



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN APERO  
BIFUNCIONAL DE MOTOCULTOR YTO-DF15L PARA  
EL MAGAP DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO”**

**JONNATHAN LEONARDO CAMACHO VARGAS  
EDWIN ALEXIS VERA MARCATOMA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN  
TIPO: PROPUESTAS TECNOLÓGICAS**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**RIOBAMBA – ECUADOR  
2017**

---

**APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

2016-12-05

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

**JONNATHAN LEONARDO CAMACHO VARGAS**

Titulado:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN APERO BIFUNCIONAL DE  
MOTOCULTOR YTO-DF15L PARA EL MAGAP DE LA PROVINCIA DE  
CHIMBORAZO”**

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

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

---

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

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Edison Marcelo Castillo Cárdenas  
**DIRECTOR**

---

Ing. Carlos Ramiro Cepeda Godoy  
**ASESOR**

---

**APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

2016-12-05

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

**EDWIN ALEXIS VERA MARCATOMA**

Titulado:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN APERO BIFUNCIONAL DE  
MOTOCULTOR YTO-DF15L PARA EL MAGAP DE LA PROVINCIA DE  
CHIMBORAZO”**

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

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

---

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

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Edison Marcelo Castillo Cárdenas  
**DIRECTOR**

---

Ing. Carlos Ramiro Cepeda Godoy  
**ASESOR**

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

## **EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** JONNATHAN LEONARDO CAMACHO VARGAS

**TRABAJO DE TITULACIÓN:** **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN APERO BIFUNCIONAL DE MOTOCULTOR YTO-DF15L PARA EL MAGAP DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO”**

**Fecha de Examinación:** 2017-07-10

### **RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

<b>COMITÉ DE EXAMINACIÓN</b>	<b>APRUEBA</b>	<b>NO APRUEBA</b>	<b>FIRMA</b>
Ing. José Francisco Pérez Fiallos <b>PRESIDENTE TRIB.DEFENSA</b>			
Ing. Edison Marcelo Castillo Cárdenas <b>DIRECTOR</b>			
Ing. Carlos Ramiro Cepeda Godoy <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. José Francisco Pérez Fiallos  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

---

**EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** EDWIN ALEXIS VERA MARCATOMA

**TRABAJO DE TITULACIÓN:** “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN APERO BIFUNCIONAL DE MOTOCULTOR YTO-DF15L PARA EL MAGAP DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO”

**Fecha de Examinación:** 2017-07-10

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

<b>COMITÉ DE EXAMINACIÓN</b>	<b>APRUEBA</b>	<b>NO APRUEBA</b>	<b>FIRMA</b>
Ing. José Francisco Pérez Fiallos <b>PRESIDENTE TRIB.DEFENSA</b>			
Ing. Edison Marcelo Castillo Cárdenas <b>DIRECTOR</b>			
Ing. Carlos Ramiro Cepeda Godoy <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. José Francisco Pérez Fiallos  
**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.

---

**Jonnathan Leonardo Camacho  
Vargas**

---

**Edwin Alexis Vera Marcatoma**

## **DECLARACION DE AUTENTICIDAD**

Nosotros, Jonnathan Leonardo Camacho Vargas y Edwin Alexis Vera Marcatoma, 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.

---

**Jonnathan Leonardo Camacho  
Vargas**

Cedula de Identidad: 020233674-9

---

**Edwin Alexis Vera Marcatoma**

Cedula de Identidad: 060406723-1

## **DEDICATORIA**

Dedico este logro obtenido primeramente a Dios por haberme brindado la sabiduría, fortaleza y perseverancia para poder alcanzar esta anhelada meta.

A mi familia como es mi Padre Marcos Camacho que me supo apoyar moralmente y económicamente a lo largo de mi preparación académica, a mi Madre Martha Vargas que fue mi pilar fundamental para poder alcanzar mis propósitos ya que son su sabiduría me enseñó a valorar el sacrificio que ellos hacían para poder darme una buena educación, a mis hermanos Jimmy y Jefferson que me supieron dar fuerzas para no darme por vencido y así alcanzar mis propósitos, a mi preciosa hija Isabella Valentina Camacho Costain quien fue la motivación y alegría que llegó a mi vida.

A mis amigos como es Henry Rodríguez y Edwin Vera que supieron estar conmigo apoyándome cuando más los necesite.

Y finalmente a todos los docentes que me supieron brindar sus conocimientos a lo largo de mi preparación académica, especialmente a los Ingenieros Marcelo Castillo, Ramiro Cepeda y Edwin Pozo que me supieron ayudar para poder conseguir mi tan anhelada meta.

***Jonnathan Leonardo Camacho Vargas***

A mis padres, hermanos, amigos y personas que aportaron a mi formación académica les dedico este trabajo; que involucra a cada uno de manera particular y por los cuales llevo presente.

***Edwin Alexis Vera Marcatoma***

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por haberme permitido alcanzar esta gran anhela meta, a mis padres Marcos y Martha a mis hermanos Jimmy y Jefferson que me supieron brindar su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera, también a mi hija Isabella quien fue mi motivación final para poder salir adelante y cumplir tan preciada meta.

A la prestigiosa institución Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, especialmente a la Carrera de Ingeniería Automotriz que me supo abrir las puertas hacia el conocimiento y brindarme valores éticos para poder ser un profesional y así apoyar al desarrollo de la sociedad.

Finalmente agradezco a cada docente que estuvieron a lo largo de mi preparación académica por haberme brindado todos sus conocimientos y especialmente a los Ingenieros Marcelo Castillo, Ramiro Cepeda y Edwin Pozo quienes con sus conocimientos hicieron posible este trabajo de titulación.

*Jonnathan Leonardo Camacho Vargas*

A Dios y su amor diario, él me ha enseñado a valorar cada instante.

A mis padres y mis hermanos, que me han acompañarme en cada etapa de mi vida y son el rotundo aporte en el transcurso de mi carrera universitaria; es inefable la forma en que mi madre María Esther Marcatoma es para mí; y por todos y cada uno de los consejos que llevo presente.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, que me ha brindado oportunidades académicas y personales extraordinarias; además de ser el medio donde logre conocer amigos a quienes valoro mucho.

De igual manera a cada docente que de forma incondicional me formaron a nivel académico y personal; por la guía y ayuda brindada por Ing. Marcelo Castillo, Ing. Ramiro Cepeda e Ing. Edwin Pozo durante la realización del presente trabajo.

*Edwin Alexis Vera Marcatoma*

## CONTENIDO

	Pág.
1.	<b>GENERALIDADES</b> .....1
1.1	Antecedentes .....1
1.2	Planteamiento del problema .....2
1.3	Justificación.....2
1.4	Objetivos .....4
1.4.1	<i>Objetivo general</i> .....4
1.4.2	<i>Objetivos específicos</i> .....4
1.5	Metodología .....4
2.	<b>MARCO TEÓRICO</b> .....6
2.1	Motocultor YTO DF-15L.....6
2.2	Preparación del suelo o labranza .....7
2.3	Objetivos principales de la preparación del suelo .....7
2.4	Estado de consistencia del suelo. ....9
2.5	Tipos de preparación de los suelos o labranzas.....9
2.5.1	<i>Labranza primaria</i> .....9
2.5.2	<i>Labranza secundaria</i> .....10
2.5.3	<i>Labranza convencional</i> .....10
2.5.4	<i>Labranza vertical</i> .....10
2.5.5	<i>Labranza reducida</i> .....11
2.5.6	<i>Labranza mínima</i> .....11
2.5.7	<i>Labranza cero o siembra directa</i> .....11
2.6	Efectos de los aperos en el suelo.....11
2.6.1	<i>Mullido</i> .....11
2.6.2	<i>Laminación</i> .....12
2.6.3	<i>Volteo</i> .....12
2.6.4	<i>Nivelación</i> .....12
2.6.5	<i>Localización de agregados y tierra fina</i> .....12
2.7	Aperos de labranza .....13
2.7.1	<i>Subsoladores</i> . ....13
2.7.2	<i>Descompactadores</i> .....13
2.7.3	<i>Arado de vertedera</i> .....14
2.7.4	<i>Arados de disco</i> .....14
2.7.5	<i>Arados de cincel</i> .....15
2.7.6	<i>Cultivadores</i> .....16
2.7.7	<i>Vibrocultivadores</i> .....16
2.7.8	<i>Rastra de púas</i> .....17
2.7.9	<i>Gradas de disco</i> .....17
2.7.10	<i>Gradas rodantes</i> .....18
2.7.11	<i>Rodillo</i> .....18
2.7.12	<i>Surcadora</i> .....19
2.8	Gradas o rastras de discos .....19
2.9	Tipos de gradas. ....21
2.9.1	<i>Rastra o gradas de simple acción</i> .....21
2.9.2	<i>Rastras o gradas de doble acción</i> .....22
2.9.3	<i>Rastras o gradas de discos de tiro excéntrico</i> .....22
2.10	Observaciones .....23
2.11	Regulaciones .....24
2.11.1	<i>Regulación horizontal</i> .....24

2.11.2	<i>Regulación de profundidad</i> .....	24
2.12	Utilización y capacidad de trabajo .....	24
2.13	Surcador .....	25
2.13.1	<i>Características del surcador.</i> .....	25
2.13.2	<i>Tipos de surcadores</i> .....	25
2.13.3	<i>Surcado</i> .....	25
2.14	Teorías de diseño.....	26
2.14.1	<i>Concepto de diseño</i> .....	26
2.14.2	<i>Metodologías de diseño.</i> .....	27
2.15	Modelo descriptivo del diseño .....	29
2.16	Modelos prescriptivos. ....	30
2.17	Modelos cognitivos. ....	31
2.18	Modelos computacionales. ....	32
2.19	Diseño conceptual. ....	32
2.20	Proceso de manufactura .....	33
2.20.1	<i>Definición</i> .....	33
2.21	Fundición. ....	34
2.21.1	<i>Procesos de fundición.</i> .....	34
2.21.2	<i>Método de Fundición</i> .....	34
2.21.3	<i>Moldeo en arena</i> .....	35
2.21.4	<i>Fundición aleada.</i> .....	36
2.21.5	<i>Efectos de los elementos de aleación en las fundiciones.</i> .....	36
2.22	Tratamientos termoquímicos de los metales .....	37
2.22.1	<i>Definición.</i> .....	37
2.22.2	<i>Cementación.</i> .....	37
3.	<b>DISEÑO</b> .....	38
3.1	Consideraciones básicas para la selección de la alternativa de diseño.....	38
3.2	Necesidad del implemento agrícola .....	38
3.2.1	<i>El tamaño de la amelga.</i> .....	38
3.2.2	<i>Topografía, altitud y condiciones del suelo.</i> .....	39
3.3	Capacidad de la maquinaria e implementos agrícolas.....	39
3.3.1	<i>Capacidad en el campo</i> .....	39
3.3.2	<i>Capacidad de material.</i> .....	39
3.3.3	<i>Capacidad de rendimiento total.</i> .....	39
3.4	Potencia de la máquina agrícola.....	40
3.4.1	<i>Potencia al volante.</i> .....	40
3.4.2	<i>Potencia a la toma de fuerza.</i> .....	40
3.4.3	<i>Potencia a la barra de tiro.</i> .....	40
3.5	Resistencia al rodamiento .....	40
3.5.1	<i>Resistencia del suelo.</i> .....	41
3.5.2	<i>Reducción de potencia por área y consideraciones de trabajo del motocultor</i> .....	41
3.5.2.1	<i>Topografía de Chimborazo.</i> .....	42
3.5.2.2	<i>Perdidas mecánicas.</i> .....	42
3.6	Geometría A.....	42
3.6.1	<i>Requerimientos de potencia para la geometría A</i> .....	43
3.7	Geometría B .....	44
3.7.1	<i>Requerimientos de potencia para la geometría B</i> .....	44
3.8	Elección de la alternativa. ....	45
3.9	Estudio ANSYS .....	46
3.9.1	<i>Propiedades mecánicas.</i> .....	46
3.9.2	<i>Fuerzas aplicadas al labrar</i> .....	49
3.9.3	<i>Simulación del apero bifuncional</i> .....	51
3.9.3.1	<i>Modelo geométrico.</i> .....	51
3.9.3.2	<i>Análisis de mallado</i> .....	53

3.9.4	<i>Simulación de cargas</i> .....	53
4.	<b>NORMAS</b> .....	59
4.1	Consideraciones ISO .....	59
4.2	Principales normas relativas a la seguridad de las herramientas agrícolas .....	59
4.3	Fracaso sistemático en el diseño .....	60
4.3.1	<i>Generalidades</i> .....	61
4.3.2	<i>Procedimiento para el control de fallas sistemáticas</i> .....	61
4.3.3	<i>Procedimiento para evitar fallas sistemáticas</i> .....	62
4.4	Evaluación del riesgo .....	65
4.5	Reducción del riesgo mediante información de uso .....	66
4.6	Nivel de verificación del diseño .....	68
4.7	Consideraciones INEN .....	68
4.7.1	<i>Alcance de la INEN 5718</i> .....	68
5.	<b>MANUFACTURA</b> .....	69
5.1	Planos .....	69
5.2	Procedimientos tecnológicos .....	70
5.2.1	<i>Alternativas para fabricar discos de los cuerpos de rastra</i> .....	70
5.2.2	<i>Alternativas para fabricar punta de surcador</i> .....	70
5.3	Evaluación de alternativas para manufactura de los discos fundidos .....	70
5.3.1	<i>Importación de discos seleccionados al prototipo</i> .....	70
5.3.2	<i>Obtención de los discos mediante embutición de planchas</i> .....	71
5.3.3	<i>Fundición de los discos</i> .....	71
5.3.4	<i>Mecanización de discos</i> .....	71
5.3.5	<i>Corte de discos comerciales en el mercado nacional</i> .....	71
5.3.5.1	<i>Corte mediante plasma</i> .....	72
5.3.5.2	<i>Corte mediante chorro de agua</i> .....	72
5.4	Evaluación de alternativas para manufactura de punta de surcador .....	72
5.4.1	<i>Fabricación mediante PLANCHA ANTIDESGASTE CHRONIT</i> .....	72
5.4.2	<i>Fabricación mediante material SAE 1045 y posterior tratamiento termoquímico</i> ...	73
5.4.2.1	<i>Composición química SAE 1045</i> .....	74
5.5	Manufactura de la elección en la construcción de discos de rastra .....	74
5.6	Manufactura de la elección en la construcción de punta de surcador .....	78
6.	<b>ENSAYOS Y MANUALES</b> .....	81
6.1	Ensayos de validación .....	81
6.1.1	<i>Pruebas de materiales</i> .....	81
6.1.1.1	<i>Prueba de metalografía</i> .....	81
6.1.1.2	<i>Prueba de espectrometría de plasma de corriente continua (DCP)</i> .....	81
6.1.1.3	<i>Ensayo de dureza Rockwell</i> .....	82
6.2	Procedimiento de ensayos de materiales .....	82
6.3	Resultados .....	84
6.3.1	<i>Prueba de metalografía</i> .....	84
6.3.2	<i>Prueba de espectrometría de plasma de corriente continua (DCP)</i> .....	86
6.3.2.1	<i>Reporte espectrometría discos fundidos</i> .....	87
6.3.2.2	<i>Reporte espectrometría punta de surcador</i> .....	87
6.3.3	<i>Ensayo de dureza Rockwell C</i> .....	88
6.4	Efectos de los elementos de aleación de acero .....	88
6.5	Capacidades de trabajo y rendimiento .....	89
6.5.1	<i>La capacidad de trabajo teórica St</i> .....	89
6.5.1.1	<i>Cálculo de la capacidad de trabajo teórica y tiempo eficaz del apero bifuncional</i> ...	91
6.5.2	<i>La capacidad de trabajo efectiva Se</i> .....	92

6.5.2.1	<i>Cálculo de la capacidad de trabajo efectiva y tiempo efectivo de operación del apero bifuncional.</i>	93
6.5.2.2	<i>Cálculo de la capacidad de trabajo teórica, tiempo eficaz, capacidad de trabajo efectiva y tiempo efectivo de operación del apero bifuncional con datos de prueba de campo.</i>	94
6.6	Manual de operación y mantenimiento	95
6.6.1	<i>Manual de operación</i>	95
6.6.2	<i>Ajustes de operación del Apero Bifuncional.</i>	95
6.6.2.1	<i>Ajuste del Bastidor.</i>	95
6.6.2.2	<i>Método de ajuste</i>	96
6.6.2.3	<i>Ajuste de los cuerpos de rastra.</i>	96
6.6.2.4	<i>Método de ajuste.</i>	96
6.6.3	<i>Ajuste de surcador.</i>	96
6.6.3.1	<i>Método de ajuste.</i>	96
6.6.4	<i>Recomendaciones de operación.</i>	97
6.7	Manual de mantenimiento	97
6.7.1	<i>Mantenimiento en el cuerpo de rastra.</i>	97
6.7.2	<i>Mantenimiento de surcador.</i>	97
7.	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	98
7.1	Conclusiones	98
7.2	Recomendaciones	99

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>TABLA 1-2:</b> ESPECIFICACIONES BÁSICAS DE MOTOCULTOR YTO DF15L .....	7
<b>TABLA 2-2:</b> CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS GRADAS DE DISCOS .....	21
<b>TABLA 3-2:</b> HISTORIA DEL DISEÑO .....	28
<b>TABLA 1-3:</b> TABLA DE TEXTURAS DEL SUELO .....	41
<b>TABLA 2-3:</b> POTENCIA PÉRDIDA EN EL MOTOCULTOR YTO DF15L .....	42
<b>TABLA 3-3:</b> PROPIEDADES MECÁNICAS AISI/SAE 1045 .....	46
<b>TABLA 4-3:</b> EQUIVALENCIAS ENTRE DUREZAS .....	48
<b>TABLA 5-3:</b> CARGAS APLICADAS EN PROTOTIPO .....	51
<b>TABLA 6-3:</b> ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL APERO BIFUNCIONAL .....	52
<b>TABLA 7-3:</b> DEFORMACIONES DEL BASTIDOR, DISCO DENTADO Y PUNTA DE SURCADOR EN LAS COORDENADAS (X, Y, Z) .....	57
<b>TABLA 1-4:</b> DESCRIPCIÓN DE LOS RIESGOS.....	66
<b>TABLA 2-4:</b> EXPOSICIÓN AL EVENTO PELIGROSO .....	66
<b>TABLA 3-4:</b> EVITAR POSIBLES DAÑOS .....	66
<b>TABLA 1-5:</b> DENOMINACIÓN Y CODIFICACIÓN DE LOS PLANOS DEL APERO BIFUNCIONAL.....	69
<b>TABLA 2-5:</b> COMPOSICIÓN QUÍMICA CHRONIT .....	73
<b>TABLA 3-5:</b> COMPOSICIÓN QUÍMICA SAE 1045 .....	74
<b>TABLA 1-6:</b> RESULTADOS METALOGRAFICOS PUNTA DEL SURCADOR.....	84
<b>TABLA 2-6:</b> RESULTADOS METALOGRAFICOS DISCOS FUNDIDOS .....	85
<b>TABLA 3-6:</b> RESULTADOS ENSAYO DUREZA DISCOS FUNDIDOS .....	88
<b>TABLA 4-6:</b> RESULTADOS ENSAYO DUREZA PUNTA DE SURCADOR.....	88
<b>TABLA 5-6:</b> EFECTO DE LOS ELEMENTOS EN ALEACIONES .....	88
<b>TABLA 6-6:</b> VELOCIDADES DE TRABAJO TÍPICAS PARA DIVERSAS MÁQUINAS.....	90
<b>TABLA 7-6:</b> CAPACIDAD DE TRABAJO TEÓRICA APERO BIFUNCIONAL .....	92
<b>TABLA 8-6:</b> TIEMPO EFICAZ APERO BIFUNCIONAL.....	92
<b>TABLA 9-6:</b> VALORES DE RENDIMIENTO EFECTIVO .....	93
<b>TABLA 10-6:</b> CAPACIDAD DE TRABAJO EFECTIVO .....	94
<b>TABLA 11-6:</b> TIEMPO EFECTIVO DE OPERACIÓN .....	94
<b>TABLA 12-6:</b> MUESTRA DE TIEMPOS EN CAMPO .....	94
<b>TABLA 13-6:</b> VELOCIDADES PRUEBA CAMPO .....	95
<b>TABLA 14-6:</b> RESULTADOS CAPACIDADES Y RENDIMIENTOS PRUEBAS DE CAMPO .....	95

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>FIGURA 1-2:</b> MOTOCULTOR YTO DF15L.....	6
<b>FIGURA 2-2:</b> SUBSOLADOR EN V SVR.....	13
<b>FIGURA 3-2:</b> DESCOMPACTADORES UNA FILA.....	14
<b>FIGURA 4-2:</b> ARADO DE VERTEDERA DE SURCO .....	14
<b>FIGURA 5-2:</b> ARADO DE DISCOS .....	15
<b>FIGURA 6-2:</b> ARADO CINCELES TRES PUNTOS.....	15
<b>FIGURA 7-2:</b> CULTIVADOR DE MUELLES .....	16
<b>FIGURO 8-2:</b> VIBROCULTIVADOR.....	16
<b>FIGURA 9-2:</b> RASTRA DE PÚAS.....	17
<b>FIGURA 10-2:</b> RASTRA DE DISCO EN V.....	18
<b>FIGURA 11-2:</b> GRADAS ROTATIVAS AGRÍCOLAS .....	18
<b>FIGURA 12-2:</b> RODILLO MODELO XL .....	19
<b>FIGURA 13-2:</b> SURCADORA MTC.....	19
<b>FIGURA 14-2:</b> GRADAS DE DISCO DE TIPO EXCÉNTRICO O “COVER CROP” .....	23
<b>FIGURA 15-2:</b> MODELO DESCRIPTIVO LINEAL DEL DISEÑO .....	29
<b>FIGURA 16-2:</b> GENERACIÓN DE CONCEPTOS MODELO PRESCRIPTIVO.....	31
<b>FIGURA 17-2:</b> ETAPAS DEL DISEÑO CONCEPTUAL .....	32
<b>FIGURA 18-2:</b> ESQUEMA PROCESO DE MANUFACTURA.....	33
<b>FIGURA 1-3:</b> GEOMETRÍA A.....	43
<b>FIGURA 2-3:</b> GEOMETRÍA B .....	44
<b>FIGURA 3-3:</b> DISEÑO CAD GEOMETRÍA ELEGIDA .....	46
<b>FIGURA 4-3:</b> DESPIECE DE APERO BIFUNCIONAL .....	52
<b>FIGURA 5-3:</b> VALOR PROMEDIO Y ELEMENTOS DE MALLADO DEL APERO BIFUNCIONAL.....	53
<b>FIGURA 6-3:</b> APLICACIÓN DE CARGAS DEL APERO BIFUNCIONAL.....	53
<b>FIGURA 7-3.</b> DEFORMACIÓN TOTAL DEL APERO BIFUNCIONAL. ....	54
<b>FIGURA 8-3.</b> ANÁLISIS DE ESFUERZO VON MISES DEL DISCO DENTADO “D” .....	54
<b>FIGURA 9-3.</b> FACTOR DE SEGURIDAD DEL DISCO DENTADO “D” .....	55
<b>FIGURA 10-3.</b> ANÁLISIS DE ESFUERZO VON MISES DE LA PUNTA DE SURCADOR.....	55
<b>FIGURA 11-3.</b> FACTOR DE SEGURIDAD DE LA PUNTA DE SURCADOR .....	56
<b>FIGURA 12-3.</b> ANÁLISIS DE ESFUERZOS VON MISES DEL BASTIDOR. ....	56
<b>FIGURA 13-3.</b> FACTOR DE SEGURIDAD DEL BASTIDOR.....	57
<b>FIGURA 14-3.</b> DEFORMACIÓN DEL DISCO DENTADO “D” .....	58

<b>FIGURA 15-3. DEFORMACIÓN DE LA PUNTA DE SURCADOR .....</b>	<b>58</b>
<b>FIGURA 16-3. DEFORMACIÓN DEL BASTIDOR .....</b>	<b>58</b>
<b>FIGURA 1-4: ANÁLISIS DISEÑO SEGÚN ISO 25119.....</b>	<b>60</b>
<b>FIGURA 2-4: EVALUACIÓN DE RIESGOS SEGÚN LA NORMA ISO 14121 .....</b>	<b>67</b>
<b>FIGURA 1-5: DISCO DE ARADO 21” PREVIO MOLDE .....</b>	<b>75</b>
<b>FIGURA 2-5: RECUBRIMIENTO ARCILLA DISCO ARADO 21” .....</b>	<b>75</b>
<b>FIGURA 3-5: PARTE INFERIOR DE CAJA DE MOLDE EN ARENA PARA DISCO DE ALUMINIO. ....</b>	<b>76</b>
<b>FIGURA 4-5: PARTE SUPERIOR DE CAJA DE MOLDE EN ARENA PARA DISCO DE ALUMINIO.....</b>	<b>76</b>
<b>FIGURA 5-5: MOLDE DE ALUMINIO DE 21” PREVIO MECANIZADO .....</b>	<b>76</b>
<b>FIGURA 6-5: MATRIZ DE ALUMINIO MECANIZADO A ESPECIFICACIONES DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA .....</b>	<b>77</b>
<b>FIGURA 7-5: DISCOS FUNDIDOS DE 14” .....</b>	<b>77</b>
<b>FIGURA 8-5: DISCO DE RASTRA TERMINADO .....</b>	<b>78</b>
<b>FIGURA 9-5: FABRICACIÓN DEL CUERPO SURCADOR.....</b>	<b>78</b>
<b>FIGURA 10-5: CUERPO DEL SURCADOR.....</b>	<b>79</b>
<b>FIGURA 11-5: ALETAS DE SURCADOR.....</b>	<b>79</b>
<b>FIGURA 12-5: DOBLADO DE ALETAS SURCADOR .....</b>	<b>79</b>
<b>FIGURA 13-5: SURCADOR CON PUNTA CEMENTADA.....</b>	<b>80</b>
<b>FIGURA 1-6: DISCO DE RASTRA PARA PRUEBAS .....</b>	<b>82</b>
<b>FIGURA 2-6: PREPARACIÓN DE PROBETAS PARA ENSAYO ESPECTROMETRÍA Y METALOGRAFÍA (DISCOS) .....</b>	<b>83</b>
<b>FIGURA 3-6: PROBETA ENSAYO DUREZA (DISCOS).....</b>	<b>83</b>
<b>FIGURA 4-6: PREPARACIÓN DE PROBETA PARA ENSAYOS DE ESPECTROMETRÍA, METALOGRAFÍA Y DUREZA (PUNTA SURCADOR) .....</b>	<b>83</b>
<b>FIGURA 5-6: MARTENSITA 100X.....</b>	<b>84</b>
<b>FIGURA 6-6: MARTENSITA 200X.....</b>	<b>84</b>
<b>FIGURA 7-6: MARTENSITA 500X.....</b>	<b>85</b>
<b>FIGURA 8-6: PERLITA + CEMENTITA A 100X.....</b>	<b>85</b>
<b>FIGURA 9-6: PERLITA + CEMENTITA A 200X.....</b>	<b>86</b>
<b>FIGURA 10-6: PERLITA + CEMENTITA A 500X.....</b>	<b>86</b>
<b>FIGURA 11-6: REPORTE ESPECTROMETRÍA DISCOS FUNDIDOS .....</b>	<b>87</b>
<b>FIGURA 12-6: REPORTE ESPECTROMETRÍA PUNTA DE SURCADOR.....</b>	<b>87</b>
<b>FIGURA 13-6: ANCHURA Y VELOCIDAD DE TRABAJO.....</b>	<b>91</b>

## LISTA DE ABREVIACIONES

ADC	Convertidor analógico-digital
AgPL	Nivel de rendimiento agropecuario
AgPLr	Requiere un nivel de rendimiento agrícola
CAD	Diseño asistido por ordenador
Cat	Hardware categoría
CCF	Fallo causa común
CRC	Comprobación de redundancia cíclica
DC	Cobertura diagnóstica
DCavg	Cobertura de diagnóstico media de
ECU	Unidad de control electrónico
ETA	Análisis del árbol de eventos
E / E / PES	Sistemas eléctricos / electrónicos / electrónicos programables
EMC	Compatibilidad electromagnética
EUC	Equipos bajo control
FMEA	Modo de falla y análisis de efectos
FMECA	Efectos del modo de fallo y análisis de criticidad
EPROM	Memoria de lectura programable borrable
FSM	Gestión de la seguridad funcional
FTA	Análisis del árbol de fallas
HAZOP	Estudio de riesgo y operabilidad
HIL	Hardware en el bucle
MTTF	Tiempo medio hasta el fracaso

MTTFd	Tiempo medio para un fallo peligroso
MTTFdC	Tiempo medio para un fallo peligroso para cada canal
PES	Sistema electrónico programable
QM	Medidas de calidad
RAM	Memoria de acceso aleatorio
SOP	Inicio de la producción
SRL	Nivel de requerimiento de software de
SRP	Piezas de seguridad
SRP / CS	Partes relacionadas con la seguridad de los sistemas de control
SRS	Sistema de seguridad

## **LISTA DE ANEXOS**

- A.** ESPECIFICACIONES TÉCNICAS COMUNES MOTOCULTOR Y TO
- B.** TRACTORS AND MACHINERY FOR AGRICULTURE AND FORESTRY-  
SAFETY REALTED PARTS OF CONTROL SYSTEMS. PART 1-2-3 Y 4 (2010)

## RESUMEN

En el presente trabajo de titulación tiene como objetivo realizar el diseño y construcción de un apero bifuncional para la labranza del suelo en amelgas, que será utilizado en un motocultor YTO DF-15L, dicho apero permite optimizar tiempo y recursos al momento de preparar el suelo, utilizando material bibliográfico se evalúa las posibilidades de diseño tomando en cuenta los parámetros que debe cumplir, como son las necesidad y capacidad del implemento agrícola además el consumo de potencia y las resistencias de rodamiento a las más adversar exigencias topográficas de la provincia de Chimborazo, todos los elementos fueron dibujados en un software CAD (Solidworks) para el dimensionamiento y el análisis se realiza en un software CAE (Ansys Workbench) tomando en cuenta la energía consumida a labrar bajo condiciones de suelo específico de la provincia de Chimborazo, profundidad de labor y las propiedades mecánicas de los materiales para conocer los esfuerzos de Von Mises, deformación total y factores de seguridad que validen nuestro prototipo. Al realizar las pruebas de campo laboral se observa que la geometría elegida bajo los criterios de diseño expuestos en el trabajo de titulación, cumple todos los requerimientos de laboreo como es generar una buena ruptura y volteo de la tierra. Este proyecto tiene como finalidad construir un prototipo de apero de labranza que está conformado por dos cuerpos de rastra y un surcador que pueden trabajar de forma conjunta como de forma individual, para lo cual se recomienda realizar un estudio de validación del prototipo.

