch.edu.ec Teléfonos: 0985618874 - 0995081194						Denominación:						Hoja 2			
Datos		Nombre		Firma		Fecha		Peso [Kg]		Tolerancia		Escala		Registro	
Proyectó		Huanca E. Sani A.				3/1/2022		122,13		±0.3 [mm]		1:20			
Dibujó		Huanca E. Sani A.				3/1/2022									
Revisó		Ing. Buenaño L.				3/1/2022									
Aprobó		Dr. Barrea O.				3/1/2022		Materiales: Hierro al carbono ASTM A36						<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE A.S. Y I.T. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY</small>	
								Nombre de archivo: Base							



Nº. Lámina: 3 de 5		Nº. Hojas: 5		Sustitución:		Codificación: FM-CIA-01-2022		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ							
Email: eddy.huanca@espoch.edu.ec Teléfonos: 0985618874 - 0995081194						Denominación:						Hoja 3			
Datos		Nombre		Firma		Fecha		Peso [Kg]		Tolerancia		Escala		Registro	
Proyectó		Huanca E. Sani A.				3/1/2022		122,13		±0.3 [mm]		1:25			
Dibujó		Huanca E. Sani A.				3/1/2022									
Revisó		Ing. Buenaño L.				3/1/2022		Materiales:		Hierro al carbono ASTM A36					
Aprobó		Dra. Barrea O.				3/1/2022		Nombre de archivo:		Base				<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE A.S. Y I.T. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY</small>	





Nº. Lámina: 5 de 5		Nº. Hojas: 5		Sustitución:		Codificación: FM-CIA-01-2022		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ							
Email: alexis.sani@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0985618874 - 0995081194						Denominación:						Hoja 5			
Datos		Nombre		Firma		Fecha		Peso [Kg]		Tolerancia					
Proyectó		Huanca E. Sani A.				3/1/2022		200,91		±0.3 [mm]		1:25			
Dibujó		Huanca E. Sani A.				3/1/2022									
Revisó		Ing. Buenaño L.				3/1/2022									
Aprobó		Dra. Barrea O.				3/1/2022									
Materiales: Hierro al carbono ASTM A36								Nombre de archivo: Plataforma móvil		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE A.S. Y I.T. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY					

