



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“OPTIMIZACIÓN DEL PROTOTIPO DE ARADO DE DISCO
APLICANDO LA NORMA ISO 25119 PARA MEJORAR EL
RENDIMIENTO, SEGURIDAD Y ERGONOMÍA DEL
MOTOCULTOR YTO DF 15L DEL MAGAP DE CHIMBORAZO”**

ROMERO YUGCHA DARÍO JAVIER

FAJARDO MAIGUA CARLOS JONATHAN

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROPUESTA TECNOLÓGICA

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

RIOBAMBA – ECUADOR

2019

ESPOCH

Facultad de Mecánica

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

2018-05-04

Yo recomiendo que el trabajo de titulación preparado por:

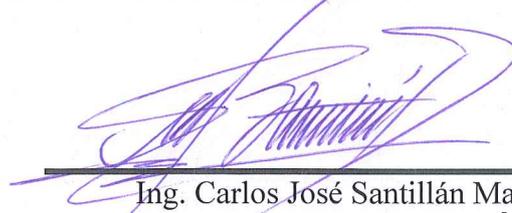
DARÍO JAVIER ROMERO YUGCHA

Titulado:

**“OPTIMIZACIÓN DEL PROTOTIPO DE ARADO DE DISCO APLICANDO
LA NORMA ISO 25119 PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO, SEGURIDAD
Y ERGONOMÍA DEL MOTOCULTOR YTO DF 15L DEL MAGAP DE
CHIMBORAZO”**

Sea aceptada como total complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

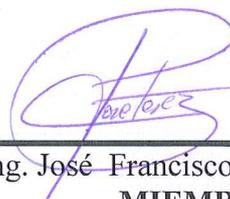


Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:



Ing. Edison Marcelo Castillo Cárdenas
DIRECTOR



Ing. José Francisco Pérez Fiallos
MIEMBRO

ESPOCH

Facultad de Mecánica

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

2018-05-04

Yo recomiendo que el trabajo de titulación preparado por:

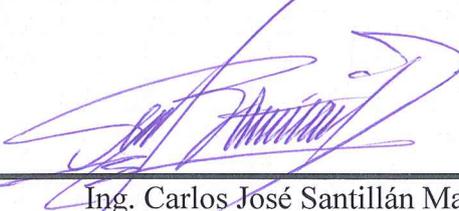
CARLOS JONATHAN FAJARDO MAIGUA

Titulado:

**“OPTIMIZACIÓN DEL PROTOTIPO DE ARADO DE DISCO APLICANDO
LA NORMA ISO 25119 PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO, SEGURIDAD
Y ERGONOMÍA DEL MOTOCULTOR YTO DF 15L DEL MAGAP DE
CHIMBORAZO”**

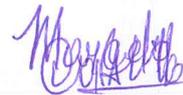
Sea aceptada como total complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

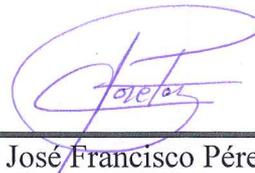


Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:



Ing. Edison Marcelo Castillo Cárdenas
DIRECTOR



Ing. José Francisco Pérez Fiallos
MIEMBRO

ESPOCH

Facultad de Mecánica

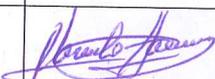
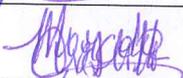
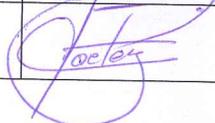
EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: ROMERO YUGCHA DARÍO JAVIER

TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN: “OPTIMIZACIÓN DEL PROTOTIPO DE ARADO DE DISCO APLICANDO LA NORMA ISO 25119 PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO, SEGURIDAD Y ERGONOMÍA DEL MOTOCULTOR YTO DF 15L DEL MAGAP DE CHIMBORAZO”

Fecha de Examinación: 2019-03-19

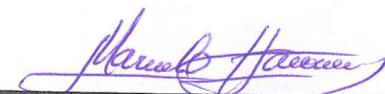
RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marcelo Antonio Jácome Valdez PRESIDENTE TRIB. DEFENSA	✓		
Ing. Edison Marcelo Castillo Cárdenas DIRECTOR	✓		
Ing. José Francisco Pérez Fiallos MIEMBRO	✓		

* 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. Marcelo Antonio Jácome Valdez
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

ESPOCH

Facultad de Mecánica

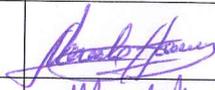
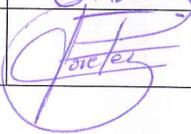
EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: FAJARDO MAIGUA CARLOS JONATHAN

TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN: “OPTIMIZACIÓN DEL PROTOTIPO DE ARADO DE DISCO APLICANDO LA NORMA ISO 25119 PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO, SEGURIDAD Y ERGONOMÍA DEL MOTOCULTOR YTO DF 15L DEL MAGAP DE CHIMBORAZO”

Fecha de Examinación: 2019-03-19

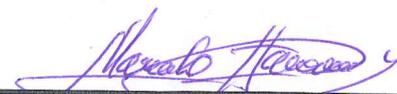
RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marcelo Antonio Jácome Valdez PRESIDENTE TRIB. DEFENSA	✓		
Ing. Edison Marcelo Castillo Cárdenas DIRECTOR	✓		
Ing. José Francisco Pérez Fiallos MIEMBRO	✓		

* 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. Marcelo Antonio Jácome Valdez
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de titulación denominado “**OPTIMIZACIÓN DEL PROTOTIPO DE ARADO DE DISCO APLICANDO LA NORMA ISO 25119 PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO, SEGURIDAD Y ERGONOMÍA DEL MOTOCULTOR YTO DF 15L DEL MAGAP DE CHIMBORAZO**” 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.



Romero Yugcha Darío Javier

Cédula de Identidad: 180428263-8

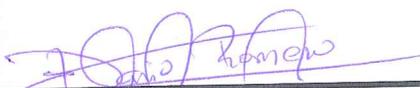


Fajardo Maigua Carlos Jonathan

Cédula de Identidad: 150067472-4

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Romero Yugcha Darío Javier y Fajardo Maigua Carlos Jonathan, declaramos bajo juramento que el presente trabajo es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos usados en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados. 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.



Romero Yugcha Darío Javier

Cédula de Identidad: 180428263-8



Fajardo Maigua Carlos Jonathan

Cédula de Identidad: 150067472-4

DEDICATORIA

El presente proyecto de titulación lo dedico a mis queridos Padres Teresa Yugcha y a mi padre Juan Romero, quienes sembraron en mi la responsabilidad y deseos de superación, por ser el pilar fundamental durante el transcurso de mi vida, por confiar en mí y en mis sueños de ser un Ing. Automotriz.

A mi querida Hermanos quienes durante todo el transcurso de mi carrera me apoyaron día a día con amor, ánimo y dándome la motivación de seguir adelante, gracias a ella he logrado una meta en mi vida.

Dario Javier Romero Yugcha

Esta tesis se la dedico a mis padres, hermanos, a toda mi familia y amigos quienes siempre me apoyaron en los momentos más difíciles, en especial se la dedico a mis padres Segundo Fajardo y Rosa Maigua por todo el sacrificio que han hecho para educarme y formarme como una persona de bien.

Carlos Jonathan Fajardo Maigua

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios, por darme la salud y ayudarme a terminar este proyecto y darme la fuerza para no rendirme a pesar de todas las adversidades, a fin de lograr que este sueño realidad.

Agradezco también a mis padres y mi familia, que me brindaron el apoyo, que sin duda alguna me han demostrado en todo el transcurso de esta etapa de mi vida.

Dario Javier Romero Yugcha

Agradezco primero a Dios por darme salud, fe y fuerzas para seguir adelante en mis estudios, de igual manera agradezco a mis padres y a mi novia Irma Marín por su apoyo incondicional en especial en los malos momentos dándome ánimos para conseguir mis sueños, a mis tutores que han sido una guía en este trabajo de titulación y finalmente quiero agradecer a todas y cada una de las personas que de una u otra manera estuvieron siempre apoyándome.

Carlos Jonathan Fajardo Maigua

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

	Pág.
1. MARCO REFERENCIAL	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo General	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1. Motocultor DF-15L	4
2.1.1. Especificaciones técnicas	5
2.1.2. Arranque el motor	6
2.1.3. Manejo del motocultor	6
2.1.4. Precauciones.....	6
2.1.5. Reglas de seguridad.....	7
2.2. Arado de discos	7
2.2.1. Componentes del arado de disco	9
2.2.1.1. Bastidor (B).....	9
2.2.1.2. Rueda trasera (T).....	9
2.2.1.3. Disco (D).....	9
2.2.1.4. Brazo (Z)	10
2.2.1.5. Rasqueta (R).....	10
2.2.2. Regulación del arado de disco.....	11

2.2.2.1.	Ángulo de Ataque	11
2.2.2.2.	Ángulo de Inclinación.....	11
2.2.2.3.	Regulación de la profundidad de trabajo y de la inclinación horizontal	12
2.2.2.4.	Regulación de la anchura de trabajo	12
2.3.	Análisis agrícola.....	13
2.3.1.	Agricultura en Ecuador	13
2.3.2.	Agricultura en Chimborazo.....	13
2.3.3.	Agricultura en el cantón Chambo.....	14
2.4.	Tribología.....	14
2.4.1.	Lubricantes y propiedades.....	15
2.4.1.1.	Líquidos lubricantes	15
2.4.1.2.	Sólidos lubricantes	15
2.4.2.	Lubricación	15
2.4.3.	Principales campos de aplicación.....	15
2.4.4.	Tipos de superficies.....	16
2.4.4.1.	Superficies concordantes.....	16
2.4.4.2.	Superficie no circundante.....	16
2.4.5.	Tipos de Lubricación.....	17
2.4.5.1.	Lubricación hidrostática.....	17
2.4.5.2.	Lubricación Hidrodinámica.	17
2.4.5.3.	Lubricación Elastohidrodinámica.	18
2.4.5.4.	Lubricación marginal	18
2.4.5.5.	Lubricación parcial.....	18
2.4.6.	Nociones de desgaste	19
2.4.6.1.	Desgaste por Adhesión.....	19
2.4.6.2.	Desgaste por abrasión	20
2.4.6.3.	Desgaste por fatiga.....	20
2.4.6.4.	Desgaste por corrosión.....	20
2.4.6.5.	Desgaste por erosión	21
2.4.6.6.	Desgaste por fretting	21