**PALABRAS CLAVE:** < MOTOCULTOR (MAQUINARIA AGRÍCOLA) >, < APERO BIFUNCIONAL >, < LABRANZA DE SUELO >, < RASTRA DE DISCOS >, < SURCADOR >, < CAPACIDAD DE TRABAJO >, < POTENCIA >, < TOPOGRAFÍA >, < MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS >

## **ABSTRACT**

In the present work of titling the objective is to design and build a bifunctional implement for soil tillage in furrows, which will be used in a YTO DF-15L cultivator, this tool allows to optimize time and resources at the time of preparing the soil, using bibliographical material evaluates the design possibilities taking into account the parameters that must meet, such as the needs of the agricultural implement in addition to power consumption and bearing resistance to the most adverse topographical requirements of Chimborazo Province, all elements were drawn in a CAE software (Solidworks) for the sizing and the analysis is performed in a CAE software (Ansys workbench) taking into account the energy consumed to work under specific soil condition of Chimborazo Province, depth of work and mechanical properties of the material to know the efforts of Von Mises, total deformation and safety factors that validate our prototype. When performing the labor field tests it is observed that the geometry chosen under the design criteria set forth in the titration work, meets all the tillage requirements as it is to generate a good rupture and turning of the soil. The purpose of this project is to construct a tillage farm purpose that is made up of two dump bodies dredge and a trencher that can work together as an individual, for which it is recommended to carry out a validation study of the prototype.

**KEYWORDS:** < MOTORCYCLING >, < BIFUNCTIONAL APPEARANCE >, < SOIL TILLAGE >, < TRAILER >, < SURFER >, < WORKING CAPACITY >, < POWER >, < TOPOGRAPHY >, < MACHINES AND TOOLS >

# CAPÍTULO I

## 1. GENERALIDADES

### 1.1 Antecedentes

La actividad agrícola ha sido la base de la oferta exportable ecuatoriana por más de dos siglos; por lo mismo las tendencias mundiales entorno a la agricultura tienen relación directa con el desempeño económico y el bienestar de la población vinculada a ella. Estas tendencias definen el marco de acción, restricciones y potencialidades para la producción agropecuaria y sus productores. (MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA, ACUACULTURA Y PESCA, 2016 pág. 35)

Tradicionalmente, la producción agrícola sustentó la estructura productiva: exportable en la Costa (cacao, banano, café), y para el consumo interno en la Sierra (granos, legumbres y frutas). A partir de 1973 el País perdió su condición de “predominantemente agrícola” y, en su lugar, paso a combinar la explotación petrolera con la agropecuaria, especialización económica que se mantiene. (MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA, ACUACULTURA Y PESCA, 2016 pág. 35)

No obstante, entre 1986 y 1998, volvió a una especialización con énfasis en la producción agropecuaria exportable. En esos años se dinamizaron y diversificaron las exportaciones agropecuarias de productos tradicionales y no tradicionales, superando significativamente a las exportaciones petroleras. Esta dinámica fue transitoria, pues desde 1999 el modelo de economía con predominio petrolero recobro su preponderancia. (MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA, ACUACULTURA Y PESCA, 2016 pág. 35)

Los métodos de cultivo en Chimborazo son convencionales y tradicionales con labranza mecanizada en algunas áreas y utilización de maquinaria agrícola para la preparación del suelo. Existen herramientas como trillas, motocultores, etc. que si bien simplifican el trabajo de los agricultores todavía son rudimentarias en comparación con el avance tecnológico de otros países. (MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA, ACUACULTURA Y PESCA, 2016 págs. 111-112)

Considerando que la mecanización agrícola es incipiente en nuestro país, se están desarrollando estrategias por parte del Gobierno Nacional, colocando en la Sierra Central 45 centros de mecanización, así mismo se ha entregado maquinarias del Banco Nacional de Fomento a las asociaciones y se pretende seguir incrementando el número de estos centros a nivel nacional, otro punto importante es la asistencia técnica y capacitaciones que se están brindando a los administradores y operadores de dichos centros. La capacitación a los agricultores se la está realizando a través de las direcciones provinciales agrícolas. (LA MECANIZACIÓN AGRÍCOLA EN EL DESARROLLO DE LOS CAMPOS, 2015 pág. 13)

Algunas asociaciones en el País han sido beneficiadas con la entrega gratuita de maquinarias por parte del gobierno nacional, recibiendo a través de las direcciones provinciales motocultores, trilladoras y tractores. (LA MECANIZACIÓN AGRÍCOLA EN EL DESARROLLO DE LOS CAMPOS, 2015 pág. 13)

## **1.2 Planteamiento del problema**

El apero es uno de los implementos fundamentales e indispensables para la agricultura, que nos permite mejorar la producción agrícola, lo cual se ha ido ganando espacio desde que se realizó la mecanización de las herramientas para reducir la mano de obra que ha ido generando problemática en lo logístico y administrativo.

Al limitarse, con un apero que realiza trabajos independientes se generan pérdidas de tiempo de producción al realizar el respectivo cambio de las herramientas de preparación de tierra, dicho procedimiento genera un riesgo de aplastamiento en la amelga. Generándole pérdidas al agricultor.

Para lograr satisfacer la demanda de alimentos se busca establecer medios tecnológicos que incrementen el rendimiento por producción de suelo cultivable, por ello la construcción del apero bifuncional disminuirá estas pérdidas de rendimiento en el tiempo efectivo o eficaz dependiendo de nuestro medio a trabajar; siendo un aporte a la inmensa demanda que solicita diariamente la agricultura.

## **1.3 Justificación**

Chimborazo ocupa el primer lugar de la región con 471 mil hectáreas de tierra utilizada con uso agropecuario, lo cual equivale al 30% del total de la región 3 y el 4% del total del país.

En relación con la estructura de las unidades productivas agropecuarias (upa), el 97% de las fincas en la provincia pertenecen a pequeños productores (63.934 upa), y ocupan el 42% de la superficie con uso agropecuario (196192 ha), debido a la gran atomización de productores en unidades productivas fuertemente fragmentadas menores a 20 hectáreas.

En general, en el sector agrícola de los países en desarrollo, predominan las fincas de pequeña dimensión; muchas de ellas tienen menos de 2 hectáreas, consisten en campos o parcelas dispersos. Las estrategias de desarrollo tienen que centrarse fuertemente en vencer los problemas de esos pequeños agricultores.

La demanda de mano de obra, varía durante el cultivo. Es necesario mayor número de obreros durante la labranza y la cosecha, que durante otros períodos del crecimiento de las plantas. Esta fluctuación en la mano de obra, crea problemas logísticos desde el punto de vista de la administración y programación del trabajo. Con la mecanización es posible reducir la demanda laboral y mantener una fuerza laboral estable.

Por ello, las disímiles operaciones mecanizadas que demanda un cultivo en particular y, su respectiva secuencia debe considerar invariablemente las condiciones hidrometeorológicas, el suelo y el mismo desarrollo de la planta, porque esas condiciones implican variadas características de máquinas y equipos, lo cual redundará en la optimización del recurso máquina, tiempo y costos, facilitado por la adecuada selección, planificación, programación y mantenimiento.

El laboreo de conservación requiere el diseño de herramientas de labranza que cumplan criterios de calidad de la labor, resistencia al desgaste y reducción del consumo energético (debido fundamentalmente a la adherencia suelo/herramienta).

El MAGAP de la provincia de Chimborazo adquirió un gran número de motocultores para el desarrollo agrícola de las comunidades rurales; pero dichos motocultores de origen chino carecen de herramientas para realizar la respectiva preparación del suelo para la producción. Es por ello, que se hace necesario el disponer de aperos diferentes a los que se puede observar actualmente en nuestro medio diario, por lo cual el MAGAP observa estas necesidades y aprecia proyectos que apuntan al incremento de producción por hectárea.

En concreto, mediante la realización del proyecto permite mejorar la eficiencia en la producción agrícola, ya que ayudará a reducir los costos de producción, esto al disminuir el tiempo de trabajo por hectárea, además de aumentar el número de días disponibles y por tanto trabajar en

condiciones óptimas del suelo, por ultimo disminuir la compactación del suelo como consecuencia al disminuir el número de pasadas del tractor, comparativamente con la realización de las mismas labores llevadas a cabo con aperos independientes. Lo cual beneficia al agricultor y al desarrollo de la matriz productiva.

## **1.4       Objetivos**

### **1.4.1      *Objetivo general***

Diseñar y construir un apero bifuncional de motocultor YTO-DF15L para el MAGAP de la provincia de Chimborazo.

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

- Revisar material bibliográfico respecto a los aperos agrícolas adquiriendo información acorde a las necesidades del proyecto para poder fundamentar los mismos en el desarrollo de la propuesta tecnológica.
- Analizar normas de construcción, diseño y seguridad respecto a maquinaria agrícola mediante una investigación en los organismos de estandarización en dichos criterios para generar un diseño ergonómico.
- Diseñar el apero bifuncional mediante software CAD - CAE para determinar las mejores alternativas de materiales y geometría.
- Construir el apero bifuncional mediante tecnologías de manufactura para plasmar el diseño en un elemento físico.
- Evaluar el funcionamiento del apero mediante ensayos de campo para validar el diseño (materiales y geometría) y funcionalidad.

## **1.5       Metodología**

En el presente proyecto se utilizara una metodología bibliografía, ya que aplicando un análisis documental permite especificar los parámetros de diseño estipulados en los diferentes manuales técnicos de aperos, también se revisara estudios científicos realizados al desgaste de los aperos ejercidos por el tipo de suelo en el que están trabajando.

Mediante el método de proyectos especiales se utilizara un software CAD para realizar un diseño en forma virtual permitiendo obtener la geometría según las características y especificaciones adecuadas de funcionamiento; para la simulación se utilizara un software CAE donde se realizara pruebas de funcionamiento aproximadas a la realidad, mediante estos dos tipos de software podemos obtener datos que ayudaran a interpretar los tipos de esfuerzos a los que va a estar sometido el apero bifuncional.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Motocultor YTO DF-15L

El motocultor DF-15 ha sido diseñado con una construcción simple, compacta, ligera y confiable, que permite un prolongado tiempo de servicio, fácil operación a campo traviesa. (YTO, 2017 pág. 05)

El DF-15 es adecuado para el uso en campos lodosos y secos, para la horticultura, jardinería aun en terrenos con colinas de pendientes moderadas. Puede ser usado para el barbecho, rotocultivo, así como para cosechar, hacer canales, transportación, etc. si se le acondiciona con los implementos adecuados. En adición, el motocultor puede ser extensivamente utilizado como una fuente estacionaria de potencia para drenaje a pequeña escala, irrigación, bombeo, molienda de granos y forrajes, impulsar elevadores de granos de bandas o de gusano, etc. (YTO, 2017 pág. 05)

Además cuenta con un asiento integrado en el motocultivador para dar una conducción más confortable al operador en el proceso de rotocultivo. (YTO, 2017 pág. 05)



**Figura 1-2:** Motocultor YTO DF15L

**Fuente:** (Changzhou Dongfeng Agricultural Machinery Group Co., Ltd.)

**Tabla 1-2:** Especificaciones Básicas de Motocultor YTO DF15L

<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS BÁSICAS MOTOCULTOR YTO</b>	
<b>MODELO</b>	<b>DF-15L</b>
Dimensiones generales (L-A-Alt mm)	2680-960-1250
Peso (Kg)	509/499
Tipo de combustible	Diésel
Aceite del motor	3-3,5 litros, aceite SAE 40/30 (invierno)
Transmisión	6,5 litros aceite p/transmisión SAE 90.
Fuerza de tracción	221 kg-f
Potencia de salida (KW/HP)	12/16
Torque máximo (N.m)	257

Fuente: (YTO, 2017 págs. 09-11)

## **2.2 Preparación del suelo o labranza.**

La labranza son todas aquellas actividades que se llevan a cabo directamente al terreno con el propósito de adecuar el suelo para la siembra de las semillas, proporcionando las condiciones óptimas para su germinación, crecimiento, nutrición y producción. (PUERTA POLANCO, 2007 pág. 27)

La preparación de los suelos consiste en voltear, nivelar, soltar y cultivar los suelos. Estas manipulaciones tienen como fin preparar el suelo de manera que facilite el establecimiento y posterior desarrollo de los cultivos. (ACOSTA, y otros, 1982 pág. 06)

## **2.3 Objetivos principales de la preparación del suelo**

1. Añadir materia orgánica al suelo al incorporar la vegetación que los cubre.

La actividad del suelo se mejora en alto grado mediante adiciones de materia orgánica; una vez incorporada en el suelo, la materia orgánica forma capas que ayudan a que el suelo no se deshaga en terrones cuando es arado y preparado para la siembra. (ACOSTA, y otros, 1982 pág. 06)

2. Favorecer la circulación de aire en el suelo.

El agricultor puede gobernar de manera muy somera la composición del aire del suelo; lo consigue principalmente haciendo variar la porosidad, o el espacio aéreo, en particular en las capas superficiales, pues esto determina la velocidad a la cual el anhídrido carbónico producido en la zona radicular se difunde en el aire. (ACOSTA, y otros, 1982 pág. 06)

3. Estimular la actividad microbiana y liberar los nutrientes del suelo.

Los suelos se diferencian de un montón de partículas de rocas inerte en muchos aspectos, pero uno de los más importantes es el de contener una población de microorganismos que desarrollan en ellos sus procesos vitales, derivando su energía de la oxidación de los residuos orgánicos que dejan las plantas o los animales que las utilizan como alimento. (ACOSTA, y otros, 1982 pág. 06)

4. Destruir las malezas y los insectos.

La preparación de los suelos es un arma eficaz para controlar malezas. Las prácticas de nivelar, arar, y rastrillar reducen notablemente los problemas que las malezas causan a los cultivos. En algunos casos se entierran las semillas y se demora su germinación, en otros casos se trae a la superficie material de propagación vegetativa, el cual al ser expuesto a la acción desecante del sol, se destruye. Igualmente sucede con las plagas, ya que al preparar el suelo se destruyen los huevos, larvas, pupas o adultos de ciertas especies de ellas. (ACOSTA, y otros, 1982 págs. 06-07)

5. Obtener una buena cama para la semilla; es decir, proporcionar las condiciones favorables para el establecimiento de las plantas.

- La incorporación y dilución de fertilizantes y otros compuestos para su posterior y lenta liberación.
- El aumento del volumen y la reducción de la densidad de la masa del suelo superficial; con el fin de facilitar la penetración de las raíces y una mejor utilización de los nutrimentos retenidos por las partículas coloidales.
- La facilitación de los medios para que haya una mayor absorción de agua por parte de las raíces y el control del movimiento del agua fuera del alcance de estas. (ACOSTA, y otros, 1982 pág. 07)

## **2.4 Estado de consistencia del suelo.**

El concepto de consistencia del suelo se refiere a la manifestación de un conjunto de fuerzas internas que en él se producen en función del grado de humedad. En la mayor parte de los suelos se distinguen cuatro formas principales de consistencia: (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 pág. 27)

- Sólida. Se caracteriza por tener una gran dureza, consecuencia de las fuertes uniones electroquímicas de las partículas del suelo entre sí, que se producen al descender el contenido de humedad. (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 pág. 28)
- Friable o frágil. El suelo se fragmenta bajo pequeñas cargas sin apenas admitir deformación. El entramado estructural se debilita por la acción de la humedad, cuya cuantía es lo suficientemente baja para que no se formen películas continuas de agua en las zonas de contacto entre partículas que confieran al suelo plasticidad. Es el estado más favorable para la labranza del suelo conocido como tempero. (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 pág. 28)
- Plástica. El estado plástico se caracteriza por admitir deformaciones permanentes bajo la acción de cargas externas. La plasticidad está estrechamente ligada al contenido de arcilla que permite a esta cambiar su forma sin romperse cuando se la somete a un esfuerzo de deformación. (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 pág. 28)
- Líquida. La humedad produce una masa fluida con las partículas de suelo que se orientan y desplazan sin efectuar sobre ellas apenas esfuerzos. Para las labores agrícolas dicho estado carece de interés. (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 pág. 28)

## **2.5 Tipos de preparación de los suelos o labranzas.**

### **2.5.1 *Labranza primaria***

Es aquel sistema en que se realizan todas las labores primarias o iniciales en la preparación de un terreno, como son: el desmonte, el retiro de sepas, raíces, piedras de gran tamaño, troncos, aradas profundas, volteo de terreno, primeras rastrilladas y nivelación del terreno. Esta fase de la preparación del terreno, es en la que se realizan las mayores labores sobre el suelo y tiene como fin, reducir la resistencia del suelo, retirar el material vegetal grande y redistribuir los agregados del suelo. (DONAIRE, 2014 pág. 09)

### **2.5.2**      *Labranza secundaria*

Son el conjunto de labores que se realizan con el propósito de perfeccionar el trabajo de la labranza primaria, destruyendo los terrones grandes, pulir la capa superficial para lograr una adecuada nivelación de la superficie y refinar las condiciones del suelo antes de sembrar; estas actividades se realizan una vez se ha realizado la labranza primaria; la preparación de la cama dependerá del tamaño de las semillas, siendo más fina en las capas superiores para las semillas pequeñas y más grandes y profundas para semillas más grandes. (DONAIRE, 2014 pág. 09)

Los principales implementos que desagregan el suelo según las ranuras naturales son las rastras de dientes, rastras niveladoras, cultivadoras de campo, rodillos de campo; mientras que los implementos de labranza que cortan el suelo son las rastras de discos y las fresadoras. (DONAIRE, 2014 págs. 09-10)

### **2.5.3**      *Labranza convencional*

Es el sistema que deja la superficie del suelo con muy pocos residuos de las plantas, frecuentemente se usa el arado seguido de una labranza secundaria con rastra o cultivadoras para remover el suelo. Es la combinación de las operaciones de labranza primaria y labranza secundaria, tendientes a preparar una adecuada cama para semillas para el establecimiento de un cultivo. (DONAIRE, 2014 pág. 10)

### **2.5.4**      *Labranza vertical*

Afloja el suelo sin invertirlo dejando en la superficie una cobertura protectora de los residuos del cultivo anterior. Los implementos que se utilizan son brazos equipados con puntas, los cuales no causan compactación, es decir, no forman una capa impermeable en el suelo.

Debido a la labranza vertical no invierte el suelo, hay menos descomposición de la materia orgánica y menos pérdida de humedad, muy importante antes de la siembra. La labranza vertical se adapta a un rango amplio de suelos, inclusive los que tienen problemas de drenaje susceptibles a compactación. (DONAIRE, 2014 pág. 11)

### **2.5.5**      *Labranza reducida*

Son los sistemas que en la primera labranza usan arado de cincel o rastra, pero dejan por lo menos el 30% de la superficie del suelo cubierto con los residuos de las plantas o cosechas. (DONAIRE, 2014 pág. 11)

### **2.5.6**      *Labranza mínima*

Es aquel sistema de labores que disminuye el número de pasadas de la maquinaria agrícola, se siembra en hileras el terreno arado sin labranza secundaria, a excepción de la línea en la cual se coloca la semilla y significa la mínima labranza necesaria para producir un cultivo. (DONAIRE, 2014 pág. 12)

### **2.5.7**      *Labranza cero o siembra directa*

Permite sembrar cualquier grano sin remover o labrar el suelo. En él se reemplazan implementos tradicionales de labranza como arados, rastras y cultivadores de diversos tipos, por sembradoras capaces de cortar rastrojos y raíces, dejando la semilla adecuadamente ubicada en el suelo. (DONAIRE, 2014 págs. 12-13)

## **2.6**          **Efectos de los aperos en el suelo**

### **2.6.1**      *Mullido*

Consiste disgregar el suelo creando agregados y tierra fina, para aumentar la penetración de aire y agua en las capas inferiores y facilitar el desarrollo radicular. (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 pág. 28)

- Fisuración. Se manifiestan oblicuamente y delante de la herramienta de trabajo. Esta característica podemos observarla en los arados de vertedera, y aperos de labranza vertical; la humedad constituye un factor importante en la formación de fisuras. (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 pág. 28)
- Corte. Es la fragmentación del suelo en la zona donde opera la herramienta de trabajo. Dicho efecto es característico de los aperos accionados que trabajan con cuchillas, tipo fresadora, si bien la rotura en este caso viene también asociada al impacto; también es característico de los arados de vertedera. (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 pág. 28)

- Impacto. Es la aplicación instantánea de una determinada carga sobre los agregados. Los equipos accionados por la toma de fuerza son los que generan este tipo de rotura del suelo. (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 pág. 29)
- Compresión. Para que se produzca esta rotura es necesario que la humedad sea inferior a la del límite plástico, de lo cual se corre el riesgo de formar una capa compactada que dificulta la emergencia de las plantas. (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 pág. 29)
- Fricción. Se produce cuando los agregados se deslizan entre sí, o bien contra herramientas de trabajo. (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 pág. 29)

### **2.6.2**      *Laminación*

Se produce cuando la herramienta se desplaza sobre el suelo, ejerciendo una acción de compresión sobre él, cuando este se encuentra en estado plástico. (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 pág. 29)

### **2.6.3**      *Volteo*

Es el proceso por el cual se invierten las capas del suelo con el objetivo de entrar la vegetación adventicia, los residuos vegetales y los fertilizantes. (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 pág. 29)

### **2.6.4**      *Nivelación*

Tiene la misión de modificar el relieve del terreno formado por las labores precedentes con objeto de facilitar la correcta localización de semillas por las sembradoras. La nivelación se lleva a cabo desplazando las partículas del suelo sobre su superficie hasta conseguir un relieve homogéneo. (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 pág. 29)

### **2.6.5**      *Localización de agregados y tierra fina*

Consiste en situar las partículas del suelo en función de su grosor sobre el perfil labrado. La localización puede llevarse a cabo de varias maneras según la forma de trabajo del apero. (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 pág. 29)

## 2.7 Aperos de labranza

### 2.7.1 *Subsoladores.*

El subsolado tiene como finalidad acrecentar la porosidad del suelo por debajo de la profundidad de la capa arable; con ello se facilita la penetración de las raíces y se consigue mejorar los rendimientos de las cosechas. La fragmentación del suelo permite una circulación del agua más rápida como consecuencia del aumento de la permeabilidad. (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 págs. 35-36)



**Figura 2-2:** Subsolador en V SVR

Fuente: (SEGUÉS MAQUINARIA AGRÍCOLA)

### 2.7.2 *Descompactadores*

Tiene como objetivo crear fisuras en el suelo, levantándolo ligeramente, lo que provoca un aumento de la porosidad. En el subsuelo rompe las capas compactadas aumentando la presencia de grietas y continuidad de los poros. Mantiene la cobertura vegetal en superficie, por lo cual se le puede considerar como un apero de laboreo de conservación. (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 pág. 37)

En los descompactadores la rotura del suelo se lleva a cabo mediante un conjunto de brazos los cuales pueden estar compuestos por dos tramos rectos formando un ángulo, o bien, cada brazo presenta una curvatura, hacia adelante y lateralmente. Cuando los brazos entran en el suelo se produce el corte según la dirección de avance del apero y la disgregación en sentido perpendicular a la misma. (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 pág. 37)



**Figura 3-2:** Descompactadores una fila

Fuente: (GASCON INTERNATIONAL, 2011)

### 2.7.3 *Arado de vertedera*

Es un implemento de labranza primaria que consisten en una superficie curvada, equipada con filos de corte y que son capaces de roturar e invertir el suelo. Estos implementos, bajo condiciones ideales, producen la mejor incorporación de los residuos de cosecha y una acción de desmenuzamiento superior. Hay diversos tipos de arados de vertedera de acuerdo con los diferentes tipos de suelos que vayan a trabajar. (ACOSTA, y otros, 1982 pág. 07)



**Figura 4-2:** Arado de vertedera de surco

Fuente: (Equipo para procesamiento de cosechas, sistema de alimentación para aves de corral y ganado con base de operaciones en China)

### 2.7.4 *Arados de disco*

Consiste en hojas de discos independientes que giran libremente, e inclinados a un ángulo con relación al suelo. Se diseñaron para trabajar en áreas problemas donde los suelos son en extremo

duros, con contenido de rocas y raíces, y que tienden a pegarse o que son altamente abrasivos. Estos arados no cubren los residuos de cosecha tan bien como los de vertedera. (ACOSTA, y otros, 1982 pág. 07)



**Figura 5-2:** Arado de Discos

**Fuente:** (HERE ALIBABA GLOBAL TRADE STARTS, 2017)

### 2.7.5 *Arados de cincel*

Estos arados están compuestos por un conjunto de cuchillas flexibles, que rompen las capas duras formadas a una mayor profundidad que a las que se llega en una preparación normal de suelos. (ACOSTA, y otros, 1982 pág. 08)



**Figura 6-2:** Arado Cinceles tres Puntos

**Fuente:** (CHALERO)

### 2.7.6 Cultivadores

Los cultivadores son de labranza vertical, están constituidos por una serie de brazos en cuyo extremo llevan unas rejas que pueden ser formadas muy diversas y que en general se pueden montar a distancias variables sobre un bastidor constituido fundamentalmente por 2 o 3 barras transversales o paños. (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 págs. 62-64)



**Figura 7-2:** Cultivador de Muelles

Fuente: (LOSE, 2016)

### 2.7.7 Vibrocultivadores

Estos aperos han adquirido una gran difusión debido a la mejora en la preparación del lecho de siembra. Trabajan a una profundidad máxima de 12 – 15 cm. Están constituidos por un conjunto de brazos flexibles en forma de S de menor tamaño que los de un cultivador, que pueden vibrar tanto en sentido longitudinal como transversal. (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 págs. 64-65)



**Figuro 8-2:** Vibrocultivador

Fuente: (MECALUX, 2017)

### 2.7.8 *Rastra de púas*

Está constituido por un bastidor más o menos rígido provisto de múltiples púas perpendiculares al terreno montadas en módulos. Su misión consiste en desmenuzar la capa superficial del suelo a una profundidad no superior a los 6 – 8 cm. Son utilizados principalmente en la preparación del lecho de siembra, recubrimiento de las semillas tras la siembra, regeneración de prados, distribución uniforme de residuos de cosecha en sistemas de laboreo de conservación y para la destrucción de costras. La velocidad de trabajo puede alcanzar hasta los 12 km/h. (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 págs. 65-67)



**Figura 9-2:** Rastra de Púas

Fuente: (ABEL, 2011)

