



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

**“REPOTENCIACIÓN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN
INTERNA DEL MOTOCULTOR YTO A UNA UNIDAD
CONTRA INCENDIOS EN LA COMUNIDAD DE SAN
JUAN EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA”**

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

**AUTORES: LEONARDO RUBÉN PÉREZ PAZMIÑO
CARLOS ALFREDO QUINTO MAITA**

DIRECTOR: Ing. CRISTIAN REDROBAN

Riobamba - Ecuador

2020

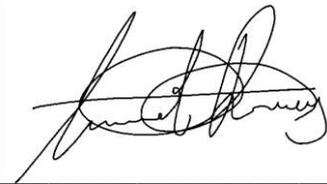
©2020, Leonardo Rubén Pérez Pazmiño; & Carlos Alfredo Quinto Maita

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, Leonardo Rubén Pérez Pazmiño y Carlos Alfredo Quinto Maita, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados obtenidos son auténticos. Los textos constantes 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 titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 01 de septiembre del 2020



Leonardo Rubén Pérez Pazmiño

C.I. 180441734-1



Carlos Alfredo Quinto Maita

C.I. 180537273-5

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERIA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo Proyecto técnico, **“REPOTENCIACIÓN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA DEL MOTOCULTOR YTO A UNA UNIDAD CONTRA INCENDIOS EN LA COMUNIDAD DE SAN JUAN EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA”**, realizado por los señores: **LEONARDO RUBÉN PÉREZ PAZMIÑO Y CARLOS ALFREDO QUINTO MAITA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Dr. José Antonio Granizo. PHD. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	_____	2020-09-01 _____
Ing. Cristian Redrobán Dillon DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	2020-09-01 _____
Ing. Javier Renato Moyano Arévalo MIEMBRO DE TRIBUNAL	_____	2020-09-01 _____

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mis padres Sr. Eloy Pérez y Sra. Susana Pazmiño quienes, con ejemplo de nobleza, humildad y guiándome con sus consejos y experiencias han permitido mi formación profesional como personal; a mis hermanos Favio y David que siempre me brindan su apoyo y conocimiento; a mis sobrinos Fabiana y Oswaldo que son la alegría de la familia; a mi novia Andrea por su apoyo incondicional; a mis amigos por sus consejos.

Leonardo

El presente trabajo de titulación va dedicado a mis padres Carlos Favian Quinto Chipantiza y Marina Piedad Maita Rugel, que siempre fueron los pilares fundamentales para la culminación de mi carrera universitaria mediante su apoyo moral y económico. Toda mi gratitud para ellos por todas su enseñanzas y consejos.

Carlos

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por ser el motor de mi vida, a mis padres que, con esfuerzo, sacrificio han sabido inculcarme valores y por estar conmigo en todo momento dando ánimos y consejos. Agradecer a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y en especial a la carrera de Ingeniería en Mantenimiento por aportar en mi formación profesional, mi agradecimiento al director y miembro del presente trabajo Ing. Cristian Redrobán e Ing. Javier Moyano por guiar en el desarrollo del mismo. Y, por último, agradezco a todos mis familiares, amigos, profesores, compañeros quienes apoyaron en toda mi carrera universitaria, en conocimientos, consejos y apoyo moral.

Leonardo

En primer lugar, a Dios, a mis padres, a mi familia y en especial a la Carrera de Ingeniería de Mantenimiento con toda su planta docente, quienes a través de sus conocimientos, experiencia, paciencia y motivación han logrado que pueda concluir mi formación profesional con éxito, a nuestro tutor Ing. Cristian Redrobán y a nuestro asesor Ing. Javier Moyano por guiarme y formar parte de otro objetivo alcanzado.

Carlos

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1	Antecedentes.....	2
1.2	Planteamiento del problema.....	2
1.3	Justificación.....	3
1.4	Objetivos.....	3
1.4.1	<i>Objetivo general</i>	3
1.4.2	<i>Objetivos específicos</i>	3

CAPÍTULO II

2	REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	4
2.1	Motocultores YTO.....	4
2.1.1	<i>Descripción de motocultor</i>	4
2.1.2	<i>Características de un motocultor</i>	4
2.1.3	<i>Partes de un motocultor YTO</i>	5
2.1.3.1	<i>El motor</i>	5
2.1.3.2	<i>Ciclo termodinámico diésel</i>	5
2.1.3.3	<i>Los frenos</i>	6
2.1.3.4	<i>El diferencial</i>	7
2.1.3.5	<i>Las ruedas</i>	7
2.1.4	<i>Seguridad en motocultores</i>	8
2.1.5	<i>Especificaciones técnicas de motocultores YTO</i>	8
2.2	Mantenimiento.....	9
2.2.1	<i>Tipos de mantenimiento</i>	9
2.2.2	<i>Actividades de mantenimiento</i>	10

2.2.2.1	<i>Modificación</i>	10
2.3	Repotenciación	10
2.4	Incendios forestales	10
2.4.1	<i>Partes que conforman un incendio</i>	12
2.4.2	<i>Tipos de incendios forestales</i>	12
2.4.2.1	<i>Incendio de superficie</i>	13
2.4.2.2	<i>Incendios de copas</i>	13
2.4.2.3	<i>De subsuelo</i>	13
2.4.3	<i>Causas de incendios forestales</i>	13
2.4.3.1	<i>Causas estructurales</i>	13
2.4.3.2	<i>Causas inmediatas</i>	13
2.4.4	<i>Fases de un incendio</i>	14
2.4.5	<i>Prevención de incendios forestales</i>	14
2.4.6	<i>Técnicas de extinción de incendios forestales</i>	16
2.4.6.1	<i>Método directo</i>	16
2.4.6.2	<i>Método indirecto</i>	16
2.4.6.3	<i>Método paralelo</i>	17
2.4.7	<i>Consecuencias de incendios forestales</i>	17
2.5	Equipos contra incendios	18
2.5.1	<i>Vehículos especiales</i>	18
2.5.2	<i>Herramientas a usar en un equipo contra incendios</i>	18
2.6	Sistemas de Bombeo	19
2.6.1	<i>Componentes de sistema de bombeo</i>	19
2.6.2	<i>Bombas hidráulicas</i>	19
2.6.2.1	<i>Bombas de desplazamiento positivo</i>	19
2.6.2.2	<i>Bombas rotodinámicas</i>	20
2.7	Procesos tecnológicos	20
2.7.1	<i>Diseño Asistido por Computadora (CAD)</i>	20
2.7.2	<i>Manufacturación Asistida por Computadora (CAM)</i>	20
2.7.3	<i>Ingeniería Asistida por Computadora (CAE)</i>	21
2.8	Simulación computacional	21
2.8.1	<i>Beneficios</i>	22
2.9	Malla	22

CAPÍTULO III

3	MARCO METODOLÓGICO	23
3.1	Diseño de la estructura para el tanque reservorio para agua.....	23
3.1.1	<i>Selección de la cantidad de litros de agua</i>	<i>23</i>
3.1.2	<i>Selección del tipo del material del tanque reservorio de agua</i>	<i>26</i>
3.1.3	<i>Selección del perfil estructural a usar en la construcción del remolque.....</i>	<i>29</i>
3.1.4	<i>Selección del modelo de la estructura del remolque.....</i>	<i>32</i>
3.1.4.1	<i>Masa del Tanque de polietileno.....</i>	<i>33</i>
3.1.4.2	<i>Masa originada por el Agua.....</i>	<i>33</i>
3.1.4.3	<i>Masa originada de la estructura de la cubierta del tanque reservorio.....</i>	<i>34</i>
3.1.4.4	<i>Carga total a soportar por la estructura.....</i>	<i>35</i>
3.1.4.5	<i>Dimensionamiento de las alternativas.....</i>	<i>36</i>
3.1.5	<i>Diseño de la estructura de remolque lado posterior</i>	<i>45</i>
3.1.5.1	<i>Selección de la viga longitudinal.....</i>	<i>45</i>
3.1.5.2	<i>Selección de la viga transversal</i>	<i>47</i>
3.1.6	<i>Diseño de la estructura del remolque lado frontal</i>	<i>49</i>
3.1.6.1	<i>Validación del material seleccionado de la viga inclinada.....</i>	<i>51</i>
3.2	Sistema de transmisión de bombeo.	53
3.2.1	<i>Diseño de eje de ajuste.....</i>	<i>53</i>
3.2.2	<i>Selección de chumaceras para eje de ajuste</i>	<i>58</i>
3.2.3	<i>Poleas</i>	<i>59</i>
3.2.4	<i>Selección de correas</i>	<i>60</i>
3.3	Selección de la bomba.....	61
3.4	Materiales y accesorios seleccionados para la construcción de la unidad contra incendios.	64
3.5	Proceso de repotenciación del motor de combustión interna del motocultor YTO a una unidad contra incendios.....	65
3.5.1	<i>Estado actual del motocultor YTO.....</i>	<i>65</i>
3.5.2	<i>Mantenimiento del motocultor</i>	<i>65</i>
3.5.2.1	<i>Mantenimiento mejorativo.....</i>	<i>67</i>
3.5.3	<i>Construcción del Remolque</i>	<i>68</i>
3.4.2.1	<i>Construcción del chasis de la estructura.....</i>	<i>68</i>
3.4.2.2	<i>Construcción de la suspensión del remolque.</i>	<i>69</i>
3.4.2.3	<i>Construcción de la estructura de insumos y seguridad.....</i>	<i>70</i>
3.4.3	<i>Construcción de sistema de bombeo</i>	<i>71</i>
3.4.3.1	<i>Construcción de la estructura de la bomba.....</i>	<i>71</i>

3.4.3.2	<i>Pintura del remolque</i>	72
---------	-----------------------------------	----

CAPÍTULO IV

4	RESULTADOS	73
4.1	Pruebas de funcionamiento	73
4.2	Manual de operación	75
4.3	Manual de operación para carga de agua en la unidad contra incendios.	77
4.4	Manual de operación para descarga de agua en la unidad contra incendios.	79
4.5	Manual de mantenimiento	81
	CONCLUSIONES	85
	RECOMENDACIONES	86
	GLOSARIO	
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Tipos de motocultores	5
Tabla 2-2:	Especificaciones Técnicas del Motocultor YTO	8
Tabla 3-2:	Definiciones de los tipos de mantenimiento.....	9
Tabla 4-2:	Tipos de mallado de elementos sólidos.....	22
Tabla 1-3:	Criterios a ponderar en la selección de la cantidad de agua	24
Tabla 2-3:	Valoración de los criterios a seleccionar de la cantidad de agua.....	24
Tabla 3-3:	Evaluación de la duración de incendio	25
Tabla 4-3:	Evaluación de la cantidad requerida de agua.....	26
Tabla 5-3:	Criterios a seleccionar de las cantidades requeridas de agua	26
Tabla 6-3:	Valoración de los criterios a ponderar del tipo de material	27
Tabla 7-3:	Evaluación del criterio de costos del tipo de material	28
Tabla 8-3:	Evaluación del criterio de pesos del tipo de material	28
Tabla 9-3:	Evaluación del criterio de fácil adquisición del tipo de material.....	28
Tabla 10-3:	Evaluación del criterio de flexibilidad del tipo de material.....	28
Tabla 11-3:	Evaluación del criterio de aplicación del tipo de material.....	29
Tabla 12-3:	Criterios ponderados del tipo de material.....	29
Tabla 13-3:	Valoración de los criterios a ponderar del perfil estructural.....	30
Tabla 14-3:	Evaluación del criterio de costos del tipo de perfil estructural.....	30
Tabla 15-3:	Evaluación del criterio de pesos del tipo de perfil estructural.....	31
Tabla 16-3:	Evaluación de facilidades de adquisición del perfil estructural.....	31
Tabla 17-3:	Evaluación del criterio de rigidez del tipo de perfil estructural.....	32
Tabla 18-3:	Criterios ponderados del tipo de perfil estructural.	32
Tabla 19-3:	Masa de herramientas de trabajo	34
Tabla 20-3:	Masa de la Estructura del Tanque Reservorio	34
Tabla 21-3:	Masa de la Estructura del Tanque Reservorio	35
Tabla 22-3:	Resultado de análisis de alternativas.	42
Tabla 23-3:	Valoración de los criterios a ponderar del modelo de la estructura.....	42
Tabla 24-3:	Evaluación del criterio del peso del modelo de la estructura	43
Tabla 25-3:	Evaluación del criterio del factor de seguridad del modelo de la estructura	43
Tabla 26-3:	Evaluación del criterio de la deformación del modelo de la estructura.....	43
Tabla 27-3:	Evaluación del criterio de la tensión del modelo de la estructura	44
Tabla 28-3:	Evaluación del criterio de rigidez del modelo de la estructura.....	44
Tabla 29-3:	Evaluación del criterio de ensamblaje y montaje de los elementos.....	44

Tabla 30-3: Criterios ponderados del modelo según la estructura	45
Tabla 31-3: Criterios ponderados del modelo según la estructura	58
Tabla 32-3: Características según el tipo de correa.	61
Tabla 33-3: Materiales y accesorios para la construcción del equipo.....	64
Tabla 34-3: Actividades de mantenimiento	65
Tabla 35-3: Actividades de mantenimiento mejorativo.....	67
Tabla 36-3: Construcción del chasis de la estructura.....	68
Tabla 37-3: Construcción del chasis de la estructura.....	69
Tabla 38-3: Construcción de la estructura de insumos y seguridad.....	70
Tabla 39-3: Construcción del sistema de bombeo.	71
Tabla 40-3: Proceso de pintura del equipo.....	72
Tabla 1-4: Tiempo de Carga	73
Tabla 2-4: Tiempo de descarga.....	74
Tabla 3-4: Manual de encendido del motor	75
Tabla 4-4: Pasos del uso de la bomba para carga de agua.	77
Tabla 5-4: Pasos del uso de la bomba para descarga de agua.	79
Tabla 6-4: Manual de Mantenimiento para la Unidad Contra Incendios.....	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2.	Motocultor YTO DF-15L.....	4
Figura 2-2.	Motor de Motocultor	5
Figura 3-2.	Ciclo Diésel.....	6
Figura 4-2.	Diferencial de un motocultor.....	7
Figura 5-2.	Ruedas de motocultor.....	7
Figura 6-2.	Tipos de mantenimiento	9
Figura 7-2.	Tetraedro de fuego	11
Figura 8-2.	Comportamiento del fuego.....	11
Figura 9-2.	Partes de un incendio.....	12
Figura 10-2.	Mapa estratégico de protección contra incendios forestales	15
Figura 11-2.	Método directo	16
Figura 12-2.	Método indirecto	17
Figura 13-2.	Método paralelo.....	17
Figura 14-2.	Diseño Asistido por Computador (CAD).....	20
Figura 15-2.	Manufacturación Asistida por Computador (CAM).....	21
Figura 16-2.	Ingeniería Asistida por Computadora (CAE).....	21
Figura 1-3.	Especificaciones técnicas del tanque de polietileno.....	33
Figura 2-3.	Estructura de la cubierta del tanque reservorio	34
Figura 3-3.	Alternativas de diseño de chasis.....	35
Figura 4-3.	Dimensiones de Alternativa I.....	36
Figura 5-3.	Dimensiones de Alternativa II.....	36
Figura 6-3.	Dimensiones de Alternativa III	37
Figura 7-3.	Diseño de alternativas en SolidWorks.....	37
Figura 8-3.	Aplicación de fuerzas en las 3 alternativas.....	38
Figura 9-3.	Mallado de las estructuras en las 3 alternativas.	38
Figura 10-3.	Análisis de Tensiones de la estructura. Alternativa 1.....	39
Figura 11-3.	Análisis de Tensiones de la estructura. Alternativa 2.....	39
Figura 12-3.	Análisis de Tensiones de la estructura. Alternativa 3.....	39
Figura 13-3.	Análisis de Desplazamiento de la estructura. Alternativa 1.....	40
Figura 14-3.	Análisis de Desplazamiento de la estructura. Alternativa 2.....	40
Figura 15-3.	Análisis de Desplazamiento de la estructura. Alternativa 3.....	40
Figura 16-3.	Análisis del Factor de Seguridad de la estructura. Alternativa 1.	41
Figura 17-3.	Análisis del Factor de Seguridad de la estructura. Alternativa 2.	41

Figura 18-3. Análisis del Factor de Seguridad de la estructura. Alternativa 3.	41
Figura 19-3. Estructura de la parte posterior del remolque, alternativa 2.....	45
Figura 20-3. Diagrama de cuerpo libre en la viga longitudinal	46
Figura 21-3. Diagrama de cuerpo libre en la viga transversal	47
Figura 22-3. Estructura lado frontal del remolque	49
Figura 23-3. Aplicación de fuerzas	49
Figura 24-3. Masa del asiento	50
Figura 25-3. Diagrama de momentos.....	51
Figura 26-3. Diagrama de momentos de comprobación	52
Figura 27-3. Modelado del eje de ajuste	53
Figura 28-3. Diagrama de Módulo del eje de ajuste	54
Figura 29-3. Estado actual del motocultor YTO.....	65
Figura 1-4. Durante la carga	73
Figura 3-4. Durante la descarga	74

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-4: Tiempo de carga del equipo.	73
Gráfico 2-4: Tiempo de descarga del equipo.	74

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: SELECCIÓN DE TUBO ESTRUCTURAL

ANEXO B: FACTORES DE DISEÑO

ANEXO C: SELECCIÓN DE CHUMACERAS

ANEXO D: SELECCIÓN DE CORREAS

ANEXO E: SELECCIÓN DEL PERFIL DE CORREAS

ANEXO F: SELECCIÓN DE BOMBA HIDRÁULICA

ANEXO G: MASA DE COMPUERTAS LATERALES, POSTERIOR Y TAPA SUPERIOR
MEDIANTE SOFTWARE SOLIDWORKS.

ANEXO H: GUÍA DE DETALLE DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DEL
EQUIPO CONTRA INCENDIOS

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de titulación fue implementar un equipo contra incendios forestales para la comunidad de San Juan localizada en la provincia de Chimborazo, mediante la repotenciación de un motocultor YTO modelo DF-15L perteneciente al Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) de la provincia antes mencionada, con la finalidad de brindar operatividad a varios motocultores que se encuentran en estado de indisponibilidad debido a la falta de operación y mantenimiento. Para el desarrollo del trabajo de titulación se basó en una metodología: investigativa, analítica y ciclo de diseño. En la primera parte de la metodología se realizó el estudio previo del funcionamiento y características técnicas del motocultor que permitieron establecer la factibilidad para repotenciar al motocultor como un equipo de primera respuesta contra incendios forestales. En la segunda parte de la metodología se realizó un análisis del estado actual del motocultor conociendo así que actividades de mantenimiento se va a realizar al equipo para mejorar la disponibilidad, fiabilidad y seguridad. En la tercera parte de la metodología a través del mantenimiento mejorativo se realizó el diseño mecánico mediante el software SolidWorks el cual diseñó el remolque y sistema de bombeo para establecerlo como un equipo de primera respuesta contra incendios forestales al ser acoplado al motocultor permitiendo la construcción seleccionando materiales, equipos y accesorios de alta confiabilidad para el desarrollo del proyecto. Se concluye que la implementación del equipo contra incendios forestales mediante la repotenciación del motocultor permite resguardar la seguridad del sector forestal y agrícola de la comunidad, además mejorar la maniobrabilidad del equipo y precautelar la seguridad del operador mediante mejoras realizadas al diseño original. Se recomienda el estudio de aplicaciones para motocultores que permitan beneficiar a las comunidades de la provincia de Chimborazo como a la sociedad en general.

Palabras clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <EQUIPO CONTRA INCENDIOS>, <CRITERIOS DE PONDERACIÓN>, <DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN>, <SOLIDWORKS (SOFTWARE)>, <MANTENIMIENTO MEJORATIVO>.



24-09-2020

0319-DBRAI-UPT-2020

ABSTRACT

The objective of this research work was to implement a equipment against forest fires to the community San Juan located in Chimborazo province, through the repowering of a rototiller YTO DF-15L model. It belongs to Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) of this province, in order to provide operation to several rototiller which are in a state of unavailability due to lack of operation and maintenance. The research work development was based on an investigative, analytical methodology and design cycle. In the first part of the methodology, a preliminary study of the operation and technical characteristics of the rototiller was carried out, which made it possible to establish the feasibility of repowering the rototiller as a equipment of first response against forest fires. In the second part of the methodology, an analysis of the current state of the rototiller was performed, thus knowing what maintenance activities will be carried out on the equipment to improve availability, reliability and safety. In the third part of the methodology, through the improvement maintenance, the mechanical design was carried out using SolidWorks software, which designed the trailer and pumping system to establish it as a first response equipment against forest fires. It was coupled to the rototiller allowing the construction by selecting materials, equipment and accessories of high reliability for the development of the project. It is concluded that the implementation of the equipment against forest fires through the repowering of the rototiller. It allows to protect the security of the forest and agricultural sector of the community. In addition it improves the maneuverability of the equipment and safeguard the safety of the operator through improvements made to the original design. The study of applications for rototillers is recommended which allow to benefit the communities of the Chimborazo province as well as society in general.

Keywords: <ENGINEERING TECHNOLOGY AND SCIENCES>, <FIRE EQUIPMENT>, <WEIGHTING CRITERIA>, <DESIGN AND CONSTRUCTION>, <SOLIDWORKS (SOFTWARE)>, <IMPROVEMENT MAINTENANCE>.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto técnico se enfocará en el diseño y mantenimiento de un motocultor YTO DF-151 a una unidad de primera respuesta contra incendios forestales para ingresar en zonas de difícil acceso o con muy poco abastecimiento de agua, operado por miembros de la comunidad de San Juan hasta que el cuerpo de bomberos llegue al lugar del incendio forestal y se encargue de controlar la catástrofe natural. El mismo se desarrollará en cuatro capítulos que se definen a continuación; ordenados sistemáticamente con información clara y concreta sobre el tema: “REPOTENCIACIÓN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA DEL MOTOCULTOR YTO A UNA UNIDAD CONTRA INCENDIOS EN LA COMUNIDAD DE SAN JUAN EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA”

Como primer punto se explica el tema a investigar haciendo un enfoque contextual de la problemática sobre los incendios forestales en la provincia de Chimborazo, siendo la comunidad de San Juan la más afectada ocasionando daños a grandes zonas agrícolas y aprovechar el uso de motocultores del MAG de Chimborazo inactivos que mediante el mantenimiento y repotenciación se pondrá en

Se investiga el funcionamiento y partes principales de un motocultor, además conocer tipos, causas, fases, prevención y técnicas de extinción en incendios forestales, saber sobre el uso de procesos computacionales como es el diseño asistido por computador con sus beneficios y por último comprender el sistema de bombeo con sus componentes más importantes.

El tercer punto es plantear el diseño del equipo de primera respuesta y el sistema de bombeo mediante el diseño de un remolque conformado por un diseño de chasis, estructura y base del sistema de bombeo y realizando un análisis estático por medio de una simulación en el software SolidWorks para posteriormente seleccionar el material adecuado para la construcción.

Como último punto se realiza la prueba de funcionamiento del equipo de primera respuesta contra incendios forestales para obtener los tiempos de carga y descarga de agua además de realizar el manual de operación y mantenimiento para el equipo.

CAPÍTULO I

1 DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

La Facultad de Mecánica de la ESPOCH, a través de sus áreas académicas y de investigación; buscan vincular a sus estudiantes con las diferentes industrias de la provincia y del país, para que de una u otra manera puedan colaborar profesionalmente en la solución de los diversos problemas que se presentan en la sociedad, cubriendo necesidades de forma oportuna.

El presente proyecto técnico tiene como finalidad, la implementación de una unidad de primera respuesta contra incendios mediante la repotenciación del motocultor YTO perteneciente al MAG de la provincia de Chimborazo, para la Comunidad de San Juan de la ciudad de Riobamba. Esta propuesta de proyecto técnico permite que los estudiantes apliquen los conocimientos adquiridos sobre mantenimiento y las diferentes aplicaciones que brinda para la solución de diversos problemas existentes en el sector industrial y laboral.

1.2 Planteamiento del problema

Cerca de 901 hectáreas de cobertura vegetal se han consumido debido a incendios no contralados a tiempo en la provincia de Chimborazo en el año 2018, siendo la provincia más afectada del país en cuanto a incendios forestales ().

Sólo en Riobamba durante el año 2018, 357 hectáreas fueron devastadas a causa de dos incendios en la comunidad de San Juan, en los sectores Shobol Llin y Ganquis Cuiquiloma. La cifra establece a la provincia de Chimborazo con el índice más alto de afectación por incendios forestales, superando a provincias como Pichincha, Loja y Azuay (Massón, 2018).

El problema principal radica en la pérdida de extensas zonas forestales, incluyendo plantaciones cercanas de los agricultores debido a una falta de actuación inmediata y al intervalo de tiempo del cuerpo de bomberos en llegar al punto de siniestro, provocado por factores como la discontinuidad de carretera lo presenta dificultad de ingreso de vehículos de bomberos, dificultando el control y mitigación del incendio.

Además, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) de Chimborazo cuenta con varios motocultores YTO inactivos dentro y fuera de la institución debido a una falta de mantenimiento eficiente ocasionando el deterioro de los equipos, incluyendo la pérdida de su función principal.

