



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“DISEÑO, ADAPTACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN  
SISTEMA DE ASPERCEO PARA EL MOTOCULTOR YTO-  
DF-15L DEL MAGAP”**

**SEGOVIA MOLINA ADRIAN VINICIO  
VILLARROEL JÁCOME CRISTIAN IVÁN**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**TIPO: PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**Previo a la a obtención del Título de:**

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2018**

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

2017-06-22

Yo recomiendo que el trabajo de titulación preparado por:

**ADRIAN VINICIO SEGOVIA MOLINA**

---

Titulado:

**“DISEÑO Y ADAPTACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
ASPERGEO PARA EL MOTOCULTOR YTO-DF-15L DEL MAGAP”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

---

**Ing. Carlos José Santillán Mariño**  
**DECANO FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

**Ing. Edison Marcelo Castillo Cárdenas**  
**DIRECTOR**

---

**Ing. José Francisco Pérez Fiallos**  
**ASESOR**

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

2017-06-22

Yo recomiendo que el trabajo de titulación preparado por:

**CRISTIAN IVÁN VILLARROEL JÁCOME**

---

Titulado:

**“DISEÑO, ADAPTACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
ASPERGEO PARA EL MOTOCULTOR YTO-DF-15L DEL MAGAP”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

---

**Ing. Carlos José Santillán Mariño**  
**DECANO FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

**Ing. Edison Marcelo Castillo Cárdenas**  
**DIRECTOR**

---

**Ing. José Francisco Pérez Fiallos**  
**ASESOR**

---

**EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** SEGOVIA MOLINA ADRIAN VINICIO

**TRABAJO DE TITULACIÓN:** “DISEÑO. ADAPTACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ASPERCEO PARA EL MOTOCULTOR YTO-DF-15L DEL MAGAP”

**Fecha de Examinación:** 2018-01-18

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

<b>COMITÉ DE EXAMINACIÓN</b>	<b>Aprueba</b>	<b>No aprueba</b>	<b>Firma</b>
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Edison Marcelo Castillo Cárdenas <b>DIRECTOR</b>			
Ing. José Francisco Pérez Fiallos <b>ASESOR</b>			

\*Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

El presidente del tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

**Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza**  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

**EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** VILLARROEL JÁCOME CRISTIAN IVÁN

**TRABAJO DE TITULACIÓN:** “DISEÑO, ADAPTACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ASPERCEO PARA EL MOTOCULTOR YTO-DF-15L DEL MAGAP”

**Fecha de Examinación:** 2018-01-18

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

<b>COMITÉ DE EXAMINACIÓN</b>	<b>Aprueba</b>	<b>No aprueba</b>	<b>Firma</b>
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Edison Marcelo Castillo Cárdenas <b>DIRECTOR</b>			
Ing. José Francisco Pérez Fiallos <b>ASESOR</b>			

\*Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

El presidente del tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

**Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza**  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de titulación que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos – científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

**Cristian Iván Villarroel Jácome**

---

**Adrian Vinicio Segovia Molina**

## **DECLARACIÓN DE AUTENTIFICACIÓN**

Nosotros, Cristian Iván Villarroel Jácome y Adrian Vinicio Segovia Molina, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

---

**Cristian Iván Villarroel Jácome**  
Cédula de Identidad: 060346698-8

---

**Adrian Vinicio Segovia Molina**  
Cédula de Identidad: 050381542-5

## **DEDICATORIA**

Con amor, cariño y respeto a las personas más importantes en mi vida. A mis abuelitos maternos, hoy ángeles de luz que guían mis pasos, y a mi Madre a quien le debo la vida, y depositó en mí su confianza, por haberme brindado su apoyo, su tiempo, sus desvelos y preocupaciones, sus consejos y todas sus esperanzas, por hacer posible que no desistiera en mi camino, dándome todo a cambio de nada y con su perseverancia me ha dado la herencia más valiosa que una madre ofrece a sus hijos .Una profesión.

**Cristian Iván Villarroel Jácome**

El presente Trabajo de titulación la dedico a mis padres, Marco Antonio Segovia Murillo y Nuris Mariela Molina Díaz, pilares fundamentales en mis estudios, que con su incondicional apoyo hoy concluyo un escalón más de mi vida profesional.

A mis familiares y amigos que siempre estuvieron apoyándome en este trabajoso sendero de la vida.

**Adrian Vinicio Segovia Molina**

## **AGRADECIMIENTO**

La gratitud es una de las virtudes más elevadas del espíritu, es por eso que quiero agradecer, a mis maestros que con esmerada dedicación y paciencia me transmitieron sus conocimientos. De manera especial a los ingenieros: Ángel Guamán Presidente del Tribunal de Defensa, Marcelo Castillo Director de Tesis, José Pérez Asesor de Tesis, distinguidos y valiosos catedráticos que con su ejemplo de rectitud y sabiduría me prestaron su desinteresada colaboración, para que este proyecto llegue a feliz término.

A mi Alma Mater por darme la oportunidad de superarme y forjar parte de mi vida en sus aulas, y a todas las maravillosas personas que durante el trayecto de mi formación académica en esta prestigiosa Universidad, compartieron conmigo momentos especiales dándome la oportunidad de crecer como ser humano

**Cristian Iván Villarroel Jácome**

A Dios por sobre todas las cosas, ya que gracias a su regocijo y protección tengo la salud y el intelecto suficiente para poder aportar a la sociedad de una forma positiva.

Agradezco a los docentes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, que con sus enseñanzas y conocimientos han sabido guiarme en cada asignatura, en especial al Ingeniero Marcelo Castillo y al Ingeniero José Pérez, apoyos principales para el presente trabajo de titulación.

**Adrian Vinicio Segovia Molina**

## CONTENIDO

Pág.

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	
1.1	Antecedentes .....	1
1.2	Problema.....	1
1.3	Justificación.....	2
1.4	Objetivos .....	3
1.4.1	<i>Objetivo general.</i> .....	3
1.4.2	<i>Objetivos específicos:</i> .....	3
<b>2.</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b>	
2.1.	Antecedentes históricos del Motocultor .....	4
2.2	Actualidad del motocultor en el país .....	4
2.3	Motocultor .....	6
2.3.1	<i>Concepto de motocultor.</i> .....	6
2.3.2	<i>Descripción del motocultor YTO DF - 15L.</i> .....	6
2.3.3	<i>Características.</i> .....	7
2.3.4	<i>Principales elementos del motocultor YTO DF – 15L.</i> .....	8
2.3.5	<i>Ficha técnica del motocultor YTO DF-15L.</i> .....	8
2.4	Plaguicidas .....	10
2.4.1	<i>Definición de plaguicida</i> .....	11
2.4.2	<i>Antecedentes históricos.</i> .....	11
2.4.3	<i>Clasificación de los Plaguicidas.</i> .....	12
2.4.4	<i>Vías de ingreso de los plaguicidas.</i> .....	17
2.5	Tipos de aparatos para protección de plantas .....	18
2.5.1	<i>Pulverizadores.</i> .....	18

2.5.2	<i>Espolvoreadores.</i> .....	20
2.6	Cualidades de un buen tratamiento .....	25
2.7	Aspectos de seguridad .....	26
2.7.1	<i>Inspección de la salud del operario.</i> .....	26
2.7.2	<i>Período de aplicación.</i> .....	27
2.7.3	<i>Transporte y almacenamiento del producto.</i> .....	27
2.7.4	<i>Manipulación del producto.</i> .....	29
2.7.5	<i>Manejo del contenedor de productos químicos.</i> .....	29
2.7.6	<i>Procedimientos en caso de accidentes.</i> .....	29
2.7.7	<i>Protección personal.</i> .....	30
2.8	Pulverizadores .....	30
2.8.1	<i>Elementos de los pulverizadores.</i> .....	30
2.8.1.1	<i>Válvulas reguladoras de presión.</i> .....	30
2.8.1.2	<i>Bombas.</i> .....	38
2.8.1.3	<i>Cuba o depósito.</i> .....	43
2.8.1.4	<i>Circuito hidráulico.</i> .....	44
2.8.1.5	<i>Boquillas de pulverización.</i> .....	45
2.8.1.6	<i>Barras, lanzas o pistolas de pulverización.</i> .....	48
2.8.1.7	<i>Ventajas e inconvenientes de los pulverizadores en su aplicación a cultivos arbóreos.-</i> .....	49
2.8.1.8	<i>Regulaciones de los pulverizadores.</i> .....	50
2.8.1.9	<i>Mantenimiento de los pulverizadores.</i> .....	51
<b>3</b>	<b>PROCESO TECNOLÓGICO</b>	
3.1.	Propuesta tecnológica.....	52
3.2.	Diseño del modelo tridimensional para la adaptación del sistema de aspersión del motocultor YTO DF 15L.....	53

3.3.	Diseño de elementos para la implementación del sistema de aspersión para el motocultor YTO DF-15L .....	53
3.4.	Materiales y perfiles a ser utilizados .....	54
3.4.1	<i>Conjunto base de la bomba de aspersión.</i> .....	55
3.4.1.1	<i>Base lateral izquierda.</i> .....	55
3.4.1.2	<i>Base lateral derecha.</i> .....	56
3.4.1.3	<i>Pieza de acople.</i> .....	57
3.4.1.4	<i>Placa de soporte.</i> .....	57
3.4.2	<i>Remolque transportador del contenedor de líquido.</i> .....	58
3.4.2.1	<i>Chasis del remolque.</i> .....	58
3.4.2.2	<i>Tambores.</i> .....	59
3.4.2.3	<i>Soporte nivelador del remolque.</i> .....	59
3.4.2.4	<i>Pasador del soporte nivelador.</i> .....	60
3.4.2.5	<i>Unión universal del motocultor.</i> .....	60
3.4.2.6	<i>Guardafangos.</i> .....	61
3.5.	Definición del proceso .....	61
3.5.1	<i>Generación de la geometría.</i> .....	62
3.5.2	<i>Condiciones Generales para el modelado de la estructura.</i> .....	63
3.6.	Generación de la malla .....	67
3.6.1	<i>Selección del método de mallado</i> .....	68
3.6.2	<i>Conjunto base de la bomba de aspersión.</i> .....	68
3.6.3	<i>Remolque transportador del contenedor de líquido.</i> .....	69
3.6.4	<i>Criterio de evaluación de las mallas.</i> .....	71
3.6.5	<i>Control de calidad de malla</i> .....	71
3.6.6	<i>Skewness.</i> .....	72

3.6.7	<i>Conjunto base de la bomba de aspersión.....</i>	73
3.6.8	<i>Remolque transportador del contenedor de líquido .....</i>	74
3.6.9	<i>Análisis de las fuerzas a las que van a estar sometidos cada uno de los elementos diseñados. ....</i>	75
3.6.10	<i>Conjunto base de la bomba de aspersión.....</i>	75
3.6.10.1	<i>Consideraciones para el diseño. ....</i>	75
3.6.11	<i>Remolque transportador del contenedor de líquido. ....</i>	93
3.6.12	<i>Ejecución del análisis de la simulación. ....</i>	96
3.6.13	<i>Análisis de resultados.....</i>	97
3.7.	<i>Análisis de resultados.....</i>	98
3.7.1	<i>Diagrama de esfuerzo deformación. ....</i>	98
3.7.2	<i>Comportamiento elástico. ....</i>	99
3.7.3	<i>Cedencia.....</i>	100
3.7.4	<i>Endurecimiento por deformación.....</i>	100
3.7.5	<i>Estricción. ....</i>	100
3.7.6	<i>Ley de Hooke. Módulo de elasticidad. ....</i>	100
3.7.7	<i>Teorías de falla.....</i>	101
3.7.8	<i>Teoría del esfuerzo cortante máximo. ....</i>	102
3.7.9	<i>Teoría de la energía de la distorsión. ....</i>	103
3.7.10	<i>Factor de seguridad. ....</i>	104
3.8	<i>Presentación de los diseños. ....</i>	110
3.8.1	<i>Primer diseño .....</i>	111
3.8.1.1	<i>Deformación total. ....</i>	111
3.8.1.2	<i>Equivalent Stress. ....</i>	112
3.8.1.3	<i>Factor de seguridad. ....</i>	113

3.8.1.4	<i>Toma de decisión</i> .....	114
3.8.2	<i>Segundo diseño</i> .....	115
3.8.2.1	<i>Deformación total</i> .....	115
3.8.2.2	<i>Equivalent Stress</i> .....	115
3.8.2.3	<i>Factor de seguridad</i> .....	116
3.8.2.4	<i>Toma de decisión</i> .....	117
3.8.3	<i>Tercer diseño</i> .....	118
3.8.3.1	<i>Deformación total</i> .....	118
3.8.3.2	<i>Equivalent Stress</i> .....	118
3.8.3.3	<i>Factor de seguridad</i> .....	119
3.8.3.4	<i>Toma de decisión</i> .....	120
3.9	<i>Remolque transportador del contenedor de líquido</i> .....	121
3.9.1	<i>Primer diseño</i> .....	121
3.9.1.1	<i>Deformación total</i> .....	121
3.9.1.2	<i>Equivalent Stress</i> .....	122
3.9.1.3	<i>Factor de seguridad</i> .....	123
3.9.1.4	<i>Toma de decisión</i> .....	124
3.9.2	<i>Segundo diseño</i> .....	124
3.9.2.1	<i>Deformación total</i> .....	124
3.9.2.2	<i>Equivalent Stress</i> .....	125
3.9.2.3	<i>Factor de seguridad</i> .....	125
3.9.2.4	<i>Toma de decisión</i> .....	126
3.9.3	<i>Tercer diseño</i> .....	126
3.9.3.1	<i>Deformación total</i> .....	126
3.9.3.2	<i>Equivalent Stress</i> .....	127

3.9.3.3	<i>Factor de seguridad.</i>	128
3.9.3.4	<i>Toma de decisión.</i>	128
3.10	Adaptación del Remolque transportador del contenedor de líquido.	129
3.10.1	<i>Adaptación del diseño.</i>	129
3.10.1.1	<i>Deformación total.</i>	129
3.10.1.2	<i>Equivalent Stress.</i>	130
3.10.1.3	<i>Factor de seguridad.</i>	131
3.10.1.4	<i>Toma de decisión.</i>	131
<b>4</b>	<b>PROCEDIMIENTO TECNOLÓGICO</b>	
4.1	Proceso de Manufactura.	132
4.2	Proceso de fabricación.	133
4.3	Montaje de los elementos.	136
4.3.1	Condiciones generales.	136
4.3.2	Proceso de obtención del prototipo.	136
<b>5</b>	<b>ENSAYOS Y MANUALES</b>	
5.1	Ensayos de validación	142
5.1.1	<i>Selección de bombas</i>	142
5.1.2	<i>Gasto de fumigante por área de aplicación del terreno.</i>	143
5.1.3	<i>Comparación de rendimientos (bomba de fumigar manual-bomba de fumigar motorizada-adaptación de la bomba en el motocultor).</i>	144
5.1.3.1	<i>Bomba de pistones Power Sprayer estacionaria</i>	144
5.1.3.2	<i>Bomba manual de fumigar</i>	145
5.1.3.3	<i>Bomba motorizada de fumigar</i>	145
5.2	Instrucciones de armado.	145
5.3	Instrucciones de operación	153

5.4 Instrucciones de mantenimiento.....155

**6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

6.1 Conclusiones .....158

6.2 Recomendaciones.....159

**Bibliografía**

**Anexos**

**Planos**

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Parámetros técnicos del motocultor YTO DF-15L.....	9
<b>Tabla 2.</b> Clasificación de los plaguicidas según el organismo que interesa controlar.....	13
<b>Tabla 3.</b> Clasificación de los plaguicidas según el grupo químico.....	15
<b>Tabla 4.</b> Clasificación de los plaguicidas según su peligrosidad.....	16
<b>Tabla 5.</b> Clasificación de equipos según su forma de transportarlos.....	22
<b>Tabla 6.</b> Utilización de los diversos sistemas de aplicación de los plaguicidas.....	26
<b>Tabla 7.</b> Clasificación de las bombas según su sistema de accionamiento.....	38
<b>Tabla 8.</b> Clasificación de las bombas según su sistema de accionamiento.....	39
<b>Tabla 9.</b> Materiales y perfiles.....	54
<b>Tabla 10.</b> Dimensiones normalizadas de correas.....	79
<b>Tabla 11.</b> Dimensiones normalizadas de poleas trapezoidales.....	80
<b>Tabla 12.</b> Diámetro primitivo mínimo de las poleas trapezoidales.....	81
<b>Tabla 13.</b> Características del factor de seguridad A, B y C.....	108
<b>Tabla 14.</b> Características del factor de seguridad D y E.....	109
<b>Tabla 15.</b> Equipos y herramientas.....	1322
<b>Tabla 16.</b> Procedimiento de construcción del prototipo.....	1344

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Vista Principal del motocultor YTO DF-15L .....	7
<b>Figura 2.</b> Principales elementos del motocultor YTO DF-15L .....	8
<b>Figura 3.</b> Flor de la piretrina. ....	12
<b>Figura 4.</b> Esquema de un pulverizador de chorro proyectado .....	18
<b>Figura 5.</b> Pulverizador hidroneumático .....	19
<b>Figura 6.</b> Pulverizador neumático.....	20
<b>Figura 7.</b> Nebulizador agrícola .....	20
<b>Figura 8.</b> Esquema del funcionamiento de un espolvoreador con diversos dispositivos de distribución. ....	21
<b>Figura 9.</b> Válvula reguladora de presión.....	31
<b>Figura 10.</b> Regulador de presión.....	31
<b>Figura 11.</b> Símbolo de la válvula de seguridad.....	32
<b>Figura 12.</b> Válvula de seguridad de acción directa y drenaje interno.....	33
<b>Figura 13.</b> Válvula de seguridad con pilotaje interno. ....	35
<b>Figura 14.</b> Válvula de descarga con pilotaje externo y drenaje interno.....	36
<b>Figura 15.</b> Válvulas de pilotaje interno y drenaje externo montadas en dos ramales paralelos a la línea principal. ....	36
<b>Figura 16.</b> Válvula que evita que la presión suba por encima de un valor determinado .....	37
<b>Figura 17.</b> Válvula que mantiene una diferencia de presión. ....	37
<b>Figura 18.</b> Bomba hidráulica de pistón.....	40
<b>Figura 19.</b> Bomba para fumigar de membrana .....	41
<b>Figura 20.</b> Bomba de rodillos .....	41
<b>Figura 21.</b> Bomba centrífuga mono etapa.....	42
<b>Figura 22.</b> Bomba de engranaje. ....	42
<b>Figura 23.</b> Cuba .....	43
<b>Figura 24.</b> Boquilla de chorro cónico .....	46
<b>Figura 25.</b> Boquilla de chorro plano .....	47
<b>Figura 26.</b> Boquilla de choque.....	47

<b>Figura 27.</b> Boquilla de varias salidas de gota gruesa.....	48
<b>Figura 28.</b> Dispositivo anti goteo.....	48
<b>Figura 29.</b> Pistola de pulverización .....	49
<b>Figura 30.</b> Conjunto Base-Bomba .....	55
<b>Figura 31.</b> Base lateral izquierda .....	56
<b>Figura 32.</b> Base lateral derecha.....	56
<b>Figura 33.</b> Pieza de acople .....	57
<b>Figura 34.</b> Placa de soporte.....	577
<b>Figura 35.</b> Remolque transportador .....	58
<b>Figura 36.</b> Chasis del remolque .....	59
<b>Figura 37.</b> Tambor .....	59
<b>Figura 38.</b> Soporte nivelador del remolque .....	60
<b>Figura 39.</b> Pasador del soporte nivelador .....	60
<b>Figura 40.</b> Unión universal del motocultor.....	61
<b>Figura 41.</b> Guardafangos .....	61
<b>Figura 42.</b> ANSYS (workbench) .....	62
<b>Figura 43.</b> ANSYS (contenido de herramientas).....	63
<b>Figura 44.</b> SOLID WORKS (formato compatible).....	64
<b>Figura 45.</b> ANSYS (importación de la geometría) .....	65
<b>Figura 46.</b> ANSYS (proceso de carga de la geometría).....	66
<b>Figura 47.</b> ANSYS (plataforma de diseño).....	67
<b>Figura 48.</b> Geometrías .....	68
<b>Figura 49.</b> ANSYS (malla base – bomba de aspersion) .....	69
<b>Figura 50.</b> ANSYS (malla remolque transportador).....	70
<b>Figura 51.</b> ANSYS (malla remolque transportador 250L) .....	70
<b>Figura 52.</b> ANSYS (criterio de evaluación) .....	71
<b>Figura 53.</b> ANSYS (criterio de evaluación) .....	71
<b>Figura 54.</b> Control de mallado .....	72
<b>Figura 55.</b> Medidas de calidad de malla .....	72
<b>Figura 56.</b> ANSYS (resultado del proceso de mallado conjunto base - bomba) .....	73
<b>Figura 57.</b> ANSYS (resultado del proceso de mallado remolque transportador) .....	74

<b>Figura 58.</b> ANSYS (resultado del proceso de mallado remolque transportador 250L).....	744
<b>Figura 59.</b> Cálculo del diámetro de la polea de la bomba. ....	76
<b>Figura 60.</b> Elección de la sección de las correas clásicas .....	79
<b>Figura 61.</b> Sección transversal de la correa .....	80
<b>Figura 62.</b> Sección acotada de polea.....	80
<b>Figura 63.</b> Cálculo de longitud de correa.....	81
<b>Figura 64.</b> Tensiones en los ramales.....	90
<b>Figura 65.</b> Sección transversal de correa y polea trapecial.....	90
<b>Figura 66.</b> Dimensiones y parámetros de una banda. ....	91
<b>Figura 67.</b> ANSYS (colocación de fuerzas base-bomba) .....	93
<b>Figura 68.</b> ANSYS (colocación de fuerzas base-bomba) .....	93
<b>Figura 69.</b> ANSYS (colocación de fuerzas remolque transportador) .....	95
<b>Figura 70.</b> ANSYS (colocación de fuerzas remolque transportador 250L).....	96
<b>Figura 71.</b> ANSYS (ejecución del análisis).....	97
<b>Figura 72.</b> ANSYS (análisis de resultados) .....	977
<b>Figura 73.</b> Probeta de acero estructural .....	98
<b>Figura 74.</b> Diagrama esfuerzo-deformación convencional.....	99
<b>Figura 75.</b> Teorías de MSST vs DET .....	104
<b>Figura 76.</b> ANSYS (análisis de resultados base - bomba).....	111
<b>Figura 77.</b> ANSYS (análisis base – bomba primer diseño) .....	112
<b>Figura 78.</b> ANSYS (análisis base – bomba primer diseño) .....	113
<b>Figura 79.</b> ANSYS (análisis base – bomba primer diseño) .....	114
<b>Figura 80.</b> ANSYS (análisis base – bomba segundo diseño) .....	115
<b>Figura 81.</b> ANSYS (análisis base – bomba segundo diseño) .....	116
<b>Figura 82.</b> ANSYS (análisis base – bomba segundo diseño) .....	117
<b>Figura 83.</b> ANSYS (análisis base – bomba tercer diseño).....	118
<b>Figura 84.</b> ANSYS (análisis base – bomba tercer diseño).....	119
<b>Figura 85.</b> ANSYS (análisis base – bomba tercer diseño).....	120
<b>Figura 86.</b> ANSYS (análisis de resultados remolque transportador).....	121
<b>Figura 87.</b> ANSYS (análisis remolque transportador primer diseño).....	122
<b>Figura 88.</b> ANSYS (análisis remolque transportador primer diseño).....	123

<b>Figura 89.</b> ANSYS (análisis remolque transportador primer diseño).....	123
<b>Figura 90.</b> ANSY (análisis remolque transportador segundo diseño) .....	124
<b>Figura 91.</b> ANSYS (análisis remolque transportador segundo diseño).....	125
<b>Figura 92.</b> ANSYS (análisis remolque transportador segundo diseño).....	126
<b>Figura 93.</b> ANSYS (análisis remolque transportador tercer diseño) .....	127
<b>Figura 94.</b> ANSYS (análisis remolque transportador tercer diseño) .....	1277
<b>Figura 95.</b> ANSYS (análisis remolque transportador tercer diseño) .....	1288
<b>Figura 96.</b> ANSYS (análisis de resultados remolque transportador 250L) .....	12929
<b>Figura 97.</b> ANSYS (análisis remolque transportador 250L) .....	1300
<b>Figura 98.</b> ANSYS (análisis remolque transportador 250L) .....	1300
<b>Figura 99.</b> ANSYS (análisis remolque transportador 250L) .....	1311
<b>Figura 100.</b> Materiales para la fabricación .....	1333
<b>Figura 101.</b> Construcción del chasis.....	1377
<b>Figura 102.</b> Corte de tubos.....	1377
<b>Figura 103.</b> Soldadura del eje .....	13838
<b>Figura 104.</b> Perfil de la tolva .....	13838
<b>Figura 105.</b> Soporte y eje del remolque.....	13939
<b>Figura 106.</b> Tool corrugado .....	13939
<b>Figura 107.</b> Plancha de tool .....	13939
<b>Figura 108.</b> Acople .....	1400
<b>Figura 109.</b> Base estructural de la bomba.....	1411
<b>Figura 110.</b> Soporte de la bomba.....	1411
<b>Figura 111.</b> Prototipo .....	1411
<b>Figura 112.</b> Bomba power sprayer.....	1422
<b>Figura 113.</b> Estructura de la bomba .....	1466
<b>Figura 114.</b> Base de la bomba.....	1466
<b>Figura 115.</b> Montaje de la bomba .....	1477
<b>Figura 116.</b> Chasis del motocultor.....	1477
<b>Figura 117.</b> Templador .....	1477
<b>Figura 118.</b> Polea del motocultor.....	14848
<b>Figura 119.</b> Banda de transmisión .....	14848

<b>Figura 120.</b> Banda de transmisión .....	14949
<b>Figura 121.</b> Ajuste del templador .....	14949
<b>Figura 122.</b> Chasis del motocultor.....	1500
<b>Figura 123.</b> Rotavator .....	1500
<b>Figura 124.</b> Junta Universal .....	1511
<b>Figura 125.</b> Remolque .....	1511
<b>Figura 126.</b> Tanque de 250 L.....	1522
<b>Figura 127.</b> Bomba power sprayer.....	1522
<b>Figura 128.</b> Pistola de fumigación .....	1533
<b>Figura 129.</b> Aceite multigrado.....	1533
<b>Figura 130.</b> Bomba de fumigación .....	1544
<b>Figura 131.</b> Indicador de presión .....	1544
<b>Figura 132.</b> Boquilla .....	1555
<b>Figura 133.</b> Bomba power sprayer.....	1566
<b>Figura 134.</b> Bomba power sprayer.....	1566
<b>Figura 135.</b> Bomba power sprayer.....	1577

## SIMBOLOGÍA

P	Presión	Bar
L	Volumen	Litros
P	Potencia	Hp
W	Velocidad angular	Rpm
D	Diámetro	In
L	Longitud	Mm
V	Velocidad	m/s
So	Tensión	N
T	Fuerza	N
V	Volumen	m <sup>3</sup>
G	Gravedad	m/s <sup>2</sup>

## **LISTA DE ABREVIACIONES**

CAD	Diseño asistido por computadora
CAM	Manufactura asistido por computadora
CAE	Ingeniería asistida por computadora
OMS	Organización Mundial de la Salud
MAGAP	Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación tiene como finalidad diseñar un sistema de aspergeo para la posterior adaptación e implementación en un MOTOCULTOR YTO-DF-15L que pertenece al Ministerio de Agricultura y Ganadería MAG de la provincia de Chimborazo. Para elaborar este trabajo se modelan los elementos de soporte de la bomba de pistones y de los depósitos de 250L-500L en un software denominado Solid Works, continuamente se analiza las cargas y resistencias mecánicas de dichos elementos en tres estados sobredimensionamiento, en falla y en estado normal. Para aquello se realiza la simulación por el método de elementos finitos con el software denominado ANSYS WORKBENCH. Una vez elaborado los planos del prototipo se realiza el proceso de manufactura del soporte de la bomba y del remolque en un taller mecánico dotado de equipos y herramientas necesarias como: torno de precisión, suelda eléctrica, amoladora, taladro, flexómetro. Para un correcto funcionamiento del sistema de aspergeo se elabora manuales de mantenimiento, operación y armado que son de gran ayuda para el agricultor; Con esta implementación se obtiene beneficios como: tener un mejor control de las plagas y enfermedades que afectan al crecimiento de la plántula, ahorrar tiempo y mano de obra, mayor aprovechamiento de los productos químicos, tener menos vías de contacto entre el agricultor y los plaguicidas. Con el fin de evitar un mal funcionamiento en la armonía del movimiento del motocultor se recomiendan no realizar perforaciones en el chasis del motocultor y no cambiar el punto de gravedad del motocultor al momento de adaptar la bomba de pistones.

**PALABRAS CLAVE:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <SISTEMA DE ASPERGEOS>, <MOTOCULTOR>, <SOLIDWORKS (SOFTWARE)>, <ANSYS WORKBENCH (SOFTWARE)>, <BOMBA DE PISTONES>, <PLAGUICIDAS>, <MANUFACTURA>

## **ABSTRACT**

This titling project deals with designing a spraying system for its subsequent adaptation and implementation in a walking tractor YTO – DF – 15L which belongs to the Ministry of Agriculture and Livestock MAG of Chimborazo province. To do this work the support elements of the piston pump and the deposits of 250L – 500L are molded in a software called SolidWorks, mechanical loads and strength of such elements are constantly analyzed in three states overdimensioning, in fault and normal state. For this purpose, the simulation is carried out by the finite element method with the software called ANSYS Workbench. Once the prototype drawings have been prepared, the manufacturing process of the pump support and trailer is carried out in a mechanical workshop geared with the necessary equipment and tools such as a precision winch, an electric welding machine, a grinding machine, a drill, a flexometer. Maintenance, operation and assembly manuals were developed for a correct operation of the spraying system which is an invaluable aid for the farmer. An accurate pest and diseases control that affects growth seedling, saving time and workforce, better utilization of the chemical products, have fewer ways of contact among the farmer and the pesticides are the benefits obtained with this implementation. In order to avoid a poor operation in the motion harmony of the walking tractor, it is recommended do not drill holes in its chassis and do not change the center of gravity adapting the piston pump.

Keywords: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCE>, <SPRAYING SYSTEM>, <WALKING TRACTOR>, <SOLIDWORKS (SOFTWARE)>, <PISTON PUMP>, <PESTICIDES>, <MANUFACTURING>.

## **CAPÍTULO I**

### **1. INTRODUCCIÓN**

#### **1.1 Antecedentes**

El 4 de febrero de 2014, el Banco Nacional de Fomento transfirió al Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca un total de 94 tractores y 1.942 motocultores para ser distribuidos a las diferentes organizaciones de productores del país. (Eltelegrafo, 2014)

El Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca de la provincia de Chimborazo presentó algunos problemas con los motocultores debido a la irregularidad del terreno y los diferentes trabajos que requerían realizar los productores de los diferentes cantones de la provincia.

La asociación agrícola perteneciente al cantón Chambo se vio en la necesidad de optimizar los tiempos empleados para la fumigación de sus sembríos, para lo cual decidieron emplear los motocultores, pero el principal problema que se presentó fue la falta de accesorios y herramientas de esta maquinaria en el mercado ecuatoriano.

Es así como se logra vincular a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo conjuntamente con la Escuela de Ingeniería Automotriz en un proyecto tecnológico con el Ministerio del cantón Chambo para el diseño y la adaptación ingenieril de un accesorio para el motocultor YTO DF 15L para dar solución a la problemática presentada por la asociación agrícola del cantón Chambo.

#### **1.2 Problema**

Para el motocultor YTO DF-15L no existe disponible en el mercado un equipo de fertilización y fumigación por aspergeo de suelos que se pueda adquirir e incorporarlo.

En la actualidad el MAGAP Regional Chimborazo cuenta con 150 motocultores de los cuales 20 están laborando con normalidad, el resto se encuentran en estado de corrosión y deterioro por la falta de funcionalidad.

El desgaste físico de los agricultores al cargar una bomba motorizada de aspersión o un equipo de aspersión de mochila es extenuante, para suplir este problema es necesario implementar un equipo mecanizado mediante el cual se puede aspergear plántulas en crecimiento y evitar pérdidas del material.

El riesgo de envenenamiento y enfermedades como cáncer y leucemia por el contacto directo con el químico utilizado en la fertilización y fumigación del suelo son altos, estos pueden suceder por ser introducidos en el cuerpo por la boca (vía oral), a través de la piel (vía dérmica) o por los pulmones (inhalación).

### **1.3 Justificación**

En el Ecuador existe una superficie de 24 874 396 hectáreas, según el MAGAP más de 13 millones de hectáreas están siendo aprovechadas para cultivos, ganadería y bosques. El país tiene más de 120 tipos de cultivos de los cuales más de 50 son permanentes y alrededor de 70 son transitorios, solos o asociados. Los cultivos permanentes ocupan 1 468 141 ha, siendo los principales: banano, café, caña de azúcar, palma africana y plátano.

En la región sierra existe una superficie de (4 198 132ha) 35,7% de la superficie aprovechada, donde la provincia de Chimborazo ocupa el primer lugar de la región con 471 000 hectáreas de tierra utilizada para uso agropecuario. La provincia de Chimborazo es líder de la producción de cereales, legumbres, hortalizas, tubérculos, hierbas y especias especialmente en la producción de productos de ciclo corto. En el caso de cultivos permanentes como es las frutas tropicales, café, cacao y caña. (Valdivieso, 2017)

El Ecuador es un país privilegiado por la diversidad de suelos que posee pero el actual manejo de este recurso se torna insostenible dada la alta dependencia y el uso ineficiente de fertilizantes de origen sintético, insuficientes análisis de suelos, indiscriminada aplicación de plaguicidas y falta de información respecto de los reales requerimientos de fertilización.

Principalmente la fertilización por aspergeo del suelo los agricultores la realizan de manera tradicional, al cargar una bomba motorizada de aspersion o un equipo de aspersion de mochila lo cual les resulta extenuante.

Además, es importante elevar el índice de mecanización agrícola en el Ecuador, a fin de suplir problemas actuales como la falta de mano de obra en el campo.

El gobierno autónomo descentralizado de Chambo en conjunto con el MAGAP regional de Chimborazo, requieren implementar un sistema de aspergeo para el motocultor yto-df-15l, con el fin de mejorar la calidad de vida de los agricultores y reducir el impacto ambiental.

## **1.4      Objetivos**

### ***1.4.1      Objetivo general.***

Diseñar, adaptar e implementar un sistema de irrigación para el motocultor yto-df-15l del MAGAP.

### ***1.4.2      Objetivos específicos:***

Realizar una revisión bibliográfica de los sistemas de aspergeo en el Ecuador y la realidad actual de los motocultores en el país.

Diseñar un sistema de aspergeo mediante la aplicación de un software CAD CAE para aumentar la funcionalidad del motocultor.

Adaptar el sistema de aspergeo al motocultor YTO-DF-15L del MAGAP.

Validar el sistema de irrigación.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes históricos del Motocultor

Los motocultores de la actualidad son el producto de un proceso evolutivo cuyo origen se remonta a la Revolución Industrial, época en que las llamadas locomóviles mediante un motor de vapor eran capaces de accionar maquinarias estacionarias o arrastrar arados mediante un cable en sentido alternativo.

Con la llegada del motor de combustión, pronto las máquinas comenzaron a reemplazar a los caballos en el tiro del arado. Paralelamente a este hecho en 1917 en plena primera guerra mundial HENRY FORD empezó a fabricar tractores en serie con piezas de automóviles a los que llamó FORDSONS y gracias a su gran acogida comenzó a exportar a Europa después de la segunda guerra mundial.

Pero, es solo a partir del año 50 cuando en Rumania (Italia), se crea el primer y auténtico motocultor como una máquina que podía realizar óptimamente diversos trabajos, la idea central de su creación fue separar el vehículo autopropulsado con el accesorio, esto fue un éxito enorme, a tal punto que a partir de 1957 comenzó su comercialización fuera de la región romana.

Cabe destacar que no se sabe a ciencia cierta quien inventó el motocultor, tan solo que empezó a emplearse a mediados de los años 50 como una alternativa económica al tradicional tractor.

#### 2.2 *Actualidad del motocultor en el país.*

En nuestro país, los gobiernos en su plataforma electoral han ofrecido promover el desarrollo del agro, sin embargo hasta hoy no se ha delineado una verdadera política agraria coherente y sustentable por lo que este sector sigue siendo el más desprotegido de la sociedad, manteniéndose a los pequeños y medianos agricultores en completo abandono y total pobreza.

Para tratar de paliar en parte esta situación, el anterior gobierno desarrolló un programa de mecanización agrícola comunitario en respuesta a las demandas planteadas por los agricultores con relación a sus requerimientos de innovación de las técnicas de cultivo para elevar el nivel de rendimiento y eficacia de la producción, así como los ingresos de este importante sector.

El programa asignó a través del MAGAP alrededor de 94 tractores agrícolas y 1942 motocultores comercializados a precios accesibles y con facilidades de pago a los agricultores, por lo que se estima que aproximadamente cien organizaciones de distintas provincias están empleando ya métodos semi-tecnificados de producción, que ofrecen grandes ventajas tanto agrarias como económicas, debido a que la maquinaria agrícola es uno de los avances más importantes de la tecnología, que permite no solo el ahorro de horas de trabajo en el campo, sino que además mejoran las técnicas de cultivo y maximizan la producción, pero esta alternativa tecnológica que generó gran expectativa en la población agrícola al ser utilizada en el trabajo del campo presentó varias limitaciones tales como:

- Problemas con la complementación de implementos agrícolas para la labranza primaria del suelo, principalmente del arado.
- Los equipos no se encuentran adaptados a las condiciones geográficas y agrarias del país.
- El nivel de capacitación requerida para operar y mantener eficientemente la maquinaria es deficiente ocasionando que una parte de los motocultores estén subutilizados o sin utilización generando pérdidas para el campesino,
- Inexistencia de repuestos.

A pesar de estas limitaciones, el motocultor con las debidas adaptaciones técnicas y la capacitación adecuada de los operadores puede ser la herramienta de trabajo que permita pasar de los métodos tradicionales de labranza al empleo de maquinaria motorizada y por tanto que los pequeños agricultores puedan obtener suficientes ingresos económicos para el financiamiento de los gastos de adquisición, funcionamiento, mantenimiento y depreciación de los equipos mejorando la producción y su calidad de vida.

## **2.3 Motocultor**

### **2.3.1 *Concepto de motocultor.***

Etimológicamente motocultor proviene del vocablo moto – y cultor, que significa mula mecánica.

El diccionario de la lengua española lo define como: Una máquina destinada a realizar diversas tareas agrícolas y que sustituye al tractor en aquellas labores en que por su tamaño no puede ser utilizado.

De lo expuesto se colige, que el motocultor es un vehículo especial autopropulsado, de un solo eje, dirigible por manseras para arrastras, empujar remolques, aperos o cualquier maquinaria o carga pesada.

### **2.3.2 *Descripción del motocultor YTO DF - 15L.***

El ser humano, inteligente, pero limitado en fuerza necesaria para realizar trabajos arduos y poco atractivos como son las faenas agrícolas, ha buscado desde la antigüedad el desarrollo de maquinarias que le sustituyan y mejoren su calidad de vida, surge entonces el motocultor como una alternativa en la industrialización del preparado del terreno para la agricultura.

El motocultor, particularmente el YTO DF – 15L es una máquina de un solo eje que posee 16Hp o 12Kw, está diseñado con una estructura simple, compacta, ligera, y confiable que le permite un prolongado tiempo de uso y fácil operación a campo traviesa, cuenta con una doble función que le posibilita arrastrar y accionar aditamentos, convirtiéndole en una herramienta perfecta de trabajo en campos lodosos y secos e incluso en terrenos con colinas de pendientes moderadas.