2.5.	Ensayos de desgaste	22
2.5.1.	Ensayo ASTM G 65	22
2.5.2.	Resumen del método de prueba	24
2.6.	Capacidad de trabajo y rendimiento	25
2.6.1.	La capacidad de trabajo teórica, St ,	25
2.6.2.	Capacidad de trabajo efectiva (Se)	25
2.6.3.	Tiempo efectivo	25
2.7.	Sistemas CAD/CAM/CAE.....	25
2.7.1.	Sistemas CAD	27
2.7.2.	Sistemas CAM	27
2.7.3.	Sistemas CAE.....	27
2.7.4.	Diseño de trabajo.....	28
2.8.	Tiempo de ajustes y reparación.....	29
2.9.	Vibraciones	30
2.9.1.	Movimiento armónico simple (M.A.S).....	30
2.9.2.	Medidas de amplitud de vibraciones	31
2.9.3.	Descripción de los niveles de vibración.....	32
2.9.4.	Desplazamiento(D)	32
2.9.5.	Velocidad (V).....	32
2.9.6.	Aceleración (a)	32
2.10.	Aspectos ergonómicos de las vibraciones	32
2.10.1.	Clasificaciones de las vibraciones.....	33
2.10.2.	Resonancia	34
2.10.3.	Efectos de vibraciones mano -brazo.....	34
2.10.4.	Vibraciones de cuerpo entero.....	35
2.10.5.	Normas técnicas	35
3.	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN.....	37
3.1.	ESTUDIO DEL DISCO DE ARADO	37
3.2.	Ensayo ASTM.....	37
3.2.1.	Procedimiento	38

3.2.1.1.	Tamizaje.....	38
3.2.1.2.	Comprobación de flujo de arena	38
3.2.1.3.	Comparación de tabla de calibración y tabla que especifica la norma.....	39
3.2.2.	Datos obtenidos.....	39
3.2.2.1.	Probeta 1	39
3.2.2.2.	Probeta 2	40
3.2.3.	Tabla de pérdida de masa de las probetas	41
3.2.3.1.	Cálculo estadístico	42
3.2.4.	Tabla de resultados obtenidos	42
3.3.	Ensayo SAT (Test de abrasión del suelo)	43
3.3.1.	Procedimiento	43
3.3.1.1.	Toma de pesos de disco.....	43
3.3.1.2.	Calibración de RPM de máquina	44
3.3.1.3.	Verificación de humedad del suelo en seco	44
3.3.1.4.	Agregar tierra en el contenedor de la maquina.....	45
3.3.1.5.	Aumento de humedad para segundo caso	45
3.3.1.6.	Verificación de humedad para segundo caso	46
3.3.2.	Datos obtenidos.....	46
3.3.2.1.	Peso final de disco luego de prueba en suelo seco.....	46
3.3.2.2.	Peso final luego de la prueba en suelo húmedo	47
3.3.3.	Tabla de resultados.....	48
3.4.	Ensayo de espectrometría.....	48
3.4.1.	Procedimiento	48
3.4.1.1.	Corte de probeta para el análisis	48
3.4.1.2.	Introducción de probeta al equipo.....	49
3.4.2.	Resultados obtenidos.....	49
3.5.	Ensayo de microestructura	50
3.5.1.	Etapas	50
3.5.2.	Materiales e instrumentos	50
3.5.2.1.	Lijado de la probeta.....	50

3.5.2.2.	Pulido de probeta.....	51
3.5.2.3.	Ataque químico a la probeta	51
3.5.2.4.	Secado de probeta	52
3.5.2.5.	Visualización de estructura por el microscopio	52
3.5.3.	Resultados obtenidos.....	53
3.6.	Ensayo de dureza.....	53
3.6.1.	Procedimiento	54
3.6.1.1.	Preparación de la probeta	54
3.6.1.2.	Ubicación de probeta en el equipo	54
3.6.1.3.	Toma de medidas en diferentes puntos	54
3.6.2.	Datos obtenidos.....	55
3.7.	Ensayo de impacto	55
3.7.1.	Materiales e instrumentos.	55
3.7.2.	Procedimiento	56
3.7.2.1.	Preparación de probetas	56
3.7.2.2.	Toma de medidas de cada probeta para calculo.....	56
3.7.2.3.	Encerado del péndulo de charpy	57
3.7.2.4.	Colocación de la probeta al péndulo de charpy.....	57
3.7.2.5.	Accionamiento de martillo de impacto	58
3.7.3.	Datos obtenidos.....	58
3.7.4.	Calculo de resiliencia	60
3.7.5.	Resultados obtenidos.....	61
3.8.	Análisis de eficiencia	62
3.8.1.	En suelo descoriado (recién cosechada).....	62
3.8.1.1.	Capacidad teórica	64
3.8.1.2.	Capacidad efectiva	65
3.8.1.3.	Tiempo efectivo de operación	65
3.8.2.	Suelo con kikuyo.....	65
3.8.2.1.	Capacidad teórica	67
3.8.2.2.	Capacidad efectiva	67

3.8.2.3.	Tiempo efectivo de operación	67
3.9.	Análisis de desgaste con las respectivas optimizaciones	67
3.9.1.	En suelo descoriado (recién cosechado).....	67
3.9.1.1.	Capacidad teórica	67
3.9.1.2.	Capacidad efectiva	68
3.9.1.3.	Tiempo efectivo de operación	68
3.9.2.	Suelo con kikuyo.....	68
3.9.2.1.	Capacidad teórica	68
3.9.2.2.	Capacidad efectiva	68
3.9.2.3.	Tiempo efectivo de operación	69
3.10.	Análisis de desgaste	69
3.10.1.	Peso inicial de los discos.....	69
3.10.2.	Peso final de cada disco	70
3.10.3.	Análisis de desgaste	71
3.11.	Análisis de Vibraciones.....	72
3.11.1.	Descripción del equipo.....	72
3.11.2.	Sensores	72
3.11.3.	Software	73
3.11.4.	Transferencia de datos.....	73
3.11.5.	Recopilación de datos	73
3.11.6.	Tacómetro digital	74
3.11.7.	Toma de datos de rpm del motor.....	74
3.11.8.	Toma de datos de rpm de polea de transmisión	75
3.11.9.	Toma de datos en la polea del motor lado horizontal.....	75
3.11.10.	Toma de datos en la polea del motor lado axial	76
3.11.11.	Toma de datos en la polea de transmisión lado horizontal.....	76
3.11.12.	Toma de datos en la polea de transmisión lado vertical.....	77
3.11.13.	Toma de datos en la polea de transmisión lado axial	78
3.12.	NORMAS.....	79
3.12.1.	ISO 4254	80

3.12.1.1.	Requisitos y medidas de seguridad. Maquinas suspendidas y semisuspendidas.....	80
3.12.1.2.	Mando	80
3.12.1.3.	Vibraciones	80
3.12.1.4.	Estabilidad.....	80
3.12.1.4.1.	Máquinas suspendidas provistas de ruedas para su manipulación	80
3.13.	CONSIDERACIONES DEL DISEÑO	80
3.13.1.	Especificaciones del motocultor.....	80
3.13.2.	Energía consumida al labrar.....	81
3.13.2.1.	Cálculo de la energía consumida a labrar.....	82
3.13.3.	Especificaciones para el bastidor	84
3.13.4.	Especificaciones para el disco.....	85
3.13.4.1.	Material del disco de arado.	85
3.13.5.	CAD	85
3.13.5.1.	Características.	88
3.13.6.	Análisis mediante el software ANSYS WORKBENCH.....	88
3.13.6.1.	Calidad de malla.....	88
3.13.6.2.	Análisis del disco	89
3.13.6.3.	Análisis Brazo Disco.....	93
3.13.6.4.	Análisis del bastidor.....	97
4.	COSTOS	100
4.1.	Costos directos	100
4.2.	Costos indirectos	101
4.3.	Costo total	101
	Conclusiones	102
	Recomendaciones.....	103

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

Tabla 1-2: Especificación Técnica Comunes Del Motocultor YTO DF- 15L	5
Tabla 2-2: Especificaciones Especiales del Motocultor YTO DF-15L.....	5
Tabla 3-2: Especificaciones del Arado de discos en el mercado.	8
Tabla 4-2: Sistema CAD/CAM/CAE.....	26
Tabla 5-2: Velocidad y eficiencia de campo de los aperos más utilizados en la labranza	30
Tabla 1-3: Calibración para el ensayo ASTM.....	39
Tabla 2-3: Peso perdido de cada probeta en el ensayo ASTM G65.....	41
Tabla 3-3: Resultados Obtenidos	42
Tabla 4-3: Resultados de diferencia de peso para primer caso	48
Tabla 5-3: Resultados de diferencia de peso para segundo caso.....	48
Tabla 6-3: Datos obtenidos de dureza del material.....	55
Tabla 7-3: Características de la probeta.....	58
Tabla 8-3: Muestra 01	59
Tabla 9-3: Muestra 02.....	59
Tabla 10-3: Muestra 03	59
Tabla 11-3: Muestra 04.....	60
Tabla 12-3: Muestra 05.....	60
Tabla 13-3: Resiliencia de cada muestra.....	62
Tabla 14-3: Datos obtenidos con suelo descansado.....	64
Tabla 15-3: Datos obtenidos con suelo de kikuyo	66
Tabla 16-3: Proporción del terreno.	66
Tabla 17-3: Marchas del motocultor.....	69
Tabla 18-3: Tabulación de peso inicial.	70
Tabla 19-3: Tabulación del peso final.....	71