1.3 Justificación

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y su carrera de Ingeniería de Mantenimiento, en conformidad con el proyecto de vinculación marco interinstitucional ESPOCH – CONAGOPARE Chimborazo, presenta proyectos de vinculación que vayan en beneficio de la sociedad, los cuales representan un aporte de los conocimientos adquiridos durante los años de estudio en la carrera.

Mediante la colaboración con el MAG de Chimborazo, con la comunidad de San Juan y el Cuerpo de Bomberos de la provincia como partes interesadas, el presente tema de tesis tiene como finalidad la implementación de un equipo de primera respuesta contra incendios, a partir de la repotenciación de un motocultor YTO perteneciente al MAG de Chimborazo, que permitirá una pronta actuación ante desastres que se puedan producirse a causa de incendios forestales en la comunidad. Garantizando de esta manera la seguridad de los sectores forestales, agrícolas y de la población a través de una pronta intervención.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Repotenciar el motor de combustión interna del motocultor YTO a una unidad contra incendios en la comunidad de San Juan en la ciudad de Riobamba.

1.4.2 Objetivos específicos

- Investigar bibliográficamente el funcionamiento completo de un motocultor.
- Evaluar el estado actual de operación en que se encuentra el motocultor YTO.
- Repotenciar el motocultor YTO, mediante mantenimiento correctivo y preventivo para obtener un óptimo nivel de funcionamiento del equipo.
- Diseñar, implementar y realizar las correspondientes pruebas de funcionamiento del equipo de primera respuesta contra incendios.
- Elaborar un manual de mantenimiento y operación del equipo de primera respuesta contra incendios.

CAPÍTULO II

2 REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Motocultores YTO

2.1.1 Descripción de motocultor

Son nombrados tractores de un solo eje de ruedas útiles para explotaciones hortofrutícolas, con mecanismos de tipo dirigibles, autopropulsado, operada por un solo hombre en el lado posterior de la máquina, es útil para trabajar el suelo (INSL, 2017).



Figura 1-2. Motocultor YTO DF-15L.

Fuente: Manual de Operación Servicio Motocultor YTO DF-15L

2.1.2 Características de un motocultor

Los motocultores se caracterizan por su ergonomía, la cual debe acoplarse al individuo en función a la altura de las manillas.

Según Tandazo & Freire (2017) dice que los tipos de aplicación son:

- En la agricultura minifundista útil para pequeñas explotaciones con parcelación rústicas deficiente.
- En la agricultura de ocio para prácticas agrícolas de fin de semana en huertos pequeños.
- En servicios municipales y/o terciarios, manutención de espacios verdes y jardinería
- En la agricultura latifundista útil para grandes explotaciones, sirviendo como complemento.

Los tipos de motocultores se caracterizan además por sus categorías, las cuales son:

Tabla 1-2: Tipos de motocultores

Categoría	Tipos de motocultores
Categoría IV	Motocultores mayores o iguales a 12hp
Categoría III	Motocultores menores a 12hp
Categoría II	Motoazadas transformables
Categoría I	Motoazadas

Fuente: (Daquilema, y otros, 2015)

2.1.3 Partes de un motocultor YTO

Las partes de un motocultor son:

2.1.3.1 El motor

El motor se dimensiona en base a su potencia, la cual cuenta con un determinado arranque, donde su superficie se destina en función de su lugar de trabajo, precisando motores de 5 a 8 CV de potencia para máquinas útiles en la agricultura, si además de la fresa se usan otros implementos son de 10 CV (Tandazo, y otros, 2017).



Figura 2-2. Motor de Motocultor

Fuente: (Tandazo, y otros, 2017)

Los motores empleados en motocultores pueden ser mono cilíndricos, aunque por lo general se incorporan motores diésel de cuatro ciclos.

2.1.3.2 Ciclo termodinámico diésel

El ciclo termodinámico del motor diésel de cuatro tiempos, según Domínguez & Antonio (2016) es el siguiente:

- **Admisión:** etapa en la que el pistón se separa del punto muerto superior (PMS), generando una depresión para el ingreso de masa fresca, sin quemar. Las válvulas de admisión se encuentran abiertas y las válvulas de escape cerradas.
- **Compresión:** el proceso de compresión se da mediante el desplazamiento del pistón del punto muerto inferior (PMI) al punto muerto superior (PMS), comprimiendo la masa fresca al estar cerradas las válvulas de admisión y escape cerradas.

En las cercanías del PMS se produce la ignición de la mezcla dando paso al proceso de combustión.

- **Expansión:** finalizado el proceso de combustión se realiza el proceso de expansión donde el pistón desciende nuevamente, permaneciendo las válvulas de admisión y escape cerradas.

En las proximidades de PMI y aun en la carrera de expansión la válvula de escape se abre para dar lugar a la evacuación de gases a la atmosfera.

- **Escape:** etapa donde el pistón se desplaza nuevamente del PMI al PMS con la válvula de escape abierta para expulsar los gases quemados hacia la atmosfera.

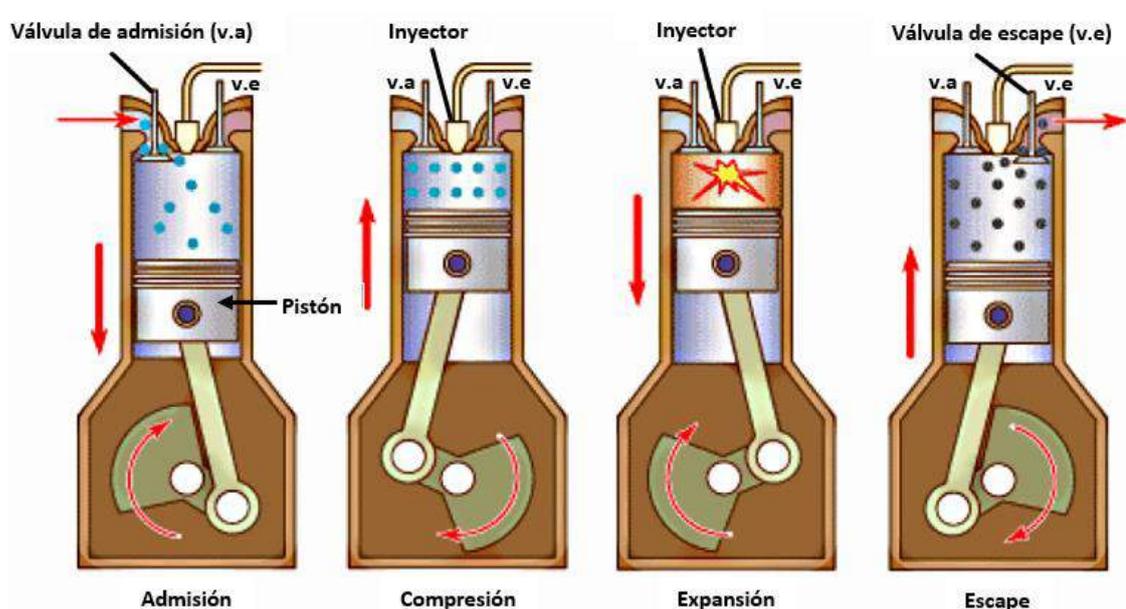


Figura 3-2. Ciclo Diésel
Fuente: (Yepes, 2018)

2.1.3.3 Los frenos.

Son elementos acoplados en diferentes tipos de motocultores, los cuales se requieren por el modelo de sistema o mecanismo (Quevedo, 2015).

2.1.3.4 El diferencial

Viene adaptado según el modelo, el cual está constituido por engranajes que permiten el giro de las ruedas, las cuales giran a una determinada velocidad encargado de trasladar la rotación originada por el motor a las ruedas encargadas de la tracción (Medina, 2015).

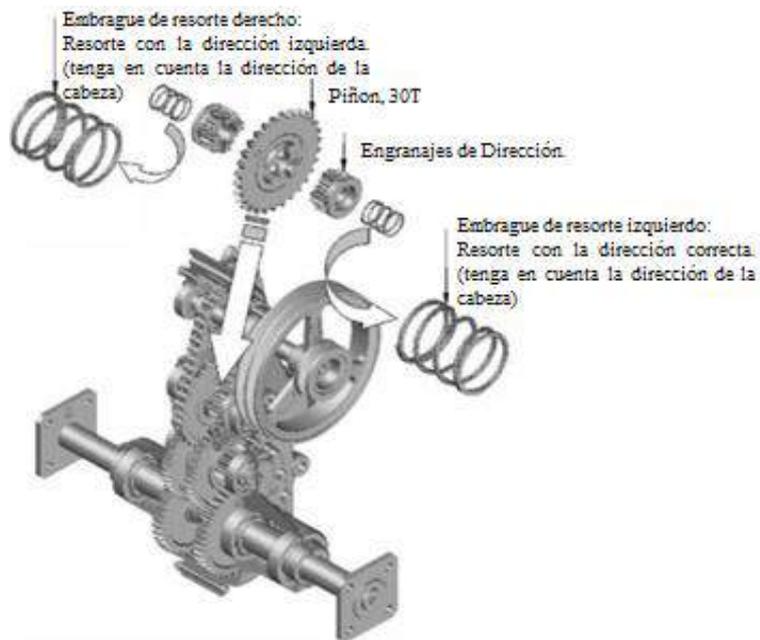


Figura 4-2. Diferencial de un motocultor

Fuente: (Tandazo, y otros, 2017)

2.1.3.5 Las ruedas

Las ruedas para motocultores se dan en base a su diámetro menor, el cual es usado en fresas y de mayor diámetro en remolques (Medina, 2015).



Figura 5-2. Ruedas de motocultor

Fuente: (Tandazo, y otros, 2017)

2.1.4 Seguridad en motocultores

Según Tandazo & Freire (2017), dice que las seguridades en motocultores a tener presente son:

- Dispositivo que impida el arranque de la caja de cambios, cuando dicha caja no se ubique en un punto muerto y esté desacoplada la transmisión mecánica.
- Mandos de conexión y desconexión ubicado en las manijas, de manera que la máquina esté en funcionamiento sólo cuando el operador esté presente.
- Sistema de seguridad que frena el avance del motocultor cuando el operador suelta el mando definido como “motorstop”
- Ningún implemento conectado al Motocultor debe estar en funcionamiento cuando se da marcha atrás.
- Los equipos deben poseer un certificado de conformidad.

2.1.5 Especificaciones técnicas de motocultores YTO

Las especificaciones técnicas más relevantes de los motocultores YTO son:

Tabla 2-2: Especificaciones Técnicas del Motocultor YTO

Motocultor YTO	
Modelo	DF 15 L
Velocidades hacia adelante	1.4 – 2.5 – 4.1 – 5.3 – 9.4 y 15.3 (Km/h)
Velocidades en reversa	1.1 – 3.8 (Km/h)
Tipo	Eje sencillo dual para tracción
Cilindrada (cc)	903
Peso (Kg)	488
Torque (Nm)	257
Motor	Diésel de 4 tiempos - Monocilíndrico
Tanque de combustible	9 – 11 lt de diésel
Velocidad del Motor	2200 rpm
Arranque	Manual
Potencia	12 Kw o 16 Hp
Fuerza de Tracción	221 Kgf
Distancia mínima del suelo	185 mm
Dimensiones (L x A x Alt mm)	2680 x 1030 x 1250

Fuente: (INSL, 2017)

Realizado por: Los Autores

2.2 Mantenimiento

Según la norma UNE-EN 13306, define al mantenimiento como la “combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión realizadas durante el ciclo de vida de un elemento, destinadas a conservarlo o a devolverlo a un estado en el que pueda desempeñar la función requerida” (UNE-EN 13306, 2018).

2.2.1 Tipos de mantenimiento

De acuerdo con la norma UNE-EN 13306 (2018), el mantenimiento se divide en: mantenimiento correctivo y mantenimiento preventivo como se detalla en la figura 6-2.

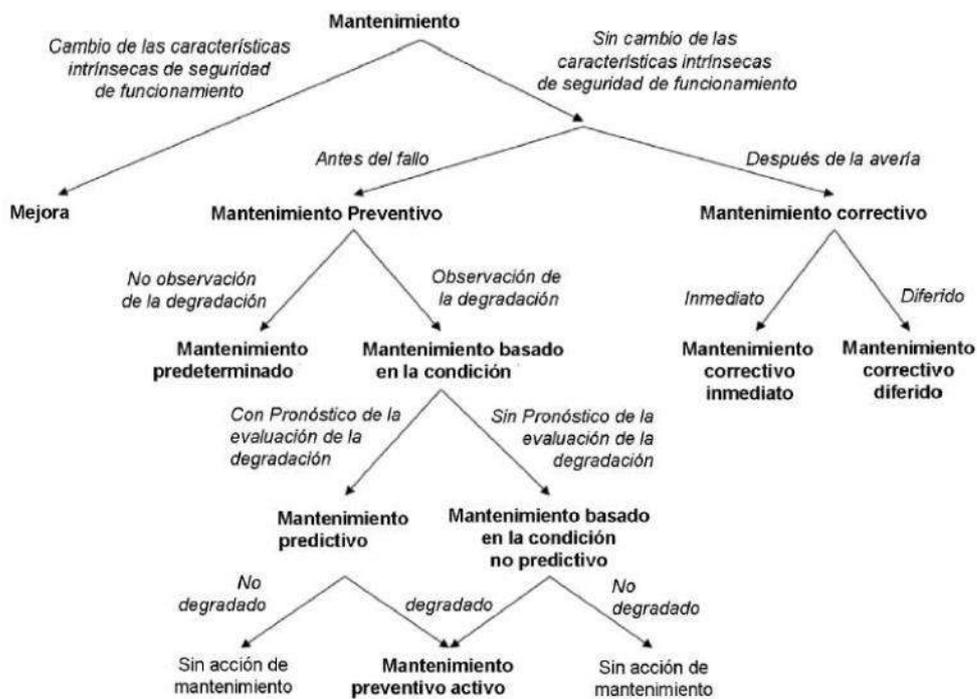


Figura 6-2. Tipos de mantenimiento

Fuente: (UNE-EN 13306, 2018)

La norma UNE-EN 13306 (2018), establece la definición para cada tipo de mantenimiento, los cuales se resumen en la Tabla 3-2.

Tabla 3-2: Definiciones de los tipos de mantenimiento

Tipos de mantenimiento	Según norma UNE-EN 13306 (2018)
Mantenimiento preventivo	Se realiza a intervalos predeterminados, con el fin de reducir la probabilidad de fallo o la degradación del funcionamiento de un elemento.
Mantenimiento predeterminado	Se realiza de acuerdo con intervalos de tiempo establecidos sin investigación previa de la condición.
Mantenimiento basado en la condición	Mantenimiento preventivo que incluye una combinación de monitorización de la condición.

Mantenimiento predictivo	Se realiza basado en la condición que se realiza siguiendo una predicción obtenida del análisis repetido y de la evaluación de los parámetros significativos de la degradación del elemento.
Mantenimiento correctivo	Se realiza después del reconocimiento de una avería y que está destinado a poner a un elemento en un estado en que pueda realizar su función requerida
Mantenimiento correctivo diferido	Mantenimiento correctivo que no se realiza de inmediato, sino que se retrasa de acuerdo con reglas dadas.
Mantenimiento correctivo inmediato	Mantenimiento correctivo que sin dilación después de detectarse una avería, con el fin de evitar consecuencias.
Mantenimiento de mejora	Mantenimiento destinado a mejorar la fiabilidad, mantenibilidad, seguridad de un elemento sin alterar su función.

Fuente: (UNE-EN 13306, 2018)
Realizado por: Los Autores

2.2.2 *Actividades de mantenimiento*

2.2.2.1 *Modificación*

La norma UNE-EN 13306 como la “combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión, destinada a cambiar una o varias funciones de un elemento” (UNE-EN 13306, 2018).

NOTA: la modificación es una acción en la que interviene el personal de mantenimiento que permite cambiar la función requerida de un equipo por una nueva función, los cambios tienen influencia en las características de seguridad de funcionamiento del equipo (UNE-EN 13306, 2018).

2.3 **Repotenciación**

La repotenciación de maquinaria mecánica o electrónica consiste en restablecer y/o mejorar las prestaciones originales de un equipo, con el objetivo de impulsar la productividad y competitividad de las industrias. En la repotenciación es importante tomar a consideración la modificación y adaptación del diseño original con el objetivo de satisfacer los nuevos requerimientos, maximizando los equipos y dispositivos existentes y minimizando cambios en el diseño original (Pillajo, y otros, 2018).

2.4 **Incendios forestales**

Un incendio forestal es cuando el fuego se extiende de forma descontrolada en terrenos de tipo forestal, distinguiéndose en los tres elementos que son el calor, el oxígeno y el combustible, produciendo combustión la cual ocurre cuando se da la reacción de los elementos indicados, como se muestra en la figura 7-2 (Agama, 2016).

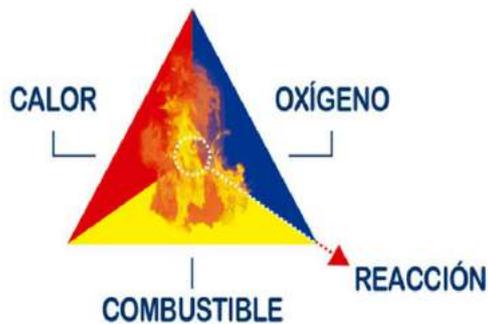


Figura 7-2. Tetraedro de fuego
Fuente: (Bomberos Ambato, 2018)

En la actualidad se sustituye el triángulo de fuego por un tetraedro de fuego ya que de esta manera se incluye el calor adicional necesario para que tenga lugar la ignición. Este calor adicional recibe el nombre de reacción en cadena o mecanismo de reacción. Al igual que en el triángulo de fuego, la supresión o eliminación de uno de sus componentes supondría la extinción del fuego (Pérez Rodríguez, 2015).

Fernández González (2019) establece que los componentes del tetraedro de fuego son:

- El combustible: es la sustancia que en presencia del oxígeno y con un aporte de energía de activación se produce una reacción química.
- El comburente: son aquellos elementos que favorecen la combustión como el oxígeno, óxido nitroso, nitrato sódico entre otras.
- La energía de activación: es la energía mínima necesaria para iniciar una reacción, la cual sería una fuente de calor.
- La reacción en cadena: es el proceso progresivo de la reacción de la mezcla comburente-combustible, obteniéndose una reacción que autoalimenta el fuego.

Los factores que influyen a la propagación del fuego son:

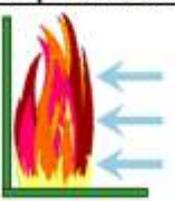
En el centro del comportamiento	Pegado a la pared del comportamiento	En una esquina del comportamiento
		
El aire ingresa en todas las direcciones	El aire ingresa en todas las direcciones	El aire ingresa un 50%

Figura 8-2. Comportamiento del fuego
Fuente: (CANDO, 2015)

2.4.1 Partes que conforman un incendio

Según Moscovich y otros (2015), dice que las partes que conforman un incendio son:

- **Cabeza**, es el incendio que se da con mayor velocidad.
- **Cola**, es la base donde inicia el incendio.
- **Flancos**, son los costados del incendio.
- **Borde**, límite de separación.
- **Perímetro**, longitud del borde.
- **Dedos**, quema en forma larga.
- **Bahías**, porciones no quemadas entre dedos.
- **Islas**, sectores de terreno que no hay presencia de fuego.
- **Focos secundarios**, son los bordes del incendio principal.

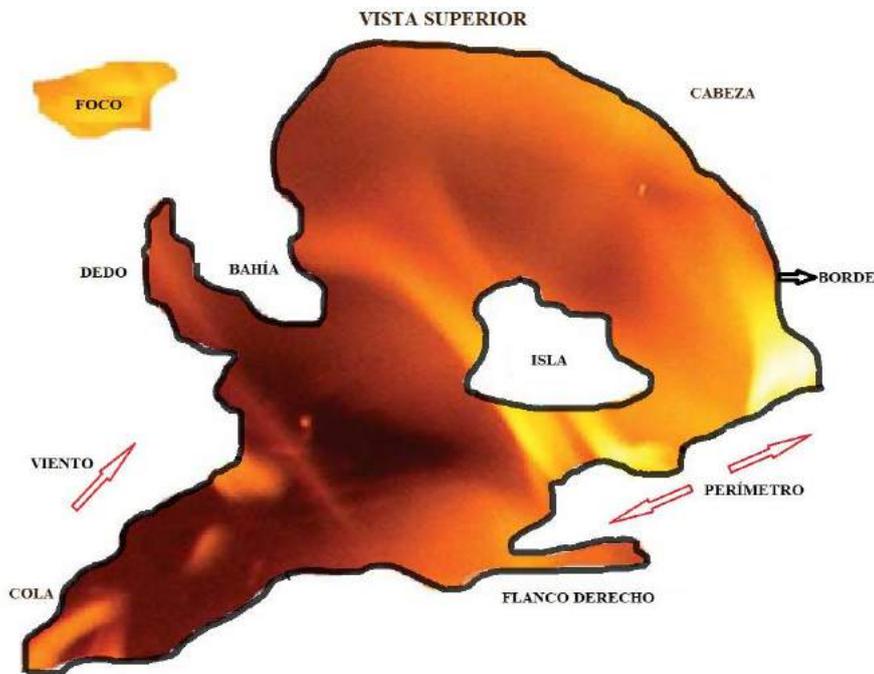


Figura 9-2. Partes de un incendio

Fuente: (Moscovich, y otros, 2015)

2.4.2 Tipos de incendios forestales

Los tipos de incendios forestales según Agama (2016), son:

- De superficie
- De copas
- De subsuelo

2.4.2.1 Incendio de superficie

Son incendios en los que se queman los carburantes que se encuentran sobre el suelo en una altura mínima (Agama, 2016).

2.4.2.2 Incendios de copas

Son los incendios que se generan de las copas de los árboles, teniendo presente que cuando hay una disminución de una velocidad del viento, el fuego deja caer las copas y pasa a los inflamables; cuando son incendios de alta intensidad se debe manejar el control por cuadrillas (Agama, 2016).

2.4.2.3 De subsuelo

Son fuegos que se originan por debajo del suelo, quemando las raíces y tallos subterráneos (Agama, 2016).

2.4.3 Causas de incendios forestales

El fuego es un fenómeno natural que con el desarrollo de la actividad humana se ha ido agravando notoriamente en número e intensidad. En la actualidad, existen diversas causas que provocan incendios forestales por lo que es de vital importancia conocer las causas que originan los incendios para adoptar medidas y actuaciones pertinentes en el ámbito de la prevención (Aguilera Sánchez, 2015).

Aguilera Sánchez (2015) dice que las causas de incendios forestales son:

- Causas estructurales
- Causas inmediatas

2.4.3.1 Causas estructurales

Son aquellas causas correspondientes a las condiciones permanentes, ecológicas y socio ecológicas que determinan la problemática con carácter general. Dichas causas son el clima, la vegetación y la actividad humana.

2.4.3.2 Causas inmediatas

son aquellas que originan directa y puntualmente un incendio forestal. Dentro de las cuales se pueden encontrar las causas naturales y las causas antrópicas.

Según Aguilera Sánchez (2015), las causas inmediatas se clasifican en:

- Causas naturales: de acuerdo con determinados lugares y condiciones, un incendio forestal puede originarse por causas completamente naturales, los fenómenos más comunes suelen ser los rayos, erupciones volcánicas y terremotos
- Causas antrópicas: son incendios provocados por la acción del ser humano, en las que se destacan causas por negligencia, causas intencionales, desconocidas y particulares.

2.4.4 Fases de un incendio

Las fases de incendio son:

- Punto de ignición, mínima temperatura que emite suficientes vapores.
- Punto de inflamación, suficiente temperatura para emisión de vapores
- Punto de autoinflamación, temperatura en donde los vapores se inflaman de manera espontánea.

2.4.5 Prevención de incendios forestales

La prevención de incendios forestales es responsabilidad de cada cuerpo de bomberos mediante la sociabilización de información al público sobre la manera de prevenir incendios, los riesgos que atraen, las consecuencias y pérdidas que se generan. debido a esto la población debe conocer los riesgos potenciales y sus métodos de mitigación antes de la intervención de los bomberos al punto del incidente, para estas medidas los bomberos deben aplicar programas de prevención para la reducción de riesgos compartiendo información fundamental (Subsecretaría de reducción de riesgo, 2016).

Para la prevención de incendios los bomberos deben realizar inspecciones con anterioridad de los lugares en donde se puedan producir incendios reconociendo los riesgos y alertando a la población sobre los peligros y sus medidas de acción. Los participantes de programas públicos sobre prevención deberán estar capacitados y preparados para reunir a los ciudadanos y comunicarles de manera adecuada. Los cuerpos de bomberos deberán coordinar con las UGR de los GAD cantonales para informar a la ciudadanía en temas de fuego, en las zonas de mayor vulnerabilidad del territorio (Subsecretaría de reducción de riesgo, 2016).