**Figura 1.** Vista Principal del motocultor YTO DF-15L



Fuente: <http://www.jinma-tractor.com/upload3/463.jpg>

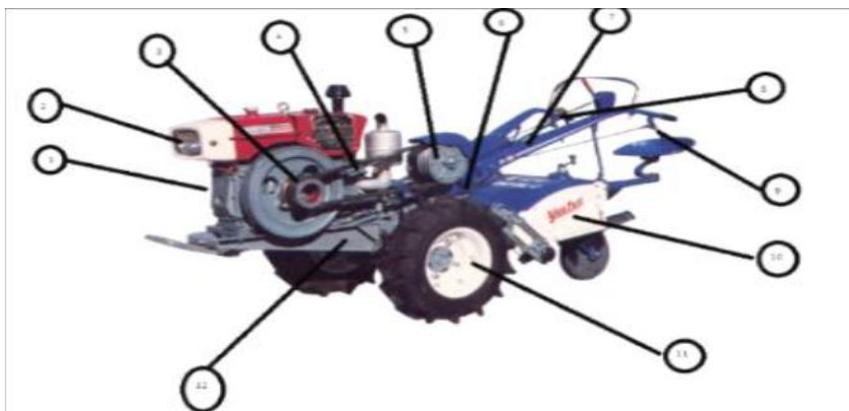
### 2.3.3 *Características.*

De modo general, las características más relevantes del motocultor son las siguientes:

- Ofrece al usuario enormes ventajas ya que puede ser utilizado en terrenos en barbecho, rotocultivo, en cosechas de campos de arroz o cereales, o para hacer canales, etc. Siempre que esté debidamente equipado con los implementos necesarios.
- Puede emplearse como fuente estacionaria de potencia para sistemas de irrigación, bombeo o como fuente de aspersión.
- Está dotado de un motor a diésel
- Por su diseño soporta grandes esfuerzos
- Su peso es ligero
- De fácil manejo, y adaptabilidad al suelo
- Gran durabilidad de la máquina
- Garantiza el mejoramiento de las propiedades físicas del suelo; la mezcla homogénea del suelo con la materia; y, la eliminación efectiva de malezas y control de plagas.

### 2.3.4 Principales elementos del motocultor YTO DF – 15L

**Figura 2.** Principales elementos del motocultor YTO DF-15L



Fuente: Manual de operación servicio motocultor YTO DF-15L, pág. 15

- Motor
- Generador de corriente
- Gaja de salida principal
- Palanca del clutch y freno
- Manivelas de dirección
- Rueda de tracción
- Faro frontal
- Cluth
- Bastidor de dos manubrios
- Switch del faro frontal
- Bastidor de acoplamiento
- Chasis
- Bandas V
- Caja de transmisión
- Palanca de velocidades
- Manivela del acelerador
- Mandos finales

### 2.3.5 Ficha técnica del motocultor YTO DF-15L.

Las especificaciones técnicas que se presentan en la tabla 1 fueron tomadas del Manual de Operación Servicio Motocultor YTO DF-15L en la cual consta la información necesaria para la realización del presente proyecto.

**Tabla 1.** Parámetros técnicos del motocultor YTO DF-15L

<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS COMUNES</b>	
Modelo	DF-15L
Tipo	Eje sencillo de propósito dual para tracción y transmisión
Dimensiones generales (LxAxAlt mm)	2680 x 960 x 1250
Peso (Kg)	509/499
<b>SISTEMA DE TRANSMISIÓN</b>	
Bandas del motor al cluch	Bandas tipo “V”
Tipo de cluch	Disco de doble fricción y contacto constante
Caja de transmisión	Montaje con cadena de rodillos de precisión formato corto 08B-2x64
Caja de cambios	Espuelas y engranes deslizantes en constante engranaje, transmisión tipo (3+1)x2
Dirección	Levas laterales en combinación con freno
Transmisión final	Reducción de dos pasos por engranajes espuela
Tipo de frenado	Anillo de expiación interno, tipo húmedo
<b>DISPOSITIVO DE REMOLQUE</b>	
Apertura del marco adaptador(mm)	95
Distancia del piso al marco(mm)	389
Diámetro del perno de conexión(mm)	20
<b>ESPECIFICACIONES ESPECIALES</b>	
Fuerza de tracción	221 Kg-f
Velocidad tebrica por cambio(Km/h)	Hacia delante: 1.6, 2.8, 4.6, 5.9, 10.5, 17.1 En reversa: 1.2, 4.3
Velocidad del rototiller (rpm)	211/345 baja/ alta.

**Tabla 1.** (Continua) Parámetros técnicos del motocultor YTO DF-15L

<b>MOTOR(DIÉSEL)</b>	
Modelo	S1100A <sub>2</sub> N (o equivalente)
Peso(Kg)	160
Tipo	Monocilindro bore (100) x stroke (115) mm. Desplazamiento total 0.9031, cuatro tiempos, enfriamiento con agua, desplazamiento horizontal y cámara de combustión tipo remolino.
Potencia de salida (Kw/Hp)	12/16
Torque máximo (Nm)	257
Polea de salida del motor/ diámetro interno(Pulg)	5.5/5

Fuente: Manual de Operación Servicio Motocultor YTO DF-15L, pág. 24

## 2.4 Plaguicidas

Considerando que en la provincia de Chimborazo, donde un porcentaje importante de la población se dedica a la agricultura y siendo esta una actividad que sustenta una parte muy significativa de su economía, el empleo de plaguicidas de forma masiva en los cultivos por los agricultores con el propósito de incrementar su producción a ocasionado grandes beneficios agrícolas, pero a la vez graves problemas de salud pública, debido a que estas sustancias producen secuelas colaterales adversas, muchas veces de carácter irreversible tanto para el ser humano como en el medio ambiente, constituyéndose en un álgido problema especialmente para los países en desarrollo donde por diversos motivos estos productos no son utilizados de manera adecuada.

La importancia de lo expresado se traduce, en que el uso y manejo de los plaguicidas guarda estrecha relación con el grado de conocimiento y responsabilidad en el manejo de los procedimientos de aplicación de estas sustancias, por lo que muchos de los efectos adversos producidos por los plaguicidas pueden ser prevenidos si se informa, educa y

capacita a los agricultores y sus familias sobre el empleo de técnicas apropiadas para el control de plagas.

#### **2.4.1 Definición de plaguicida**

La Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación conceptúa a los plaguicidas o pesticidas como toda sustancia o mezcla de sustancias destinada a prevenir, destruir, atraer, repeler, o combatir cualquier plaga, incluyendo a especies perjudiciales de plantas o animales, durante la producción, almacenamiento, transporte, distribución, comercialización y elaboración de alimentos, productos agrícolas o alimentos para animales, o que pueda administrarse a estos para atacar a ectoparásitos. Se incluye también a sustancias reguladoras del crecimiento de plantas, defoliantes, desecantes, agentes para reducir la densidad de la fruta o inhibidores de la germinación, y las sustancias utilizadas en los cultivos antes o después de la cosecha con el fin de proteger el producto de la deterioración durante su almacenamiento y transporte. Cabe señalar que no están contemplados dentro de esta definición a los fertilizantes, nutrientes de origen vegetal o animal, a los aditivos alimentarios y a medicamentos para animales. (AGRICULTURA, 1997)

#### **2.4.2 Antecedentes históricos.**

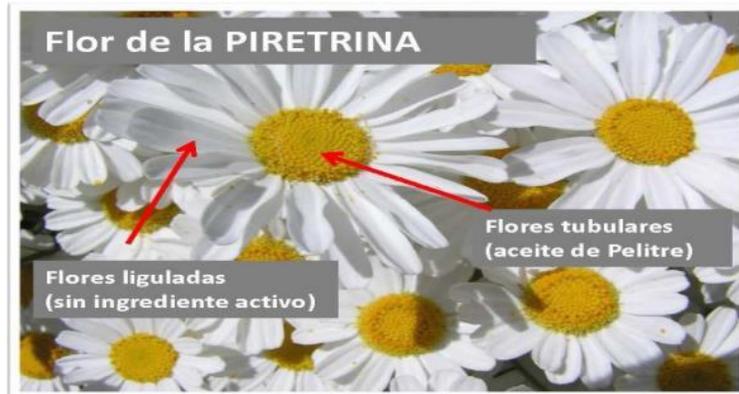
Los plaguicidas se originaron por la imperiosa necesidad que tenían nuestros antepasados de proteger sus cultivos de las plagas que amenazaban terminar con sus alimentos. (MARTÍN & M. SÁNCHEZ CAMAZANO, 1984)

De acuerdo a estudios recientes se ha demostrado que algunos de los métodos actuales para combatir a estas plagas fueron ya utilizados desde hace 2000 años en los pueblos de Grecia Antigua y del Imperio Romano quienes obtenían sus plaguicidas del principio activo de varias fuentes vegetales, animales y de algunos minerales.

Muchos de estos métodos que fueron empleados para combatir las enfermedades de hongos, malas hierbas e insectos se parecen a los métodos modernos. A partir del año de 1922 se comienza a utilizar los aceites insecticidas, y al mismo tiempo se descubre la acción insecticida del pelitre, empleándose este producto natural primero en Persia, tiempo

después en el Cáucaso y finalmente fue introducida en Europa a principios del siglo XIX. Actualmente a partir de ellas se obtiene un insecticida conocido como piretrina. (MARTÍN & M. SÁNCHEZ CAMAZANO, 1984)

**Figura 3.** Flor de la piretrina.



**Fuente:** <https://sandra65.blogspot.com/2015/05/la-piretrina-chrysanthemum.html>

### **2.4.3** *Clasificación de los Plaguicidas.*

Por la gran cantidad de familias químicas utilizadas su clasificación resulta difícil, pero la más empleada es la que fusiona los criterios que toman en cuenta a dos aspectos: la plaga a la que se ataca y la relación con la familia química y su toxicidad. (Leite, 2012)

En base a este criterio existen tres formas de clasificar a los plaguicidas:

- a) Según el tipo de organismos que se deseen controlar
- b) Según el grupo químico
- c) Según la toxicidad aguda

a) Según el tipo de organismo que se desee controlar.- Se clasifican en :

**Tabla 2.** Clasificación de los plaguicidas según el organismo que interesa controlar.

TIPO DE PLAGUICIDA		ORGANISMO QUE INTERESA CONTROLAR
Insecticida	Larvicida	Larvas de insectos
	Formicida	Hormigas
	Pulguicida	Pulgas
	Piojicida	Piojos
	Aficida	Pulgones
Acaricida	Garrapaticida	Garrapatas
Nematicida		Nematodos
Molusquicida		Moluscos
Rodencida		Roedores
Avicida	Columbicida	Aves (palomas)
Bacteriostático y Bactericida		Bacterias
Fungicida		Hongos
Herbicida		Plantas indeseadas

Fuente: (Leite, 2012)

Partiendo de la clasificación que antecede haremos un breve análisis de los grupos de plaguicidas que mayor incidencia tienen en nuestro país.

- *Insecticidas.* Son empleados para atacar insectos que transmiten enfermedades a las personas, al ganado y a los animales domésticos, además de causar daño o deterioro en la agricultura. Según datos aportados por la OMS, su empleo a echo disminuir notablemente el número de muertes causadas por enfermedades como malaria, tifus, mal de Chagas, fiebre amarilla y leishmaniosis entre otras.

Dentro de los insecticidas tenemos a los inorgánicos, botánicos, microbianos y reguladores del crecimiento los cuales vamos a tratar brevemente. (Fernández, Ercilia Pujol, & Eduardo Maher, 2012)

- *Inorgánicos.*- Su uso se remonta desde la antigüedad, fueron creados para combatir toda clase de insectos. Están constituidos por un grupo de sustancias que no contienen carbono y que por lo general se presentan como cristales blandos, la mayoría son

solubles en agua, no son volátiles, son poco específicos y en algunos casos menos tóxicos para los insectos, empleándose grandes cantidades para poder combatirlos.

Entre los insecticidas inorgánicos tenemos: las candelas de azufre que fueron utilizados para desinfectar casas y combatir chinches, arañas, garrapatas, hongos y moho. El borato de sodio usado como larvicida, el talio como raticida y hormiguicida, Estos insecticidas inorgánicos han caído en desuso por ser tóxicos tanto para las plagas como para los organismos que no lo son. (Fernández, Ercilia Pujol, & Eduardo Maher, 2012)

- *Botánicos.*- Los insecticidas naturales obtenidos de extractos vegetales se han constituido en una alternativa importante en el control de plagas por sus propiedades insecticidas. Las plantas producen más de 100.000 sustancias de bajo peso molecular, conocidas como metabolitos secundarios que cumplen una función importante en la defensa de la planta contra el ataque microbiano o la predación de insectos u otros animales, fortificándolas y haciéndolas resistentes a su ataque, por ejemplo la piretrina que se obtiene de las flores secas del *Chrysanthemum cinerariaefolium* . (Fernández, Ercilia Pujol, & Eduardo Maher, 2012)
- *Microbiano.*- Se basan en el desarrollo de bacterias, virus y hongos que atacan a un grupo reducido y específico de insectos, resulta inofensivo para aquellos a los que no va dirigido como seres humanos y vida silvestre. Su impacto es mínimo y en condiciones ambientales se degradan rápidamente. (Fernández, Ercilia Pujol, & Eduardo Maher, 2012)
- *Reguladores del crecimiento.*- Este tipo de insecticida utiliza hormonas que alteran de varias maneras el crecimiento y comportamiento sexual de los insectos, modificando su ciclo vital e impidiendo su desarrollo, reproducción o alimentación provocándoles la muerte. (Fernández, Ercilia Pujol, & Eduardo Maher, 2012)
- *Herbicidas.*- Son productos químicos o no, empleados para eliminar o interrumpir el crecimiento de plantas indeseadas. Actualmente constituye el tipo de plaguicida más utilizado no solo por los resultados obtenidos sino porque con ellos se ha logrado el cultivo de grandes extensiones ahorrando tiempo. Sus efectos sobre el ambiente y los

humanos son similares a los producidos por los insecticidas. (Fernández, Ercilia Pujol, & Eduardo Maher, 2012)

- *Fungicidas.*- Son aquellos que pueden actuar de forma preventiva para eliminar hongos, antes de que penetren en la planta y de manera curativa cuando ya la han invadido. Por lo tanto los fungicidas son aquellos que se utilizan para proteger cultivos y semillas de granos durante su almacenamiento, transporte y germinación. (Fernández, Ercilia Pujol, & Eduardo Maher, 2012)
- *Rodenticida.*- Son compuestos altamente tóxicos utilizados para combatir roedores, actúan inhibiendo la coagulación de la sangre generando la muerte por hemorragia. Estas sustancias químicas se agrupan en dos clases: las indandionas y las hidroxycumarinas; dentro de estas tenemos a los anticoagulantes de primera generación que por ser de vida media corta tiene que ser administrada en varias dosis para matar a los roedores, como la warfarina; y la de segunda generación que por ser de vida media más larga son efectivos en una sola dosis como la bromadiolona y el difenacoum. (Fernández, Ercilia Pujol, & Eduardo Maher, 2012)

b) *Según el grupo químico.*- En la siguiente tabla se muestra esta clasificación:

**Tabla 3.** Clasificación de los plaguicidas según el grupo químico.

• Bupiridilos
• Carbamatos
• Compuestos organo-estánicos
• Compuestos organoclorados
• Compuestos organofosforados
• Compuestos organomercuriales
• Triazinas
• Derivados del ácido fenoxiacético
• Derivados del cloronitrofenol
• Piretroides y piretrinas
• Tiocarbamatos
• Derivados cumarínicos, otros

Fuente: (Leite, 2012)

c) *Según la toxicidad aguda.*- La Organización Mundial de la Salud (OMS) clasifica a los plaguicidas según el grado de peligrosidad, entendiéndose como tal a la capacidad de producir daño agudo en la salud, dependiendo de si habido una o múltiples exposiciones a un producto en un tiempo relativamente corto en: (Leite, 2012)

- Formas de mayor y menor riesgo de cada producto
- Ingrediente activo
- Formulaciones

Esta clasificación se basa en la dosis letal media (DL 50) aguda, que es la cantidad de una sustancia que debe ser ingerida por vía oral o dérmica, según el peso del animal exclusivamente empleado para ratas, usada como un indicador general de la toxicidad aguda de los plaguicidas. La (DL 50) está relacionada directamente con la toxicidad aguda de los plaguicidas y no mide la toxicidad crónica producida como consecuencia de pequeñas exposiciones diarias a un plaguicida con una baja (DL 50) durante un largo periodo, cuyos efectos crónicos pueden provocar cáncer.

En cuanto al daño que pueden causar los plaguicidas a la salud humana, la OMS establece un sistema de calificación que distingue las formas más peligrosas de los plaguicidas en base al riesgo de exposición del individuo a un solo o múltiples productos, durante un tiempo relativamente corto, teniendo en cuenta principalmente la toxicidad de la sustancia activa. (Leite, 2012) En la siguiente tabla mostraremos la clasificación de los plaguicidas según su peligrosidad recomendada por la Organización Mundial de la Salud.

**Tabla 4.** Clasificación de los plaguicidas según peligrosidad

Clase	Oral		Dérmica	
	Sólidos	Líquidos	Sólidos	Líquidos
Ia Extremadamente peligroso	5 o menos	20 o menos	10 o menos	40 o menos
Ib Altamente peligroso	5 – 50	20 – 200	10 – 100	40 – 400
II Moderadamente peligroso	50 – 500	200 – 2000	100 – 1000	400 – 4000
III Ligeramente peligroso	Más de 500	Más de 2000	Más de 1000	Más de 4000

Fuente: (Leite, 2012)

#### 2.4.4 *Vías de ingreso de los plaguicidas.*

Ingresan los plaguicidas al cuerpo humano por las vías de exposición o las vías de absorción para luego por medio de la sangre ser distribuidos por todo el cuerpo. La cantidad que ingresa a la sangre en un tiempo determinado depende de la vía de exposición entre las cuales tenemos: (Fernández, Ercilia Pujol, & Eduardo Maher, 2012)

- *Vía oral o digestiva.*- La ingestión del plaguicida se produce por vía oral, este pasa a las paredes del intestino hasta alcanzar los vasos sanguíneos. El grado de intoxicación depende del tiempo de permanencia en el intestino. (Fernández, Ercilia Pujol, & Eduardo Maher, 2012)
- *Vía respiratoria.*- Una persona puede intoxicarse por la ingestión de plaguicidas a través de la boca y nariz, al respirar estas sustancias en forma de gas, vapor, polvo, humo o gotas minúsculas de aerosoles. Una vez inhalados llegan a los pulmones y pasan con gran rapidez a los vasos sanguíneos. (Fernández, Ercilia Pujol, & Eduardo Maher, 2012)
- *Vía dérmica.*- Otra vía de entrada de los plaguicidas al organismo del trabajador que los manipula es por la piel, ya sea de manera directa o por contacto con la ropa empapada con el producto. A pesar que la piel actúa como una barrera en nuestro cuerpo esta puede ser traspasada por sustancias tóxicas especialmente cuando la piel está húmeda, caliente y sudorosa; cuando está quemada o lastimada ya que ofrece menos resistencia. Se puede eliminar estas sustancias tóxicas antes que ingresen al interior del cuerpo mediante el lavado de la piel. (Fernández, Ercilia Pujol, & Eduardo Maher, 2012)
- *Vía ocular.*- Otra manera menos usual de ingreso de plaguicidas al cuerpo humano es por vía ocular ocasionando daños locales y cuando son adsorbidos producen síntomas más generales, siendo necesario un lavado ocular. (Fernández, Ercilia Pujol, & Eduardo Maher, 2012)
- *Vía subcutánea.*- Las sustancias tóxicas pueden atravesar la piel por medio de inyecciones ya sea por una jeringa o un inyector de pistola. Como sabemos las inyecciones al aplicarse en un vaso sanguíneo surte un efecto muy rápido, pero en el

caso de las sustancias tóxicas inyectadas en la piel o en el tejido muscular al tener que atravesar varias capas antes de llegar a los vasos sanguíneos, su acción se hace más lenta. (Fernández, Ercilia Pujol, & Eduardo Maher, 2012)

## 2.5 Tipos de aparatos para protección de plantas

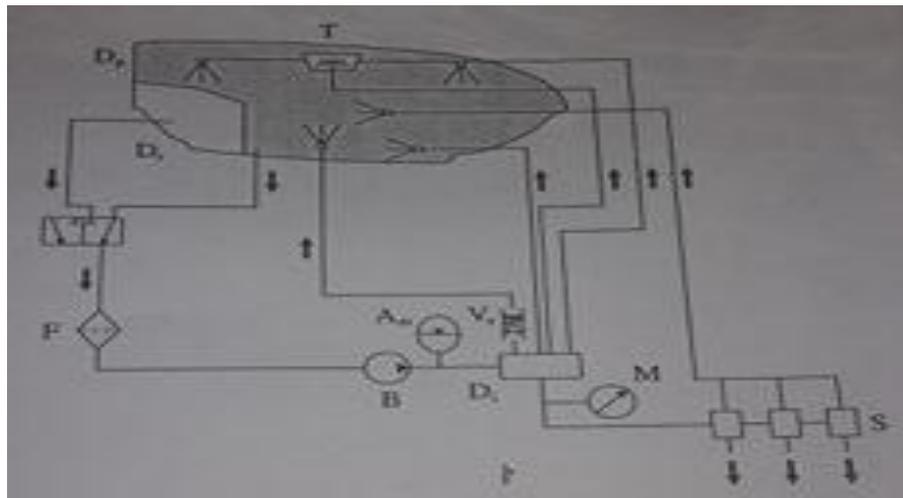
Existen dos grupos de equipos empleados para la protección de las plantas contra enfermedades y plagas que se diferencian por el estado físico del producto con el que se realiza el tratamiento y son: (Cañavate, y otros, 2012)

### 2.5.1 Pulverizadores.

Son máquinas agrícolas que esparcen sustancias líquidas en forma de gotas. A continuación mencionaremos las más importantes.

- *Pulverizadores de chorro proyectado.*- Facilita el traslado de gotas gracias a la energía cinética que tienen a la salida de las boquillas generada por una presión hidráulica. La distancia que logra varía según su tamaño, siendo las gotas finas las que más prontamente son frenadas. (Cañavate, y otros, 2012)

**Figura 4.** Esquema de un pulverizador de chorro proyectado



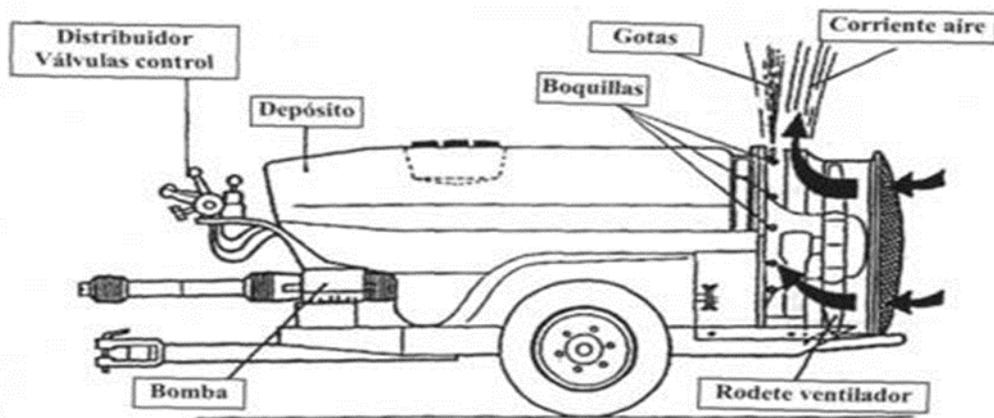
Fuente: (Cañavate, y otros, 2012)

En donde  $D_p$ : Depósito principal;  $D_1$ : Depósito de lavado; B: Bomba; T: Tapa con filtro;  $V_s$ : Válvula de seguridad; F: Filtro; M: Manómetro; S: Salidas a boquillas;  $A_m$ : Amortiguador.

➤ *Pulverizadores de chorro transportado (atomizadores).*- Son análogos a los pulverizadores de chorro proyectado, la diferencia radica en que están provistos de un ventilador o soplante que produce dos tipos de efectos:

- El primero se lo denomina pulverización hidroneumática el cual utiliza un ventilador que lanza una corriente de aire de hasta 60 m/s.
- El segundo es la pulverización neumática, en donde el líquido se conduce por gravedad o presión muy baja, sin necesidad de ser impulsado por una bomba de presión; las gotas se forman al momento en que el líquido choca contra una fuerte corriente de aire. En los dos casos el tamaño de las gotas fluctúan entre 50 y 150  $\mu\text{m}$ . (Cañavate, y otros, 2012)

**Figura 5.** Pulverizador hidroneumático



Fuente: [http://ocwus.us.es/produccion-vegetal/sanidad-vegetal/tema\\_17/page\\_05.htm/skinless\\_view](http://ocwus.us.es/produccion-vegetal/sanidad-vegetal/tema_17/page_05.htm/skinless_view)

**Figura 6.** Pulverizador neumático



Fuente: <http://eshop.wurth.pe/producto/5/detalle/1571/>

- *Nebulizadores.*- Para los nebulizadores la forma de conducción de la sustancia activa es en la mayoría de los casos, gas o vapor caliente.

**Figura 7.** Nebulizador agrícola



Fuente: <http://agromejor.com/nebulizadores-agricolas/>

### 2.5.2 *Espolvoreadores.*

Son máquinas que suministran la materia activa en forma de polvo, a través de una corriente de aire. El principal inconveniente que presentan es la escasa adherencia que tiene

el polvo sobre las plantas, esto genera una estadía muy corta en ellas, por ello es importante efectuar este trabajo al amanecer, porque las plantas están cubiertas del rocío. Cuando el tratamiento se va a aplicar en grandes extensiones de terreno se lo realiza en la noche, con el viento en calma y sin que el calentamiento del suelo cause corrientes ascendentes que aparten el producto del suelo. Cabe señalar que para que las partículas de polvo se adhieran a la planta se usan diferentes técnicas entre las que tenemos el humedecimiento o la carga electrostática de las partículas del material que se va a pulverizar. (Cañavate, y otros, 2012)

**Figura 8.** Esquema del funcionamiento de un espolvoreador con diversos dispositivos de distribución.



**Fuente:** (Cañavate, y otros, 2012)

Otra manera de clasificar los equipos para la protección de las plantas es de acuerdo a su forma de transportarlos como se muestra a continuación en la siguiente tabla:

**Tabla 5.** Clasificación de equipos según su forma de transportarlos

<p>Aparatos de mochila</p>	<p>Equipo de accionamiento manual</p>	<p>Su accionamiento es netamente manual, fácil de llevar, suficiente líquido para manejar trabajos grandes. Sus altas atribuciones, atomizadores recargables con baterías de 10 horas continuas con una sola carga. Tiene un filtro incorporado para mantener la suciedad y residuos en el tanque para reducir la obstrucción.</p>	
	<p>Equipo de accionamiento mediante motor</p>	<p>Estas mochilas son de gran utilidad en los cultivos hortícolas así como en nuestro jardín. Están diseñadas para un fácil manejo y evitar el cansancio. Sus materiales de fabricación son altamente resistentes a la corrosión y abrasión de los insecticidas químicos y biológicos.</p>	

**Tabla 5.** (Continua) Clasificación de equipos según su forma de transportarlos

<p>Aparatos de tracción manual</p>	<p>Carretillas</p>	<p>Son empujados a mano por los operarios</p>	
<p>Aparatos de tracción mecánica</p>	<p>Remolcados</p>	<p>Este tipo de fumigadora posee remolque trasero, su pulverizador es fácilmente remolcado detrás de su tractor, las Boquillas entregan 32 pies de rocío ancho. Este tipo de maquinaria es ideal para productos químicos gracias a un polímero especial, conocido por su resistencia química superior.</p>	
	<p>Suspendidos en el tractor</p>	<p>Esta máquina agrícola sirve para esparcir productos fitosanitarios, líquido en gotas muy tenues y para la protección de plantas contra plagas y enfermedades de una manera rápida tecnificada y eficiente.</p>	

**Tabla 5.** (Continua) Clasificación de equipos según su forma de transportarlos

<p>Aparatos de tracción mecánica</p>	<p>Autopropulsados</p>	<p>Cuando se piensa en una fumigación a gran escala, en la actualidad, la mejor posibilidad que el mercado ofrece, es la fumigación con aeroplanos, y aviones a retropropulsión, también llamadas fumigadoras autopropulsadas. Este método no solamente sirve para la fertilización, sino también para la fumigación de los campos.</p>	
<p>Aparatos montados sobre aviones o helicópteros</p>	<p>Avioneta fumigadora</p>	<p>La fumigación aérea es un trabajo que se realiza en cultivos extensivos y con el que se logra una mejor aplicación en los campos. Bajo este sistema se aplica una adaptación mecánica en la avioneta para que, sea posible realizar la siembra de semillas y también la fertilización.</p>	

Fuente: Autores

## 2.6 Cualidades de un buen tratamiento

Para la prevención y curación de las enfermedades de las plantas se debe recubrirlas con una capa de producto de manera continua y homogénea para impedir el desarrollo de la plaga o enfermedad. El procedimiento más utilizado es en el cual se aplica el producto en forma líquida que se consigue al mezclar el producto químico con el agua obteniéndose una solución conocida como caldo; esta composición puede ser de tipo suspensión que podemos diferenciarla por finísimas partículas sólidas, insolubles, suspendidas en el agua, o tipo emulsión la cual presenta gotitas insolubles finamente divididas y distribuidas en el líquido soporte. Tanto las suspensiones como las emulsiones deben ser permanentemente agitadas para evitar su separación en diferentes fases, para lo cual se emplean tres componentes: (Cañavate, y otros, 2012)

- *Materia activa.*- Es la mezcla debidamente procesada, la cual es utilizada en la preparación del caldo. Consiste en que al aplicar el producto químico este afecta directamente sobre los mecanismos fisiológicos de los organismos que se desean controlar. (Cañavate, y otros, 2012)
- *Diluyente.*- Casi siempre es el agua, en la que se disuelve la materia activa de acuerdo con las dosificaciones indicadas por el fabricante para obtener la composición requerida para el caldo y evitar problemas de toxicidad. (Cañavate, y otros, 2012)
- *Coadyuvante o mojante.*- Es una sustancia que puede estar presente o ser añadida después, la cual ayuda a homogenizar la materia activa en el diluyente y además es eficaz para adherir la solución a la planta. (Cañavate, y otros, 2012)

Las distintas estructuras de productos líquidos generan gotas de diversos tamaños que permiten reducir el diámetro de las gotas, aumentando el número y la superficie que se puede cubrir evitando de esta manera el desperdicio del producto. El diámetro inferior de las gotas debe tener una medida de 50µm al aire libre, este valor depende de los siguientes aspectos: la evaporación durante el trayecto; los efectos negativos del viento y la escasa energía cinética de las gotas para alcanzar la planta. Estos aspectos provocan la pérdida de gotas desviándolas a otras zonas distintas de las áreas de aspersión. No todos los sistemas de aplicación de plaguicidas son recomendables para los distintos tipos de tratamientos de

productos para la protección contra las enfermedades y plagas que pueden atacar a las plantas, los cuales se resumen en forma muy general en la siguiente tabla: (Cañavate, y otros, 2012)

**Tabla 6.** Utilización de los diversos sistemas de aplicación de los plaguicidas

TIPO DE TRATAMIENTO	EN FORMA LIQUIDA			EN POLVO
	Pulverización	Atomización	Nebulización	
Fungicida	Muy adecuado	Utilizado en algunos casos	No utilizado	Adecuado
Insecticida	Muy adecuado	Adecuado	Utilizado en algunos casos	Muy adecuado
Acaricida, Nematicida y otros	Muy adecuado	No utilizado	Utilizado en algunos casos	Utilizado en algunos casos
Herbicida	Muy adecuado	No utilizado	No utilizado	No utilizado

Fuente: (Cañavate, y otros, 2012)

## 2.7 Aspectos de seguridad

Entre los objetivos principales de los usuarios de los plaguicidas están: la seguridad de los productos químicos empleados para la sanidad ambiental, así como también la seguridad del almacenamiento, distribución y venta de productos relacionados con el control de plagas y enfermedades de las plantas. (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, 2002)

### 2.7.1 Inspección de la salud del operario.

Es indispensable realizar un control y seguimiento periódico a la salud de los operarios que están o han estado en contacto directo con los plaguicidas. La inspección debe cubrir los riesgos de salud y exámenes médicos, que tienen como objetivo principal poner en conocimiento de las autoridades sanitarias, los posibles cambios en su salud, siempre que tengan como antecedente la exposición a sustancias tóxicas durante el trabajo. El riesgo

potencial del producto seleccionado, combinado a la longitud del tiempo de la exposición del operario durante el uso, determina las técnicas de vigilancia de la salud y su frecuencia. (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, 2002)

### **2.7.2 *Período de aplicación.***

El tiempo apropiado en que se debe rociar, está condicionado al cultivo, las plagas, los estados del crecimiento de las malezas y las enfermedades. El tiempo para efectuar el tratamiento se menciona en la etiqueta del producto, pero usualmente debe realizarse al inicio de la infestación, ya que es posible utilizar el medicamento en dosis menores.

Las condiciones meteorológicas repercuten también en el tiempo de aplicación ya que pueden ocasionar pérdidas físicas y la volatilidad de la aspersion, de la misma manera, la temperatura, humedad relativa, lluvia, y velocidad del viento inciden directamente en la eficiencia del depósito del rociado. (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, 2002)

### **2.7.3 *Transporte y almacenamiento del producto.***

Tomando en cuenta que el transporte de plaguicidas desde los centros de distribución hasta los lugares de comercialización, por las características de estos productos es potencialmente una importante fuente de contaminación debe cumplir con los parámetros legales establecidos, al respecto el reglamento a la Ley de Tránsito en su capítulo segundo, artículos del 47 al 52 dispone que: el tránsito terrestre de mercancías peligrosas que generen riesgo o que causen daños a la propiedad y al ambiente, se regirá por lo establecido en las leyes pertinentes, y demás disposiciones constantes en las normas de la Agencia Nacional de Tránsito, reglamentos INEN, tratados y Convenciones Internacionales ratificados por el Ecuador y en la regulación emitida por los GADS de ser el caso.

A demás las operadoras que han sido calificadas para el manejo de estos productos, no podrán realizar sus actividades sin antes presentar el plan de seguridad industrial previo a la obtención de su contrato, permiso o autorización. En cuanto al almacenamiento y distribución, entendiéndose como tal a la etapa final del proceso de comercialización es

relevante considerar los siguientes aspectos: (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, 2002) (ASAMBLEA NACIONAL REPUBLICA DEL ECUADOR, 2015)

- Los plaguicidas se deben transportar y almacenar solamente en sus contenedores y paquetes de transporte originales.
- Se debe tener cuidado cuando se usan vehículos agrícolas para transportar plaguicidas, ya que los productos químicos deben estar seguros y aislados y las salpicaduras deben cubrirse con un material absorbente no combustible que pueda descartarse correctamente.
- Los recipientes de plaguicidas deben mantenerse tapados cuando no se usen y asegurarse contra una interferencia no autorizada, particularmente cuando los operarios de aspersión estén trabajando fuera de las áreas de mezclado y no siempre puedan ver los recipientes de productos químicos.
- El almacenamiento de los plaguicidas en la finca debería estar previsto en la legislación local y las existencias de plaguicidas de la finca deberían mantenerse en un mínimo práctico para cubrir la demanda pico.
- El almacenamiento correcto es esencial para mantener un ambiente de trabajo seguro, para maximizar la vida de almacenamiento del producto y para minimizar el riesgo de fuego y salpicaduras.
- Los plaguicidas deben guardarse en una bodega especial que sea accesible en caso de emergencia y pueda cerrarse con llave cuando no esté en uso.
- Cuando se considere construir una bodega para plaguicidas, las guías relacionadas con materiales de construcción, diseño, ubicación, procedimientos de emergencia, etc. pueden obtenerse en la FAO o con las autoridades reguladoras nacionales. En ninguna circunstancia deben almacenarse plaguicidas cerca de productos alimenticios.

#### **2.7.4 *Manipulación del producto.***

Para un correcto manejo de los plaguicidas su etiqueta se constituye en una guía fundamental, ya que da a conocer al usuario final en forma clara y sencilla las precauciones para el uso del Equipo Personal de Protección, como preparar y aplicar el producto en el campo para que resulte lo más seguro posible. (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, 2002)

#### **2.7.5 *Manejo del contenedor de productos químicos.***

El manejo de los recipientes que han contenido productos químicos tiene una gran importancia ambiental por lo que es necesario un tratamiento especial. En varios países establecen varias medidas como: el entierro controlado de los embaces en sitios que no se encuentren cerca de las vías de agua, la incineración de acuerdo a las regulaciones locales, el enjuague de los envases y su descarte, otra alternativa que se utiliza en la actualidad es el de reciclarlos. (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, 2002)

#### **2.7.6 *Procedimientos en caso de accidentes.***

Tanto las personas que transportan los plaguicidas como las que los manipulan deben estar informados de las recomendaciones que se realizan en las etiquetas, especialmente de los procedimientos que se siguen en caso que se produzca accidentes como incendios, heridas a persona, daño en propiedad o contaminación ambiental ocasionados por derrames de estos productos por lo que se debe implementar acciones rápidas para atenuar sus efectos. Entre los procedimientos que se pueden adoptar en caso de derrame tenemos: informar a las autoridades competentes para que adopten las medidas correctivas pertinentes, descontaminar los vehículos que se utilizaron para transportar las sustancias que se derramaron. (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, 2002)

### **2.7.7 *Protección personal.***

Los productos químicos pueden entrar al cuerpo humano a través de tres rutas:

1. Ingestión accidental o deliberada.
2. A través de la piel por causa de la manipulación, la medida o vaciado del concentrado.
3. Inhalación de pequeñas partículas o polvo durante la manipulación o la aspersión.

La exposición a plaguicidas puede darse en diferentes circunstancias de ahí que es necesario usar el respectivo Equipo de Protección Personal a fin de prever los posibles riesgos y adoptar las medidas preventivas adecuadas. La mayoría de contaminación por plaguicidas ocurre a través del contacto con la piel por lo que es necesario lavar las partes del cuerpo que han sido expuestas después del trabajo, antes de comer, fumar o ir al baño.

Para que la ropa de trabajo cumpla con su objetivo es necesario tener en consideración las siguientes recomendaciones: tiene que ser confortable resistente a productos químicos, no se puede continuar usándolo cuando ya no son capaces de proporcionar una protección adecuada, el respirador debe ser examinado regularmente y sus filtros cambiados cuando se dificulte la respiración o presenten daños. (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, 2002)

## **2.8 *Pulverizadores***

### **2.8.1 *Elementos de los pulverizadores.***

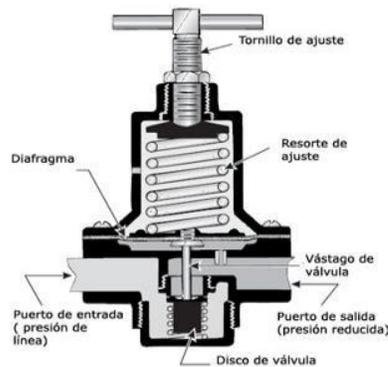
Entre sus componentes más importantes tenemos: bomba y sus accesorios, cuba o depósito, circuito hidráulico, boquillas y barras, lanzas o pistolas de pulverización.