Tabla 20-3: Análisis de desgaste.....	71
Tabla 21-3: Datos de la polea del motor lado horizontal	75
Tabla 22-3: Datos de la polea del motor lado axial	76
Tabla 23-3: Datos de la polea de transmisión lado horizontal.	77
Tabla 24-3: Datos de la polea de transmisión lado vertical	78
Tabla 25-3: Datos de la polea de transmisión lado axial.	79
Tabla 26-3: Especificaciones del motocultor YTO.....	81
Tabla 27-3: Resistencia específica para distintos suelos.....	82
Tabla 28-3: Propiedades mecánicas ASTM A36	84
Tabla 29-3: Propiedades mecánicas ASTM A572 GRADO 50.....	84
Tabla 30-3: Características del disco de arado.....	88
Tabla 1-4: Costos Directos.....	100
Tabla 2-4: Costos indirectos.....	101
Tabla 3-4: Costos totales.....	101

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-2: Motocultor YTO DF- 15L	4
Figura 2-2: Arado de discos.....	8
Figura 3-2: Arado de discos.....	9
Figura 4-2: Ángulo de ataque	11
Figura 5-2: Ángulo de inclinación.....	11
Figura 6-2: Ángulo vertical del disco	12
Figura 7-2: Regulación de un arado de disco arrastrado.....	12
Figura 8-2: Regulación de la anchura de trabajo	13
Figura 9-2: Muñón y manguito.....	16
Figura 10-2: Representación de superficies no concordantes.....	17
Figura 11-2: Lubricación Hidrodinámica	18
Figura 12-2: Tipos de lubricaciones (a) película fluida (b) marginal (c) parcial.....	19
Figura 13-2: Superficies Pulidas.....	20
Figura 14-2: Rayaduras por abrasión.....	20
Figura 15-2: Fatiga superficial.....	20
Figura 16-2: Desgaste por corrosión.....	21
Figura 17-2: Desgaste por corrosión.....	21
Figura 18-2: Desgaste por fretting	22
Figura 19-2: Tipos de contacto durante el desgaste abrasivo.....	23
Figura 20-2: Máquina de abrasión.....	24
Figura 21-2: Esquema CAD/CAE/CAM	26
Figura 22-2: Diseños de labranzas.....	28
Figura 23-2: Diseño más típico de labranza	29

Figura 24-2: Movimiento armónico simple	31
Figura 25-2: Diagrama de amplitud.....	32
Figura 26-2: Vibraciones: a) cuerpo completo, b) mano -brazo	33
Figura 27-2: Modelo mecánico del cuerpo humano	34
Figura 28-2: Normas para la evaluación de riesgos.....	36
Figura 29-2: Confort y percepción a las vibraciones transmitidas por la mano	36
Figura 30-2: Aceleración RMS a las vibraciones transmitidas por la mano.....	36
Figura 1-3: Máquina de abrasión	37
Figura 2-3: Tamizaje.....	38
Figura 3-3: Flujo de arena por minuto	38
Figura 4-3: Desgaste de Probeta 1	39
Figura 5-3: Peso inicial de la Probeta 1	40
Figura 6-3: Peso final de la Probeta 1	40
Figura 7-3: Desgaste abrasivo de la Probeta 2.....	40
Figura 8-3: Peso inicial de la Probeta 2	41
Figura 9-3: Peso final de la Probeta 2.....	41
Figura 10-3: Peso inicial de disco para prueba en suelo seco.....	43
Figura 11-3: Peso inicial de disco par prueba en suelo húmedo.....	44
Figura 12-3: Calibración de RPM.....	44
Figura 13-3: Medición de la humedad del suelo.....	45
Figura 14-3: Agregado de tierra en contenedor.	45
Figura 15-3: Aumento de humedad en suelo.	46
Figura 16-3: Medición de la humedad del suelo.....	46
Figura 17-3: Peso final del disco de arado.....	47
Figura 18-3: Peso final del disco de arado.....	47
Figura 19-3: Tamaño de probeta para espectrometría.	49

Figura 20-3: Uso de equipo de espectrometría.	49
Figura 21-3: Composición de materiales.	49
Figura 22-3: Preparación de probeta.....	51
Figura 23-3: Pulido final de probeta.	51
Figura 24-3: Ataque químico a probeta.	52
Figura 25-3: Secado de probeta.	52
Figura 26-3: Microscopio invertido.....	53
Figura 27-3: Martensita 500X.....	53
Figura 28-3: Preparación de probeta para ensayo de dureza.	54
Figura 29-3: Máquina para medición de la dureza del material.	54
Figura 30-3: Probeta con los diferentes puntos de medición.....	55
Figura 31-3: Probeta con medidas según norma ASTM E23	56
Figura 32-3: Toma de medidas de cada probeta.	56
Figura 33-3: Encerado de péndulo de charpy.	57
Figura 34-3: Colocación de la probeta al péndulo de Charpy.....	57
Figura 35-3: Liberación de martillo.....	58
Figura 36-3: Dimensiones del terreno.	63
Figura 37-3: Arado y medida del terreno.....	63
Figura 38-3: Terreno preparado para el cultivo.	64
Figura 39-3: Suelo con kikuyo.....	65
Figura 40-3: Motocultor YTO	66
Figura 41-3: Peso inicial del disco.....	70
Figura 42-3: Peso final del disco.	70
Figura 43-3: Terreno con kikuyo	71
Figura 44-3: Vibracheck 200	72
Figura 45-3: Sensores	73

Figura 46-3: Transferencia de datos.	73
Figura 47-3: Tacómetro	74
Figura 48-3: Rpm del motor	74
Figura 49-3: Rpm de la polea de transmisión.	75
Figura 50-3: Datos de la polea del motor lado horizontal	75
Figura 51-3: Datos de la polea del motor lado axial	76
Figura 52-3: Datos de la polea de transmisión lado horizontal.....	76
Figura 53-3: Espectros de la aceleración.	77
Figura 54-3: Datos de la polea de transmisión lado vertical.....	77
Figura 55-3: Espectros de la aceleración.	78
Figura 56-3: Datos de la polea de transmisión lado axial.	78
Figura 57-3: Espectro de aceleración.....	79
Figura 58-3: Prototipo de arado de disco	85
Figura 59-3: Limpiador de disco	85
Figura 60-3: Nuevo mecanismo de acople	86
Figura 61-3: Barra T para eliminar vibraciones y variar profundidad del apero	86
Figura 62-3: Barra para la estabilización del apero posterior al desacople	86
Figura 63-3: Acoplamiento del disco del arado al motocultor	87
Figura 64-3: Calidad de Mallado	89
Figura 65-3: Mallado del disco.....	89
Figura 66-3: Detalles de la malla.....	90
Figura 67-3: Condiciones de fijación y carga.....	90
Figura 68-3: Tensión elástica equivalente.	91
Figura 69-3: Deformación total	91
Figura 70-3: Equivalente de Von Mises	92
Figura 71-3: Factor de seguridad	92

Figura 72-3: Mallado	93
Figura 73-3: Detalle del mallado	93
Figura 74-3: Condiciones de fijación y carga.....	94
Figura 75-3: Deformación total	94
Figura 76-3: Reacción de la base.....	95
Figura 77-3: Reacción sobre el soporte	95
Figura 78-3: Equivalente de Von Mises	96
Figura 79-3: Factor de seguridad.....	96
Figura 80-3: Malla del bastidor	97
Figura 81-3: Detalles de la malla.....	97
Figura 82-3: Condiciones de fijación y carga.....	98
Figura 83-3: Deformación total	98
Figura 84-3: Equivalente de Von Mises	99
Figura 85-3: Factor de seguridad.....	99

LISTA DE ABREVIACIONES

MAGAP	Ministerio de agricultura ganadería, acuicultura y pesca
ISO	Organización internacional de normalización
ASTM	Sociedad americana para pruebas y materiales
SAT	Test de abrasión
ASABE	Sociedad americana de ingenieros agrícolas y biólogos
CAD	Diseño asistido por computadora
CAM	Manufactura asistido por computadora
CAE	Ingeniería asistido por computadora
CNC	Control numérico
MEF	Métodos de elementos finitos
CFD	Dinámica de fluidos computacionales
MAS	Movimiento armónico simple
INSHT	Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo
UNE	asociación española de normalización
RMS	Root Mean Square (media Cuadrática)
INEN	Instituto ecuatoriano de normalización

TABLA DE ANEXOS

Anexo A: Vista explosionada del Arado de disco 1.

Anexo B: Brazo Principal.

Anexo C: Vista explosionada del brazo rueda guía.