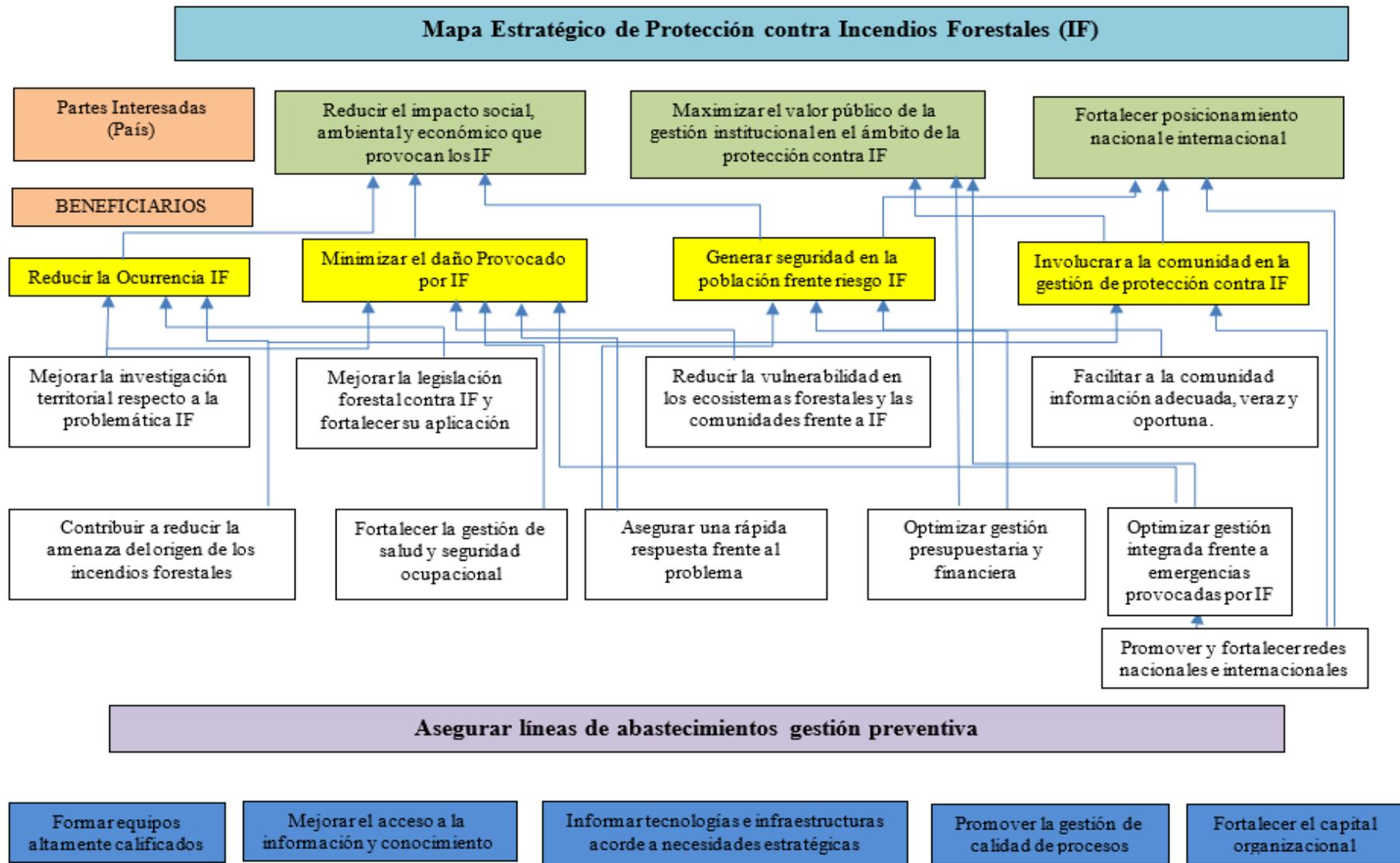


Figura 10-2. Mapa estratégico de protección contra incendios forestales
Fuente: (Pazmay, 2015)

2.4.6 Técnicas de extinción de incendios forestales

Las técnicas de extinción de incendios forestales son:

- Método directo
- Método indirecto
- Método paralelo

2.4.6.1 Método directo

En este método el control del incendio se produce frenando el fuego en el frente de avance, llamado la cabeza del incendio, y en otros sectores activos, se usa en vegetación de poco tamaño en sectores menos intensos, reduciéndose la superficie y el daño al mínimo, con un buen control sobre el área en el que se da el incendio. (Moscovich, y otros, 2015).



Figura 11-2. Método directo

Fuente: (Moscovich, y otros, 2015)

2.4.6.2 Método indirecto

Es cuando no se puede trabajar sobre los bordes, aprovechándose las barreras de tipo natural o artificial, identificándose anticipadamente las zonas accidentadas, construyéndose líneas seguras (Moscovich, y otros, 2015).



Figura 12-2. Método indirecto

Fuente: (Moscovich, y otros, 2015)

2.4.6.3 Método paralelo

Es un paso intermedio entre directo e indirecto, usado en incendios con una velocidad de propagación media, aplicándose un fuego como herramienta auxiliar, de forma eficiente y segura.



Figura 13-2. Método paralelo

Fuente: (Moscovich, y otros, 2015)

2.4.7 Consecuencias de incendios forestales

Las consecuencias de los incendios forestales, según Rodas (2015) son:

- Disminución de árboles.
- Destrucción y afectación del suelo.
- Fragmentación del hábitat.
- Amenaza la biodiversidad.

2.5 Equipos contra incendios

Es un sistema diseñado para la intervención contra incendios que está compuesto por una bomba con características específicas y un motor de combustión interna o eléctrico utilizando el agua como elemento de supresión (ECUATEPI).

Estos equipos son conocidos como vehículos contra de incendios los cuales están clasificados de acuerdo con la norma UNE 23-900 en:

- Vehículos de extinción
- Vehículos de salvamento
- Vehículos auxiliares
- Vehículos específicos
- Equipos en remolques
- Aeronaves, embarcaciones y otros

2.5.1 Vehículos especiales

Son unidades móviles con funciones específicas que permiten responder a características puntuales en un incendio entre ellas una primera respuesta, cumpliendo en ocasiones funciones adicionales al resto de los vehículos de acuerdo a la necesidad (UNE 23-900).

2.5.2 Herramientas a usar en un equipo contra incendios

Las herramientas por usar en un equipo contra incendios, según el Comité de Lucha contra Incendios Forestales (CLIF) 2015 son:

- Linternas, su uso específico es para funciones luminosas de espacios sin luz.
- Botiquín de primeros auxilios, se trata de un maletín con medicamentos, elementos y material para realizar curas de emergencia
- Batefuegos, son herramientas útiles para sofocar el fuego originado por el desplazamiento del aire.
- Hacha, es una herramienta constituida con dos filos opuestos en planos perpendiculares y un mango central de madera., la una con forma de pico y la otra en punta
- Rastrillo, son herramienta compuesta de una placa de acero con seis dientes gruesos en un lado y corte al lado opuesto.
- Palas, son instrumentos compuestos de una placa acerada, cóncava en forma de ojiva.
- Pico, son herramientas en forma de placa.

- Extintores, son aparatos aplicadores de agua en chorro en un depósito reservorio de tipo manual, útiles para sofocados de incendios.
- Mangueras, son tubos cubiertos, con refuerzos, propiedades útiles para la conducción de fluido.

2.6 Sistemas de Bombeo

Un sistema de bombeo es un conjunto de equipos, accesorios y tuberías que permiten el transporte de líquidos o sólidos desde el lugar de carga o abastecimiento hasta el lugar de descarga, almacenamiento o red de distribución, cumpliendo con las especificaciones necesarias de caudal y presión (Padilla, 2015).

2.6.1 Componentes de sistema de bombeo

Según Ortega (2015) señala que un sistema de bombeo de agua los componentes básicos son los siguientes:

- Tuberías de succión y descarga.
- Válvulas de regulación y control.
- Bomba hidráulica.
- Tableros de protección y control eléctrico.

2.6.2 Bombas hidráulicas.

Una bomba hidráulica es un equipo que permite el transporte de fluido al convertir energía mecánica en energía hidráulica (Padilla, 2015).

Las bombas hidráulicas se clasifican en bombas de desplazamiento positivo o volumétricas y bombas rotodinámicas o turbomáquinas:

2.6.2.1 Bombas de desplazamiento positivo

Su funcionamiento se basa en la hidrostática, de tal manera que al aumento de presión se realiza por el empuje de las paredes de las cámaras que varían su volumen (Ortega, 2015).

Heras (2017), establece que los tipos de bombas de desplazamiento positivo según su principio de funcionamiento son:

- Bombas oscilantes y bombas rotativas

2.6.2.2 Bombas rotodinámicas

Su funcionamiento se basa en la hidrodinámica, de tal manera que al aumento de presión se realiza por el intercambio de cantidad de movimiento entre el rodete y el fluido, en este tipo de bombas el flujo del fluido es constante (Ortega, 2015).

Según Heras (2017) las bombas rotodinámicas se clasifican en:

- Bombas centrífugas o radiales
- Bombas axiales
- Bombas de flujo mixto

2.7 Procesos tecnológicos

Los procesos tecnológicos mediante herramientas computacionales permiten analizar al diseñador más alternativas de diseño, visualizar problemas potenciales, seguridad del diseño y tener una alta disponibilidad de la base de datos que permite al proyectista centrarse en detalles puntuales del diseño (Alcívar, y otros, 2016).

El proceso tecnológico se clasifica según su utilidad, de la siguiente manera:

2.7.1 Diseño Asistido por Computadora (CAD)

El Diseño Asistido por Computadora (CAD) proviene de las siglas en inglés Computer Aided Design, es la utilización de software que ayudan a crear, modificar, analizar y optimizar un diseño, basado en entidades geométricas de tipo vectoriales (Juiña, 2015).

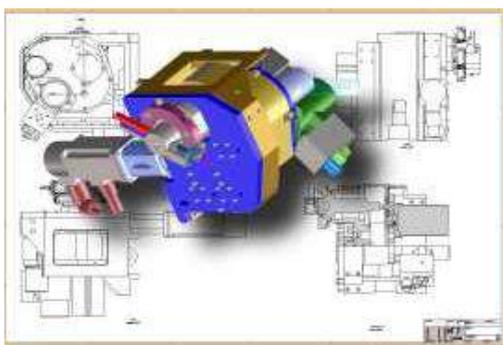


Figura 14-2. Diseño Asistido por Computador (CAD)

Fuente: (Juiña, 2015)

2.7.2 Manufacturación Asistida por Computadora (CAM)

La Manufacturación Asistida por Computadora (CAM), proviene de las siglas en inglés Computer Aided Manufacturing, la cual implica el uso de computadores y tecnologías para la manufactura

de un determinado producto, en un lenguaje definido de programación con una intervención mínima de un operador (Alcívar, y otros, 2016).



Figura 15-2. Manufacturación Asistida por Computador (CAM)
Fuente: (Juiña, 2015)

2.7.3 Ingeniería Asistida por Computadora (CAE)

La Ingeniería Asistida por Computadora (CAE), proviene de las siglas en inglés Computer Aided Engineering, se encarga del conjunto de softwares útiles que ayudan al profesional analizar y simular diseños de ingeniería, optimizando su desarrollo y reduciendo al máximo las pruebas para la obtención de un determinado elemento (Juiña, 2015).

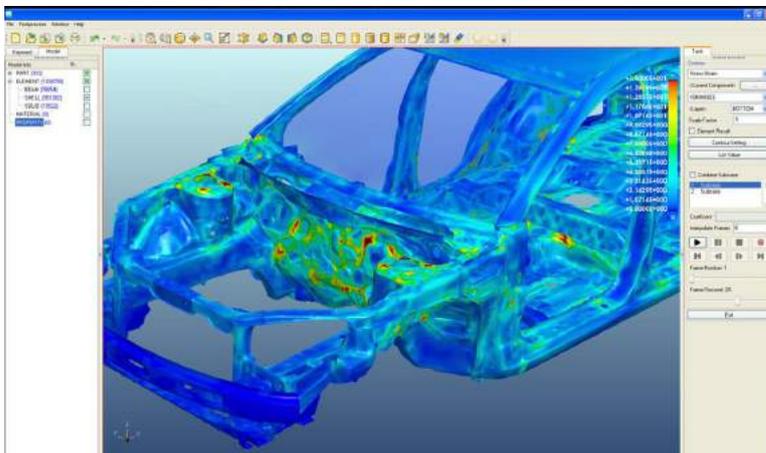


Figura 16-2. Ingeniería Asistida por Computadora (CAE)
Fuente: (Juiña, 2015)

2.8 Simulación computacional

La simulación computacional se basa en un modelo de la realidad que cuenta una historia y al observar el comportamiento permite obtener conocimiento acerca del sistema real (Monte, 2015).

2.8.1 Beneficios

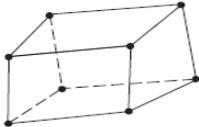
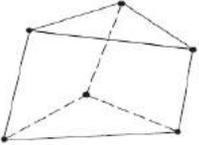
Los beneficios que tiene la simulación computacional según Monte (2015) son:

- Permite analizar problemas complejos para los que no están disponibles resultados analíticos.
- Realiza el análisis del impacto de una nueva estación o proceso de diseño.
- Brinda un método simple de solución para procedimientos matemáticos complejos.
- Permite establecer varias alternativas de diseño permitiendo tomar decisiones experimentales.
- Es más económico el sistema por simulación que el real.

2.9 Malla

Malla es una técnica de análisis de elementos finitos (FEA), el cual brinda un método fiable para analizar diseños de ingeniería, con la creación de un modelo geométrico, subdividiéndose en elementos y nodos, basado en un tamaño global, con una tolerancia y especificación de control en diferentes tamaños de las caras, aristas y vértices; en la Tabla 4-2 se aprecia, los diferentes elementos y nodos que se aplica en la fase de pre-procesado o diseño, basados en la geometría y aplicación para la conectividad estructurada y no estructurada, donde se da la discretización del dominio, la elección de funciones de interpolación en base a su forma, para seleccionar en la fase de post-pocesado el tipo de elemento, modelo, número de nodos (Dassault Systèmes, 2016).

Tabla 4-2: Tipos de mallado de elementos sólidos.

Tipo de elemento	Modelo	Forma	Número de nodos	Aplicaciones
Sólido	Hexagonal de 8 nodos		8	Sólido, placa gruesa
	Pentagonal de 6 nodos		6	Sólido, placa gruesa. Usado para transiciones
	Tetraedro de 4 nodos		4	Sólido, placa gruesa. Usado para transiciones

Fuente: (Shigley, 2015)
Realizado por: Los Autores

CAPÍTULO III

3 MARCO METODOLÓGICO

Para realizar el diseño y la construcción del equipo contra incendios se realizará en base a lineamientos establecidos en la norma NFPA 1901 y NFPA 1906 para construcción de vehículos contra incendios, normas que establecen las características de construcción de la estructura a ser montadas en un vehículo al que se realizara la conversión, así como en el equipamiento mínimo que debe tener un vehículo contra incendios.

Para establecer la unidad contra incendios se realiza a partir de la capacidad de carga que soportara la estructura (remolque) y la capacidad de agua que se vaya a instalar en la misma, evitando de esta manera que el motocultor trabaje con sobrecarga y se provoque daños en la estructura del remolque.

3.1 Diseño de la estructura para el tanque reservorio para agua.

El tanque de almacenamiento se establece en función de los siguientes requerimientos.

3.1.1 Selección de la cantidad de litros de agua

La norma NTP 2017 para las “instalaciones de abastecimientos de agua contra incendios”, sugiere que:

- La cantidad de agua que se debe aplicar para opacar una llama de altura promedio, ante la exposición de un incendio es de 50 litros / min.
- Duración de incendio por categorías se clasifica en:
 - Categoría I: Tiempo del incendio = 10 minutos
 - Categoría II: Tiempo del incendio > 15 minutos y < 60 minutos
 - Categoría III: Tiempo del incendio \geq 60 minutos

La unidad contra incendios diseñada y construida debe ser apropiada para apagar llamas de categoría I, por lo que se selecciona en base a diferentes alternativas que son:

- Alternativa 1: 600 litros
- Alternativa 2: 500 litros
- Alternativa 3: 400 litros

Se realiza la ponderación, como se describe a continuación:

a) Método ordinal

Según Andrade (2015), recomienda el método ordinal de Riba & Molina, el cual se basa en parámetros definidos de alternativas y criterios establecidos, como se detalla en la Tabla 1-3.

Tabla 1-3: Criterios a ponderar en la selección de la cantidad de agua

Criterios	Característica
0	Filas < Columnas
0.5	Filas = Columnas
1	Filas > Columnas

Fuente: (Andrade, 2015)

Realizado por: Los Autores

b) Criterios a ponderar

1. Duración de incendio
2. Abastecimiento de agua contra incendios

Jerarquizando se tiene que

$$1 < 2$$

Como siguiente paso se da la valoración de cada criterio en la Tabla 2-3.

Tabla 2-3: Valoración de los criterios a seleccionar de la cantidad de agua

Criterio	Duración de incendio	Abastecimiento de agua	$\sum+1$	Ponderado
Duración de incendio	X	0	1.0	0.33
Abastecimiento de agua	1	X	2.0	0.67
	Total		3.0	1.00

Fuente: (Andrade, 2015)

Realizado por: Los Autores

c) Evaluación de los criterios

1. Duración de incendio

La duración de incendio en función del caudal del agua aplicar, para sofocar el fuego en una llama de altura promedio es de 50 litros / min., por lo que las alternativas a escoger son las siguientes:

- Alternativa 1: 600 litros
- Alternativa 2: 500 litros
- Alternativa 3: 400 litros

$$T = \frac{C_{req.}}{Q} \quad \text{Ec. (1-3)}$$

Donde:

- $C_{req.}$ = Cantidad requerida de agua para sofocar el fuego
- Q = Caudal del agua a aplicar ante una llama de altura promedio
- T = Tiempo de incendio

Con la alternativa 1: 600 litros

$$T_1 = \frac{600 \text{ l}}{50 \text{ l/min}} = 12 \text{ min}$$

Con la alternativa 2: 500 litros

$$T_2 = \frac{500 \text{ l}}{50 \text{ l/min}} = 10 \text{ min}$$

Con la alternativa 3: 400 litros

$$T_3 = \frac{400 \text{ l}}{50 \text{ l/min}} = 8 \text{ min}$$

En base a la evaluación de las alternativas establecidas para el tiempo de duración de incendio de la Tabla 3-3, y a la norma NTP 420 se decide trabajar con la alternativa 2 con 500 litros.

Tabla 3-3: Evaluación de la duración de incendio

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderado
Alternativa 1	X	0	1	2.0	0.33
Alternativa 2	1	X	1	3.0	0.50
Alternativa 3	0	0	X	1.0	0.17
	Total			6.0	1.00

Fuente: (Andrade, 2015)

Realizado por: Los Autores

2. Abastecimiento de agua contra incendios

El abastecimiento de agua requerida para sofocar el fuego, en función del caudal de agua a aplicar, en una llama de altura promedio es de 50 litros / min., y 10 minutos en tiempo de incendio, aplicando a las tres alternativas propuestas.

- Alternativa 1: 600 litros
- Alternativa 2: 500 litros
- Alternativa 3: 400 litros

Por lo que:

$$C_{req.} = Q \times T \quad \text{Ec. (2-3)}$$

Donde:

- $C_{req.}$ = Cantidad requerida de agua para sofocar el fuego
- Q = Caudal del agua a aplicar ante una llama de altura promedio = 50 litros / min.
- T = Tiempo de incendio = 10 min.

$$C_{req.} = 50 \frac{l}{min} \times 10min = 500 l$$

Por lo que para sofocar el fuego ante una llama de altura promedio en un tiempo de incendio en 10 minutos se necesita 500 litros y mediante la ponderación de la tabla 4-3 para sofocar el fuego, la alternativa 2 tiene el mayor puntaje de aceptación para cumplir con la cantidad requerida.

Tabla 4-3: Evaluación de la cantidad requerida de agua.

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderado
Alternativa 1	X	0	1	2.0	0.33
Alternativa 2	1	X	1	3.0	0.50
Alternativa 3	0	0	X	1.0	0.17
Total				6.0	1.00

Fuente: (Andrade, 2015)

Realizado por: Los Autores

a) Tabla de criterios

En la Tabla 5-3 de criterios a seleccionar en base las alternativas propuestas, tomando en cuenta la duración de incendios y abastecimiento de agua, se selecciona la alternativa 2, que es de 500 litros con una duración requerida de hasta 10 min.

Tabla 5-3: Criterios a seleccionar de las cantidades requeridas de agua

Criterios	Duración de incendio	Abastecimiento de agua	$\Sigma+1$	Ponderado
Alt. 1	0.109	0.221	1.33	0.3325
Alt. 2	0.165	0.335	1.50	0.3750
Alt. 3	0.056	0.114	1.17	0.2925
Total			4.00	1.0000

Fuente: (Andrade, 2015)

Realizado por: Los Autores

3.1.2 Selección del tipo del material del tanque reservorio de agua

Para la selección del material del tanque de almacenamiento, se considera 3 alternativas:

- Alternativa 1: Polietileno
- Alternativa 2: Fibra de vidrio
- Alternativa 3: Metálico

Mediante el método ordinal de Andrade (2015) de la Tabla 1-3, se pondera con los siguientes criterios para la selección del tipo del material:

a) Criterios a ponderar

1. Costo
2. Peso
3. Facilidad de adquisición
4. Flexibilidad
5. Aplicación

De acuerdo con la jerarquización de la Tabla 6-3 se tiene que:

$$1 = 2 > 3 = 4 > 5$$

Siendo el costo y peso los pioneros de esta valoración como más importantes, seguido de los criterios de fácil adquisición, flexibilidad y por último la aplicación, como se evidencia en la Tabla 6-3.

Tabla 6-3: Valoración de los criterios a ponderar del tipo de material

Criterio	Costo	Peso	Fácil de adquisición	Flexibilidad	Aplicación	$\Sigma+1$	Ponderado
Costo	X	0.5	1	1	1	4.5	0.30
Peso	0.5	X	1	1	1	4.5	0.30
Fácil de adquisición	0	0	X	0.5	1	2.5	0.17
Flexibilidad	0	0	0.5	X	1	2.5	0.17
Aplicación	0	0	0	0	X	1.0	0.06
Total						15.0	1.00

Fuente: (Andrade, 2015)

Realizado por: Los Autores

Jerarquizado los criterios se hace la valoración de los mismos:

b) Evaluación de los criterios

- **Costos**

Previo a la cotización de los materiales de las alternativas planteadas, el tipo polietileno es de mayor ponderación por ser más económico, siendo el de metal el de mayor costo ya que este debería ser de acero inoxidable, bajo un proceso de construcción único. (ver Tabla 7-3).

Tabla 7-3: Evaluación del criterio de costos del tipo de material

Criterio	Polietileno	Fibra de vidrio	Metal	$\Sigma+1$	Ponderado
Polietileno	X	1	1	3.0	0.50
Fibra de vidrio	0	X	1	2.0	0.33
Metálico	0	0	X	1.0	0.17
Total				6.0	1.00

Fuente: (Andrade, 2015)

Realizado por: Los Autores

- Pesos

El material con mayor ponderación según la Tabla 8-3, es el de tipo polietileno con una densidad de 925 Kg/m³, el cual tiene un peso menor que los materiales de fibra de vidrio y del metal con densidades de 2500 Kg/m³ y 7850 Kg/m³ respectivamente.

Tabla 8-3: Evaluación del criterio de pesos del tipo de material

Criterio	Polietileno	Fibra de vidrio	Metal	$\Sigma+1$	Ponderado
Polietileno	X	1	1	3.0	0.50
Fibra de vidrio	0	X	1	2.0	0.33
Metálico	0	0	X	1.0	0.17
Total				6.0	1.00

Fuente: (Andrade, 2015)

Realizado por: Los Autores

- Fácil de adquisición

En la Tabla 9-3 se aprecia que el material de polietileno posee la mayor ponderación porque este se consigue a nivel local y nacional en ferreterías; en comparación con el de fibra de vidrio y metal materiales con mayor dificultad de adquisición por su complejo proceso de elaboración.

Tabla 9-3: Evaluación del criterio de fácil adquisición del tipo de material

Criterio	Polietileno	Fibra de vidrio	Metal	$\Sigma+1$	Ponderado
Polietileno	X	1	1	3.0	0.50
Fibra de vidrio	0	X	0	1.0	0.17
Metálico	0	1	X	2.0	0.33
Total				6.0	1.00

Fuente: (Andrade, 2015)

Realizado por: Los Autores

- Flexibilidad

En la Tabla 10-3 se aprecia la ponderación de flexibilidad, estableciendo el material polietileno con mayor relevancia respecto a materiales como metal y fibra de vidrio.

Tabla 10-3: Evaluación del criterio de flexibilidad del tipo de material

Criterio	Polietileno	Fibra de vidrio	Metal	$\Sigma+1$	Ponderado
Polietileno	X	1	1	3.0	0.50
Fibra de vidrio	0	X	0	1.0	0.17
Metálico	0	1	X	2.0	0.33
Total				6.0	1.00

Fuente: (Andrade, 2015)

Realizado por: Los Autores

- **Aplicación**

Conforme al criterio definido como aplicación del tipo de material, se selecciona el de polietileno con mayor ponderación basados en la Tabla 11-3, usualmente es utilizado en edificaciones para almacenamientos de agua, brindando confiabilidad en su aplicación.