### 2.7.9 *Gradas de disco*

Está constituido por disco de casquetes esféricos, iguales en forma de los arados del mismo nombre, o cónicos. Van montados en dos o cuatro ejes horizontales. En cada eje los discos se disponen paralelos entre sí girando sobre el libremente cuando se desplazan por el suelo. (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 págs. 67-70)



**Figura 10-2:** Rastra de Disco en V

Fuente: (GASCON INTERNATIONAL, 2011)

### 2.7.10 *Gradas rodantes*

Son gradas constituidas por herramientas rotativas con múltiples puntas afiladas, dispuestas en varios ejes horizontales y que ruedan sobre el terreno al ser arrastradas por el tractor. Se utilizan después de alzar para deshacer los terrones, realizándose muchas veces ambas operaciones al mismo tiempo. (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 págs. 70-71)



**Figura 11-2:** Gradas Rotativas Agrícolas

Fuente: (IMPOR, DELMACHINE, 2017)

### 2.7.11 *Rodillo*

Son aperos con elementos cilíndricos que ruedan libremente sobre un eje transversal a la dirección de marcha, cuya misión es destruir los terrones, uniformar la superficie para la siembra y apelmazar la parte superior del terreno, con objeto de regular la humedad del mismo. (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 págs. 71-74)



**Figura 12-2:** Rodillo Modelo XL

Fuente: (AGRÍCOLA MADIENTE MAQUINARIA, 2017)

### 2.7.12 *Surcadora*

Es un implemento que se emplea para la apertura de surcos en la siembra de cultivos como la papa, caña de azúcar, y hortalizas; pero igualmente puede usarse para surcar drenajes del agua de escorrentía de los lotes de cultivo entre otras. La surcadora generalmente consta de una reja o punta que le da penetración al conjunto y dos alas que desplaza hacia los lados la tierra movida formando el surco. (PUERTA POLANCO, 2007 pág. 116)



**Figura 13-2:** Surcadora MTC

Fuente: (UNIDECO, 2017)

## 2.8 **Gradas o rastras de discos**

Es una herramienta que es usada para preparar la tierra en donde se van a localizar los cultivos. También se usa para cortar malezas indeseadas o residuos de cosechas anteriores. Las gradas de discos se componen de varios discos de hierro o acero los cuales tienen una ligera concavidad y son dispuestos en dos o cuatro secciones. Los discos son también compensados de manera que

no son paralelos a la dirección general de la herramienta, de manera que rebanan el suelo y cortan un poco para optimizar el resultado. La concavidad de los discos así como su compensación le permite a los discos soltar y recoger el suelo que cortan. (FARMINGMACHINE, 2017)

Las gradas de discos realizan las siguientes labores:

- Enterrado del rastrojo al concluir la recolección, con objeto de iniciar su descomposición antes de la labor profunda. (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 pág. 67)
- Desterronado tras la labor primaria, si los terrones son grandes o se encuentran endurecidos. (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 pág. 67)
- Corte y enterrado de malas hierbas, principalmente cuando se encuentran muy desarrolladas y no son controlables por otros aperos, así como en labores de barbecho. (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 pág. 68)
- Desmonte de vegetación arbustiva. (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 pág. 68)

Los discos se caracterizan por:

- Borde del corte: En general suelen ser de borde liso, pudiendo tener un afilado exterior, que es el más usual, o interior en el lado cóncavo, en cuyo caso se encuentra la penetración en suelos duros. Existen discos acanalados o escotados que penetran mejor que los lisos. En terrenos con abundantes raíces y restos vegetales, paja y estiércol y resultan casi indispensables para el corte de las cañas de tallos grueso como el maíz. Muchas veces van situados discos acanalados en los ejes delanteros para conseguir una mejor penetración y troceado de residuos, mientras que en los ejes posteriores se montan discos lisos para obtener una mejor pulverización y nivelación. (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 pág. 68)
- Diámetro y espesor: El diámetro de los discos se detallan en la presente tabla. El espesor de cada disco, expresado en mm, puede estimarse dividiendo su diámetro, expresado en cm, entre 10. Ambas características condicionan el peso de cada uno de ellos, dando lugar a una primera clasificación de las gradas en ligeras, medias y pesadas. (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 pág. 68)

**Tabla 2-2:** Características Técnicas de las Gradadas de Discos

<b>Tipo</b>	<b>Ligera</b>	<b>Media</b>	<b>Pesada</b>
Diámetro del disco (cm)	40-60	55-65	65-100
Peso del apero por disco (kg)	<60	60-80	>80
Peso del apero por metro lineal (kg/m)	<350	350-700	>700
Separación entre discos (cm)	16-23	16-23	23-30
Anchura de trabajo (m)	1,6-3	2-6	2-7
Velocidad de trabajo (km/h)	5-8	5-8	5-8
Potencia necesaria del tractor (kW/m)	15-19	19-22	22-27

Fuente: (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 pág. 68)

La separación entre discos depende de la labor a la que vaya destinada la grada; así, para una labor secundaria después de alzar se emplean discos pequeños o medianos separados de 18 a 20 cm; en cambio, para enterrar residuos vegetales o en terrenos duros, los discos deben ser grandes y la distancia entre los mismos varía entre 25 y 30 cm. (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 pág. 68)

Los ejes van unidos al bastidor a través de dos rodamientos sellados, auto-alineados. Para que no se quede la tierra pegada a los discos, en terrenos adherentes, es necesario que vayan provistos de rasquetas, las cuales pueden llegar a rozar los discos para limpiarlos mejor, pero nunca frenarlos. Con frecuencia estas rasquetas están unidas a una misma barra regulable, de tal modo que todas las de un mismo eje se pueden acercar o separar simultáneamente a sus respectivos discos. (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 pág. 68)

## **2.9 Tipos de gradadas.**

Según la disposición de los ejes en una grada de discos, distinguimos los siguientes tipos:

### **2.9.1 Rastra o gradadas de simple acción**

Las rastras de discos de un solo efecto consisten generalmente de dos grupos. Consiste en un gran conjunto de discos todos juntos, con un eje o flecha común que pasa por sus centros. En la mayor parte de los modelos de los grupos de una rastra de efecto sencillo, se puede variar el ángulo que forman, el cambiar el ángulo ya no ruedan en línea recta hacia delante sino que el eje forma un ángulo con la dirección del movimiento. Cuando los dos grupos se ponen en línea recta forman un ángulo de 180 grados. En la posición de trabajo cada grupo puede variar hasta

26 grados de la línea recta, siendo 20 grados el ángulo óptimo. (ÁLVAREZ, y otros, 2012 pág. 10)

Así mismo los grupos de discos de la rastra de efecto sencillo están dispuestos de tal manera, que el suelo y otros materiales del campo se mueven siempre hacia fuera del centro de la rastra. Para mover el suelo hacia la parte exterior, el disco cóncavo apunta hacia fuera; los extremos interiores (extremos convexos) se mueven hacia atrás para dar el ángulo deseado cubriendo una cantidad considerable de terreno si no se superponen las fajas rastreadas con las anteriores, donde una pasada puede ser suficiente para matar las malezas y facilitar que se seque el suelo. Si se precisa dar un rastreo más completo, se pueden superponer los pases de rastra a la mitad, reduciendo el rendimiento, pero mejorando el rastreo. O también, se puede dar un segundo pase con la maquina en sentido perpendicular o diagonal al primero. (ÁLVAREZ, y otros, 2012 pág. 10)

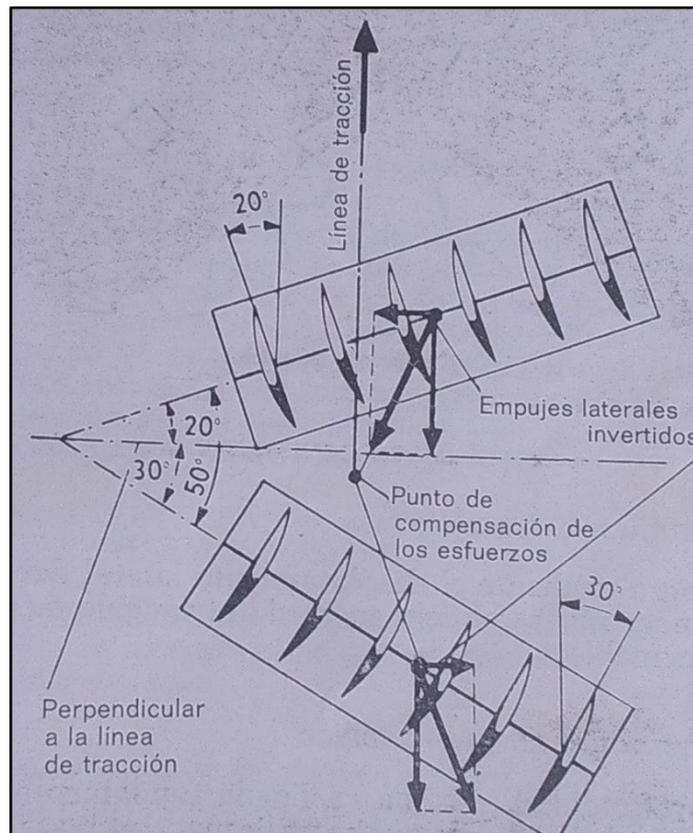
### **2.9.2** *Rastras o gradas de doble acción*

Las rastras de doble acción están compuestas por dos secciones, en las que una sección camina detrás de la otra. También se les llama rastra tándem o de doble efecto, porque la sección trasera vuelve a su lugar los surcos formados por la primera sección. Los discos de la primera sección arrojan el suelo hacia fuera, a la izquierda y a la derecha y los discos de la sección de atrás cortan por la mitad los camellones formados por los discos delanteros y voltean la tierra hacia el centro, un efecto directo e inverso labrando dos veces la tierra. Algunas rastras de discos de dos secciones pueden colocarse formando entre sí un ángulo de 0 a 20 grados, otras se fabrican formando un ángulo fijo. (ÁLVAREZ, y otros, 2012 págs. 10-11)

### **2.9.3** *Rastras o gradas de discos de tiro excéntrico.*

Estos aperos constan de dos trenes o cuerpos, situados uno detrás de otro, por lo que con éstos también la tierra es labrada dos veces. El enganche al tractor se realiza según una línea que pasa por el punto donde fluyen las fuerzas resultantes de cada tren de discos; por lo tanto, se halla desplazado lateralmente, de donde les viene a estos aperos el nombre de excéntricos. En la práctica, esta disposición resulta muy interesante para las labores que han de darse en arboricultura, porque permiten separar el tractor de la fila de árboles. Para lograr un equilibrio perfecto de los empujes laterales de cada tren de discos, es preciso utilizar un ángulo de ataque superior en el elemento de atrás, que trabaja sobre una tierra ya mullida, por lo que el empuje que ocasiona es menor. (CALDERÓN, 1971 págs. 83-85)

Los discos de la grada excéntrica poseen mayor diámetro, oscilando éste desde 560 a 610 mm, para un número total de discos de ocho a treinta. Estos aperos son sensiblemente más pesados que los anteriores, lo cual les permite una utilización más universal; en particular, en muchas circunstancias, pueden sustituir con ventaja a un arado de cohecho. Además, no dejan ninguna banda central sin labrar, como hemos visto hacían las gradas simples o las gradas dobles en “X”. (CALDERÓN, 1971 págs. 83-85)



**Figura 14-2:** Gradas de Disco de Tipo Excéntrico o “Cover Crop”

Fuente: (CALDERÓN, 1971 pág. 85)

## 2.10 Observaciones

Los discos normales de estos aperos diversos son lisos, pero también pueden mostrarse escotados, que permiten desmenuzar mejor los residuos vegetales que se trata de enterrar (pajas, abono verde, etc.). En tal caso, se puede equipar a todo el apero con discos escotados, montarlos solamente en el tren o los dos trenes o ejes delanteros, o incluso alternarlos sobre un mismo eje. (CALDERÓN, 1971 págs. 85-87)

## **2.11 Regulaciones**

### **2.11.1 Regulación horizontal**

Se logra mediante el desplazamiento lateral del punto de enganche que se obtiene merced al triángulo de enganche deformable. (CALDERÓN, 1971 págs. 85-87)

### **2.11.2 Regulación de profundidad**

La profundidad máxima va ligada fundamentalmente al diámetro de los discos que se utilicen. (CALDERÓN, 1971 págs. 85-87)

Para un diámetro de disco dado, la profundidad de la labor varía según el peso apero, que puede lastrarse eventualmente poniendo pesos en las cajas de hierro angulares previstas para esta finalidad. (CALDERÓN, 1971 págs. 85-87)

La variación más amplia en la intensidad de trabajo de estos aperos se obtiene mediante el ajuste del ángulo de ataque de los discos, que pueden variar desde 0 a 25 grados en las gradas simples o en la tipo tándem, y de 0 a 30 grados en las de tiro excéntrico. (CALDERÓN, 1971 págs. 85-87)

Por otra parte, el aumento en la velocidad de tracción permite obtener un mullido más perfecto, pero entonces tiende a disminuir la penetración. (CALDERÓN, 1971 págs. 85-87)

## **2.12 Utilización y capacidad de trabajo**

El empleo de estos aperos no ofrece dificultades especiales, y la labor se efectúa generalmente en besanas o amelgas. (CALDERÓN, 1971 págs. 85-87)

La potencia absorbida es de aproximadamente de 1 C.V. a 1,5 C.V. por cada disco para las gradas simples, y de 2 a 2,5 C.V. Para las de tiro excéntrico. (CALDERÓN, 1971 págs. 85-87)

Según las circunstancias, hay que considerar un rendimiento de unas dos a cuatro horas de trabajo por hectárea, por cada metro de anchura de labor del apero. (CALDERÓN, 1971 págs. 85-87)

## **2.13 Surcador**

Es un implemento que es utilizado para la siembra directa; este tiene una labor principal que consiste en que la punta de hierro permite romper la capa del suelo denominada pie de arado o capa compactada. La profundidad del surco dependerá del tipo de semilla a cultivar. (COLMENAREZ, 2015 pág. 01)

El surcador es usado para realizar diferentes surcos como en plantaciones de tabaco, papa entre otros vegetales. Este puede ser totalmente ajustado para obtener el perfil adecuado de surcado y mantener el flujo idóneo del terreno. Este también puede ser usado para acollar los cultivos sembrados en hileras. (COLMENAREZ, 2015 pág. 01)

### **2.13.1 Características del surcador.**

- El surcador ofrece buena adaptabilidad, y permite fácil ajuste de surcos, como puede ser en la altura, filas y ángulos.
- Puede ser acoplado a tractores de diferentes potencias.
- Se caracteriza por su fácil movimiento, tamaño, y precisión de proceso. (COLMENAREZ, 2015 pág. 01)

### **2.13.2 Tipos de surcadores**

- Reja: Se trata de una reja escarificada de las mismas características que son usadas por cultivadores, que la misma se fija a un brazo rígido o flexible unido a un bastidor de la máquina. La parte delantera es recambiable, abre el surco.
- Patín: El patín es una cuchilla de sección triangular con bordes rectos o curvados, que se prolonga hacia atrás por medio de dos chapas que alojan el extremo del tubo de caída que llega hasta el fondo del surco.
- Disco: Puede ser de una sola cuchilla circular cóncava o dos discos planos. Se alojan al extremo del tubo de caída. Son utilizados con frecuencia en terrenos que presentan abundantes rastros. (COLMENAREZ, 2015 pág. 02)

### **2.13.3 Surcado**

La profundidad de los surcos depende del tipo de semilla o planta a sembrar, puede ser de 10 a 15 cm para la siembra de hortalizas y de 15 a 20 cm en la plantación de posturas y siembra de

granos. La distancia entre los surcos varía en dependencia del marco de siembra utilizado, generalmente es de 45 a 90 cm. Para tracción animal se usa un solo elemento, para tracción mecánica tiene de 3 o más elementos montados en un bastidor, ya que su consumo de energía es bajo. (COLMENAREZ, 2015 pág. 03)

## **2.14 Teorías de diseño**

### **2.14.1 *Concepto de diseño***

Empezar aclarando que parte del diseño vamos a trabajar, esto debido a que podemos centrarnos en el diseño de un producto donde nos preocuparemos únicamente de la forma a diferencia del diseño de ingeniería donde nos preocupamos de los elementos que conforman el producto.

Las diferentes definiciones de diseño que se encuentran en la literatura evidencian los conceptos antes explicado. Por ejemplo Pugh (1990) lo define bajo el término DISEÑO TOTAL como la actividad sistemática desarrollada para satisfacer una necesidad y que cubre todas las etapas desde la identificación de la necesidad hasta la obtención del producto. (TESIS DOCTORALES EN RED, 2017 pág. 17)

Después de revisar muchas de las definiciones que se han dado a diseño en ingeniería proponer la siguiente: generar y evaluar sistemáticamente y de forma inteligente para objetos cuya forma y función alcanzan los objetivos establecidos y que serán satisfactorios a las restricciones especificadas.

Se pueden mencionar muchas otras definiciones de diseño; sin embargo se puede hablar de que el diseño busca la satisfacción de una necesidad o aborda la solución a una situación problemática. Un segundo elemento importante es que para lograr obtener tal solución se debe tener en cuenta el entorno en el que se aplicara y las interrelaciones entre sus componentes, es decir tener un enfoque sistemático lo cual implica una actuación multidisciplinaria y la consideración de todo el ciclo de vida del producto. La tercera consideración tiene que ver con las limitaciones impuestas por factores externos de orden físico, económico, social y funcional, a lo que comúnmente se le denomina creativa por excelencia, en la que se tiene la posibilidad de desplegar en toda su magnitud esta característica inherente del ser humano. (TESIS DOCTORALES EN RED, 2017 págs. 17-18)

### 2.14.2 *Metodologías de diseño.*

Conviene en este punto precisar la diferencia entre los términos método, técnica, modelo y metodología:

- Método: modo de decir o hacer con orden una cosa. Modo de obrar o proceder; hábito o costumbre que cada uno tiene y observa. (TESIS DOCTORALES EN RED, 2017 pág. 19)
- Modelo: ejemplo o forma que uno sigue en la ejecución de una obra artística o en otra cosa. Esquema teórico, de un sistema o de una realidad compleja, que se elabora para facilitar su comprensión y estudio de su comportamiento. (TESIS DOCTORALES EN RED, 2017 pág. 19)
- Técnica: relativo o perteneciente a las aplicaciones de las ciencias y de las artes. Conjunto de procedimiento y recursos de que se sirve una ciencia o un arte. (TESIS DOCTORALES EN RED, 2017 pág. 19)
- Metodología: estudio formal de los procedimientos utilizados en la adquisición o exposición del conocimiento científico. (TESIS DOCTORALES EN RED, 2017 pág. 19)

Se presenta a continuación una breve recopilación de los modelos, métodos y teorías de diseño más relevantes en la actualidad, para dar un marco teórico a la investigación, En general se entiende como modelo de diseño la forma de representación del proceso que desarrolla el diseñador en su labor. Los modelos y métodos de diseño se pueden enmarcar dentro del campo que los expertos califican como investigación en diseño, cuyo objetivo genérico es establecer nuevas formas o recomendaciones que potencien la eficiencia en el diseño. (TESIS DOCTORALES EN RED, 2017 pág. 20)

Cross (1999) clasifica los modelos de diseño en dos grupos: descriptivos y prescriptivos, mientras que Takeda (1990) citando a Finger y Dixon (1989) adiciona dos más: cognitivos y computacionales. Los modelos descriptivos muestran la secuencia de actividades que ocurren en diseño, dentro de los cuales se puede mencionar el modelo básico y el modelo de French. Los prescriptivos, como su nombre lo indica, prescriben un patrón de actividades de diseño, como lo intentan Archer, Pahl y Beitz, el modelo alemán VDI 2221, el de March y el de Pugh entre otros. Mientras que los cognitivos, explican el comportamiento del diseñador y los computacionales, expresan la forma en que un ordenador podría desarrollar la tarea de diseño. (TESIS DOCTORALES EN RED, 2017 pág. 20)

**Tabla 3-2: Historia del Diseño**

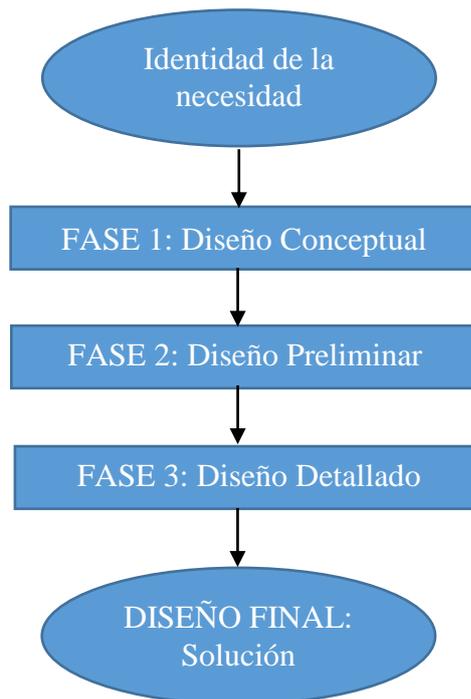
AUTORES REPRESENTATIVOS	DESCRIPCIÓN
Asimow (1962)	Dos etapas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Planeación y Morfología</li> <li>• Diseño detallado</li> </ul>
Jones (1963)	La intuición y los aspectos no racionales tienen el mismo rol que los lógicos y los procedimientos sistemáticos.
Archer (1963)	Listas de chequeo, para verificar tres fases: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis</li> <li>• Creatividad</li> <li>• Ejecución</li> </ul>
Alger y Hays (1964)	Énfasis en la valoración de alternativas del proyecto.
Alexander (1964)	Análisis riguroso del problema. Adaptación del programa de diseño al problema específico. División del problema complejo en subgrupos de problemas
Luckman (1967)	Método AIDA, tres fases: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis</li> <li>• Síntesis</li> <li>• Evaluación</li> </ul> No son lineales sino interactivos
Levin (1966)	Caracterización de propiedades del sistema Relación causa-efecto (controlables y no controlables)
Gugelot (1963) Burdell (1976)	Información sobre necesidad del usuario. Aspectos funcionales. Exploración de posibilidades funcionales. Decisión. Detalle: cálculos, normas, estándares. Prototipo.
Jones (1970)	No es un método, pero expone dos tendencias: Caja negra: la parte más importante del diseño se realiza en el subconsciente del diseñador, no puede ser analizada. Caja de cristal: todo el proceso se hace transparente.
Jones (1971) Alexander Tudela	Contracorriente: Los métodos de diseño destruyen la estructura mental del diseñador. Se produce una abolición de la racionalidad funcional.
Manuri (1974)	No es correcto proyectar sin método. Indica que primero se hace un estudio sobre materiales y procesos, que alimentan la generación de ideas.
Maldonado (1977) Dorfles (1977)	Deben integrarse al proceso de diseño los factores: funcionales, simbólicos o culturales, de producción.
Bonsiepe (1985)	Dos métodos: Reducción de la complejidad de Alexander.

	Búsqueda de analogías o Sinéctica de Gordon.
Quarante (1992)	Para cada problema hay un método. No universalidad de métodos.

Fuente: (TESIS DOCTORALES EN RED, 2017 pág. 21)

## 2.15 Modelo descriptivo del diseño

Permite identificar las fases del diseño que son comúnmente aceptadas por la mayoría.



**Figura 15-2:** Modelo descriptivo Lineal del Diseño

Fuente: (TESIS DOCTORALES EN RED, 2017 pág. 22)

En la primera fase se buscan conceptos o principios de solución al problema, para la cual se analiza el problema identificado, se sintetiza una o varias posibles soluciones y se evalúan con respecto a restricciones (especificaciones) impuestas. Algunos la denominan fase de «síntesis» del diseño. En esta fase se generan principios de solución, pero no se obtienen estructuras de solución lo suficientemente válidas (o acabadas) como para materializar la respuesta al problema. (TESIS DOCTORALES EN RED, 2017 pág. 22)

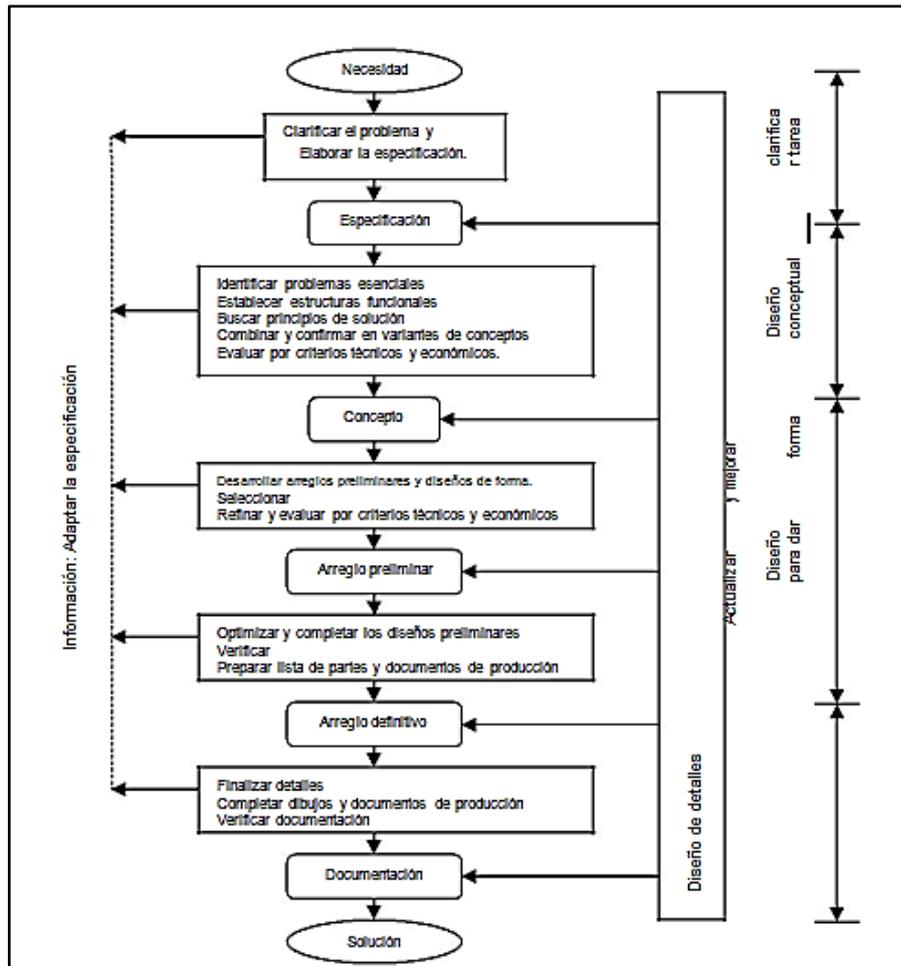
Sin embargo, es la etapa que demanda del diseñador una alta dosis de abstracción y de creatividad, caracterizada por la incertidumbre del éxito y por la dinámica de la evolución hacia estructuras válidas. (TESIS DOCTORALES EN RED, 2017 pág. 22)

En la fase de diseño preliminar se avanza en la concretización de una solución al problema, determinando componentes e interacciones con el suficiente grado como para poderla evaluar objetivamente. Se obtienen formas específicas, materiales propuestos y planos de conjunto con dimensiones generales, que representan al producto como un conjunto organizado de piezas, componentes, enlaces y acoplamientos. Se puede decir, que esta fase es más «comprendida» por los ingenieros de diseño que la anterior, dada la formación curricular específica. (TESIS DOCTORALES EN RED, 2017 pág. 22)

La fase de diseño de detalle corresponde a la generación de todas las especificaciones necesarias para la producción del producto-solución. La elaboración de planos de detalle, la determinación de etapas de fabricación, la identificación de proveedores, etc., son típicas actuaciones en esta fase, que es la mejor desarrollada a nivel empresarial, dado su interés particular y su organización orientada a la materializar soluciones. (TESIS DOCTORALES EN RED, 2017 pág. 22)

## **2.16 Modelos prescriptivos.**

Las principales características de este modelo son: la necesaria interacción de tantas disciplinas como sea necesario para resolver el problema, sean estas disciplinas técnicas o no; la definición clara de las especificaciones de diseño, que serán tenidas en cuenta durante todo el proceso y que definen la frontera del diseño; y el continuo acercamiento a la solución mediante la retroalimentación que conduce a estados intercalados de divergencia (generación de conceptos) y convergencia (evaluación sistemática). (TESIS DOCTORALES EN RED, 2017 pág. 23)



**Figura 16-2:** Generación de Conceptos Modelo Prescriptivo

Fuente: (TESIS DOCTORALES EN RED, 2017 pág. 25)

## 2.17 Modelos cognitivos.

Los modelos cognitivos buscan hacer una descripción formal de la forma de actuación del conocimiento del individuo que diseña. (TESIS DOCTORALES EN RED, 2017 pág. 26)

La dificultad de construir modelos que representen la actividad cognitiva del diseñador obedece, entre otras cosas, a que el diseñar es una clase de aprendizaje en la que las habilidades y las capacidades son adquiridas después de aprender técnicas, de asimilar conocimiento específico y general, y de inspeccionar experiencias exitosas del pasado. (TESIS DOCTORALES EN RED, 2017 pág. 27)

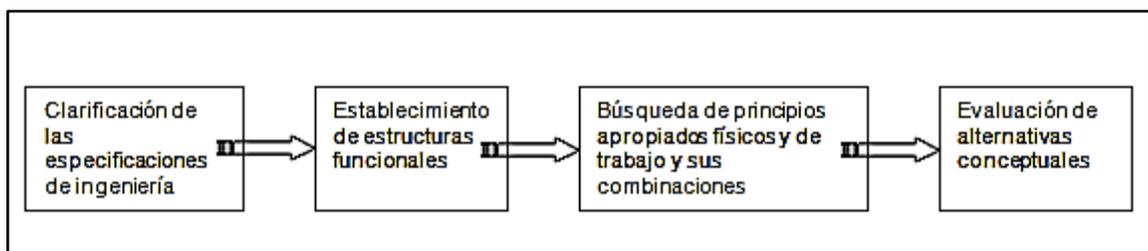
## 2.18 Modelos computacionales.