#### **2.8.1.1 *Válvulas reguladoras de presión.***

Se trata de un elemento instalado en el circuito de impulsión, cuya finalidad es mantener una determinada presión del líquido que llega a las boquillas. (Cañavate, y otros, 2012) Este líquido adquiere una presión para vencer las resistencias que encuentre en su recorrido por el circuito hidráulico; aunque se tenga previsto cual será el máximo valor que puede alcanzar la presión durante el funcionamiento normal, pueden ocurrir imprevistos que la hagan subir hasta valores peligrosos, para lo cual se emplean válvulas que impiden que la

presión supere cierto valor límite, ya sea en todo el circuito o en una parte del mismo. En cada circuito debe haber al menos una válvula que envíe de retorno cierta cantidad de líquido fluuyente hacia el depósito cuando la presión alcance un valor determinado. También existen válvulas que desempeñan otras misiones, distintas de la seguridad, que se relacionan con los valores alcanzados por la presión del líquido. (Sierra, 2014)

**Figura 9.** Válvula reguladora de presión



**Fuente:** <http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica23.htm>.

Su símbolo es un cuadrado con una flecha en su interior y un muelle en su exterior apoyado sobre un lado del cuadrado. Este signo expresa que, de acuerdo como sea el valor de la presión y de la fuerza del muelle, el cuadrado se desviará hacia uno u otro lado haciendo que el conducto representado por la flecha ponga en comunicación o no la entrada de la válvula con la salida. Las válvulas que guardan relación con el valor de la presión reciben diversos nombres según la función que realizan entre las cuales tenemos: (Sierra, 2014)

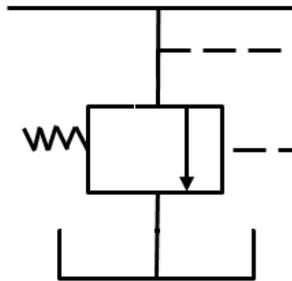
**Figura 10.** Regulador de presión



**Fuente:** [http://www.directindustry.es/prod/uraca-gmbh-cokg/product-39353-1450799.html?utm\\_source=ProductDetail&utm\\_medium=Web&utm\\_content=SimilarProduct&utm\\_campaign=CA#product-item\\_1450543](http://www.directindustry.es/prod/uraca-gmbh-cokg/product-39353-1450799.html?utm_source=ProductDetail&utm_medium=Web&utm_content=SimilarProduct&utm_campaign=CA#product-item_1450543)

- *Válvulas de Seguridad.*- Son aquellas que tienen como finalidad evitar que la presión en un circuito suba por encima de cierto valor, ya que cuando el valor de la presión se acerca a ese límite, la válvula abre una vía a través de la cual el fluido vuelve al depósito. Esta válvula se instala en la derivación de la tubería principal, como la presión que adquiere el líquido depende de las resistencias que encuentra en su recorrido por todo el circuito, la salida de la bomba es el trecho donde el líquido tendrá mayor presión, ya que todas las resistencias siguen a continuación de este punto. La válvula de seguridad es el primer elemento instalado en el circuito después de la bomba. No suele instalarse inmediatamente a continuación, sino entre la bomba y la válvula de seguridad puede haber un tramo de tubería sin ningún otro elemento. (Sierra, 2014)

**Figura 11.** Símbolo de la válvula de seguridad



Fuente: (Sierra, 2014)

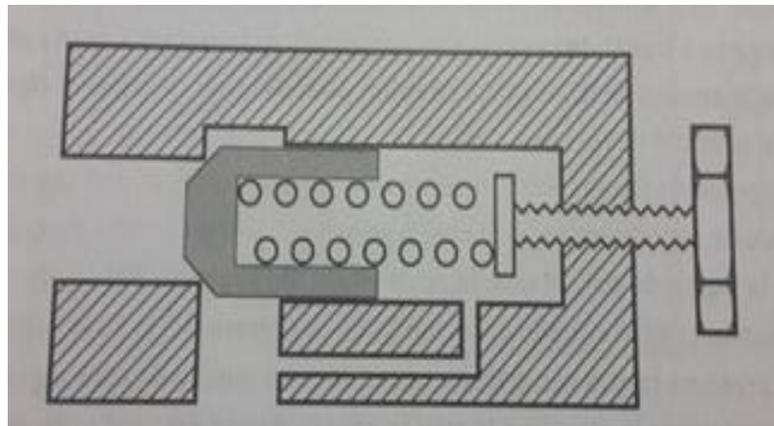
En el lugar donde se localiza la válvula de seguridad, al comienzo del cuerpo de los distribuidores en algunos casos hay un orificio roscado preparado para retirar el tornillo que lo tapona regularmente y coloca ahí un manómetro si se desea conocer la presión del líquido a la salida de la bomba; estas válvulas por su constitución interna se clasifican en dos tipos: (Sierra, 2014)

- *Válvulas de seguridad de acción directa.*- Poseen en su interior un pistón y un muelle de tensión regulable, el pistón está presionado hacia la izquierda por el muelle cuya tensión es regulable desde fuera acortando más o menos su longitud. Cuando la presión del fluido alcance un determinado valor tal que, multiplicado por la sección del pistón sobre la cual actúa, genere una fuerza que compense a la que el muelle ejerce sobre el pistón en dirección contraria, el pistón se deslizará hacia la derecha dejando al fluido paso libre hacia la salida inferior, que es la que lleva al depósito.

Aunque la causa que produce la sobre presión persista por algún tiempo, el pistón no se mantendrá estable desplazado hacia la derecha; como al desplazarse el pistón hacia la derecha, el fluido sometido hasta este instante a presión elevada halló una vía hacia el depósito, la presión baja, lo cual hace que la fuerza del muelle prevalezca de nuevo y cierre por el momento la válvula; este cierre hace que la presión vuelva a subir si se mantiene la causa que ocasionó la sobre presión y el pistón vuelve a moverse hacia la derecha y el fluido pueda tener paso hacia el depósito.

Estas pulsaciones de la presión unida a la inercia del muelle y del pistón, provoca que aunque la sobrepresión sea prolongada, el muelle y el pistón estén continuamente moviéndose de derecha a izquierda, abriendo y cerrando el paso hacia el depósito. (Sierra, 2014)

**Figura 12.** Válvula de seguridad de acción directa y drenaje interno.



Fuente: (Sierra, 2014)

- *Válvulas de seguridad con pilotaje interno.*- Están constituidas por un pistón principal tiene un orificio en el centro y es impulsado hacia la izquierda por un muelle poco tenso. Un segundo pistón, de menor tamaño, cierra un pequeño orificio instalado en el fondo de la cámara del primer pistón, y un muelle muy tenso lo presiona contra ese orificio. La fuerza de tensión del muelle de este segundo pistón puede regularse para variar la presión para que la válvula deje escapar el líquido hacia el depósito.

A presiones bajas, el fluido encerrado en el interior de la válvula está en reposo; no hay circulación a través del orificio del primer pistón, por lo que la presión delante de su

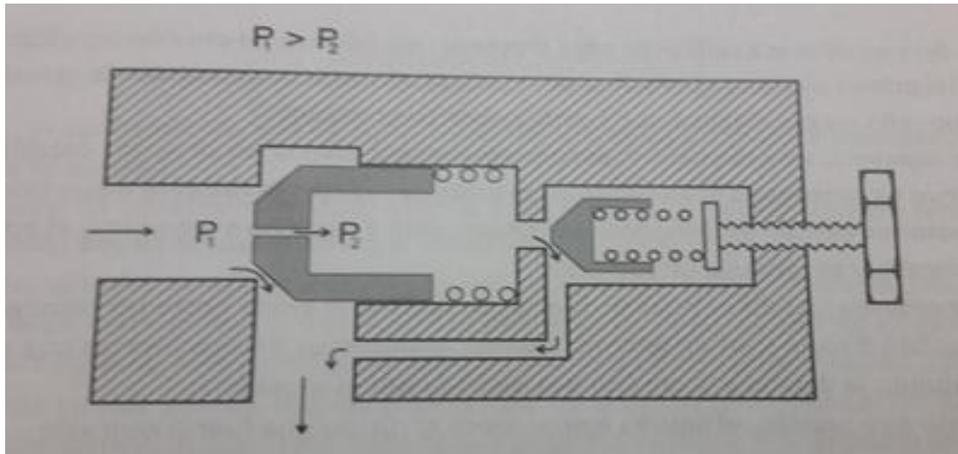
cara es igual a la que hay en su interior. Si la presión se eleva, esta será igual delante y detrás del primer pistón, por lo que, en principio, permanecerá encajado contra su asiento. Si este aumento de la presión alcanza un valor capaz de empujar el pistón pequeño en contra de la acción de su muelle, este se desplazará a la derecha y empezará a ir hacia el depósito un pequeño caudal de fluido que circula que recorrerá a través del orificio del primer pistón y de la abertura que ha dejado libre el segundo.

Al moverse el fluido a través del angosto orificio del pistón principal, hay pérdida de presión, por lo que esta es menor en el interior de la cámara que delante de la cara de ese pistón. Si la diferencia de presiones es pequeña, la fuerza del muelle poco tenso que empuja al primer pistón podrá mantenerlo encajado contra su asiento. Si la presión se eleva más, el segundo pistón seguirá separado de su asiento, porque su muelle se comprime más, dejando una abertura más amplia.

Al pasar más caudal a través del orificio del pistón principal, el fluido sufre una caída de presión al atravesarlo, por lo que la diferencia de presiones entre la cara del pistón principal y su interior se hace mayor. Esta mayor diferencia de presiones llegará a provocar que la fuerza ejercida por la presión delante de la cara del pistón sea mayor que la suma de fuerzas producida por la presión en el interior del pistón más la fuerza del muelle, momento en que el primer pistón se desplazará hacia la derecha y dejará un paso amplio para que todo el caudal impulsado por la bomba se dirija al depósito; es decir, el pistón de mayor tamaño se desplazará hacia la derecha después de que lo haya hecho el más pequeño.

Por supuesto, esta válvula tampoco permanecerá abierta en situación estable cuando la causa que ha provocado el aumento de presión se mantenga durante algún tiempo, sino que los pistones estarán deslizando continuamente de derecha a izquierda. (Sierra, 2014)

**Figura 13.** Válvula de seguridad con pilotaje interno.

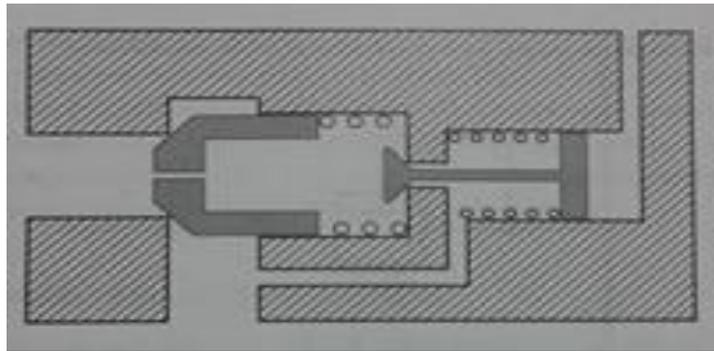


Fuente: (Sierra, 2014)

- *Válvulas de descarga con pilotaje externo.*- Estas válvulas se emplean para descargar un ramal cuando en otro punto del circuito se logre determinada presión. Su composición interna es parecida a la de las válvulas de seguridad con pilotaje interno, con la diferencia de que el empuje para mover el pistón secundario lo ejecuta el fluido ubicado detrás de este pistón y que una tubería de pilotaje lo tiene vinculado con otro punto del circuito.

Si en el punto del circuito al que esté unido el otro extremo de la tubería de pilotaje, la presión no es suficiente para hacer que el pistón secundario se deslice hacia la izquierda comprimiéndose su muelle, este pistón seguirá encajado en su asiento y el líquido focalizado en la cámara del pistón principal no puede ir hacia el depósito. Cuando la presión de pilotaje haga que el pistón secundario se separe de su asiento circulará un pequeño caudal a través del orificio del pistón secundario y de la abertura dejada por el pistón secundario; este movimiento del fluido origina una caída de presión en el orificio principal. (Sierra, 2014)

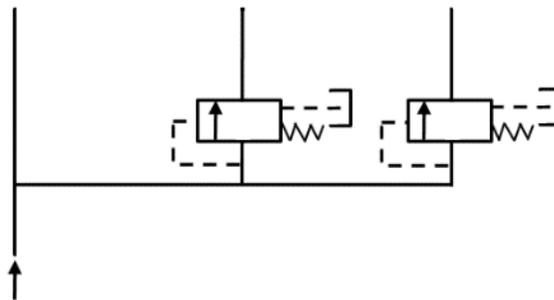
**Figura 14.** Válvula de descarga con pilotaje externo y drenaje interno.



Fuente: (Sierra, 2014)

- *Válvulas de secuencia.* - Las válvulas de secuencia dejan que el líquido pase a un ramal secundario cuando alcance una presión determinada; se sitúan en el ramal al cual permiten el paso. Entretanto la presión en el punto donde se toma el pilotaje no logre comprimir al muelle antagonista, la válvula mantiene el paso cerrado hacia la continuación de la línea en la cual está instalada. Cuando la presión aumente lo bastante para vencer la resistencia del muelle y comprimirlo, se abre paso al líquido hacia el ramal correspondiente. (Sierra, 2014)

**Figura 15.** Válvulas de pilotaje interno y drenaje externo montadas en dos ramales paralelos a la línea principal.



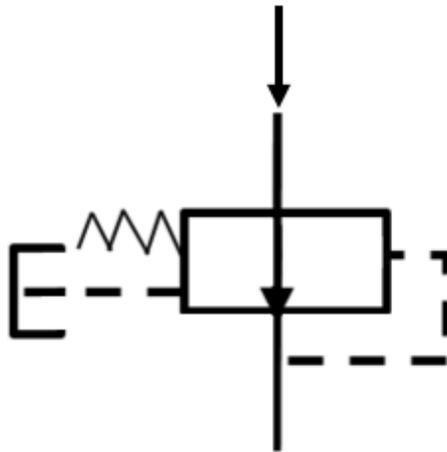
Fuente: (Sierra, 2014)

- *Válvulas reductoras de presión.*- Las válvulas reductoras de presión hacen que la presión en la tubería a continuación del lugar donde están instaladas sea menor que la que hay antes de ellas. Se montan en línea en el ramal cuya presión se desea reducir, de modo que todo el caudal que pase por esa tubería deba atravesar la válvula. Por el

efecto que producen, se pueden clasificar a estas válvulas en dos categorías: (Sierra, 2014)

- Válvula que evita que la presión a continuación de ella suba por encima de determinado valor

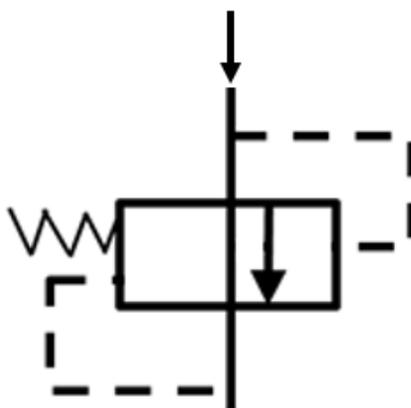
**Figura 16.** Válvula que evita que la presión suba por encima de un valor determinado



Fuente: (Sierra, 2014)

- Válvula que conserva una diferencia de presión constante entre su entrada y su salida.

**Figura 17.** Válvula que mantiene una diferencia de presión.



Fuente: (Sierra, 2014)

2.8.1.2 Bombas.

El propósito fundamental de la bomba de un pulverizador es suministrar un caudal de líquido bajo una presión determinada. Otra función es la de enviar una fracción de líquido de nuevo a la cuba con la finalidad de remover el contenido de esta, manteniéndolo homogenizado, recibiendo el nombre de agitación hidráulica; por ello que las prestaciones de la bomba deben ser superiores a las exigencias máximas del caudal para realizar el tratamiento. Finalmente se puede realizar el llenado de la cuba a través de un hidroyector unido a la bomba. (Cañavate, y otros, 2012)

A continuación se detalla la clasificación de las bombas en las siguientes tablas:

**Tabla 7.** Clasificación de las bombas según su sistema de accionamiento

<b>VOLUMETRICAS</b>		
De movimiento alternativo	De pistón	
	De pistón - membrana	

**Tabla 7.** (Continua) Clasificación de las bombas según su sistema de accionamiento

De movimiento rotativo	De rodillos	
	De engranajes	

Fuente: (Cañavate, y otros, 2012)

**Tabla 8.** Clasificación de las bombas según su sistema de accionamiento.

<b>CENTRIFUGAS</b>		
Según El Régimen De Funcionamiento		
	Régimen lento	100 a 250 r/min
	Régimen normalizado	540 r/min
	Régimen elevado	En general, más de 1000r/min
Según Las Prestaciones		
Presión:	Baja	Menos de 10 bar
	Media	De 10 a 30 bar
	Alta	Más de 30 bar
Caudal:	Bajo	De 10 a 40 l/min
	Medio	De 40 a 100 l/min
	alto	Más de 100 l/min

Fuente: (Cañavate, y otros, 2012)

Las bombas suelen estar ubicadas cerca del depósito siempre a una altura inferior o en el fondo del depósito para que el líquido llegue fácilmente hasta ellas para ser aspirado, debido a que la presión atmosférica es la única fuerza que empuja el fluido por medio de la tubería de aspiración, las bombas volumétricas presentan un gran inconveniente debido a que el caudal no es igual, ya que su funcionamiento presenta pulsaciones o alteraciones periódicas a lo largo de pequeños espacios de tiempo. Los elementos que impulsan el fluido funcionan describiendo un determinado ciclo, hay momentos en los que impulsan el volumen del fluido contenido en cada uno de ellos y después hay que esperar a que llegue el siguiente órgano a bombear otro volumen (Sierra, 2014).

Para una mejor comprensión analizaremos los tipos de bombas más utilizadas:

- *Bombas de pistón.*- Son apropiadas para el tipo de caldos, siendo fuertes contra elementos extraños, y también al desgaste. Alcanzan presiones de 50 – 60 bar; los mismos que varían entre 15 y 200 l/min, y son relativamente más caras que el resto. (Cañavate, y otros, 2012)

**Figura 18.** Bomba hidráulica de pistón



**Fuente:** <http://www.directindustry.es/prod/hema-enduestri/product-117107-1200587.html>

- *Bombas de pistón – membrana.*- También son indicadas para todo tipo de caldos. Llegan a presiones medias de 10 a 20 bar y hasta 40 bar en varios tipos, y caudales entre 40 y 80 l/min. Es indispensable una válvula limitadora a su salida. Este modelo de bomba tiene un mayor rendimiento mecánico – hidráulico. (Cañavate, y otros, 2012)

**Figura 19.** Bomba para fumigar de membrana



Fuente: <http://www.sydmaquinaria.com/bomba-de-membrana-con-reductora-40bar-40ltr-c2x18603382>

- *Bombas de rodillos.*- Logran presiones medias máximo de 20 bar debido al deterioro parcialmente rápido que se ocasiona en los rodillos, y al material sintético del que están diseñados. Como todas las bombas, requieren una válvula de regulación de presión. Su gran beneficio es el precio parcialmente bajo y su funcionamiento a unas 500 r/min, por lo que son adaptables directamente a la toma de fuerza. (Cañavate, y otros, 2012)

**Figura 20.** Bomba de rodillos



Fuente: [https://www.ebayacasal.com.ar/pulverizacion\\_bombas.php](https://www.ebayacasal.com.ar/pulverizacion_bombas.php)

- *Bombas centrifugas.*- Son susceptibles a las impurezas, las presiones logradas son bajas y en general no producen aspiración, sino solamente implosión. Son livianas, pequeñas y de un precio accesible. (Cañavate, y otros, 2012)

**Figura 21.** Bomba centrífuga mono etapa



**Fuente:** <https://www.sulzer.com/es/Products-and-Services/Pumps-and-Systems/Single-Stage-Pumps/ISO5199-Pumps/Other-ISO5199-Pumps/Process-Pump-BA>

- *Bombas de engranajes.*- No son recomendables para el uso de suspensiones u otros productos abrasivos. Pueden trabajar a una presión que varía entre 3 y 8 bar. poseen la ventaja de ser robustas y baratas, logrando trabajar a velocidades óptimas para conectarlas directamente a la toma de fuerza. (Cañavate, y otros, 2012)

**Figura 22.** Bomba de engranaje.



**Fuente:** [http://olagorta.com/bombas\\_de\\_engranes.htm](http://olagorta.com/bombas_de_engranes.htm)

### 2.8.1.3 Cuba o depósito.

Se trata de un contenedor soportado por un bastidor instalado sobre los tres brazos del sistema hidráulico del tractor o pulverizadores suspendidos, o bien montado sobre un eje equipado con neumáticos pulverizadores remolcados. Poseen formas variadas, está provisto en la parte superior de una abertura circular, con un tapón de llenado en el que va montado un filtro. Además del depósito principal, pueden existir otros depósitos anejos para transferencia del producto, lavado, enjuagado de envases, etc. Igualmente se puede instalar un depósito de espuma, que con un pequeño compresor y unos gateadores, reparte la espuma en los extremos de las barras distribuidoras para el marcado de la superficie tratada, así como un depósito de agua limpia para uso del dueño. (Cañavate, y otros, 2012)

**Figura 23.** Cuba



**Fuente:** <http://www.polyarmados.com/productos/accesorios-granja/cubas-depositos-poliester/>

En cuanto se refiere a la capacidad de las cubas, es variable, en pulverizadores suspendidos normalmente fluctúa de 300 a 1200 litros, en tanto que en los remolcados su capacidad varía entre 1000 y 4500 litros. La cuba posee un indicador de nivel que puede ser de tubo exterior, de graduación sobre el depósito o de flotador. En la actualidad se fabrican a base de resina de poliéster estratificado, reforzado con fibra de vidrio, para las cubas de gran volumen; el polietileno está reservado para recipientes de pequeñas capacidades, inferiores a los 500 litros, también tenemos otros tipos de materiales como el acero inoxidable, poco

extendido, y otros tales como el cobre o el latón, ya muy poco utilizados. (Cañavate, y otros, 2012)

Los sistemas de agitación que llevan imprescindiblemente estos aparados pueden ser:

- *De agitación mecánica.*- Este no es un sistema totalmente mecánico, ya que el caudal de la bomba es mayor al que se requiere para el tratamiento, por lo que la fracción restante es mandada automáticamente por el retorno, contribuyendo a la acción de removido. Este es el caso de casi la totalidad de los pulverizadores remolcados, cuyos mecanismos más extendidos son un eje de paletas o una hélice. (Cañavate, y otros, 2012)
- *De agitación hidráulica.*- Es propio de pulverizadores suspendidos y a veces de aparados de gran magnitud remolcados que no estén dotados de agitación mecánica. Consiste en reenviar a la cuba una importante fracción del caudal de la bomba. Generalmente se estima que son indispensables unos 10 l/min de líquido por cada 100 l que hay que remover. El dispositivo comprende un tubo prolongado ligado a la canalización de retorno. (Cañavate, y otros, 2012)

#### 2.8.1.4 *Circuito hidráulico.*

Está constituido por una serie de conducciones o tuberías que unen la cuba de la bomba y esta a su vez a la barra de pulverización, intercalándose dos o más filtros; (Cañavate, y otros, 2012) dentro de los principales elementos que forman parte de este sistema tenemos el siguiente:

- *Tuberías.*- Dentro de las tuberías tenemos dos formas de clasificarlas:
- *Flexibles.*- Pueden ser de plástico o goma, unen distintos elementos del equipo viniendo en ocasiones reforzadas o armadas; son sensibles a las pulsaciones ocasionadas por las variaciones del caudal o presión, perjudicando a la uniformidad de la pulverización. (Cañavate, y otros, 2012)
- *Rígidas.*- son de acero inoxidable, aluminio anodizado o PVC rígido. (Cañavate, y otros, 2012)

- *Grifería y distribuidor.*- Comprende las llaves distribuidoras, en las dos o más de estas dan paso a las respectivas barras de pulverización; el cierre o apertura de la alimentación se efectúa a través de un distribuidor. Este tiene un conjunto de válvulas que se pueden accionar individualmente para conducir el líquido a la presión establecida hacia las boquillas. (Cañavate, y otros, 2012)
- *Filtros.*- Tiene como función eliminar todo cuerpo extraño o perjudicial que se encuentre en el líquido, que podría generar un mal funcionamiento de las válvulas, atasco de las boquillas o producir un excesivo desgaste de los órganos de aparato en general y principalmente de la bomba. Se instalan en diferentes puntos, con el fin de asegurar un filtrado escalonado obtenido por medio de superficies filtrantes en las que el diámetro va decreciendo, están situados los mayores en la zona de llenado y los demás pequeños en las boquillas. Debe realizarse continuamente la perfecta limpieza de todos los filtros del equipo. (Cañavate, y otros, 2012)

#### 2.8.1.5 *Boquillas de pulverización.*

Van normalmente montadas en un porta boquillas cuyo propósito es conectar las boquillas con las conducciones del equipo. En muchos casos el porta boquillas incluye un soporte rotativo pudiendo sustituir las boquillas mediante un giro. (Cañavate, y otros, 2012)

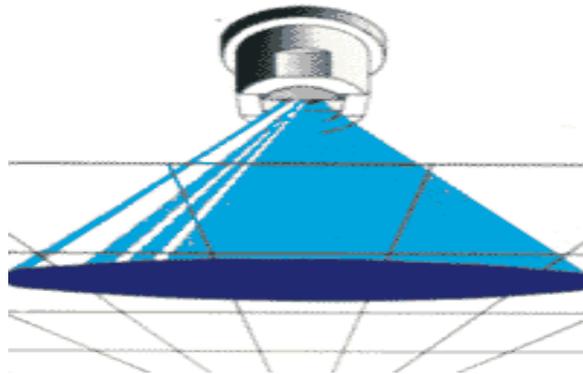
Los principales tipos de boquillas para la pulverización por presión de líquido son:

- *Boquillas de turbulencia o de chorro cónico.*- Este tipo de boquillas suministran un chorro cónico, que puede ser hueco o lleno. obteniéndose poblaciones de gotas entre 100 y 350  $\mu\text{m}$ ; las pulverizaciones más finas corresponden a las de menor calibre, para presiones de 20 a 40 bar, mientras que las más gruesas se dan para presiones bajas, 3 a 5 bar. Se usan para tratamientos fungicidas e insecticidas, ya sea para cultivos bajos, viñedos o cultivos hortícolas.

Están constituidas en su interior por un canal helicoidal o hélice, una cámara de turbulencia y un disco o pastilla de orificio calibrado. El líquido es sometido en la hélice a un movimiento de rotación, con el cual llega a la cámara de turbulencia, saliendo después en forma de torbellino por el orificio de un disco o pastilla. De este

modo se genera un chorro cónico, característico de este tipo de boquillas. (Cañavate, y otros, 2012)

**Figura 24.** Boquilla de chorro cónico



**Fuente:** <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/accesorioshidraulicos/losdiferentestiposdeboquillas/losdiferentestiposdeboquillas.html>

- *Boquillas de abanico o de chorro plano.*- Se definen así aquellas cuyos orificios de salida no son de sección circular, sino en forma elíptica o rectangular. Esquemáticamente están constituidas por un cuerpo, una boquilla propiamente dicha, un filtro y un orificio de salida; el líquido atraviesa el filtro, depositándose en este las partículas que por su tamaño pueden taponar la hendidura de salida o bien ocasionarle un excesivo desgaste. El chorro producido es plano, en forma de abanico de ángulo más o menos grande, según la forma de la hendidura.

El montaje de estas boquillas en la barra de pulverización ha de emplearse de manera que los planos medios que caracterizan los abanicos sean paralelos, formando un ángulo no superior a  $10^{\circ}$  con respecto a la propia barra. De este modo, se evitan interferencias entre las gotas de las extremidades de los abanicos de dos boquillas sucesivas. Para ello, algunos fabricantes facilitan al usuario una pequeña llave que les permite realizar tal orientación. Los caudales obtenidos con este tipo de boquillas varían entre 0,5 y 6 l/min o más, con presiones comprendidas entre 1,5 y 4 bar y el tamaño de gotas entre 250 y 450 $\mu$ m. (Cañavate, y otros, 2012)

**Figura 25.** Boquilla de chorro plano



Fuente: <http://www.cooper-pegler.es/accesorios--168.html>

- *Boquillas de choque o de espejo.*- Si se sustituye la hendidura por un plano más o menos inclinado, fijo o móvil y suficientemente distante de salida del tubo, se obtiene una boquilla de espejo. Los caudales que aprovisionan varían entre 1 y 5 l/min para presiones comprendidas entre 0,5 y 1,5 bar y tamaño de gotas entre 400 y 1000  $\mu\text{m}$ . (Cañavate, y otros, 2012)

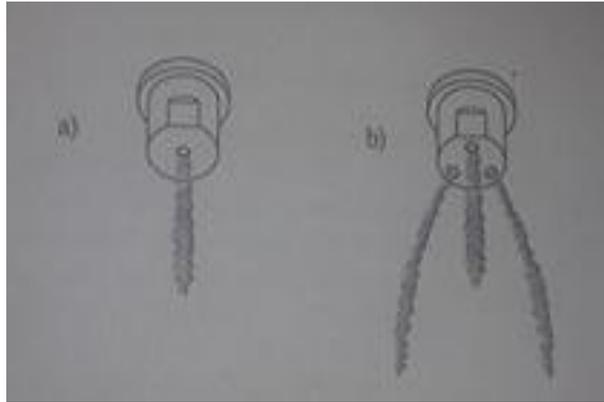
**Figura 26.** Boquilla de choque



Fuente: <http://www.cooper-pegler.es/accesorios--168.html>

- *Boquillas de una o de varias salidas de gota gruesa.*- Constan de un cuerpo hueco relativamente largo por donde recorre el líquido a baja presión. En su extremo inferior dispone de uno a tres orificios por donde sale el líquido fragmentándose en gotas bastante gruesas de hasta 100  $\mu\text{m}$ . (Cañavate, y otros, 2012)

**Figura 27.** Boquilla de varias salidas de gota gruesa



Fuente: (Cañavate, y otros, 2012)

- *Dispositivos anti goteo.*- Actualmente las boquillas incorporan unos dispositivos anti goteo cuya finalidad es impedir la salida de líquido por las boquillas una vez que el operario cierra la llave de paso. De este modo, el residuo queda en los conductos no sale al exterior, impidiendo que la materia activa caiga en sitios no deseados. El fundamento del dispositivo consiste en una pequeña válvula de resorte que pone en comunicación el circuito de líquido con la boquilla respectiva a una presión inferior a la mínima de trabajo, pero superior al remate del circuito. (Cañavate, y otros, 2012)

**Figura 28.** Dispositivo anti goteo



Fuente: <https://es.aliexpress.com/popular/anti-drip/2.html>

#### 2.8.1.6 Barras, lanzas o pistolas de pulverización.

Son estructuras tubulares sobre un cuadro metálico fijo o articulado al bastidor del aparato que sirven para llevar el líquido hasta las boquillas, sus dimensiones varían según el

pulverizador sea suspendido, remolcado o autopropulsado. Las boquillas se ubican a una distancia de 50 cm en las barras de pulverización horizontales. En pequeñas plantaciones, con equipos de carretilla o mochila frecuentemente se utilizan canalizaciones unitarias que terminan en unos dispositivos llamados lanzas o pistolas en cuyo extremo hay una o varias boquillas de pulverización.

Cada equipo puede ir dotado de uno o más de estos aparatos. Suelen utilizarse en pequeños huertos de cultivos arbóreos de vegetación agrupada, para conseguir una distribución más densa y homogénea en la masa vegetal, sobre todo en el interior, zona difícilmente alcanzable si el tratamiento se realiza mediante barra de pulverización. Tienen el inconveniente de requerir mayor cantidad de tiempo para realizar el tratamiento en comparación con otros sistemas. (Cañavate, y otros, 2012)

**Figura 29.** Pistola de pulverización



Fuente: <https://italimport.com.pe/producto/pistola-de-pulverizacion-yc-109/>

#### 2.8.1.7 *Ventajas e inconvenientes de los pulverizadores en su aplicación a cultivos arbóreos.-*

Entre las ventajas más importantes tenemos las siguientes:

- La extensa gama de productos a los que se adaptan, sea cual fuere su forma o presentación
- Pueden realizarse algunos tratamientos de invierno en árboles frutales, aplicándolos directamente a troncos y ramas

- Estos aparatos requieren menos energía motriz por unidad de tiempo que los atomizadores
- Su precio de compra es inferior a los de los atomizadores.

Entre los inconvenientes que pueden presentarse tenemos:

- No permiten obtener gotas finas, esto trae consigo la necesidad de utilizar mayores cantidades de producto por hectárea. Como consecuencia, se hacen más continuas las operaciones de llenado de las cubas con lo que disminuye el rendimiento horario.
- Existe mayor riesgo de que las gotas depositada se escurran a través de la planta
- La penetración de la masa vegetal arbórea no es la mejor, quedando en muchos casos la parte interior de los árboles apenas sin tratar
- Las gotas quedan frenadas con bastante rapidez, lo que origina que el alcance del tratamiento sea pequeño. Puede incrementarse dicho alcance acrecentando el grosor de las gotas; sin embargo, la experiencia demuestra que por encima de 30 bar este aumento es muy débil, mientras que el alcance prácticamente se mantiene.
- Una mayor finura de gotas puede lograrse incrementando la presión, con lo que acrecienta el caudal o disminuye el diámetro de las boquillas de los difusores, lo que aumenta su sensibilidad al desgaste y posible obstrucción.

#### *2.8.1.8 Regulaciones de los pulverizadores.*

Para regular la presión en los pulverizadores debemos realizar el siguiente procedimiento:

- Se consigue actuando sobre el regulador, según las características del tratamiento, así como del calibre y tipo de boquillas utilizadas.
- Se controla por medio del manómetro

Para regular el caudal repartido por las boquillas en los pulverizadores debemos ejecutar el siguiente procedimiento:

- Puede regularse actuando sobre la selección del tipo de boquillas
- También puede regularse mediante la presión

Para un determinado ajuste o regulación del caudal, el volumen repartido es proporcional al tiempo empleado y el volumen por hectárea a la velocidad del avance.

#### *2.8.1.9 Mantenimiento de los pulverizadores.*

Para realizar el mantenimiento de los pulverizadores debemos seguir las siguientes recomendaciones:

- Deben limpiarse frecuentemente los filtros, a fin de eliminar todas las impurezas que se quedan en el circuito y que pueden tapar las boquillas.
- El lavado a fondo después de utilizar el aparato es importante, ya que impide la formación de depósitos en sitios difícilmente accesibles. Han de tomarse precauciones en caso de que se utilicen para pulverizar sucesivamente herbicidas y fungicidas o insecticidas; en este caso se recomienda realizar un lavado con una solución de sosa de 2 o 3 por 100. O amoniacal al 1 por 100, dejando que se impregne el circuito durante varias horas. Cuando se han utilizado productos emulsionantes, el circuito debe limpiarse con detergente, aclarándose posteriormente con agua.
- Debe cambiarse frecuentemente las pastillas de las boquillas, sobre todo cuando se emplean suspensiones, los cuales ocasionan un rápido deterioro de las mismas.
- Debe verificarse el buen funcionamiento de la bomba, siguiendo las instrucciones del fabricante
- Cuando llega la época de bajas temperaturas debe vaciarse totalmente el aparato, a fin de precaver los riesgos de la congelación que puede producirse en el interior del circuito.

## CAPÍTULO III

### 3 PROCESO TECNOLÓGICO

#### 3.1. Propuesta tecnológica

Se planteó en la presente tesis el diseño y construcción de un sistema de aspersión para fumigar del tipo estacionario como un accesorio más para el motocultor en referencia a fin de que mediante el empleo de una forma mecanizada se facilite al agricultor la realización de las labores de fumigación tanto en terrenos planos como en terrenos en pendiente mismos que por sus características geográficas son de difícil acceso, ampliando y optimizando así la capacidad y versatilidad de esta maquinaria para ejecutar un variado número de operaciones agrícolas.

El proyecto iniciará con la selección de una bomba de aspersión con capacidad suficiente para impulsar el líquido fumigante según los requerimientos del operador, luego previo a un análisis técnico, se escogerá el lugar adecuado para acoplar la bomba de fumigar al motocultor. Durante la ejecución de este proyecto, se deberá prever que la adición de peso no genere riesgos relacionados con el manejo de la maquinaria por parte del usuario, o riesgos en fallas estructurales en cuanto al funcionamiento del motocultor, también se diseñará y construirá una base sólida en la que se colocará la bomba de fumigar, esta base debe ser capaz de resistir el peso de la bomba fumigadora y de cada una de las cargas a las que ésta será sometida.

Debido a que el diseño planteado se considera como estacionario, se requiere obligatoriamente un depósito de abastecimiento del líquido fumigante por lo que se procederá al diseño y construcción de un remolque que pueda soportar el peso del depósito y el trabajo al cual será sometido.

El remolque estará diseñado para soportar un depósito máximo de 500 litros de líquido fumigante, sin que falle su estructura ni presente inconvenientes en su funcionamiento o implique peligro para el operario.

Adicionalmente, por la necesidad que presentó el usuario de efectuar trabajos de fumigación en pequeñas extensiones de terreno que no requieren el empleo de cantidades elevadas de líquido fumigante se procederá a realizar una adaptación en el remolque para que pueda transportar opcionalmente un contenedor de la mitad de su capacidad es decir de 250 litros de líquido fumigante. Esto no significa que se alteren de alguna forma los límites del diseño anteriormente especificado, por el contrario mantiene su capacidad para transportar y soportar el peso de un contenedor de 500 litros para fumigar terrenos de grandes superficies sin ningún riesgo.

### **Diseño del modelo tridimensional para la adaptación del sistema de aspersión del motocultor YTO DF 15L**

Para el diseño de este estudio se requiere tener previamente el conocimiento de las partes y la funcionalidad del motocultor, sus especificaciones, dimensiones, posibles materiales más convenientes para ser empleados para su adaptación, características propias del motocultor necesarias para el desarrollo de la simulación computacional.

Para realizar la correcta adaptación se crearon dos tipos de soporte; el primer soporte está destinado para soportar el peso de la bomba y las fuerzas que presente en el momento de su funcionamiento; y el segundo soporte está destinado a soportar la carga del reservorio con el líquido fumigante. Como se pueden observar las imágenes se ha diseñado los modelos tridimensionales utilizando solamente superficies, debido a que este tipo de elementos son recomendados para este tipo de análisis, también se los ha dibujado con aristas vivas esto se lo hace para que el gasto computacional no sea elevado.

### **3.2. Diseño de elementos para la implementación del sistema de aspersión para el motocultor YTO DF-15L**

Uno de los principales puntos que se debe tener en cuenta en el diseño de cada uno de los elementos que se vayan a implementar es la selección correcta de la plataforma de modelado 3D, entre todos los software existentes en el mercado se decidió utilizar Solid Works debido a que presenta altas prestaciones en herramientas de diseño y un interfaz muy comunicativo con el usuario; facilitando el diseño de los elementos en un menor tiempo.

Mientras que para el análisis de esfuerzos a los que serán sometidos dichos componentes, seleccionamos el software de ANSYS debido a la compatibilidad que presentan estos dos software. Como acotación elementos como Bomba de aspersión, pernos, arandelas llantas entre otros fueron adquiridos en diferentes casas comerciales debido a su facilidad de conseguir en el mercado comercial del país.