Tabla 11-3: Evaluación del criterio de aplicación del tipo de material

Criterio	Polietileno	Fibra de vidrio	Metal	$\Sigma+1$	Ponderado
Polietileno	X	1	1	3.0	0.50
Fibra de vidrio	0	X	0	1.0	0.17
Metal	0	1	X	2.0	0.33
Total				6.0	1.00

Fuente: (Andrade, 2015)

Realizado por: Los Autores

c) **Tabla de criterio**

Mediante la investigación y estudio de los materiales propuestos basados en su costo, peso, facilidad de adquisición, flexibilidad y aplicación, el material de tipo polietileno con una valoración de 0.3750, establecido en la Tabla 12-3 es el mejor material para utilizar en la aplicación para el reservorio de agua.

Tabla 12-3: Criterios ponderados del tipo de material

Criterios	Costo	Peso	Fácil de adquisición	Flexibilidad	Aplicación	$\Sigma+1$	Ponderado
Polietileno	0.150	0.150	0.085	0.085	0.030	1.500	0.3750
Fibra de vidrio	0.099	0.099	0.029	0.029	0.010	1.266	0.3165
Metal	0.051	0.051	0.056	0.056	0.020	1.234	0.3085
Total						4.000	1.0000

Fuente: (Andrade, 2015)

Realizado por: Los Autores

3.1.3 Selección del perfil estructural a usar en la construcción del remolque.

Las alternativas de selección del tipo de perfil estructural a usar en la construcción del remolque son:

- Tubo cuadrado
- Tubo rectangular
- Tubo redondo
- Perfil UPN
- Canal U

Para lo cual se realizará la valorización de criterios que permitan determinar el perfil estructural correspondiente para la construcción del equipo.

a) Criterios a ponderar

1. Costo
2. Peso
3. Facilidad de adquisición
4. Rigidez

Mediante la valoración de la Tabla 13-3 se establece el orden de los criterios a considerar:

$$1 = 2 > 3 > 4$$

Tabla 13-3: Valoración de los criterios a ponderar del perfil estructural

Criterio	Costo	Peso	Fácil de adquisición	Rigidez	$\Sigma+I$	Ponderado
Costo	X	0.5	1	1	3.5	0.35
Peso	0.5	X	1	1	3.5	0.35
Fácil de adquisición	0	0	X	1	2.0	0.20
Rigidez	0	0	0	X	1.0	0.10
Total					10.0	1.00

Fuente: (Andrade, 2015)

Realizado por: Los Autores

b) Evaluación de los criterios

- **Costos**

Los precios de los perfiles estructurales para la construcción del remolque en el mercado actual y mediante la Tabla 14-3 se establece que el tubo cuadrado y tubo redondo son los más económicos y el perfil UPN el de mayor costo.

Tabla 14-3: Evaluación del criterio de costos del tipo de perfil estructural

Criterio	T. cuadrado	T. rectangular	T. redondo	P. UPN	Canal U	$\Sigma+I$	Ponderado
T. cuadrado	X	1	0.5	1	1	4.5	0.30
T. rectangular	0	X	0	1	1	3.0	0.20
T. redondo	0.5	1	X	1	1	4.5	0.30
P. UPN	0	0	0	X	0	1.0	0.07
Canal U	0	0	0	1	X	2.0	0.13
Total						15.0	1.00

Fuente: (Andrade, 2015)

Realizado por: Los Autores

- **Peso**

Revisado el catálogo de IPAC Y DIPAC siendo líderes en el mercado de perfiles estructurales para la construcción del remolque entre otras aplicaciones y mediante la evaluación de la Tabla 15-3 se obtiene que los tubos cuadrados y redondos son los más livianos de la lista de criterios, siendo el perfil UPN el de mayor peso.

Tabla 15-3: Evaluación del criterio de pesos del tipo de perfil estructural

Criterio	T. cuadrado	T. rectangular	T. redondo	P. UPN	Canal U	$\Sigma+1$	Ponderado
T. cuadrado	X	1	0.5	1	1	4.5	0.30
T. rectangular	0	X	0	1	1	3.0	0.20
T. redondo	0.5	1	X	1	1	4.5	0.30
P. UPN	0	0	0	X	0	1.0	0.07
Canal U	0	0	0	1	X	2.0	0.13
	Total					15.0	1.00

Fuente: (Andrade, 2015)

Realizado por: Los Autores

- **Facilidad de adquisición**

En la Tabla 16-3 se analiza que, para la adquisición del tipo de perfil estructural en la construcción del remolque, los tubos cuadrados, redondos y rectangulares poseen una mayor facilidad de adquisición; siendo el perfil UPN y el canal en U materiales de difícil adquisición, encontrándose solamente en casas distribuidoras.

Tabla 16-3: Evaluación de facilidades de adquisición del perfil estructural

Criterio	T. cuadrado	T. rectangular	T. redondo	P. UPN	Canal U	$\Sigma+1$	Ponderado
T. cuadrado	X	0.5	0.5	1	1	4.0	0.266
T. rectangular	0.5	X	0.5	1	1	4.0	0.266
T. redondo	0.5	0.5	X	1	1	4.0	0.266
P. UPN	0	0	0	X	0.5	1.5	0.100
Canal U	0	0	0	0.5	X	1.5	0.100
	Total					15.0	1.000

Fuente: (Andrade, 2015)

Realizado por: Los Autores

- **Rigidez**

En los catálogos de perfiles estructurales se muestra la rigidez de cada material, y de acuerdo con la Tabla 17-3 se deduce que el perfil UPN es el más rígido de la lista respecto con el tubo redondo y el canal en U.

Tabla 17-3: Evaluación del criterio de rigidez del tipo de perfil estructural

Criterio	T. cuadrado	T. rectangular	T. redondo	P. UPN	Canal U	$\Sigma+1$	Ponderado
T. cuadrado	X	0.5	0.5	0	1	3.0	0.20
T. rectangular	0.5	X	0.5	0	1	3.0	0.20
T. redondo	0.5	0.5	X	0	0	2.0	0.13
P. UPN	1	1	1	X	1	5.0	0.34
Canal U	0	0	1	0	X	2.0	0.13
Total						15.0	1.00

Fuente: (Andrade, 2015)

Realizado por: Los Autores

c) **Tabla de criterios**

Tomando en cuenta los criterios de costo, peso, facilidad de adquisición y rigidez para la selección de perfil estructural, en la Tabla 18-3, se evalúa que el tubo cuadrado tiene la mejor puntuación de la lista con 0.214, siendo la mejor opción para la construcción del remolque.

Tabla 18-3: Criterios ponderados del tipo de perfil estructural.

Conclusiones	Costo	Peso	Fácil de adquisición	Rigidez	$\Sigma+1$	Ponderado
T. cuadrado	0.1050	0.1050	0.0532	0.020	1.284	0.214
T. rectangular	0.0700	0.0700	0.0532	0.020	1.213	0.202
T. redondo	0.1050	0.1050	0.0532	0.013	1.276	0.213
P. UPN	0.0245	0.0245	0.0200	0.034	1.103	0.184
Canal U	0.0455	0.0455	0.0200	0.013	1.124	0.187
Total					6.000	1.000

Fuente: (Andrade, 2015)

Realizado por: Los Autores

3.1.4 Selección del modelo de la estructura del remolque.

La selección del modelo inicia por la definición de las cargas, la cual se da en base a sus masas, según parámetros determinados como son:

- Cantidad prevista del tanque reservorio de agua = 500 litros
- Tanque de Polietileno
- Personas empleadas = 2 personas = 68.89 Kg c/u = P_p = 137.78 Kg. (Ecuadorec, 2019)

3.1.4.1 Masa del Tanque de polietileno

En la Figura 1-3 se representa el peso de los reservorios de polietileno de la marca plastigama, dado que no proporciona el peso del tanque de 500 litros, se realiza una relación entre capacidad y peso con el tanque de 2500 litros y se obtiene:



The figure shows two views of a blue polyethylene tank with dimensions labeled: D (diameter), B (width), L (length), H (height), and A (height to the top). To the right is a table with the following data:

CAPACIDAD	D	B	L	H	A	Peso	Peso con agua
LITROS	mm	mm	mm	mm	mm	kg	kg
500	800	-	1145	860	315	-	-
1300	1065	-	1635	1115	650	-	-
2500	1460	1220	1946	1550	550	98	2598
5000	1500	1254	3327	1580	550	176	5176

Figura 1-3. Especificaciones técnicas del tanque de polietileno

Fuente: (PLASTIGAMA, 2019)

El tanque con capacidad de 2500 litros es de 98 Kg, ¿el de 500 litros cuánto será?

$$m_{500} = \frac{500 \text{ lt} \times 98 \text{ Kg}}{2500 \text{ lt}} = 19.6 \text{ Kg}$$

Por lo que el tanque de Polietileno tendrá una masa de 19.6 Kg.

3.1.4.2 Masa originada por el Agua

La masa del agua se determina de la siguiente manera:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{Ec. (3-3)}$$

Donde:

- $\rho = 997 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$ (Densidad de agua)
- m = Masa
- V = volumen = 500 litros = 0.5 m³ (cantidad prevista)

De la ecuación Ec. (4-3) despejamos la masa, obteniendo:

$$m = \rho * V$$

$$m = 997 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 0.5 \text{ m}^3 = 498.5 \text{ Kg}$$

3.1.4.3 Masa originada de la estructura de la cubierta del tanque reservorio

En el software SolidWorks, se diseña la estructura del remolque y se obtiene la masa de la estructura generado para la cubierta del tanque reservorio siendo de 268.85 Kg. (ver Figura 2-3)

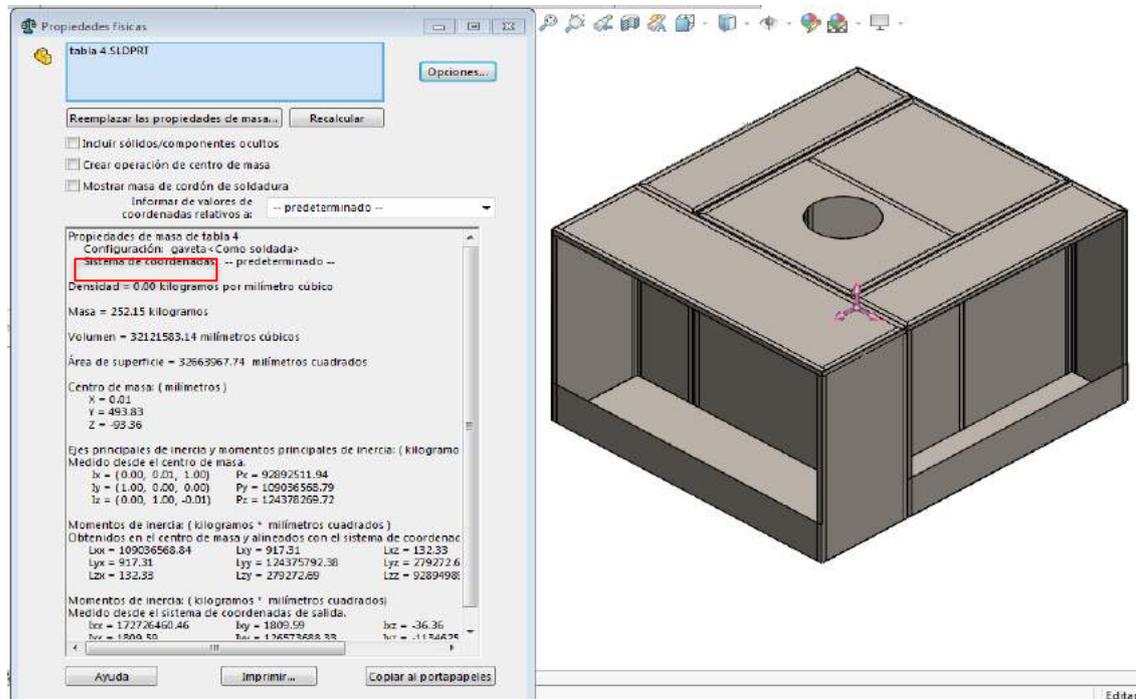


Figura 2-3. Estructura de la cubierta del tanque reservorio

Fuente: Los Autores

En la Tabla 19-3 se enlista las herramientas básicas que debe tener un equipo de primera respuesta para incendios forestales según CLIF (2015), y guiándose en catálogos se establece la masa unitaria y total de las herramientas a utilizarse.

Tabla 19-3: Masa de herramientas de trabajo

Descripción	Masa Unitaria	Masa Total
Picos (2)	3.37 Kg	6.75 Kg
Palas (2)	2.3 Kg	4.6 Kg
Batefuegos (2)	6.0 Kg	12.0 Kg
Extintor (2)	20.0 Kg	40.0 Kg
Mangueras 15 m y 7m	0.23 Kg	7.48 Kg
Herramientas generales	-	17.74 Kg
Total		88.57 Kg

Fuente: Los autores

La Tabla 20-3 proporciona la masa total de la estructura de la cubierta del tanque reservorio y las herramientas de trabajo, obteniendo:

Tabla 20-3: Masa de la Estructura del Tanque Reservorio

Descripción	Valor unitario	Valor Total
Estructura de la cubierta del tanque reservorio	268.5 Kg	268.85 Kg
Herramientas de trabajo	88.57 Kg	88.57 Kg
Total		357.42 Kg

Fuente: Los autores

3.1.4.4 Carga total a soportar por la estructura

Para realizar el diseño de la estructura se define en función de los pesos a soportar, en la Tabla 21-3 se obtiene la masa total y en la ecuación Ec. 5-3 se determinan el peso total a soportar por el chasis del remolque, de la siguiente manera:

Tabla 21-3: Masa de la Estructura del Tanque Reservorio

Descripción	Valor unitario	Valor Total
2 personas promedio	68.89 Kg	137.78 Kg
Tanque Polietileno	19.6 Kg	19.60 Kg
Agua	498.5 Kg	498.50 Kg
Estructura del Tanque Reservorio	357.42 Kg	357.42 Kg
Total		1013.30 Kg

Fuente: Los autores

$$P = m * g \quad \text{Ec. (6-3)}$$

Donde:

- P = Peso
- m = Masa = 1013.30 Kg
- g = Gravedad = 9.8 m/seg².

$$P = 1013.30 \text{ Kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2} = 9930.34 \text{ N}$$

Con el resultado obtenido del peso a soportar por la estructura del remolque, se plantea tres alternativas de diseño de chasis (ver Figura 3-3), en donde la configuración de los perfiles y con la ayuda del software SolidWorks se podrá evidenciar la mejor alternativa que brinde un alto nivel de resistencia mediante sus respectivos análisis de diseño.

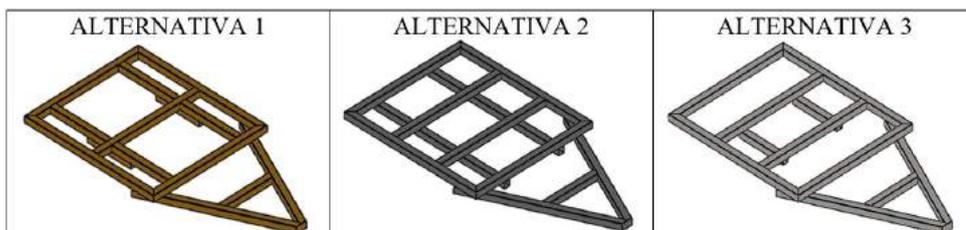


Figura 3-3. Alternativas de diseño de chasis

Fuente: Los Autores

3.1.4.5 Dimensionamiento de las alternativas

- Alternativa 1

Es una estructura compuesta por una base cuadrada acoplada con 2 vigas longitudinales y una 1 viga transversal como se muestra en la Figura 4-3.

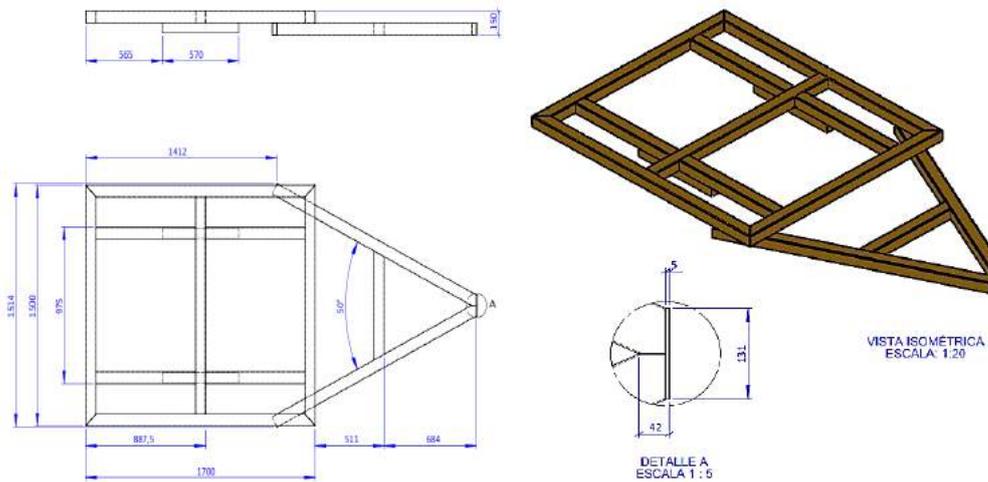


Figura 4-3. Dimensiones de Alternativa I

Fuente: Los Autores

- Alternativa 2

Esta estructura de base cuadrada está compuesta de 2 vigas longitudinales y 2 vigas transversales colocadas de manera equidistante como se muestra en la Figura 5-3.

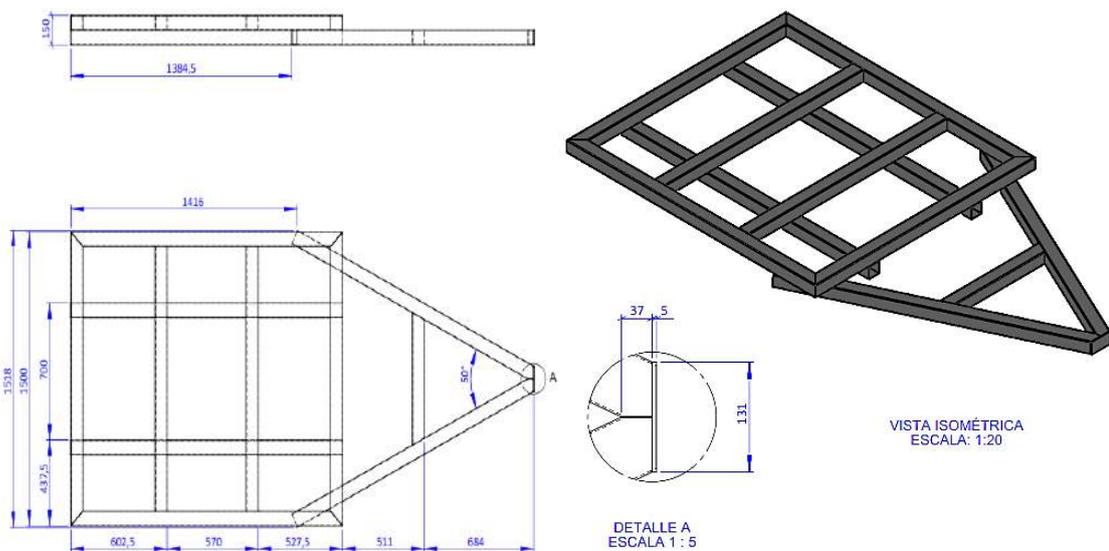


Figura 5-3. Dimensiones de Alternativa II

Fuente: Los Autores

- Alternativa 3

Esta estructura de base cuadrada comprende 2 vigas longitudinales acompañado de 2 vigas transversales que las refuerza. (ver Figura 6-3).

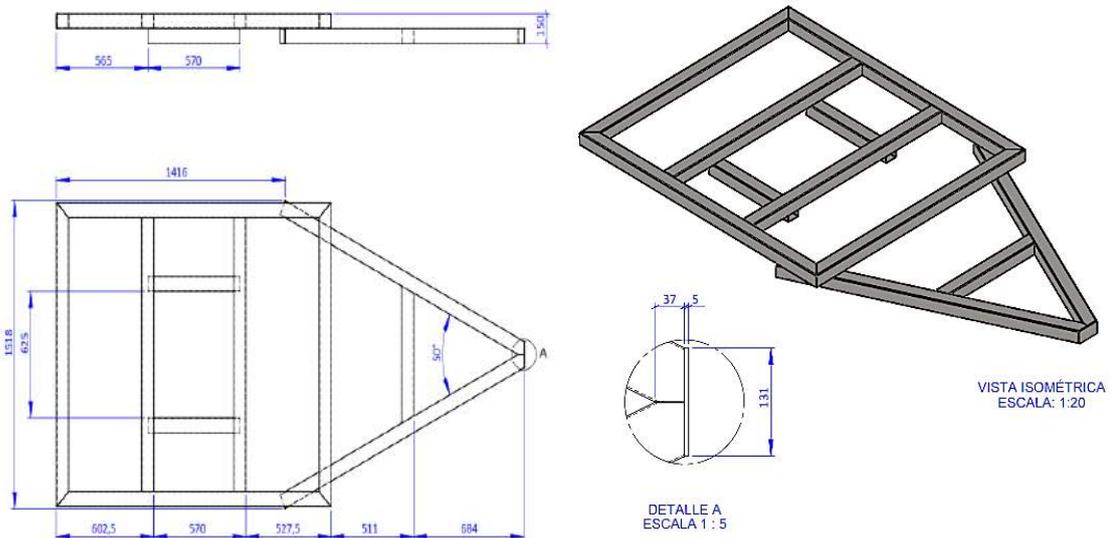


Figura 6-3. Dimensiones de Alternativa III

Fuente: Los Autores

Análisis de alternativas

- Diseñado las tres alternativas plantadas como se muestra en la Figura 7-3 se realiza un análisis estático a cada una de ellas.

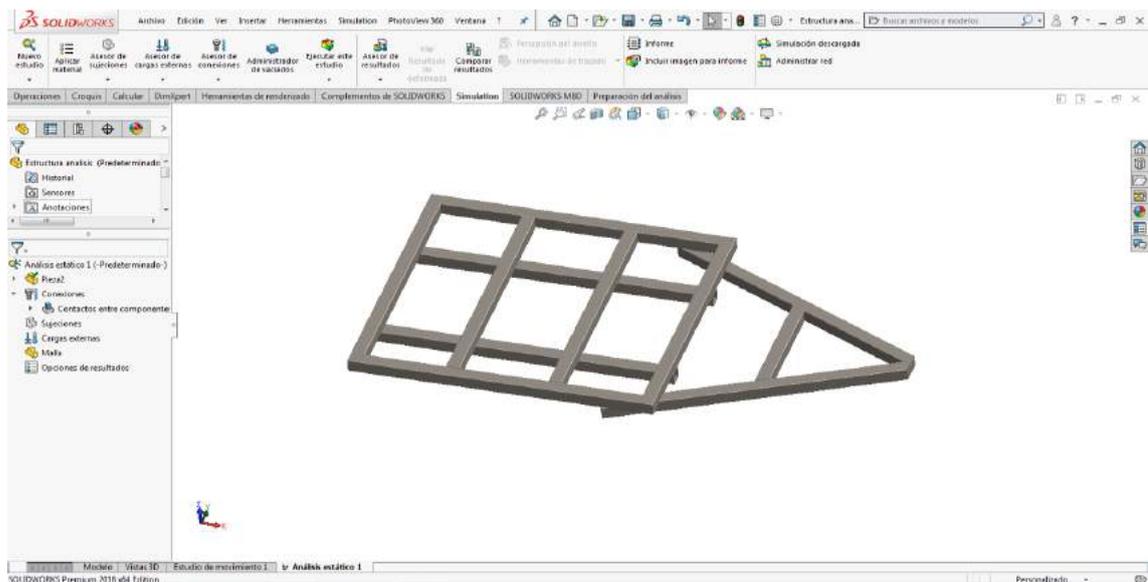


Figura 7-3. Diseño de alternativas en SolidWorks.

Fuente: Los Autores

- La valoración de las 3 alternativas ayuda a determinar los parámetros de contorno, como es la sujeción de geometría fija y la ubicación de fuerzas en la sección posterior es de 9930.34 N, en la parte inclinada de 604.317 N la cual es la carga originada por el asiento y conductor, así como la carga al final de la estructura inclinada de 68 N, evidenciado en la Figura 8-3.

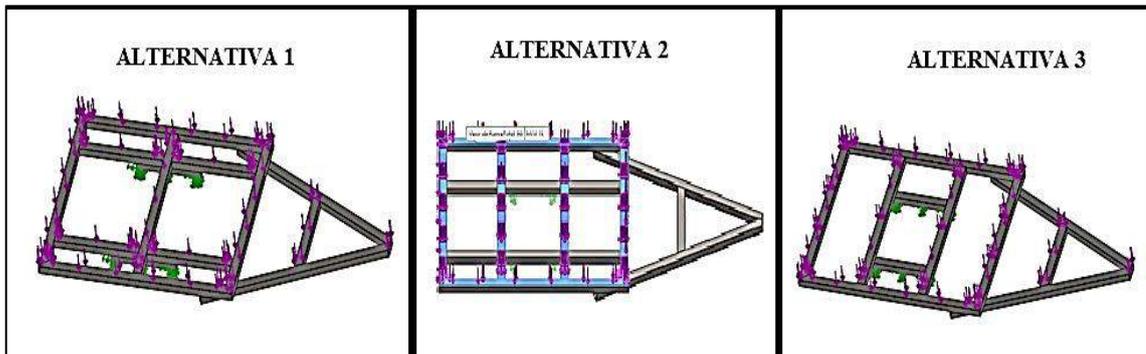


Figura 8-3. Aplicación de fuerzas en las 3 alternativas.