En general se acepta que la actividad de diseño se divide en dos categorías de procesos mentales y de acciones: el análisis y la síntesis. El desarrollo de herramientas informáticas para el diseño se ha centrado en particular en los procesos de análisis, mientras que la síntesis ha tenido muy poco desarrollo. Aun así, hay investigaciones sobre el tema, principalmente orientadas a la definición de estructuras informáticas que permitan construir herramientas de apoyo a la actividad de diseño. (TESIS DOCTORALES EN RED, 2017 pág. 31)

## 2.19 Diseño conceptual.

Desde el punto de vista metodológico, se entiende como la fase más temprana del desarrollo de un producto en la que se obtienen soluciones abstractas, generalmente incompletas, pero que se espera que satisfagan los requerimientos y especificaciones iniciales del problema. Su objetivo, por lo tanto, es explorar las mejores alternativas para obtener uno o más conceptos de diseño que puedan utilizarse como base para desarrollar el producto en las subsiguientes fases. (TESIS DOCTORALES EN RED, 2017 pág. 35)

En el diseño conceptual se inicia con las especificaciones que circunscriben al producto deseado, los requerimientos técnicos, las condiciones de realización y las restricciones. Todo ello se transforma en ideas funcionales, primeros principios de físicos y de trabajo, organizaciones estructurales y representación de las formas materiales para contrastarlas contra los requerimientos y efectuar pre-selecciones. (TESIS DOCTORALES EN RED, 2017 pág. 36)



**Figura 17-2:** Etapas del Diseño Conceptual

Fuente: (TESIS DOCTORALES EN RED, 2017 pág. 36)

Los modelos de diseño se han clasificado en cuatro categorías, es decir, se ha ampliado la presentación tradicional de modelos que se limita a los descriptivos y prescriptivos, agregando los modelos cognitivos, entendiendo la importancia de la participación del individuo diseñador

y los modelos computacionales, abriendo el espacio a la integración del ordenador como herramienta de asistencia en el proceso. (TESIS DOCTORALES EN RED, 2017 pág. 48)

Se debe decir que las tendencias tanto en la definición de los modelos, de los cuales solo se ha presentado una muestra, y de las líneas y proyectos de investigación de centros especializados, muestran una incorporación de tres elementos muy importantes: el conocimiento (tanto de cómo diseñar como del objeto a diseñar), la participación en grupos interdisciplinarios y la importancia de la síntesis como etapa determinante del éxito del proceso. (TESIS DOCTORALES EN RED, 2017 pág. 48)

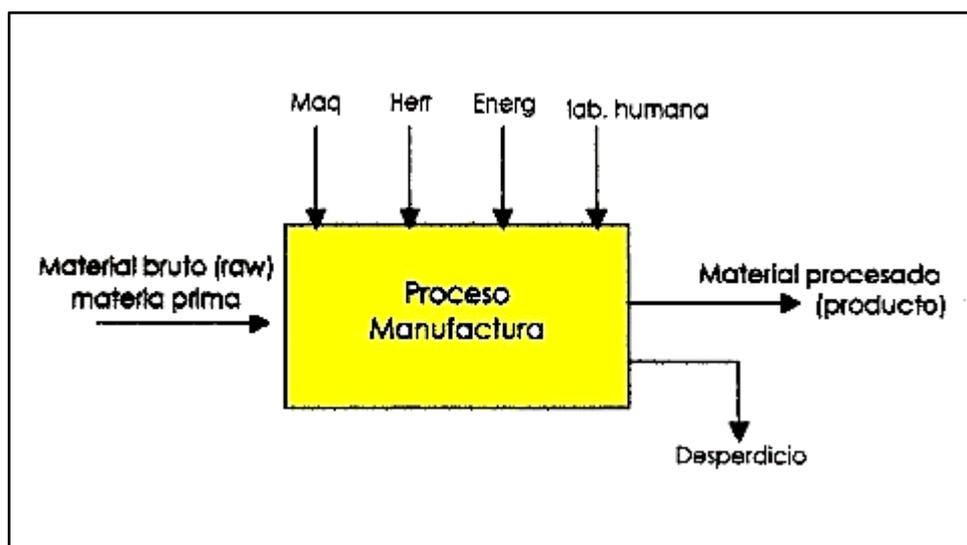
## 2.20 Proceso de manufactura

### 2.20.1 Definición

**Manufactura:** manus (mano) y factus (hacer), es decir “hacer con las manos”. La manufactura puede definirse en dos sentidos tecnológico y económico. (HERRERA, 2010)

Tecnológicamente es la aplicación de procesos químicos y físicos que alteran las propiedades y la forma o el aspecto de un material para elaborar productos terminados. (HERRERA, 2010)

Económicamente es la transformación de materiales en artículos de mayor valor, a través de una o más operaciones o procesos. (HERRERA, 2010)



**Figura 18-2:** Esquema Proceso de Manufactura.

Fuente: (HERRERA, 2010)

## **2.21 Fundición.**

Proceso de producción de piezas metálicas a través del vertido de metal fundido sobre un molde hueco, por lo general hecho de arena. El principio de fundición es simple: se funde el metal, se vacía en un molde y se deja enfriar, existen todavía muchos factores y variables que se deben considerar para lograr una operación exitosa de fundición. La fundición es un antiguo arte que todavía se emplea en la actualidad, aunque ha sido sustituido en cierta medida por otros métodos como el fundido a presión (método para producir piezas fundidas de metal no ferroso, en el que el metal fundido se inyecta a presión en un molde o troquel de acero), la forja (proceso de deformación en el cual se comprime el material de trabajo entre dos dados usando impacto o presión para formar la parte), la extrusión (es un proceso de formado por compresión en el cual el metal de trabajo es forzado a fluir a través de la abertura de un dado para darle forma a su sección transversal), el mecanizado y el laminado (es un proceso de deformación en el cual el espesor del material de trabajo se reduce mediante fuerzas de compresión ejercidas por dos rodillos opuestos). (CASTRO, 2009 pág. 12)

### **2.21.1 *Procesos de fundición.***

La realización de este proceso empieza lógicamente con el molde. La cavidad de este debe diseñarse de forma y tamaño ligeramente sobredimensionado, esto permitirá la contracción del metal durante la solidificación y enfriamiento. Cada metal sufre diferente porcentaje de contracción, por lo tanto si la presión dimensional es crítica la cavidad debe diseñarse para el metal particular que se va a fundir. Los moldes se hacen de varios materiales que incluyen arena, yeso, cerámica y metal. Los procesos de fundición se clasifican de acuerdo a los diferentes tipos de moldes. (CASTRO, 2009 pág. 12)

### **2.21.2 *Método de Fundición***

Se calienta primero el metal a una temperatura lo suficientemente alta para transformarlo completamente al estado líquido, después se vierte directamente en la cavidad del molde. En un molde abierto el metal líquido se vacía simplemente hasta llenar la cavidad abierta. En un molde cerrado existe una vía de paso llamada sistema de vaciado que permite el flujo del metal fundido desde afuera del molde hasta la cavidad, este es el más importante en operaciones de fundición. (CASTRO, 2009 pág. 12)

Cuando el material fundido en el molde empieza a enfriarse hasta la temperatura suficiente para el punto de congelación de un metal puro, empieza la solidificación que involucra un cambio de

fase del metal. Se requiere tiempo para completar este cambio de fase porque es necesario disipar una considerable cantidad de calor. El metal adopta la forma de cavidad del molde y se establecen muchas de las propiedades y características de la fundición. Al enfriarse la fundición se remueve del molde; para ello pueden necesitarse procesamientos posteriores dependiendo del método de fundición y del metal que se usa. (CASTRO, 2009 pág. 12)

Entre ellos tenemos:

- El desbaste del metal excedente de la fundición.
- La limpieza de la superficie.
- Tratamiento térmico para mejorar sus propiedades.
- Pueden requerir maquinado para lograr tolerancias estrechas en ciertas partes de la pieza y para remover la superficie fundida y la microestructura metalúrgica asociada.

### **2.21.3** *Moldeo en arena*

El método de fundición en arena es especialmente adecuado para la obtención de formas complicadas. En muchos casos este procedimiento es la única solución técnica a la que se puede recurrir para moldear piezas con machos de formas complejas. (CASTRO, 2009 pág. 24)

Para la confección de los moldes (desechables), se pueden emplear diferentes materiales como: tierra sintética, arena aglomerada con aceite de lino y catalizadores, arena revestida (Shell moulding) o una combinación de los mismos. La elección de estos materiales se determina luego de haber evaluado dimensiones, forma, peso y cantidades estimadas a producir. (CASTRO, 2009 pág. 24)

Ventajas:

- Amplia variedad de tamaños.
- Geometrías de complejidad media.
- Válido para cualquier aleación media.
- Piezas sin tensiones residuales\*.
- Económico: inversión en equipos reducida para series cortas o prototipos
- Rápido y flexible para series cortas o prototipos.

Inconvenientes:

- Tolerancias dimensionales amplias.
- Aspecto y calidad superficial pobre.
- Piezas con resistencia mecánica reducida.
- Cierta probabilidad de defectos.

#### **2.21.4** *Fundición aleada.*

Las fundiciones aleadas son aquellas que contienen Ni, Cr, Mo, Cu, etc., en porcentajes suficientes para mejorar las propiedades mecánicas de las fundiciones ordinarias o para comunicarles alguna otra propiedad especial, como alta resistencia al desgaste, alta resistencia a la corrosión. (CASTRO, 2009 pág. 08)

#### **2.21.5** *Efectos de los elementos de aleación en las fundiciones.*

Los elementos de aleación modifican la microestructura de las fundiciones y con ello su dureza y resistencia, estando en ocasiones estos cambios influenciados, además, por una variación de la templabilidad. (CASTRO, 2009 pág. 08)

Los elementos de aleación modifican también como en los aceros, la situación de los puntos críticos y además ejercen una acción muy importante y compleja de la grafitización. (CASTRO, 2009 pág. 08)

Ciertos elementos como el Silicio, aluminio, níquel y cobre, que se disuelven en la ferrita, la endurecen y la hacen aumentar su resistencia, Son elementos que favorecen la grafitización. (CASTRO, 2009 pág. 08)

Otros elementos como el cromo, manganeso, y molibdeno son formadores de carburos, son elementos que tienden a formar fundición blanca en vez de gris y dificultan la grafitización. (CASTRO, 2009 pág. 08)

## **2.22 Tratamientos termoquímicos de los metales**

### **2.22.1** *Definición.*

Mediante este tipo de tratamientos el metal sufre procesos de calentamiento y enfriamiento y se varía la composición química superficial de los aceros, adicionando otros elementos para mejorar las propiedades en la superficie, principalmente la dureza o resistencia a la corrosión, sin modificar otras propiedades esenciales tales como ductilidad. (APRENDEMOS TECNOLOGÍA, 2009 pág. 03)

### **2.22.2** *Cementación.*

Es el proceso por el cual se incorpora carbono en la capa superficial del acero. Con ello se logra una superficie de alta dureza que le proporciona resistencia al desgaste después de un temple, y aumenta el límite de fatiga. Como se realiza en aceros de no más de 0.35 % de C, el núcleo conserva su capacidad de absorber energía de impacto. ( UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL, 2017 pág. 01)

La profundidad de capa debe ser tal que no se produzcan deformaciones permanentes en ella. Por lo tanto, será tanto mayor (de 0.8 al 4 mm) cuanto más grande sea el esfuerzo a que está sometida la misma. Si sólo se requiere resistencia al desgaste, se usan capas de baja profundidad (0.1 a 0.5 mm). ( UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL, 2017 pág. 01)

La cementación se realiza a temperatura superior 950 °C de modo que el carbono difunde en la red cristalina del hierro; cuando se alcanza el límite de saturación de la austenita, en la superficie se puede formar una capa de cascarilla. Pero esto se observa raramente; en las condiciones normales, durante la cementación se forma sólo austenita, y, luego del enfriamiento lento, los productos de su transformación (ferrita y cementita). La capa cementada tiene una concentración variable de carbono en su espesor, decreciente hacia el interior de la pieza. ( UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL, 2017 pág. 01)

## CAPÍTULO III

### 3. DISEÑO

#### 3.1 Consideraciones básicas para la selección de la alternativa de diseño

La mecanización es uno de los factores generalmente incluidos en el conjunto de recomendaciones para la tecnificación de la agricultura, y su empleo adecuado representa un aporte importante al incremento de la producción agrícola. (ORBE, y otros, 1988 pág. 01)

En Ecuador, al igual que en otros países en desarrollo, requiere de la importación de maquinaria y equipos agrícolas para trabajar de mejor forma sus recursos de producción. (ORBE, y otros, 1988 pág. 01)

Lamentablemente, la adquisición de implementos agrícolas se ha venido realizando sin considerar aspectos técnicos básicos, lo que ha incidido negativamente en la obtención de la máxima eficiencia de trabajo. (ORBE, y otros, 1988 pág. 01)

Pero básicamente podemos guiarnos en el análisis de los siguientes factores:

- Necesidad del implemento agrícola.
- Capacidad de la maquinaria e implementos agrícolas
- Potencia de la máquina agrícola
- Resistencia al rodamiento

#### 3.2 Necesidad del implemento agrícola

Para analizar este factor se debe considerar

##### 3.2.1 *El tamaño de la amelga.*

Se refiere a la cantidad de trabajo mecanizable que tendrá que desarrollar una máquina o implemento agrícola, basándose en la clase de cultivos a que se dedique la propiedad o piense

implantar. Se debe considerar que cada cultivo demanda de diferentes operaciones, ya sean de labranza, siembra, control de malezas, cosechas, transporte, etc. (ORBE, y otros, 1988 pág. 02)

### **3.2.2** *Topografía, altitud y condiciones del suelo.*

La configuración de la superficie del suelo influye en la selección; como son suelos sueltos, arenosos, arcillosos, húmedos y de topografía variable; particularmente usaremos condiciones de suelos agrícolas convencionales en Chimborazo. (ORBE, y otros, 1988 pág. 04)

La altitud tiene un efecto directo en la capacidad y rendimiento del motocultor, existen estudios que se llevaron a cabo con el fin de comprobar la pérdida de potencia a diferentes altitudes sobre el nivel del mar, encontrándose que por cada 1000 m de altura sobre el nivel del mar, existe una pérdida del 10%, factor que influye directamente sobre el rendimiento. (ORBE, y otros, 1988 pág. 04)

### **3.3** **Capacidad de la maquinaria e implementos agrícolas**

Se la define como el índice de rendimiento de un implemento agrícola evaluada en términos de cantidad de trabajo y tiempo. Existen tres métodos para medir este factor (ORBE, y otros, 1988 pág. 04)

#### **3.3.1** *Capacidad en el campo*

Se refiere a la usada en la preparación del suelo y cultivo, generalmente expresada en hectáreas por hora y está determinada por la velocidad y ancho de trabajo. (ORBE, y otros, 1988 pág. 04)

#### **3.3.2** *Capacidad de material.*

Se refiere a maquinaria de cosecha y su rendimiento se expresa en kilogramos por hora o tonelada/hora. (ORBE, y otros, 1988 pág. 05)

#### **3.3.3** *Capacidad de rendimiento total.*

Es un término que significa básicamente lo mismo que capacidad de material, sumándose a esto el rendimiento total de kilos por hora, más el resto de material de desecho de un cultivo. (ORBE, y otros, 1988 pág. 05)

### **3.4 Potencia de la máquina agrícola**

Este factor analiza las operaciones en el campo puedan realizarse por un mínimo costo. Consecuentemente, si la potencia es grande con relación a la demanda por los implementos y suelos, los costos para realizar determinada labor serán elevados. En cambio, si los implementos seleccionados son demasiados grandes para la potencia desarrollada, la calidad y/o cantidad de trabajo se verán disminuidas o sufrirá una sobrecarga que provocara daños y averías de altos costos. Lo expuesto demuestra la importancia que tiene combinar adecuadamente la potencia en relación al tamaño del implemento. Por lo que es necesario considerar las diferentes clases de potencia que desarrolla una maquina agrícola: (ORBE, y otros, 1988 pág. 05)

#### **3.4.1 *Potencia al volante.***

Definida como la potencia que el motor puede desarrollar sin alteraciones. Esta cifra es parcialmente útil para obtener el tamaño correcto de los motores, especialmente en casos específicos, cuando se desea trabajar con motores estacionarios para bombas de irrigación, rectificadores, etc. (ORBE, y otros, 1988 pág. 05)

#### **3.4.2 *Potencia a la toma de fuerza.***

Es la potencia medida al eje de la toma de fuerza, siendo esta disminuida en un 6% en relación a la potencia al volante por algunos factores, tales como: diseño del motor, transmisiones, fricción, sistema hidráulico etc. (ORBE, y otros, 1988 pág. 05)

#### **3.4.3 *Potencia a la barra de tiro.***

Es una medida de potencia de tracción del motor mediante neumáticos u orugas. Esta se encuentra afectada por la superficie y condición del suelo, tipo de enganche, velocidad de avance, tamaño y superficie del área de contacto del neumático, contrapesos, etc.; disminuyendo la potencia hasta un 13,5%. (ORBE, y otros, 1988 pág. 05)

### **3.5 Resistencia al rodamiento**

Es la fuerza que opone el suelo al giro y se mide en kilogramos-fuerza. Esta resistencia depende de muchos factores como la fricción interna del suelo, la presión de los neumáticos, la penetración en el suelo, topografía y el peso. El efecto que esta resistencia produce expresada en kilogramos es del 2% del peso bruto, lo que significa que se requieren 20 kilogramos de empuje

o tiro para mover cada tonelada de peso sobre las ruedas en una carretera asfaltada. A medida que el suelo se vuelve más suelto este factor varía entre 20 y 200 kilogramos por tonelada de peso sobre las ruedas. (PUERTA POLANCO, 2007 pág. 163)

### 3.5.1 Resistencia del suelo.

Los requerimientos de potencia para trabajar con un arado en un tipo de suelo arenosos son completamente diferentes a los necesarios para trabajar en un suelo arcilloso y mucho más en un suelo descansado, cambiando aun sus valores, dependiendo de la humedad del suelo al momento de realizar la labor. Para obtener este dato nos centramos en el Atlas Cartográfico de la provincia de Chimborazo, donde ubicamos los suelos que tiene la provincia, hectáreas por cada textura del suelo y de igual forma el porcentaje individuales por suelo y extensión en hectáreas de la totalidad de extensión de la provincia. (ORBE, y otros, 1988 pág. 06)

**Tabla 1-3:** Tabla de Texturas del Suelo

<b>TEXTURA</b>	<b>ÁREA</b>	<b>PORCENTAJE</b>
<b>DESCRIPCION</b>	<b>HECTÁREA</b>	<b>ÁREA TOTAL</b>
Arcillas	30069	4,63%
Arenas	144694	22,29%
Franco	88651	13,66%
Franco Arcilloso	6763	1,04%
Franco Arenoso	37,506	5,78%
Roca	67230	10,36%
Arcilla Arenosa	9282	1,43%
Arenas Finas	68123	10,50%
Arenoso Arcilloso	1969	0,30%
Franco Arcillo Arenoso	5375	0,83%
Limo Arenoso	6359	0,98%
Limoso	183047	28,20%
<b>TOTAL</b>	<b>649068</b>	<b>100%</b>

Fuente: (GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO, 2013 pág. 23)

### 3.5.2 Reducción de potencia por área y consideraciones de trabajo del motocultor

Vamos a considerar las reducciones de potencia por:

### 3.5.2.1 Topografía de Chimborazo.

La pérdida por la topografía de la provincia de Chimborazo está directamente relacionada con los metros sobre el nivel del mar.

Por altura sobre el nivel del mar, los motores diesel pierden el 1% de su potencia por cada 300 metros sobre el nivel del mar después de los primeros 300 m. Por temperatura los motores diesel pierden el 1% de su potencia por cada 5 °C después de los 15 °C de temperatura ambiental. Por pendiente del terreno, la fuerza efectiva en la barra de tiro de un tractor se disminuye en 1% por cada grado de pendiente del terreno. (PUERTA POLANCO, 2007 pág. 163)

Tomando como máximo valor la altitud del ciudad más alta de la provincia de Chimborazo; esta es Cajabamba. Con este valor de 3200msnm podemos determinar en una pérdida del 10%.

Ahora en condiciones climáticas la provincia ronda en una temperatura de 13 °C; esto nos lleva a una pérdida de potencia en relación a la temperatura del 0%.

### 3.5.2.2 Perdidas mecánicas.

Establecido en un 13,5%; dato expuesto anteriormente por definición en la potencia de barra de tiro.

Esto nos lleva a expresar la reducción de potencia expresada en la siguiente tabla:

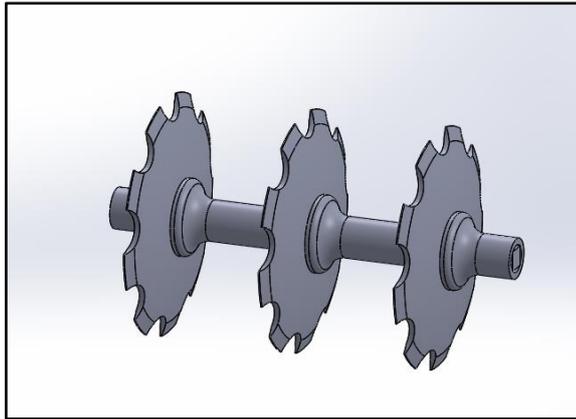
**Tabla 2-3:** Potencia Pérdida en el Motocultor YTO DF15L

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>POTENCIA PERDIDA (%)</b>	<b>POTENCIA PERDIDA (HP)</b>
Altitud	10%	1,6 HP
Barra de tiro	13,50%	2,16 HP
<b>TOTAL</b>	<b>23,50 %</b>	<b>3,76 HP</b>

Fuente: AUTORES

## 3.6 Geometría A

Analizaremos la primera geometría que implantamos como propuesta de construcción de prototipo Apero Bifuncional Para Motocultor YTO DF15L, implantaremos esta propuesta:



**Figura 1-3: GEOMETRÍA A**

Fuente: AUTORES

Dos cuerpos de rastra con 3 discos por cada cuerpo, estos discos estarán dispuestos en un eje cuadrado y chumacera de 30mm para sostener su peso, guiarlos en el trabajo de rotación y evitar los deslizamientos. A esta disposición de cuerpos de rastra añadir el cuerpo de surcador; todo esto en un bastidor de un solo cuerpo con un punto de pivote en el acople hacia el punto de arrastre del motocultor.

### 3.6.1 *Requerimientos de potencia para la geometría A*

La potencia absorbida es de aproximadamente de 1 C.V. a 1,5 C.V. por cada disco para las gradas simples, y de 2 a 2,5 C.V. Para las de tiro. (CALDERÓN, 1971 págs. 85-87)

Para tener datos relativos al manual de operación servicio de Motocultor YTO DF15L se requiere convertir a la unidad de HP; donde su equivalencia es:

$$1 \text{ CV} = 0,986 \text{ HP}$$

Dándonos valores de:

- 1 CV = 0,986 HP
- 1,5 CV = 1,479 HP
- 2 CV = 1,972 HP
- 2,5 CV = 2,465 HP

Tomando como referencia los datos anteriores y los valores máximos requeridos en potencia; la geometría A requiere 14,79 HP para mover los 6 discos de rastra de la Geometría A.

Sumando la potencia requerida por el surcador, equivalente a 2,5 HP.

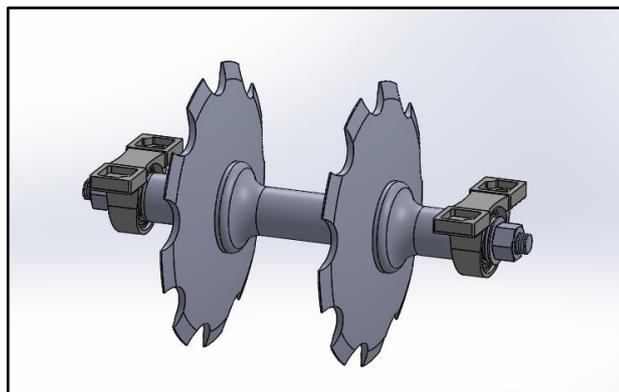
Llegaríamos a los 17,25 Hp como potencia requerida para la geometría A.

Considerando la reducción de potencia por área y consideraciones de trabajo del motocultor YTO DF15L nos quedamos con una potencia neta de 12,24 HP de los 16 HP que muestra el manual técnico del mismo.

Esto nos lleva a una diferencia de 5,01 HP pero de signo negativo.

### 3.7 Geometría B

Analizaremos la segunda geometría que implantamos como propuesta de construcción de prototipo Apero Bifuncional Para Motocultor YTO DF15L, implantaremos esta propuesta:



**Figura 2-3: GEOMETRÍA B**

Fuente: AUTORES

Dos cuerpos de rastra con 2 discos por cada cuerpo, estos discos estarán dispuestos en un eje cuadrado y chumacera de 30mm para sostener su peso, guiarlos en el trabajo de rotación y evitar los deslizamientos. A esta disposición de cuerpos de rastra añadir el cuerpo de surcador; todo esto en un bastidor de un solo cuerpo con un punto de pivote en el acople hacia el punto de arrastre del motocultor.

#### 3.7.1 *Requerimientos de potencia para la geometría A*

La potencia absorbida es de aproximadamente de 1 C.V. a 1,5 C.V. por cada disco para las gradas simples, y de 2 a 2,5 C.V. Para las de tiro. (CALDERÓN, 1971 págs. 85-87)

Para tener datos relativos al manual de operación servicio de Motocultor YTO DF15L se requiere convertir a la unidad de HP; donde su equivalencia es:

$$1 \text{ CV} = 0,986 \text{ HP}$$

Dándonos valores de:

- 1 CV = 0,986 HP
- 1,5 CV = 1,479 HP
- 2 CV = 1,972 HP
- 2,5 CV = 2,465 HP

Tomando como referencia los datos anteriores y los valores máximos requeridos en potencia; la geometría B requiere 9,86 HP para mover los 4 discos de rastra de la Geometría B.

Sumando la potencia requerida por el surcador, equivalente a 2,5 HP.

Llegaríamos a los 12,36 Hp como potencia requerida para la geometría B.

Considerando la reducción de potencia por área y consideraciones de trabajo del motocultor YTO DF15L nos quedamos con una potencia neta de 12,24 HP de los 16 HP que muestra el manual técnico del mismo.

Esto nos lleva a una diferencia de 0,12 HP pero de signo negativo.

### **3.8 Elección de la alternativa.**

La alternativa que tomamos es la GEOMETRÍA B; viendo la comparación de requerimos de potencia aunque sea de signo negativo; evaluando los dos valores que son:

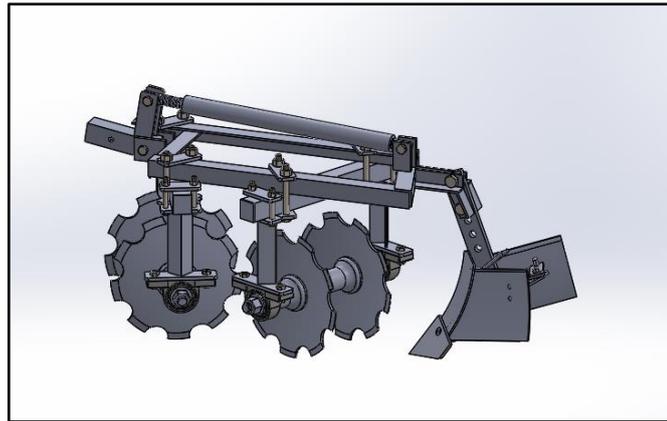
**GEOMETRIA A= -5,01 HP**

**GEOMETRÍA B= -0,12 HP**

Tomemos el valor más cercano a cero, si consideramos el signo también veamos que están evaluados bajo las condiciones más severas de la provincia; así que optamos por esta Geometría B.