RESUMEN

Con el presente trabajo se optimizó un prototipo de arado de disco para el motocultor YTO DF 15 L que es propiedad del ministerio de agricultura, ganadería, acuacultura y pesca (MAGAP) con el propósito de mejorar el trabajo, mejorando el movimiento del suelo para las diferentes siembras y disminuir el esfuerzo de los agricultores, para el mismo se utilizó metodología de la investigación analítico, bibliográfico, comparativo, pruebas de campo, el arado de disco es un mecanismo que tiene como función voltear la tierra con una profundidad específica dando como resultado un suelo cultivable, para lo cual se procedió al estudio del arado mencionado realizando diferentes ensayos como: pruebas de abrasión, espectrometría, microestructura, dureza y de impacto para identificar si es apto para uso agrícola teniendo en cuenta parámetros que especifica la sociedad americana de ingenieros agrícolas y biológicos (ASABE), posteriormente se realizó pruebas de campo para determinar la eficiencia máxima de la herramienta en dos tipos de suelo y determinar el desgaste que sufre en diferentes suelos, para el rediseño se utilizó la factibilidad mediante elementos finitos, los esfuerzos que producen al momento de arado y su factor de seguridad que nos brinda confiabilidad, se mejoró el prototipo con la implementación de limpiadores de disco ya que se acumulaba muchos escombros en el momento del arado, se diseñó un acople de mecanismo en forma de T vertical regulable para reducir vibraciones y eso también ayuda a regular la penetración del arado de disco al suelo según el tipo de terreno y la necesidad de profundidad de arado, se optó por diseñar un acople efectivo para que sea más fácil su acople del arado de disco al motocultor ya que se tenía muchos problemas en ese aspecto.

PALABRAS CLAVES : <TECNOLOGIA Y CIENCIAS DE LA INGENIERIA>, <PROTOTIPO>, <OPTIMIZACION>, <ARADO DE DISCO>, <PRUEBAS DE CAMPO>, <EFICIENCIA>, <ERGONOMIA>.



ABSTRACT

With the current work, a disc plow prototype was optimized for the YTO FD 15 L walking tractor which belongs to the "Ministerio de Agricultura, Ganaderia, Acuacultura y Pesca" (MAGAP). The aim was to improve work quality by improving the soil movement for the different sowings and to diminish the effort of the farmers. Thus, the methodology used was the analytical, bibliographic, field tests and comparative research. The disc plow is a mechanism whose work is to turn the land with a specific depth getting as a result arable ground. The study of the mentioned plow was made through the use of different tests such as: abrasion, spectrometry, microstructure, hardness and impact test. Therefore, to identify if it is suitable for agricultural use taking into account parameters specified by the American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE). After that, field tests were conducted to determine the maximum efficiency of the tool in two types of soil and determine the wear suffered in different soils. For the redesign current standards were used to achieve maximum safety, ergonomics and efficiency of the disc plow. The feasibility was demonstrated by finite elements, the effort they produce at the moment of the plow and its safety factor that gives reliability. The prototype was improved with the implementation of disc cleaners since many debris were accumulated at the time of the plow. A vertical adjustable T-shaped coupling mechanism was designed to reduce vibrations and this also helps to regulate the penetration of the disc plow to the soil depending on the type of land and the need for plowing depth. It was decided to design an effective coupling to make it easier to fit the disc plow to the walking tractor because there were many problems in that aspect.

KEY WORDS: <TECHNOLOGY AND SCIENCE OF ENGINEERING>, <PROTOTYPE>, <OPTIMIZATION>, <DISC PLOW>, <FIELD TEST>, <EFFICIENCY>, <ERGONOMY>.



INTRODUCCION

Uno de los mayores problemas que han tenido que afrontarlas personas agrícolas es la falta de seguridad y ergonomía que afecta directamente al rendimiento del motocultor YTO DF15 L donados por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) a la provincia de Chimborazo El Ministerio de Agricultura, debido a que los prototipos de arados actualmente diseñados no cuentan con mecanismos apropiados que brinden a los usuarios seguridad al operar el motocultor.

Las personas agrícolas principalmente dependen de terceras personas para acoplar y operar el prototipo de apero agrícola, debido a que el prototipo carece de mecanismos de soporte, estabilidad y seguridad para que el usuario tenga autonomía al momento de operar el motocultor.

La optimización del prototipo de arado de disco aplicando la norma ISO 25119 para mejorar el rendimiento, seguridad y ergonomía del motocultor YTO DF 15L DEL MAGAP de Chimborazo será alternativa de solución para tecnificar y aumentar la producción por hectáreas en la provincia de Chimborazo. Para el desarrollo del siguiente trabajo se utiliza conocimientos científicos por medio de recolección de información de fuentes bibliográficas y una investigación a nivel exploratorio para sustentar una solución viable.

Mediante el presente trabajo de titulación como una propuesta tecnológica aportará a la investigación de nuevas tecnologías que ayude al agricultor a aumentar la producción por hectáreas teniendo en cuenta la seguridad y ergónoma del usuario.

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes

El Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) destinó para la provincia de Chimborazo 141 motocultores YTO DF 15L, de acuerdo con datos proporcionados por el MAGAP- DPACHIMBORAZO de los cuales solo se encuentran realizando actividades agrícolas, por la falta de herramientas de labranza acordes a la realidad de la agricultura del centro del país.

Con la finalidad de mejorar la agricultura el gobierno del Ecuador por medio del ministerio de agricultura, ganadería, acuacultura y pesca (MAGAP) entregó a las comunidades y asociaciones de productores de la provincia, motocultores YTO DF-15L.

Como uno de los sectores priorizados “Alimentos Frescos y Procesados” en el cambio de la matriz productiva impulsado por el gobierno, permitiendo así generar producción con mayor valor agregado, lo cual se conseguirá con una tecnificación y mecanización de las labores de labranza que faciliten a los agricultores la preparación del suelo previo a la siembra, con todas las condiciones necesarias y óptimas para una buena germinación, crecimiento y producción.

Según la versatilidad para el trabajo el motocultor YTO DF 15L, con los aperos y equipos apropiados se puede realizar una serie de actividades agrícolas, como preparación del suelo, siembra, cosecha, bombeo hidráulico y fumigación, etc.

Los Ingenieros Cesar Javier Mora Bagua y Enrique Copa Mullo contribuyeron con el diseño y construcción de prototipo de arado para ser acoplado al motocultor YTO DF-15L para facilitar el trabajo agrícola en el cantón Chambo de la provincia de Chimborazo mediante tesis de grado en la carrera de Ing. Automotriz de la ESPOCH.

El prototipo inicial no presenta las condiciones adecuadas en seguridad y ergonomía, esto afecta directamente al rendimiento del motocultor y se presume la falta de penetración de los discos en el suelo de la zona centro del país donde se encuentran suelos con más dureza, las comunidades del sector le ven favorable optimizar el apero de arado de discos para mejor en cuanto a eficiencia, seguridad y ergonomía.

1.2. Justificación

Chimborazo ocupa el primer lugar de la región Andina 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 variedad de productores en unidades productivas fuertemente fragmentadas menores a 20 hectáreas. (Alvarodelli, 2013)

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 manual y mantener una fuerza laboral estable.

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 de origen chino para el desarrollo agrícola de las comunidades rurales; pero dichos motocultores cuentan con una fresadora o rotavator para realizar la respectiva preparación del suelo para la producción; es por ello que se hace necesario el estudio en seguridad, ergonomía y para mejorar la eficiencia de los aperos en la labor agrícola, por lo cual el MAGAP observa estas necesidades e impulsa proyectos que apuntan al incremento de producción por hectárea.

Como una manera de aportar al desarrollo del país y con el fin de dar solución a los diferentes problemas que se presentan en la industria automotriz entre ellas la maquinaria agrícola, La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo con su Escuela de Ingeniería Automotriz en acuerdo con el ministerio de agricultura y ganadera de Chimborazo (MAGAP), propone diferentes temas de titulación en base a los problemas que se presentan dentro de la misma, uno de ellos optimización del arado de disco para el motocultor YTO DF 15L y así mismo el diseño de los futuros aperos para mejorar la mecanización agraria.

En la actualidad es indispensable un menor desgaste de dichos elementos como son los discos de los aperos por su gran costo en el mercado así mismo con el propósito de disminuir el desgaste y determinar el mantenimiento de todos los componentes que estén acoplados en el apero, se

realizará varios ensayos de material así mismo el desgaste promedio por las horas de trabajo que el mismo realiza.

Por tal motivo es indispensable la consiguiente investigación para mejorar el rendimiento de la herramienta, muy útil en la agricultura, así mismo las mejoras que se pretende incorporar en el trabajo investigativo estarán acompañadas del estudio sobre el rendimiento de los discos en diferentes suelos, el desgaste que sufren en el momento que se realiza la labranza.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Optimizar el prototipo de arado de disco aplicando la norma ISO 25119 para mejorar el rendimiento, seguridad y ergonomía del motocultor YTO DF 15L del MAGAP de Chimborazo.

1.3.2. Objetivos específicos

- Estudiar el desgaste del disco de arado aplicando la norma ASTM G65 utilizando la máquina de ensayos SAT para analizar su vida útil y mejorar su rendimiento.
- Analizar la ergonomía y seguridad mediante pruebas de campo y análisis de vibración para mejorar rendimiento y productividad.
- Optimizar el desempeño del prototipo actual del disco de arado mediante un software de diseño para mejorar eficiencia.
- Realizar las operaciones de reingeniería aplicando la norma ISO 25119 y normas relacionadas para el mejoramiento del apero bajo normas internacionales.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Motocultor DF-15L

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

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)

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



Figura 1-2: Motocultor YTO DF- 15L

Fuente: (Changzhou Dongfeng Agricultural Machinery Group Co.)

2.1.1. Especificaciones técnicas

Serán tomadas en cuenta para las respectivas pruebas de campo.

Tabla 1-2: Especificación Técnica Comunes Del Motocultor YTO DF- 15L

Modelo	DF-15L
Marca	YTO
Tipo	Eje sencillo de propósito dual para tracción
Dimensiones generales (L x A x H) mm	2680 x 960 x 1250
Peso (Kg)	509-499
Radio mínimo de giro (m)	0.9 sin rotatiller
Ruedas: Llantas de tracción: Presión de inflado Rueda trasera: Rueda de trabajo en campo:	6.00 – 12.4 capas 20 - 28 PSI Hecha de acero diámetro 340mm

Fuente: (Changzhou Dongfeng Agricultural Machinery Group Co.)