### 3.3. Materiales y perfiles a ser utilizados

La adaptación del sistema de aspersión está formada por distintos elementos que serán debidamente detallados a continuación:

**Tabla 9.** Materiales y perfiles

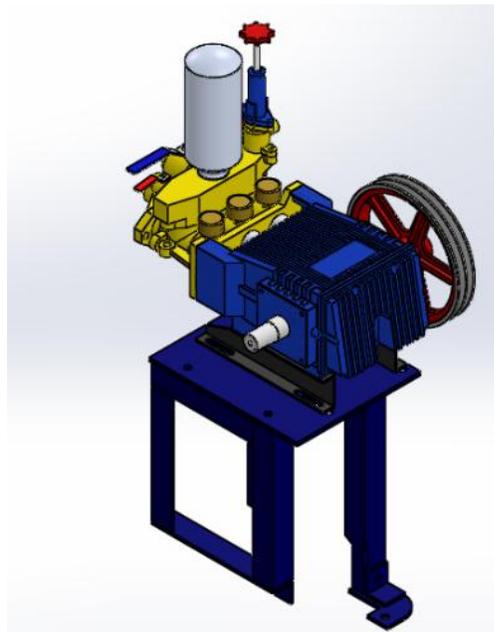
<b>Elementos</b>	<b>Reconocimiento técnico del perfil</b>	<b>Identificación del material</b>
Base lateral izquierda	Perfil tipo ángulo	Acero A36
Base lateral derecha	Perfil tipo ángulo	Acero A36
Pieza de acople	Perfil tipo ángulo	Acero A36
Placa de soporte	plancha 80x50cm	Acero A36
Chasis del remolque	Perfil tipo C	Acero A36
Estructura de seguridad del chasis	Perfil tipo cuadrado	Acero A36
Eje principal	Tubo de acero	Acero A36
Soportes del eje principal	Perfil tipo C y tubo de acero	Acero A36
Barra de unión	Perfil tipo cuadrado	Acero A36
Lámina de piso	Lámina de Tol Galvanizada	Acero Galvanizado
Láminas laterales	Lámina de Tol Galvanizada	Acero Galvanizado
Guarda fangos	Lámina de Tol Galvanizada	Acero Galvanizado
Estabilizador de seguridad	Perfil Tipo cuadrado	Acero A36

Fuente: Autores

### 3.4.1 *Conjunto base de la bomba de aspersión.*

Consta de 4 elementos, su principal finalidad es soportar el peso de la bomba y la fuerza generada por la transmisión del torque del motocultor hacia la polea de la bomba de aspersión, para la configuración de su posición se aprovechó la base de sujeción del bastidor de dos manubrios, debido a que este se encuentra encima del eje principal del motocultor y es un elemento que puede soportar pesos y cargas sin tener un efecto considerable tanto en la estructura como en el funcionamiento del motocultor, además brinda un buen nivel de confort y manipulación para el manejo seguro del equipo por parte del operario.

**Figura 30.** Conjunto Base-Bomba

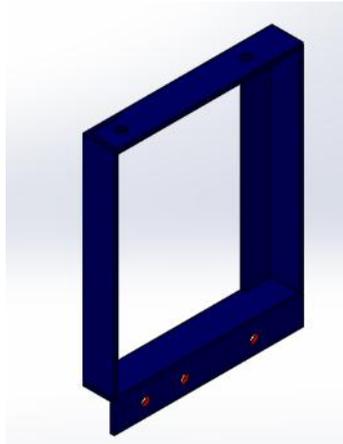


Fuente: Autores

#### 3.4.1.1 *Base lateral izquierda.*

Está sujeta en la parte izquierda de la base del bastidor de dos manubrios; presenta tres orificios de apriete para su fijación con el fin de proporcionar mayor estabilidad al elemento.

**Figura 31.** Base lateral izquierda

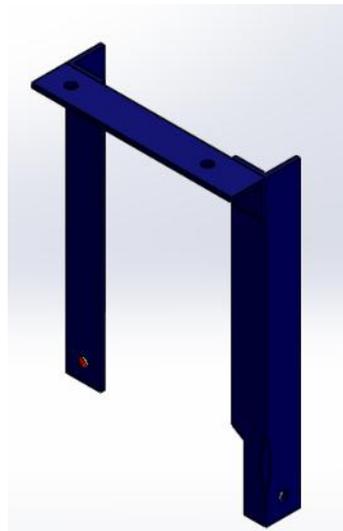


Fuente: Autores

#### 3.4.1.2 *Base lateral derecha.*

Presenta una particularidad ya que debido a la dificultad de su acceso y para asegurar su fijación, se procedió a crear una pieza de acople, posee dos orificios de fijación uno se enlaza directamente con la base del bastidor de dos manubrios y el otro orificio se une con la pieza de acople.

**Figura 32.** Base lateral derecha

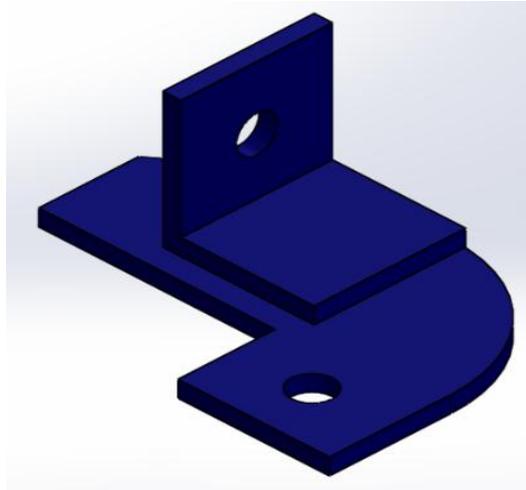


Fuente: Autores

### 3.4.1.3 *Pieza de acople.*

Se une con la base lateral derecha y el bastidor del motocultor, se implementa debido a la dificultad que presenta la configuración del motocultor; y para lograr una buena fijación y soporte las cargas a que va a ser sometido todo el conjunto de la bomba de aspersión.

**Figura 33.** Pieza de acople

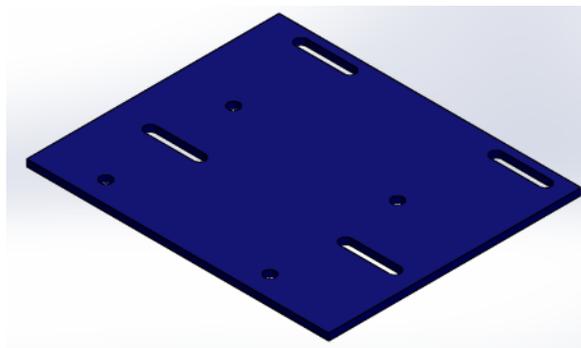


Fuente: Autores

### 3.4.1.4 *Placa de soporte.*

Está diseñado para soportar todo el peso de la bomba de aspersión, posee orificios que permiten el desplazamiento de la bomba hacia delante y hacia atrás, permitiendo templar las bandas de la polea con mayor facilidad.

**Figura 34.** Placa de soporte



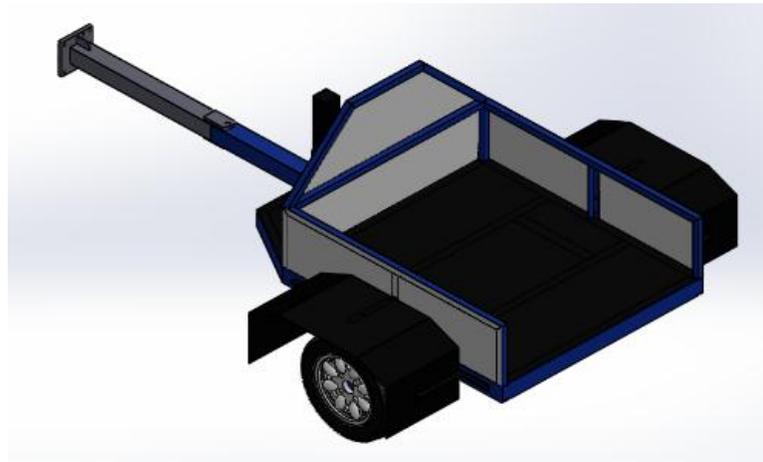
Fuente: Autores

### 3.4.2 *Remolque transportador del contenedor de líquido.*

Está diseñado para el transporte seguro del contenedor, puede soportar hasta 500 litros de líquido de manera totalmente segura, además tiene una adaptación para llevar un contenedor de la mitad de su capacidad.

Este elemento tiene la capacidad de anclarse a la toma de fuerza del motocultor para lograr un ensamblé conjunto y brindar mayor estabilidad a toda la maquinaria en el momento de su funcionamiento, también posee un elemento de seguro para el tanque de 200 litros para evitar el desplazamiento del contenedor a lugares donde pueda alterar el funcionamiento del equipo poniendo en alguna situación de riesgo al operador y la maquinaria.

**Figura 35.** Remolque transportador

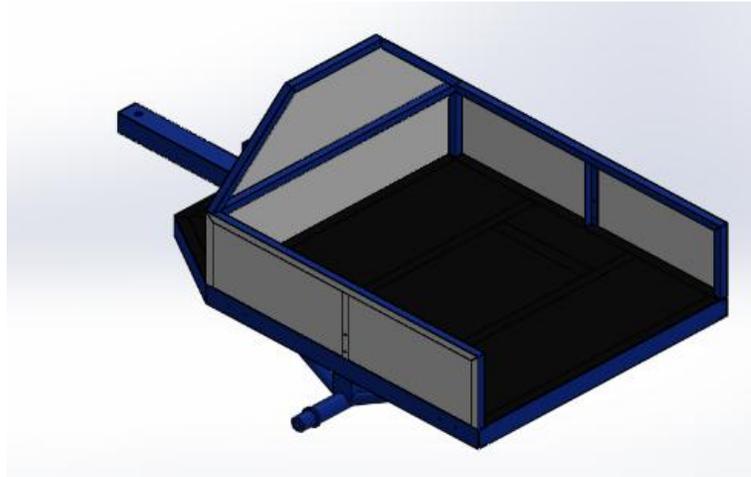


Fuente: Autores

#### 3.4.2.1 *Chasis del remolque.*

Soporta las cargas externas y el peso del contenedor, para su construcción se utilizó un perfil estructural C, este perfil conforma el armazón del remolque debido a que en él se instalarán todos los elementos que le darán forma.

**Figura 36.** Chasis del remolque

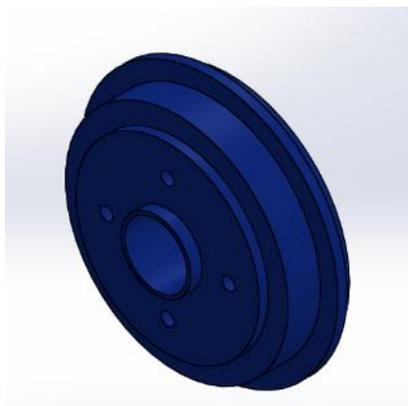


Fuente: Autores

#### 3.4.2.2 *Tambores.*

Van instalados en las puntas del eje de las llantas, y permiten que las ruedas puedan girar en sentido horario o anti horario dependiendo la necesidad que presente el operario.

**Figura 37.** Tambor

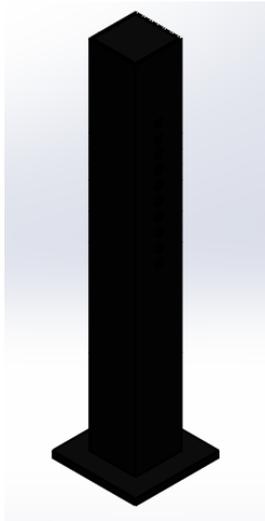


Fuente: Autores

#### 3.4.2.3 *Soporte nivelador del remolque.*

Se considera como un elemento de seguridad, porque brinda estabilidad al remolque cuando no está acoplado al motocultor, siempre y cuando se encuentre en un terreno que no presente demasiada irregularidad.

**Figura 38.** Soporte nivelador del remolque



Fuente: Autores

**3.4.2.4** *Pasador del soporte nivelador.*

Regula la altura al cual se puede regular el soporte nivelador del remolque, manteniéndole en una posición fija.

**Figura 39.** Pasador del soporte nivelador

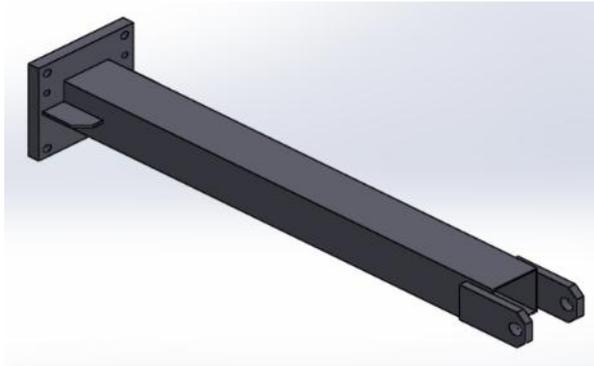


Fuente: Autores

**3.4.2.5** *Unión universal del motocultor.*

Como su nombre lo indica sirve de acople entre el motocultor y otros accesorios, en nuestro caso es la unión que sirve de unión entre el motocultor y el remolque.

**Figura 40.** Unión universal del motocultor

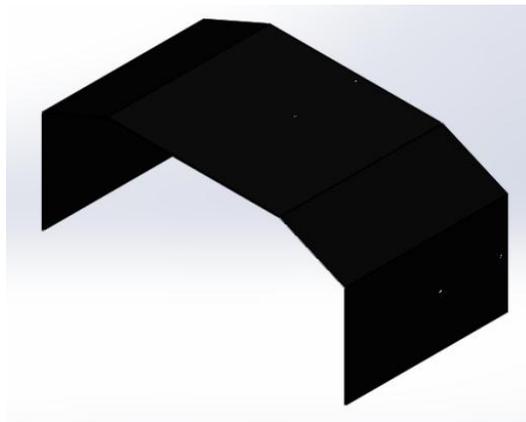


Fuente: Autores

#### 3.4.2.6 *Guardafangos.*

Estas piezas tienen como función principal evitar que el polvo, la arena, el lodo, pequeños fragmentos de rocas, líquidos y otras sustancias que se encuentren en el camino, sean lanzados hacia el aire por los neumáticos cuando se encuentren rodando a una velocidad considerable.

**Figura 41.** Guardafangos



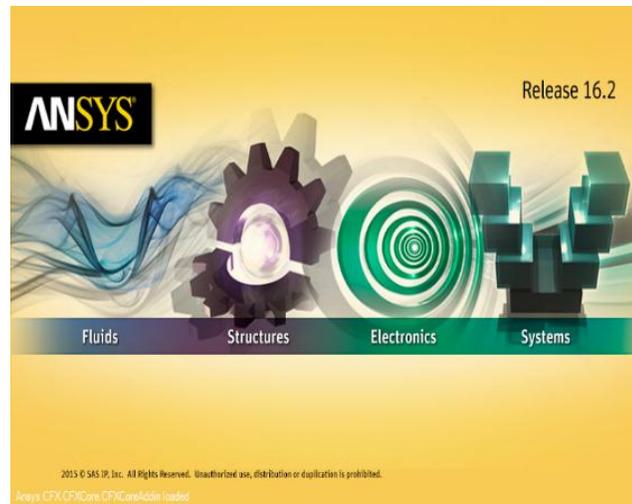
Fuente: Autores

### 3.5. Definición del proceso

ANSYS es un conjunto de programas CAE empleados para el diseño, análisis y simulación de partes por elementos finitos, incluyendo las fases de preparación de meshing o malleo,

ejecución y post proceso, el programa ejecuta análisis de piezas sometidas a fenómenos físicos, usadas en ingeniería y diseño mecánico, resuelve problemas físicos sometidos a esfuerzos térmicos, fluidos, vibración y aplicaciones específicas. ANSYS WORKBENCH es una plataforma de software donde se crean los proyectos de análisis CAE para diferentes disciplinas. (3D CAD PORTAL, s.f.).

**Figura 42.** ANSYS (workbench).

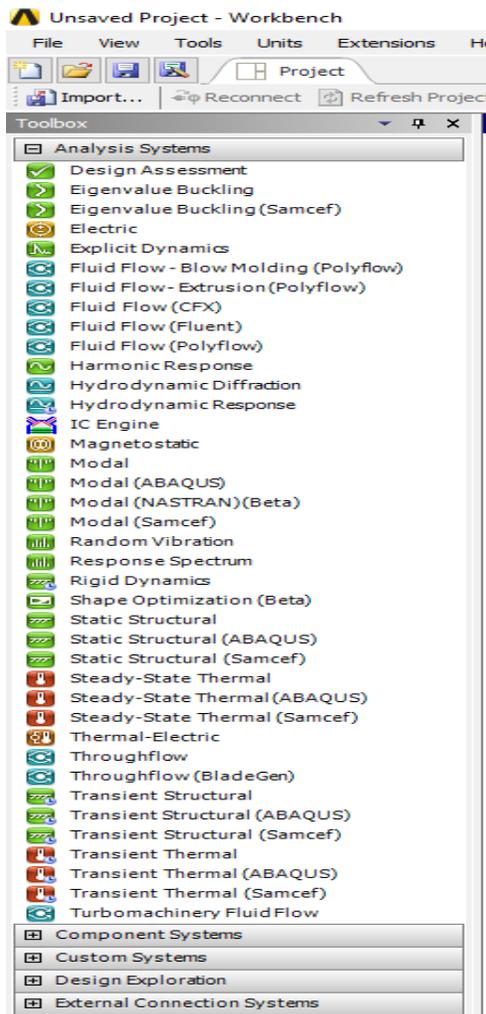


**Fuente:** Autores

### **3.5.1** *Generación de la geometría.*

Dentro de los paquetes de ANSYS encontramos ANSYS MECHANICAL que es una herramienta de ANSYS para resolver situaciones muy particulares en diseño mecánico como elementos estructurales lineales, no lineales y análisis dinámico. Con este módulo podemos evaluar el comportamiento, asignar materiales y resolver ecuaciones. A demás se puede resolver análisis térmicos, acoplamiento físicos que involucren acústica, elementos piezoeléctricos e interacción térmica con eléctrica. ANSYS MECHANICAL es una solución puntual de análisis de alto desempeño que puede usarse como plataforma de solución. (3D CAD PORTAL, s.f.). Otra importante alternativa que nos ofrece ANSYS es la facilidad de importar archivos en diferentes extensiones que es una gran ventaja al momento de modelar con otros programas CAD, como en este caso SOLID WOKS.

**Figura 43.** ANSYS (contenido de herramientas)

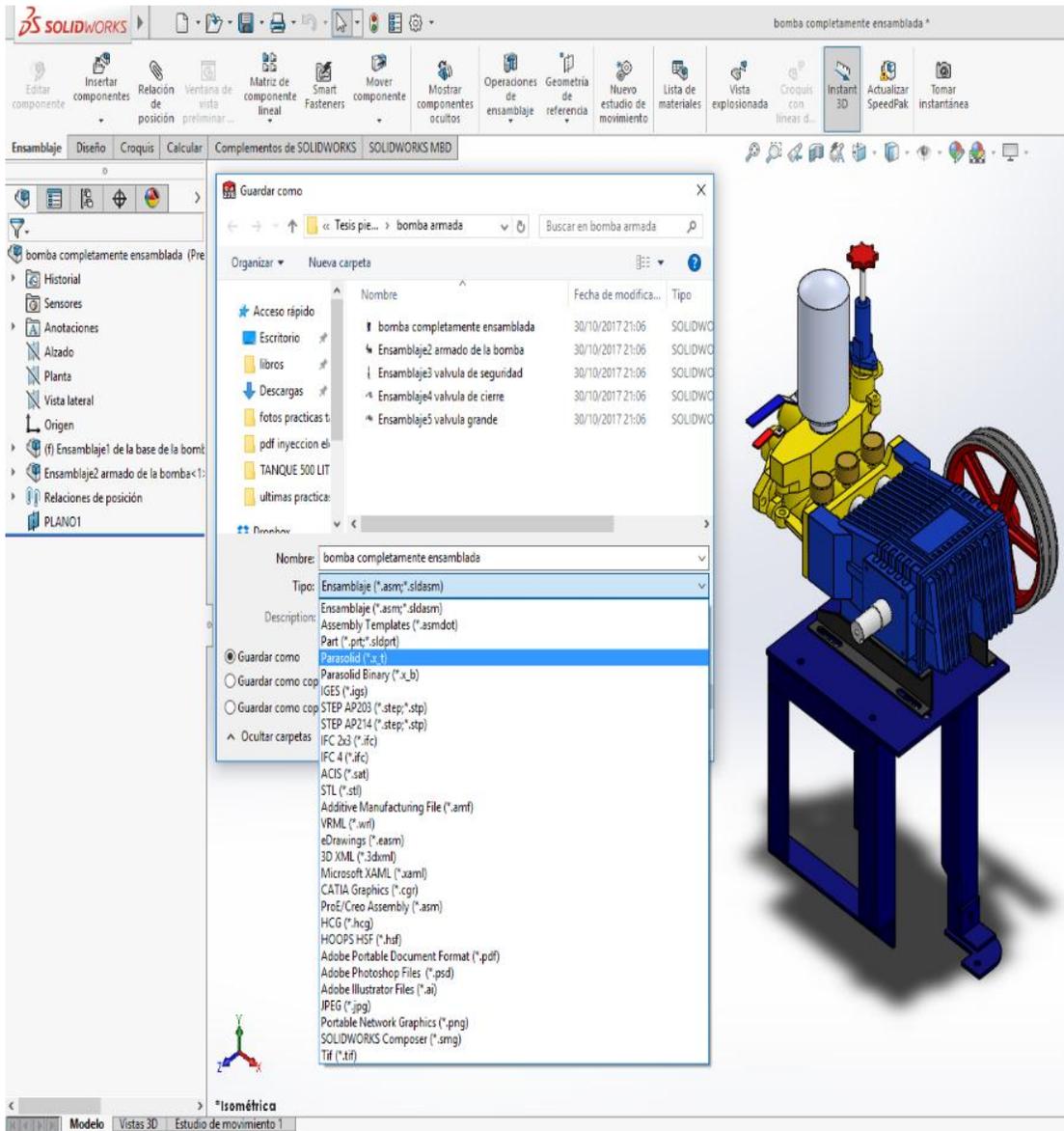


Fuente: Autores

### 3.5.2 Condiciones Generales para el modelado de la estructura.

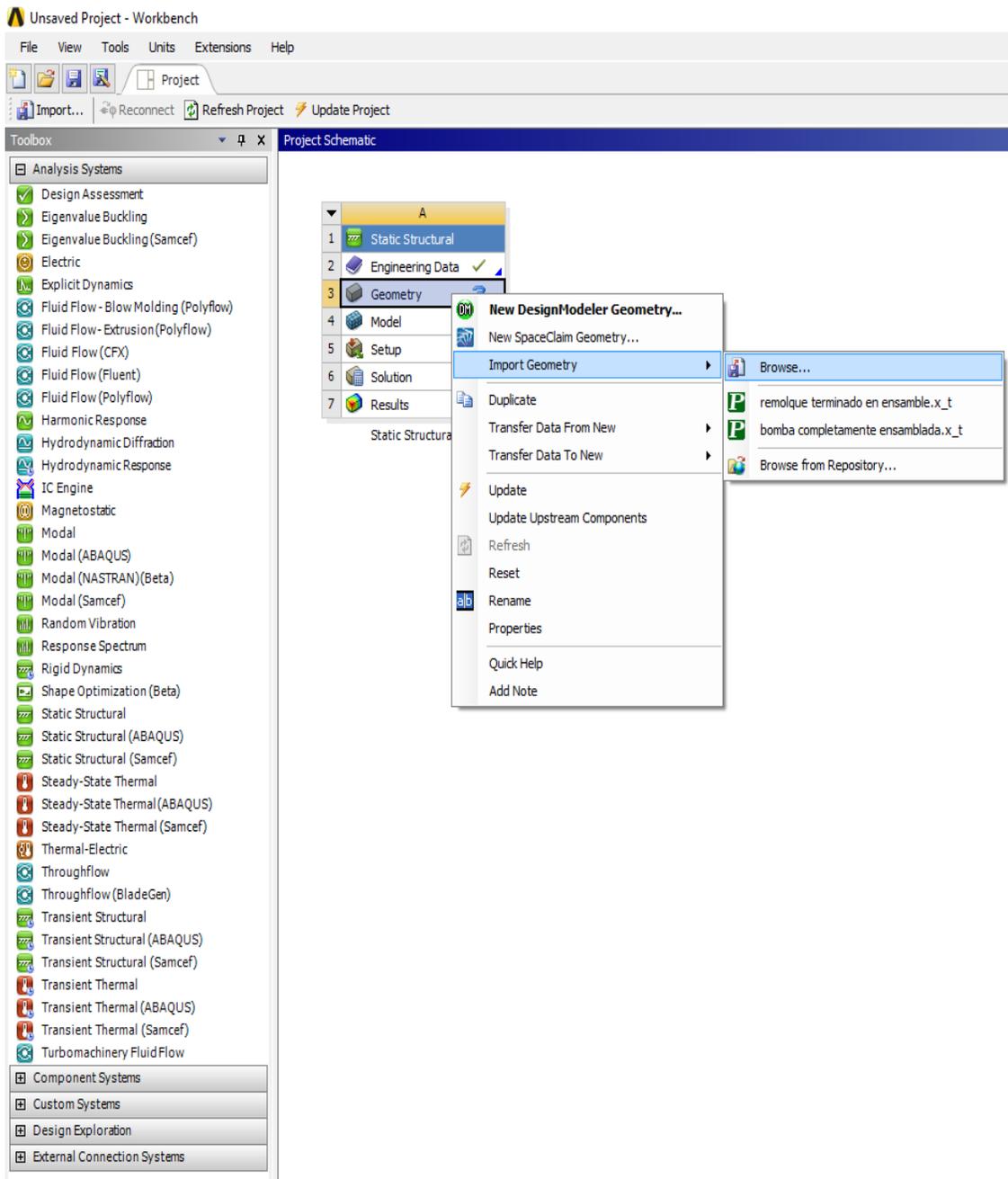
Terminado el modelado de la geometría en SOLID WORKS se guardó el conjunto de ensamblado bajo un formato compatible con ANSYS empleándose para ello la extensión parasolid después se importó la geometría guardada bajo este formato para realizar correcciones necesarias y someterla al cálculo de los distintos fenómenos físicos que se pueden trabajar dentro de la plataforma de ANSYS.

**Figura 44. SOLID WORKS (formato compatible).**



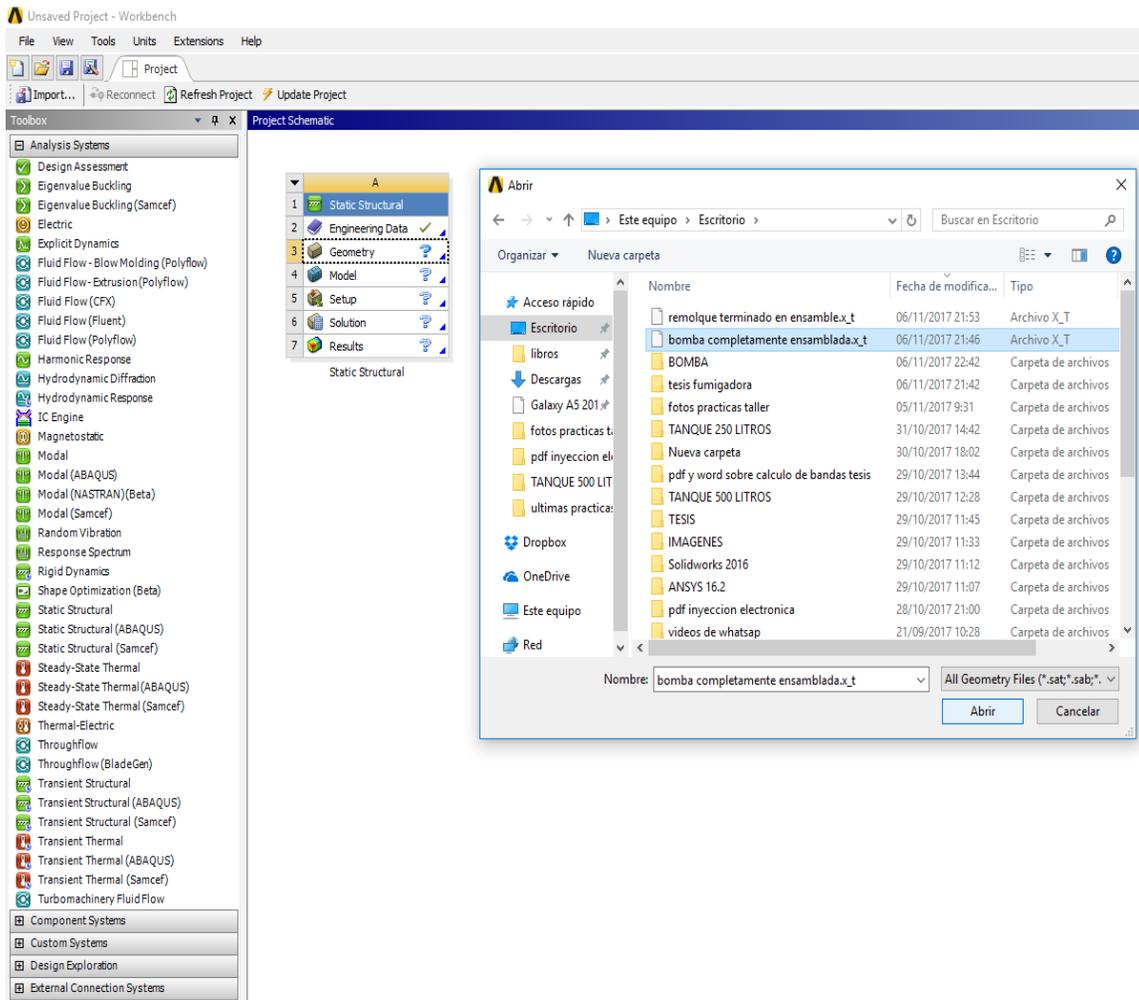
Fuente: Autores

**Figura 45.** ANSYS (importación de la geometría).



Fuente: Autores

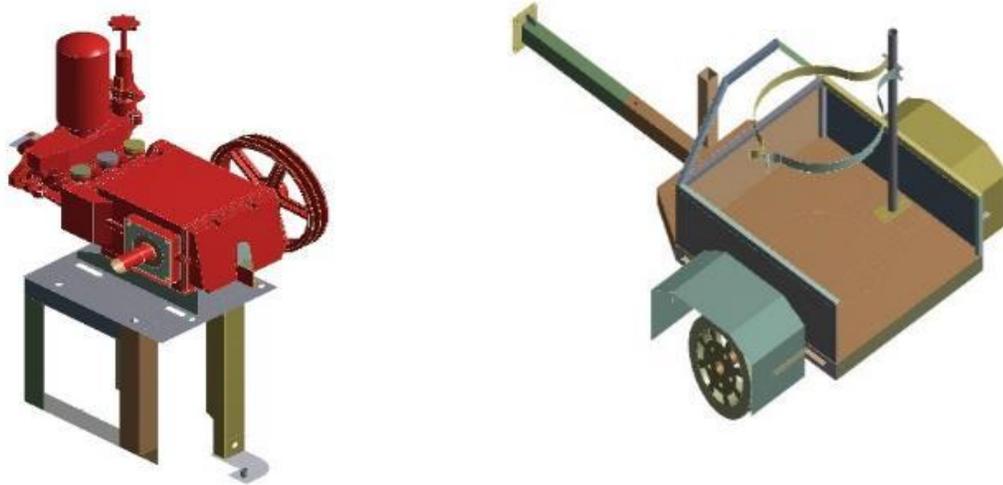
**Figura 46.** ANSYS (proceso de carga de la geometría).



**Fuente:** Autores

El estudio a realizarse en ANSYS comprende dos aspectos el primero es el *Conjunto base de la bomba de aspersión* y el segundo es el *Remolque transportador del contenedor de líquido* estos dos ensambles serán sometidos a diferentes fenómenos físicos simulando condiciones reales para poder establecer su comportamiento y llegar a la obtención de un diseño exitoso.

**Figura 47.** ANSYS (plataforma de diseño).



Fuente: Autores

Para el estudio del conjunto de la base de la bomba de aspersión se debe tener en cuenta las fuerzas que van a soportar la estructura de la base de la bomba principalmente el peso de la bomba y la fuerza que requiere para un funcionamiento óptimo.

En el estudio del remolque transportador del contenedor de líquido se debe tener en cuenta el peso generado por el reservorio de 500 litros ya que es la fuerza más crítica que debe soportar el elemento sin fallar.

### **3.6. Generación de la malla**

Para generar una malla en ANSYS contamos con diferentes recursos para poder mallar elementos de cualquier clase dentro de los cuales tenemos, sólidos para elementos tridimensionales, SHELLS para elementos bidimensionales y BEAMS para elementos unidimensionales la utilización de estos recursos depende del fenómeno que se quiere analizar.

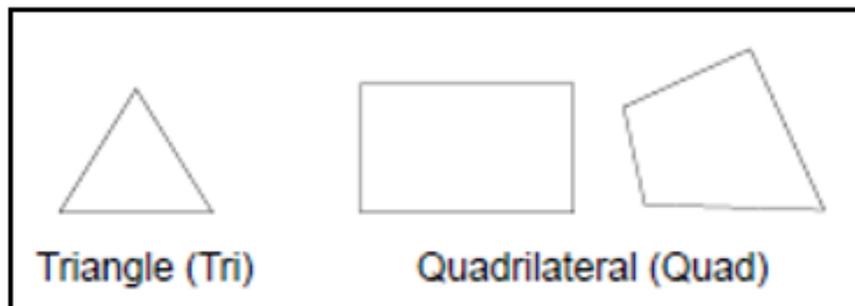
### 3.6.1 Selección del método de mallado

- Automático (Patch Conforming/Sweeping-These are Quad Dominant but if needed Triangular mesh are formed too)
- Tetraedro (Patch Independent)
- Tetraedros (Patch Conforming)

*Para geometría 2D*

- Método automático
- triángulo
- cuadrilátero

**Figura 48.** Geometrías



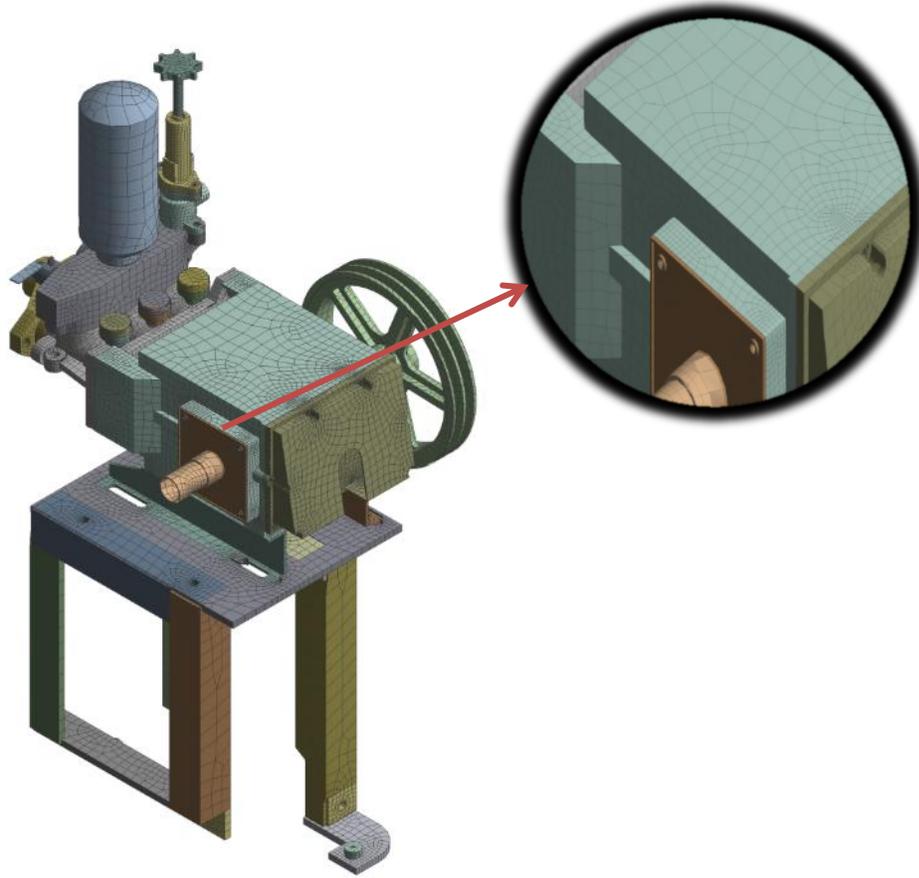
Fuente: <http://www.padtinc.com/blog/the-focus/page/2>

En el diseño planteado se presenta un conjunto de dos ensambles con un mallado para cada uno, mismos que se detallan a continuación:

### 3.6.2 Conjunto base de la bomba de aspersión.

En este estudio se decidió emplear los elementos de tipo Shell, debido a que permite un ahorro considerable de los recursos computacionales, de esta manera el programa podrá arrojar la solución del fenómeno que estemos estudiando en un tiempo mucho más corto optimizando de esta manera los recursos a nuestra disposición

**Figura 49.** ANSYS (malla base – bomba de aspersión).

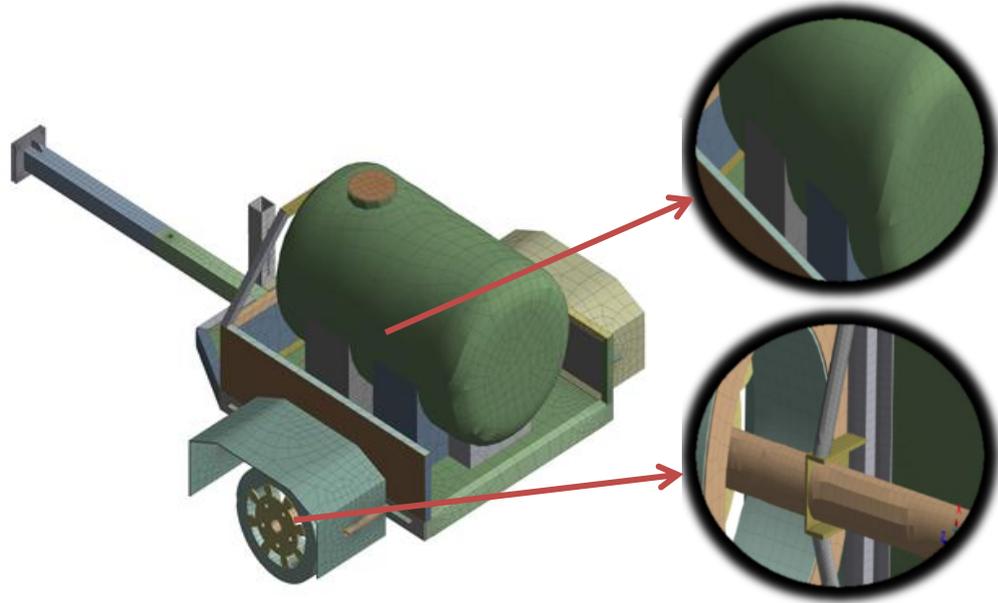


Fuente: Autores

### **3.6.3 Remolque transportador del contenedor de líquido.**

Al igual que en el análisis anterior se utilizó el mismo criterio para proceder con el desarrollo de este conjunto o ensamble.