Que por propuesta tecnológica es:

Dos cuerpos de rastra con 2 discos por cada cuerpo, estos discos estarán dispuestos en un eje cuadrado y chumacera de 30mm para sostener su peso, guiarlos en el trabajo de rotación y evitar los deslizamientos. A esta disposición de cuerpos de rastra añadir el cuerpo de surcador; todo esto en un bastidor de un solo cuerpo con un punto de pivote en el acople hacia el punto de arrastre del motocultor.



**Figura 3-3:** Diseño CAD Geometría Elegida

Fuente: AUTORES

### 3.9 Estudio ANSYS

Para empezar con el análisis en ANSYS se necesita determinar las principales propiedades que requiere la simulación de la propuesta tecnológica; que son:

- Propiedades mecánicas de materiales a emplear en la construcción.
- Energía o fuerzas empleadas al labrar.

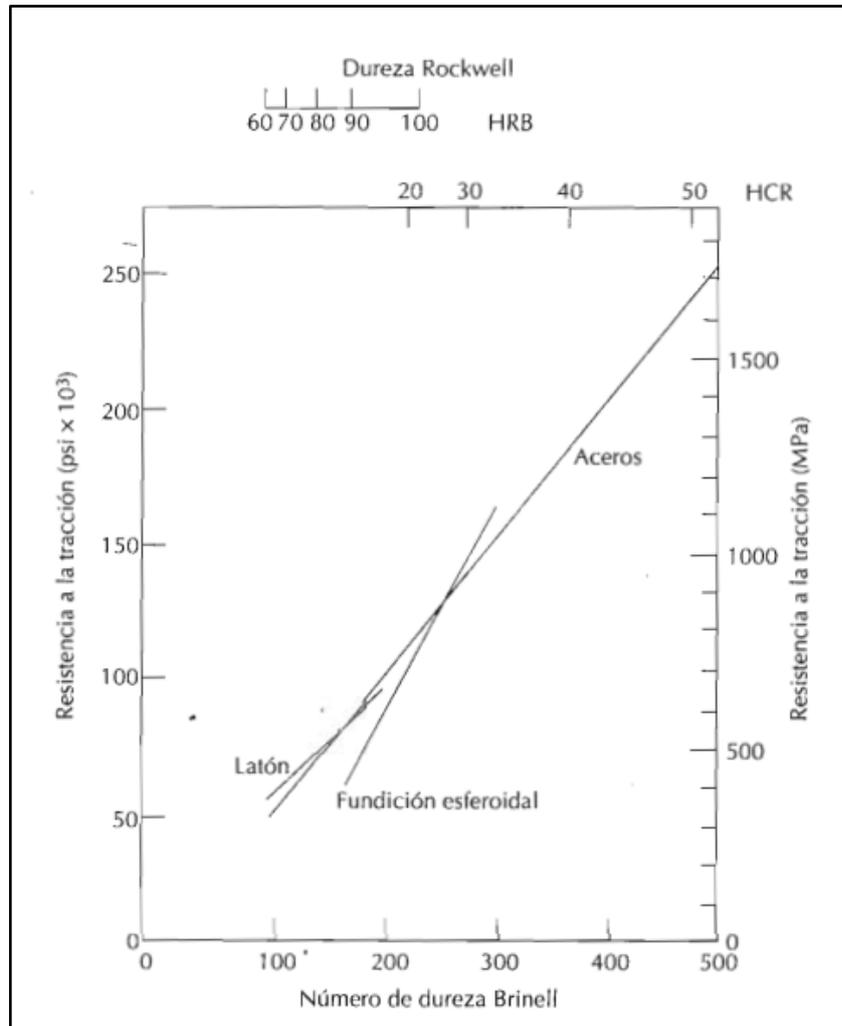
#### 3.9.1 Propiedades mecánicas.

**Tabla 3-3:** Propiedades Mecánicas AISI/SAE 1045

Dureza (HB)	Esfuerzo Fluencia (mín.)(Kg/mm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Tracción (Kg/mm <sup>2</sup> )	Elongación (mín.)%
170-190	40	63-73	15

Fuente: (ACEROS OTERO, 2017)

Para la fundición usaremos la correlación entre dureza y la resistencia a la tracción, tanto la resistencia a la tracción como la dureza son indicadores de la resistencia de un metal a la deformación plástica. Por consiguiente, estas propiedades son a grandes rasgos proporcionales. Tal como se indica la relación de proporcionalidad no es la misma para todos los metales. (CALLISTER, 2002 págs. 141-142)



**Figura 4-3:** Relación entre dureza y resistencia a la tracción

Fuente: (CALLISTER, 2002)

Como regla general para la mayoría de los aceros el número HB y la resistencia a la tracción están relacionados de acuerdo con:

$$TS = 500 \times HB \quad (1)$$

$$TS \text{ (MPa)} = 3,45 \times HB \quad (2)$$

Los ensayos de dureza se realizan con mucha mayor frecuencia que cualquier otro ensayo por varias razones:

- Son sencillos y baratos, y ordinariamente no es necesario preparar una muestra especial.
- El ensayo es no destructivo, la muestra no es fracturada ni es excesivamente deformada; una pequeña huella es la única deformación.
- Otras propiedades mecánicas pueden ser estimadas a partir de los resultados de dureza, tales con la resistencia a la tracción. (CALLISTER, 2002 págs. 141-142)

Aplicando la relación entre dureza y resistencia a la tracción; tenemos el siguiente valor que nos permite ingresar en el análisis de ANSYS. Para ello debemos usar la tabla de conversión de la dureza que obtuvimos de la prueba de dureza en escala ROCKWELL C:

Esto nos lleva a usar el dato de 40 HRC equivalente a 375 HB; aplicando este valor nos lleva a tener el dato de resistencia a la tracción:

$$TS (MPa) = 3,45 \times HB \quad (3)$$

$$TS (MPa) = 3,45 \times 375 \quad (4)$$

$$TS (MPa) = 1293.75 \text{ Mpa} \quad (5)$$

**Tabla 4-3:** Equivalencias entre Durezas

Brinell Diámetro Huella	Brinell Dureza HB	Rockwell Dureza Ha	Rockwell Dureza HRb	Rockwell Dureza HRC	Vickers Dureza HV	Shore	Resistencia a la tracción Kg/mm <sup>2</sup>
2.70	514	77.0	119	52	567	71.0	174.9
2.75	495	76.5	117	51	540	68.5	168.0
2.80	477	75.5	117	49	515	66.7	162.2
2.85	461	74.4	116	48	494	65.0	157.0
2.90	444	73.5	115	46	472	63.0	150.6
2.95	429	73.0	115	45	454	61.0	145.6
3.00	415	72.5	114	44	437	59.0	140.0
3.05	401	71.5	113	42	420	57.2	136.0
3.10	388	71.0	112	41	404	65.8	132.0
<b>3.15</b>	<b>375</b>	<b>70.5</b>	<b>112</b>	<b>40</b>	<b>389</b>	<b>54.0</b>	<b>127.5</b>
3.20	363	70.0	110	39	375	52.2	123.4
3.25	352	69.5	110	38	363	50.5	120.0
3.30	341	68.5	109	36	350	49.2	115.9
3.35	331	68.0	109	35	339	48.0	112.4
3.40	321	67.5	108	34	327	46.7	109.1
3.45	311	67.0	108	33	316	45.2	105.6
3.50	302	66.5	107	32	305	44.5	102.7
3.55	293	66.0	106	31	296	43.2	99.6
3.60	285	65.5	105	30	287	42.0	96.9
3.65	277	65.0	104	29	279	41.0	94.2
3.70	269	64.5	104	28	270	40.0	91.5
3.75	262	64.0	103	27	263	39.2	89.1
3.80	255	63.0	102	25	256	38.5	86.7

3.85	248	62.5	102	24	248	37.5	84.3
3.90	241	62.0	100	23	241	36.5	81.9
3.95	235	61.5	100	22	235	35.7	79.9
4.00	229	61.0	99	21	229	35.0	77.9
4.05	223	60.5	98	20	223	34.0	75.8
4.10	217	-	97	18	217	33.0	73.8
4.15	212	-	96	17	212	32.5	72.1
4.20	207	-	96	16	207	32.0	70.4
4.25	202	-	95	15	202	31.2	68.7
4.30	197	-	94	14	197	30.2	67.0
4.35	192	-	93	13	192	29.5	65.3
4.40	187	-	92	11	187	29.0	63.6
4.45	183	-	91	10	183	28.5	62.2
4.50	179	-	90	9	179	28.0	60.9
4.55	174	-	89	7	174	27.5	59.2
4.60	170	-	88	6	170	26.5	57.8
4.65	166	-	87	4	166	25.5	56.3
4.70	163	-	86	3	163	25.0	55.4
4.75	159	-	85	1	159	24.5	54.0
4.80	156	-	84	0	156	24.0	53.0

Fuente: (CEMAUSA, 2017)

### 3.9.2 Fuerzas aplicadas al labrar

La energía consumida al labrar depende fundamentalmente de la resistencia específica del terreno  $\mu$  que es igual a la fuerza necesaria para tirar del prototipo  $F$  dividida por la sección  $S$ :

$$F = \mu * S \quad (6)$$

Para la sección del trabajo tenemos:

$$S = n * a * p \quad (7)$$

Siendo:

$S$  sección de trabajo ( $cm^2$ )

$n$  el número de cuerpos

$a$  la anchura de cada cuerpo ( $cm$ )

$p$  la profundidad de trabajo ( $cm$ )

La resistencia específica depende del tipo de suelo y también de la velocidad de trabajo. Según ASABE, los valores medios de la resistencia específica para distintos suelos tenemos:

$$\mu = 7 + 0.049 * V^2 \text{ ARCILLO LIMOSO} \quad (8)$$

$$\mu = 6 + 0.049 * V^2 \text{ FRANCO-ARCILLOSO} \quad (9)$$

$$\mu = 4.8 + 0.024 * V^2 \text{ FRANCO-ARCILLO-LIMOSO} \quad (10)$$

$$\mu = 3 + 0.020 * V^2 \text{ FRANCO} \quad (11)$$

$$\mu = 3 + 0.032 * V^2 \text{ LIMO-ARENOSO} \quad (12)$$

$$\mu = 2.8 + 0.013 * V^2 \text{ FRANCO-ARENOSO} \quad (13)$$

$$\mu = 2 + 0.013 * V^2 \text{ ARENOSO} \quad (14)$$

Siendo:

$\mu$  resistencia específica de acuerdo al tipo de suelo ( $N/cm^2$ )

$V$  es la velocidad de avance ( $km/h$ )

Esto nos lleva a usar la “**Tabla 1-3:** Tabla de Texturas del Suelo”; tomando los cuatro tipos de suelos principales de la provincia. Esto nos lleva a tomar las ecuaciones de resistencia específica de: (CAÑAVATE ORTIZ, 2012)

- Franco Arcilloso.
- Franco.
- Franco Arenoso.
- Arenoso.

Conociendo el preámbulo para este cálculo; encontraremos las fuerzas que actúan de manera individual y en conjunto de la propuesta tecnológica.

Siendo:

- Disco Rastra.

$n$  el número de cuerpos = 4

$a$  la anchura de cada cuerpo ( $cm$ ) = 35.56

$p$  la profundidad de trabajo ( $cm$ ) = 8

- Surcadora.

$n$  el número de cuerpos = 1

$a$  la anchura de cada cuerpo (cm) = 30

$p$  la profundidad de trabajo (cm) = 12

Estableciendo como resultados:

**Tabla 5-3:** Cargas Aplicadas en Prototipo

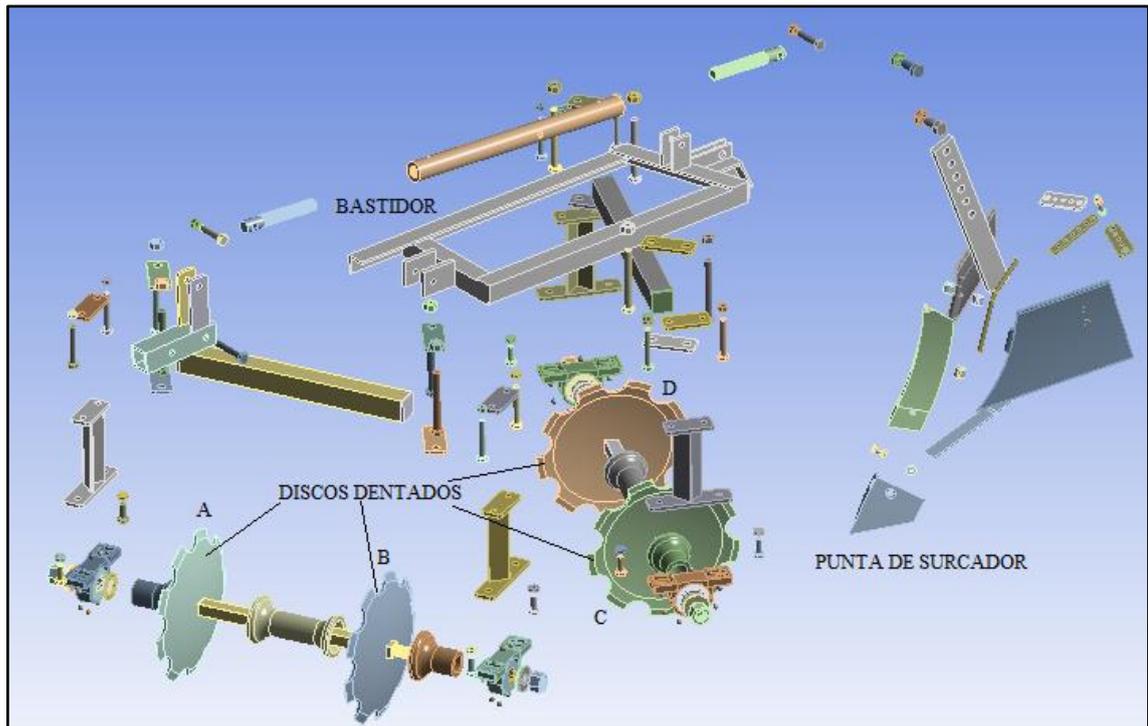
Elemento	S (cm <sup>2</sup> )	F (N)	V (km/h)	Principales Tipos de Suelo Provincia de Chimborazo			
				Franco	Franco Arenoso	Arenoso	Franco Arcilloso
Discos Rastra	1137,92	1ra Marcha	0,90173	3432,27	3200,14	2287,87	6872,86
		2da Marcha	1,5	3464,97	3219,46	2309,12	6952,98
		3ra Marcha	2,65159	3573,77	3290,18	2379,85	7219,55
Surcador	360	1ra Marcha	0,90173	1085,85	1012,42	723,81	2174,34
		2da Marcha	1,5	1096,2	1018,53	730,53	2199,69
		3ra Marcha	2,65159	1130,62	1040,9	752,9	2284,03
Bifuncional	1497,92	1ra Marcha	0,90173	4518,12	4212,56	3011,68	9047,2
		2da Marcha	1,5	4561,17	4237,99	3039,65	9152,67
		3ra Marcha	2,65159	4704,39	4395,08	3132,75	9503,58

Fuente: AUTORES

### 3.9.3 Simulación del apero bifuncional

#### 3.9.3.1 Modelo geométrico.

El modelo geométrico empleado en la simulación corresponde a los siguientes elementos:



**Figura 4-3:** Despiece de apero bifuncional

Fuente: AUTORES

**Tabla 6-3:** Elementos que conforman el apero bifuncional.

Denominación	Cantidad	Denominación	Cantidad
Acople de bastidor	1	Eje cuadrado	2
Bastidor	1	Separador	2
Perno delantero tercer punto	1	½ separador parte interna de discos	2
Tubo regulador tercer punto	1	½ separador parte externa de discos	2
Perno trasero tercer punto	1	Discos dentados	4
Base guía de cuerpo de rastra	2	Chumaceras	4
Brazo de soporte	4	Cuerpo de surcador	1

Fuente: AUTORES

Los elementos para la simulación se diseñaron mediante un software CAD (SOLIDWORKS).

El archivo fuente para llevar a la simulación ANSYS WORKBENCH tiene que estar en un formato STEP, dicho formato fue reparado mediante herramientas del complemento ANSYS SPACE CLAIM que permite corregir interferencia, contactos y así mejorar la geometría para la aplicación de cargas.

### 3.9.3.2 Análisis de mado

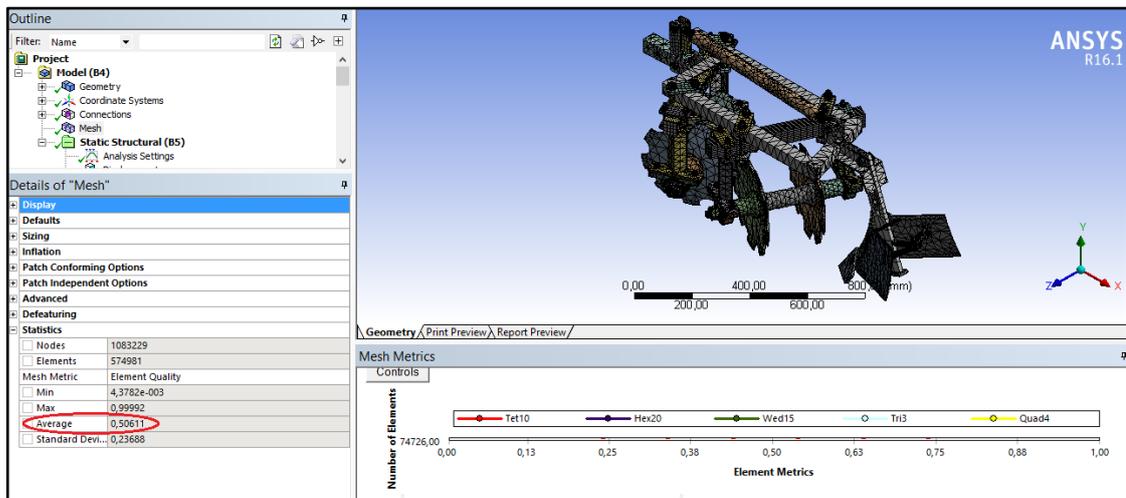


Figura 5-3: Valor promedio y elementos de mado del apero bifuncional.

Fuente: AUTORES

Mediante el análisis de mado realizado en el apero bifuncional se puede registrar un valor promedio de 0,50611 lo cual es permisible para el análisis CAE, dicho mado está conformado por los diferentes elementos de mado como son triángulos, tetraedros, cuadriláteros, hexaedros.

### 3.9.4 Simulación de cargas.

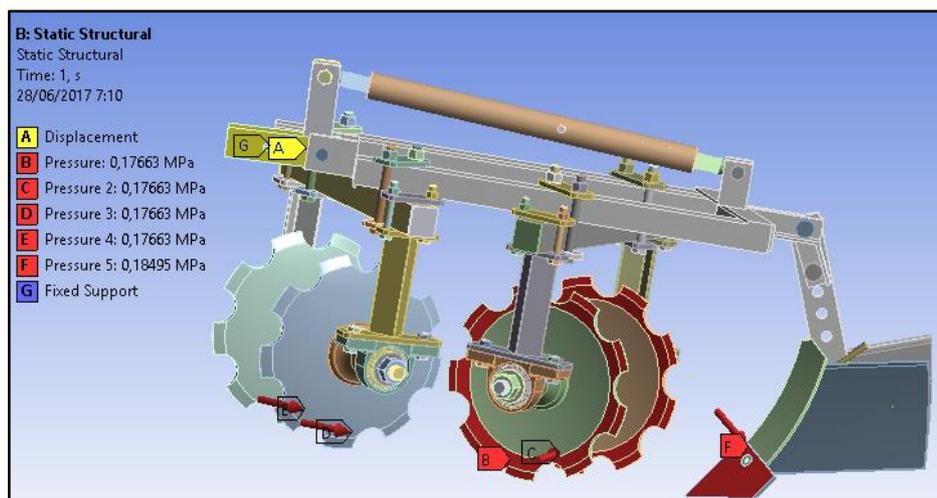
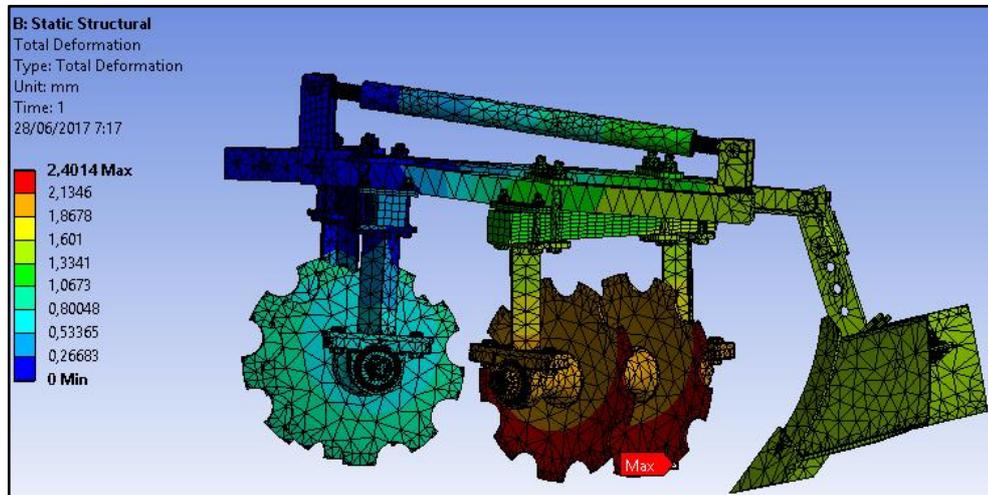


Figura 6-3: Aplicación de cargas del apero bifuncional.

Fuente: AUTORES

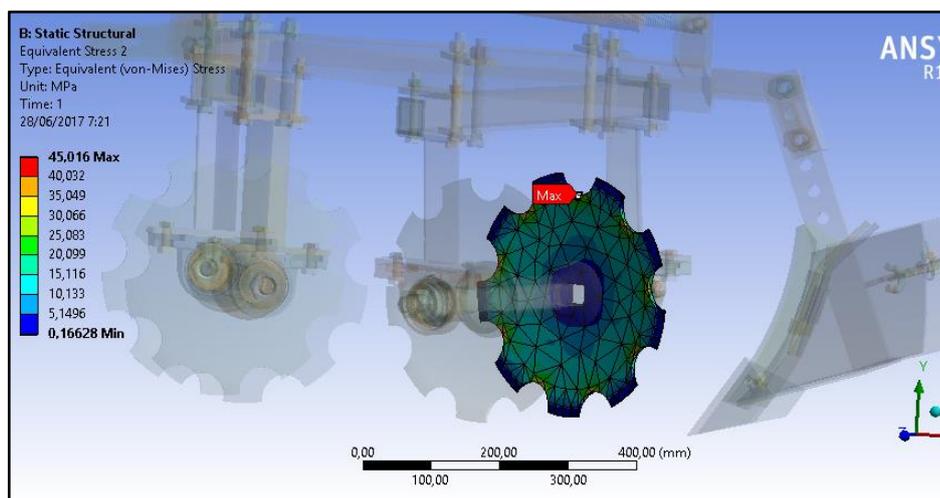
Mediante la simulación de cargas distribuidas en nuestro apero bifuncional, el primer análisis contribuye la deformación total de los elementos, el cual permite visualizar la deformación máxima que va a tener dicho conjunto de elementos, la que tiene un valor de 2,4014 mm.



**Figura 7-3:** Deformación total del apero bifuncional.

Fuente: AUTORES

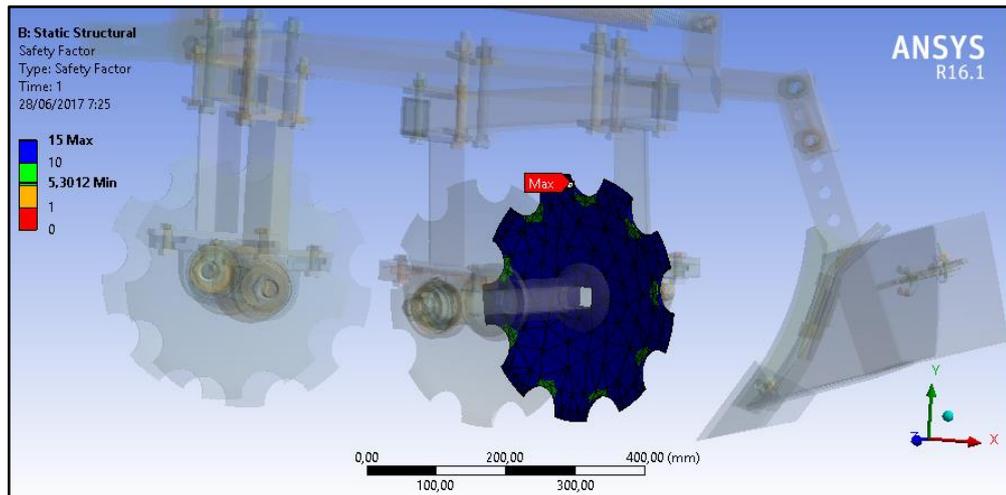
Una vez verificado el lugar donde existe la mayor deformación (Disco D), se procede a evaluar el esfuerzo máximo que soporta el mismo.



**Figura 8-3:** Análisis de Esfuerzo Von Mises del Disco Dentado “D”

Fuente: AUTORES

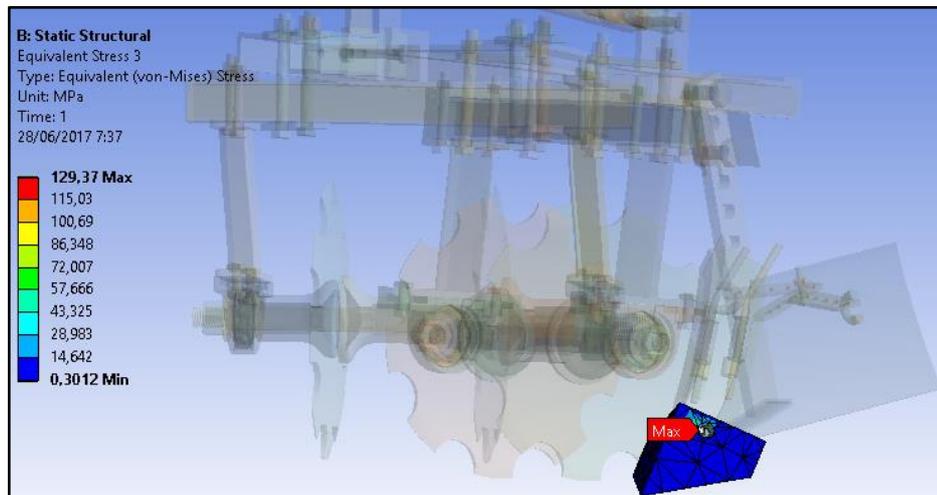
De acuerdo al esfuerzo último de tracción del material utilizado en el disco se obtiene un factor de seguridad de 5,3012 lo cual es permitido ya que existe una pequeña incertidumbre de lo que puede existir en los diferentes tipos de suelos en el que va a estar laborando dicho elemento.



**Figura 9-3:** Factor de seguridad del Disco Dentado “D”.

Fuente: AUTORES

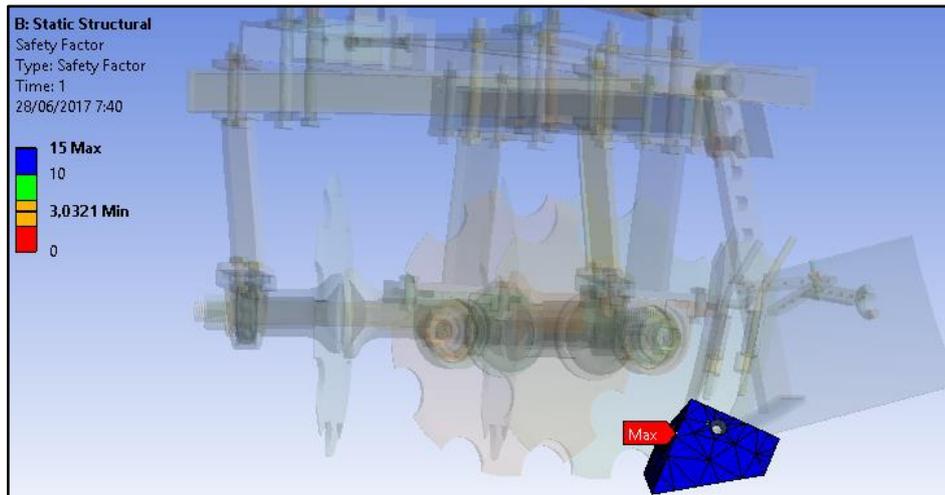
Siguiendo con el análisis realizado en el apero bifuncional, otro elemento a ser considerado es la punta del surcador en el cual se puede visualizar el esfuerzo al que va a estar sometido.