Tabla 2-2: Especificaciones Especiales del Motocultor YTO DF-15L

Modelo	DF-15L
Fuerza de Tracción (Kgf)	221
Velocidad tebrica por cambio (Km/h)	Hacia delante: 1.6, 2.8, 4.6, 5.9, 10.5, 17.1 En reversa 1.2, 4.3 211/345 baja/ alta.
Potencia de salida (Kw/Hp)	12 / 16
Torque máximo (Nm)	257
Motor monocilindrico diésel	4 tiempos
Consumo de combustible	1.6-2.0 lts./hr (Promedio)
Consumo de aceite lubricante	0.014 lts/hr (Promedio)

Fuente: (Changzhou Dongfeng Agricultural Machinery Group Co.)

2.1.2. Arranque el motor

Se debe tomar en cuenta condiciones geográficas (Altura, temperatura) a las cuales se va a trabajar con sus debidas precauciones:

- Comprobar el líquido refrigerante, aceite de lubricación y combustible según lo indicado en el manual del motor.
- Verificar el nivel de aceite en la transmisión de rotavator y en la transmisión principal.
- Abrir el paso de combustible y verificar que todas las conexiones y pernos estén con el debido apriete.
- Desplazar la palanca del Clutch-freno a la posición “Disengage”, ubicar la palanca de velocidades a “Neutral” y la manivela del acelerador a posición de arranque.
- Desplegar hacia abajo el soporte inferior delantero.
- Arrancar el motor.

2.1.3. Manejo del motocultor

Desplazar la palanca de cambio a una velocidad baja (primer o segunda marcha) hacia adelante para familiarizar con el manejo, para el avance del motocultor pasar la palanca del clutch-freno a la posición “Engage”. (YTO, 2017)

Es importante examinar el control de las dos manivelas de dirección asegurándose que las ruedas se bloqueen respectivamente al accionar las manivelas con esto se puede dar dirección al motocultor. (YTO, 2017)

2.1.4. Precauciones

El adecuado manejo de los embragues evitara el desgaste prematuro del motocultor YTO DF-15L cuando el motor está trabajando.

Las funciones son:

- El embrague solo se usa para cambiar la velocidad y frenar.
- Evitar dejar el embrague por prolongados tiempos en la posición “Desingage”

- Al estacionar el motocultor por un tiempo más de un minuto cambie la velocidad a “Neutral” y el embrague en posición “disengage”
- Para evitar Arranques repentinos y peligroso el cambio del clutch a la posición “Engage” debe ser suave. (YTO, 2017)

2.1.5. Reglas de seguridad

El manual de operaciones servicio Motocultor YTO DF-15L posee normas y recomendaciones de seguridad para prevenir lesiones al operador y fallas del motocultor.

- Nunca opere la palanca del “Clutch- freno” al mismo tiempo con las manivelas de dirección cuando se está conduciendo el motocultor.
- Nunca opere el motocultor colina arriba o abajo a altas velocidades en pendientes pronunciadas.
- Nunca opere el motocultor en pendiente hacia abajo con la palanca de velocidad en posición “Neutral” ya que puede alcanzar velocidades peligrosas con riesgos de lesiones para el operador.
- No operar el motocultor en velocidades altas (4^a, 5^a, 6^a) en caminos pedregosos o demasiado irregulares.
- Nunca realice virajes repentinos mientras el arado, o las cuchillas del rototiller, están en contacto con el piso.
- Nunca pase el clutch a “Disengage” mientras está conduciendo el motocultor en pendientes pronunciadas. (YTO, 2017)

2.2. Arado de discos

Un implemento de utilización en la labranza primaria con volteo para producir esponjamiento y aireación del suelo donde el elemento operativo es el disco.



Figura 2-2: Arado de discos

Fuente: (Deere & Company, 2017)

Está compuesto por dos o más cuerpos, cada uno de los cuales dispone de un soporte unido al bastidor al que se fija el disco sobre unos rodamientos que le permiten girar. El disco va unido mediante cuatro o cinco tornillos, lo que permite la sustitución por rotura o desgaste. (Magrama, 2008)

El ángulo de inclinación del disco se puede regular respecto al suelo (penetración) y el que forma con la dirección de avance (ataque). La profundidad de trabajo recomendada es 35% del diámetro del disco por lo general en el mercado se encuentran arados de discos compuestos de 2 a 12 cuerpos (normalmente 3 a 5) con un diámetro 660 a 810 mm (26 a 32 pulgadas). (Magrama, 2008)

Tabla 3-2: Especificaciones del Arado de discos en el mercado.

Angulo de penetración	20 a 25°
Angulo de ataque	40 a 45°
Distancia entre cuerpos	70 – 115 cm
Despeje del bastidor	70 – 95 cm

Fuente: (Magrama, 2008)

El trabajo de penetración del arado de disco en suelos secos resulta muy difícil cuando el suelo pasa de un estado húmedo a seco da lugar a una labor caótica con parcelas difíciles de romper. (Magrama, 2008)

Se recomienda trabajar con velocidades entre 4 y 8 Km/h con el suelo en estado deformable según ASABE Anexo 1.

2.2.1. Componentes del arado de disco.

2.2.1.1. Bastidor (B)

En el arado de discos trata de una estructura de travesaño hueco de sección circular al cual van unidos los cuerpos de arado, ruedas y sistemas de enganche al tractor. (Cañavate, 2003)

Es el cuerpo del arado en el cual el tractor emplea su potencia y se acoplan otros componentes figura 3-2.

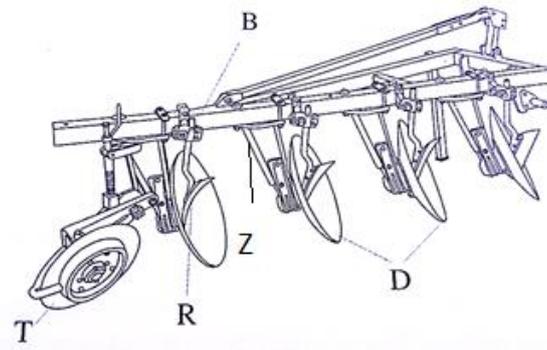


Figura 3-2: Arado de discos

Fuente: (Cañavate, 2003)

2.2.1.2. Rueda trasera (T).

También se le conoce como rueda estabilizadora figura 3-2, tiene una inclinación opuesta al de los discos. Se encuentra ubicada en la parte posterior del arado, la rueda trasera tiene que soportar y guiar el arado según la dirección de marcha. Además, esta rueda presenta cierta inclinación para absorber el empuje lateral realizado por el terreno sobre el disco. (Cañavate, 2003)

En los arados de discos se emplea una rueda de cola que se apoya inclinada sobre el fondo del surco abierto por el último disco del arado. Esta rueda cumple dos misiones: la de absorber los esfuerzos laterales generados sobre los discos y ayudar a mantener constante la profundidad de trabajo. Camina siempre inclinada respecto al plano horizontal y paralela a la línea de avance. (Márquez, 2000)

2.2.1.3. Disco (D)

En estos arados el disco constituye un elemento principal figura 3-2, debido que estos discos realizan el trabajo. Se trata de un casquete esférico que puede girar sobre un eje. Estos casquetes

tienen diámetros y radios de curvatura de dimensiones diversas, adaptadas a las distintas labores y suelos. El valor del radio del casquete esférico viene a estar comprendido entre 0.8 y 1.2 veces el valor del diámetro. (Cañavate, 2003)

Los discos se construyen a partir de una chapa de acero laminada, la cual es troquelada, estampada y tratada térmicamente para conseguir mediante esta última operación la dureza superficial necesaria para evitar los posibles desgastes, sobre todo en el borde. (Cañavate, 2003)

Para la fabricación de los discos se debe utilizar acero con contenido medio-alto de carbono, de esta manera se aumenta su resistencia al desgaste, aunque también la fragilidad. Por esta razón las aleaciones más apropiadas son las mangano-silicosas, que resisten bien la fatiga y los choques con bajos tratamientos. Se recomiendan aleaciones con el 0.40-0.65 % de carbono, 0.50-1.00% de manganeso y 1.40-2.00% de silicio, con inclusiones, en ocasiones de cromo o molibdeno en muy pequeñas cantidades. (Márquez, 2000)

2.2.1.4. *Brazo (Z)*

Se trata de un conjunto de elementos que se unen al disco con el bastidor de arado figura 3-2. Consta de un brazo central en cuyo extremo lleva un eje solidario al disco que gira con este cuando trabaja. Unido a la carcasa mediante rodamientos permitiéndole rotar. Existe una tuerca reguladora que permite inclinar hacia adelante, girando alrededor de un perno. El brazo porta disco debe tener la posibilidad de girar alrededor de su eje vertical a fin de poder modificar la posición del disco en sentido lateral. (Cañavate, 2003)

2.2.1.5. *Rasqueta (R)*

Este rascador va unido directamente al bastidor del arado, por lo que permanece fijo. Deben situar tan próximo al disco como sea posible, pero sin rozarlo. Se recomienda una separación del borde de ataque de 3 mm en el centro del disco y 6 mm en la periferia, lo que evita que la tierra se acuña entre el limpiador y el disco. (Márquez, 2000)

Es una reja situada en el interior del disco, su misión es ayudar al volteo del terreno, y limpiar el disco de la tierra que queda adherida al mismo. (Cañavate, 2003)

2.2.2. Regulación del arado de disco

2.2.2.1. Ángulo de Ataque

También conocido como ángulo de corte es el que la línea de avance con el diámetro horizontal del disco. La variación de este ángulo se lo realiza mediante el brazo soporte, permitiendo el giro horario o anti horario alrededor del eje vertical de dicho brazo. (Cañavate, 2003)

Este ángulo puede oscilar entre 40 a 45°, con la ayuda del mismo puede controlarse el ancho de trabajo, ya que modifica la superficie del disco sobre el plano perpendicular a la línea de avance.