Fuente: Los Autores

- En la Figura 9-3 se realiza el mallado a las 3 alternativas propuestas con un máximo de 50 mm y mínimo de 10 mm en los elementos del mallado de la estructura.

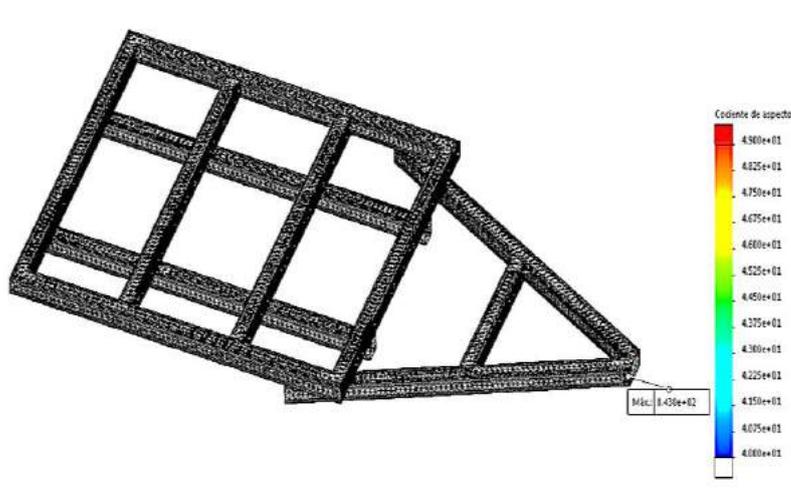


Figura 9-3. Mallado de las estructuras en las 3 alternativas.

Fuente: Los Autores

- Las tensiones, según indica VON Mises, se distingue que la zona donde se origina mayor tensión es de color verdoso según el código de colores, como se observa en la Figura 10-3 de la alternativa 1, Figura 11-3 de la alternativa 2 y Figura 12-3 de la alternativa 3, en las vigas laterales, intermedias y longitudinales.

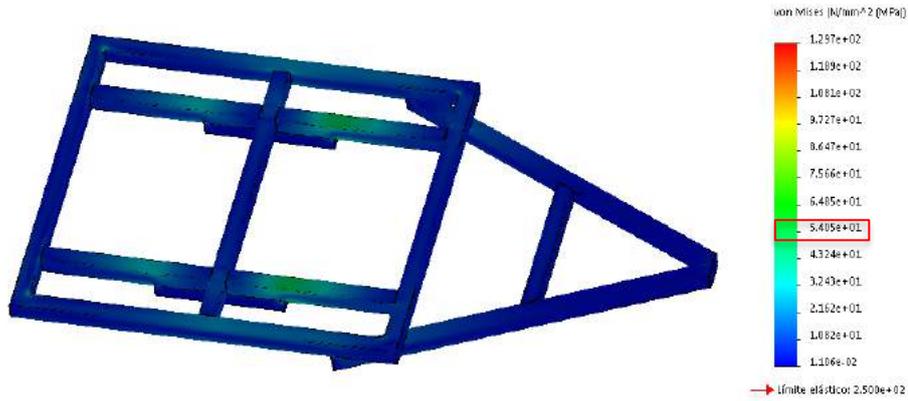


Figura 10-3. Análisis de Tensiones de la estructura. Alternativa 1.
Fuente: Los Autores

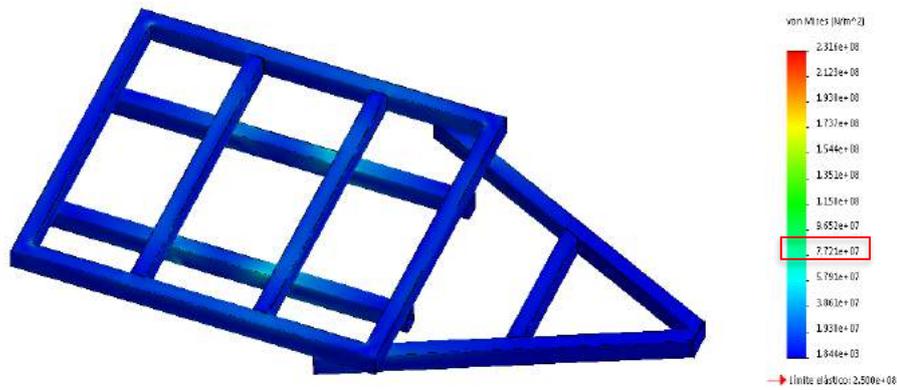


Figura 11-3. Análisis de Tensiones de la estructura. Alternativa 2.
Fuente: Los Autores

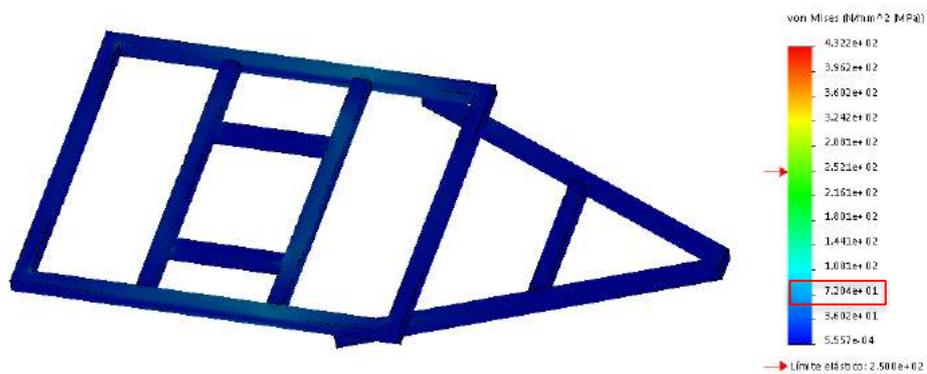


Figura 12-3. Análisis de Tensiones de la estructura. Alternativa 3.
Fuente: Los Autores

- En el análisis de desplazamiento de las alternativas, con el software SolidWorks como se muestra en la Figura 13-3 de la alternativa 1, Figura 14-3 de la alternativa 2 y Figura 15-3 de la alternativa 3, se evalúa la deformación máxima.

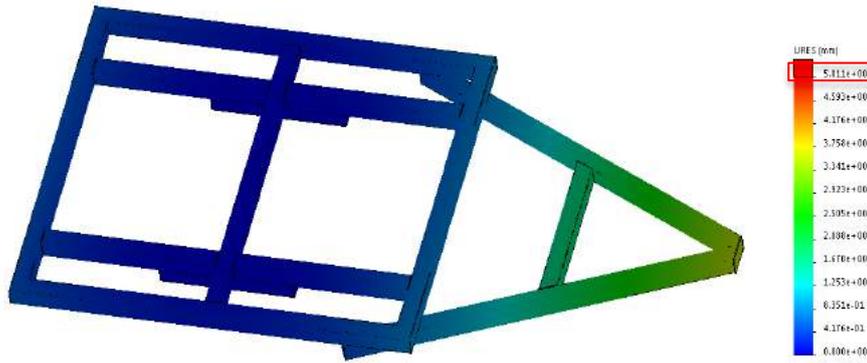


Figura 13-3. Análisis de Desplazamiento de la estructura. Alternativa 1.
Fuente: Los Autores

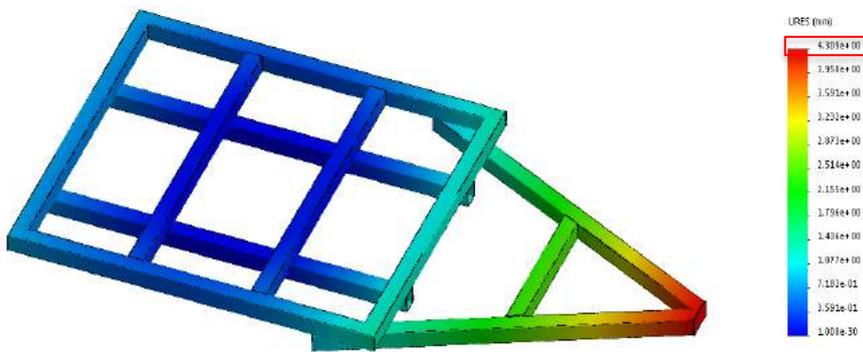


Figura 14-3. Análisis de Desplazamiento de la estructura. Alternativa 2.
Fuente: Los Autores

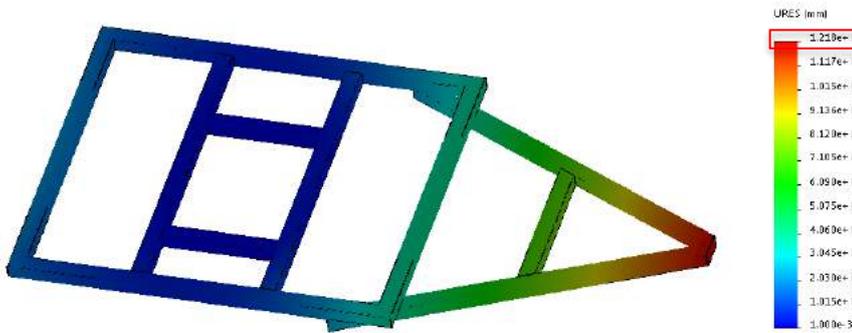


Figura 15-3. Análisis de Desplazamiento de la estructura. Alternativa 3.
Fuente: Los Autores

- El factor de seguridad (FDS) ilustrado en la Figura 16-3 de la alternativa 1, Figura 17-3 de la alternativa 2 y Figura 18-3 de la alternativa 3, se indica el mínimo resultante de las alternativas evaluadas, según Mott (2006), recomienda que el FDS debe estar entre 1.25 a 2, el cual es útil para diseños de estructuras bajo cargas estáticas, con alto grado de confianza en todos los datos del diseño.

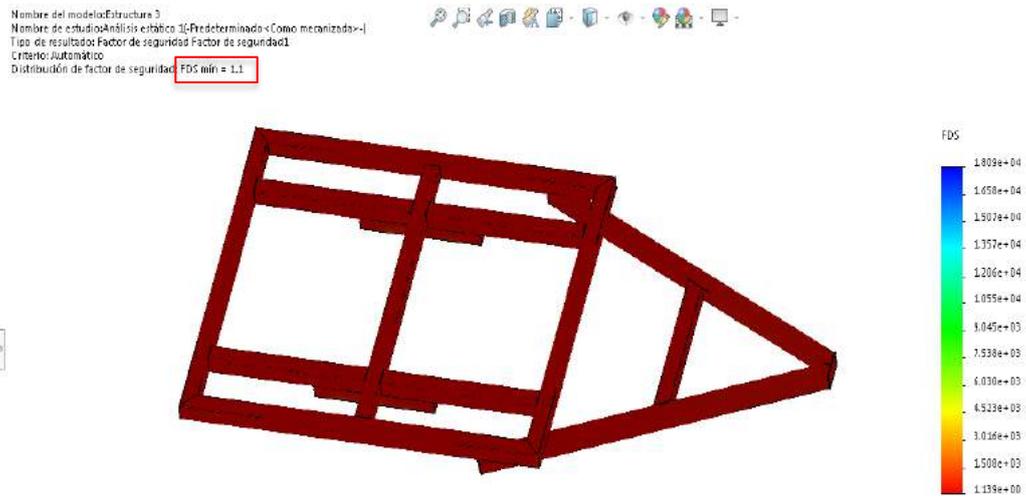


Figura 16-3. Análisis del Factor de Seguridad de la estructura. Alternativa 1.
Fuente: Los Autores

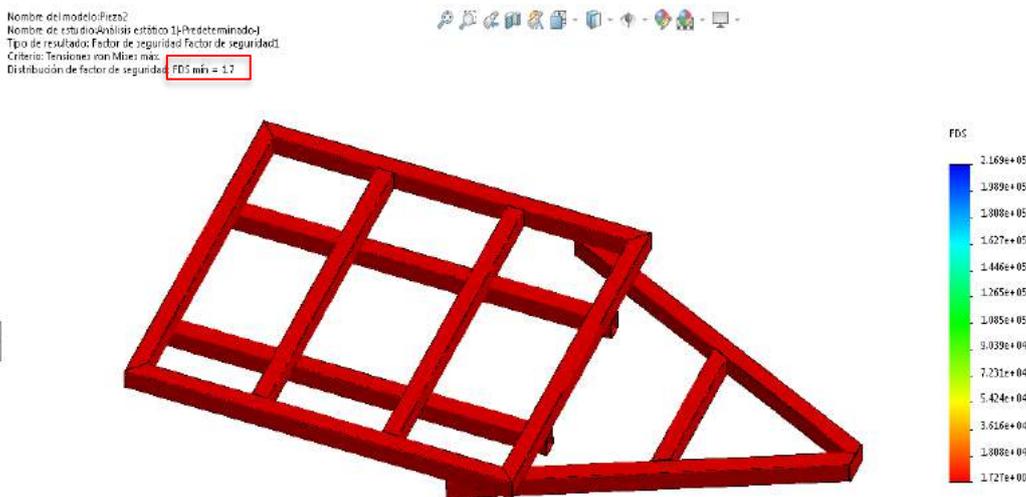


Figura 17-3. Análisis del Factor de Seguridad de la estructura. Alternativa 2.
Fuente: Los Autores

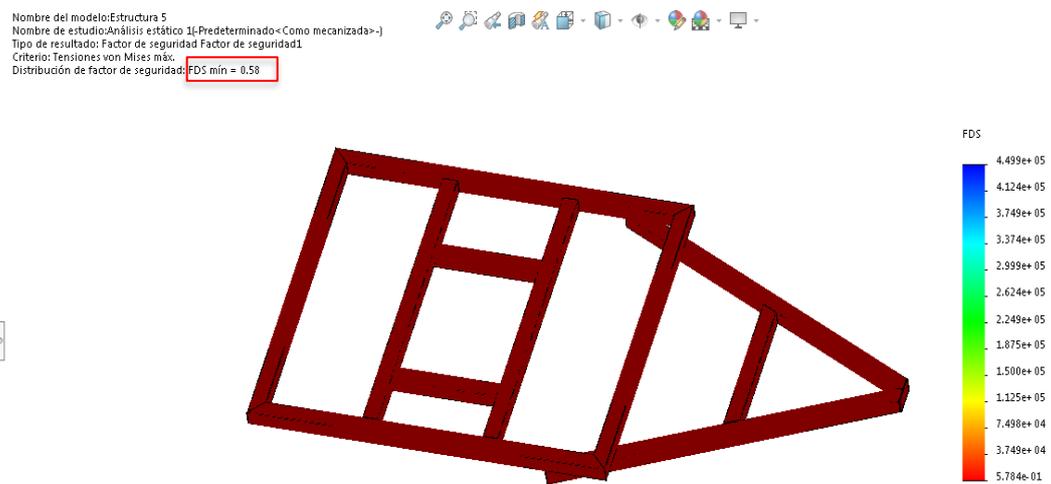


Figura 18-3. Análisis del Factor de Seguridad de la estructura. Alternativa 3.
Fuente: Los Autores

Resultado de alternativas.

De acuerdo con el análisis estático realizado a cada una de las alternativas propuestas se obtienen los siguientes resultados. (ver Tabla 22-3).

Tabla 22-3: Resultado de análisis de alternativas.

Alternativas propuestas	Peso (kg)	Tensión (MPa)	Deformación (mm)	Factor de seguridad
Alternativa 1.	100.86	54.05	5.011	1.1
Alternativa 2.	72.99	38.61	4.309	1.7
Alternativa 3.	62.8	72.04	12.18	0.58

Fuente: (Andrade, 2015)

Realizado por: Los Autores

Realizado el estudio a las alternativas planteadas, se realiza el método ordinal de Andrade (2015), como se detalla en la Tabla 1-3.

a) Criterios a ponderar

1. Peso
2. Factor de seguridad
3. Deformación
4. Tensión
5. Rigidez
6. Fácil ensamblaje y montaje

La Tabla 23-3, permite jerarquizar cada criterio de acuerdo con su respectiva valoración.

Tabla 23-3: Valoración de los criterios a ponderar del modelo de la estructura

Criterio	Peso	Factor de seguridad	Deformación	Tensión	Rigidez	Fácil montaje	$\sum+1$	Ponderado
Peso	X	0.5	1	1	1	1	5.5	0.26
Factor de seguridad	0.5	X	1	1	1	1	5.5	0.26
Deformación	0	0	X	1	1	1	4.0	0.20
Tensión	0	0	0	X	1	1	3.0	0.14
Rigidez	0	0	0	0	X	1	2.0	0.09
Fácil montaje	0	0	0	0	0	X	1.0	0.05
			Total				21.0	1.00

Fuente: (Andrade, 2015)

Realizado por: Los Autores

Jerarquizando se tiene que

$$1 = 2 > 3 > 4 > 5 > 6$$

b) Evaluación de los criterios

- Peso

Basándose en los diseños propuestos, mediante el software SolidWorks, realizando la ponderación de la Tabla 24-3 y con los resultados de la Tabla 22-3 donde se indica el peso de las estructuras, la alternativa 3 con 62.8 Kg, es la más liviana respecto a la alternativa 2 con 72.99 Kg y la alternativa 1 con 100.86 Kg.

Tabla 24-3: Evaluación del criterio del peso del modelo de la estructura

Criterio	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	$\Sigma+1$	Ponderado
Alt.1	X	0	0	1.0	0.17
Alt. 2	1	X	0	2.0	0.33
Alt. 3	1	1	X	3.0	0.50
Total				6.0	1.00

Fuente: (Andrade, 2015)

Realizado por: Los Autores

- Factor de seguridad

En la ponderación de la Tabla 25-3, realizado los respectivos estudios a cada alternativa, la alternativa 2 del modelo de la estructura, proporciona un FDS de 1.7, mientras que la alternativa 1 de 1.1 y la alternativa 3 es 0.58, es la alternativa 2 la más adecuada.

Tabla 25-3: Evaluación del criterio del factor de seguridad del modelo de la estructura

Criterio	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	$\Sigma+1$	Ponderado
Alt.1	X	0	1	2.0	0.33
Alt. 2	1	X	1	3.0	0.50
Alt. 3	0	0	X	1.0	0.17
Total				6.0	1.00

Fuente: (Andrade, 2015)

Realizado por: Los Autores

- Deformación

Analizado los datos de deformación de las alternativas propuestas de la Tabla 22-3 y realizado la ponderación de las alternativas (Tabla 26-3), la alternativa 2 del modelo de la estructura tiene una ponderación superior con un desplazamiento máximo de 4.309 mm, mientras que las otras alternativas 1 y 3 tienen 5.011 mm y 12.18 mm respectivamente.

Tabla 26-3: Evaluación del criterio de la deformación del modelo de la estructura

Criterio	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	$\Sigma+1$	Ponderado
Alt.1	X	0	1	2.0	0.33
Alt. 2	1	X	1	3.0	0.50
Alt. 3	0	0	X	1.0	0.17
Total				6.0	1.00

Fuente: (Andrade, 2015)

Realizado por: Los Autores

- **Tensión**

Con los datos obtenidos del análisis de las alternativas en SolidWorks, realizando la ponderación respectiva de la Tabla 27-3, la alternativa 2 del modelo de la estructura, posee una ponderación superior con una tensión menor de 38.61MPa respecto a la alternativa 1 con 54.05MPa y a la alternativa 3 con 72.04 MPa.

Tabla 27-3: Evaluación del criterio de la tensión del modelo de la estructura

Criterio	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	$\Sigma+1$	Ponderado
Alt.1	X	0	1	2.0	0.33
Alt. 2	1	X	1	3.0	0.50
Alt. 3	0	0	X	1.0	0.17
Total				6.0	1.00

Fuente: (Andrade, 2015)

Realizado por: Los Autores

- **Rigidez**

En la Tabla 28-3 se evidencia que la alternativa 2, es la más apropiada por tener una ponderación superior que las otras alternativas, considerando los resultados del análisis realizado mediante el software SolidWorks.

Tabla 28-3: Evaluación del criterio de rigidez del modelo de la estructura

Criterio	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	$\Sigma+1$	Ponderado
Alt.1	X	0	0	1.0	0.17
Alt. 2	1	X	1	3.0	0.50
Alt. 3	1	0	X	2.0	0.33
Total				6.0	1.00

Fuente: (Andrade, 2015)

Realizado por: Los Autores

- **Fácil ensamblaje y montaje**

Realizado la ponderación de la Tabla 29-3 para el ensamblaje y montaje de tubería estructural de las alternativas propuestas, se define que tienen el mismo grado de dificultad debido a que conllevan el mismo proceso de ensamblaje y montaje.

Tabla 29-3: Evaluación del criterio de ensamblaje y montaje de los elementos

Criterio	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	$\Sigma+1$	Ponderado
Alt.1	X	0.5	0.5	2.0	0.333
Alt. 2	0.5	X	0.5	2.0	0.333
Alt. 3	0.5	0.5	X	2.0	0.333
Total				6.0	1.000

Fuente: (Andrade, 2015)

Realizado por: Los Autores

c) Tabla de criterios

Realizado el estudio de factor de seguridad, deformación, tensión, rigidez y fácil montaje, en la Tabla 30-3 se establece que la alternativa 2 es la mejor opción de diseño para el chasis del remolque en comparación a la alternativa 1 y la alternativa 3.

Tabla 30-3: Criterios ponderados del modelo según la estructura

Criterios	Peso	FDS	Deformación	Tensión	Rigidez	Fácil montaje	$\Sigma+1$	Ponderado
Alt.1	0.0442	0.0858	0.066	0.0462	0.0154	0.0166	1.2742	0.31855
Alt. 2	0.0858	0.1300	0.100	0.0700	0.0450	0.0166	1.4474	0.36185
Alt. 3	0.130	0.0442	0.034	0.0238	0.0298	0.0166	1.2784	0.31960
Total							4.0000	1.00000

Fuente: (Andrade, 2015)

Realizado por: Los Autores

3.1.5 Diseño de la estructura de remolque lado posterior

Seleccionado el diseño de chasis de la alternativa 2 como se aprecia en la Figura 19-3, se procede a el análisis para selección de la viga longitudinal, transversal e inclinada.