**Figura 10-3:** Análisis de Esfuerzo Von Mises de la Punta de Surcador

Fuente: AUTORES

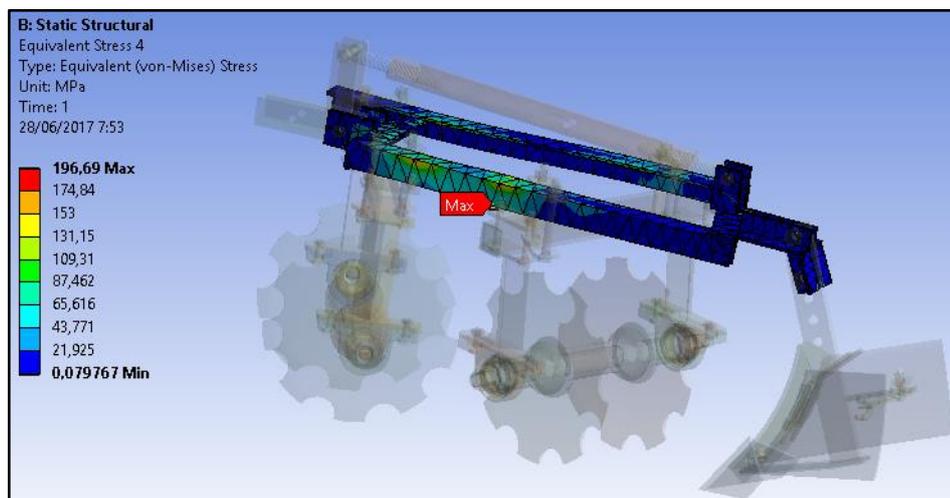
Mediante el esfuerzo último de tracción del material utilizado en la punta de surcador se obtiene un factor de seguridad de 3.0321 lo cual es permitido ya que existe una incertidumbre de lo que puede existir en los diferentes tipos de suelos en el que va a estar laborando dicho elemento.



**Figura 11-3:** Factor de seguridad de la Punta de Surcador

Fuente: AUTORES

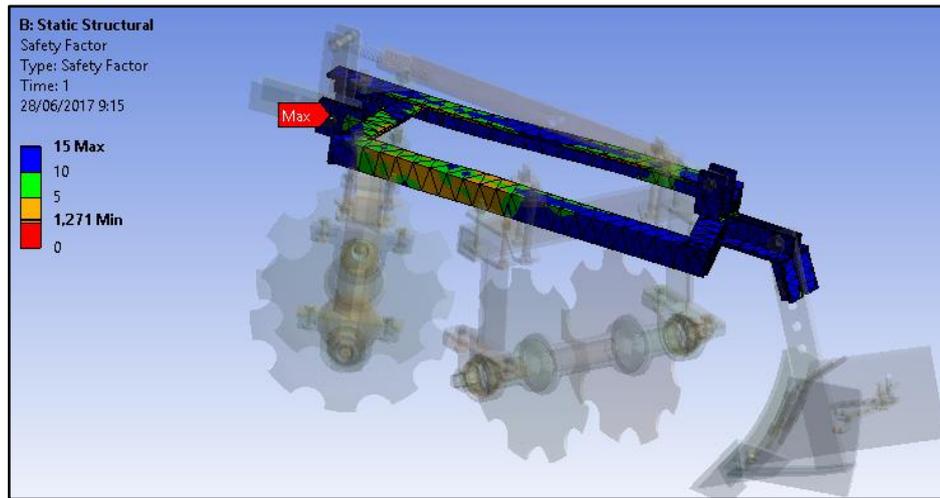
El bastidor es un elemento del apero bifuncional muy importante ya que este soporta las diferentes cargas y esfuerzos que ejercen los discos y el surcador al momento de laboreo, lo cual se procede a realizar un análisis de esfuerzo al que va a estar sometido dicho elemento.



**Figura 12-3:** Análisis de Esfuerzos Von Mises del Bastidor.

Fuente: AUTORES

Mediante el esfuerzo último de tracción del material utilizado en el bastidor se obtiene un factor de seguridad de 1,271 lo cual está cumpliendo el rango de diseño ya que es un valor mayor a 1.



**Figura 13-3:** Factor de seguridad del Bastidor.

Fuente: AUTORES

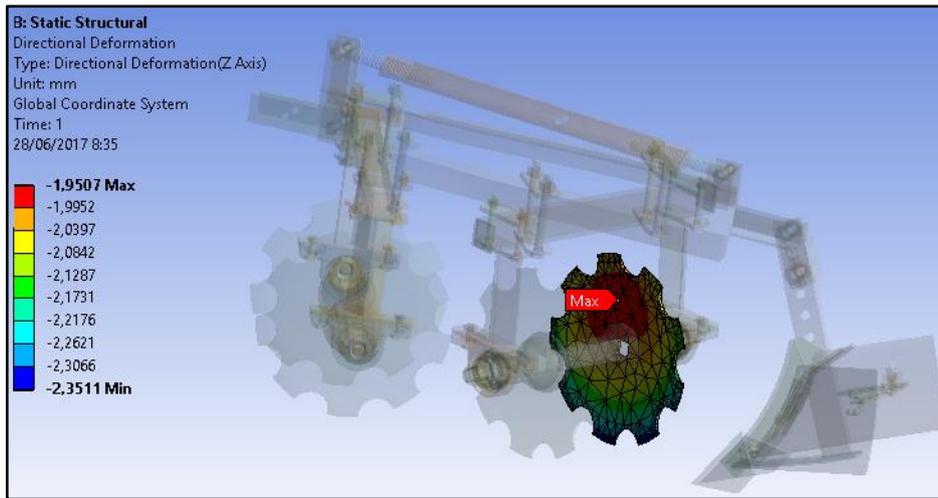
Una vez ya analizado el esfuerzo y el factor de seguridad que nos da estos tres elementos considerados importantes en nuestro apero bifuncional se realiza un análisis de deformación en las tres coordenadas (x, y, z) para realizar una comparativa de las mismas.

**Tabla 7-3.** Deformaciones del bastidor, disco dentado y punta de surcador en las coordenadas (x, y, z)

ELEMENTOS	COORDENADAS		
	X(mm)	Y(mm)	Z(mm)
DISCOS DENTADOS	0,49552	0,030967	1,9507
PUNTA DE SURCADOR	0,54684	0,217	1,4114
BASTIDOR	0,23464	0,094327	0,031573

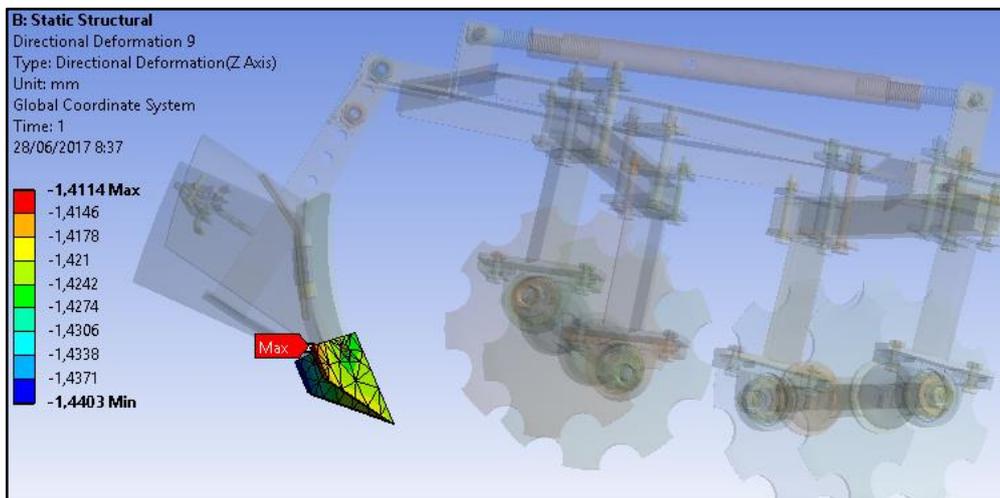
Fuente: AUTORES

Mediante la tabla de deformaciones de los elementos se interpreta que son considerables dichas deformaciones para el esfuerzo de laboreo al que van a estar sometidos, como se visualiza en los discos dentados la deformación más representativa es la de un valor de 1,9507 mm, en la punta de surcador tenemos una deformación de 1,4114 y en el bastidor tenemos una deformación de 0,23464.



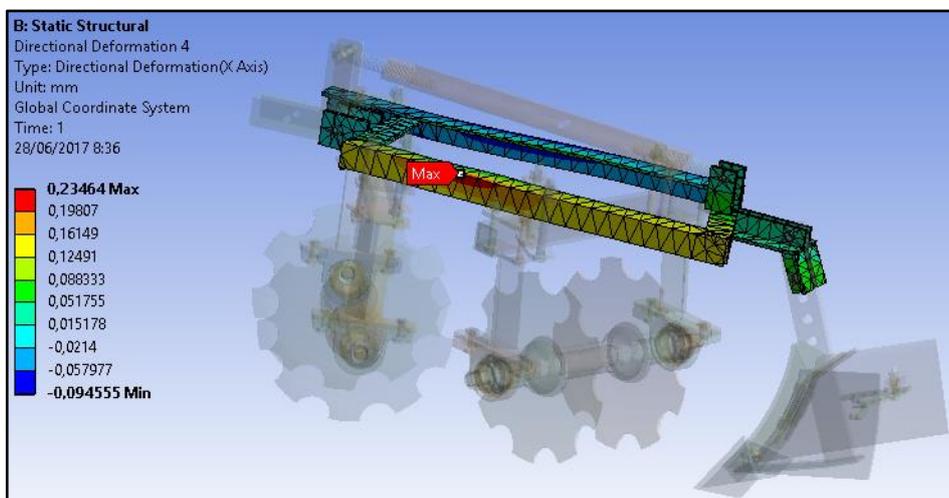
**Figura 14-3:** Deformación del Disco Dentado “D”

Fuente: AUTORES



**Figura 15-3:** Deformación de la Punta de Surcador

Fuente: AUTORES



**Figura 16-3:** Deformación del Bastidor

Fuente: AUTORES

## **CAPÍTULO IV**

### **4. NORMAS**

#### **4.1 Consideraciones ISO.**

Dentro de las consideraciones ISO o de carácter internacional en normas que se rigen a cada uno de los parámetros de diseño de maquinaria y herramientas agrícolas de la misma forma a los altos estándares de calidad que el mundo moderno pide en cada uno de sus productos de consumo y procedimientos; nos vamos a centrar en las normas referentes a **ERGONOMÍA Y SEGURIDAD EN LAS MÁQUINAS AGRÍCOLAS**.

La seguridad y la ergonomía de las herramientas agrícolas en su labor engloba a cada uno de los miembros de la cadena de consumo de la misma; estos son:

- Diseñadores.
- Fabricantes.
- Usuario.

#### **4.2 Principales normas relativas a la seguridad de las máquinas y herramientas agrícolas**

La obtención de máquinas y herramientas seguras se ha convertido en un objeto de alta prioridad, y en los últimos años se han publicado diversas normas que es importante revisar.

Existen una interrelación entre las normas de diseño y seguridad más relevantes para el área de máquinas y herramientas agrícolas, entre ellas están:

- ISO 12100 (Seguridad de la maquinaria, 2003)
- ISO 14121 (Análisis y evaluación de riesgos, 2007)
- ISO 13849 (Partes de los sistemas de mando relacionadas con la seguridad, 2003-2006)
- ISO 4254 (Maquinaria Agrícola Seguridad, 2008)

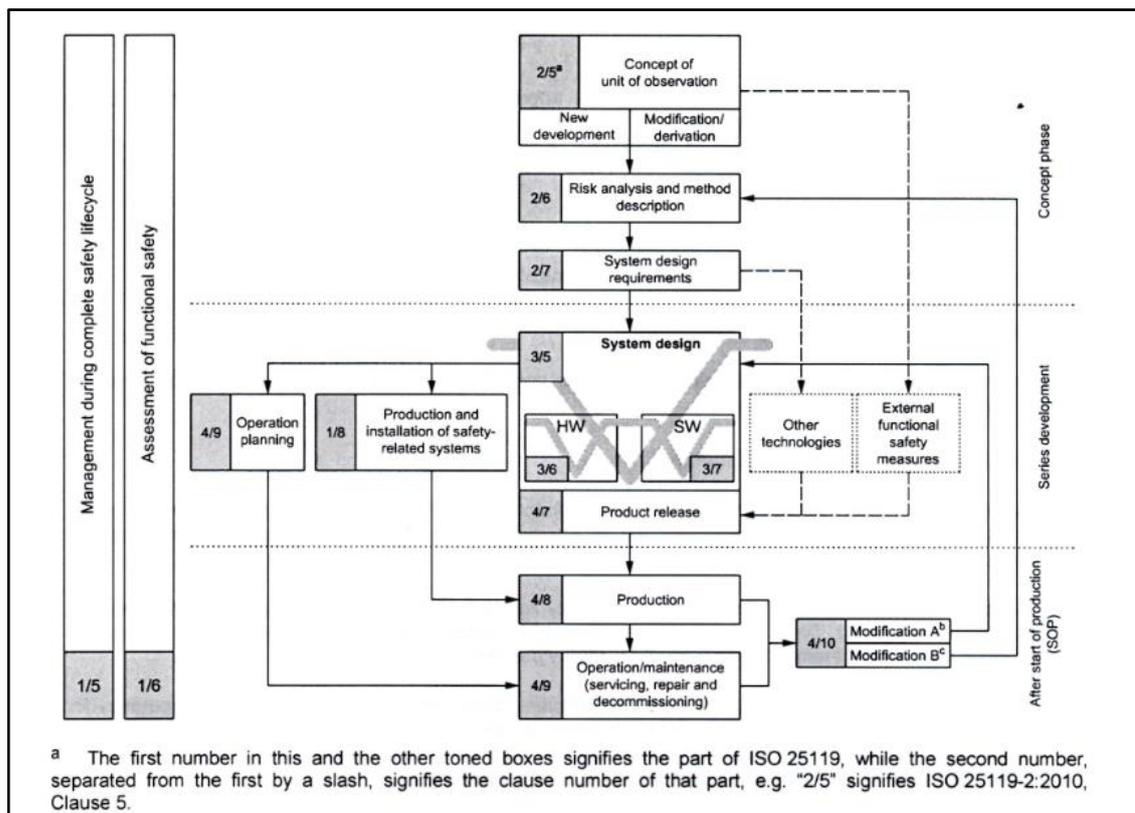
Así como para el ámbito específico de las máquinas agrícolas:

- ISO 25119 (Diseño seguro en tractores y máquinas agrícolas, 2010)

Debemos resaltar la última porque es la que nos aportara con el mayor número de criterios de diseño y autoevaluación, además de una visión global de todo el proceso en forma de análisis del ciclo de vida, desde el desarrollo conceptual a la producción en serie incluida las modificaciones que se produzcan después del inicio de la producción de nuestra propuesta tecnológica.

Ahora en lo que tiene que ver con el ámbito de aplicación de la misma establece:

Principios generales para el diseño y desarrollo de partes de sistemas de seguridad relacionadas con la seguridad en tractores utilizados en agricultura y la silvicultura, así como en máquinas automotrices montadas, semi montadas y arrastradas utilizadas en agricultura. Finalmente aclararemos la norma mediante la guía grafica que nos ayuda la ISO 25119 y que prestaremos atención.



**Figura 1-4:** Análisis Diseño según ISO 25119

Fuente: (ISO, 2010 pág. 11)

### 4.3 Fracaso sistemático en el diseño.

#### 4.3.1 *Generalidades*

Un fallo sistemático se relaciona de manera determinista con una causa determinada, que sólo puede eliminarse modificando el diseño o el proceso de fabricación, procedimientos operativos, documentación u otros factores relevantes.

#### 4.3.2 *Procedimiento para el control de fallas sistemáticas*

Se deben aplicar las siguientes medidas.

- Pérdida de potencia

El SRS debe diseñarse de manera que con la pérdida de su suministro eléctrico, se pueda lograr o mantener un estado seguro de la máquina. SRS comportamiento en respuesta a la pérdida de tensión, la sobretensión y las condiciones de bajo voltaje debe ser predeterminado para que el SRS puede lograr o mantener un estado seguro de la máquina.

Para un sistema operativo de fallo de un solo punto (por ejemplo, las categorías 3 y 4), se requiere una fuente de alimentación redundante.

- Medidas para controlar o evitar los efectos del entorno físico (por ejemplo, temperatura, humedad, agua, vibraciones, polvo, sustancias corrosivas, interferencias electromagnéticas) SRS comportamiento en respuesta a los efectos del medio físico debe ser predeterminado para que el SRS puede lograr o mantener un estado seguro de la máquina.
- Seguimiento de la secuencia del programa

Esto debe usarse con SRS que contengan software. Una secuencia de programa defectuosa existe si los elementos individuales de un programa (por ejemplo, módulos de software, subprogramas o comandos) se procesan en la secuencia o período de tiempo equivocado o si el reloj del procesador está defectuoso.

- Medidas para controlar los efectos de errores y otros efectos derivados de cualquier proceso de comunicación de datos

### 4.3.3 *Procedimiento para evitar fallas sistemáticas*

Se deben aplicar las siguientes medidas.

- Uso de materiales adecuados y fabricación adecuada

Seleccione el material, los métodos de fabricación y el tratamiento en relación, por ejemplo, con el esfuerzo, la durabilidad, la elasticidad, la fricción, el desgaste, la corrosión, la temperatura y la conductividad.

- Dimensionar y conformar correctamente

Consideremos, por ejemplo, el estrés, la deformación, la fatiga, la temperatura, la rugosidad de la superficie, las tolerancias, la fabricación.

- Selección adecuada, combinación, disposición, montaje e instalación de componentes, incluyendo cableado, cableado e interconexiones.

Aplicar las normas apropiadas y las notas de aplicación del fabricante, p. Hojas de catálogo, instrucciones de instalación, especificaciones y uso de buenas prácticas de ingeniería.

- Compatibilidad

Utilice componentes con características de funcionamiento compatibles.

- Resistencia a las condiciones ambientales especificadas

Diseñe cada SRS para que sea capaz de trabajar en condiciones ambientales especificadas, p. Temperatura, humedad, vibración y electromagnética (EMC).

Utilice componentes que estén diseñados para un estándar apropiado y tengan sus modos de fallo bien definidos.

- Diseño modularizado

Utilizar una modularización jerárquica del sistema en subunidades más pequeñas, claramente definidas, hasta el punto de que

- 1) las interfaces físicas y físicas de cada módulo se mantienen tan simple como sea posible, es decir, el número de parámetros intercambiados con otros módulos debe ser manejable y verificable, y
- 2) el número de estados relacionados con la seguridad (por ejemplo, puesta en marcha, funcionamiento, fallo, etc.) para cada módulo son manejables y verificables.

- Uso restrictivo de recursos comunes

El uso de recursos comunes, como memoria (RAM, EPROM) o particiones de memoria, de un convertidor de AID por dos y más módulos, debería

- 1) ser evitado, o
- 2) mediante interfaces normalizadas o definidas con medidas de control adecuadas

- Separación de SRS y no SRS

En el diseño del sistema, se debe decidir si es posible separar los módulos relacionados con la seguridad y no relacionados con la seguridad. Las interfaces entre los dos deben ser claramente especificadas. Una separación puede reducir considerablemente el tiempo y el esfuerzo de un desarrollo que cumpla con esta parte de ISO 25119 y reducir la complejidad general.

- Limitación del número de estados del sistema

El número de estados relacionados con la seguridad que la unidad de observación puede tener debe ser manejable y comprobable. Esto puede lograrse, por ejemplo, a través de un resumen jerárquico de estados de módulo.

- Uso de principios de diseño probados

Para reducir el riesgo de errores desconocidos y de primera vez, deben utilizarse principios de diseño probados en la preparación del concepto técnico de seguridad. Ejemplos de principios de diseño probados son:

- 1) arquitecturas de seguridad probadas, y
- 2) medidas probadas para la detección de fallas y el control de fallas.

- Uso de interfaces estandarizadas

Para reducir el riesgo de errores desconocidos y de primera vez, siempre que sea posible, las interfaces utilizadas deben definirse en normas y deberían haberse probado y probado en muchas aplicaciones.

Además, debe aplicarse una o más de las siguientes medidas, teniendo en cuenta la complejidad de la SRS y su nivel de rendimiento.

- 1) Revisión del diseño

Realizar una revisión de diseño para revelar discrepancias entre la especificación y la implementación.

- 2) Instrumentos de diseño asistidos por ordenador capaces de simular o analizar

Realice el procedimiento de diseño sistemáticamente e incluya elementos de construcción automáticos apropiados que ya están disponibles y probados. '

- 3) Simulación

Realizar una inspección sistemática y completa del diseño del SRS en términos tanto del rendimiento funcional como de la especificación correcta de los componentes.

#### **4.4 Evaluación del riesgo**

El establecimiento de los límites de la maquina implica la consideración del uso previsto y de mal uso razonablemente previsible, los modos de funcionamiento (transporte, trabajo, mantenimiento), el nivel de formación esperado de los usuarios (operadores, personal de mantenimiento, aprendices y público en general), así como los límites de espacio contemplado en la amplitud de movimiento (zonas del alcance), y las exigencias dimensionales de las personas. (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 págs. 515-518)

Para la identificación de los peligros, como fuentes de daño, es decir lesiones físicas o deterioros de la salud, hay que contemplar las operaciones y tareas que realiza la máquina, así como las que realizan las personas que interactúan con ellas, estableciendo las situaciones y eventos peligrosos, es decir las circunstancias y sucesos en los que una o varias personas están expuesta a uno o más peligros. Se definirán tanto la gravedad o severidad del daño S0 (no significativo o que solo precisa primeros auxilios), S1 (ligero o moderado con atención médica y recuperación total), S2 (severa con secuelas de por vida pero supervivencia probable) y S3 (con secuelas vitales, supervivencia incierta y/o discapacidad severa), así como la probabilidad de ocurrencia del daño: E0 (improbable, máximo una vez en la vida útil de la maquina), E1 (rara, máximo anual), E2 (alguna vez, inferior a mensual), E3 (frecuente, más de una vez al mes) y E4 (muy frecuente). (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 págs. 515-518)

El riesgo se define como la combinación de la probabilidad de que se produzca un daño junto con la gravedad del mismo; y como se ha indicado anteriormente el concepto de análisis de riesgo contempla la especificación de los límites, la identificación del peligro y la estimación del riesgo. (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 págs. 515-518)

Para la valoración del riesgo se debe considerar además la posibilidad de evitar o controlar el daño: C0 (fácilmente controlable), C1 (simplemente controlable), C2 (mayoritariamente controlable) y C3 (no evitable por el operador o el personal cercano). (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 págs. 515-518)

Todos estos términos los vemos en las tablas que la norma ISO 25119 determina en su escrito; y las presentamos:

**Tabla 1-4: Descripción de los Riesgos**

S0	S1	S2	S3
No significant injuries, requires only first aid.	Light and moderate injuries, requires medical attention, total recovery.	Severe and life-threatening injuries (survival probable), permanent partial loss in work capacity.	Life-threatening injuries (survival uncertain), severe disability.

Fuente: (ISO, 2010 pág. 05)

**Tabla 2-4: Exposición al evento peligroso**

Description	E0	E1	E2	E3	E4
Definition of frequency	Improbable (theoretically possible; once during lifetime)	Rare events (less than once per year)	Sometimes (more than once per year)	Often (more than once per month)	Frequently (almost every operation)
Definition of during $\frac{t_{exp}}{t_{avop}}$	<0,01%	0,01% to 0,1%	0,1% to 1%	1% to 10%	>10%
<i>t<sub>exp</sub>=exposure time</i>					
<i>t<sub>avop</sub>=average operating time</i>					

Fuente: (ISO, 2010 pág. 06)

**Tabla 3-4: Evitar Posibles Daños**

C0	C1	C2	C3
Easily controllable The operator or bystander controls the situation, and harm is avoided	Simply More than 99% of people control the situation. In more than 99% of the occurrences, the situation does not result in harm.	Mostly More than 90% of people control the situation. In more than 90% of the occurrences, the situation does not result in harm.	None The average operator or bystander cannot generally avoid the harm.

Fuente: (ISO, 2010 pág. 06)

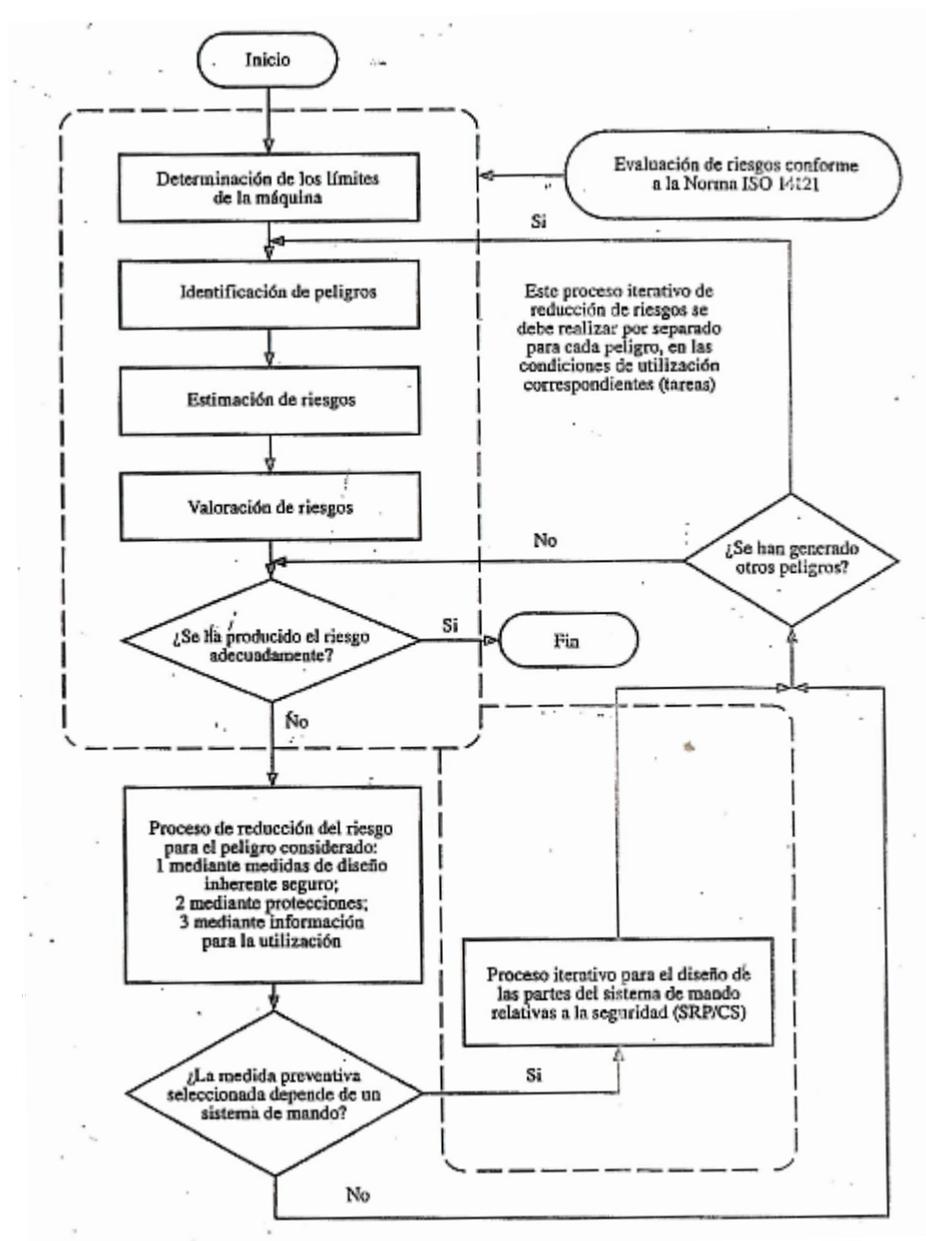
#### 4.5 Reducción del riesgo mediante información de uso

Un procedimiento básico para la reducción del riesgo en las máquinas y herramientas agrícolas es la información, por ello la norma ISO 14121-1 hace especial mención a los niveles de información que han de ser incluidos en los anuales de uso en función del perfil o rol del

usuario y operador, de la misma manera a una aprendiz o un experto. (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 pág. 519)

Así como indicaciones en relación a las etiquetas de aviso, que han de colocarse en el lugar de máximo riesgo para cada tipo de peligro. (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 pág. 519)

Las etiquetas informativas estarán constituidas de dos partes, la primera informando del tipo de peligro y la segunda indicando las recomendaciones para evitar el peligro. (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 pág. 519)



**Figura 2-4:** Evaluación de Riesgos según la norma ISO 14121

Fuente: (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 pág. 517)

## **4.6 Nivel de verificación del diseño**

De acuerdo con la norma ISO 25119 un aspecto muy importante en el diseño de la herramienta agrícola es la determinación del nivel de verificación de la seguridad que puede exigir la participación de personas ajenas al diseño, equipos de personas distintos a los diseñadores, o incluso departamentos diferentes o entidades de consultoría externas. (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 pág. 523)

## **4.7 Consideraciones INEN**

Ahora dentro de las consideraciones a nivel del ámbito ecuatoriano nos centraremos en la utilización de la norma INEN 5718; utilizamos en nuestra propuesta tecnológica por el objeto y el campo de aplicación que tiene.