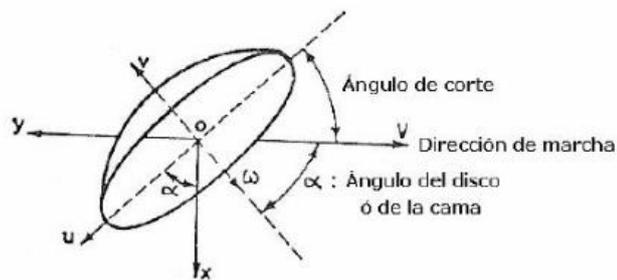


Figura 4-2: Ángulo de ataque

Fuente: (Marquez, 2014)

2.2.2.2. Ángulo de Inclinación

Este puede variar entre 10 y 20°, se forma con la línea vertical del plano. Se puede modificar haciendo variar el soporte del disco con relación al brazo. Cuando el ángulo se aumenta mejora la penetración del disco en suelos adherentes y pesados que tienen tendencia a enrollarse bajo el borde del corte de corte en el fondo del surco y al disminuir se mejora el trabajo del disco en suelos sueltos. (Cañavate, 2003)

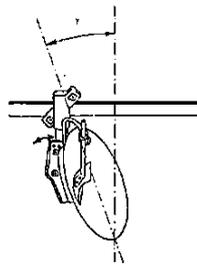


Figura 5-2: Ángulo de inclinación.

Fuente: (Marquez, 2014)

Mejora la presión sobre el suelo cuando menor es el ángulo de inclinación, teniendo una mayor velocidad de giro del disco, una mayor pulverización del suelo y un mejor corte. (Cañavate, 2003)

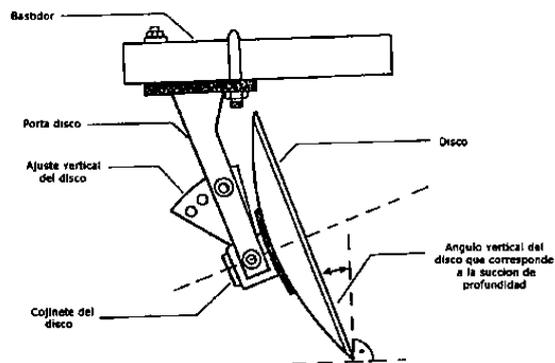


Figura 6-2: Ángulo vertical del disco

Fuente: (Marquez)

2.2.2.3. Regulación de la profundidad de trabajo y de la inclinación horizontal

La posición del bastidor del arado puede ser modificada tanto en altura y en la inclinación horizontal con relación a la rueda trasera soporte. Las partes traseras y delanteras pueden subir o bajar con relación a las ruedas guías. Actuando sobre las palancas tanto delanteras como traseras ubicadas en el batidor del apero modificando las alturas de cada lado. (Cañavate, 2003)

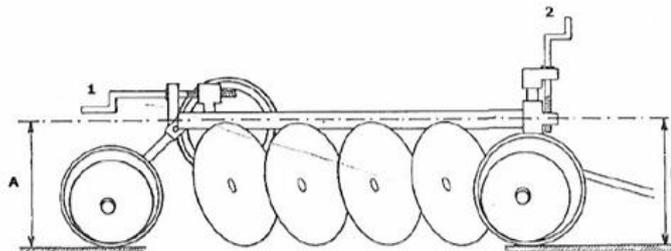


Figura 7-2: Regulación de un arado de disco arrastrado

Fuente: (Marquez, 2014)

2.2.2.4. Regulación de la anchura de trabajo

Esta regulación se lleva a cabo modificando el ángulo de disco, orientando convenientemente la rueda trasera soporte que circula por el barbecho. (Cañavate, 2003)

Para variar el ancho de trabajo se toma como referencia el ángulo que forma entre la dirección de avance y el bastidor este puede variar entre 45 a 30°.

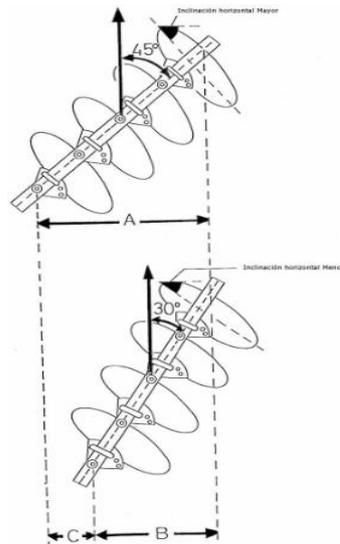


Figura 8-2: Regulación de la anchura de trabajo

Fuente: (Marquez, 2014)

2.3. Análisis agrícola

2.3.1. Agricultura en Ecuador

La agricultura es de gran importancia en la economía del Ecuador, es prioritario tanto para el gobierno, productores y consumidores; ya que este es el componente de soberanía alimenticia y una fuente de empleo en el país. Los cultivos que se realizan en el país son muy variados, esto depende de la región en que se cultiva y la importancia de éste en el mercado, así como el consumidor y como productos agrícolas principales de exportación como el banano como principal también se tiene la exportación de cacao, flores que tiene una gran acogida de exportaciones que brinda Ecuador hacia otros países.

Un reporte de productividad agrícola de Ecuador indica que la agricultura aporta un 8.5 % al PIB siendo este el sexto sector que aporta a la producción en Ecuador, este también ha sido uno de los principales exportadores de materias primas para las diferentes industrias como maíz, cereales, aceites comestibles y no comestibles, azúcar entre otros productos todos estos dependen directamente de la agricultura en Ecuador. (Ramírez, 2018)

2.3.2. Agricultura en Chimborazo

La provincia de Chimborazo con una superficie de 6500 km^2 aprox. La agricultura está entre las primeras fuentes de ingresos en la provincia que ocupa el 31.9 % de los hombres que trabajan en esta actividad, en el caso de las mujeres este es un 35 % en esta actividad, geográficamente está

ubicada en el centro del país, su población según el último censo proporciona que está en 458.581 habitantes.

Los agricultores utilizan técnicas para alcanzar la mayor eficiencia en la agricultura la tecnología y la agricultura industrial no reemplaza a esta agro biodiversidad muy valiosa, así como sus principales producciones : quinua ,cebada, tomate de riñón, arveja, maíz ,frejol, haba, papa entre otras producciones se encuentran, melloco, coliflor, chocho, rábano, ajo, avena. (Carlos Cevallos, 2017)

2.3.3. Agricultura en el cantón Chambo

El cantón chambo uno de los primeros asentamientos puruha situada a 8 km de la ciudad de Riobamba va desde 2400 a 4730 msnm con temperaturas que varían entre 0 a 15 grados centígrados su importancia radica en la diversidad de pisos climáticos y en la rica producción agrícola y ganadera, datos del censo anterior confirman 11858 habitantes, las principales fuentes económica de este cantón y proveedora de alimentos para todo el país se puede encontrar gran variedad de cultivos como son : cebolla colorada, cebolla blanca, remolacha, lechuga, brócoli, zanahoria, coliflor, col, cilantro, fréjol, en la producción pecuaria este canto se basa en la producción de leche. (Carlos Cevallos, 2017)

2.4. Tribología

Tribología es la ciencia que estudia la lubricación, fricción y el desgaste de partes móviles o estacionarias. La lubricación, fricción desgaste tiene un papel importante en la vida útil de los elementos de una máquina, el termino tribología viene del término griego tribo que significa rozamiento y logia que significa ciencia por consecuente se trata de la ciencia del rozamiento.

Las consecuencias de la fricción y desgaste se consideran como negativas, tales como el consumo de energía y las causas de las fallas mecánicas, sin embargo, existen beneficios fundamentales de la fricción y el desgaste, la interacción neumática el piso por ejemplo o el zapato y el suelo, sin los cuales trasladarse sería imposible, a fricción sirve como el mecanismo de conexión inherentes en los nudos, los clavos y conjunto tuerca tornillo.

Dentro de los tres grupos inherentes que comprende trataremos inicialmente de la lubricación que es lo primordial para este campo, como tratar los efectos que produce la fricción, el desgaste y en consecuencia como disminuir dicha fricción entre los componentes.

2.4.1. Lubricantes y propiedades

Lubricante es una sustancia que tiene como deber reducir la fricción y así mismo desgaste entre superficie en deslizamiento relativo. Los lubricantes son líquidos, sólidos o gaseosos.

2.4.1.1. Líquidos lubricantes

- Aceites minerales
- Fluidos silicónicos
- Esteres líquidos

2.4.1.2. Sólidos lubricantes

- Grasas con aditivos (para los rodamientos)
- Politetrafluoruetileno
- Grasas de grafito
- Polvos de molibdeno y grafito (Ejemplo molikote)

2.4.2. Lubricación

La función principal de un lubricante es la separación de dos superficies entre sí, de tal manera que no se produce desgaste se trata con esto que el deslizamiento sea con el rozamiento más pequeño posible que entre las partes exista una película de lubricante (gaseoso, liquido o solido).

La mayoría de los casos es aceite mineral en otras excepciones se utiliza aire o lubricante sintético cuando hay condiciones especiales de temperatura, velocidad, etc.

En si el objetivo primordial de la lubricación es reducir el desgaste y el calentamiento de las superficies en contacto, las aplicaciones que se encuentran en ingeniería es la utilización de cojinetes, construido por muñón o eje manguito o cojinete. (Linares, 2005)

2.4.3. Principales campos de aplicación.

- Cojinete de cigüeñal y biela de un motor (vida de miles de Km).
- Cojinetes de turbinas (fiabilidad del 100%).
- Factores a considerar en diseño: técnicos y económicos.