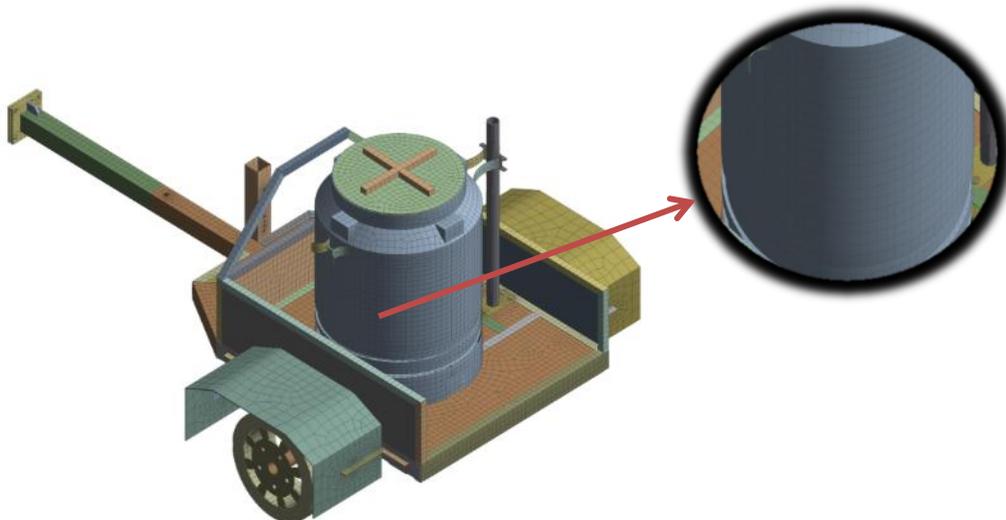
**Figura 50.** ANSYS (malla remolque transportador).



Fuente: Autores

Debido a que este proyecto es desarrollado para el uso de varias personas, se realizó una modificación al modelo del remolque para que pueda transportar un reservorio de la mitad de la capacidad con seguridad, ya que las labores de fumigación se efectuarán en terrenos de diversas extensiones.

**Figura 51.** ANSYS (malla remolque transportador 250L).

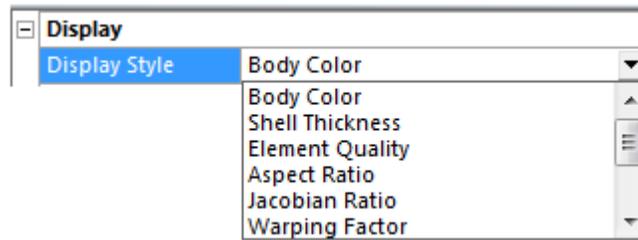


Fuente: Autores

### 3.6.4 Criterio de evaluación de las mallas.

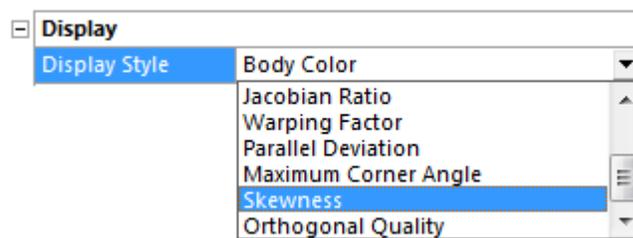
Para evaluar las mallas el programa ANSYS nos ofrece algunas opciones tales como:

**Figura 52.** ANSYS (criterio de evaluación).



Fuente: ANSYS

**Figura 53.** ANSYS (criterio de evaluación).



Fuente: ANSYS

Para este estudio se trabajará con elementos cuadriláteros, cuyo criterio de aceptación de la calidad de malla emplea el método de la desviación del ángulo que maneja valores entre 0 y 1, en donde los valores que más se aproximen a cero son considerados como excelentes en cuestiones de calidad de la malla mientras que los valores próximos a uno son considerados inaceptables este criterio de aceptación de la malla lo podemos visualizar de mejor manera en la **figura 55**.

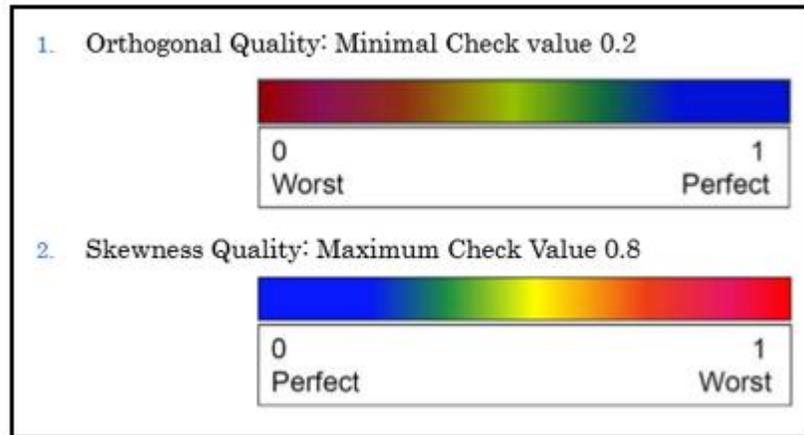
### 3.6.5 Control de calidad de malla

El error en el resultado depende de la orientación y la configuración de la malla correcta, por lo que una buena calidad de la malla disminuye las posibilidades de obtener errores en el resultado.

Para establecer la calidad de la malla se debe considerar estos tres componentes:

- Buena calidad de la malla (skewness, orthogonality, etc.)
- Distribución correcta de mallado
- Resolución perfecta

**Figura 54.** Control de mallado.

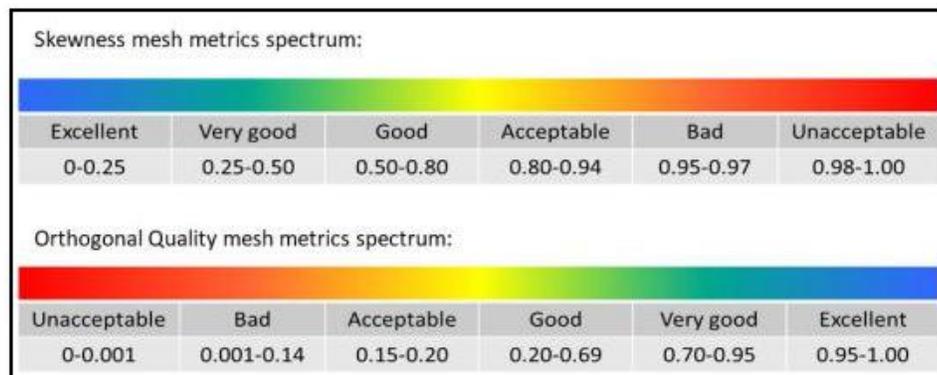


Fuente: [https://www.slideshare.net/SyedHasibAkhterFaruq/ansys-meshing-basics?from\\_action=save](https://www.slideshare.net/SyedHasibAkhterFaruq/ansys-meshing-basics?from_action=save)

### 3.6.6 *Skewness.*

Es una de las principales medidas de calidad para una malla. El skewness determina que tan cerca del ideal está una cara o una celda (es decir, equilátero o equiangular).

**Figura 55.** Medidas de calidad de malla.



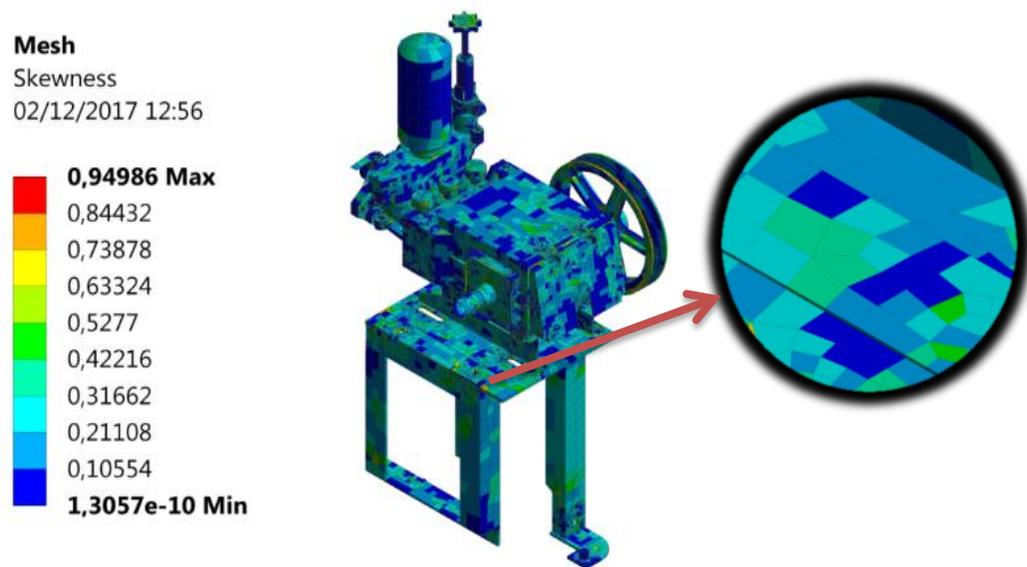
Fuente: [https://www.slideshare.net/SyedHasibAkhterFaruq/ansys-meshing-basics?from\\_action=save](https://www.slideshare.net/SyedHasibAkhterFaruq/ansys-meshing-basics?from_action=save)

En ANSYS hay varias estadísticas de calidad de malla a nuestro alcance. Una manera rápida y fácil de verificar la malla es observar la estadística de Calidad Ortogonal Mínima y asegurarse de que sea mayor a 0.1 y la Máxima skewness es menor a 0.95.

A continuación, analizaremos el estado de la calidad de la malla de cada ensamble, evaluado bajo el criterio de skewnees:

### 3.6.7 Conjunto base de la bomba de aspersión

**Figura 56.** ANSYS (resultado del proceso de mallado conjunto base - bomba).

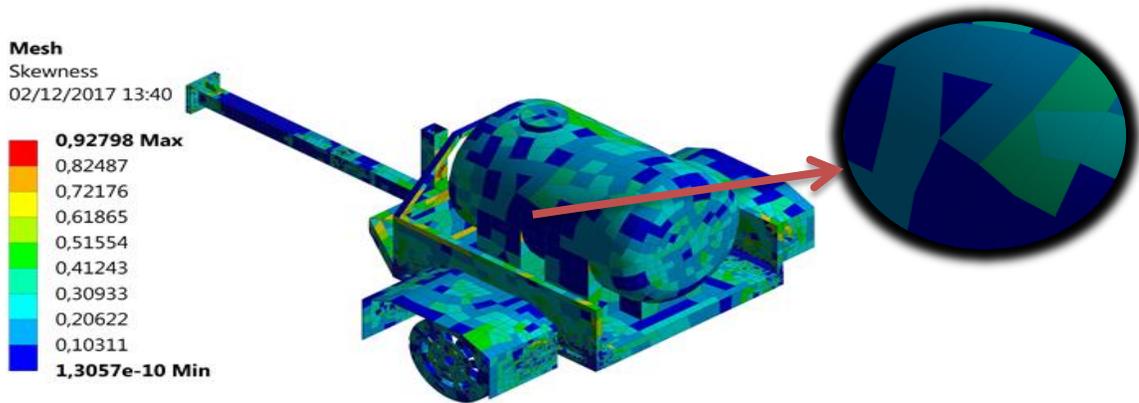


Fuente: Autores

Según los datos obtenidos mediante la evaluación de Skewness el estado de la calidad del mallado está dentro de un rango aceptable ya que sus valores se encuentran entre los rangos de 0,80 y 0,94 y la mayoría de la malla se encuentran entre valores menores a 0,42 por lo que los parámetros de evaluación se encuentran en un rango considerado como muy bueno.

### 3.6.8 Remolque transportador del contenedor de líquido

**Figura 57.** ANSYS (resultado del proceso de mallado remolque transportador).

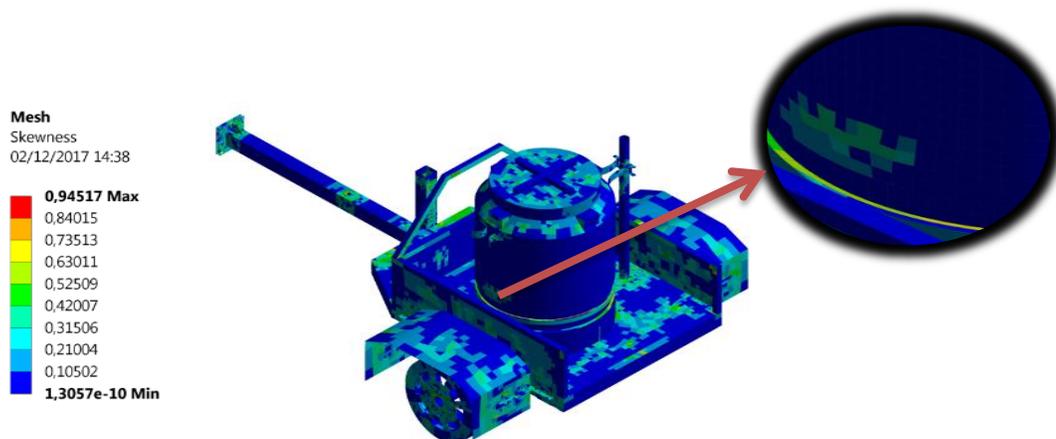


Fuente: Autores

Al igual que en el ensamble anterior, los datos obtenidos mediante la evaluación de Skewness se encuentran dentro de un rango aceptable ya que sus valores están entre los rangos de 0,80 y 0,94 y la mayoría de la malla se encuentran entre valores menores a 0,41 por lo que según lo establecido en los parámetros de evaluación se sitúan dentro de un rango considerado como muy bueno.

Como ya hemos mencionado con anterioridad se creó una modificación al modelo del remolque el cual también será sometido al mismo análisis que los otros ensambles.

**Figura 58.** ANSYS (resultado del proceso de mallado remolque transportador 250L).



Fuente: Autores

En este ensamble los datos obtenidos mediante la evaluación de Skewness se encuentran dentro de un rango aceptable ya que sus valores están entre los rangos de 0,80 y 0,94 y la mayoría de la malla está entre valores menores a 0,42 por lo que según los parámetros de evaluación se encuentran en un rango considerado como muy bueno.

En conclusión la calidad de malla está dentro de los parámetros aceptables y es muy importante que tengamos un mallado bueno ya que de éste factor depende los resultados que obtengamos al final del análisis de los elementos.

### ***Análisis de las fuerzas a las que están sometidos cada uno de los elementos diseñados.***

Los elementos diseñados se analizarán por separado para establecer las fuerzas a las que van a estar sometidos cada uno de ellos, el material que se va a emplear y las condiciones seguridad y confiabilidad que debe ofrecer esta maquinaria agrícola para su uso, por lo que a continuación trataremos cada uno de estos elementos teniendo en cuenta los parámetros anteriormente mencionados:

#### ***3.6.9 Conjunto base de la bomba de aspersión.***

En el análisis de este conjunto se considerará la fuerza que va a transmitir el motocultor para comprobar si la estructura diseñada resiste estas condiciones, por tanto analizaremos el sistema de transmisión de potencia por bandas.

##### ***3.6.10.1 Consideraciones para el diseño.***

En base a las especificaciones técnicas del motocultor YTO DF 15L, se diseñó un sistema de transmisión por bandas para la bomba de pistones según el catálogo.

Motocultor YTO DF 15L

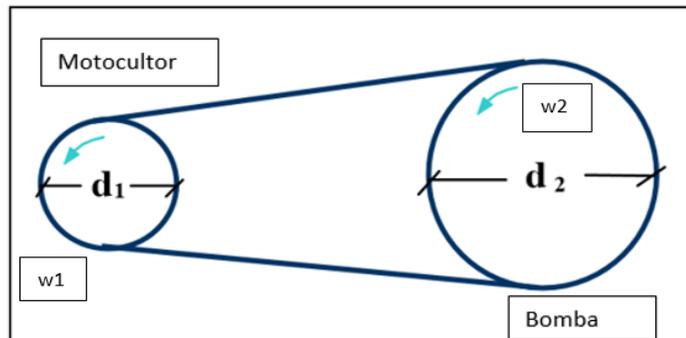
- Diámetro= 5,3in
- Velocidad angular=2000 rpm
- Potencia= 16 hp
- Torque= 257 Nm

Bomba power sprayer

- Velocidad angular= 800 - 1000 rpm
- Presión= 25 – 40 kg/cm<sup>2</sup>
- Descarga= 110 – 154 L/min
- Potencia requerida= 7,5 – 12 kw

Rpm (motor en relanti); la velocidad angular requerida para el funcionamiento de la bomba oscila entre 800 – 1000 rpm según catálogo.

**Figura 59.** Cálculo del diámetro de la puela de la bomba.



Fuente: Autores

$$w_1 \times d_1 = w_2 \times d_2 \quad (1)$$

Dónde:

$w_1$ = velocidad angular del motocultor

$d_1$ = diámetro de puela motriz

$w_2$ = velocidad angular de la bomba

$d_2$ = diámetro de la puela conducida

$$d2 = \frac{w1 \times d1}{w2}$$

$$d2 = \frac{2000rpm \times 5,3 \text{ in}}{800rpm} = 13,25 \text{ in}$$

$$d2 = \frac{2000rpm \times 5,3 \text{ in}}{1000rpm} = 10,6 \text{ in}$$

$$10,6 \text{ in} \leq d2 \leq 13,25 \text{ in}$$

El cálculo de diseño para las poleas se realizó en condiciones extremas o críticas, y se escogió una velocidad angular  $w2= 980 \text{ rpm}$  la cual está dentro del rango según el catálogo de la bomba POWER SPRAYER y se debe recalcular el diámetro real de la polea conducida.

$$d2_{real} = \frac{2000rpm \times 5,3 \text{ in}}{980rpm} = 10,82 \text{ in}$$

*Cálculo de la relación de transmisión.*

$$i = \frac{d1}{d2} = \frac{n2}{n1} \quad (2)$$

Dónde:

$n1$ = velocidad angular de la polea rápida

$n2$ = velocidad angular de la polea lenta

$d1$ = diámetro de polea rápida

$d2$ = diámetro de polea lenta

$$i = \frac{2000rpm}{980rpm} = 2,04$$

Se recomienda para un funcionamiento adecuado que  $i$  sea entre 1 a 6

*Cálculo de potencia de diseño.*- Para determinar el valor de la potencia efectiva, se tomó en consideración la carga de trabajo que va a recibir la transmisión, por lo que se empleó los valores de la tabla de factores de servicio.

Horas de servicio diarias =menos de 10 horas

Tipo de máquina accionada= bomba de pistones a partir de 7,5 Kw

Clase de trabajo: mediano

Entonces se utilizará un factor de servicio  $C1= 1,1$  (**ver anexo A1**)

$$Pd = P \times C1 \quad (3)$$

Dónde:

$Pd$ = potencia de diseño

$P$ = potencia transmitida del motor conductor

$C1$ = factor de servicio

$$Pd = 16 \text{ hp} \times \frac{0,746 \text{ kw}}{1 \text{ hp}} \times 1,1 = 13 \text{ kw}$$

*Cálculo de sección de correa más adecuada.*- En la tabla de selección de las correas clásicas hicimos la intersección entre la potencia de diseño (eje X), con las revoluciones por minuto de la polea motriz (eje Y). Los valores a utilizar en la tabla son:

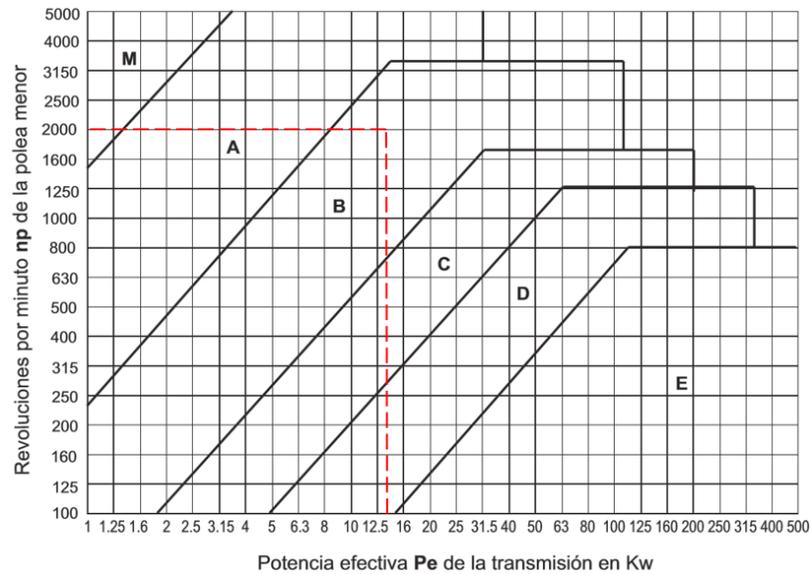
Datos:

$Pd=13,12 \text{ kw}$

$w1=2000 \text{ rpm}$

Entonces se recomienda una sección tipo **B, trapezoidal**.

**Figura 60.** Elección de la sección de las correas clásicas.



Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn121.html>

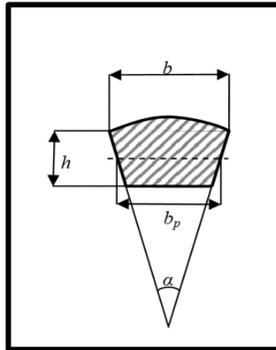
Según la norma UNE 18006-93 la sección transversal de la correa trapezoidal tipo B tiene las siguientes medidas.

**Tabla 10.** Dimensiones normalizadas de correas.

Sección	Y	Z	A	B	C	D	E
$b_p$ (mm)	5,3	8,5	11	14	19	27	32
$b$ (mm)	6	10	13	17	22	32	38
$h$ (mm)	4	6	8	11	14	19	25
$\alpha$				40°			

Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut121/prestacionbase.jpg>

**Figura 61.** Sección transversal de la correa.



Fuente: <https://es.scribd.com/doc/5696101/Calculo-de-correas-Industriales>

*Identificación de la polea motriz.* -Se midió e identificó la acanaladura de la polea, y el diámetro primitivo de la polea del motocultor, para conocer con qué tipo de sección transversal trabaja la polea.

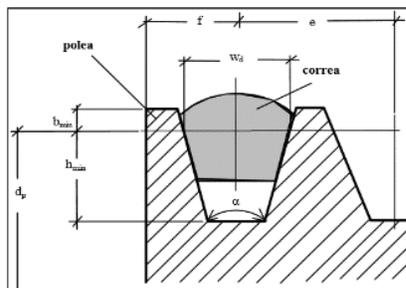
Se tomó en cuenta las tablas según la Norma UNE 18164-85 dando las siguientes medidas correspondientes a una polea tipo B trapezoidal.

**Tabla 11.** Dimensiones normalizadas de poleas trapezoidales.

Sección de garganta	$w_p$	$b_{min}$	$h_{min}$	e	f
Y	5,3	1,6	4,7	8	7
Z	8,5	2	7	12	8
A	11	2,75	8,7	15	10
<b>B</b>	<b>14</b>	<b>3,5</b>	<b>10,8</b>	<b>19</b>	<b>12,5</b>
C	19	4,8	14,3	25,5	17
D	27	8,1	19,9	37	24
E	32	9,6	23,4	44,5	29

Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut121/prestacionbase.jpg>

**Figura 62.** Sección acotada de polea.



Fuente: <https://es.scribd.com/doc/5696101/Calculo-de-correas-Industriales>

El diámetro primitivo de la patea motriz es:

$$dp = d1 - 2bmin \quad (4)$$

$$dp = 5,3 \text{ in} - 0,28 \text{ in} = 5,02 \text{ in} = 127,5\text{mm}$$

Como la patea motriz y la patea conducida son del tipo B, las dimensiones de la acanaladura son las mismas la diferencia es el diámetro, donde se puede calcular el diámetro primitivo

$$Dp = d2 - 2bmin \quad (5)$$

$$Dp = 10,82 \text{ in} - 0,28 \text{ in} = 10,54 \text{ in} = 267,7\text{mm}$$

El valor del diámetro primitivo de la patea motriz está dentro del rango de la tabla de diámetros mínimos y recomendados para una sección tipo B

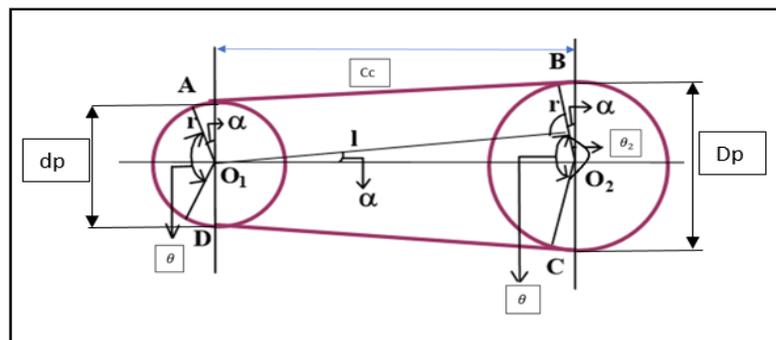
**Tabla 12.** Diámetro primitivo mínimo de las paeas trapeciales.

Perfil	Diámetro primitivo de patea	
	Recomendado (mm)	Mínimo (mm)
Y	60	20
Z	80	50
A	118	75
B	190	125
C	315	200
D	475	355
E	600	500

Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut121/prestacionbase.jpg>

*Cálculo de distancia entre centros.*

**Figura 63.** Cálculo de longitud de correa.



Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn121.html>

La distancia entre ejes debe cumplir que:

$$Dp \leq C \leq 3(Dp + dp) \quad (6)$$

Dónde:

$Dp$ = diámetro primitivo de la polea conducida

$C$ = distancia entre ejes impuesta

$Dp$ = diámetro primitivo de la polea motriz

En caso de no estar dicha distancia determinada por exigencias de instalación se debe tomar en

- Para  $i$  entre 1 a 3  $C \geq \frac{(i+1)d_p}{2} + d_p$  (7)

- Para  $i$  mayor que 3  $C \geq D_p$  (8)

$$Dp \leq C \leq 3(Dp + dp)$$

$$267,7mm \leq C \leq 1185,6mm$$

Nos imponemos un valor tentativo de  $C=800$  mm, el cual está dentro del rango, este valor es referencial a la distancia mínima y máxima que obtenemos de la medición aproximada entre polea motriz y conducida, dejando el respectivo espacio para el tiempe de la correa.

*Longitud primitiva de la banda.*

$$L = 2C + \frac{\pi x (Dp+dp)}{2} + \frac{(Dp-dp)^2}{4C} \quad (9)$$

$$L = 2x800 + \frac{\pi x (267,7mm + 127,5mm)}{2} + \frac{(267,7 - 127,5)^2}{4x800}$$

$$L = 2227,13$$

Conociendo el tipo de banda B y  $L = 2227,13$  se escoge la longitud más próxima al valor calculado.

Según el catálogo Gates este valor normalizado de  $L = 2235$  corresponde a una banda trapezoidal B85 (ver anexo A2)

Una vez calculada la longitud  $L$  de la correa y ser seleccionada  $L_n$  (longitud normalizada) se debe recalcular definitivamente la distancia entre centros de poleas con la siguiente fórmula:

$$C_c = C \pm \left| \frac{L - L_n}{2} \right| \quad (10)$$

Dónde:

$C_c$ : Nueva distancia entre centros

$C$ : distancia entre centros

$L$ : longitud de banda calculada

$L_n$ : longitud de banda normalizada

Signo (+) cuando  $L < L_n$

Signo (-) cuando  $L > L_n$

$$C_c = 800 + \left| \frac{2227,13 - 2235}{2} \right| = 803,93 \text{ mm}$$

*Cálculo del arco de contacto menor.* Para una transmisión con correa abierta se determina con:

$$\theta = 2 * \cos^{-1} \left( \frac{D_P - d_P}{2 * C_c} \right) = 180 - 57 * \left( \frac{D_P - d_P}{C_c} \right) > 120 \quad (11)$$

$$\theta = 2 * \cos^{-1} \left( \frac{267,7 - 127,5}{2 * 803,93} \right) = 169,9^\circ \text{ w}$$

Ángulo de contacto entre la polea y la banda trapezoidal

$$\alpha = \frac{180^\circ - \theta}{2}$$

$$\alpha = \frac{180^\circ - 170^\circ}{2} = 5^\circ$$

Ángulo de contacto menor de la polea conducida

$$\theta_2 = 360^\circ - \theta \quad (12)$$

$$\theta_2 = 360^\circ - 170^\circ = 190^\circ$$

*Cálculo del número de bandas. -*

$$Z = \frac{Pd}{(Nc+Nad) \times C_\alpha C_L} \quad (13)$$

Dónde:

Pd= potencia de diseño

Nc=potencia de catálogo

Nad= potencia adicional cuando  $i > 1$

$C_\alpha$ = Factor por Ángulo de contacto

$C_L$ = Factor por corrección en longitud

La potencia de catálogo y la potencia adicional se estimarán haciendo una intersección entre las revoluciones de la polea motriz  $w_1 = 2000$  rpm, el factor de relación de transmisión  $i=2,04$ , el diámetro primitivo de la polea motriz  $dp=127,5$  mm y el tipo de sección de la Correa tipo B.

Esta potencia de catálogo es la transmitida por cada correa  $Pc = 4,9$  kw, (Ver Anexo A3).

La potencia adicional se calcula Cuando la relación de transmisión es mayor que 1, los fabricantes recomiendan incrementar la potencia a transmitir en un pequeño porcentaje debido a que disminuyen los esfuerzos de flexión.  $N_{ad} = 0,7 \text{ kw}$ , (Ver Anexo A4).

El Factor por ángulo de contacto se escoge conociendo el ángulo de contacto menor

$$\theta = 169,9^\circ$$

$$C_\alpha = 0,97 \text{ (Ver Anexo A5)}$$

El factor por corrección en longitud se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$C_L = \sqrt[6]{\frac{L}{L_0}} \quad (14)$$

Dónde:

$L$ = longitud real de la correa;  $L = 2227,13 \text{ mm}$ .

$L_0$ = Longitud de catálogo;  $L_0 = 2235 \text{ mm}$

$$C_L = \sqrt[6]{\frac{2227,13 \text{ mm}}{2235 \text{ mm}}} = 0,99$$

$$z = \frac{13 \text{ kw}}{(4,9 \text{ kw} + 0,7 \text{ kw}) \times 0,97 \times 0,99} = 2,4$$

$$z = 2$$

*Cálculo de la potencia nominal transmisible por correa. -*

$$[N] = z \times (N_c + N_{ad}) \times C_\alpha C_L \quad (15)$$

Dónde:

$[N]$ =Potencia nominal

$z$ = Número de bandas

$$[N] = 2 \times (4,9 + 0,7) \times 0,97 \times 0,99$$

$$[N] = 10,75 \text{ kw}$$

*Cálculo de la velocidad de la banda. -*

$$Vl = \frac{w1 \times \pi \times d1}{60000} \leq Vmax \quad (16)$$

Dónde:

w1= velocidad angular de la polea motriz( $min^{-1}$ )

d1= diámetro de la polea motriz (mm); d1= 134,6mm

Vmax= 25 - 30 m/s para banda de perfil normal.

$$Vl = \frac{2000rev/min \times \pi \times 134,6 \text{ mm}}{60000}$$

$$Vl = 14,09 \text{ m/s}$$

*Verificación de los ciclos de flexión por segundo.*

$$if = 1000 \times np \times \frac{Vl}{Ln} \quad (17)$$

Siendo:

if= flexión por segundo de la banda ( $seg^{-1}$ ).

np= cantidad de poleas en contacto.

Vl= velocidad max de la banda (m/s).

Ln= Longitud normalizada de la banda (mm).

Dónde:

[if]= 30 seg-1      perfil normal.

[if]= 60 seg-1      perfil estrecho.

[if]= 100 seg-1

perfil estrecho de flancos abiertos.

$$if = \frac{1000 \times 2 \times 14,09 \text{ m/s}}{2235 \text{ mm}}$$

$$if = 12,98 \text{ seg}^{-1}$$

*Cálculo de vida útil de la banda.*

El cálculo de la vida útil de la correa en una transmisión de dos poleas se realiza empleando la siguiente ecuación:

$$H = 1477 \times \frac{Ln^{1,25}}{vl} \times \left( \frac{Tfat^m}{T1^m + T2^m} \right) \quad (18)$$

Siendo:

Ln: Longitud de la correa (mm); Ln=2235 mm. Ver Anexo A2

vl: Velocidad de la correa (m/s).

Tfat: Fuerza límite por fatiga (N); Tfat= 727 N. Ver Anexo A6

T1, T2: Fuerzas a la entrada de cada polea en el ramal de carga (N).

m: Exponente de la curva de fatiga (m = 6-11)

Dónde:

$$T1 = So + 500 \frac{Pd}{z \times vl} + T_{fc} + T_{flex1} \quad (19)$$

$$T2 = So + 500 \frac{Pd}{z \times vl} + T_{fc} + T_{flex2} \quad (20)$$

$$T_{fc} = \rho \times vl^2 \quad (21)$$

$$T_{flex1} = 589 \times \frac{Cb}{d1^{1,5}} \quad (22)$$

$$T_{flex2} = 589 \times \frac{Cb}{d2^{1,5}} \quad (23)$$

$$S_o = 500 \times \left( \frac{F_t - C\alpha}{C\alpha} \right) \times \frac{P_d}{z \times V_l} + (\rho \times V_l^2) \quad (24)$$

Siendo:

$S_o$ = tensión estática (N)

$P_d$ = Potencia de diseño (kw);  $P_d=13$  kw

$Z$ = cantidad de bandas;  $z=2$

$V_l$ = velocidad de la banda (m/s);  $V_l=14,09$  m/s

$T_{fc}$ = fuerza normal en la banda por efecto de la fuerza centrífuga(N)

$T_{flex1}$ ,  $T_{flex2}$ : fuerza por flexión de la correa(N)

$\rho$ = masa por metro de banda (kg/m);  $\rho=0,20$  kg /m. Ver Anexo A6

$d_1$ ,  $d_2$ : diámetro de poleas (mm);  $d_1=134,6$ mm;  $d_2=275$ mm

$C_b$ : constante de flexión;  $C_b= 1701$  N. Ver Anexo A6

$F_t$ = factor de tensado;  $F_t=2,02-2,5$ . Ver anexo A7

$C\alpha$ = coeficiente por ángulo de contacto;  $C\alpha= 0,97$ . Ver anexo A5

Remplazando en la ecuación (23) tenemos:

$$S_o = 500 \times \left( \frac{2,5 - 0,97}{0,97} \right) \times \frac{13kw}{2 \times 14,09 \text{ m/s}} + (0,2 \text{ kg/m} \times 14,09^2 \text{ m/s})$$

$$\mathbf{S_o = 403,5 \text{ N}}$$

Remplazando en la ecuación (20) tenemos:

$$T_{fc} = 0,20 \text{ kg/m} \times 14,09^2 \text{ m/s}$$

$$\mathbf{T_{fc} = 39,7 \text{ N}}$$

Remplazando en la ecuación (21) tenemos:

$$T_{flex1} = 589 \times \frac{1701}{134,6mm^{1,5}}$$

$$T_{flex1} = 641,6 N$$

Remplazando en la ecuación (22) tenemos:

$$T_{flex2} = 589 \times \frac{1701}{275mm^{1,5}}$$

$$T_{flex2} = 219,7 N$$

Remplazando (23), (20), (21) en la ecuación (18) tenemos:

$$T1 = 403,5 N + 500 \frac{13kw}{2 \times 14,09 m/s} + 39,7 N + 641,6 N$$

$$T1 = 1399,35 N$$

Remplazando (23), (20), (22) en la ecuación (19)

$$T2 = 403,5 N + 500 \frac{13}{2 \times 14,09 m/s} + 39,7 N + 219,7 N$$

$$T2 = 977,5 N$$

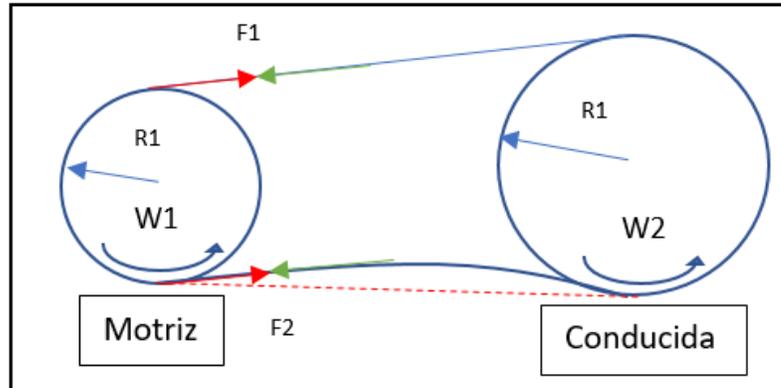
Remplazando (18) y (19) en la ecuación (17) tenemos:

$$H = 1477 \times \frac{2235 mm^{1,25}}{14,09 m/s} \times \left( \frac{727^7}{1399,35^7 + 977,5^7} \right)$$

$$H = 15220,66 horas \times \frac{1 dia}{24 horas} \times \frac{1 año}{360 dias} = 1,76 años$$

Cálculo de fuerzas en los ramales tenso y flojo del sistema de transmisión. -

**Figura 64.** Tensiones en los ramales.

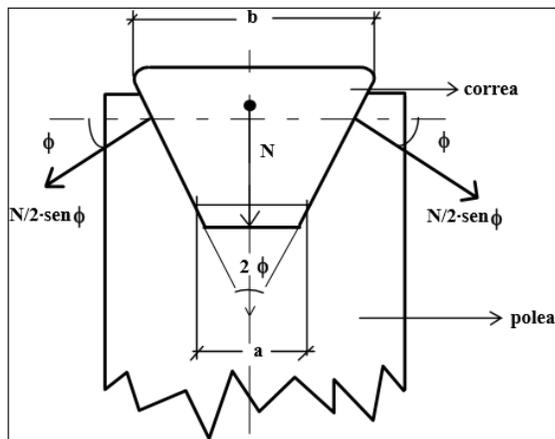


Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn121.html>

Se utilizará la ecuación de Euler Eytelwein para el cálculo de las fuerzas en los ramales en estado dinámico.

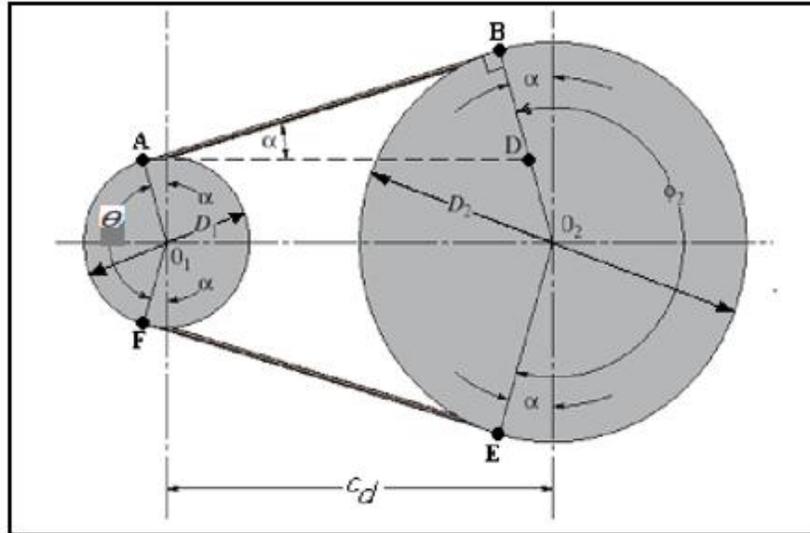
La ecuación  $\frac{F1-Fc}{F2-Fc} = e^{\mu*\theta}$ , obtenida para correas planas es igualmente útil para correas trapeciales si se sustituye  $\mu = \frac{\mu}{\text{sen } \phi}$  siendo  $2\phi$  el ángulo de la acanaladura que es próximo a  $36^\circ$  según el tipo de acanaladura en nuestro caso sección tipo B.