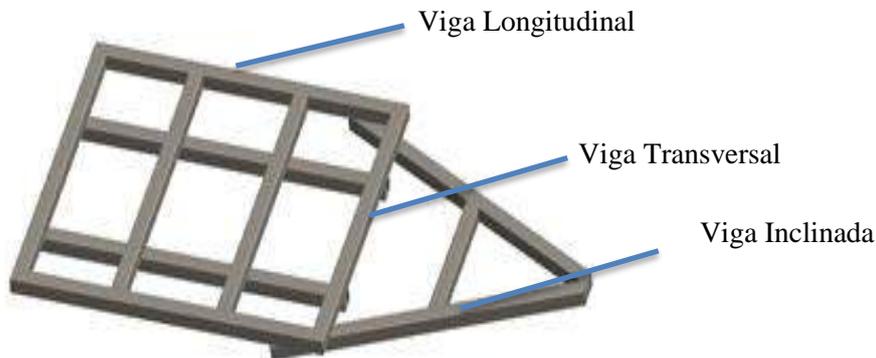


Figura 19-3. Estructura de la parte posterior del remolque, alternativa 2

Fuente: Los Autores

3.1.5.1 Selección de la viga longitudinal

Para elegir la viga longitudinal inicialmente se selecciona los siguientes requerimientos que son:

- Carga total a aplicar: $Q_T = 9930.34 \text{ N}$
- Factor de diseño = 3 (Recomendado por Mott (2006), para diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas)
- Carga Total aplicar = $9930.34 \text{ N} \times 3 = 29791.02 \text{ N}$
- Como son dos vigas laterales se divide el peso total para 2 dando como resultado de 14895.51 N
- Longitud: $1700 \text{ mm} = 170 \text{ cm}$
- Límite de fluencia del acero ASTM A36: $F_y = 2530 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} = 36 \text{ kpsi}$
- Carga distribuida = $87.62 \text{ N/cm} = 8.935 \text{ Kg/cm}$ (ver Figura 20-3)

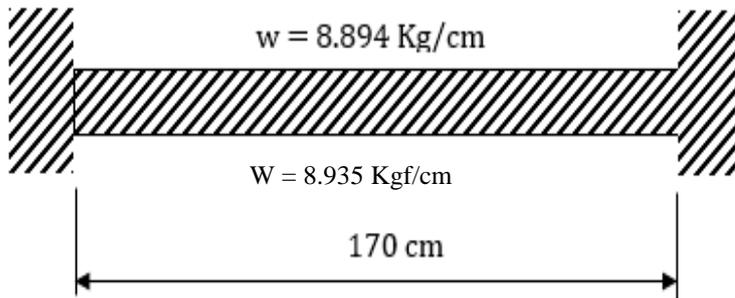


Figura 20-3. Diagrama de cuerpo libre en la viga longitudinal

Fuente: (Budynas, y otros, 2008)

Calculado la carga distribuida (w), se determina el Momento (M) a través de la ecuación Ec. (7-3).

$$M_1 = M_2 = \frac{wl^2}{12} \quad \text{Ec. (8-3)}$$

Dónde:

- M = Momento
- w = carga distribuida = 8.935 Kg/cm
- L = longitud de la viga = 170 cm

$$M = \frac{wl^2}{2} = \frac{8.935 \frac{Kg}{cm} \times (85 \text{ cm})^2}{2} = 32277.7 \text{ Kg} - \text{cm}$$

Determinado el momento, se define el módulo de sección (S_x)

$$S_x = \frac{M}{F_y} \quad \text{Ec. (9-3)}$$

Dónde:

- S_x = Módulo de sección
- M = Momento = 32277.7 Kg - cm
- F_y = Límite de fluencia del acero ASTM A36: $F_y = 2530 \frac{Kg}{cm^2} = 36 \text{ kpsi}$

$$S_x = \frac{M}{F_y} = \frac{32277.7 \text{ Kg} - \text{cm}}{2530 \frac{Kg}{cm^2}} = 12.76 \text{ cm}^3$$

En base al módulo de sección (S_x), del ANEXO A (selección de tubo) se selecciona tubo cuadrado de 75 x 75 x 2, sus especificaciones son:

- Tubo cuadrado = 75 x 75 x 2
- $e = 2 \text{ mm}$
- Área $A_g = 5.74 \text{ cm}^2$
- Radio de giro $r_y = 2.97 \text{ mm}$
- $S_x = 13.46 \text{ cm}^3$

Se comprueba la validez del módulo de sección de los datos obtenidos y con los datos de la Figura del ANEXO A.

$$WT = 8.935 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}} + 4.52 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} \times \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \times 1.7 = 9.012 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}}$$

$$M = \frac{wx^2}{2} = \frac{9.012 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}} \times (85 \text{ cm})^2}{2} = 32555.85 \text{ Kg} - \text{cm}$$

$$S_{req.} = \frac{M}{F_y} = \frac{32555.85 \text{ Kg-cm}}{2530 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}} = 12.87 \text{ cm}^3$$

$$S_{req.} < S_{Tabl.}$$

$$12.87 \text{ cm}^3 < 13.46 \text{ cm}^3 \quad \text{OK}$$

El módulo de sección requerido es menor al tabulado del ANEXO A, se da como válido la selección tubo rectangular de 75 x 75 x 2 mm

3.1.5.2 Selección de la viga transversal

Para elegir la viga transversal se seleccionan los siguientes requerimientos que son:

- Carga total a aplicar: $Q_T = 9930.34 \text{ N}$
- Factor de diseño = 3 (Recomendado por Mott (2006), para diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas)
- Carga Total aplicar = $9930.34 \text{ N} \times 3$ del factor de diseño dando 29791.02 N
- Como son dos vigas laterales se divide el peso total para 2, dando 14895.51 N
- Longitud: $1500 \text{ mm} = 150 \text{ cm}$
- Límite de fluencia del acero ASTM A36: $F_y = 2530 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} = 36 \text{ kpsi}$
- Carga distribuida = $99.3034 \text{ N/cm} = 10.13 \text{ Kg/cm}$

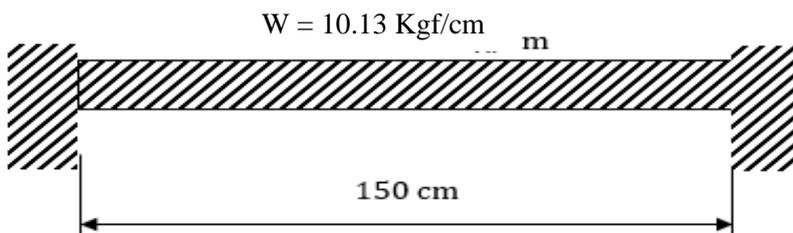


Figura 21-3. Diagrama de cuerpo libre en la viga transversal

Fuente: (Budynas, y otros, 2008)

Se aplica los datos y se determina el Momento (M).

$$M_1 = M_2 = \frac{wl^2}{12}$$

Dónde:

- M = Momento
- w = carga distribuida = 10.13 Kg/cm
- L = longitud de la viga = 150 cm

$$M = \frac{wx^2}{2} = \frac{10.13 \frac{Kgf}{cm} x (75cm)^2}{2} = 28490.625 Kgf - cm$$

Determinado el momento se define el módulo de sección (S_x):

$$S_x = \frac{M}{F_y}$$

Dónde:

- S_x = Módulo de sección
- M = Momento = 28490.625 Kgf - cm
- F_y = Límite de fluencia del acero ASTM A36: F_y = 2530 $\frac{Kg}{cm^2}$ = 36 kpsi

$$S_x = \frac{M}{F_y} = \frac{28490.625 Kgf - cm}{2530 \frac{Kg}{cm^2}} = 11.3 cm^3$$

En base al módulo de sección (S_x), y facilidad de adquisición según la Tabla del ANEXO A se selecciona.

- Tubo cuadrado = 75 x 75 x 2
- e = 2mm
- Área Ag = 5.74 cm²
- Radio de giro r_y = 2.97 mm
- S_x = 13.46 cm³

Se comprueba la validez de la siguiente manera.

$$WT = 10.13 \frac{Kg}{cm} + 4.52 \frac{Kg}{m} x \frac{1 m}{100 cm} x 1.5 = 10.2 \frac{Kg}{cm}$$

$$M = \frac{wx^2}{2} = \frac{10.2 \frac{Kg}{cm} x (75 cm)^2}{2} = 28687.5 Kg - cm$$

$$S_{req.} = \frac{M}{F_y} = \frac{28687.5 Kg - cm}{2530 \frac{Kg}{cm^2}} = 11.34 m^3$$

$$S_{req.} < S_{Tabl.}$$

$$11.34 \text{ cm}^3 < 13.46 \text{ cm}^3 \quad \text{OK}$$

Como el módulo de sección requerido es menor al tabulado, se da como válido la selección tubo cuadrado de 75 x 75 x 2 mm

3.1.6 Diseño de la estructura del remolque lado frontal

Realizado el diseño del lado frontal del remolque como se muestra en la Figura 22-3 y la aplicación de fuerzas (ver Figura 23-3) permite el análisis para la selección del material de la viga inclinada.

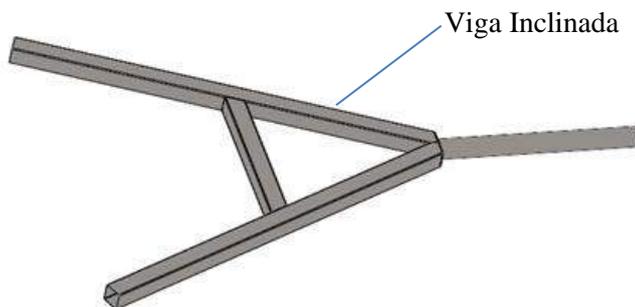


Figura 22-3. Estructura lado frontal del remolque

Fuente: Los autores

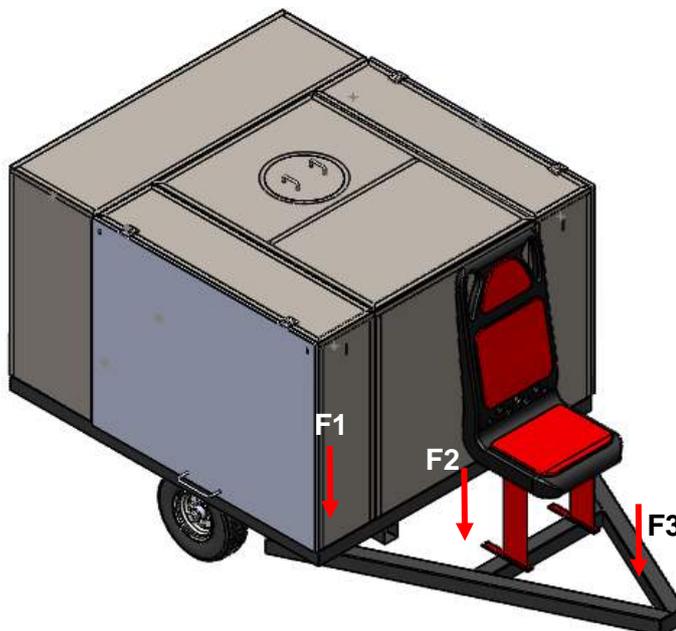


Figura 23-3. Aplicación de fuerzas

Fuente: Los autores

F1 = Fuerza Inicial

- Carga total a aplicar: $Q_T = 9930.34 \text{ N}$
- Factor de diseño = 3 (Recomendado por Mott (2006), para diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas)

- Carga Total aplicar = 9930.34 N x 3 dando 29791.02 N
- Como son seis vigas del lado posterior del remolque se divide el peso total para 6, obteniendo 4965.17 N
- Como se tiene dos vigas inclinadas, se divide el peso originado para 2 obteniendo 2482.585 N

Por lo que:

$$F1 = 2482.585 \text{ N} = 2.48 \text{ KN}$$

F2 = Fuerza Promedio

- Masa de una persona = 68.89 Kg (Ecuadotec, 2019)
- Masa del asiento del conductor = 54.44 Kg (Figura 24-3)
- Masa Total = 123.33 Kg
- Como son dos vigas inclinadas se divide para 2 teniendo 61.665 Kg

Por lo que la carga sería de:

$$P = m \cdot g = 61.665 \text{ Kg} \cdot 9.8 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2} = 604.317 \text{ N}$$

$$F2 = 0.604 \text{ KN}$$

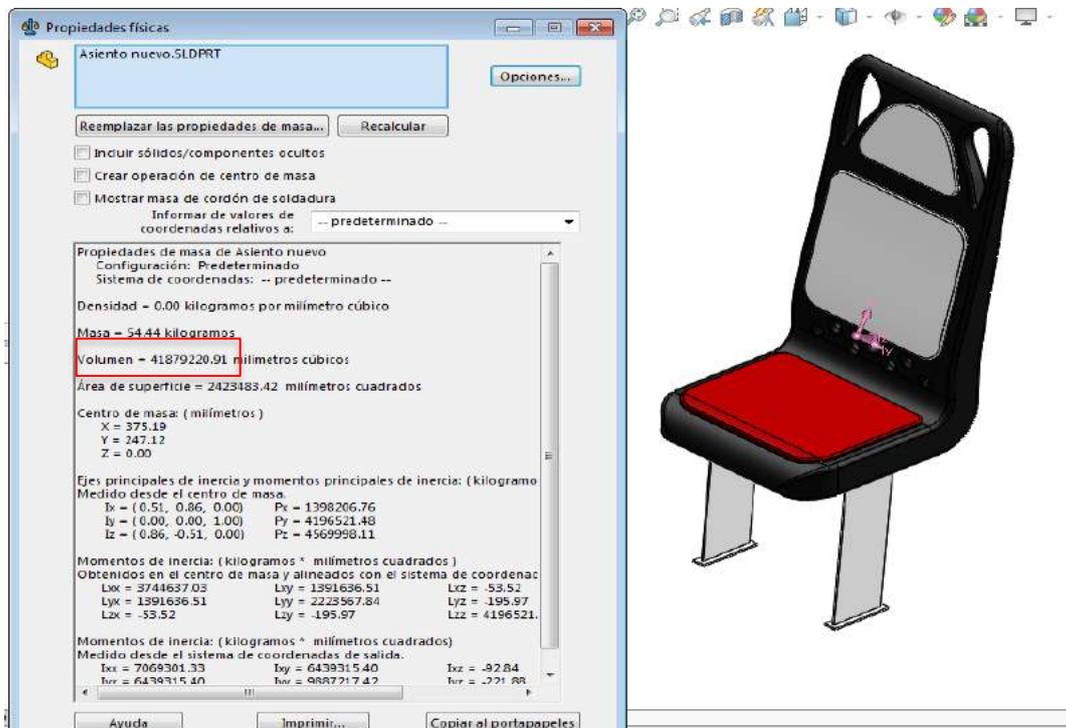


Figura 24-3. Masa del asiento

Fuente: Los autores

F3 = Fuerza Final

- Fuerza originada por el tubo cuadrado = 8.62 Kgf/m x 0.8 m

$$F3 = 6.896 \text{ Kgf} = F3 = 0.068 \text{ KN}$$

3.1.6.1 Validación del material seleccionado de la viga inclinada

Para validar el material útil de la viga inclinada selecciona los siguientes requerimientos que son:

- F1 = 2.48 KN
- F2 = 0.604 KN
- F3 = 0.068 KN
- Longitud: 1630 mm
- Límite de fluencia del acero ASTM A36: $F_y = 2530 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} = 36 \text{ kpsi}$

En la Figura 25-3 mediante el software SolidWorks se realiza un estudio de diagrama de momentos de una viga inclinada por la razón que las dos vigas tienen la misma carga a soportar.

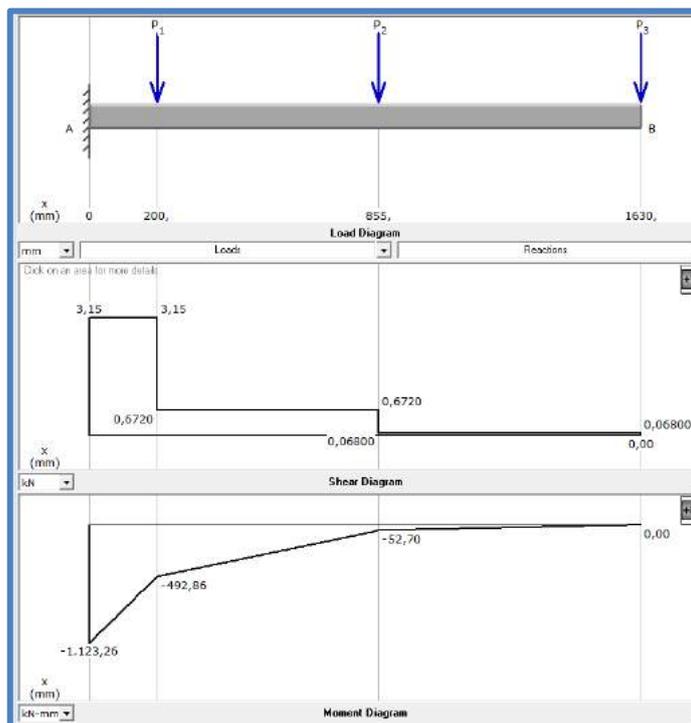


Figura 25-3. Diagrama de momentos

Fuente: Los autores

$$\text{El Momento M\u00e1ximo} = 1123.26 \text{ KN} - \text{mm} * \frac{101.972 \text{ Kgf}}{1 \text{ KN}} * \frac{1 \text{ cm}}{10 \text{ mm}} = 11454.11 \text{ Kgf} - \text{cm}$$

Determinado el momento m\u00e1ximo se define el m\u00f3dulo de secci\u00f3n (S_x):

$$S_x = \frac{M}{F_y}$$

Dónde:

- S_x = Módulo de sección
- M = Momento = $11454.11 \text{ Kg} - \text{cm}$
- F_y = Límite de fluencia del acero ASTM A36: $F_y = 2530 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} = 36 \text{ kpsi}$

$$S_x = \frac{M}{F_y} = \frac{11454.11 \text{ Kg} - \text{cm}}{2530 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}} = 4.53 \text{ cm}^3$$

En base al módulo de sección (S_x), y facilidad de adquisición de la Figura del ANEXO A se selecciona:

- Tubo cuadrado: $75 \times 75 \times 2$
- $e = 2 \text{ mm}$
- Área $A_g = 5.74 \text{ cm}^2$
- Radio de giro $r_y = 2.97 \text{ mm}$
- $S_x = 13.46 \text{ cm}^3$

Se comprueba la validez, realizando el diagrama de momentos (Figura 26-3) de la siguiente manera.

- Carga del material: $4.53 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} \times 1.630 \text{ m} = 7.384 \text{ Kg} = F_4 = 0.0724 \text{ KN}$
- $F_1 = 2.48 \text{ KN}$
- $F_2 = 0.604 \text{ KN}$
- $F_3 = 0.068 \text{ KN}$

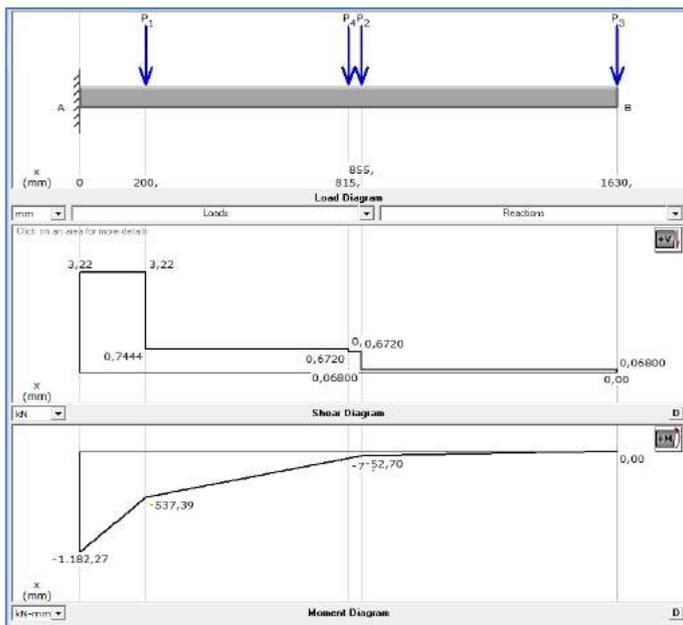


Figura 26-3. Diagrama de momentos de comprobación
Fuente: Los autores

El Momento Máximo = $1182.27 \text{ KN mm} * \frac{101.972 \text{ Kgf}}{1 \text{ KN}} * \frac{1 \text{ cm}}{10 \text{ mm}} = 12055.84 \text{ Kgf cm}$

$$S_{req.} = \frac{M}{F_y} = \frac{12055.84 \text{ Kgf.cm}}{2530 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}} = 4.8 \text{ cm}^3$$

$$S_{req.} < S_{Tabl.}$$

$$4.8 \text{ cm}^3 < 13.46 \text{ cm}^3$$

Como el módulo de sección requerido es menor al valor tabulado del ANEXO A, se da como válido la selección de tubo cuadrado de 75 x 75 x 2 mm.

3.2 Sistema de transmisión de bombeo.

Aprovechando la transmisión de la polea del motor, se realiza los cálculos para determinar el diámetro y el número de poleas para que la bomba se beneficie de las revoluciones del motor tomando en cuenta la revolución mínima de trabajo de la bomba.

3.2.1 Diseño de eje de ajuste

Realizado el diseño del eje en SolidWorks (Figura 27-3), se realiza los cálculos de la siguiente manera:



Figura 27-3. Modelado del eje de ajuste

Fuente: Los autores

Se calcula el torque a soportar del eje, mediante la ecuación Ec 10-3:

$$T = \frac{9950 * P}{N} \quad \text{Ec. (11-3)}$$

Donde:

- T = Torque
- P = Potencia = 16 HP = 11931.2 Watts = 11.9312 KW
- N = 3000 rpm

$$T = \frac{9950 * 11.9312}{3000} = 39.57 \text{ Nm}$$

Se define la Carga Crítica:

$$Fb = \frac{T}{4 * D} \quad \text{Ec. (12-3)}$$

Donde:

- T = Torque = 39.57 Nm
- Fb = Carga Crítica
- D eje = 30 mm = 0.03 m

$$Fb = \frac{39.57 \text{ Nm}}{4 * 0.03 \text{ m}} = 329.77 \text{ N}$$

Obteniendo la carga critica, se determina el momento que se origina en el eje de ajuste, mediante SolidWorks como se muestra en la Figura 28-3.

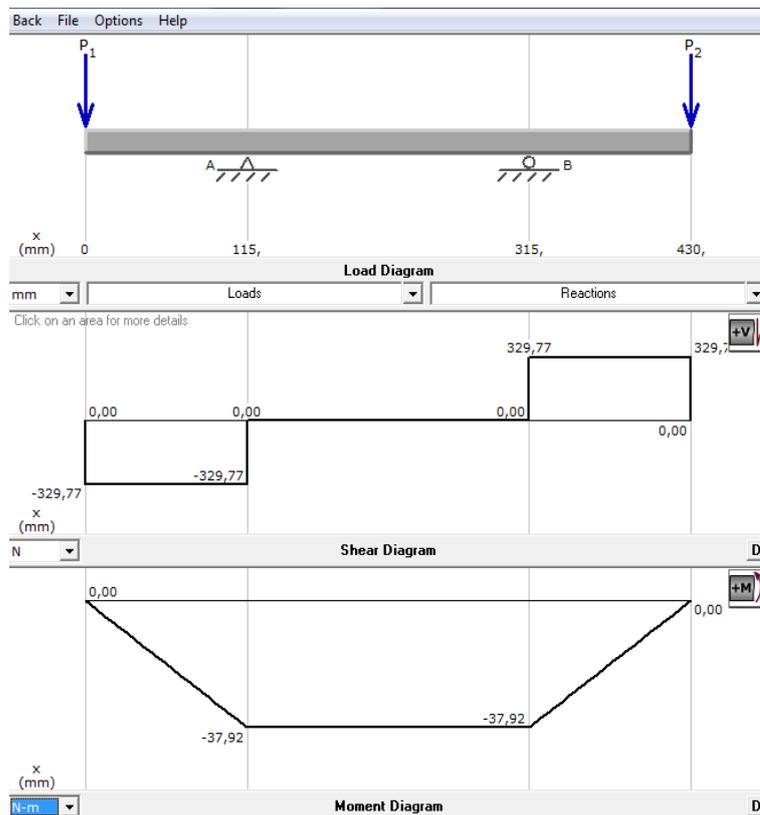


Figura 28-3. Diagrama de Módulo del eje de ajuste

Fuente: Los autores

Definido el Momento, se calcula el esfuerzo equivalente (σ) con la ecuación Ec.10-3.

$$\sigma = \frac{32 M}{\pi * D^3} \quad \text{Ec. (13-3)}$$

Donde:

- $M = \text{Momento} = 37.92 \text{ Nm}$
- $D = 30 \text{ mm} = 0.03 \text{ m}$
- $\sigma_{eq} = \text{Esfuerzo equivalente}$
- $F_b = \text{Carga Crítica} = 329.77 \text{ N}$
- $L = \text{Longitud media del eje} = 430 \text{ mm} = 0.43 \text{ m}$
- $\tau_{xy} = \text{Esfuerzo cortante máximo}$

Por lo que:

$$\sigma_x = \frac{32 * 37.92 \text{ Nm}}{\pi * (0.03 \text{ m})^3} = 14.31 \text{ MPa}$$

Esfuerzo cortante máximo.

$$\tau_{xy} = \frac{16 T}{\pi d^3} = \frac{16 * 39.57 \text{ Nm}}{\pi (0.03 \text{ m})^3} = 7.46 \text{ MPa} \quad \text{Ec. (14-3)}$$

Por lo que el esfuerzo equivalente es:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3 \tau_{xy}^2} = \sqrt{(14.31 \text{ MPa})^2 + 3 * (7.46 \text{ MPa})^2} = 19.3 \text{ MPa} \quad \text{Ec. (15-3)}$$

Se define el factor de seguridad en la ecuación Ec.13-3.

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{eq}} \quad \text{Ec. (16-3)}$$

Donde:

- $n = \text{factor de seguridad}$
- $S_y = 686.465 \text{ MPa}$ (Acero AISI 4340)
- $\sigma_{eq} = 32.14 \text{ MPa}$

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{eq}} = \frac{686.465 \text{ MPa}}{19.3 \text{ MPa}} = 35.57$$

Análisis dinámico

El análisis dinámico se da en base a factores que modifican el límite de resistencia a la Fatiga (Se), según (Shigley, 2015 pág. 323), como es:

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e \quad \text{Ec. (17-3)}$$

Análisis de los factores que modifican el límite de la resistencia a la fatiga.

- Factor de superficie (k_a) se obtiene de la ecuación Ec.15-3.

$$k_a = a S_{ut}^b \quad \text{Ec. (18-3)}$$

Donde:

- k_a = Factor de superficie
- a = Factor = 4.51 (Anexo B, parámetros de factor de modificación)
- b = Exponente = -0.265 (Anexo B, parámetros de factor de modificación)
- S_{ut} = Resistencia última a la tensión = 882.598 MPa (Acero AISI 4340)

Por lo que:

$$k_a = 4.51 * 882.598^{-0.265} = 0.7474$$

- Factor de modificación del tamaño (k_b) es:

El diámetro se encuentra en el rango apropiado como se aprecia en la Figura del ANEXO B (parámetros del factor de tamaño), en parámetros de factor de tamaño.

$$k_b = \left(\frac{d}{7,62}\right)^{-0.107} = \left(\frac{30}{7,62}\right)^{-0.107} = 0.8636 \quad \text{Ec. (19-3)}$$

- Factor de carga (k_c):

En la Figura del Anexo B (factor de carga), se selecciona el eje en torsión,

Por lo cual:

$$k_c = 0.59 \text{ por estar el eje en torsión.}$$

- Factor de temperatura (k_d):

En la Figura de efectos de temperatura de operación del ANEXO B, se selecciona el factor de temperatura correspondiente a 20°C.

$$\text{A } 20^\circ\text{C, el Factor } k_d = 1$$

- Factor de confiabilidad (k_e):

Se determina en base a la ecuación Ec.17.3. que es:

$$k_e = 1 - 0.08Za \quad \text{Ec. (20-3)}$$

Donde:

Z_a = Variación de transformación

De la Figura de factor de modificación de confiabilidad del ANEXO B, con una confiabilidad del 99%, (Z_a) es de 2.326 y se tiene que:

$$k_e = 1 - 0.08 * 2.326 = 0.81392$$

- Factor de modificación de efectos varios (k_f),
 $k_f = 1$
- El límite de resistencia (S_e').