- Cargas aplicadas y condiciones de servicio.
- Tolerancias de fabricación y funcionamiento: vida útil y exigida.
- Condiciones de instalación y posibilidad de mantenimiento.
- Costo de instalación y mantenimiento.

2.4.4. Tipos de superficies.

2.4.4.1. Superficies concordantes

Esta se ajusta bastante bien una con otra con grado de conformidad geométrica alto de manera que se transfiere la carga a un área relativamente grande se puede dar un ejemplo para una chumacera el área de la película será $2\pi*r*l$ que soporta una carga permanente generalmente constante mientras la carga aumenta.



Figura 9-2: Muñón y manguito

Fuente: (Linares, 2005)

En las chumaceras la holgura radial del manguito y el cojinete es la milésima parte del diámetro del cojinete en los cojinetes deslizantes la inclinación de la parte superficie de esto con respecto al rodillo de rodadura suele ser muy rara de encontrar en la industria.

2.4.4.2. Superficie no circundante.

Varios elementos de máquinas lubricados por una película fluida tienen superficies que no concuerdan entre las dos partes, es aquí donde un área pequeña de lubricación soporta todo el peso de la carga.

El área de lubricación entre superficies no concordantes se degrada más rápido con el aumento de carga, pero aun así es más pequeña que el área de lubricación entre las superficies rozantes.

Ejemplo de superficies no concordantes es el acoplamiento de los dientes de un engranaje el contacto entre levas y cegador y cojinetes de elementos rodantes.

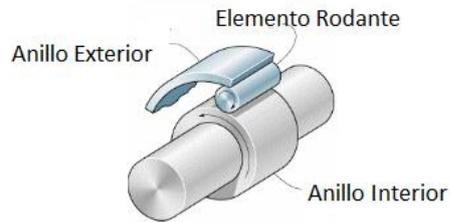


Figura 10-2: Representación de superficies no concordantes.

Fuente: (Linares, 2005)

2.4.5. Tipos de Lubricación.

2.4.5.1. Lubricación hidrostática

Esto se produce cuando se introduce a presión el lubricante en la zona de carga para así crear una película de lubricante en este caso no es necesario el movimiento relativo entre las dos superficies estos tipos se emplean principalmente en cojinetes lentos que están expuestos a grandes cargas en este caso se puede emplearse aire o agua como agente lubricante.

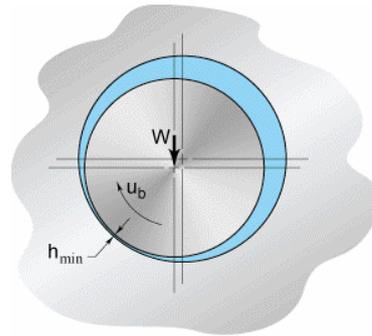
2.4.5.2. Lubricación Hidrodinámica.

Se tiene cuatro tipos básicos: la hidrodinámica se da en superficies concordantes con una lubricación de película fluida en este tipo de lubricación se tiene una película de aceite gruesa de tal manera se previene que las dos superficies entren en contacto.

En un cojinete lubricado hidrodinámicamente el espesor mínimo de la película es función de la carga normal que se aplica W , de la velocidad ub , de la viscosidad absoluta del lubricante η_0 y de la geometría (R_x y R_y). En la figura 11-2 se representa características de la lubricación hidrodinámica. El espesor mínimo de película (h_{min}) como una función (ub) y W para el movimiento deslizante se obtiene mediante la ecuación 1: (Linares, 2005)

Donde el espesor mínimo de la película normalmente excede $1 \mu m$.

$$(h_{min}) \approx \sqrt{\frac{ub}{w}} \quad (1)$$



Conformal surfaces
 $p_{\max} \approx 5 \text{ MPa}$
 $h_{\min} = f(W, u_b, \eta_0, R_x, R_y) > 1 \mu\text{m}$
 No elastic effect

Figura 11-2: Lubricación Hidrodinámica

Fuente: (Linares, 2005)

2.4.5.3. *Lubricación Elastohidrodinámica.*

Este tipo de lubricación se da en mecanismos en los cuales su rugosidad de las superficies de fricción trabaja entrelazada y estas nunca se llegaban a separar en este caso las crestas permanentemente se están deformando elásticamente y el control de desgaste y el consumo de energía dependerá de la película de lubricante adherido a las rugosidades. (Linares, 2005)

2.4.5.4. *Lubricación marginal*

En esta los sólidos no están separados por el lubricante los efectos de la película fluida son insignificantes y existe un contacto significativo de las asperezas el mecanismo de contacto entre esta dos partes se rige por las propiedades físicas y químicas de la película del lubricante es así que lo más importante en este tipo de lubricación es la viscosidad del mismo, las propiedades del sólido y película del lubricante determinan las características de la fricción existente, el espesor de esta varía de 1 a 10 nm dependiendo del tamaño molecular.

2.4.5.5. *Lubricación parcial*

Se da Cuando las características de servicio de las superficies en contacto tienen cargas demasiado altas o las velocidades muy bajas, la película de lubricante se pierde y existe un contacto entre las asperezas o rugosidades de las superficies en contacto, el espesor de fluido es menor que $0.01 \mu\text{m}$ a $1 \mu\text{m}$. En la figura 12-2 se muestran las diferencias entre la lubricación por película fluida, marginal y parcial, respectivamente. (Linares, 2005)

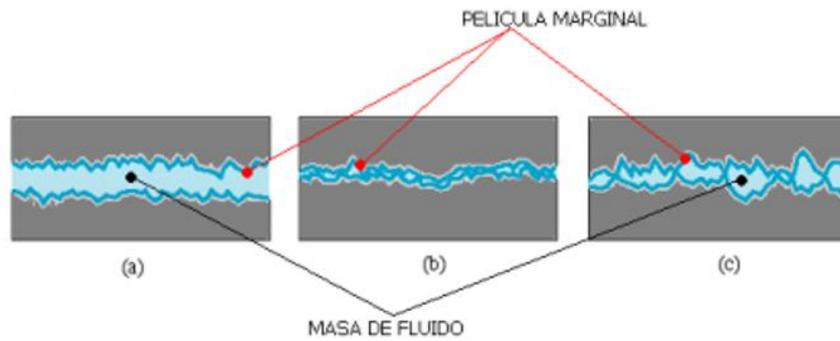


Figura 12-2: Tipos de lubricaciones (a) película fluida (b) marginal (c) parcial

Fuente: (Linares, 2005)

2.4.6. *Nociones de desgaste*

Desgaste se entiende como la disminución progresiva de la sustancia de un componente que se desliza con respecto a otra. Se clasifica según la naturaleza de física del proceso en:

- Desgaste por Adhesión
- Desgaste por Abrasión
- Desgaste por Fatiga
- Desgaste por corrosión
- Desgaste por erosión
- Desgaste por fretting

2.4.6.1. *Desgaste por Adhesión*

Las partículas de material se transfieren de una superficie a otra por medio de la soldadura por presión.



Figura 13-2: Superficies Pulidas

Fuente: (Mauricio, 2016)

2.4.6.2. *Desgaste por abrasión*

Las superficies están actuando en forma recíproca siendo una más dura que otra.



Figura 14-2: Rayaduras por abrasión.

Fuente: (Mauricio, 2016)

2.4.6.3. *Desgaste por fatiga*

El daño se propaga en forma de deformación, debajo de la superficie con el tiempo y el trabajo expuesto el material.



Figura 15-2: Fatiga superficial

Fuente: (Mauricio, 2016)

2.4.6.4. *Desgaste por corrosión*

Se define como la degradación de materiales donde la corrosión y los mecanismos de desgaste se encuentran involucrados. La combinación de efecto de desgaste y corrosión puede resultar una pérdida total del material. (Acevedo, 2004)



Figura 16-2: Desgaste por corrosión

Fuente: (Garcia, 2016)

2.4.6.5. *Desgaste por erosión*

Generado por la pérdida de material en la superficie, debido a estar expuesta a repetidos impactos de partículas sólidas o líquidas. (Acevedo, 2004)



Figura 17-2: Desgaste por corrosión

Fuente: (Mauricio, 2016)

2.4.6.6. *Desgaste por fretting*

Causado por la existencia de movimientos oscilatorios de amplitud pequeña entre dos superficies que están en contacto, se presenta cuando se mantiene el sistema sometido a un gran número de ciclos. Fretting ocurre entre componentes que tiene como función evitar el movimiento como los sujetadores de presión. (Acevedo, 2004)

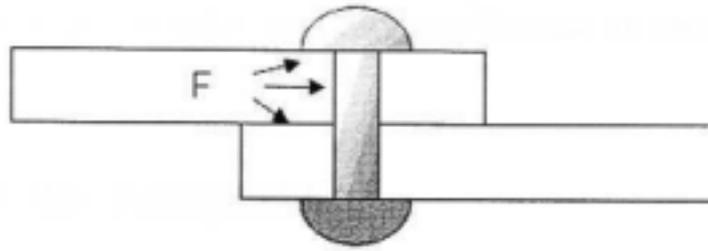


Figura 18-2: Desgaste por fretting

Fuente: (Acevedo, 2004)

2.5. Ensayos de desgaste

2.5.1. Ensayo ASTM G 65

La abrasión según American Society Testing Materials (ASTM), es debida a partículas o protuberancias duras que se ven forzadas unas contra otras y se mueven a lo largo de una superficie sólida y se define como el daño a una superficie sólida que generalmente involucra una progresiva pérdida de material y es debido al movimiento relativo entre la superficie y una o varias sustancias en contacto. (Mora, 2014)

La velocidad de abrasión depende de cuatro factores:

- La característica de cada una de las superficies.
- La presencia de abrasivos entre ellas.
- La velocidad de contacto.
- Condiciones de contacto. (Mora, 2014)

La abrasión se categoriza típicamente de acuerdo al tipo de contacto, como también con el contacto con el ambiente. Los tipos de contacto incluyen:

- Desgaste de dos cuerpos: ocurre cuando un abrasivo se desliza a lo largo de una superficie, donde el material más duro desprende material del más blando.
- Desgaste tres cuerpos: ocurre cuando un abrasivo es atrapado entre dos superficies, donde el tercer elemento (usualmente partículas duras) se ubica entre las dos superficies deslizantes, incrustándose en una y desprendiendo material en la otra.