**Figura 65.** Sección transversal de correa y polea trapecial.



Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut121/prestacionbase.jpg>

**Figura 66.** Dimensiones y parámetros de una banda.



Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut121/prestacionbase.jpg>

$$\frac{F_1 - F_c}{F_2 - F_c} = e^{\frac{\mu \cdot \theta}{\sin \phi}} \quad (24)$$

Dónde:

F1= fuerza en el ramal tenso(N)

F2= fuerza en el ramal flojo(N)

Fc= fuerza normal en la banda por efecto de la fuerza centrífuga(N); Fc=39,7N

μ= coeficiente de rozamiento; μ = 0,25. Ver Anexo A8

2φ= ángulo de acanaladura de la polea; φ = 18°

θ= ángulo de contacto menor de la polea motriz (rad); θ = 170° = 2,97 rad.

Remplazando en la ecuación (24) tenemos:

$$\frac{F_1 - 39,7}{F_2 - 39,7} = e^{\frac{0,25 \times 2,97}{\sin 18^\circ}}$$

$$\frac{F1 - 39,7}{F2 - 39,7} = 11,05$$

$$F1 = 11,05 F2 - 398,9 \quad (25)$$

Se utilizó la ecuación de la potencia transmitida en función de la diferencia entre las tensiones de sus ramas y de su velocidad lineal.

$$[N] = (F1 - F2) \times V_l \quad (26)$$

Dónde:

$[N]$  = Potencia transmitida (w);  $[N] = 10,75 \times 10^3 w$

$V_l$  = velocidad de la banda (m/s);  $V_l = 14,09$  m/s

$$(F1 - F2) = \frac{10,75 \times 10^3 w}{14,09 \text{ m/s}}$$

$$(F1 - F2) = 762,95$$

$$F1 = 762,95 + F2 \quad (27)$$

Igualando las ecuaciones (25) y (27) tenemos:

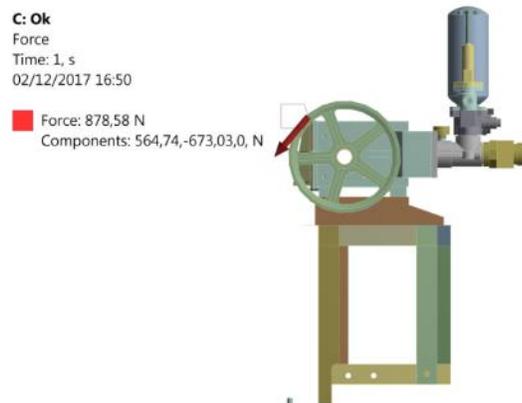
$$11,05 F2 - 398,9 = 762,95 + F2$$

$$F2 = 115,6 \text{ N}$$

$$F1 = 878,6 \text{ N}$$

La fuerza F1 es la que actúa sobre la polea.

**Figura 67.** ANSYS (colocación de fuerzas base-bomba).



Fuente: Autores

Otra fuerza importante a tomarse en cuenta es la fuerza que se produce por el peso de la bomba para la cual la obtenemos de la siguiente manera:

**Figura 68.** ANYIS (colocación de fuerzas base-bomba).



Fuente: Autores

### 3.6.11 Remolque transportador del contenedor de líquido.

En este conjunto la principal fuerza que se debe analizar es el peso del reservorio cuando esté lleno con el líquido fumigante ya que la estructura diseñada deberá resistir la acumulación de la masa del líquido fumigante para el efecto realizaremos los siguientes cálculos.

Para el tanque de 500 litros realizamos los siguientes cálculos necesarios para el ingreso de información para el análisis en ANSYS:

$$d = \frac{m}{v} \quad (28)$$

$$P = m \times g \quad (29)$$

Dónde:

d= Densidad;  $1000 \frac{kg}{m^3}$

m= masa

v= volumen;  $0,5 m^3$

P= peso

g= gravedad;  $9,81 \frac{m}{s^2}$

Reemplazando 28 en 29 se obtiene:

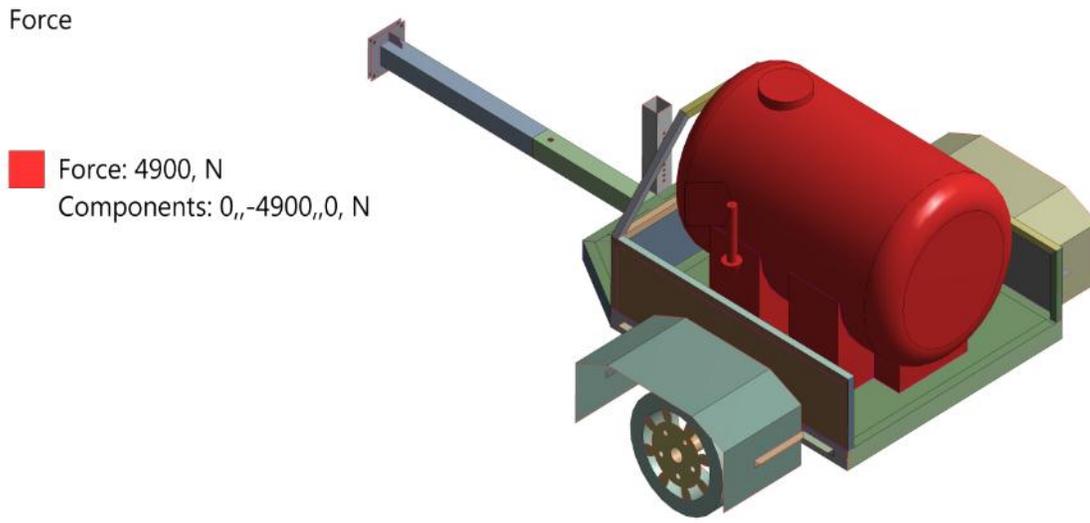
$$d \times v = \frac{P}{g} \quad (30)$$

$$P = d \times v \times g$$

$$P = 1000 \frac{kg}{m^3} \times 0,5 m^3 \times 9,8 \frac{m}{s^2}$$

$$P = 4900 N$$

**Figura 69.** ANSYS (colocación de fuerzas remolque transportador).



Fuente: Autores

En cuanto a la modificación efectuada en el remolque para el reservorio de 250 litros se procedió a calcular nuevamente la fuerza que ejerce este reservorio sobre el remolque, mismo que se detalla a continuación:

Cálculo de fuerzas del tanque sobre el chasis del remolque.

En el tanque de 250 litros se procede de la misma forma teniendo en cuenta que se trata de un volumen menor:

Tanque de 250 litros

$$d = \frac{m}{v} \quad (28)$$

$$P = m \times g \quad (29)$$

Dónde:

d= Densidad;  $1000 \frac{kg}{m^3}$

m= masa

v= volumen;  $0,25 m^3$

P= peso

g= gravedad;  $9,81 \frac{m}{s^2}$

Remplazando 1 en 2 se obtiene:

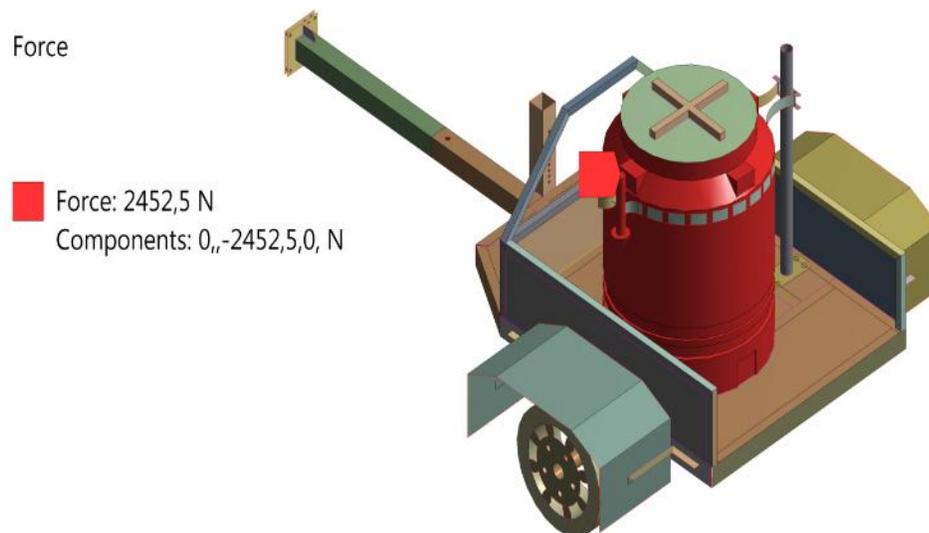
$$d \times v = \frac{P}{g} \quad (30)$$

$$P = d \times v \times g$$

$$P = 1000 \frac{kg}{m^3} \times 0,25 m^3 \times 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$P = 2452,5 N$$

**Figura 70.** ANSYS (colocación de fuerzas remolque transportador 250L).

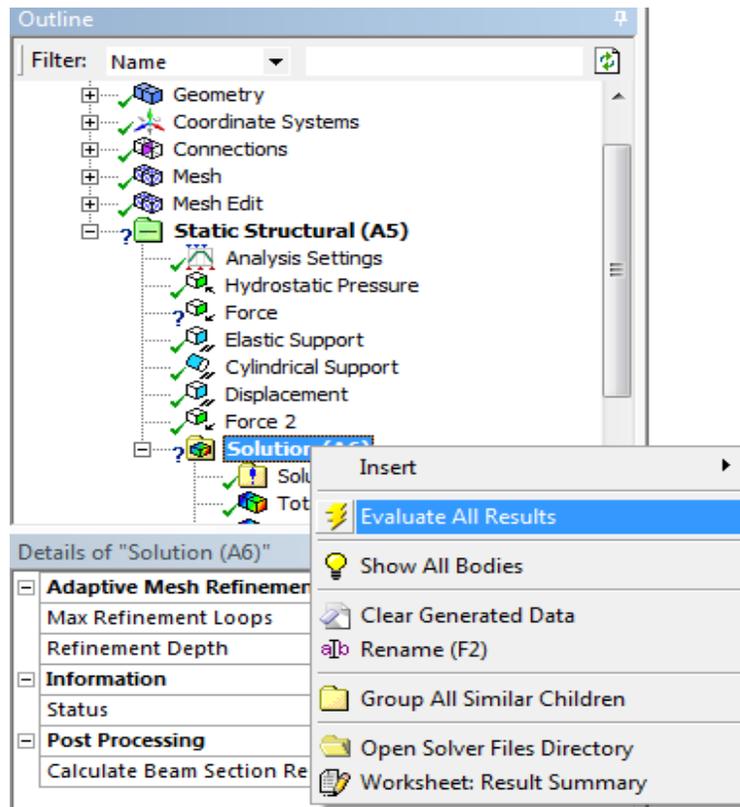


Fuente: Autores

### 3.6.12 Ejecución del análisis de la simulación.

Establecidos los parámetros necesarios para el análisis de los diferentes ensambles realizados procedemos a dar click en Evaluate All Results como se muestra en la siguiente figura:

**Figura 71.** ANSYS (ejecución del análisis).

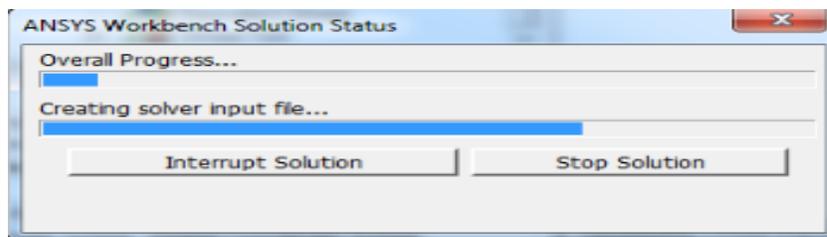


Fuentes: Autores

### 3.6.13 *Análisis de resultados.*

De inmediato la computadora da inicio al análisis matemático utilización de un sinnúmero de ecuaciones físicas y matemáticas expresadas en forma matricial para llegar a las soluciones más aproximadas de como se va a comportar el diseño realizado en condiciones reales

**Figura 72.** ANSYS (análisis de resultados).



Fuentes: Autores

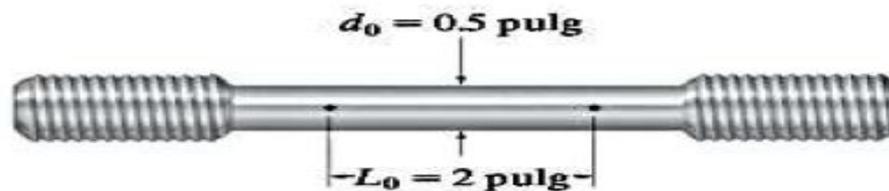
### 3.7. Análisis de resultados.

Para evaluar los resultados arrojados en ANSYS se debe revisar las definiciones técnicas que el software utiliza, dentro de las cuales tenemos:

#### 3.7.1 Diagrama de esfuerzo deformación.

Para obtener el diagrama de esfuerzo-deformación de un material, se debe llevar a cabo un determinado ensayo o prueba de tensión sobre una probeta fabricada del mismo material (Ferdinand P. Beer, 2009); como se muestra en la siguiente figura:

**Figura 73.** Probeta de acero estructural.



Fuente: (HIBBELER, 2011)

El área de la sección transversal de la sección cilíndrica central de la probeta se ha realizado dos marcaciones debidamente calibradas a una distancia  $L_0$ , a esta distancia se la conoce como longitud base de la probeta, esta probeta se procede a colocarla en la máquina de ensayo la cual va aplicando una carga centrada  $P$ . (Ferdinand P. Beer, 2009)

Para determinar el esfuerzo nominal o también conocido como esfuerzo de ingeniería se debe dividir la carga aplicada  $P$  entre el área  $A_0$  de la sección transversal original de la probeta obteniéndose la siguiente fórmula:

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \quad (31)$$

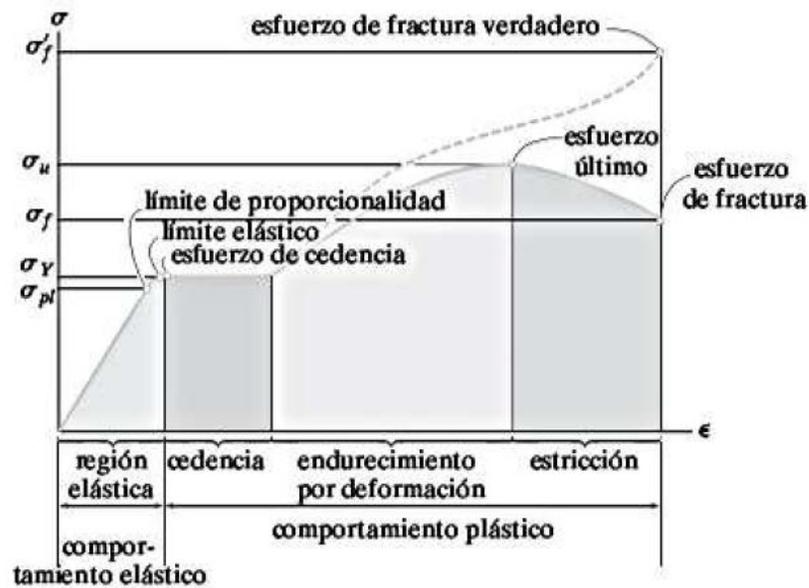
En cambio la deformación nominal o deformación de ingeniería se obtiene de manera directa al leer el medidor de deformación, o al dividir el cambio de  $\delta$  en la longitud

calibrada de la probeta entre la longitud calibrada original  $L_0$  de la probeta (HIBBELER, 2011), obteniéndose la siguiente fórmula:

$$\epsilon = \frac{\delta}{L_0} \quad (32)$$

Si los valores correspondientes de  $\sigma$  y  $\epsilon$  se tazan de manera que el eje vertical sea el esfuerzo y el eje horizontal sea la deformación, la curva que obtenemos es la correspondiente al diagrama de esfuerzo-deformación convencional (HIBBELER, 2011); como se muestra en la siguiente figura:

**Figura 74.** Diagrama esfuerzo-deformación convencional.



Fuente: (HIBBELER, 2011)

### 3.7.2 Comportamiento elástico.

Una característica importante de la zona elástica es que si la curva es una línea recta en la mayor parte de la región, de modo que el esfuerzo es proporcional a la deformación, se considera que el material que se encuentra en esta región es elástico lineal. El límite

superior del esfuerzo en la zona elástica se denomina límite de proporcionalidad  $\sigma_{pl}$ . Esto continúa hasta que el esfuerzo alcanza el límite elástico; en este punto, si se retira la carga, la probeta recuperará de nuevo su estado original. Para el acero estructural resulta muy difícil determinar el límite elástico debido a que se encuentra muy próximo al límite de proporcionalidad (HIBBELER, 2011).

### **3.7.3 Cedencia.**

Se produce cuando se aplica un ligero aumento en el esfuerzo por encima del límite elástico lo que provoca una ruptura del material ocasionando que se deforme permanentemente; el esfuerzo que causa la cedencia se denomina esfuerzo de cedencia o punto de cedencia  $\sigma_y$ , y la deformación que se produce se denomina deformación plástica. Una particularidad muy especial que se observa es que después de haber alcanzado el punto de cedencia, la probeta seguirá alargándose sin que se incremente la carga (HIBBELER, 2011).

### **3.7.4 Endurecimiento por deformación.**

Cuando termina la cedencia, la probeta puede soportar un aumento de la carga, o que provoca una curva ascendente hasta llegar a un esfuerzo máximo conocido como esfuerzo último  $\sigma_u$  (HIBBELER, 2011).

### **3.7.5 Estricción.**

Cuando la probeta pasa el esfuerzo último, el área de la sección transversal comienza a disminuir en una región localizada de la probeta; formándose una constricción o cuello de botella a medida que la probeta se alarga aún más, aquí el diagrama de esfuerzo-deformación tiende a curvarse hacia abajo hasta que la probeta se rompe en el esfuerzo de fractura  $\sigma_f$  (HIBBELER, 2011).

### **3.7.6 Ley de Hooke. Módulo de elasticidad.**

La mayor parte de estructuras se diseñan para sufrir deformaciones relativamente pequeñas, y la mayoría de los materiales de ingeniería presenta una relación lineal entre el esfuerzo y la deformación dentro de la zona elástica, en consecuencia, si se incrementa el esfuerzo esto

ocasiona un aumento proporcional en la deformación y se expresa de la siguiente manera (HIBBELER, 2011):

$$\sigma = E\epsilon \quad (33)$$

En donde:

- $\sigma$  = Representa el esfuerzo axial
- $E$  = Representa una constante de proporcionalidad conocida como módulo de elasticidad o módulo de Young
- $\epsilon$  = Representa la deformación axial

El módulo de elasticidad tiene valores relativamente grandes para materiales que son muy rígidos, como los metales estructurales. El acero tiene un módulo de elasticidad de aproximadamente 30 000 Ksi o 210 GPa y el aluminio tiene valores típicos de alrededor de 10 600 Ksi o 73 GPa. Los materiales más flexibles tienen un módulo menor, los valores para los plásticos varían de 100 a 2000 Ksi o (0,7 a 14 GPa) para seleccionar los valores de  $E$  se puede optar por la información en la tabla que se adjuntan en el ANEXO B4 (James M. Gere, 2009).

### 3.7.7 *Teorías de falla.*

Cuando se va a diseñar estructuras mecánicas que resistan a fallas se debe advertir que los esfuerzos internos no rebasen la resistencia del material. Si el material empleado es dúctil, es decir que puede deformarse considerablemente antes de llegar a la ruptura, se debe observar la resistencia de fluencia, ya que una deformación permanente ocasionaría una falla en elemento diseñado; sin embargo, muchos de los materiales frágiles o quebradizos, como los hierros colados, no poseen un punto de fluencia, en este caso se utiliza la resistencia última como criterio de falla. También es necesario tener presente que las resistencias en el caso de los materiales dúctiles son casi las mismas a tensión que a compresión.

Respecto a este tema a través de los años se han formulado y probado varias hipótesis, que conducen las prácticas aceptadas actualmente. Y que se han caracterizado como teorías de falla la cuales se detallan a continuación:

Materiales dúctiles (criterios de fluencia)

- Esfuerzo cortante máximo (ECM)
- Energía de distorsión (ED)
- Mohr Coulomb dúctil (CMD)

Materiales frágiles (criterios de fractura)

- Esfuerzo normal máximo (ENM)
- Mohr Coulomb frágil (CMF)
- Mohr modificada (MM)

Debido a que nosotros estamos trabajando con un material dúctil como es el acero estructural para este estudio solo analizaremos las dos primeras teorías:

### 3.7.8 *Teoría del esfuerzo cortante máximo.*

La teoría del esfuerzo cortante máximo (MSST por sus siglas en inglés), también conocido como criterio de TRESCA; establece que la fluencia del material se produce por el esfuerzo cortante. Surgió de la observación de que el titanio presentaba bandas de cortante brillante bajo deformaciones unitarias pequeñas, indicando que los metales se deforman bajo cortante en todas las circunstancias, y que el cortante se localiza en planos bien definidos. Dichas observaciones condujeron a la MSST, la cual estipula que una parte sujeta a cualquier combinación de cargas fallará (por fluencia o por fractura) cuando el esfuerzo cortante exceda un valor crítico. El valor crítico se puede determinar por medio de pruebas estándar de tensión uniaxial estándares (Bernard J. Hamrock, 2000).

La referida evidencia experimental verifica que la MSST es una teoría adecuada para la predicción de la fluencia en materiales dúctiles, y es un enfoque muy popular en el diseño. Si la nomenclatura  $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$  se usa para los esfuerzos principales, el esfuerzo cortante máximo dice que la fluencia ocurrirá cuando (Bernard J. Hamrock, 2000):

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{S_y}{n_s} \quad (34)$$

Dónde:

$S_y$  = esfuerzo de fluencia del material

$N_s$  = factor de seguridad

### 3.7.9 *Teoría de la energía de la distorsión.*

La teoría de la energía de la distorsión (DET por sus siglas en inglés), también conocida como el criterio de Von Mises, plantea que la falla se genera por la energía elástica asociada con la deformación por cortante. Esta teoría es aplicable en materiales dúctiles y predice la fluencia bajo cargas combinadas con mayor exactitud (Bernard J. Hamrock, 2000). A continuación se detalla la ecuación de Von Mises:

$$\sigma_e = \text{Esfuerzo de Von Mises} \quad (35)$$

Para un estado de esfuerzos triaxial

$$\sigma_e = \frac{1}{\sqrt{2}} [(\sigma_2 - \sigma_1)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 + (\sigma_3 - \sigma_2)^2]^{1/2} \quad (36)$$

Para un estado de esfuerzos biaxial, suponiendo  $\sigma_3 = 0$

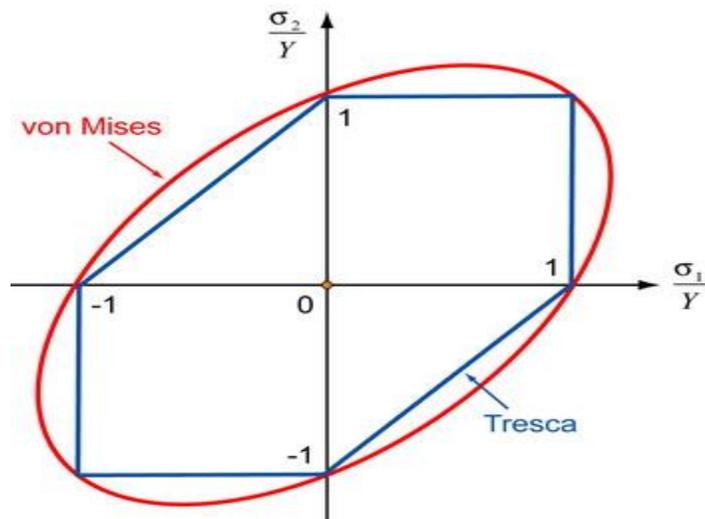
$$\sigma_e = (\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1\sigma_2)^{1/2} \quad (37)$$

De esta forma, la DET predice la falla si:

$$\sigma_e \geq \frac{S_y}{n_s} \quad (38)$$

En la siguiente gráfica se observa que las diferencias entre la DET y la MSST son pequeñas por lo que para el cálculo de la plastificación de los materiales, cualquiera de las dos teorías son válidas.

**Figura 75.** Teorías de MSST vs DET.



Fuente: <http://joelfrax.com/calculo%20piezas/criterios%20fallo.html>

### 3.7.10 Factor de seguridad.

Algunos materiales pueden alcanzar un amplio rango de resistencias; otros en cambio pueden alcanzar una resistencia de garantía mínima razonable. No obstante, esta resistencia no representa usualmente el esfuerzo que los ingenieros aplican en el diseño (Bernard J. Hamrock, 2000).

La resistencia es una propiedad de un material o de un elemento mecánico. La resistencia de un elemento depende de la clase, tratamiento y proceso del material; conviene recordar que el esfuerzo es algo que ocurre en una pieza o elemento debido a la aplicación de una fuerza, por otra parte, la resistencia es una propiedad intrínseca del elemento y depende del material y los procesos particulares que se usaron para fabricar tal elemento. El término factor de seguridad se aplica al factor utilizado para evaluar la condición segura de un elemento.

Consideremos que un elemento mecánico se somete a algunas acciones que se designarán por  $F$ , se supone que  $F$  es un término muy general y que puede representar una fuerza, un momento de flexión o de torsión, una pendiente, una deflexión o alguna clase de deformación o distorsión. Si el valor de  $F$  aumenta, llegará a un punto en el cual alteraría

permanentemente la capacidad del elemento para realizar su función, el factor de seguridad se puede expresar como (MORAN):

$$n = \frac{\sigma_{permisible}}{\sigma_{diseño}} \quad (39)$$

- Si  $n > 1$ , el diseño es adecuado, entre mayor sea  $n$ , más seguro será el diseño.
- Si  $n < 1$ , el diseño puede ser inadecuada y necesitar de un rediseño.

Cuando el esfuerzo se hace igual a la resistencia,  $n=1$ , no habrá ya ninguna seguridad en absoluto, por lo tanto, frecuentemente se usa el término margen de seguridad. Este margen se define por la ecuación (MORAN):

$$ms = +1 \quad (40)$$

- Dónde:  $ms$ : margen de seguridad (en %)
- $n$ : factor de seguridad ( $> 1$ )

La mayor utilidad del factor de seguridad se tiene cuando se compara el esfuerzo con la resistencia a fin de evaluar el grado de seguridad. El factor de seguridad se utiliza para tener en cuenta dos efectos que generalmente no están relacionados (MORAN):

1.- Cuando se fabrican muchas piezas empleando diversos materiales, ocurre una variación en la resistencia de las diferentes piezas debido a una variedad de razones, como el procesamiento, el trabajo en caliente o frío y la configuración geométrica (MORAN).

2.- Cuando una pieza es ensamblada, genera una variación en la carga que experimentará la pieza y, los esfuerzos inducidos esta acción, sobre lo cual el fabricante y el diseñador no tienen control. Existen distintos casos en los que se emplea un factor de seguridad en ingeniería. Dependiendo de si un factor de seguridad se determina como una sola cantidad, o si se establece como un conjunto de componentes entre los cuales se detallarán los más relevantes a continuación (MORAN):

- Caso 1. El factor de seguridad se aplica en su totalidad a la resistencia.

$$\sigma = \frac{sy}{n} \quad \text{o} \quad \tau = \frac{s_{sy}}{n} \quad (41)$$

Cuando en una pieza diseñada se conoce su configuración, sus cargas y su resistencia, se calcula el factor de seguridad para evaluar la condición segura del diseño. Este enfoque se utiliza también cuando en un cierto elemento se ha presentado una serie de fallas o averías, y el diseñador desea saber por qué algunas piezas no funcionan debidamente. Según esto, de la ecuación anterior se despejará el valor de  $n$  (MORAN).

- *Caso 2.* Un factor de seguridad se aplica íntegramente a la carga o los esfuerzos que resultan de esta carga.

$$F_p = nF \quad \text{o bien} \quad \sigma_p = n\sigma \quad (42)$$

Ahora  $F_p$  recibe el nombre de carga permisible (o admisible),  $\sigma_p$  es también el esfuerzo permisible (o admisible). Se justifica plenamente llamar “permisible” al esfuerzo que resulta de una carga “permisible” (MORAN).

La experiencia de diseño para aplicaciones específicas en partículas no forma una base para la discusión racional de ejemplos ilustrativos. Cuando se usa el método de Pugsley para determinar el factor de seguridad, se debe tener en cuenta que la selección del factor de seguridad es de alguna forma imprecisa en la práctica real. Pugsley en 1966, determinó sistemáticamente el factor de seguridad de la siguiente ecuación (Bernard J. Hamrock, 2000).

$$n_s = n_{sx}n_{sy} \quad (43)$$

Dónde:

$n_{sx}$  = factor de seguridad que involucra características A, B y C

A = calidad de los materiales, destreza, mantenimiento e inspección

B = control sobre la carga aplicada a la parte

C = exactitud del análisis del esfuerzo, información experimental o experiencia con dispositivos similares

$n_{sy}$  = factor de seguridad que involucra las características D y E

D = peligro para el personal

E = impacto económico

En la tabla que a continuación se adjunta detallamos los valores de  $n_{sx}$  para varias condiciones de A, B y C. para utilizar esta tabla, se estima cada característica para una aplicación en particular como muy buena (mb), buena (b), regular(r) o pobre (p). También se muestran los valores de  $n_{sy}$  para varias condiciones de D y E. Para usar esta tabla se estima cada característica para una aplicación en particular como muy seria (ms), seria(s) o no seria (ns). Al poner los valores de  $n_{sx}$  y  $n_{sy}$  en la ecuación anterior el resultado es el factor de seguridad (Bernard J. Hamrock, 2000).

Aunque es un procedimiento simple para obtener los factores de seguridad, el método Pugsley ilustra las preocupaciones presentes en la sección del factor de seguridad. Muchos parámetros, como la resistencia del material y las cargas aplicadas, pueden que no sean bien conocidos y la confianza en el análisis de ingeniería puede ser sospechosa. Por estas razones, el factor de seguridad ha sido llamado “factor de ignorancia”, ya que compensa la ignorancia del medio ambiente total, situación que todos los ingenieros de diseño enfrentan hasta cierto punto. El método de Pugsley también es solamente una directriz y no especialmente conservadora; en ingeniería la mayoría de los factores de seguridad son mucho mayores que aquellos que resultan de esta ecuación (Bernard J. Hamrock, 2000).

Tabla 13. Características del factor de seguridad A, B y C.

Característica <sup>a</sup>		B =				
		mb	b	r	p	
A = mb	C =	mb	1.1	1.3	1.5	1.7
		b	1.2	1.45	1.7	1.95
		r	1.3	1.6	1.9	2.2
		p	1.4	1.75	2.1	2.45
A = b	C =	mb	1.3	1.55	1.8	2.05
		b	1.45	1.75	2.05	2.35
		r	1.6	1.95	2.3	2.65
		p	1.75	2.15	2.55	2.95
A = r	C =	mb	1.5	1.8	2.1	2.4
		b	1.7	2.05	2.4	2.75
		r	1.9	2.3	2.7	3.1
		p	2.1	2.55	3.0	3.45
A = p	C =	mb	1.7	2.15	2.4	2.75
		b	1.95	2.35	2.75	3.15
		r	2.2	2.65	3.1	3.55
		p	2.45	2.95	3.45	3.95

**Tabla 13.** (Continua) Características del factor de seguridad A, B y C.

<sup>a</sup> mb = muy bien, b = bien, r = regular y p = pobre.  
 A = calidad de los materiales, mano de obra, mantenimiento e inspección.  
 B = control sobre la carga aplicada a la parte.  
 C = exactitud del análisis de esfuerzos, de la información experimental o de la experiencia con partes similares.

Fuente: (Bernard J. Hamrock, 2000)

**Tabla 14.** Características del factor de seguridad D y E.

Característica <sup>a</sup>	D =		
	ns	s	ms
E = $\begin{cases} \text{ns} \\ \text{s} \\ \text{ms} \end{cases}$	1.0	1.2	1.4
	1.0	1.3	1.5
	1.2	1.4	1.6

<sup>a</sup> ms = muy serio, s = serio y ns = no serio.  
 D = peligro para el personal.  
 E = impacto económico.

Fuente: (Bernard J. Hamrock, 2000)

$$n_s = n_{sx}n_{sy}$$

$n_{sx}$  = factor de seguridad que involucra características A, B y C

A = Se considera un rango bueno en cuanto al material usado.

B = Se considera un rango bueno en cuanto al control de la carga.

C = Se considera un rango bueno en cuanto a la exactitud del análisis del esfuerzo.

Entonces el valor resultante de  $n_{sx}$  será:

$$n_{sx} = 1.75$$

$n_{sy}$  = Factor de seguridad que involucra las características D y E

$D$  = Se considera un rango serio en cuanto al peligro para el personal.

$E$  = Se considera un rango no serio en cuanto al impacto económico.

Entonces el valor resultante de  $n_{sy}$  será:

$$n_{sy} = 1.2$$

Reemplazando en la ecuación 43 obtenemos:

$$n_s = n_{sx}n_{sy}$$

$$n_s = (1.75)(1.2)$$

$$n_s = 2.1$$

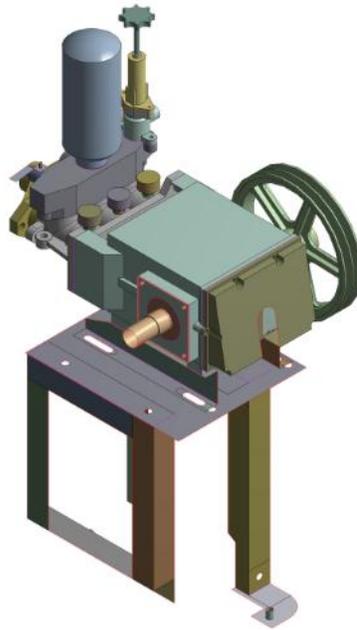
Este valor debemos tener presente que es un valor referencial, es decir puede variar su valor en la aplicación dentro de nuestro análisis.

### **3.8 Presentación de los diseños.**

En el presente trabajo de titulación se desarrolló tres tipos de diseño, tanto para el conjunto base de la bomba de aspersión como para el remolque que transportará al contenedor del líquido fumigante, mismos que se analizarán individualmente con el fin de seleccionar el proyecto más adecuado para su construcción:

### *Conjunto base de la bomba de aspersión*

**Figura 76.** ANSYS (análisis de resultados base - bomba).



Fuente: Autores

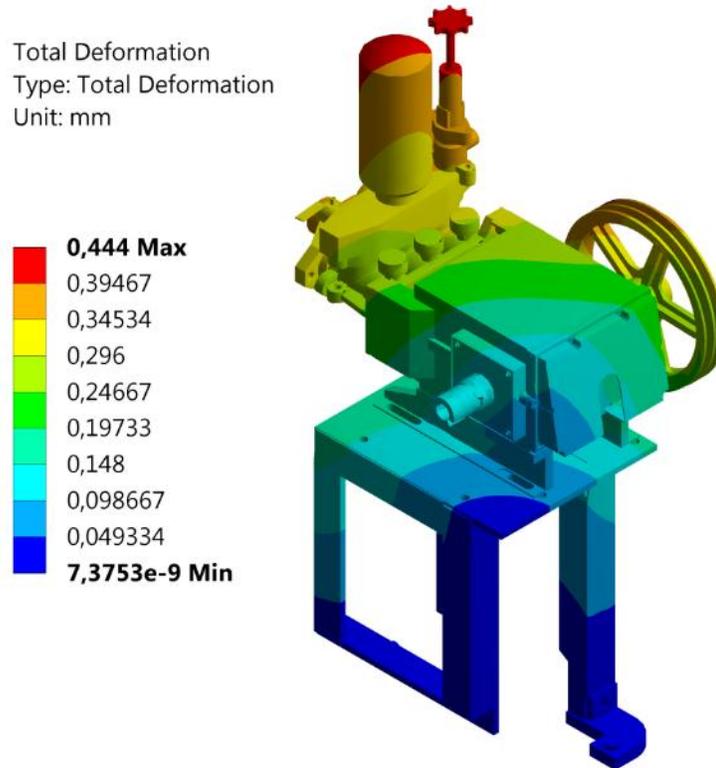
#### **3.8.1** *Primer diseño*

En el presente diseño se realizaron observaciones puntuales de los resultados obtenidos y los parámetros que se han considerado para la evaluación de los ensambles:

##### **3.8.1.1** *Deformación total.*

Este parámetro de evaluación nos muestra cómo se va ir deformando el ensamble con las fuerzas anteriormente analizadas; este ensamble presenta un valor máximo de deformación de 0,444 milímetros; sin embargo a pesar de que esta deformación no presenta un valor elevado los resultados no son suficientes para tomar una decisión por lo que proseguiremos con la evaluación de otros parámetros.

**Figura 77.** ANSYS (análisis base – bomba primer diseño).



Fuente: Autores

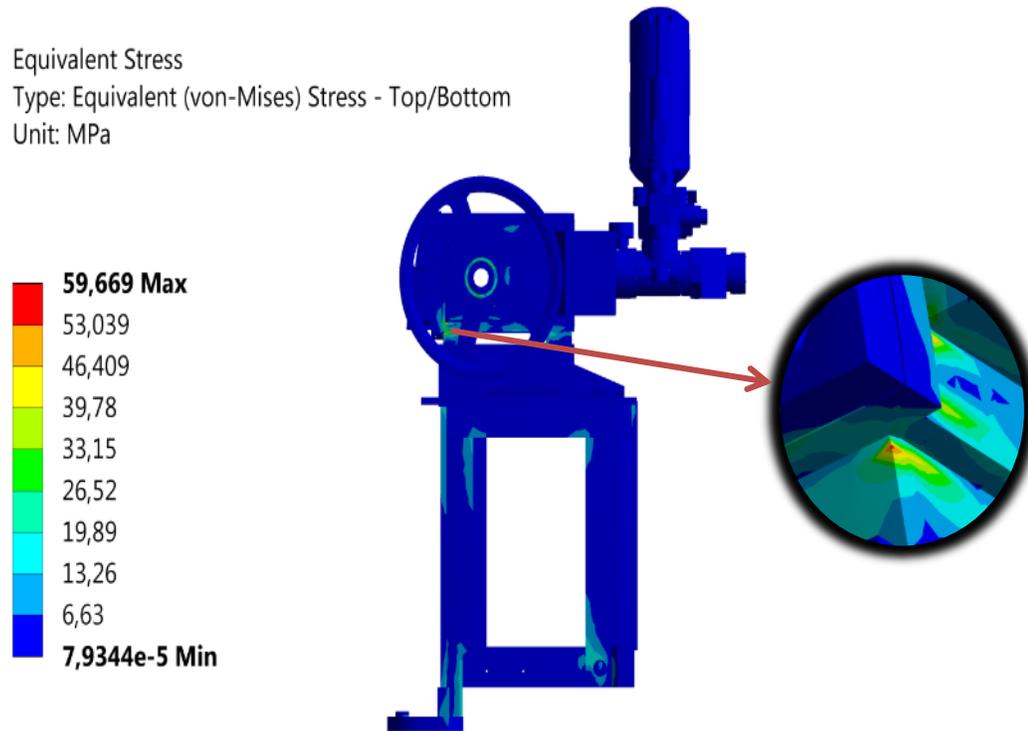
### 3.8.1.2 *Equivalent Stress.*

Tomando en cuenta que el material empleado en nuestro ensamble es dúctil hemos seleccionado el criterio de Von Mises, ya que este criterio es aplicado para materiales dúctiles y presenta un mayor grado de exactitud en las soluciones que se van a obtener. Según este criterio para que un diseño sea aceptable debe encontrarse trabajando siempre dentro de la zona elástica del acero A36 ya que si ingresamos en la zona de plastificación el material quedaría deformado permanentemente ocasionándose con el uso continuo fallas en su funcionamiento, e incluso riesgos para el usuario.