En la Figura 42.3 del ANEXO B, se obtiene la ecuación Ec.18-3.

Como la resistencia a la última tensión (S_{ut}) es de 882.598 MPa y este valor es menor que 1400 MPa (Figura de límite de resistencia del ANEXO B)

$$S_e' = 0.5 S_{ut} \quad \text{Ec. (21-3)}$$

$$S_e' = 0.5 * 882.598 \text{ MPa} = 441.3 \text{ MPa}$$

Una vez encontrados los factores que modifican el límite de resistencia a la fatiga (S_e), y reemplazando en la ecuación Ec. (14-3) se obtiene:

$$S_e = 0.7474 * 0.8636 * 0.59 * 1 * 0.81392 * 1 * 441.3 \text{ MPa} = 136.8 \text{ MPa}$$

- **Resistencia a la fatiga**

Obtenido el valor de (S_e) se calcula los factores (a) y factor de elevación en la resistencia de fatiga (b) para determinar la resistencia a la fatiga y el factor de seguridad.

$$a = \frac{(f S_{ut})^2}{S_e} \quad \text{Ec. (22-3)}$$

Donde:

- Resistencia a la última tensión (S_{ut})

$$S_{ut} = 882.598 \text{ MPa} = 128.01 \text{ kpsi}$$

- Factor de resistencia a la fatiga (f)

$$f = 0.815 \text{ (Figura de factor f del ANEXO B)}$$

Se resuelve:

$$a = \frac{(0.815 * 882.598 \text{ MPa})^2}{441.3 \text{ MPa}}$$

$$a = 1172.5 \text{ MPa}$$

$$b = -\frac{1}{3} \log \left(\frac{fS_{ut}}{S_e} \right) \quad \text{Ec. (23-3)}$$

$$b = -\frac{1}{3} \log \left(\frac{0.815 * 882.598 \text{ MPa}}{136.8 \text{ MPa}} \right) = -0.2402$$

Por lo que la Resistencia a la fatiga (Sf) es:

$$Sf = aN^b = 1172.5 \text{ MPa} * 100000^{-0.2402} \quad \text{Ec. (24-3)}$$

$$Sf = 128.325 \text{ MPa}$$

Finalmente, el Factor de seguridad (n) es:

$$n = \frac{Sf}{\sigma_{eq}} = \frac{128.325 \text{ MPa}}{19.3 \text{ MPa}} = 6.65$$

3.2.2 Selección de chumaceras para eje de ajuste

Se considera la vida útil de la chumacera mediante las especificaciones del catálogo SKF, como se muestra en la Figura de Chumaceras para eje primario del ANEXO C y resumen en la Tabla 31-3, donde indica el tipo de máquina y las horas de vida útil.

Tabla 31-3: Criterios ponderados del modelo según la estructura

Tipo de máquina	Vida útil (horas)
Máquinas utilizadas intermitentemente o durante breves periodos donde se requiere una alta confiabilidad: ascensores, grúas para productos embalados o eslingas para tambores, etc.	8.000-12000

Fuente: (SKF, 2015)

Realizado por: Los Autores

La selección se realiza en base a los siguientes datos:

- n_D =Revoluciones Requeridas =3000 rpm.
- l_D = Vida útil = 10 000 h
- F_b = Carga Crítica = 329.77 N
- C = Carga Requerida
- \varnothing_{int} = Diámetro interior = 30 mm
- V = Factor de Rotación = 1.2
- $a = 3$ para cojinetes de bolas

Donde la Carga de diseño (P) es:

$$P = F_b * V \quad \text{Ec. (25-3)}$$

$$P = 329.77N * 1.2 = 395.724 N$$

La Carga requerida (C) es:

$$C = 2xP \left(\frac{l_D * n_D * 60}{10^6} \right)^{1/a} = 2x395.724 N \left(\frac{10\ 000 * 3000 * 60}{10^6} \right)^{1/3} = 9.63 KN \quad \text{Ec. (26-3)}$$

Obtenida la carga requerida se selecciona una chumacera con un diámetro interno de 30 mm y capacidad de carga básica de 19.5 KN para una mayor seguridad en la transmisión como se muestra en la Figura de parámetros de selección de chumaceras del ANEXO C.

3.2.3 Poleas

De acuerdo con las revoluciones requerida por la bomba centrífuga, se diseña la polea conducida mediante la relación de transmisión:

$$i = \frac{\varnothing_1}{\varnothing_2} = \frac{N_2}{N_1} \quad \text{Ec. (27-3)}$$

Donde:

- \varnothing_1 = Diámetro de la polea motriz =13.97 cm = 5.5”
- i = Relación de transmisión
- N_1 = Número de revoluciones de la polea motriz = 2200 rpm
- N_2 = Número de revoluciones de la polea conducida = 3000 rpm
- \varnothing_2 = Diámetro de la polea conducida

Donde el Diámetro de la polea conducida \emptyset_2 es:

$$i = \frac{N_2}{N_1} = \frac{3000 \text{ rpm}}{2200 \text{ rpm}} = 1.364$$

$$\emptyset_2 = \frac{\emptyset_1}{i} = \frac{5.5''}{1.364} = 4.0''$$

3.2.4 Selección de correas

El diseño de las correas sigue el siguiente proceso:

1. Determinación del Factor de Servicio

Como dato se tiene que el motor del motocultor es de combustión interna, teniendo una potencia de 16 HP y un número de revoluciones de 2200 rpm, mediante la Figura de unidad motriz del ANEXO D determinamos que la clase de unidad motriz es de clase III.

Mediante la Figura de factor de servicio de correa de acuerdo al tipo de máquina del ANEXO D, se selecciona el factor de servicio de 1.6 en la clase III para bombas centrífugas como maquinas impulsadas.

Para determinar la Potencia de diseño se utiliza la ecuación Ec. 28-3.

$$P_d = P_m \times F_s \quad \text{Ec. (29-3)}$$

Donde:

- P_d = Potencia de diseño.
- P_m = Potencia de motor = 16 HP
- F_s = Factor de servicio = 1.6

Por lo que:

$$P_d = 16 \text{ HP} \times 1.6 = 25.6 \text{ HP} = 19.09 \text{ KW}$$

A través de la Figura de perfil de correas del ANEXO E se define el perfil de la correa según su uso, determinando correas en V o correas en V múltiples.

La Tabla 32-3 presenta las características de las correas tipo V y correas tipo V múltiples, se decide trabajar con correas tipo V múltiples siendo las más apropiadas en aplicaciones de maquinaria industrial pesada o maquinaria para la automoción.

Tabla 32-3: Características según el tipo de correa.

Tipo de correa	Características
Correas en V	Están creadas para conseguir un mayor control de la tensión, en funcionamiento uniforme y larga vida útil, con mínimo calentamiento y estiramiento en motores eléctricos de pocos caballos de potencia y motores a gasolina. Están diseñadas para alta velocidad y corta distancia en el centro.
Correas en V múltiples	Son dispositivos de alta velocidad y torsión, en maquila industrial ligera, pesada o maquinaria para la automoción. Las correas en V múltiples tienen una excelente estabilidad longitudinal y uniformidad de transmisión, ofrece una vida útil extensa.

Fuente: (BANDO, 2015)

Realizado por: Los Autores

De acuerdo con la potencia del motor del motocultor de 12 KW y la clasificación de las correas tipo V múltiples de la Figura de selección de correa según potencia establecida del ANEXO E, con un rango de potencia máxima entre 7.5 y 75 KW se determina que es factible utilizar correa de caucho tipo B o tipo C.

En la Figura de dimensionamiento de bandas en el ANEXO E del catálogo de bandas se selecciona la correa de tipo B por su adecuado acoplamiento con la polea conductora.

3.3 Selección de la bomba

La selección de la bomba según Mott (2006), se determina de la siguiente forma:

$$Q = A * v = \frac{V}{t} \quad \text{Ec. (30-3)}$$

Donde:

- Q: Flujo volumétrico
- v: Velocidad promedio del flujo
- A: Área de la sección
- V = volumen = 500 litros = 0.5 m³ (cantidad prevista)
- t: Tiempo = 10 min (600s)
- D: Diámetro nominal 2plg (0.0508m)

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad \text{Ec. (31-3)}$$

$$A = \frac{\pi * (0.0508 \text{ m})^2}{4} = 0.00203 \text{ m}^2$$

$$A * v = \frac{V}{t}$$

$$v = \frac{V}{t * A} = \frac{0.5 \text{ m}^3}{600 \text{ s} * 0.00203 \text{ m}^2} = 0.4105 \text{ m/s}$$

$$Q = A * v$$

$$Q = 0.00203 \text{ m}^2 * 0.4105 \text{ m/s}$$

$$Q = 0.0008331 \text{ m}^3/\text{s} = 2.99916 \text{ m}^3/\text{h}$$

La carga total se obtiene de la ecuación Ec. 27-3:

$$h_o = \frac{p_2 - p_1}{\gamma} + (Z_2 - Z_1) \quad \text{Ec. (32-3)}$$

Donde:

- h_o : Carga estática total (m)
- p_2 : Presión del fluido en el depósito = 0
- p_1 : Presión del fluido en el almacenamiento = 0
- γ : Peso específico del agua
- Z_2 : Altura de succión = 0.75 m
- Z_1 : Altura de descarga = 0

$$h_o = 0.75 \text{ m} - 0$$

$$h_o = 0.75 \text{ m (2.5 pies)}$$

Para seleccionar la bomba se elige la Serie GOULDS NPE de la Figura de curvas de desempeño de una bomba del ANEXO F, y de acuerdo con el caudal y la carga total se selecciona una bomba de la serie 1ST 1750 RPM.

Se selecciona una bomba modelo NPE / 1ST 1x 1- 6 con un impulsor F 4 1/16, y se calcula la potencia de la bomba con la ecuación Ec. 28-3.

$$P_B = \frac{h_o * \rho * g * Q}{\eta} \quad \text{Ec. (33-3)}$$

Donde:

- P_B : Potencia de la bomba (watts)
- ρ : Densidad (Kg/m³) = 997 Kg/m³ (Agua)
- g : Gravedad (m/s²) = 9.81 m/s²
- Q : Caudal (m³/s) = 0.0008331 m³/s
- h : Carga total (m) = 0.75

- η : Eficiencia bomba = 0.75

$$P_B = \frac{0.75 \text{ m} * 997 \text{ Kg/m}^3 * 9.81 \text{ m/s}^2 * 0.0008331 \text{ m}^3/\text{s}}{0.75} = 8.15 \text{ watts}$$

$$P_M = \frac{P_B}{\eta} \quad \text{Ec. (34-3)}$$

Donde:

- P_M : Potencia del motor (watts)
- P_B : Potencia de la bomba (watts)
- η : Eficiencia bomba = 0.55

$$P_M = \frac{8.15 \text{ watts}}{0.55} = 14.8 \text{ w} = 15 \text{ w} = 0.0201153 \text{ HP}$$

La potencia más cercana en catálogos de motores normales es de 1/3 HP.

La selección de la bomba se da en función

Q: Flujo volumétrico = $2.99916 \text{ m}^3/\text{h}$

t: Tiempo de trabajo = 10 min (600s)

h_o : Carga estática total (m) = 0.75 m (2.5 pies)

Por lo que la bomba es:

Tipo: Centrífuga

Modelo = NPE / 1ST 1 x 1-6

RPM = 1750 - 3000

Impulsor = F 4 1/16

Presión máxima = 100 PSI

3.4 Materiales y accesorios seleccionados para la construcción de la unidad contra incendios.

Realizado los cálculos analíticos correspondientes de selección de materiales para la construcción del equipo de primera respuesta contra incendios, se detalla en la Tabla 33-3 los materiales con sus respectivas características técnicas que permitirán el desarrollo del proyecto.

Tabla 33-3: Materiales y accesorios para la construcción del equipo.

PROCESO	MATERIAL	CARACTERISTICAS
Construcción del remolque	<ul style="list-style-type: none"> • Tubo cuadrado • Tubo rectangular • Lamina de Tol • Paquetes de resortes • Aros – llantas • Tanque de almacenamiento 	<ul style="list-style-type: none"> • 75x75x2 mm • 40x20x2 mm • 1/16 de espesor • Pick up Datsun 1500 • Rin 13 – 175/70 • Tanque cilíndrico de polietileno de 500lt.
Construcción del sistema de bombeo	<ul style="list-style-type: none"> • Tubo cuadrado • Planchas de hierro • Eje de transmisión • Poleas • Bandas trapezoidales • Chumaceras • Bomba 	<ul style="list-style-type: none"> • 20x20x2 mm • 2” de espesor • D = 30 mm • D = 5,5” – D = 4” • B23 – B32 • Di = 30 mm • Centrifuga; 3000 rpm
Instalación de accesorios del sistema de bombeo	<ul style="list-style-type: none"> • Manguera bomberos • Manguera de succión • Pitón flujo graduable • Acoples rápidos • Filtro antirretorno • Tuberías PVC • Acoples y válvula de tubería PVC • Tubo de nivel de agua. • Extintor 	<ul style="list-style-type: none"> • Doble capa de 15 m. • Corrugada ignífuga de polietileno de 7 m. • Bronce de 2” • Aluminio 2” • D = 2” • D = 2” • D = 2” • Tubo transparente de D = 1” • Capacidad 20 lb
Implementación de herramientas de actuación.	<ul style="list-style-type: none"> • Pala • Pico • Batefuego 	<ul style="list-style-type: none"> • Masa = 3.37 kg • Masa = 2.3 kg • Longitud = 5 m.7

Fuente: Los Autores

3.5 Proceso de repotenciación del motor de combustión interna del motocultor YTO a una unidad contra incendios.

3.5.1 Estado actual del motocultor YTO



Figura 29-3. Estado actual del motocultor YTO

Fuente: Los Autores

El motocultor YTO disponible dentro de la institución del Ministerio de Agricultura Ganadería MAG de Chimborazo se encontró en un estado de indisponibilidad debido a la falta de un adecuado mantenimiento al equipo hasta la fecha de su pedido para su estudio y posterior repotenciación.

3.5.2 Mantenimiento del motocultor

De acuerdo a la evaluación realizada al equipo se establecieron las respectivas tareas de mantenimiento que permite devolver el equipo a un estado de operación óptima como se detallan en la Tabla 34-3.

Tabla 34-3: Actividades de mantenimiento

Gráfico	Actividad
	<p>Limpieza del motor.</p> <p>Se realizó una completa limpieza del equipo que permitirá determinar posibles fugas de lubricante además de eliminar agentes oxidantes que deterioren al equipo.</p>

	<p>Limpieza de tanque de combustible.</p> <p>Se desmonto el tanque de combustible y refrigerante para su correcta limpieza ya que se encontraba con partículas externas que contaminaban el depósito, generando un encendido tardío.</p>
	<p>Sustitución de bandas de transmisión.</p> <p>Se sustituyó las bandas de transmisión las cuales se encontraban deterioradas a causa de una mala regulación en la distancia entre centros de las poleas de transmisión.</p>
	<p>Cambio de aceite del motor y filtro del motor.</p> <p>Se realizo el cambio de aceite y filtro del motor que los cuales no se los había realizado desde su primer arranque, se utilizó aceite SAE W40.</p>
	<p>Cambio de aceite de transmisión.</p> <p>Para el cambio de aceite de transmisión se utilizó aceite SAE 90 de acuerdo con la propiedad de viscosidad que posee, apto para maquinas con gran fuerza de transmisión.</p>
	<p>Ajuste del tiempo de ignición del motor.</p> <p>Para un adecuado funcionamiento del motor del equipo se realizó la correcta medición, calibración y ajuste del tiempo de chispa de ignición del motor.</p>

Fuente: Los Autores

3.5.2.1 Mantenimiento mejorativo.

Mediante mantenimiento mejorativo realizado al motocultor YTO se pretende aumentar la fiabilidad, disponibilidad y seguridad del equipo, mejorando su diseño inicial. Las actividades de mejora y modificaciones realizadas se detallan en la Tabla 35-3.

Tabla 35-3: Actividades de mantenimiento mejorativo.

GRAFICO	ACTIVIDAD
	<p>Reducción de ángulo de manijas.</p> <p>Para una mejor sujeción de manejo del equipo, se disminuyó el ángulo de apertura de los ejes de manijas en un 40%.</p>
	<p>Instalación de un eje horizontal de manejo.</p> <p>Se instalo un eje perpendicular al extremo de los ejes de las manijas que permite mejorar la ergonomía y maniobrabilidad de conducción al operador.</p>
	<p>Instalación de pedales de conducción.</p> <p>Al contar con mandos manuales de aceleración, embrague y freno, el equipo presentaba poca eficiencia de operación. De esta manera se instaló los pedales respectivos con su debida protección que ofrece una operación más cómoda y habitual de conducción</p>
	<p>Instalación de sistema de freno del remolque.</p> <p>Con el objetivo de aumentar la seguridad del equipo se instaló un sistema de freno al remolque que cuenta con un tambor de freno, su respectiva bomba hidráulica y su pedal de accionamiento.</p>

Fuente: Los Autores

3.5.3 Construcción del Remolque

3.4.2.1 Construcción del chasis de la estructura

Tabla 36-3: Construcción del chasis de la estructura

GRÁFICO	ACTIVIDAD
	<p>Adquisición y corte de tubo estructural.</p> <p>Para la construcción de la estructura se utilizó tubo estructural cuadrado de 75x75x2 mm, seleccionado por método analítico el cual brinda características de resistencia óptimas de acuerdo al peso a soportar por la estructura. Para el proceso de construcción de la estructura se utilizó suelda MIG/MAG</p>
	<p>Suelda del marco principal.</p> <p>Con el diseño previo de la estructura se realizó la suelda de las vigas del marco principal con dimensiones de 200x150 mm, que permite una distribución adecuada de espacio y una mayor estabilidad del equipo.</p>
	<p>Suelda de vigas de la estructura.</p> <p>Se reforzó el marco principal mediante la suelda de dos vigas ubicadas paralelas y equidistantes en el interior del marco principal y dos vigas en la parte inferior de la estructura.</p>
	<p>Suelda de vigas inclinadas.</p> <p>para acoplar la estructura al motocultor se realizó la suelda de dos vigas inclinadas en (V) a la cual se instalará un eje para el acople.</p>

Fuente: Los Autores

3.4.2.2 Construcción de la suspensión del remolque.

Tabla 37-3: Construcción del chasis de la estructura

GRÁFICO	ACTIVIDAD
	<p>Soporte para paquetes de resorte.</p> <p>Se realizó la suelda del soporte de paquetes de resorte en la parte inferior de la estructura que permite amortiguación del equipo eliminado vibraciones destructivas.</p>
	<p>Ensamble de paquetes de resorte a la estructura.</p> <p>Se instaló paquetes de resorte de pick up Datsun 1500, la misma que tiene un peso aproximado de 1060 Kg.</p>
	<p>Instalación de neumáticos del remolque.</p> <p>Para la movilidad del remolque se instaló neumáticos rin 13 además que cuentan con mecanismo de freno.</p>
	<p>Soldadura de eje de la unión entre remolque y motocultor.</p> <p>Para la unión entre el remolque y el motocultor se realizó la suelda de un enganche con pasador en la parte posterior del equipo a la cual se acoplará el eje del remolque.</p>
	<p>Ensamble de la estructura remolque – motocultor.</p> <p>Con la instalación del acople de enganche con pasador se evidenció la estabilidad del conjunto para proceder a la construcción de la cubierta del remolque.</p>

Fuente: Los Autores

3.4.2.3 Construcción de la estructura de insumos y seguridad.

Tabla 38-3: Construcción de la estructura de insumos y seguridad

GRÁFICO	ACTIVIDAD
	<p>Construcción de la cubierta del remolque.</p> <p>Para la construcción de la cubierta del remolque se utilizó tubo rectangular de 40x20x2mm con una altura de 100mm, tomando a consideración las dimensiones del tanque de almacenamiento y de los compartimentos para las herramientas de trabajo y accesorios de bombeo.</p>
	<p>Corte de láminas de tol.</p> <p>Para la cubierta del remolque se realizó el doblado y corte respectivos en láminas de tol negro de 1/16, para su posterior sujeción en la estructura del remolque.</p>
	<p>Cubierta de la estructura del remolque.</p> <p>La fijación de las láminas de tol cortadas a medidas establecidas del remolque se realizó mediante con suelda MIC, evitando de esta manera perforaciones en el material.</p>
	<p>Pulido de la cubierta.</p> <p>Terminada la cubierta del remolque, se realizó el pulido de la misma para eliminar partículas resultantes de la suelda.</p>
	<p>Implementación de asiento y barras laterales.</p> <p>Se instaló un asiento de polietileno que permite la ergonomía de conducción del operador, además que se implementó barras laterales para sujeción al momento de llenado del tanque de almacenamiento.</p>

Fuente: Los Autores

3.4.3 Construcción de sistema de bombeo

3.4.3.1 Construcción de la estructura de la bomba

Tabla 39-3: Construcción del sistema de bombeo.

GRÁFICO	ACTIVIDAD
	<p>Corte de base de hierro para el soporte de la bomba y sistema de transmisión.</p> <p>Se realizó el corte de una base principal de hierro con dimensiones de 35x45 mm, que será instalada en la parte delantera del motocultor para la instalación de la bomba y su sistema de transmisión.</p>
	<p>Suelda del soporte de la bomba a la base principal.</p> <p>En la base principal, se instaló el soporte de la bomba que cuenta con un accionamiento de tipo bisagra con la base principal.</p>
	<p>Instalación de la bomba y sistema de transmisión.</p> <p>Para la instalación de la bomba y su sistema de transmisión se distribuyó las dimensiones de la base principal que permita la regulación del sistema en caso de realizarse una sustitución de la banda de transmisión.</p>
	<p>Construcción de estructura de protección de la bomba.</p> <p>Con el fin de prevenir posibles aplicaciones de cargas externas en la bomba se construyó una estructura de protección que además permite el accionamiento de la bomba.</p>

Fuente: Los Autores

3.4.3.2 Pintura del remolque.

Tabla 40-3: Proceso de pintura del equipo

GRÁFICO	ACTIVIDAD
	<p>Pulido de la estructura y motocultor.</p> <p>Se realizó el pulido de la estructura del remolque para eliminar rebabas restantes de la construcción del remolque al igual que el motocultor para restaurar el aspecto físico del mismo.</p>
	<p>Fondeado de la estructura completa del remolque.</p> <p>Para obtener un proceso de pintura de correcto se fondeó la estructura completa</p>
	<p>Aplicación de pintura final.</p> <p>De acuerdo al objetivo del proyecto se procedió a pintar la estructura de color rojo código #CE2029, color característico de los vehículos de los bomberos.</p>
	<p>Aplicación de señalética del equipo.</p> <p>Para culminar con el proceso de construcción del proyecto se aplicaron las respectivas señaléticas de un equipo de primera respuesta contra incendios con cintas reflectivas en las partes laterales y posterior del equipo.</p>

Fuente: Los Autores

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS

4.1 Pruebas de funcionamiento

Las pruebas de funcionamiento se dieron en base a la carga y descarga total de la unidad contra incendios.

- **Durante la carga**

Aprovechando un reservorio de agua potable (Figura 1-4) se realizó tres pruebas de carga al tanque reservorio de agua de 500 litros, tomando los tiempos en aceleración máxima, media y en ralentí con un cronómetro para determinar cuánto se demora en cargar su totalidad, en la Tabla 1-4 se aprecia las pruebas realizadas y los tiempos obtenidos.



Figura 1-4. Durante la carga

Fuente: Los Autores

Tabla 1-4: Tiempo de Carga

	Tiempo de carga (min)
Ralentí	5,8
Medio	4,7
Máximo	3,3

Fuente: Los Autores

En relación con los tiempos tomados se realiza un gráfico estadístico para poder apreciar de mejor manera los resultados. Figura 2-4.

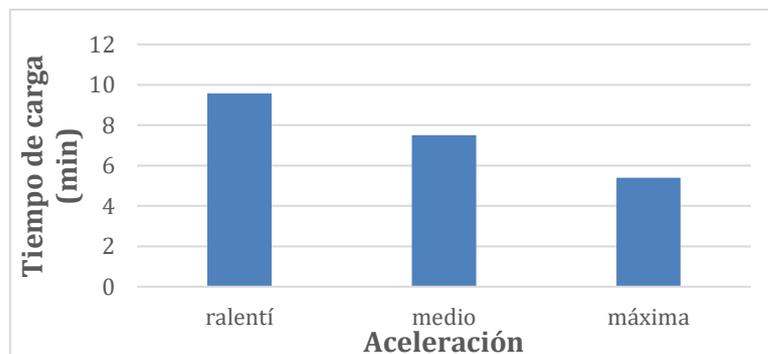


Gráfico 1-4: Tiempo de carga del equipo.

Fuente: Los Autores

- **Durante la descarga**

Llenado el tanque de 500 litros se procede a tomar los tiempos de descarga, de igual manera haciendo tres pruebas (ralentí, medio y máximo) como se muestra en la Figura 3-4, tomado los tiempos con un cronómetro, hasta que se descargue en su totalidad, como se indica en la Tabla 2-4.