### **4.7.1 Alcance de la INEN 5718**

Especificación de los discos rotativos montados, semi montados, arrastrados o autopropulsados tal como se utiliza en la agricultura.

NOTA 1: el objetivo principal de esta norma es establecer las características del material. Por lo tanto una prueba de flexión e impacto para comprobar la fragilidad y la dureza del material.

NOTA 2: esta norma nacional no especifica requisitos dimensionales.

Estas consideraciones nos recomiendan realizar los ensayos de validación del CAPITULO VI, donde encontraremos valores en las pruebas que requiere nuestra propuesta tecnológica.

## CAPÍTULO V

### 5. MANUFACTURA

#### 5.1 Planos

El diseño del apero bifuncional se realiza tomando referencia las características y condiciones de trabajo a las q va ser ejercido, para realizar la construcción se detalla mediante los planos de las piezas que conforma el mismo.

**Tabla 1-5:** Denominación y codificación de los planos del apero bifuncional

<b>Nº DE LÁMINAS</b>	<b>DESIGNACIÓN</b>	<b>CODIFICACIÓN</b>
1	Vista explosionada Apero Bifuncional	FM-CIA-AB-PR-001-2017
2	Conjunto Cuerpo de Rastra	FM-CIA-AP-PR-002-2017
3	Conjunto Surcador	FM-CIA-AB-PR-003-2017
4	Conjunto Bastidor	FM-CIA-AB-PR-004-2017
5	Base de ajuste de Bastidor y cuerpo de rastra	FM-CIA-AB-PR-001-CD23-01-2017
6	Brazo soporte	FM-CIA-AB-PR-002-CD12-02-2017
7	Separador lado interno del disco	FM-CIA-AB-PR-002-C2-03-2017
8	Discos dentado	FM-CIA-AB-PR-002-CD23-04-2017
9	Separador de discos dentados	FM-CIA-AB-PR-002-CD23-05-2017
10	Separador lado externo del disco	FM-CIA-AB-PR-002-D34-06-2017
11	Eje cuadrado de discos dentados	FM-CIA-AB-PR-002-CD23-07-2017
12	Base de ajuste del guía y brazo soporte	FM-CIA-AB-PR-002-C3-08-2017
13	Guía de soporte	FM-CIA-AB-PR-002-BC23-09-2017
14	Aleta de surcador	FM-CIA-AB-PR-003-DE12-10-2017
15	Regulador de aletas	FM-CIA-AB-PR-003-D3-11-2017
16	Pasador de aletas	FM-CIA-AB-PR-003-D34-12-2017
17	Base de surcador	FM-CIA-AB-PR-003-CD23-13-2017
18	Punta de Surcador	FM-CIA-AB-PR-003-CD12-14-2017
19	Perno delantero de tercer punto	FM-CIA-AB-PR-004-BC12-15-2017
20	Bastidor	FM-CIA-AB-PR-004-CD234-16-2017
21	Perno trasero de tercer punto	FM-CIA-AP-PR-004-CD3-17-2017
22	Tubo regulador de tercer punto	FM-CIA-AB-PR-004-BC34-18-2017
23	Acople de bastidor	FM-CIA-AB-PX-004-B12-19-2017

Fuente: AUTORES

## **5.2 Procedimientos tecnológicos**

Dentro de este apartado buscaremos la opción de manufactura más adecuado para los elementos que conforman nuestra propuesta tecnológica. Muchos criterios son puestos en discusión antes de llevar a la construcción; esto debido a las diferentes opciones que podemos tomar para la construcción.

Como bien hablamos de Diseño y Construcción están son las diferentes opciones de fabricar las principales partes y de mayor incidencia de labranza mínima que conforma nuestro prototipo; estas son:

### **5.2.1 *Alternativas para fabricar discos de los cuerpos de rastra***

- Importación de discos seleccionados al prototipo.
- Obtención de los discos mediante embutición de planchas.
- Fundición de los discos.
- Mecanización de discos.
- Corte de discos comerciales en el mercado nacional.

### **5.2.2 *Alternativas para fabricar punta de surcador***

- Fabricación mediante PLANCHA ANTIDESGASTE CHRONIT.
- Fabricación mediante material 1045 y posterior tratamiento termoquímico.

## **5.3 Evaluación de alternativas para manufactura de los discos fundidos.**

### **5.3.1 *Importación de discos seleccionados al prototipo.***

Sería la opción viable, pero aquí radica el tema de la construcción al estar importando discos nos limitamos al tema de implementar y no construir y ver las propiedades que enmarcan los discos de rastra para un trabajo adecuado.

### **5.3.2** *Obtención de los discos mediante embutición de planchas.*

La plancha ideal para elementos de movimiento de tierra es CHRONIT pero dicho material tiene un alto costo de obtención dentro de nuestro mercado; además de que es poco probable encontrar en stock y únicamente despacha planchas enteras.

Elegir otro material pero dentro de las especificaciones técnicas que encontramos no observamos alguna que este dentro de los límites de validación y homologación de herramientas e implementos agrícolas.

### **5.3.3** *Fundición de los discos.*

La fundición tiene una gran aplicación dentro del campo de fabricación de elementos; esta opción es la más viable al igual que la importación.

Resaltando nuevamente el tema de la construcción en nuestra propuesta tecnológica, la fundición nos permite elegir porcentajes muy cercanos a lo real en pruebas de material requerido para validación y homologación de herramientas e implementos agrícolas.

### **5.3.4** *Mecanización de discos.*

Volvemos a un método de manufactura en donde el procedimiento requiere de discos comerciales en nuestro mercado; al igual que la manufactura por embutición de planchas es un proceso particular donde un disco comercial adquiere el diámetro de rastra para nuestra propuesta tecnológica.

Resaltare otra vez el tema de construcción que proponemos dentro de prototipo; recae dentro de la implementación más que construcción y posterior validación y homologación de herramientas e implementos agrícolas.

### **5.3.5** *Corte de discos comerciales en el mercado nacional.*

Evaluamos las dos opciones presentes en la industria local, están son:

### **5.3.5.1** *Corte mediante plasma*

**Definición:** También denominado PAC (plasma arc cutting), separa metal empleando un arco constreñido para fundir un área localizada de la pieza de trabajo, que al mismo tiempo elimine el material derretido con un chorro de alta velocidad. (EcuRed, 2017)

Como vemos el corte por plasma funde el área de corte y para nuestra propuesta tecnológica el área de corte es la de ataque y al ser elevada su temperatura algunas características mecánicas del material se ven afectadas por este efecto de corte. Y recaemos en la implementación y no en tema de construcción de nuestra propuesta tecnológica.

### **5.3.5.2** *Corte mediante chorro de agua*

**Definición:** Consiste en un delgado pero potente chorro de agua que en algunos casos puede estar combinado con un material abrasivo, el cual impacta el elemento a cortar a altísima velocidad, provocando un fenómeno de micro-erosión, logrando de esta forma el corte. (EcuRed, 2017)

Este proceso nos permite obtener un corte perfecto en nuestro disco; pero sigue siendo una implementación y no construcción como determina nuestra propuesta tecnológica.

## **5.4 Evaluación de alternativas para manufactura de punta de surcador.**

### **5.4.1** *Fabricación mediante PLANCHA ANTIDESGASTE CHRONIT.*

Inicialmente veremos las características de la PLANCHA ANTIDESGASTE CHRONIT:

Descripción y usos: plancha de acero aleado con gran resistencia al desgaste por abrasión. Gracias a su alta dureza, composición química y tratamiento térmico de temple-revenido es ideal para aplicaciones de alto desgaste. Se emplea para equipos mineros, equipos de movimiento de tierra especialmente maquinaria e implementos agrícolas de impacto. (ABINSUR, 2017)

**Tabla 2-5:** Composición Química CHRONIT

<b>Elemento</b>	<b>Antiabrasiva 400</b>	<b>Antiabrasiva 500</b>
C	0,2	0,3
Ni	0,8	1
Si	0,5	0,5
Cr	1	1,5
Mn	1,8	1,8
V	0,08	0,08
P	0,025	0,025
Nb	0,05	0,05
S	0,01	0,01
B	0,005	0,005
Mo	0,5	0,5

Fuente: (ABINSUR, 2017)

Las propiedades de este material son excelentes para la propuesta pero el problema radica en el costo y el desperdicio de material por la condición de adquirir en planchas completas y poco probable encontrar en stock.

#### **5.4.2** *Fabricación mediante material SAE 1045 y posterior tratamiento termoquímico.*

Veamos las principales características del material; estas son:

SAE 1045 es un acero grado de ingeniería de aplicación universal que proporciona un nivel medio de resistencia mecánica y tenacidad a bajo costo con respecto a los aceros de baja aleación. (S.A, CIA. GENERAL DE ACEROS, 2017 págs. 03-06)

#### **Aplicaciones:**

Este acero de medio carbono se usa cuando la resistencia y dureza obtenidas por el tratamiento térmico, termoquímico o por deformación en frío son suficientes para satisfacer las condiciones de servicio requeridas. (S.A, CIA. GENERAL DE ACEROS, 2017 págs. 03-06)

Es ampliamente utilizado en la industria automotriz (productos, forjados y estampados). Se usa en partes de máquinas que requieren dureza y tenacidad como: manivelas, chavetas, pernos, bulones, engranajes de baja velocidad, acoplamiento, arboles, bielas, cigüeñales, ejes de máquina de resistencia media, piezas de armas, cañones de fusiles, espárragos, barras de

conexión, tornillería grado 5, pernos de anclaje, fabricación de herramientas agrícolas, mecánicas y de mano forjadas de todo tipo como; hachas, azadones, rastrillos, picas, martillos, palas, barretones, llaves, etc. (S.A, CIA. GENERAL DE ACEROS, 2017 págs. 03-06)

#### 5.4.2.1 *Composición química SAE 1045.*

**Tabla 3-5:** Composición Química SAE 1045

<b>COMPOSICIÓN QUÍMICA</b>	<b>C%</b>	<b>Mn%</b>	<b>P máx. %</b>	<b>S máx. %</b>	<b>Si máx. %</b>
Análisis Típico en %	0,43-0,50	0,6-0,9	0,04	0,05	0,2-0,4

Fuente: (S.A, CIA. GENERAL DE ACEROS, 2017 pág. 03)

El material demuestra características adecuadas para la propuesta tecnológica; acotando a todo lo demás un tratamiento ayudara en la validación y homologación de máquinas e implementos agrícolas en las pruebas de las mismas.

### 5.5 **Manufactura de la elección en la construcción de discos de rastra**

Evaluando lo expuesto anteriormente elegimos la FUNDICION DE LOS DISCOS; por las prestaciones que este proceso nos brinda.

Ahora procedemos a la fabricación de los mimas; con ayuda e investigación previa llegamos a la manufactura de los mimas con el siguiente proceso que evidenciaremos con fotografías y evaluaremos en dos aspectos: pruebas de materiales y el de trabajo en campo con la propuesta tecnológica en jornada laboral.

Detallando el proceso; tenemos:

Al no tener un disco de 14 pulgadas a disposición de nosotros recurrimos al uso de un disco de un arado de 21 pulgadas; esto con el fin de tener la concavidad y modelar en arena para obtener el primer molde de aluminio.

Este proceso nos llevó a cubrir de arcilla el disco de 21 pulgadas con el único objetivo de acoplar la superficie al molde de arena y cubrir imperfecciones.



**Figura 1-5:** Disco de Arado 21” Previo Molde

Fuente: AUTORES



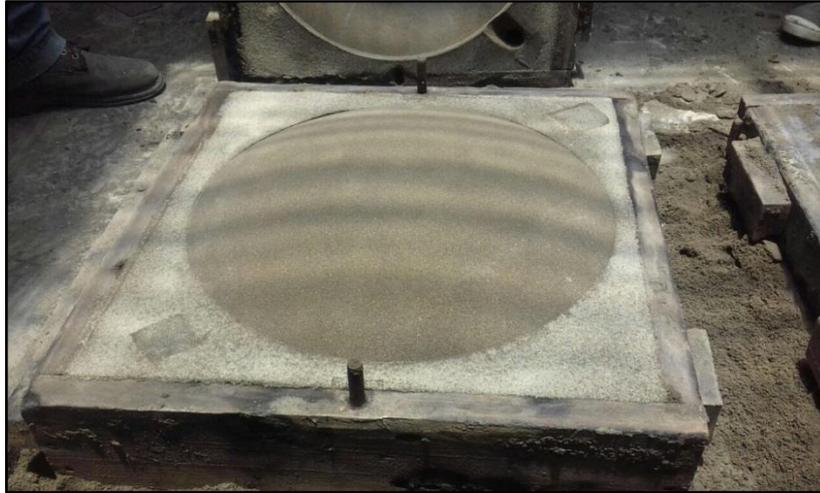
**Figura 2-5:** Recubrimiento Arcilla Disco Arado 21”

Fuente: AUTORES

Una vez establecido el primer molde mediante el uso de un disco de arado de 21” procedimos en obtener el molde para la fundición en aluminio del primer molde a mecanizar y conseguir las medidas y especificaciones que manifiesta la propuesta tecnológica; estas características que hablamos son:

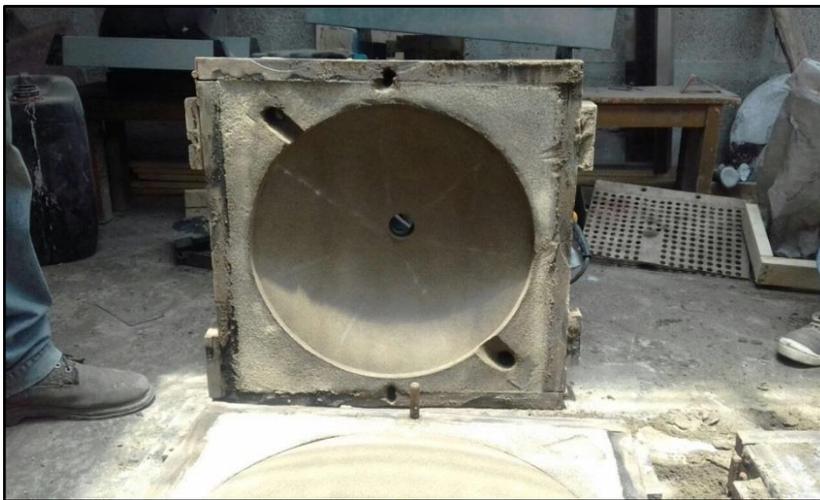
- Diámetro de 14”
- Concavidad de disco.
- Discos dentados

Estas condiciones obtendremos en el molde una vez mecanizado el mismo; esa así que logramos y evidencias este procedimiento.



**Figura 3-5:** Parte inferior de caja de molde en arena para disco de aluminio.

Fuente: AUTORES.



**Figura 4-5:** Parte superior de caja de molde en arena para disco de aluminio

Fuente: AUTORES



**Figura 5-5:** Molde de Aluminio de 21" previo mecanizado

Fuente: AUTORES



**Figura 6-5:** Matriz de Aluminio Mecanizado a especificaciones de la propuesta tecnológica

Fuente: AUTORES

Apreciamos que obtendremos después de todo este proceso un molde permanente que funcionara como universal para la fabricación por fundición de discos de rastra de 14", cóncavos y dentados; así que procedemos de la misma forma.

Dando como resultado después de haber pasar por el proceso de fundición los discos que necesitamos para la propuesta tecnológica de discos de rastra.



**Figura 7-5:** Discos Fundidos de 14"

Fuente: AUTORES

Como procedimiento final mecanizamos estos discos para darles la forma que previamente tenemos diseñado mediante CAD; cabe resaltar que finalizado este proceso procederemos a los ensayos que validen el disco tanto en material como en trabajo.



**Figura 8-5:** Disco De Rastra Terminado

Fuente: AUTORES

## 5.6 Manufactura de la elección en la construcción de punta de surcador

La punta de surcador es la principal parte del implemento agrícola que está sometida al esfuerzo a todo el esfuerzo de labranza de tierra; por esto se observa de manera importante el enfoque en priorizar la manufactura de este elemento.

Esto nos llevó a manufacturar otorgando más recursos a esta parte del surcador. Finalmente elegimos darle un tratamiento termoquímico conocido como cementación.

El surcador se llevó con normalidad la construcción bajo procesos normales.



**Figura 9-5:** Fabricación del Cuerpo Surcador

Fuente: AUTORES



**Figura 10-5:** Cuerpo del Surcador

Fuente: AUTORES



**Figura 11-5:** Aletas de Surcador

Fuente: AUTORES



**Figura 12-5:** Doblado de Aletas Surcador

Fuente: AUTORES

Al finalizar la construcción de cada parte que forma el conjunto de Surcadora, ensamblamos. De igual forma este elemento se sometió a pruebas de materiales y en trabajo de campo.



**Figura 13-5:** Surcador con Punta Cementada

Fuente: AUTORES

## CAPÍTULO VI

### 6. ENSAYOS Y MANUALES

#### 6.1 Ensayos de validación

En este capítulo conocemos las pruebas que se realizaron a la propuesta tecnológica, al mismo tiempo conoceremos resultados de las pruebas en campo, rendimientos y datos técnicos que obtenemos una vez terminado las pruebas que sustente las mismas.

##### 6.1.1 *Pruebas de materiales*

Nuestro diseño llevo a tener la necesidad de realizar pruebas al material de fundición y al material que por motivos de diseño llevaron a un tratamiento termoquímica de cementación, obteniendo datos técnicos que mostramos.

Antes de ello, es necesario conocer las definiciones de las pruebas y tratamientos que realizamos; estas son:

##### 6.1.1.1 *Prueba de metalografía.*

La metalografía es una disciplina de la ciencia que se encarga de examinar y determinar los componentes en una muestra de metal, haciendo uso de Varios niveles de magnificación que pueden ir desde 20x hasta 1000 000x. También se conoce como el proceso entre la preparación de una muestra de metal y la evaluación de su microestructura. ( ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO, 2011 pág. 05)

##### 6.1.1.2 *Prueba de espectrometría de plasma de corriente continua (DCP)*

Un plasma de corriente continua se crea por una descarga eléctrica entre dos electrodos. Es necesario un gas de apoyo al plasma, y el más común es el argón. Las muestras pueden ser depositadas en uno de los electrodos. (ESPECTROMETRÍA, 2017)

### 6.1.1.3 *Ensayo de dureza Rockwell*

Se mide la profundidad de la huella mediante máquinas de precisión llamadas durómetros. Se usan penetradores y fuerzas normalizadas para cubrir un amplio espectro de materiales, y cada combinación recibe una letra, de las cuales las más frecuentes son las escalas Rockwell B con una bola de acero y la Rockwell C con un cono de diamante; usamos la Rockwell C en nuestra propuesta tecnológica. (JUNTA DE ANDALUCÍA, 2017)

## 6.2 **Procedimiento de ensayos de materiales**

El procedimiento resulta sencillo; se toma muestra de material del material fundido en el caso de los discos y por otro lado la punta del surcador se somete directamente a las pruebas por el fácil manejo como probeta en ensayos.

Particularmente los discos tiene un disco solo para pruebas de materiales, de esta manera es fácil acceder a cualquier información que se quiera obtener del material.



**Figura 1-6:** Disco de Rastra para Pruebas

Fuente: AUTORES

Por este disco tomamos muestra para el ensayo de dureza y para las pruebas de espectrometría y metalografía se toma el material que se forma en la mazarota de la fundición. Es así que procedemos a regirnos al procedimiento de cada ensayo.



**Figura 2-6:** Preparación de Probetas para Ensayo Espectrometría y Metalografía (Discos)

Fuente: AUTORES



**Figura 3-6:** Probeta Ensayo Dureza (Discos)

Fuente: AUTORES



**Figura 4-6:** Preparación de Probeta para Ensayos de Espectrometría, Metalografía y Dureza (Punta Surcador)

Fuente: AUTORES

## 6.3 Resultados

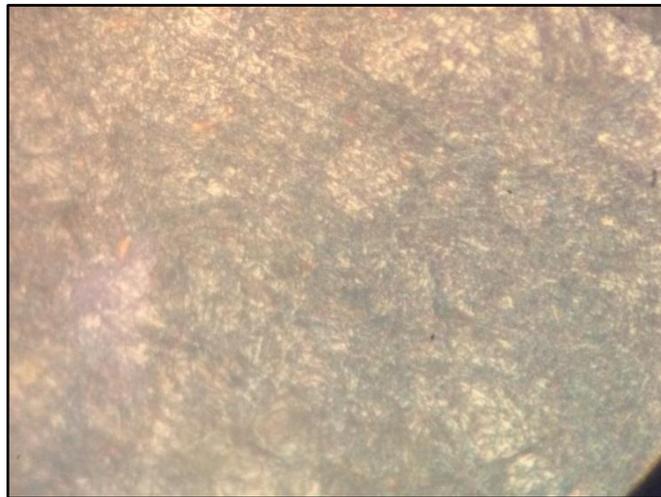
### 6.3.1 Prueba de metalografía

Los resultados que presentamos son los que hemos obtenido en laboratorios de materiales de la Facultad de Mecánica de le ESPOCH; y son los siguientes:

**Tabla 1-6:** Resultados Metalográficos Punta del Surcador

<b><i>PUNTA DEL SURCADOR</i></b>		<b>RESULTADO</b>	<b><i>Martensita</i></b>
<b>AUMENTO</b>	100x	200x	500x
<b>IMAGEN DE ENSAYO</b>	Figura 1-6	Figura 2-6	Figura 3-6

Fuente: AUTORES



**Figura 5-6:** Martensita 100X

Fuente: AUTORES



**Figura 6-6:** Martensita 200X

Fuente: AUTORES



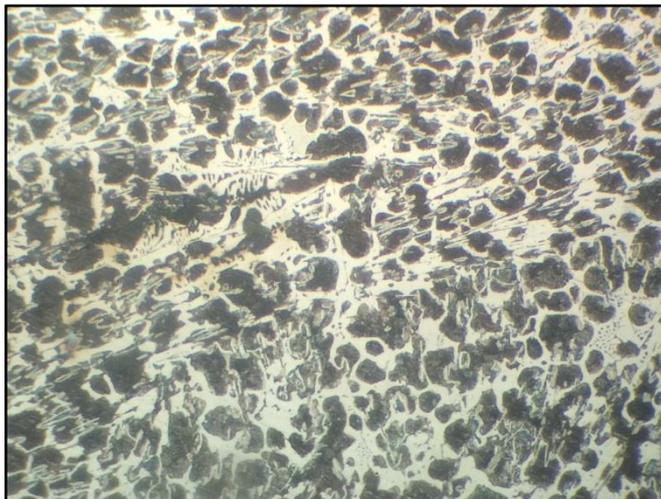
**Figura 7-6:** Martensita 500X

Fuente: AUTORES

**Tabla 2-6:** Resultados Metalográficos Discos Fundidos

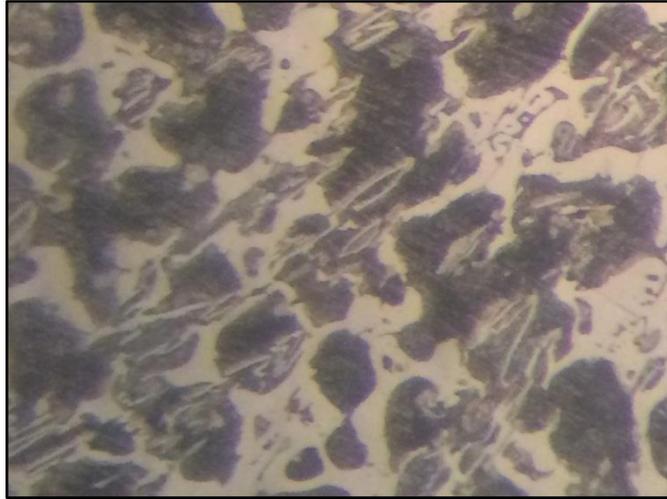
<b><i>DISCO FUNDIDO</i></b>		<b>RESULTADO:</b> <i>Perlita + Cementita</i>	
<b>AUMENTO</b>	100x	200x	500x
<b>IMAGEN DE ENSAYO</b>	Figura 4-6	Figura 5-6	Figura 6-6

Fuente: AUTORES



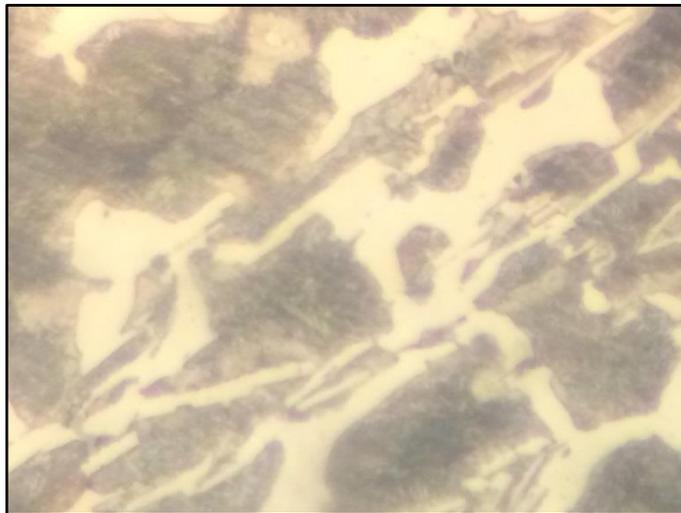
**Figura 8-6:** Perlita + Cementita a 100X

Fuente: AUTORES



**Figura 9-6:** Perlita + Cementita a 200X

Fuente: AUTORES



**Figura 10-6:** Perlita + Cementita a 500X

Fuente: AUTORES

### **6.3.2** *Prueba de espectrometría de plasma de corriente continua (DCP)*

Los resultados que presentamos son los que hemos obtenido en laboratorios de materiales de la Facultad de Mecánica de le ESPOCH; y son los siguientes:

### 6.3.2.1 Reporte espectrometría discos fundidos

Bruker Analysis Report					
Sample:					
Analysis Time: 11.05.2017 12:01:45			Method: Fe120		
	C [%]	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]
∅	3,278	0,420	0,249	0,140	>0,180
	Cr [%]	Mo [%]	Ni [%]	Cu [%]	Al [%]
∅	0,328	0,038	0,157	0,410	0,0048
	Co [%]	Mg [%]	Nb [%]	Ti [%]	V [%]
∅	0,012	<0,0020	<0,0050	0,0087	<0,0030
	W [%]	B [%]	Sn [%]	Fe [%]	
∅	<0,0100	0,0035	0,011	94,73	

Figura 11-6: Reporte Espectrometría Discos Fundidos

Fuente: AUTORES

### 6.3.2.2 Reporte espectrometría punta de surcador

Bruker Analysis Report					
Sample:					
Analysis Time: 08.05.2017 17:52:46			Method: Fe110		
	C [%]	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]
∅	0,558	0,144	0,688	<0,0030	0,023
	Cr [%]	Mo [%]	Ni [%]	Cu [%]	Al [%]
∅	0,116	0,050	0,078	0,200	0,011
	Co [%]	Nb [%]	Ti [%]	V [%]	W [%]
∅	0,0069	<0,0050	0,0023	0,0058	<0,020
	B [%]	Sn [%]	Fe [%]		
∅	0,0011	0,010	98,09		

Figura 12-6: Reporte Espectrometría Punta de Surcador

Fuente: AUTORES

### 6.3.3 Ensayo de dureza Rockwell C

Los resultados que presentamos son los que hemos obtenido en laboratorios de materiales de la Facultad de Mecánica de le ESPOCH; y son los siguientes:

**Tabla 3-6:** Resultados Ensayo Dureza Discos Fundidos

DISCOS FUNDIDOS	ESCALA USADA:	ROCKWELL C	
RESULTADOS:	40 HRC	TOLERANCIA:	± 2 HRC

Fuente: AUTORES

**Tabla 4-6:** Resultados Ensayo Dureza Punta de Surcador

PUNTA SURCADOR	ESCALA USADA:	ROCKWELL C	
RESULTADOS:	55 HRC	TOLERANCIA:	± 2 HRC

Fuente: AUTORES

### 6.4 Efectos de los elementos de aleación de acero.

Cada elemento químico aporta una característica a las aleaciones en el acero; de esta manera la Tabla 5-6 es clara en cada característica que dichos elementos aportan.