Considerando este aspecto los resultados que se obtuvieron tiene un valor máximo de 59,669 MPa y si tenemos en cuenta que el acero A36 tiene un límite de fluencia de 250 MPa o 36 Ksi y un límite de ruptura de 410 MPa o 58 Ksi, este valor se encuentra dentro

de la zona elástica, por lo tanto el diseño esta cumpliendo con una de las condiciones primordiales para la realización de este proyecto de titulación. A continuación evaluaremos un parámetro más para poder tomar una decisión en el modelo.

**Figura 78.** ANSYS (análisis base – bomba primer diseño).

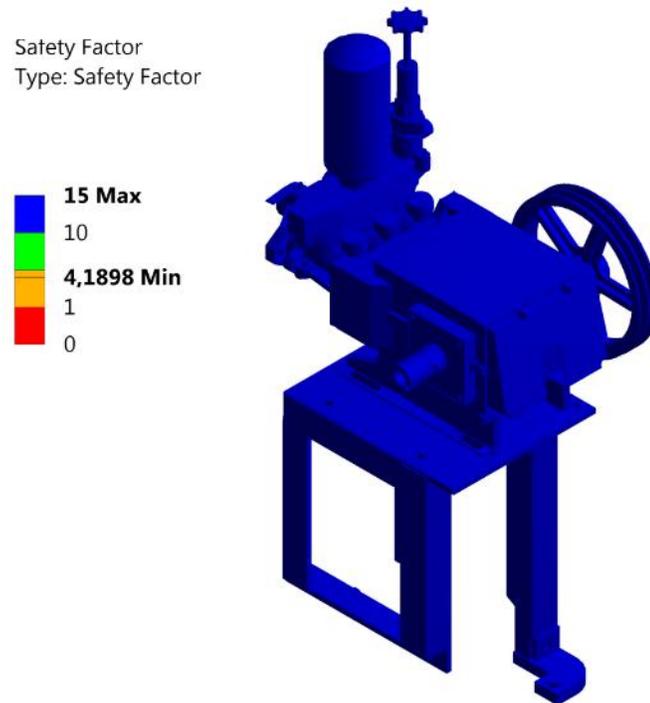


Fuente: Autores

### 3.8.1.3 Factor de seguridad.

El factor de seguridad es importante ya que de él dependen distintos parámetros como: la seguridad, confiabilidad, economía, etc. Según este criterio evaluaremos el valor mínimo obtenido el cual nos da como resultado un valor de 4,3058; con todos estos parámetros previamente vistos podemos determinar la decisión más adecuada para proseguir con nuestro proyecto.

**Figura 79.** ANSYS (análisis base – bomba primer diseño).



Fuente: Autores

#### 3.8.1.4 Toma de decisión.

De lo expuesto se infiere que este diseño tiene una deformación aceptable de 0,444 milímetros; también se presenta un esfuerzo de Von Mises de 59,669 MPa mismo que se encuentra dentro de la zona elástica del acero A36 lo que indica que el material llegará a deformarse y regresará a su posición original sin sufrir ninguna deformación en el diseño , ni causar riesgos en cuanto a su funcionabilidad; pero si analizamos el factor de seguridad tenemos un valor de 4,1898 que es excesivamente elevado en relacion al valor del factor de seguridad con el que estamos trabajando lo que indica que el diseño esta **SOBRE DIMENSIONADO**, y su construcción representaría un gasto de material innecesario y un exesivo costo económico por tanto su contrucción y producción en masa no sería viable razones más que justificadas para rechazar el proyecto.

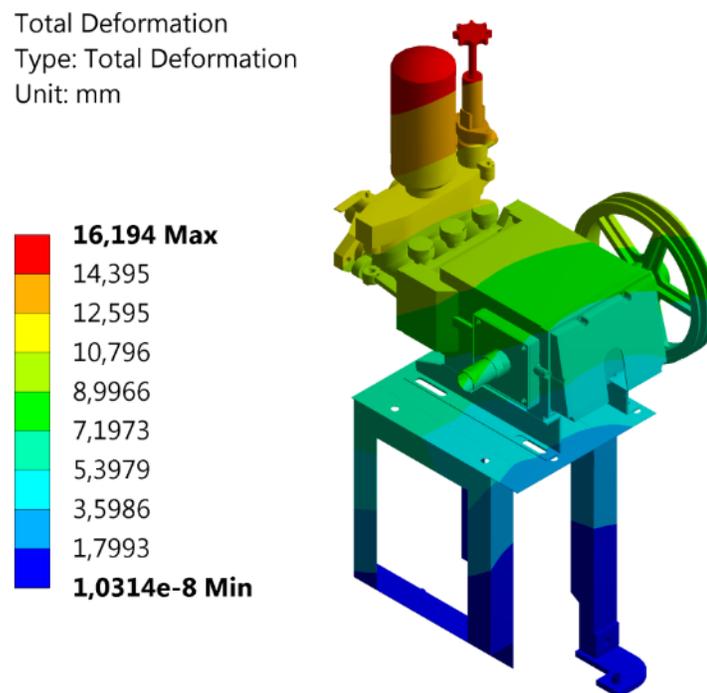
### 3.8.2 Segundo diseño.

En el presente diseño se evaluará bajo las mismas condiciones que el anterior diseño:

#### 3.8.2.1 Deformación total.

Este ensamble presenta un valor máximo de deformación de 16,194 milímetros, esta deformación representa un valor alto para la estructura del diseño, pero debemos evaluar los otros parámetros para tomar una decisión correcta.

**Figura 80.** ANSYS (análisis base – bomba segundo diseño).



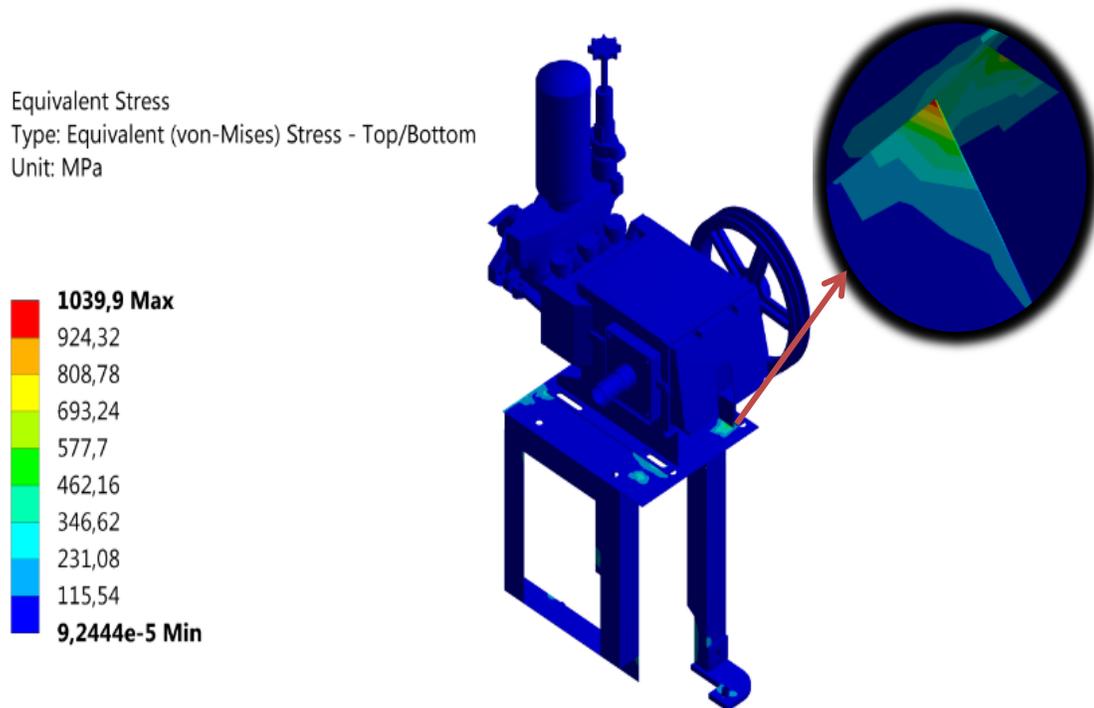
Fuente: Autores

#### 3.8.2.2 Equivalent Stress.

Según el criterio de Von Mises los resultados obtenidos en este análisis, tienen un valor máximo de 1039,9 MPa si consideramos que el acero A36 tiene un límite de fluencia de 250 Mpa o 36 Ksi y un límite de ruptura de 410 Mpa o 58 Ksi; se concluye que el diseño sobrepasa el límite de ruptura del material, por lo que se deduce que no podrá soportar las

cargas que se van a aplicar. A continuación evaluaremos un parámetro más para poder tomar una decisión en el modelo.

**Figura 81.** ANSYS (análisis base – bomba segundo diseño).

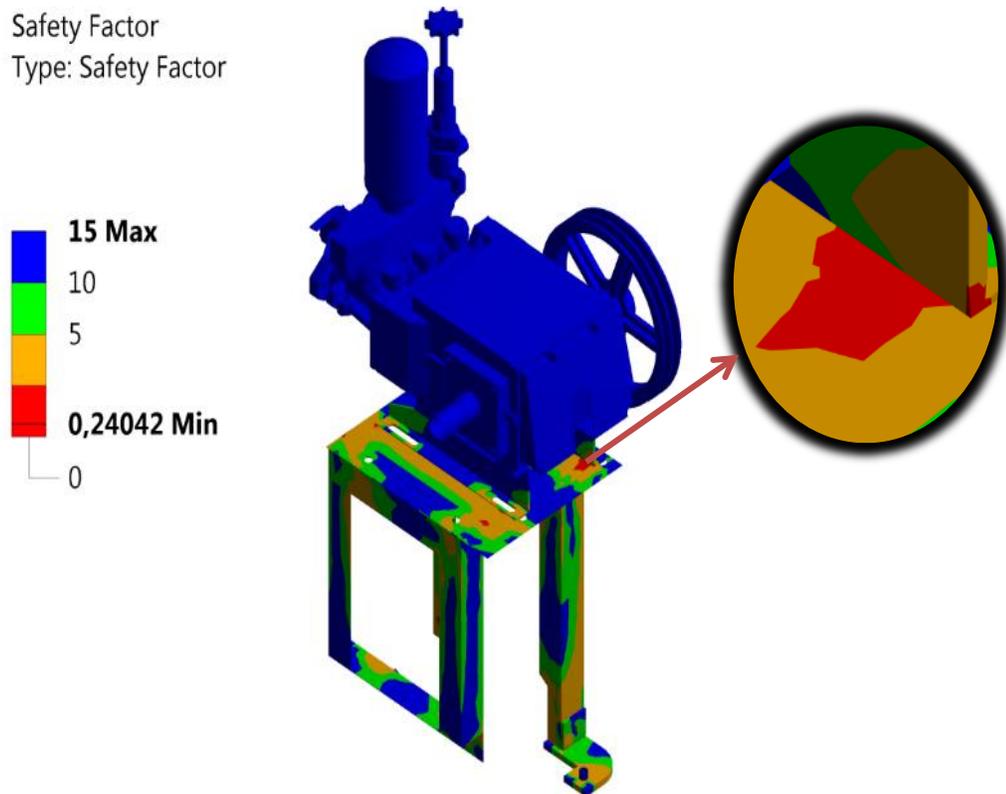


Fuente: Autores

### 3.8.2.3 Factor de seguridad.

Para este parámetro evaluaremos el valor mínimo obtenido el cual nos da como resultado un valor de 0,24042; con todos estos parámetro previamente vistos podremos tomar la decisión más adecuada para proseguir con nuestro proyecto.

**Figura 82.** ANSYS (análisis base – bomba segundo diseño).



Fuente: Autores

#### 3.8.2.4 Toma de decisión.

Este diseño presenta una deformación excesiva de 16,194 milímetros, lo que significa que generará grandes inconvenientes en su funcionalidad mecánica; en cuanto al análisis del criterio de Von Mises sobre el esfuerzo se obtuvo un valor máximo de 1039,9 MPa, valor que sobrepasa el límite de ruptura del material del acero A36, lo que indica que también en este caso el material no soportará las cargas a las que será sometido y la estructura colapsará, si analizamos el factor de seguridad tenemos un valor de 0,24042 este valor es excesivamente bajo para el valor del factor de seguridad con el que estamos trabajando lo cual nos indica que el diseño FALLARÁ.

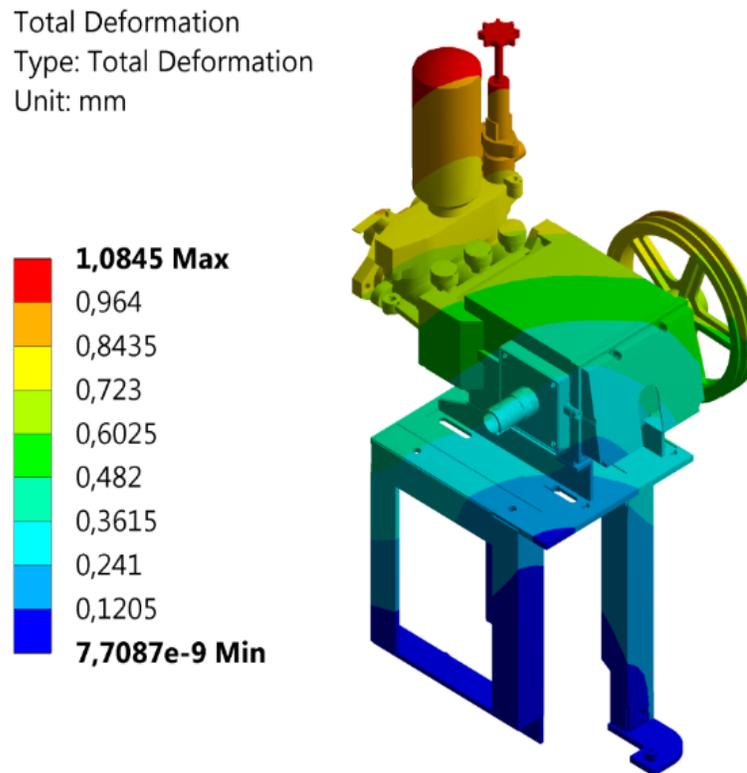
### 3.8.3 Tercer diseño.

En el presente diseño se evaluará bajo las mismas condiciones que los anteriores diseños:

#### 3.8.3.1 Deformación total.

Este ensamble presenta un valor máximo de deformación de 1,0845 milímetros; por lo que no se considera como un valor elevadamente alto o muy agreste, pero solo con este parámetro no podemos tomar una decisión para lo cual debemos seguir evaluando otros parámetros.

**Figura 83.** ANSYS (análisis base – bomba tercer diseño).



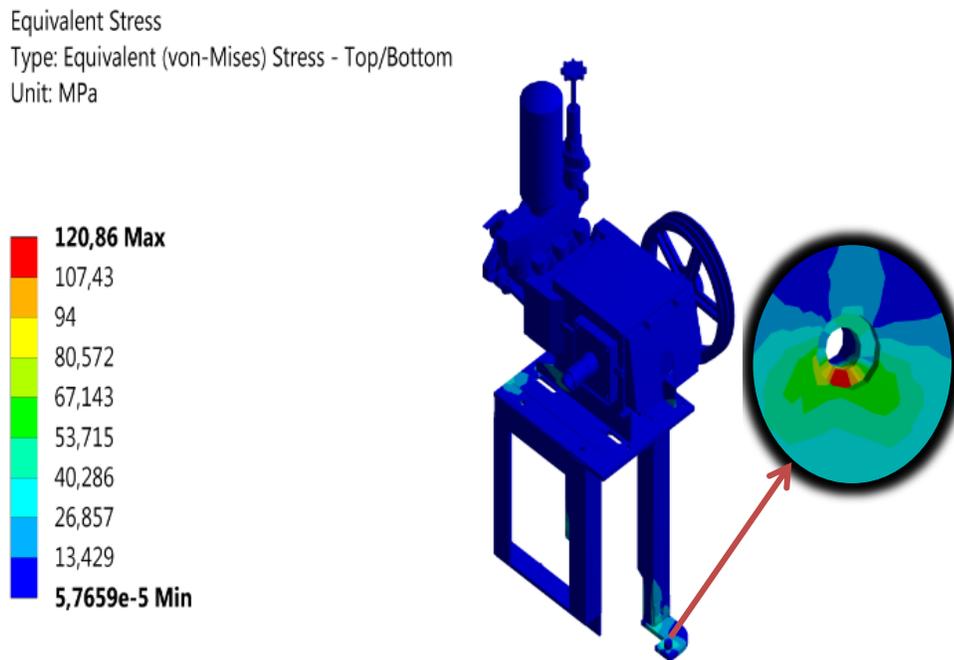
Fuente: Autores

#### 3.8.3.2 Equivalent Stress.

Según el criterio de Von Mises los resultados obtenidos en este análisis tiene un valor máximo de 120,86 MPa, teniendo en cuenta que el acero A36 tiene un límite de fluencia de 250 MPa o 36 Ksi y un límite de ruptura de de 410 MPa o 58 Ksi se concluye que el diseño

se encuentra dentro de la zona elástica, debido a que el valor que obtuvimos de 120,86 MPa no sobrepasa el valor del límite de fluencia del acero A36, por lo tanto el diseño cumple con una de las condiciones primordiales para la realización de este proyecto de titulación. A continuación evaluaremos un parámetro más para poder tomar una decisión en el modelo.

**Figura 84.** ANSYS (análisis base – bomba tercer diseño).

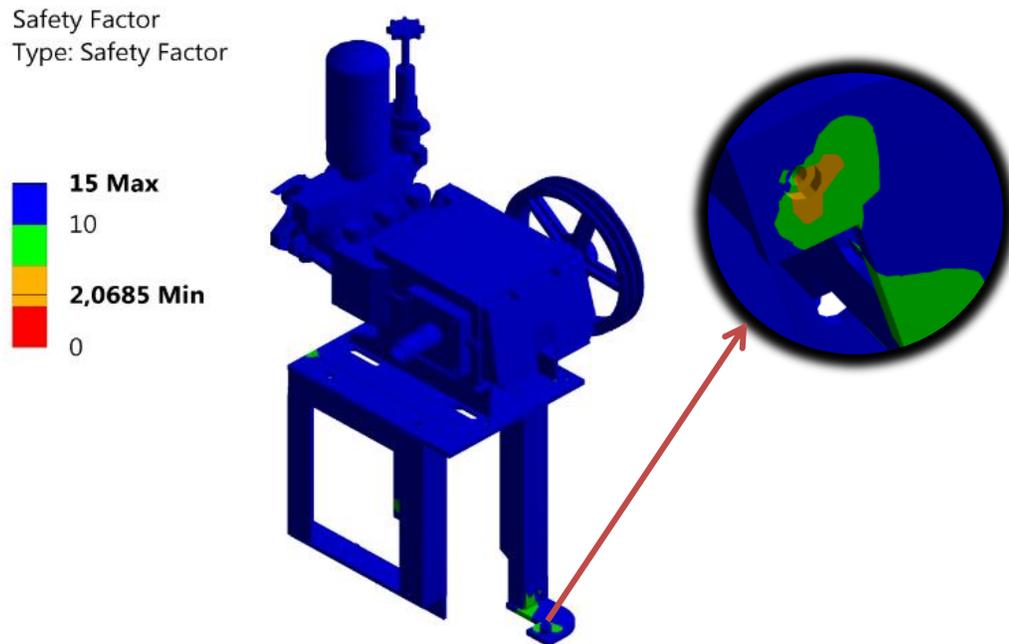


Fuente: Autores

### 3.8.3.3 Factor de seguridad.

Para este parámetro evaluaremos el valor mínimo obtenido el cual nos da como resultado un valor de 2,0685; con todos estos parámetros previamente vistos con anterioridad podemos determinar la decisión más adecuada para proseguir con nuestro proyecto.

**Figura 85.** ANSYS (análisis base – bomba tercer diseño).



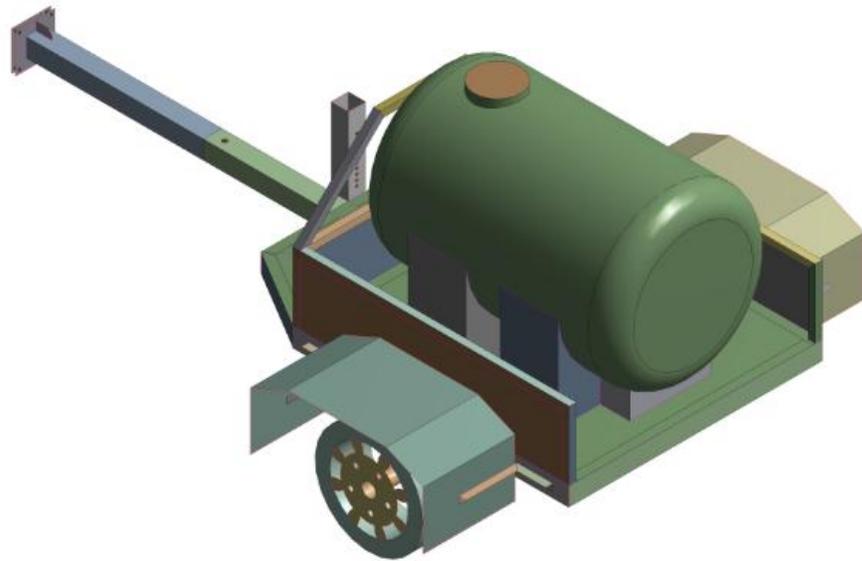
Fuente: Autores

#### 3.8.3.4 Toma de decisión.

El valor de deformación que presenta este diseño es de 1,0845 milímetros lo cual es una deformación muy aceptable; en cuanto al análisis del criterio de Von Mises obtuvimos un valor de 120,86 MPa esto significa que el esfuerzo se encuentra dentro de la zona elástica del acero A36 consiguientemente si el material llegara a deformarse este regresará a su posición original sin sufrir ninguna deformación permanente en el diseño, ni generar riesgos en cuanto a su funcionalidad; respecto al factor de seguridad obtuvimos un valor de 2,0685 este valor es muy aproximado a el factor de seguridad con el que se desea trabajar por lo que el diseño es **ACEPTABLE**. Revisado y aceptado el diseño procederemos a su fabricación teniendo en cuenta que el modelo no presentará fallas, ni riesgos de funcionalidad, ni de seguridad cuando vaya a ser sometido a las pruebas de campo.

### 3.9 Remolque transportador del contenedor de líquido

**Figura 86.** ANSYS (análisis de resultados remolque transportador).



Fuente: Autores

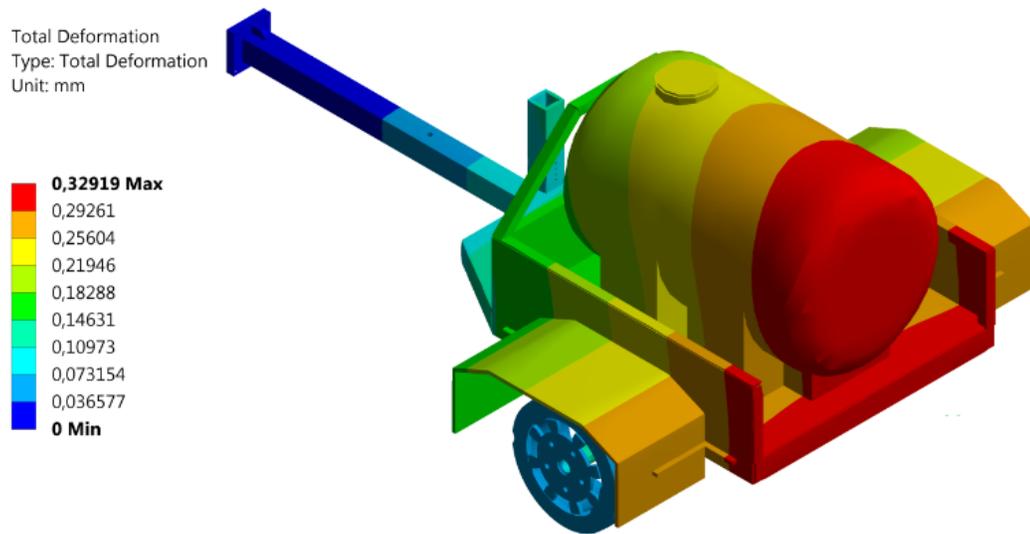
#### 3.9.1 *Primer diseño.*

En este diseño se realizarán observaciones puntuales de los resultados obtenidos y los parámetros que se han considerado para la evaluación de los ensambles:

##### 3.9.1.1 *Deformación total.*

Este ensamble presenta un valor máximo de deformación de 0,32919 milímetros; por lo que no representa un valor elevadamente alto, sin embargo estos resultados no son suficientes para tomar una decisión por lo que continuaremos evaluando otros parámetros para un escogimiento correcto.

**Figura 87.** ANSYS (análisis remolque transportador primer diseño).

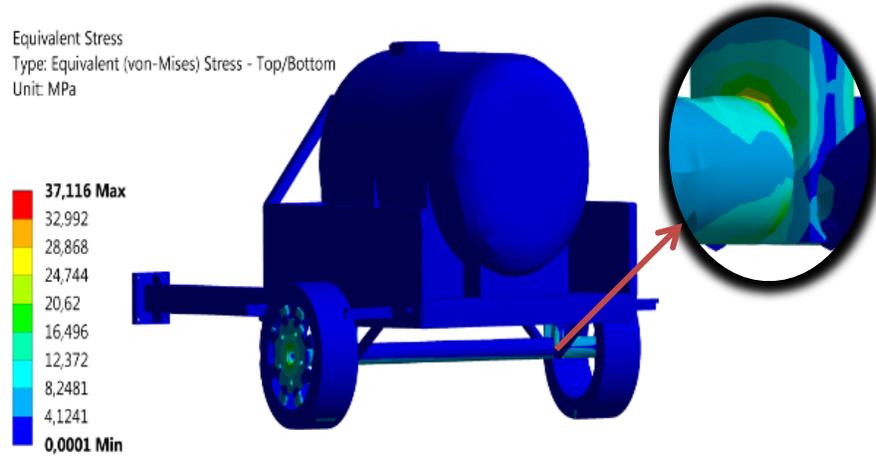


Fuente: Autores

### 3.9.1.2 *Equivalent Stress.*

Cosiderando que el material empleado en nuestro diseño es dúctil, con el objetivo de obtener el mayor grado de exactitud en las soluciones aplicamos en este análisis el criterio de Von Mises, según el cual para que el diseño sea aceptable este debe encontrarse trabajando siempre dentro de la zona elástica del acero A36 ya que si ingresamos en la zona de plastificación el material quedaría deformado permanente lo cual ocasionaria con el uso continuo fallas en su funcionamiento, e incluso riesgos para el usuario, teniendo en cuenta este aspecto los resultados que obtuvimos tienen un valor máximo de 37,116 MPa y si obserbamos que el acero A36 tiene un límite de fluencia de 250 MPa o 36 Ksi y un límite de ruptura de 410 MPa o 58 Ksi, el mencionado valor no sobrepasa el límite de fluencia del acero A36, por lo tanto nuestro diseño se encuentra dentro de la zona elástica, condicones primordiales para la realización de este proyecto. A continuación evaluaremos un parámetro más para poder tomar una decisión en el modelo.

**Figura 88.** ANSYS (análisis remolque transportador primer diseño).

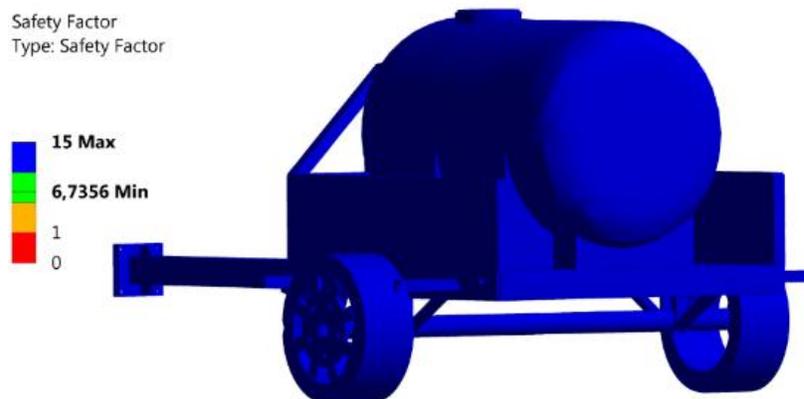


Fuente: Autores

### 3.9.1.3 Factor de seguridad.

Es un criterio importante ya que de este factor dependen distintos parámetros como: la seguridad, la confiabilidad, la economía, etc. En relación a este aspecto evaluaremos el valor mínimo obtenido el cual nos da como resultado un valor de 6,7356; con todos estos parámetros previamente vistos con anterioridad podemos tomar la decisión más adecuada para proseguir con nuestro proyecto.

**Figura 89.** ANSYS (análisis remolque transportador primer diseño).



Fuente: Autores

### 3.9.1.4 Toma de decisión.

Este diseño presenta una deformación de 0,32919 milímetros lo que significa que está dentro de lo aceptable; también se presenta un esfuerzo de Von Mises de 37,116 MPa mismo que se encuentra dentro de la zona elástica del acero A36 lo que indica que el material llegará a deformarse y regresará a su posición original sin sufrir ninguna deformación en el diseño, ni causar riesgos en cuanto a su funcionalidad, pero respecto al factor de seguridad tenemos un valor de 6,7356 que es excesivamente elevado para el valor del factor de seguridad con el que estamos trabajando lo que indica que el diseño está SOBRE DIMENSIONADO, y su construcción representaría un gasto de material innecesario y un excesivo gasto económico, por tanto su construcción no sería viable por esta razón se rechaza el diseño.

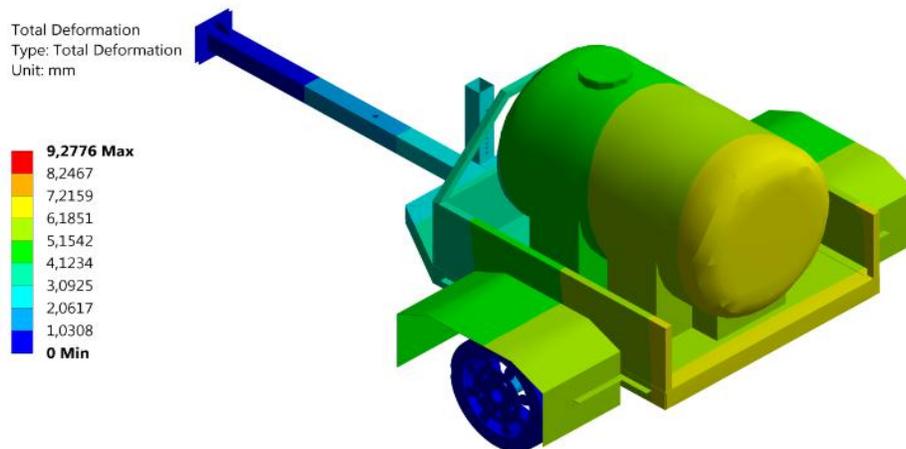
### 3.9.2 Segundo diseño.

En el presente diseño se evaluará bajo las mismas condiciones que el anterior diseño:

#### 3.9.2.1 Deformación total.

El valor máximo de deformación en este diseño es de 9,2776 milímetros, esta deformación representa un valor alto para la estructura del diseño, pero debemos evaluar los otros parámetros para tomar una decisión correcta.

**Figura 90.** ANSYS (análisis remolque transportador segundo diseño).

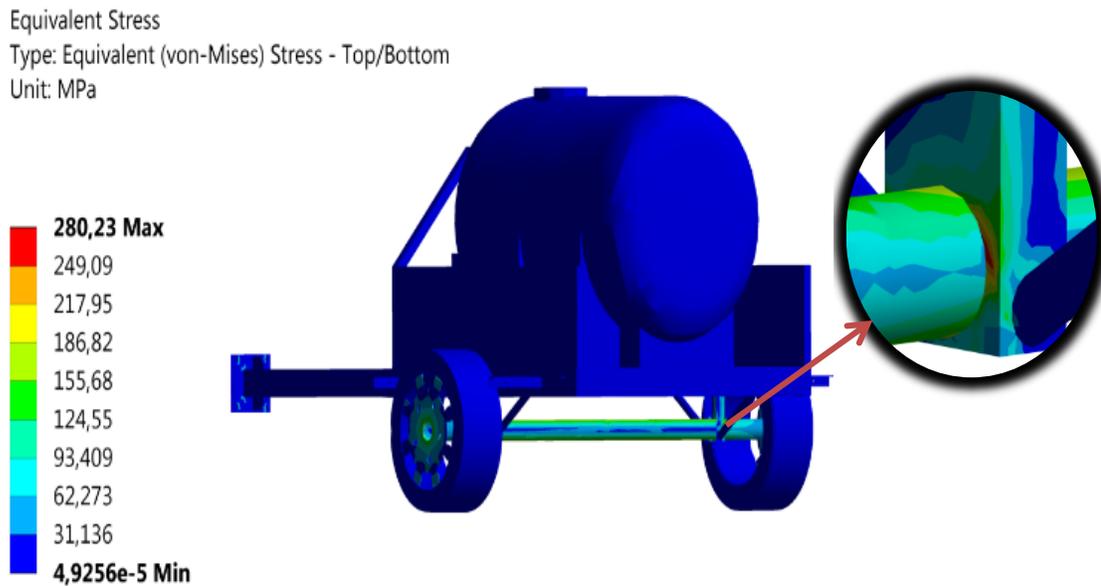


Fuente: Autores

### 3.9.2.2 Equivalent Stress.

Según criterio de Von Mises los resultados obtenidos en este análisis tienen un valor máximo de 280,23 MPa, si consideramos que el acero A36 tiene un límite de fluencia de 250 MPa o 36 Ksi y un límite de ruptura de 410 MPa o 58 Ksi, se concluye que el diseño obtenido no soportará las cargas que se van aplicar, pero continuaremos evaluando otro parámetro más para poder tomar una decisión en el modelo.

**Figura 91.** ANSYS (análisis remolque transportador segundo diseño).

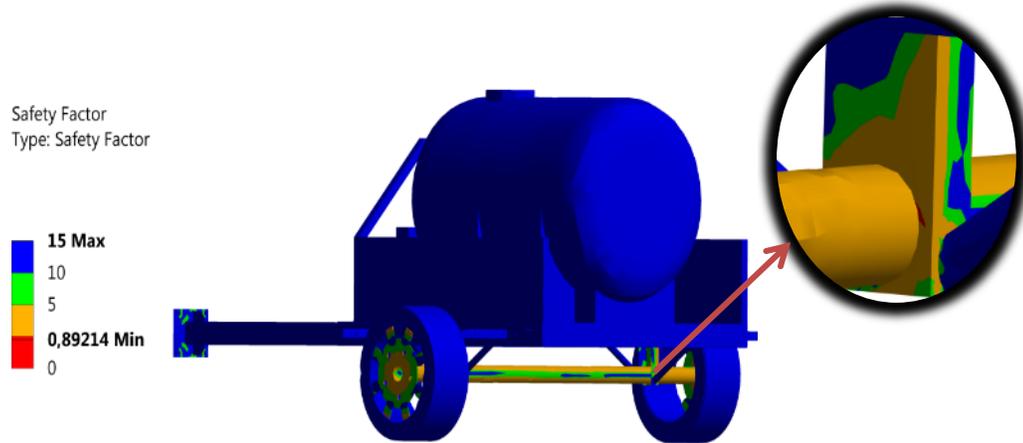


Fuente: Autores

### 3.9.2.3 Factor de seguridad.

Para este parámetro evaluaremos el valor mínimo obtenido el cual nos da como resultado un valor de 0,89214; con todos estos parámetros previamente vistos con anterioridad podemos determinar la decisión más adecuada para proseguir con nuestro proyecto.

**Figura 92.** ANSYS (análisis remolque transportador segundo diseño).



Fuente: Autores

#### 3.9.2.4 Toma de decisión.

Este diseño presenta una deformación excesiva de 9,2776 milímetros, lo que provocará grandes inconvenientes en su funcionamiento mecánico, según el criterio de Von Mises sobre el esfuerzo se obtuvo un valor máximo de 280,23 MPa, pero a pesar de que no sobrepasa el límite de ruptura del material del acero A36, si sobrepasa el límite de fluencia lo cual indica que el material se encuentra en la zona de plastificación es decir el material quedará deformado permanentemente lo que afectará en la funcionalidad del diseño, en cuanto al factor de seguridad tenemos un valor de 0,89214, este valor es bajo en relación al factor de seguridad con el que estamos trabajando lo cual nos indica que el diseño FALLARÁ razones más que suficientes para rechazar el proyecto.

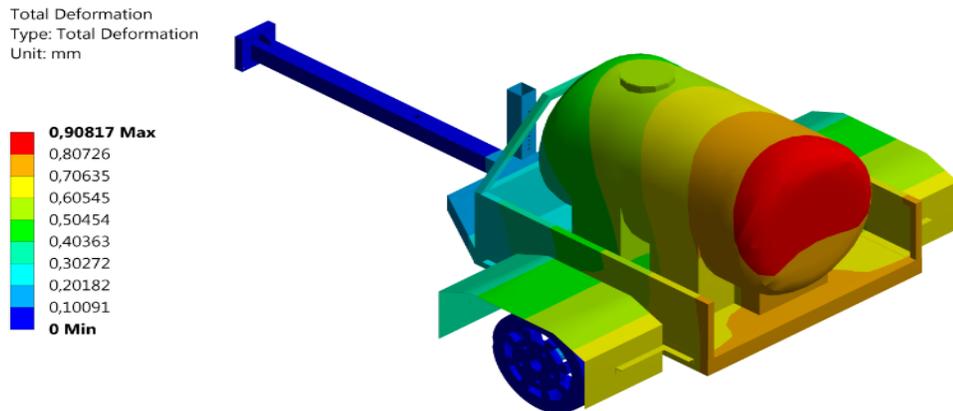
#### 3.9.3 Tercer diseño.

En el presente diseño se evaluará bajo las mismas condiciones que los anteriores diseños:

##### 3.9.3.1 Deformación total.

Este ensamble presenta un valor máximo de deformación de 0,90817 milímetros; esta deformación no presenta un valor elevadamente alto, pero solo con este parámetro no podemos tomar una decisión consiguientemente debemos seguir evaluando otros parámetros para un escogimiento correcto.

**Figura 93.** ANSYS (análisis remolque transportador tercer diseño).

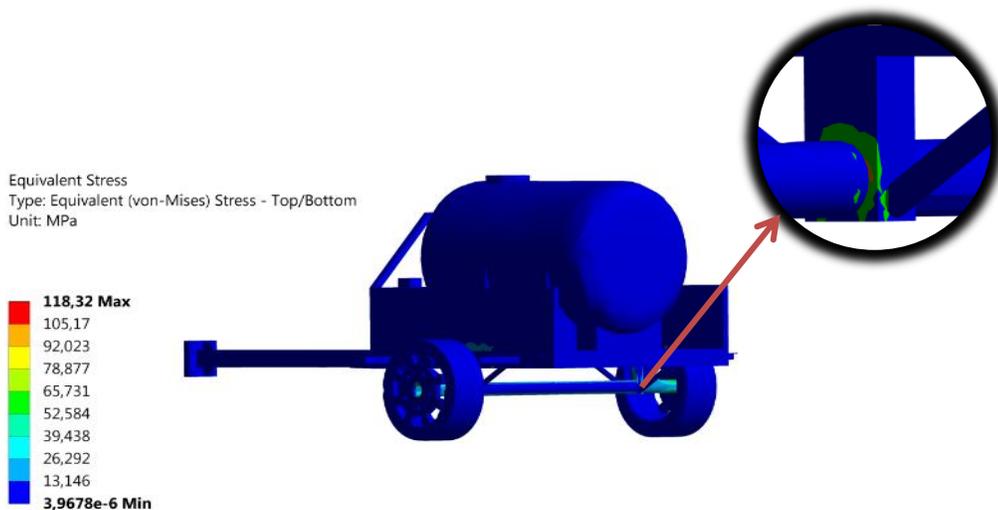


Fuente: Autores

### 3.9.3.2 Equivalent Stress.

Al analizar el criterio sobre el esfuerzo de Von Mises se obtuvo como resultado un valor máximo de 118,32 MPa, teniendo en cuenta que el acero A36 tiene un límite de fluencia de 250 MPa o 36 Ksi y un límite de ruptura de 410 MPa o 58 Ksi podemos concluir que nuestro diseño se encuentra trabajando dentro de la zona elástica, por lo tanto cumple con una de las condiciones primordiales para la realización de este proyecto. A continuación evaluaremos un parámetro más para poder tomar una decisión en el modelo.