Figura 2-4. Durante la descarga

Fuente: Los Autores

Tabla 2-4: Tiempo de descarga

	Tiempo de descarga (min)
Ralentí	12,57
Medio	9,5
Máximo	7,4

Fuente: Los Autores

En la Figura 2-4 se valora la relación a los tiempos tomados de descarga con sus respectivas pruebas y se realiza un gráfico estadístico pudiendo apreciar de mejor manera los resultados.

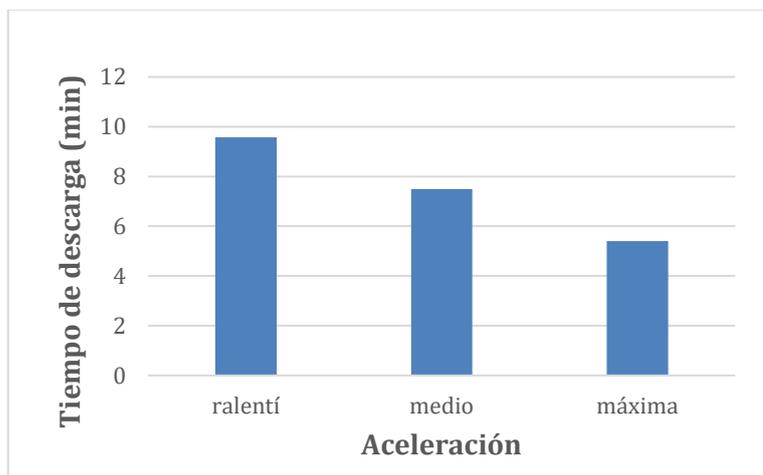


Gráfico 2-4: Tiempo de descarga del equipo.

Fuente: Los Autores

4.2 Manual de operación

Tabla 3-4: Manual de encendido del motor

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO 		MANUAL DE ENCENDIDO DEL EQUIPO		MINISTERIO DE AGRICULTURA 	
Facultad	Mecánica			Grupo de investigación mantenimiento GIMAN	
Carrera	Ingeniería de mantenimiento	Fecha	2020	Rev:	0
1.- Verificar el nivel de aceite					
2.- Verificar el nivel de refrigerante.					
3.- Verificar el nivel de diésel.					
4.- Colocar la palanca de marchas en la posición BRAKE					

<p>5.- Abrir la válvula de paso de diésel.</p>	
<p>6.- Presionar la válvula de alivio (embrague).</p>	
<p>7.- Acelerar a fondo</p>	
<p>8.- Dar manivela por el período de dos minutos.</p>	
<p>9.- Aflojar suavemente la válvula de alivio mientras se va dando manivela.</p>	
<p>10.- Una vez que se haya encendido sacar la palanca de encendido y no dejarla girando.</p>	

Fuente: GIMAN

4.3 Manual de operación para carga de agua en la unidad contra incendios.

Tabla 4-4: Pasos del uso de la bomba para carga de agua.

<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</p> 		<p>USO DE BOMBA PARA CARGA DE AGUA EN EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO.</p>		<p>MINISTERIO DE AGRICULTURA</p> 	
<p>Facultad:</p>	<p>Mecánica</p>				
<p>Carrera:</p>	<p>Ingeniería de mantenimiento</p>	<p>Fecha</p>	<p>2020</p>	<p>Rev:</p>	<p>0</p>
<p>1.- Alistar manguera de descarga.</p>					
<p>2.- Alistar manguera de succión.</p>					
<p>3. Llenar con agua la manguera de succión de la bomba (cebar).</p>					
<p>4.- Poner el filtro de succión en la manguera de succión.</p>					

<p>5.- Conectar la manguera se succión en la bomba.</p>	
<p>6.- Cebiar la bomba de agua.</p>	
<p>7.- Conectar la manguera de descarga.</p>	
<p>8.- Colocar la banda al motor y la bomba.</p>	
<p>9.- Encender el motocultor.</p>	

Fuente: Los Autores

4.4 Manual de operación para descarga de agua en la unidad contra incendios.

Tabla 5-4: Pasos del uso de la bomba para descarga de agua.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO 		MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA 	
USO DE BOMBA PARA DESCARGA DE AGUA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO.			
Facultad	Mecánica		
Carrera	Ingeniería de mantenimiento	Fecha	2020
		Rev:	0
<p>1.- Alistar manguera de descarga.</p>			
<p>2.- Alistar manguera de succión.</p>			
<p>3. Conectar la manguera de succión en la válvula de la salida de agua del tanque reservorio, posteriormente el lado posterior conectar a la bomba.</p>			
<p>4.- Conectar la manguera de descarga en la bomba.</p>			

<p>5.- Abrir la válvula de agua del tanque reservorio.</p>	
<p>6.- Colocar la banda de transmisión a la polea de la bomba.</p>	
<p>7.- Encender motocultor.</p>	
<p>8.- Tener siempre encuentra el nivel de agua del reservorio.</p>	

Fuente: Los Autores

4.5 Manual de mantenimiento

En el presente manual detalla las tareas de mantenimiento preventivas que se deben realizar en el equipo contra incendios para el buen desempeño de su función requerida.

Tabla 6-4: Manual de Mantenimiento para la Unidad Contra Incendios

MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA UNIDAD CONTRA INCENDIOS				
EQUIPO/ SISTEMA	TAREAS	FRECUENCIA	PRECAUCIONES	PROCEDIMIENTO
Motor	Inspeccionar el nivel de aceite del motor.	Antes de operar el motocultor.	Asegurarse que el motor se encuentre apagado.	<ul style="list-style-type: none"> Desmontar manualmente mediante la varilla de nivel de aceite y verificar que se encuentre en el rango de nivel aceptable.
	Inspeccionar el filtro de aire	Mensual	Asegurarse que el motor se encuentre apagado.	<ul style="list-style-type: none"> Desacoplar los ganchos de ajuste de la tapa. Desmontar y sopletar el filtro de aire si es necesario. Colocar el filtro y la tapa de protección.
	Cambio de filtro de aire	Anual	Asegurarse que el motor se encuentre apagado. Utilizar guantes de protección. Utilizar recipientes adecuados para evitar contaminación.	<ul style="list-style-type: none"> Desacoplar los ganchos de ajuste de la tapa Sacar y remplazar el filtro de aire Colocar el filtro y la tapa de protección.

Motor	Cambio de aceite del motor	Cada 400 horas	Asegurarse que el motor se encuentre apagado. Utilizar recipientes adecuados para evitar contaminación.	<ul style="list-style-type: none"> • Desajustar el tapón de aceite del Carter del motor • Vaciar el aceite en un recipiente apropiado. • Ajustar el tapón y verter el aceite nuevo a través del
	Inspección del nivel de combustible (diésel)	Antes de operar el motocultor	Asegurarse que el motor se encuentre apagado. Utilizar recipientes adecuados para evitar contaminación.	<ul style="list-style-type: none"> • Desajustar la tapa del tanque del combustible del motor. • Verificar y completar si es necesario.
	Cambio de filtro de combustible	Semestral	Asegurarse que el motor se encuentre apagado. Utilizar recipientes adecuados para evitar contaminación.	<ul style="list-style-type: none"> • Desajustar y remplazar el filtro de combustible.
	Cambio de aceite de transmisión	Anual	Asegurarse que el motor se encuentre apagado. Utilizar recipientes adecuados para evitar contaminación.	<ul style="list-style-type: none"> • Desajustar el tapón de aceite del Carter de transmisión. • Vaciar el aceite en un recipiente apropiado. • Ajustar el tapón y verter el aceite nuevo por el
Sistema de transmisión	Verificación de estado y tensión de la banda de transmisión	Antes de operar el motocultor	Asegurarse que el motor se encuentre apagado.	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación de estado y tensión de la banda de transmisión

Sistema de transmisión	Cambio de bandas de transmisión	Cada dos años	Asegurarse que el motor se encuentre apagado. Utilizar implementos de protección. Usar herramientas de ajuste adecuadas.	<ul style="list-style-type: none"> • Desajustar pernos de la base de la polea. • Desacople y remplazo de la banda. • Verificar la tensión de la banda y ajuste de los pernos de sujeción
	Verificación del estado y tensión de la banda del dinamo	Trimestral	Usar herramientas de ajuste adecuadas.	<ul style="list-style-type: none"> • Desajustar pernos de la carcasa de protección del dinamo.
Sistema eléctrico	Verificación de estado y tensión de la banda bomba-motor	Antes de operar el motocultor	Asegurarse que el motor se encuentre apagado.	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar de forma visual en busca de desgaste o grietas en la banda
Sistema de bombeo	Inspección de fugas en bomba y tuberías	Antes y después de operar el motocultor	Mantener distancia aproximada de 50 mm.	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar de forma visual fugas que puedan presentarse en el sistema de bombeo.
	Inspección de fuga de agua en el sello mecánico	Mensual	Mantener distancia aproximada de 50 mm.	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar de forma visual si existen fugas de ser así remplazarlo.
	Lubricación de rodamientos	Trimestral	Equipo de lubricación.	<ul style="list-style-type: none"> • Lubricar rodamientos de la chumacera.
	Ajustar pernos de fijación	Trimestral	Usar herramientas de ajuste.	<ul style="list-style-type: none"> • Mediante herramientas de ajuste asegurar los pernos del habitáculo y chasis del motor
	Limpieza del habitáculo	Semanal	Mantener el equipo apagado.	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar franela y agua para su limpieza.

Bastidor	Limpieza del remolque	Semanal	Mantener el equipo apagado.	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar franela y agua para su limpieza.
	Inspección del nivel del líquido de freno	Mensual	Mantener distancia aproximada de 50 mm.	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar de forma visual el nivel de aceite de freno, de ser necesario completar al nivel aceptable.
	Verificación del nivel de estado de los neumáticos	Mensual	Mantener distancia aproximada de 50 mm.	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar de forma visual el desgaste y falta de aire en los neumáticos.
	Engrase del acople motor-remolque	Mensual	Mantener el equipo apagado.	<ul style="list-style-type: none"> • A través de un grasero lubricar el acople de manera adecuada.
	Engrase de elementos móviles del habitáculo	Mensual	Mantener el equipo apagado.	<ul style="list-style-type: none"> • A través de un grasero lubricar todos los elementos móviles de la unidad de manera adecuada.

Fuente: Los Autores

CONCLUSIONES

El estudio de funcionamiento realizado al motocultor permitió la repotenciación del equipo para establecerlo como una unidad contra incendios de acuerdo a las características técnicas del motocultor y gran potencia de su motor.

Se repotenció el motocultor, en base al mantenimiento correctivo, preventivo y mejorativo, permitiendo mejora en las prestaciones del equipo y estableciendo la línea base para posteriores estudios de repotenciación de motocultores que permita beneficiar a la comunidad y sociedad en general.

Para desarrollar la construcción de equipo contra incendios de primera respuesta fue indispensable realizar su diseño previo mediante software SolidWorks, el mismo que permitió aplicar el respectivo análisis estático de la estructura para determinar y seleccionar materiales de alta resistencia de construcción.

Las pruebas de carga y descargar de agua de la unidad contra incendios se realizó con la colaboración de un miembro del cuerpo de bomberos de Ambato evaluando su correcto funcionamiento y su pertinente aporte para contrarrestar incendios de categoría I.

Mediante el estudio respectivo del motocultor Se implemento el tanque reservorio de polietileno con una capacidad de 500 litros, además se realizó las pruebas de funcionamiento de la unidad contra incendios obteniéndose tiempos aceptables de carga y descarga de agua aplicadas a sus diferentes aceleraciones que permitió cumplir con la cantidad de agua requerida y el tiempo establecido por la norma NTP 2017 para contrarrestar un incendio de categoría I.

Se elaboró un manual de mantenimiento y operación para el equipo contra incendios de acuerdo con recopilación de información técnica y análisis del equipo el cual está contemplado en tareas de mantenimiento, frecuencia, precauciones y el procedimiento a seguir.

El desarrollo del presente proyecto de titulación permite aportar con el convenio interinstitucional que mantiene la ESPOCH con el CONAGOPARE de Chimborazo con el objetivo de resolver las distintas necesidades que se produzcan en las comunidades de la provincia de Chimborazo.

RECOMENDACIONES

Tener un conocimiento previo de los manuales de operación y mantenimiento que permita el correcto funcionamiento de la unidad contra incendios.

Se recomienda dos personas capacitadas por el cuerpo de bomberos para obtener una operación adecuada del equipo.

Se recomienda realizar el desmontaje adecuado del tanque de agua en caso de limpieza para evitar daños en la estructura del equipo.

Se recomienda un análisis de factibilidad de aplicaciones para motocultores YTO que permita cubrir diferentes necesidades del sector agrícola.

Para mantener la disponibilidad del equipo se recomienda establecer de un técnico que realice las respectivas actividades de mantenimiento.

GLOSARIO

CAD: El Diseño Asistido por Computadora proviene de las siglas en inglés Computer Aided Design (CAD), es la utilización de software que ayudan a crear, modificar, analizar y optimizar un diseño, basado en entidades geométricas de tipo vectoriales (Juiña, 2015).

CAE: La Ingeniería Asistida por Computadora (CAE), proviene de las siglas en inglés Computer Aided Engineering, se encarga del conjunto de softwares útiles que ayudan al profesional analizar y simular diseños de ingeniería, optimizando su desarrollo y reduciendo al máximo las pruebas para la obtención de un determinado elemento (Juiña, 2015).

CAM: La Manufacturación Asistida por Computadora, proviene de las siglas en inglés Computer Aided Manufacturing (CAM), la cual implica el uso de computadores y tecnologías para la manufactura de un determinado producto, en un lenguaje definido de programación con una intervención mínima de un operador (Alcívar, y otros, 2016).

Mallado: Mallado es una técnica de análisis de elementos finitos (FEA), el cual brinda un método fiable para analizar diseños de ingeniería, con la creación de un modelo geométrico, subdividiéndose en elementos y nodos, basado en un tamaño global, con una tolerancia y especificación de control en diferentes tamaños de las caras, aristas y vértices (Dassault Systèmes, 2016).

Motocultor: Son tractores de un solo eje de ruedas útiles para explotaciones hortofrutícolas, con mecanismos de tipo dirigibles, autopropulsado, operada por un solo hombre en el lado posterior de la máquina, útil para trabajar el suelo (INSL, 2017).

Repotenciación: La repotenciación de maquinaria mecánica o electrónica consiste en restablecer y/o mejorar las prestaciones originales de un equipo considerando la modificación y adaptación del diseño original, con el objetivo de impulsar la productividad y competitividad de las industrias (Pillajo, y otros, 2018).

BIBLIOGRAFÍA

AGAMA, Verónica. Los Incendios Forestales Vulneran los Derechos de la Naturaleza en el Distrito Metropolitano de Quito, en la Parroquia de Puembo en el Año 2015 [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Central del Ecuador, Quito-Ecuador. 2016. pp. 23-26. [Consulta: 2020-05-04]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/7391/1/T-UCE-0013-Ab-347.pdf>

AGUILERA, Marta. *El régimen jurídico de los incendios forestales* [En línea]. Cataluña-España: Universitat Rovira i Virgili, 2015. [Consulta: 04 mayo 2020]. Disponible en: <https://www.iberlibro.com/servlet/BookDetailsPL?bi=22760300857>

ALCÍVAR, Fabricio, & CAYAMBE, Janio. Simulación y modelación de una matriz a inyección plástica, para la producción de asas de sujeción tipo puente SR1534 aplicando la tecnología CNC y software de diseño CAD-CAM [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba-Ecuador. 2016. pp. 19-22. [Consulta: 2020-05-12]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5860/1/85T00410.pdf>

ANDRADE, J. *Diseño y construcción de una máquina semiautomática para el moldeado de carne molida para la preparación de hamburguesas.* Ibarra-Ecuador: Carles Riba, 2015, pp. 28-37

BANDO. *Selector de correas de transmisión de potencia* [blog]. [Consulta: 15 mayo 2020]. Disponible en: https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut121/Correas_Dunlop.pdf

BOMBEROS AMBATO. *El Tetraedro del Fuego – Reacción en cadena* [blog]. [Consulta: 17 mayo 2020]. Disponible en: <https://www.embaep.gob.ec/el-tetraedro-del-fuego-reaccion-en-cadena/>

BUDYNAS, Richard; & NISBETT, Keith. *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley.* 8ª ed. México D.F.-México: McGraw-Hill Interamericana, 2008, pp. 933-940

CANDO, Gonzalo. Elaboración de un plan de emergencia contra incendios para la infraestructura física de la planta de mantenimiento del gobierno autónomo descentralizado de la provincia de Napo [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de

Chimborazo, Riobamba-Ecuador. 2015. pp. 43-46. [Consulta: 2020-05-12]. Disponible en: <https://1library.co/document/z3dj527y-elaboracion-emergencia-incendios-infraestructura-mantenimiento-autonomo-descentralizado-provincia.html>

CLIF-DGCN/CCAA-2002. Procedimientos para la selección de personal en la extinción.

DAQUILEMA, Dennys, & PULLA, Luis. Diseño, Construcción y pruebas de implementos agrícolas de motocultor para uso en parcelas del MAGAP de la provincia de Chimborazo [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba-Ecuador. 2014. pp. 14-34. [Consulta: 2020-05-19]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/3709>

DASSAULT SYSTÈMES. *Mallado* [blog]. [Consulta: 19 mayo 2020]. Disponible en: http://help.solidworks.com/2016/spanish/SolidWorks/cworks/c_Background_on_Meshig.htm

DIPAC. *Productos de acero* [blog]. [Consulta: 30 mayo 2020]. Disponible en: http://www.dipacmanta.com/index.php?route=product/product&product_id=79

DOMÍNGUEZ, Marta & ANTONIO, Rovira de. *Motores de combustión interna*. Madrid-España: UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia, 2016, pp. 83-92

ECUADOREC. *Estatura Promedio en Ecuador ¿Cuánto miden Hombres y Mujeres?* [blog]. [Consulta: 01 junio 2020] . Disponible en: <https://ecuadorec.com/estatura-promedio-en-ecuador-cuanto-miden-hombres-y-mujeres/>

ECUATEPI. *Equipos de protección contra incendios* [blog] [Consulta: 05 mayo 2020] . Disponible en: www.ecuatepi.com

FERNÁNDEZ, C.M. *Sistemas de prevención y protección contra incendios en instalaciones, centros y edificaciones (conocimientos básicos de apoyo a criminólogos y agentes de seguridad público-privada)*. Madrid-España: Reus, 2019, pp. 50-52

SERVICIO NACIONAL DE GESTIÓN DE RIESGOS Y EMERGENCIAS. *Chimborazo es la provincia del país más afectada por incendios forestales* [blog] [Consulta: 03 mayo 2020]. Disponible en :<https://www.gestionderiesgos.gob.ec/chimborazo-es-la-provincia-del-pais-mas-afectada-por-incendios-forestales/>

GOULDS, P. "Bombas centrífugas de succión final serie NPE". *ITT BRANDS*, vol. 4, n° 2 (2020), (United State of America) pp.10-16

HERAS, Salvador. *Fluidos, bombas e instalaciones hidráulicas*. Barcelona-España: Universidad Politécnica de Catalunya, 2011, pp. 153-164

INSL. *El motocultor y la motoazada*. Navarra [blog]. [Consulta 06 mayo 2020]. Disponible en: <http://www.navarra.es/NR/rdonlyres/3DB3FB4C-51AF-43E8-8E48-81C632265A97/0/04unidad4.pdf>

JUIÑA, Luis. Implementación de sus sistema de manufactura CAD CAM en la sección matricería de la empresa [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador. 2015. pp. 28-35. [Consulta: 2020-05-16]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/11427>

JUVENAL, Bosnich. Plan de Protección Contra Incendios Forestales para la comuna de Maullín, Provincia de Llanquihue, Región de Los Lagos [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Austral de Chile, Valdivia-Chile. 2008. pp. 4-14. [Consulta: 2020-05-12]. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/fifa189p/doc/fifa189p.pdf>

MARTIN. *Transmisiones Sincrónicas* [blog]. [Consulta 27 abril 2020]. Disponible en: <http://www.elementosindustriales.com/web/pdf/martin/SECCION-K.pdf>

MASSÓN, Alejandra. Chimborazo es la provincia del país más afectada por incendios forestales [blog]. [Consulta 10 abril 2020]. Disponible en: <https://diariolosandes.com.ec/chimborazo-es-la-provincia-del-pais-mas-afectada-por-incendios-forestales/>

MEDINA, Juan. Diseño de un motocultor de labores agrícolas para la parroqui de San Joaquín de la ciudad de Cuenca [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca-Ecuador. 2015. pp.8-17. [Consulta: 2020-05-04]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7956>

MONTE, Carlo. *Simulación por Computadora* [blog]. [Consulta 27 mayo 2020]. Disponible en: <http://upolisimulacioncompkrenvasq.blogspot.com/2013/04/ventajas-y-desventajas-de-la-simulacion.html.555>

MOSCOVICH, Fabio, Et al. *Manual de Combate de Incendios Forestales y Manejo de Fuego* [en línea]. Buenos Aires-Argentina: INTA DIGITAL, 2015. [Consulta: 13 mayo 2020]. Disponible en: <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/5780>

MOTT, Robert. *Mecánica de fluidos*. 6ª. México D.F.-México: Pearson, 2006, pp. 56-71.

NFPA 1901-2016. *Standart for automotive Fire Apparatus.*

NFPA 1906-2016. *Standart for wildland Fire Apparatus.*

NTP 44-2017. *Plan de emergencia contra incendios.*

ORTEGA, Victor. Diseño y selección de equipos de bombeo para agua accionados por motores eléctricos [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad de San Carlos de Guatemala. Ciudad de Guatemala-Guatemala. 2015. pp. 21-25. [Consulta: 2020-06-05]. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0543_EA.pdf

PADILLA, Freddy. Sistema de bombeo de agua a presión constante mediante la aplicación de variadores de velocidad [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Politécnica Nacional. Quito-Ecuador. 2015. pp. 70-78. [Consulta: 2020-06-15]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10552/1/T1593.pdf>

PAZMAY, Diego. Evaluación del riesgo de incendio que causa fuegos forestales para la inclusión en una plan de emergencia y contingencia vigente en una empresa florícola [En línea] (Trabajo de titulación) (Maestría). Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito-Ecuador. 2015. pp. 36-42. [Consulta: 2020-05-11]. Disponible en: <http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/17860>

PÉREZ RODRÍGUEZ, M.D. *Control y extinción de incendio* [En línea]. 2ª. Madrid-España: Editorial ICB, 2015, pp. 37-39. [Consulta: 07 mayo 2020]. Disponible en: <http://revista.sne.es/363/pdf/NE-363.pdf>

PILLAJO, N. & SUÁREZ, F. Repotenciación del sistema de adquisición de datos de la máquina de torsión del laboratorio de resistencia de materiales de la facultad de mecánica [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2018. pp. 3-5. [Consulta: 17 junio 2020]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/9446>

PLASTIGAMA. *Tanques* [blog]. [Consulta 07 junio 2020]. Disponible en: <https://plastigamawavin.com/producto/tanques/>

QUEVEDO, Ángel. Análisis y diseño de un apero cosechador de papas para el motocultor yto df-151 de propiedad del magap [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2015. pp. 3-5. [Consulta: 14 mayo 2020]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5927/1/65T00205.pdf>

RIBA, Carles & MOLINA, Arturo. *Ingeniería Concurrente: Una metodología integradora.* Barranquilla-Colombia: Edicions UPC, 2006. pp.87-96.

SUBSECRETARIA DE REDUCCIÓN DE RIESGO. Guía operativa para la organización y funcionamiento de los cuerpos de bomberos a nivel nacional [blog]. [Consulta 07 junio 2020]. Disponible en: <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/gu%C3%A0-operativa-organizacional-cuerpo-de-bomberos.pdf>.

RODAS, Melissa. Análisis del comportamiento de incendios forestales en la cuenca del río paute mediante sensores remotos [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad de Cuenca - Facultad de Ciencias Químicas. Cuenca-Ecuador. 2015. pp. 5-15. [Consulta: 08 mayo 2020]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/22325/1/Tesis.pdf>

Shigley. *Diseño en Ingeniería Mecánica.* México D.F.-México : McGraw-Hill, 2015, pp. 54-78.

SKF. *Rodamientos* [blog]. [Consulta 12 junio 2020]. Disponible en: <https://www.skf.com/co/products/rolling-bearings>.

TANDAZO, Jorge & FREIRE, Vinicio. Diseño y construcción de surcadora para motocultor YTO DF-15L para uso de parcelas del MAGAP en la provincia de Chimborazo [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2017. pp. 5-21. [Consulta: 26 junio 2020]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6998/1/65T00231.pdf>

UNE 23-900. *Vehículos contra incendios y de salvamentos.*

UNE-EN 13306. *Mantenimiento. Terminología de mantenimiento.*

YEPES, Víctor. *El motor diésel de cuatro tiempos* [blog]. [Consulta 17 junio 2020]. Disponible en: <https://victoryepes.blogs.upv.es/2013/06/23/el-motor-diesel-de-cuatro-tiempos/>