**Tabla 5-6:** Efecto de los Elementos en Aleaciones

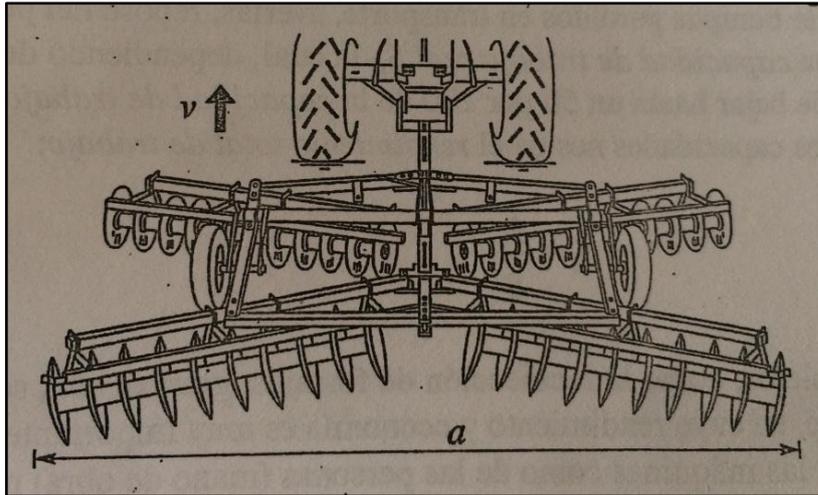
Efecto	Carbono	Cromo	Cobalto	Plomo	Manganeso	Molibdeno	Níquel	Fosforo	Silicio	Azufre	Tungsteno	Vanadio
Aumenta la resistencia a la tensión	X	X			X	X	X					
Aumenta la dureza	X	X										
Aumenta la resistencia al desgaste	X	X			X		X				X	
Aumenta la templabilidad	X	X			X	X	X					X
Aumenta la ductilidad					X							
Aumenta el limite elástico		X				X						
Incrementa la resistencia a la oxidación		X					X					
Incrementa la resistencia a la abrasión		X			X							
Incrementa la tenacidad		X				X	X					X
Incrementa la resistencia al impacto		X					X					X



**Tabla 6-6:** Velocidades de Trabajo Típicas para Diversas Máquinas

	<b>Intervalo (km/h)</b>	<b>Velocidad (km/h)</b>
<b>LABOREO</b>		
Subsolador	4 a 8	6
Cultivador Rotativo Accionado	2 a 8	6
Cultivador en Línea	5 a 11	8
Grada de Discos	5 a 10	9
Arado (Discos o Vertedera)	5 a 9	7
Cilindro Desterronador	7 a 12	10
Grada Rotativa de Estrellas	8 a 16	13
Cultivador de Púas	8 a 13	11
Fresadora	2 a 7	5
<b>ABONADO</b>		
Abonadora Centrífuga	8 a 16	11
Distribuidor de Estiércol	5 a 8	7
<b>SIEMBRA</b>		
A Chorrillo	6 a 10	8
<b>MONOGRANO</b>		
Maíz	5 a 9	7
Resto, incluido hortícolas	4 a 7	6
<b>TRATAMIENTOS</b>		
Pulverizador	5 a 11	9
<b>RECOLECCIÓN</b>		
Barra Guadañadora	4 a 8	7
Segadora Rotativa	8 a 16	11
Segadora Acondicionadora	6 a 10	8
Rastrillo	5 a 11	8
Hileradora	6 a 11	9
Picadora de Cuchillas	4 a 7	6
Empacadora	5 a 10	8
Cosechadora de Cereales Grano	3 a 6,5	5
Cosechadora de Remolacha	6 a 8	7
Cosechadora de Patatas	3 a 6	4

Fuente: ANUARIO DE LA ASABE



**Figura 13-6:** Anchura y Velocidad de Trabajo

Fuente: (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 pág. 21)

**6.5.1.1** *Cálculo de la capacidad de trabajo teórica y tiempo eficaz del apero bifuncional.*

Usando los siguientes datos:

- **Tabla 6-6:** *Velocidades de Trabajo Típicas para Diversas Máquinas*
- Ancho de Apero Bifuncional 0,75 m

Y aplicando las fórmulas:

La capacidad de trabajo teórica:

$$S_t = \frac{a \cdot v}{10} \text{ (ha/h)} \quad (17)$$

Para  $a$  (m) y  $v$  ( $\frac{km}{h}$ )

- El tiempo eficaz  $TE$  es el inverso de  $S_t$ :

$$TE = \frac{1}{S_t} \text{ (h/ha)} \quad (18)$$

Dádonos una eficiencia teórica:

**Tabla 7-6:** Capacidad de Trabajo Teórica Apero Bifuncional

Intervalo (Km/h)	Trabajo Teórico (ha/h)
5	0,375
6	0,45
7	0,525
8	0,6
9	0,675
10	0,75

Fuente: AUTORES

Dándonos un tiempo eficaz:

**Tabla 8-6:** Tiempo Eficaz Apero Bifuncional

Intervalo (Km/h)	Tiempo Eficaz (h/ha)
5	2,67
6	2,22
7	1,9
8	1,67
9	1,48
10	1,33

Fuente: AUTORES

### 6.5.2 La capacidad de trabajo efectiva $S_e$

Es menor en la utilización práctica de la máquina como consecuencia de los tiempos gastados en las vueltas en las cabeceras, recubrimientos, carga y descarga de los productos, etc. Resulta así evidente la ventaja de parcelas grandes, especialmente las rectangulares alargadas, y una correcta organización de las labores para obtener buenos rendimientos. El cociente entre la capacidad de trabajo efectiva  $S_e$  y la capacidad de trabajo teórica  $S_t$  nos da el rendimiento efectivo o de campo. (CAÑAVATE ORTIZ, 2012 pág. 22)

$$n_e = \frac{S_e}{S_t} \quad (19)$$

Consecuentemente:

$$S_e = \frac{a*v}{10} * n_e \text{ (ha/h)} \quad (20)$$

La inversa de esta variable es el tiempo efectivo de operación:

$$t_e = \frac{1}{S_e} (h/ha) \quad (21)$$

**Tabla 9-6:** Valores de Rendimiento Efectivo

	<b>ne (%)</b>
Laboreo (arados, gradas, cultivadores)	70-90
Fertilización de cultivos en líneas	60-75
Siembra de Cultivos en Líneas	60-80
Pulverización	50-80
Recolección con cosechadora de Grano	65-80
Recolección de Maíz	60-80
Recolección de Algodón	60-75
Siega de Heno	75-85
Acordonado del Heno	75-90
Empacado (Descarga en el Suelo)	60-85
Empacado (Descarga en Remolque)	55-70
Recogida-Picado de Heno	50-75

Fuente: Anuario de la ASABE

**6.5.2.1** *Cálculo de la capacidad de trabajo efectiva y tiempo efectivo de operación del apero bifuncional.*

Usando los siguientes datos:

- **Tabla 7-6:** Capacidad de Trabajo Teórico Apero Bifuncional
- **Tabla 9-6:** Valores de Rendimiento Efectivo

Y aplicando las fórmulas:

- Capacidad de trabajo efectiva:

$$S_e = \frac{a*v}{10} * n_e (ha/h) \quad (22)$$

- Tiempo efectivo de operación:

$$t_e = \frac{1}{S_e} (h/ha) \quad (23)$$

Dándonos una capacidad de trabajo efectiva:

Usando la media para el  $n_e$  de Laboreo (arados, gradas, cultivadores); 80% nos da los siguientes resultados.

**Tabla 10-6:** Capacidad de Trabajo Efectivo

$n_e$	80%
Intervalo (Km/h)	Trabajo Efectivo (ha/h)
5	0,3
6	0,36
7	0,42
8	0,48
9	0,54
10	0,6

Fuente: AUTORES

Dándonos tiempo efectivo de operación:

**Tabla 11-6:** Tiempo Efectivo de Operación

Intervalo (Km/h)	Tiempo Efectivo Operación (h/ha)
5	3,33
6	2,78
7	2,38
8	2,08
9	1,85
10	1,67

Fuente: AUTORES

**6.5.2.2** *Cálculo de la capacidad de trabajo teórica, tiempo eficaz, capacidad de trabajo efectiva y tiempo efectivo de operación del apero bifuncional con datos de prueba de campo*

El primer paso es obtener los tiempos en pruebas de campo, para obtener las velocidades bajo la condición de movimiento rectilíneo uniforme:

**Tabla 12-6:** Muestra de Tiempos en Campo

Marcha Motocultor YTO DF 15L	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo Promedio
1ra	01:43,8	01:40,9	01:46,7	01:43,8
2da	01:00,2	01:04,3	01:02,7	01:02,4
3ra	00:35,9	00:34,5	00:35,6	00:35,3

Fuente: AUTORES

**Tabla 13-6:** Velocidades Prueba Campo

<b>Marcha</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Tamaño Amelga (m)</b>	<b>Velocidad (m/s)</b>	<b>Velocidad (km/h)</b>
1ra	01:43,8	26	0,25048	0,90173
2da	01:02,4	26	0,41667	1,5
3ra	00:35,0	26	0,73654	2,65154

Fuente: AUTORES

Esto nos da los siguientes resultados, considerando el mismo método de cálculo que los valores establecidos por ASABE:

**Tabla 14-6:** Resultados Capacidades y Rendimientos Pruebas de Campo

<b>Marcha / Velocidad</b>	<b>1ra/0,90173</b>	<b>2da/1,5</b>	<b>3ra/2,65154</b>
Capacidad de Trabajo Teórica (ha/h)	0,0676	0,1125	0,1988
Tiempo Eficaz (h/ha)	14,7863	8,8889	5,0302
Capacidad de Trabajo Efectiva (ha/h)	0,05408	0,09	0,15904
Tiempo Efectivo (h/ha)	18,4911	11,1111	6,2877

Fuente: AUTORES

## **6.6 Manual de operación y mantenimiento**

### **6.6.1** *Manual de operación*

El apero bifuncional es una herramienta para labrar la tierra de cultivos, este puede trabajar utilizando los dos tipos de funcionalidad o también puede hacerlo de forma individual; mediante este apero se va a optimizar el tiempo laboral, lo cual nos permite reducir el costo de trabajo.

### **6.6.2** *Ajustes de operación del Aperó Bifuncional.*

#### **6.6.2.1** *Ajuste del Bastidor.*

El bastidor es el elemento más importante del apero bifuncional, por lo cual debe ser regulado de la forma adecuada para que nos permita tener una buena ergonomía de laboreo.

### **6.6.2.2** *Método de ajuste*

- Acoplar el Bastidor con el pivote o barra de tiro, y realizar el ajuste del perno de sujeción.
- Regular el tercer punto según el operador lo requiera.
- Regular los brazos sujetadores a la altura que estableció el tercer punto.
- Ajustar los pernos de los brazos sujetadores entre el bastidor del apero y el bastidor de manubrios del motocultor.

### **6.6.2.3** *Ajuste de los cuerpos de rastra.*

El ajuste de los cuerpos de rastra, se debe realizar de forma adecuada, ya que el trabajo de las mismas depende de la inclinación que se les puede dar.

### **6.6.2.4** *Método de ajuste.*

- Aflojar las tuercas que acopla el bastidor con los cuerpos de rastra.
- Inclinarse el cuerpo delantero (20° a 30°) referente al bastidor.
- Ajustar las tuercas que acoplan el bastidor con el cuerpo delantero de la rastra.
- Inclinarse el cuerpo posterior formando un ángulo de 50° con referencia al primer cuerpo de rastra.
- Ajustar las tuercas que acoplan al bastidor con el cuerpo posterior de la rastra.

**NOTA:** Los discos de rastra posterior deben quedar proyectado su ataque entre los discos delanteros, yendo colocados en sentido opuesto.

### **6.6.3** *Ajuste de surcador.*

El ajuste del surcador debe ser realizado según el trabajo que vaya a ejecutar, ya que se debe tomar en cuenta la profundidad y el ancho de surco requerida.

#### **6.6.3.1** *Método de ajuste.*

- Ajustar los pernos de la punta de surcador.
- Regular el ancho de las aletas mediante las regletas reguladoras de la misma y de la base de surcador.

- Ajustar el perno que une las regletas reguladoras.
- Acoplar al bastidor con referencia a la profundidad que se requiere que trabaje.
- Colocar los pasadores de sujeción entre el bastidor y el surcador.

#### **6.6.4** *Recomendaciones de operación.*

- Verificar que los acoples estén debidamente ajustados o asegurados para evitar cualquier accidente.
- Visualizar que el estado de los discos sea el óptimo para realizar las labores.
- Comprobar que las chumaceras se encuentren lubricadas.

### **6.7** **Manual de mantenimiento**

El mantenimiento que se dé al apero bifuncional va ayudar a extender el ciclo de vida útil, lo cual recomendable seguir estas indicaciones de mantenimiento:

#### **6.7.1** *Mantenimiento en el cuerpo de rastra.*

- Revisar el estado y apriete de las tuercas y pernos cada diez horas o después de una jornada laboral.
- En las chumaceras se debe lubricar de forma frecuente.
- Limpiar los discos de rastra después de la jornada de trabajo.

**Nota:** Dependiendo de los terrenos en que se va a laborar en necesario lubricar las chumaceras hasta tres veces al día en casos extremos.

#### **6.7.2** *Mantenimiento de surcador.*

- Revisar los aprietes y estado de los pernos y tuercas después de una jornada laboral.
- Limpiar los elementos del surcador después de la jornada laboral.

## CAPÍTULO VII

### 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 7.1 Conclusiones.

- Se diseñó un apero bifuncional mediante un software CAD (SolidWorks), el cual está conformado por dos cuerpos de rastra y un surcador, para los cuales se realiza un análisis y validación en un software CAE (ANSYS WORKBENCH) para visualizar los esfuerzos al que va estar sometido y así validar la geometría de diseño.
- EL disco manufacturado por el proceso de fundición brinda las características iniciales óptimas de laboreo (se realizó un prototipo no se puede sacar conclusiones a futuro sobre las prestaciones mecánicas del mismo) al que va estar sometido, el cual se analiza con un software CAE para lograr validar los requerimientos de la propuesta tecnológica mediante el Esfuerzo de Von Mises, factor de seguridad y las deformaciones, con las condiciones topográficas más fuertes que tiene la Provincia de Chimborazo.
- La ergonomía de laboreo que brinda la propuesta tecnológica fue satisfactoria (se realizó un prototipo no se puede sacar conclusiones a futuro sobre las prestaciones ergonómicas del mismo), la cual se logra verificar mediante las pruebas de campo realizadas de manera particular en el Cantón Chambo, para reducir el cansancio que ejercía trabajar en el motocultor YTO DF-15L con herramientas afines a la misma.
- Los ensayos de los materiales de la propuesta tecnológica permite realizar la analogía entre las propiedades mecánicas de la biblioteca virtual de materiales de ANSYS WORKBENCH y los materiales que se utiliza en la manufactura del Apero Bifuncional permitiendo validar los resultados de la simulación.

## **7.2 Recomendaciones**

- Realizar un estudio dinámico y estático del motocultor YTO DF-15L para poder comprobar la potencia, capacidad de arrastre y velocidades de trabajo que este nos pueda brindar en la vida laboral.
- Evaluar la ergonomía de operación que el motocultor YTO DF-15L presenta, para poder corregir sus desventajas en este punto y atenuar las condiciones de operación con las que se labora.
- Que la propuesta tecnológica del apero bifuncional sea evaluada bajo criterios de comportamiento en jornadas laborales más extensas permitiendo comprobar su desgaste y consumo de energía.

## BIBLIOGRAFÍA

**ABEL.** *Maquinaria* [blog]. [Consulta: 05 febrero 2017]. España, 18 febrero, 2011. Disponible en: <http://abel-maquinaria.blogspot.com/2011/02/>

**ABINSUR.** *Planchas resistentes a la abrasión antiabrasivas 400 y 500 HB* [en línea]. Lima, 2000. [Consulta: 01 junio 2017]. Disponible en: [http://www.abinsur.pe/es/pdf-productos-abinsur/Planchas\\_Resistente\\_a\\_la\\_Ab\\_Abinsur.pdf](http://www.abinsur.pe/es/pdf-productos-abinsur/Planchas_Resistente_a_la_Ab_Abinsur.pdf)

**MADIENTE.** *Maquinaria agrícola* [en línea]. 2017. [Consulta: 07 marzo 2017]. Disponible en: <http://www.madien.es/rodillo-modelo-xl/>

**ÁLVAREZ, Jhonny; et al.** *Fabricación de una rastra agrícola de 12 discos con materiales de desecho* [en línea]. Maracaibo, Mayo, 2012. [Consulta: 15 marzo 2017]. Disponible en: <http://www.iutllanos.tec.ve/ova/content/pdf/instituto%20universitario%20de%20tecnologia%20de%20maracaibo/PROYECTORASTRA.pdf>

**JUNTA DE ANDALUCÍA.** *Ensayos de dureza* [en línea]. España, 2017. [Consulta: 06 junio 2017]. Disponible en: <http://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/21700290/helvia/aula/archivos/repositorio/0/11/html/dureza.html>

**DÍAZ, Alfonso; et al.** *Preparación de suelos en zonas mecanizables*. Segunda Edición. Cali-Colombia, 1982. [Consulta: 02 febrero 2017]. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?id=2YcC\\_3UL4AcC&pg=PA16&dq=PREPARACI%C3%93N+DE+SUELO+O+LABRANZA&hl=es&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=PREPARACI%C3%93N%20DE%20SUELO%20O%20LABRANZA&f=true](https://books.google.com.ec/books?id=2YcC_3UL4AcC&pg=PA16&dq=PREPARACI%C3%93N+DE+SUELO+O+LABRANZA&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=PREPARACI%C3%93N%20DE%20SUELO%20O%20LABRANZA&f=true)

**CALDERÓN, Philippe.** *Las máquinas agrícolas*. Ediciones Mundi Prensa, 1971. pp. 89-103.

**CALLISTER, William.** *Ciencia e ingeniería de los materiales*. Bogotá: Reverté, 2002. Pp. 245-253.

**CAÑAVATE, Ortiz.** *Las máquinas agrícolas y su aplicación*. Barcelona: Ediciones Mundi Prensa, 2012. pp. 20-73.

**CASTRO, Guillermo.** *Fundiciones* [en línea]. Buenos Aires, 2009. [Consulta: 01 abril 2017]. Disponible en: [http://campus.fi.uba.ar/file.php/295/Material\\_Complementario/Fundiciones.pdf](http://campus.fi.uba.ar/file.php/295/Material_Complementario/Fundiciones.pdf)

**CEMAUSA.** *Equivalencias entre dureza brinell, rockwell, vickers y shore y la resistencia a la tracción* [en línea]. 2017. [Consulta: 26 junio 2017]. Disponible en: <http://www.cemausa.com/docs/DUREZA.pdf>

**CHALERO.** *Arado de cinceles tres filas* [en línea]. Buenos Aires, 2017. [Consulta: 02 marzo 2017]. Disponible en: <http://www.chalero.com/ch535.html>

**CHANGZHOU DONGFENG AGRICULTURAL MACHINERY GROUP.** *Motocultor* [en línea]. China, 2017. [Consulta: 12 febrero 2017]. Disponible en: <http://dftractor.es/2b-DF-15L-walking-tractor.html>

**GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE LA PROVINCIA DE CHIMBOAZO.** *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de Chimborazo Atlas* [en línea]. Riobamba, 28 agosto 2013. [Consulta: 01 mayo 2017]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/alvarodelli/4-atlas-cartografico-prov-chimborazo>

**COLMENAREZ, José.** *Surcador* [en línea]. 2015. [Consulta: 20 marzo 2017]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/290783396/Surcadora>

**KUCHER, A.** *Tecnología de Metales* [en línea]. Rusia; Mir Moscú, 1987. [Consulta: 06 abril 2017]. Disponible en: [http://biblioteca.upnfm.edu.hn/images/directorios%20ematicos/xxtindustrial/Libros%20de%20Metal%20Mecanica/tecnologia%20de%20materiales/tecnologia\\_de\\_metales.pdf](http://biblioteca.upnfm.edu.hn/images/directorios%20ematicos/xxtindustrial/Libros%20de%20Metal%20Mecanica/tecnologia%20de%20materiales/tecnologia_de_metales.pdf)

**DONAIRE, Juan Carlos.** *Mecanización Agrícola 1* [en línea]. Honduras, 25 septiembre 2014. [Consulta: 09 febrero 2017]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/momitoaq/generalidades-sobre-mecanizacion-agricola>

**ECURED.** *Corte por plasma* [en línea]. 2017. [Consulta: 01 junio 2017]. Disponible en: <https://www.ecured.cu/Corteporplasma>

**ECURED.** *Corte por chorro de agua* [en línea]. 2017. [Consulta: 01 junio 2017]. Disponible en: [https://www.ecured.cu/Corte\\_con\\_chorro\\_de\\_agua](https://www.ecured.cu/Corte_con_chorro_de_agua)

**FARMINGMACHINE.** *Equipo para procesamiento de cosechas, sistema de alimentación para aves de corral y ganado con base de operaciones en China* [en línea]. 2017. [Consulta: 15 marzo 2017]. Disponible en: <http://www.farmingmachine.es/1-5-ploughing-machine.htm>

**ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO.** *Metalografía protocolo curso de materiales* [en línea]. 2011. [Consulta: 06 junio 2017]. Disponible: [http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/7643\\_metalografia.pdf](http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/7643_metalografia.pdf)

**GASCON INTERNATIONAL.** *Descompactadores una fila DSF* [en línea]. 2011. [Consulta: 24 febrero 2017]. Disponible en: <http://www.gasconinternational.com/productos/descompactadores-iris/descompactadores-una-fila-dsf-id-5.htm>.

**GASCON INTERNATIONAL.** *Gradas de disco en V de ruedas centrales RCN* [en línea]. 2011. [Consulta: 06 marzo 2017]. Disponible en: <http://www.gasconinternational.com/productos/gradas-de-disco-en-v-de-ruedas-centrales-gea/gradas-de-disco-en-v-de-ruedas-centrales-rcn-id-13.htm>

**ALIBABA.** *Global Trade Starts Here* [en línea]. 2017. [Consulta: 24 febrero 2017]. Disponible en: <https://www.alibaba.com/showroom/mini-plough-machine.html>

**HERRERA, Francisco.** *Introducción a los procesos de manufactura* [en línea]. 2010. [Consulta: 02 abril 2017]. Disponible en: <http://educommons.anahuac.mx:8080/eduCommons/ingenieria-mecanica-y-electrica/procesos-de-manufactura/introduccion-a-los-procesos-de-manufactura>

**DOPLIM.** *Rotocultores o grada rotativa agrícola* [en línea]. 2017. [Consulta: 06 marzo 2017]. Disponible en: <http://lima.doplim.com.pe/rotocultores-o-gradas-rotativas-agricolascontactarse-id-406186.html>

**ISO 25119.** *Tractors and machinery for agriculture and forestry-safety related parts of control systems. tractors and machinery for agriculture and forestry-safety related parts of control systems. Part 1 2010.*

**ISO 25119.** *Tractors and machinery for agriculture and forestry-safety related parts of control systems. tractors and machinery for agriculture and forestry-safety related parts of control systems. Part 2 2010.*

**ZAMBRANO, Alexandra.** “La mecanización agrícola en el desarrollo de los campos”. *Revista El Agro*, (2015), (Ecuador) pp. 13-15.

**ESPECTROMETRIA.** *Tipos de espectrometría* [en línea]. 2017. [Consulta: 06 junio 2017]. Disponible en: [http://www.espectrometria.com/tipos\\_de\\_espectrometra](http://www.espectrometria.com/tipos_de_espectrometra)

**LOSE.** *Cultivadores de muelle* [en línea]. 2016. [Consulta: 06 junio 2017]. Disponible en: <http://tallereslose.com/cultivadores-de-muelles/?portfolioCats=13%2C14%2C15%2C10%2C12>

**MECALUX.** *Vibrocultivador* [en línea]. 2017. [Consulta: 04 marzo 2017]. Disponible en: <https://www.logismarket.cl/mm-portezuelo/vibrocultivador/1674664453-1661836865-p.html>

**MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA, ACUACULTURA Y PESCA.** *La política agropecuaria ecuatoriana. Hacia el desarrollo territorial rural sostenible 2015-2025 Parte 1* [en línea]. 2016. [Consulta 12 enero 2017]. Disponible en: <http://servicios.agricultura.gob.ec/politicas/La%20Pol%C3%ADticas%20Agropecuarias%20al%202025%20I%20parte.pdf>

**MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA, ACUACULTURA Y PESCA.** *La política agropecuaria ecuatoriana. Hacia el desarrollo territorial rural sostenible 2015-2025 Parte 2* [en línea]. 2016. [Consulta 12 enero 2017]. Disponible en: <http://servicios.agricultura.gob.ec/politicas/La%20Pol%C3%ADtica%20Agropecuaria%20al%202025%20II%20parte.pdf>

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL.** *Metalografía y tratamientos térmicos Cementación* [en línea]. 2017. [Consulta: 04 abril 2017]. Disponible en: [https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/mecanica/5\\_anio/metalografia/12.\\_Cementacion\\_\(a\)\\_v2.pdf](https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/mecanica/5_anio/metalografia/12._Cementacion_(a)_v2.pdf) (ORBE, y otros, 1988)

**ORBE C, et al.** *Consideraciones básicas para la selección de maquinaria agrícola* [en línea]. Ecuador, Mayo 1988. [Consulta: 10 mayo 2017]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=Rp8zAQAAMAAJ&pg=PP4&lpg=PP4&dq=consideraciones+de+trabajo+de+una+rastra&source=bl&ots=LY3jqQAsdM&sig=fJjKu6H1M6eolVqRz5U-eeSnc7Q&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwibo9Hj0szUAhWBVz4KHTgTAhQQ6AEILDAC#v=onepage&q&f=true>

**OTERO.** *Barra de aceros carbono* [en línea]. Chile, 2017. [Consulta: 16 junio 2017]. Disponible en: [http://www.acerosotero.cl/acero\\_carbono\\_sae\\_1045.html](http://www.acerosotero.cl/acero_carbono_sae_1045.html)

**POLANCO PUERTA, Manuel Francisco.** *Maquinaria y mecanización agrícola* [en línea]. 2007. [Consulta: 02 febrero 2017]. Disponible en: <http://ecapma.bligoo.com/media/users/13/657161/files/73188/201619.pdf>

**TESIS DOCTORALES EN RED.** *Ingeniería del diseño* [en línea]. 2017. [Consulta: 20 marzo 2017]. Disponible en: <http://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/6837/05Jcb05de16.pdf?sequence=5>

**CIA GENERAL DE ACEROS.** *SAE 1020 y SAE 1045 aceros ingeniería al carbono* [en línea]. 2017. [Consulta: 02 junio 2017]. Disponible en: <http://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/7826/VasquezTorresEdwinLibardo2013Anexos.pdf?sequence=2>.

**SEGUÉS.** *Subsoladores en V SVR* [en línea]. 2017. [Consulta: 23 febrero 2017]. Disponible en: <http://www.segues.es/es/producto/30/maquinaria-agricola/subsoladores-descompactadores/Subsolador-SVR.html>

**APRENDEMOS TECNOLOGÍA.** *Tratamientos térmicos de los metales* [en línea]. 2009. [Consulta: 03 abril 2017]. Disponible en: <https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2009/09/tratamientos-termicos.pdf>

**UNIDECO.** *Agrícola motocultores* [en línea]. 2017. [Consulta: 10 marzo 2017]. Disponible en: <http://www.unideco.com/PAGINAS/agriMotocultor1.html>

**YTO.** Manual de Operación Servicio Motocultor YTO DF-15L, 2017.