**Figura 94.** ANSYS (análisis remolque transportador tercer diseño).



Fuente: Autores

### 3.9.3.3 Factor de seguridad.

En este análisis obtuvimos un valor mínimo de 2,113 con todos estos parámetros previamente vistos con anterioridad podemos tomar una adecuada decisión para proseguir con nuestro proyecto.

**Figura 95.** ANSYS (análisis remolque transportador tercer diseño).



Fuente: Autores

### 3.9.3.4 Toma de decisión.

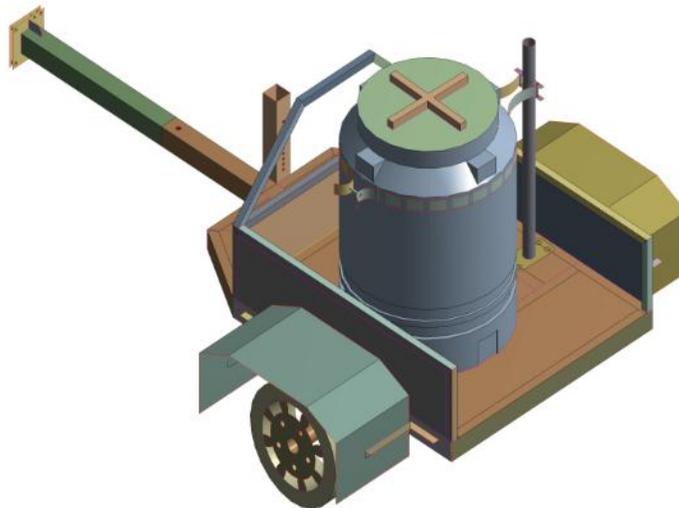
Este diseño presenta una deformación de 0,90817 milímetros lo cual se considera una deformación aceptable, el esfuerzo de Von Mises es de 118,32 MPa mismo que se encuentra dentro de la zona elástica del acero A36 lo que indica que el material llegará a deformarse y regresará a su posición original sin sufrir ninguna deformación en el diseño , ni causar riesgos en cuanto a su funcionalidad, en cuanto al factor de seguridad se obtuvo un valor de 2,113, este valor es muy aproximado a el factor de seguridad con el que se desea trabajar lo cual nos indica que el diseño es ACEPTABLE.

Después de la revisión y aceptación del diseño podemos proceder a su fabricación teniendo en cuenta que el modelo no presenta fallas ni riesgos de funcionalidad, ni de seguridad cuando baya a ser sometido a las pruebas de campo.

### 3.10 Adaptación del Remolque transportador del contenedor de líquido.

Esta adaptación al modelo surgió de la necesidad presentada por el usuario, debido a que este proyecto se empleará en terrenos de diferente extensión, para lo cual en terrenos de dimensiones pequeñas no es aconsejable la utilización del reservorio de 500 litros ya que puede ocasionar un desperdicio del líquido fumigante, para dar solución a esta problemática se decidió la creación de una adaptación para poder utilizar un reservorio de la mitad de capacidad es decir de 250 litros para poder suplir esta necesidad de una manera óptima para la utilización de los usuarios de este diseño.

**Figura 96.** ANSYS (análisis de resultados remolque transportador 250L).



Fuente: Autores

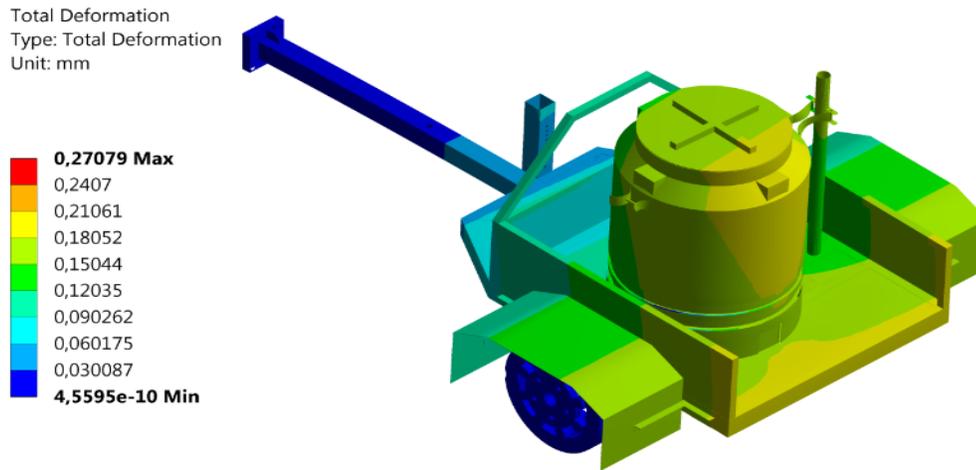
#### 3.10.1 Adaptación del diseño.

En el presente diseño se evaluará bajo las mismas condiciones que los anteriores diseños:

##### 3.10.1.1 Deformación total.

Este ensamble presenta un valor máximo de deformación de 0,27079 milímetros; por lo que no se considera un valor elevadamente alto, pero solo con este parámetro no podemos tomar una decisión para lo cual debemos seguir evaluando otros parámetros para un escogimiento correcto.

**Figura 97.** ANSYS (análisis remolque transportador 250L).

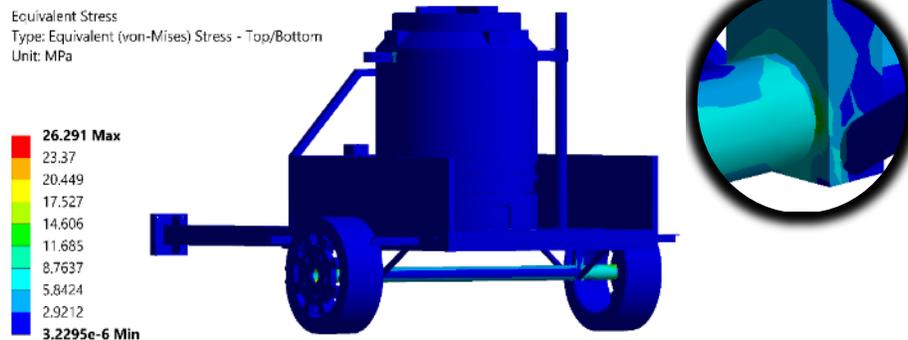


Fuente: Autores

### 3.10.1.2 Equivalent Stress.

Los resultados que se obtuvieron bajo el criterio de Von Mises tienen un valor máximo de 26,291 MPa, teniendo en cuenta que el acero A36 tiene un límite de fluencia de 250 MPa o 36 Ksi y un límite de ruptura de de 410 MPa o 58 Ksi, se puede concluir que el mencionado valor no sobrepasa el límite de fluencia del acero A36 es decir que el diseño se encuentra trabajando dentro de la zona elástica, condiciones primordiales para la realización de este proyecto. A continuación evaluaremos un parámetro más para poder tomar una decisión en el modelo.

**Figura 98.** ANSYS (análisis remolque transportador 250L).



Fuente: Autores

### 3.10.1.3 Factor de seguridad.

Para este parámetro evaluaremos el valor mínimo obtenido el cual nos da como resultado un valor de 9,509; con todos estos parámetros previamente vistos con anterioridad podemos determinar la decisión más adecuada para proseguir con nuestro proyecto.

**Figura 99.** ANSYS (análisis remolque transportador 250L).



Fuente: Autores

### 3.10.1.4 Toma de decisión.

De lo expuesto se concluye que este diseño presenta una deformación aceptable de 0,27079 milímetros; también se presenta un esfuerzo de Von Mises de 26,291 MPa es decir este esfuerzo se encuentra dentro de la zona elástica del acero A36 lo que indica que el material llegará a deformarse y regresará a su posición original sin sufrir ninguna deformación en su estructura, ni causar riesgos en cuanto a su funcionalidad, según el análisis del factor de seguridad el cual tenemos un valor de 9,509 este valor es elevado para el diseño pero debemos tener en cuenta que el modelo está diseñado para soportar un reservorio de 500 litros es decir que en el presente análisis no se puede considerar como sobre dimensionado ya que el peso que está soportando por el momento es mucho menor que el que puede soportar en otras condiciones por lo tanto el diseño es ACEPTABLE. Después de la revisión y aceptación del diseño podemos proceder a su fabricación teniendo en cuenta que el modelo no presentará fallas, riesgos de funcionalidad, ni de seguridad cuando baya a ser sometido a las pruebas de campo.

## CAPÍTULO IV

### 4 PROCEDIMIENTO TECNOLÓGICO

#### 4.1 Proceso de Manufactura.

Para la construcción del remolque y la base estructural de la bomba se deben realizar distintas operaciones sobre los materiales adquiridos.

Para desarrollar estas operaciones es necesario contar con los servicios de un grupo de trabajo especializado en las siguientes áreas:

- Soldador
- Operario
- Diseñador

La estructura de la bomba y el remolque serán construidos en un taller especializado en labores mecánicas, provisto de los equipos y herramientas necesarias para la realización de los distintos trabajos para su construcción.

**Tabla 15.** Equipos y herramientas.

a) Torno	g) Juego llaves
b) Sierra circular	h) Martillo
c) Compresor de aire	i) Playos y alicates
d) Esmeril	j) Entenalla
e) Taladro	k) Disco de corte
f) Soldadora eléctrica	l) Pistola de pintura

Fuente: Autores

Además, se contará con los siguientes instrumentos de medición y equipo de protección personal:

- Calibrador pie de rey
- Flexómetro
- Escuadra
- Gafas de protección
- Overol
- Botas
- Guantes de soldadura
- Casco de soldadura

#### 4.2 Proceso de fabricación.

Para la fabricación del remolque y la base de la bomba se requieren los siguientes materiales:

**Figura 100.** Materiales para la fabricación.



Fuente: Autores

- Tubo cuadrado de  $75 \times 75 \times 3$  mm
- Tubo cuadrado de  $63 \times 63 \times 3$  mm
- Tubo cuadrado de  $30 \times 30 \times 2$  mm
- Tubo redondo de  $60 \times 4$  mm

- Tubo redondo de 50 × 4 mm
- Perfil C de 80 × 40 × 5 mm
- Perfil angular de 50 × 6 mm
- Perfil angular de 30 × 4 mm
- Plancha de tool corrugada 2 mm
- Plancha de tool 0,5 mm
- Plancha de acero 8 mm

Para construir el remolque y la base estructural de la bomba se debe seguir un proceso el cual se detalla a continuación:

**Tabla 16.** Procedimiento de construcción del prototipo

ELEMENTO	PROCESO
<b>Chasis</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Corte:</b> Cortar el perfil C de acuerdo a las medidas del diseño.</li> <li>• <b>Soldadura:</b> Se unen largueros y travesaños de acuerdo a la geometría del diseño.</li> <li>• <b>Limpieza:</b> Eliminar las aristas vivas.</li> </ul>
<b>Sistema de tiro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Corte:</b> Cortar el tubo cuadrado de acuerdo a las medidas del diseño.</li> <li>• <b>Soldadura:</b> Construir la geometría sistema del tiro y unir al chasis</li> <li>• <b>Limpieza:</b> Eliminar las aristas vivas.</li> </ul>
<b>Sistema de enganche</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Corte:</b> cortar los cartabones</li> <li>• <b>Taladrado:</b> realizar las perforaciones que alojarán el enganche.</li> <li>• <b>Soldadura:</b> acoplar los cartabones al sistema de tiro.</li> <li>• <b>Limpieza:</b> eliminar las aristas vivas.</li> </ul>

**Tabla 16.** (Continua) Procedimiento de construcción del prototipo.

<p><b>Eje</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Corte:</b> Cortar el tubo redondo.</li> <li>• <b>Soldadura:</b> centrar las puntas de eje en el tubo redondo utilizando un torno y soldar</li> <li>• <b>Limpieza:</b> Eliminar las aristas vivas</li> </ul>
<p><b>Tolva</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Corte:</b> Cortar las planchas de tol corrugado de 2mm antideslizante de acuerdo al diseño Cortar las planchas de tol de 0,5 mm de acuerdo al diseño. Cortar el tubo cuadrado de 30 x 2 mm</li> <li>• <b>Doblado:</b> Obtener la geometría de los dobles para la tolva de 0,5 mm</li> <li>• <b>Soldadura:</b> Soldar al chasis los perfiles de tubo cuadrado 30 x 2 mm Soldar la plancha de tol de acero a los tubos cuadrados 30 x 2 mm Soldar la plancha de tol corrugado a los perfiles tipo C</li> <li>• <b>Limpieza:</b> Eliminar las aristas vivas</li> </ul>
<p><b>Acople</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Corte:</b> Cortar el tubo de 60x60 de acuerdo al diseño Cortar la plancha de acero de 10mm de acuerdo al diseño Cortar los cartabones de 10mm</li> <li>• <b>Vaciado:</b> Realizar el vaciado de la plancha de acero de 10mm de acuerdo a la geometría del diseño.</li> <li>• <b>Taladrado:</b> Perforar 4 agujeros de 12 mm y 2 agujeros de 8 mm de acuerdo al diseño. Perforar los agujeros de 18mm en el tubo cuadrado para el pasador.</li> <li>• <b>Soldadura:</b> Soldar el tubo cuadrado a la plancha de acero. Soldar los cartabones de refuerzo</li> <li>• <b>Limpieza:</b> Eliminar las aristas vivas</li> </ul>

**Tabla 16.** (Continua) Procedimiento de construcción del prototipo.

<b>Base de la bomba</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Corte:</b> Cortar los perfiles angulares y la plancha de acero de acuerdo a las medidas del diseño</li><li>• <b>Taladrado:</b> Realizar las perforaciones en los perfiles angulares donde se alojarán los pernos que sujetarán la estructura al chasis del motocultor Realizar las perforaciones en la plancha de acero 8 mm donde se alojarán los pernos que sujetarán la bomba de fumigación a la base estructural</li><li>• <b>Soldadura:</b> Soldar los perfiles angulares de acuerdo a las medidas del diseño.</li><li>• <b>Limpieza:</b> Eliminar las aristas vivas</li></ul>
-------------------------	--

Fuente: Autores

### 4.3 Montaje de los elementos.

Según la tabla anterior se elaborará un procedimiento para realizar la construcción del prototipo en el cual se unirán y soldarán todos los elementos.

#### 4.3.1 *Condiciones generales.*

El conformado del remolque se realiza en un taller seleccionado en cual contará con el ambiente adecuado para este proceso.

Toda la unión por soldadura se realiza mediante suelda eléctrica, para lo cual se debe contar con los elementos de protección personal, y además el especialista deberá interpretar los planos de diseño para la correcta ubicación de los elementos y subconjuntos del prototipo.

#### 4.3.2 *Proceso de obtención del prototipo.*

Los pasos a seguir para el ensamble de los elementos son los siguientes:

1. Se corta el perfil C 80 x 40 x 6 mm y se suelda formando el chasis, a continuación, se colocan 4 travesaños del mismo perfil tipo C, para esta operación se debe tener en cuenta que los elementos estén colocados perpendicularmente entre si y unidos mediante suelda eléctrica.

**Figura 101.** Construcción del chasis.



Fuente: Autores

2. Una vez construido el chasis se procede a elaborar el sistema de tiro para ello se corta el tubo cuadrado de 75 x 75 x 3mm de acuerdo a la medida del diseño y se une mediante soldadura al chasis, posteriormente, se corta el perfil tipo C de 80 x 40 x 6 mm y se une mediante soldadura al tubo cuadrado central, para esta operación se debe tener en cuenta el ángulo que forman los tubos con la barra central.

**Figura 102.** Corte de tubos.



Fuente: Autores

3. Para obtener el eje del prototipo cortamos el tubo redondo de 60 x 4mm de la longitud especificada en los planos de diseño y unimos mediante suelda eléctrica a las puntas del eje, en este paso se debe observar que las puntas del eje deben conservar simetría radial con el tubo redondo, esto se logra mediante la utilización de un torno. Una vez obtenido este conjunto procedemos a montar las manzanas con sus respectivos rodamientos y tuerca de seguridad.

**Figura 103.** Soldadura del eje.



Fuente: Autores

4. Se corta el tubo cuadrado de 30 x 30 x 2 mm los cuales formarán el perfil de la tolva, que se une mediante suelda eléctrica al chasis.

**Figura 104.** Perfil de la tolva.



Fuente: Autores

5. Se corta el tubo redondo 50 x 4 mm los cuales servirán de apoyo en cada extremo del eje, y se verifica que el eje se encuentre centrado en la base del remolque, para proceder a soldar los apoyos y el eje al chasis, se coloca el conjunto aro neumático rin 13.

**Figura 105.** Soporte y eje del remolque.



Fuente: Autores

6. Después se coloca la plancha de tool de 2mm antideslizante que servirá para el piso del prototipo, esta fue previamente cortada de acuerdo a la forma que se especifica en el diseño y posteriormente será soldada al chasis.

**Figura 106.** Tool corrugado.



Fuente: Autores

7. Se procede a cortar la plancha de tool de 0,5mm y se remacha a los lados de la tolva, estas planchas de la misma manera debieron ser cortadas y dobladas de acuerdo al diseño realizado.

**Figura 107.** Plancha de tool.



Fuente: Autores

8. Para que el prototipo se ajuste al motocultor se debe construir un acople para ello se procede a cortar el tubo cuadrado de 60x60x3 con la longitud especificada en el plano, en este tubo se realiza un agujero de 18mm, y se corta una placa de 12mm de espesor de la geometría indicada en el plano en la cual se realizan 4 perforaciones de 12 mm para poder acoplar al chasis del motocultor y 2 perforaciones de 8mm que sirven de guía, y además a esta placa se le realiza un vaciado de 8 mm de profundidad conforme a la geometría especificada en el plano, esta placa nos servirá de base en el motocultor.

Esta base se une mediante suelda eléctrica al tubo cuadrado cortado anteriormente, para eliminar puntos de concentración de esfuerzos se decidió colocar dos refuerzos entre la base y el tubo cuadrado.

**Figura 108.** Acople.



Fuente: Autores

9. Se corta el perfil angular 50 x 6 mm para la elaboración de la base estructural de la bomba, de acuerdo con las medidas especificadas del plano de diseño y se procede a soldar.

La estructura se divide en 3 piezas, dos soportes de tipo perfil angular que van acopladas al chasis mediante pernos y una plancha base donde se aloja la bomba de pistones, misma que esta acoplada a los dos soportes mediante pernos.

**Figura 109.** Base estructural de la bomba.



Fuente: Autores

10. Se eliminan todas las aristas vivas de las piezas que conforman la base estructural de la bomba, se procede a colocar un fondo de pintura base, una vez seca la pintura base procedemos a pintar con pintura esmalte color azul para proteger el prototipo de las condiciones ambientales y de trabajo a las que será sometido.

**Figura 110.** Soporte de la bomba.



Fuente: Autores

11. Se monta la base estructural de la bomba en el chasis del motocultor, se procede a montar la bomba de pistones y por último se realiza operaciones de medición entre poleas de bomba y motocultor para la correcta alineación de bandas.

**Figura 111.** Prototipo.



Fuente: Autores

## CAPÍTULO V

### 5 ENSAYOS Y MANUALES

#### 5.1 Ensayos de validación

##### 5.1.1 Selección de bombas

La selección de la bomba se la realizó en base a las especificaciones del sistema y resultados de los cálculos de la potencia nominal transmisible por las bandas desde la polea motriz hacia la polea de la bomba, cálculos de la velocidad angular que se transmite hacia la polea de la bomba y el caudal de descarga requerido para la fumigación este último dato se obtuvo del representante del MAGAP.

Recopilados todos los datos se seleccionó la bomba de pistones POWER SPRAYER 3WZ-150 porque cumple con las condiciones de trabajo.

Datos:

$[N]$  = potencia nominal transmisible por las bandas; 10,75 kw

$w_2$  = Velocidad angular en la polea de la bomba; 980 rpm

$Q$  = caudal de descarga; 32 g/min

**Figura 112.** Bomba Power Sprayer.



Fuente: Autores

### 5.1.2 Gasto de fumigante por área de aplicación del terreno.

Para poder calcular el gasto de fumigante en un área determinada debemos seguir los siguientes pasos:

- En primer lugar se debe señalar un área. Para nuestro proyecto se consideró un área de trabajo de media cuadra, con las siguientes dimensiones: 59,39 m de largo por 59,39 m de ancho, en donde se recorrerá de ida y de vuelta en el proceso de fumigación; con estos dos valores procedemos a calcular el área total de trabajo.

$$A = b * a \quad (44)$$

$$A = 59,39\text{m} * 59,39\text{m}$$

$$A = 3528\text{m}^2$$

- Debido a la gran capacidad de la bomba para esta prueba optamos por el uso de un recipiente de 250 Litros en el cual colocaremos el fumigante, la razón del uso de este recipiente se debe a que la extensión de terreno a fumigarse es grande.
- Procedemos a encender la máquina y realizar la aplicación del fumigante manteniendo un avance constante y una colocación de fumigante normal esto depende mucho de la experiencia de la persona que realice la aplicación del fumigante.
- Una vez terminada la fumigación en la extensión que delimitamos con anterioridad se apaga la maquinaria y se mide el volumen del líquido restante en el recipiente, para nuestro caso tenemos un volumen de 50L litros
- Por último realizamos el cálculo para saber cuánto fue el gasto por hectárea de terreno

$$V_{\text{área delimitada}} = V_{\text{inicial}} - V_{\text{final}} \quad (45)$$

$$V_{\text{área delimitada}} = 250L - 50L$$

$$V_{\text{área delimitada}} = 200 L$$

$$Gasto\ por\ Ha = \frac{200\ litro * 10000m^2}{3528m^2} \quad (46)$$

$$Gasto\ por\ Ha = 566,89\ litros$$

### 5.1.3 Comparación de rendimientos (bomba de fumigar manual-bomba de fumigar motorizada-adaptación de la bomba en el motocultor).

#### 5.1.3.1 Bomba de pistones Power Sprayer estacionaria

- Se deberá tomar el tiempo que tarde en llenarse un recipiente de 10 L, con el motocultor en normal operación en nuestro prototipo se demoró 4 min con 45 seg, para calcular el rendimiento se debe multiplicar el tiempo de llenado por el volumen de fumigante

$$10\ L \longrightarrow 285\ seg$$

$$250L \longrightarrow X$$

X= 3563 seg: 59,38 min: 0,99 h; con las dos salidas de presión abiertas

X= 7125 seg; 118,75 min: 1,98 h con una sola salida de presión abierta

La bomba de pistones fumiga 250L en 1,98 horas

- Para calcular el tiempo en que se demora la bomba de pistones en fumigar una hectárea, se debe utilizar el resultado del gasto de fumigante por área de aplicación y el tiempo que se demora en fumigar 250 L.

$$250\ L \longrightarrow 1,98\ h$$

$$566,89\ L \longrightarrow X$$

$$X= 4,49\ h$$

La bomba se demora 4,49 horas en fumigar una hectárea con una sola salida de presión abierta

La bomba se demora 2,25 horas en fumigar una hectárea con dos salidas de presión abiertas.

#### 5.1.3.2 *Bomba manual de fumigar*

- Para calcular el tiempo en que se demora la bomba manual en fumigar una hectárea, se debe utilizar el resultado del gasto de fumigante por área de aplicación y el tiempo que se demora en fumigar 200L, este último dato se obtiene de la estimación de un representante con experiencia del MAGAP.

200 L → 6 h

566,89 L → X

$$X = 17,01 \text{ h}$$

La bomba se demora 17,01 horas en fumigar una hectárea con una sola salida de presión.

#### 5.1.3.3 *Bomba motorizada de fumigar*

- Para calcular el tiempo en que se demora la bomba motorizada en fumigar una hectárea, se debe utilizar el resultado del gasto de fumigante por área de aplicación y el tiempo que se demora en fumigar 200L, este último dato se obtiene de la estimación de un representante con experiencia del MAGAP.

200 L → 3 h

566,89 L → X

$$X = 8,5 \text{ h}$$

La bomba se demora 8,5 horas en fumigar una hectárea con una sola salida de presión.

## 5.2 **Instrucciones de armado.**

1. Montar las 2 bases estructurales de la bomba en el chasis del motocultor utilizando para su apriete 5 pernos y una llave de 18 mm.

**Figura 113.** Estructura de la bomba.



Fuente: Autores

2. Montar la placa base de la bomba en la estructura que fue acoplada en el paso 1, utilizando para su apriete 4 pernos y una llave de 17 mm.

**Figura 114.** Base de la bomba.



Fuente: Autores

3. Montar la bomba power sprayer 150 en la placa base, utilizando para su apriete 4 pernos pasantes con tuercas y rodela plana y una llave de 18 mm.

**Figura 115.** Montaje de la bomba.



Fuente: Autores

4. Aflojar los 4 pernos con una llave de 18 mm que sujetan el motor contra el chasis del motocultor.

**Figura 116.** Chasis del motocultor.



Fuente: Autores

5. Aflojar las 2 tuercas del templador con una llave de 18 mm.

**Figura 117.** Templador.



Fuente: Autores

- Desmontar las 4 bandas que unen la polea motriz con la polea de transmisión.

**Figura 118.** Polea del motocultor.



Fuente: Autores

- Montar las 2 bandas de transmisión B85 tipo trapezoidales que unen la polea motriz y la polea de la bomba.

**Figura 119.** Banda de transmisión.



Fuente: Autores

- Montar las 2 bandas de transmisión B74 tipo trapezoidales que unen la polea motriz y la polea de transmisión del motocultor.

**Figura 120.** Banda de transmisión.



Fuente: Autores

9. Ajustar el templador, y verificar la tensión de la bandas provocando una flexión en el punto medio entre las dos poleas, la fuerza aplicada debe ser perpendicular a la banda en ese tramo y la deflexión debe ser de 15 mm por cada 1000mm de distancia entre ejes.

**Figura 121.** Ajuste del templador.



Fuente: Autores

10. Ajustar los 4 pernos que permiten el desplazamiento del chasis con el motor del motocultor con una llave de 18mm las cuales anteriormente se aflojaron para permitir el desmontaje de las bandas del motocultor.

**Figura 122.** Chasis del motocultor.



Fuente: Autores

11. Aflojar las 4 tuercas con una llave de 18 mm que unen el rotavator con el motocultor y desmontarlo.

**Figura 123.** Rotavator.



Fuente: Autores

12. Montar la junta universal al motocultor y ajustar las 4 tuercas con una llave de 18 mm.

**Figura 124.** Junta Universal.



Fuente: Autores

13. Ensamblar el remolque hacia la junta universal del motocultor, utilizando un perno pasante con tuerca y una de llave 24 mm.

**Figura 125.** Remolque.



Fuente: Autores

14. Montar en el remolque el reservorio de 250 litros o de 500 litros dependiendo de la necesidad del trabajo que se vaya a realizar.

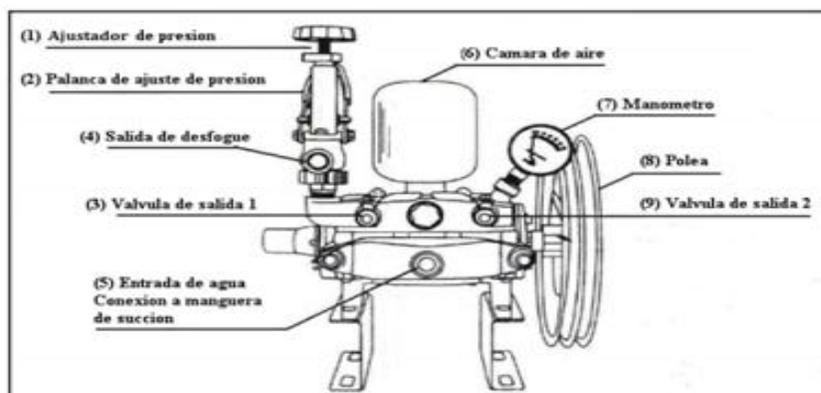
**Figura 126.** Tanque de 250 L.



Fuente: Autores

15. Conectar las mangueras de succión y de desfogue, utilizar teflón para evitar goteo. La entrada de agua (5 en Figura 5.15) se conecta a la manguera de succión con filtro, La salida de desfogue (4 en Figura 5.15) se conecta a la manguera de desfogue y estos hacia al reservorio. (Nota: Mantener la manguera de succión en el fondo del reservorio)

**Figura 127.** Bomba Power Sprayer.



Fuente: [www.southimport.com.ec/.../doc.../141-instructivos-de-fumigadoras-estacionarias-.ht](http://www.southimport.com.ec/.../doc.../141-instructivos-de-fumigadoras-estacionarias-.ht)

16. Conectar las mangueras de salida de presión (3 y 9 en Figura 5.15).
17. Instalar la pistola de fumigación hacia las mangueras de presión y ajustar.

**Figura 128.** Pistola de fumigación.



Fuente: Autores

18. Verter el plaguicida en el reservorio de 250 litros.

### **5.3 Instrucciones de operación**

1. Revise cada perno, tuerca y asegúrese de que la bomba y el motor estén firmemente instalados al chasis del motocultor.
2. Asegúrese que las poleas estén alineadas y que la correa que las une tenga la suficiente tensión.
3. Colocar aceite SAE 20W50 en la bomba fumigadora hasta que el nivel cubra las 3/4 partes del visor de nivel de aceite. Ver numerales 10 y 11 en la figura B.

**Figura 129.** Aceite multigrado.



Fuente: Autores

4. Antes de arrancar el motor, cerrar las válvulas de salida (3 y 9 en Figura A), aflojar la perilla de ajuste de presión (1 en Figura A), y levantar la palanca de ajuste de presión (2 en Figura A). Esto permitirá que el motor arranque sin presión y que el agua se descargue inicialmente por la salida de desfogue (4 en Figura A).

**Figura 130.** Bomba de fumigación.



Fuente: Autores

5. Encender el motocultor y ajustar a una revolución constante de 2000 rpm. Presionar hacia abajo la Palanca de ajuste de presión (2 en Figura A) y regulamos la presión de trabajo necesaria a través del ajustador de presión (1 en Figura A), para fumigación graduar entre 15 a 35 Bares (1.5MPa a 3.5MPa) (visualizar en 7 en Figura A).

**Figura 131.** Indicador de presión.



Fuente: Autores

6. Abrir la válvula de salida (3 y 9 en Figura A) y comenzar a fumigar o regar
7. Girar el mango posterior de la lanza metálica para ajustar el tipo de chorro requerido para la fumigación

**Figura 132.** Boquilla.



Fuente: Autores

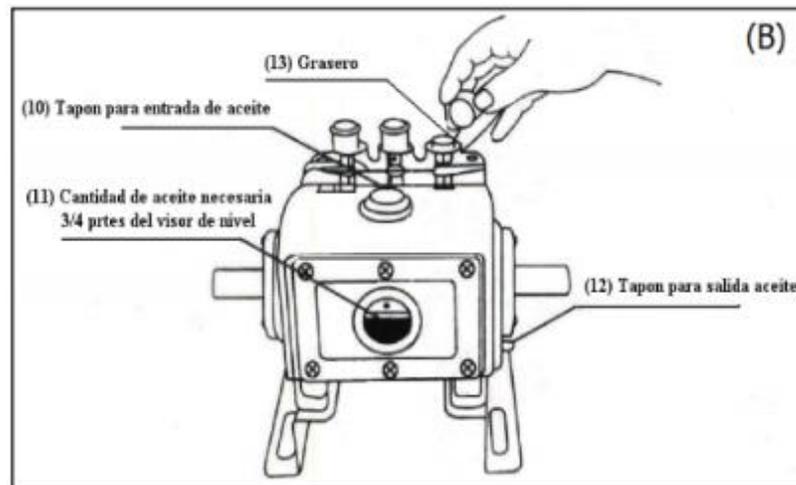
8. Luego que termine de fumigar, hale la Palanca de ajuste de presión (2 en Figura A) hacia arriba y opere la fumigadora con agua limpia para remover los residuos de materiales químicos hasta que se eliminen es su totalidad los residuos sobrantes.

#### **5.4 Instrucciones de mantenimiento**

Las instrucciones están hechas en función de condiciones normales de operatividad, si es usado bajo carga pesada, circunstancias polvorientas y/o en altas temperaturas, el servicio de mantenimiento debe hacerse más a menudo.

1. Se recomienda cambiar el aceite del motor y de la bomba fumigadora la primera vez a las 10 horas de uso, la segunda vez a las 50 horas de uso y de allí en adelante cada 70 horas de uso.
2. Sacar el aceite viejo de la bomba fumigadora, utilizar el Tapón para salida de aceite (12 en Figura B).

**Figura 133.** Bomba Power Sprayer.



Fuente: Autores

3. Llenar con aceite SAE 25W50 la bomba. La medida del aceite se puede ver a través del ojo visor (11 en Figura B), mantener siempre a unos  $2/3$  de llenado.

**Figura 134.** Bomba Power Sprayer.



Fuente: Autores

4. Mantener siempre con lubricante los graseos de la fumigadora. Atornillar dos o tres vueltas todos los graseos cada 2 horas de uso (13 en Figura B).

**Figura 135.** Bomba Power Sprayer.



**Fuente:** Autores

## **CAPÍTULO VI**

### **6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **6.1 Conclusiones**

El Trabajo de titulación cumple con el propósito general como es, de concluir con éxito, el diseño y adaptación de un sistema de aspergeo para el Motocultor YTO DF-15L DEL MAGAP, con los criterios expuestos, consiguiendo resultados beneficiosos, incrementando la funcionalidad del Motocultor.

Se realizó la simulación en un programa CAD CAE, lo que nos permitió obtener diseños en diferentes situaciones permitiéndonos evaluar los resultados de las fuerzas reales al cual va a estar sometido un modelo en sobredimensionamiento, en falla y un modelo aceptable, logrando un diseño correcto para evitar el desperdicio innecesario de material en el proceso de construcción.

Se concluyó que para poder acoplar un sistema de aspergeo al motocultor YTO - DF - 15L fue necesario elaborar la estructura para la bomba de aspersion y la estructura de un remolque en donde poder montar un depósito para el plaguicida que se va a pulverizar, logrando tecnificar el proceso de fumigación de las plántulas.

Se cubrió con la necesidad de los agricultores de disminuir el esfuerzo y tiempo de trabajo, aunque el área de estudio fue en el Cantón Chambo de la provincia de Chimborazo, se espera que el sistema una vez probado se le realicen de ser necesario modificaciones, para que de esta manera tenga éxito y sea empleado en más lugares dedicados a la producción de plántulas de cualquier variedad.

## **6.2 Recomendaciones**

Se sugiere que al momento de la fumigación la realicen dos personas, el primero desenvuelve la manguera y el segundo realiza la operación de fumigado, con esto se evita el riesgo de enredos o perforaciones en la manguera.

Se recomienda que las mangueras de succión y retorno de la bomba siempre se encuentren en el fondo del depósito para evitar la entrada de aire y el daño en la bomba.

Se sugiere revisar el manual de mantenimiento y operación para tener el sistema de aspergeo en óptimas condiciones.

Se recomienda no sobrepasar el peso máximo para el cual fue construido el remolque, con el fin de evitar accidentes y contratiempos.

Se recomienda realizar la fumigación en horas donde no haya corrientes elevadas de viento para evitar el desperdicio del plaguicida y el contacto directo con la misma.

Se sugiere utilizar equipos de seguridad correctos para la labor de asperjar el suelo con plaguicidas.

## **Bibliografía**

**3D CAD PORTAL.** *Ansys.* [En línea] 2017. [Consulta: 14 de Septiembre de 2017.]  
Disponible en: <http://www.3dcadportal.com/ansys.html>

**AGRICULTURA, D.** *Comisión del codex alimentarius: Manual de procedimiento*  
[Consultado: 20 de Octubre de 2017.] Disponible en:  
<http://www.fao.org/docrep/W5975S/w5975s08.htm>

**BEER, Ferdinand.** *Mecánica de materiales.* México: Mc Graw Hill. 2009, pp. 34 - 38

**CAÑAVATE, J. O.** *Las máquinas agrícolas y su aplicación.* Madrid: Mundi-Prensa. 2012,  
pp. 23 -26

**ELTELÉGRAFO.** *Planes agrícolas de mecanización se benefician con maquinaria china.*  
18 de noviembre de 2017. [Consultado: 26 de julio de 2014.] Disponible en:  
<http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/información-general/1/planes-agricolas-de-mecanización-se-benefician-con-maquinaria-china>

**FERNÁNDEZ, Ercilia & MAHER, Eduardo.** *Los plaguicidas aquí y ahora.* 2012.  
[Consultado: 25 de octubre de 2017] Disponible en:  
<http://cedoc.infod.edu.ar/upload/1plaguicidas.pdf>

**GERE, James M.** *Mecánica de materiales.* México: Cengage Learning. 2009, pp. 35

**HAMROCK, Bernard J.** *Elementos de maquinas.* México: Mcgraw Hill. 2000 pp, 12 - 15

**HIBBELER, R. C.** *Mecánica de materiales.* México: Pearson. (2011), pp. 67 - 76

**LEITE, D. R.** *Plaguicidas y efectos sobre la salud humana: un estado del arte.* 2012.  
[Consultado: 30 de noviembre de 2017] Disponible en: <http://www.serpajpy.org.py/wp-content/uploads/2014/03/Plaguicidas-y-efectos-sobre-la-salud-humana1.pdf>

**MARTÍN, M. J. & SÁNCHEZ Camazano.** *Los plaguicidas. Absorción y evolución en el suelo.* 1984. [Consulta: 20 de diciembre de 2017] Disponible en: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/12919/1/plaguicidas.pdf>

**ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN.** *Guías sobre buenas prácticas para la aplicación terrestre de plaguicidas.* 2002. [Consultado: 12 de diciembre de 2017] Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?id=J3m5tsfVBuAC&pg=PR1&lpg=PR1&dq=GU%C3%8DAS+SOBRE+BUENAS+PR%C3%81CTICAS+PARA+LA+APLICACI%C3%93N+TERRESTRE+DE+PLAGUICIDAS+ORGANIZACI%C3%93N&source=bl&ots=0oToZBrQh7&sig=UpHOyk\\_P9UURiZTQbWT85-oqIFI&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjg](https://books.google.com.ec/books?id=J3m5tsfVBuAC&pg=PR1&lpg=PR1&dq=GU%C3%8DAS+SOBRE+BUENAS+PR%C3%81CTICAS+PARA+LA+APLICACI%C3%93N+TERRESTRE+DE+PLAGUICIDAS+ORGANIZACI%C3%93N&source=bl&ots=0oToZBrQh7&sig=UpHOyk_P9UURiZTQbWT85-oqIFI&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjg)

**SIERRA, J. G.** *Elementos Hidráulicos en los Tractores y Máquinarias Agrícolas.* Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. 2014, pp. 24 - 30

**VALDIVIESO, M. S.** *Manejo agroecológico de suelos:* 2017. [Consulta: 10 de septiembre de 2017] Disponible en: <http://balcon.magap.gob.ec/mag01/magapaldia/libro/Manejo%20Agroecolo%CC%81gico%20Suelos%20MSV.pdf>