La clasificación debido al ambiente de contacto es como sigue (Ver figura 19-2):

- Abiertos.
- Cerrados. (Mora, 2014)

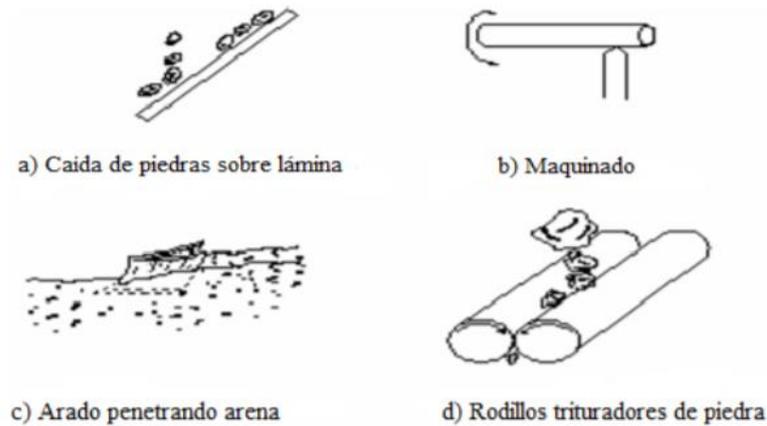


Figura 19-2: Tipos de contacto durante el desgaste abrasivo

Fuente: (Mora, 2014)

El ensayo por abrasión se lleva a cabo por una máquina especial formada por una bancada robusta que a su vez irá en función de las dimensiones de la probeta o pieza a ensayar esta es puesto en marcha con su potente motor que transmite el movimiento a la pieza a ensayar este movimiento puede ser horizontal o vertical. las probetas que se requiere analizar pueden ser cilíndricas, chapas o piezas ya acabadas para determinar o comprobar su resistencia a la abrasión.

Este método de prueba cubre los procedimientos de laboratorio para acabar con la resistencia de los materiales metálicos y la abrasión por rayado mediante la prueba de arena seca y rueda de goma. El objetivo del método de prueba es producir datos que clasificarán de manera reproducible los materiales en su resistencia a la abrasión por rayado en un conjunto de condiciones específicas. Los resultados de la prueba de abrasión se reportan como pérdida de volumen en milímetros cúbicos para el procedimiento de prueba en particular, los materiales especificados de mayor resistencia a la abrasión tendrán una pérdida de volumen menor este método de prueba cubre cinco procedimientos recomendados que son apropiados para grados específicos de resistencia al desgaste o grosores del material de prueba.

2.5.2. *Resumen del método de prueba*

La prueba de abrasión en la arena seca y rueda de goma figura 20-2 implica el marcado de una muestra de prueba estándar con un grano de tamaño controlado y una composición, el abrasivo se introduce entre la muestra de prueba y una rueda giratoria con caucho de clorobutilo o una llanta de una dureza específica, esta muestra de prueba se presiona contra la rueda giratoria a una fuerza especificada por medio de un brazo de palanca mientras que un flujo controlado de arena erosiona la superficie de prueba, la rotación de la rueda es tal que su cara de contacto se mueve en la dirección del flujo de arena, teniendo en cuenta que el eje de giro de los brazos de palanca se encuentra dentro de un plano que es aproximadamente tangente a la superficie de la rueda de goma, y normal al diámetro horizontal a lo largo del cual se aplica la carga. La duración de la prueba y la fuerza aplicada por el brazo de palanca varía como se indica en el procedimiento y las muestras se pesan antes y después de la prueba y se registra la pérdida de masa, es necesario convertir la pérdida de masa en pérdida de volumen en milímetros cúbicos debido a las grandes diferencias en la densidad de materiales, la abrasión se informa como pérdida de volumen por procedimiento específico.



Figura 20-2: Máquina de abrasión.

Fuente: Autores

2.6. Capacidad de trabajo y rendimiento

2.6.1. La capacidad de trabajo teórica, S_t ,

Es la que realiza una máquina si trabajara, sin ningún tipo de interrupción, a su velocidad normal de trabajo (v) y cubriendo siempre su totalidad de anchura teórica, viene expresada en hectáreas por hora (ha/h) para todo tipo de máquina en el campo.

$$S_t = \frac{n \cdot a \cdot v}{10} \quad (ha/h) \quad (2)$$

Donde:

n =número de cuerpos

a =ancho del apero (m)

v =velocidad de la quina (Km)

2.6.2. Capacidad de trabajo efectiva (S_e)

Es menor en la utilización práctica de la maquinaria, como consecuencia de los tiempos gastados en las vueltas en las cabeceras recubriendo, carga y descarga de los productos.

$$S_e = \frac{a \cdot v}{10} * n_e \quad (3)$$

2.6.3. Tiempo efectivo

Se da como la inversa de la capacidad de trabajo efectiva.

$$t_e = \frac{1}{S_e} \quad (h/ha) \quad (4)$$

2.7. Sistemas CAD/CAM/CAE

El diseño y la fabricación asistidos por ordenador tabla 4-2 es una disciplina que estudia el uso de sistemas informáticos como herramienta de soporte en todos los procesos involucrados en el diseño y la fabricación de cualquier tipo de producto. Esta disciplina se ha convertido en un requisito indispensable para la industria actual que se enfrenta a la necesidad de mejorar los estándares de calidad, disminuir los costes y acortar los tiempos de diseño y producción. La única alternativa para conseguir estos objetivos es utilizar las herramientas informáticas e integrar todos

los procesos, para reducir los costes (de tiempo y dinero) en el desarrollo de productos y en su fabricación. (J.C.Torres, 2015)

El concepto de “Herramientas de diseño e ingeniería” hace referencia a términos tan conocidos y empleados hoy en día como CAD, CAM, CAE, etc. Todas las ciencias han incorporado términos, a veces innombrables, que no son más que conceptos o frases comprimidas en una única palabra. (Bonilla, 2003)

Tabla 4-2: Sistema CAD/CAM/CAE

CAD	Computer Aided Design	Diseño asistido por ordenador
CAM	Computer Aided Manufacturing	Fabricación asistida por ordenador
CAE	Computer Aided Engineer	Ingeniería asistida por ordenador

Fuente: Autores

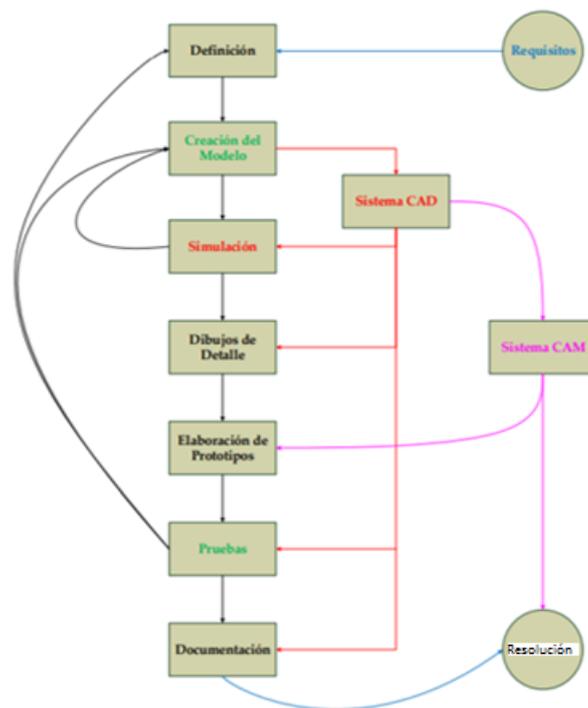


Figura 21-2: Esquema CAD/CAE/CAM

Fuente: (Bonilla, 2003)

2.7.1. *Sistemas CAD*

El término CAD (Computer Aided Design o Diseño Asistido por Ordenador) hace referencia a una herramienta software que, mediante el uso del ordenador, permite crear, modificar, analizar y optimizar planos y modelos en dos y tres dimensiones, y manipular de una manera fácil elementos geométricos sencillos. Se trata de herramientas que van más allá del concepto de “dibujo” o representación gráfica. De hecho, hoy en día se encuentran totalmente integrado con aplicaciones CAM y CAE. (Bonilla, 2003)

La codificación permite generar modelos en ambiente 2D y 3D con muchas, de las características de un determinado producto, a fin de obtener una representación de gran precisión del objeto deseado. Básicamente el principio de operación de los sistemas CAD consiste en la interacción del usuario (diseñador) con el software en un lenguaje informático a través de los dispositivos periféricos de entrada, procesamiento y salida de datos (hardware), provistos por el ordenador. (Talavera, 2014)

2.7.2. *Sistemas CAM*

Las siglas CAM corresponden al acrónimo de Computer Aided Manufacturing (manufactura Asistida por Ordenador). El principal objetivo del CAM es proveer información e instrucciones para la automatización de máquinas en la creación de partes, ensambles y circuitos; utilizando como punto de partida la información de la geometría creada por el CAD. En el terreno industrial la combinación de los sistemas CAD/CAM se refiere a la generación automática de código CNC. (Talavera, 2014)

2.7.3. *Sistemas CAE*

La Ingeniería Asistida por Ordenador o CAE (Computer Aided Engineering) supone un paso más en los sistemas CAD tradicionales, ya que además del diseño del modelo, también permite integrar sus propiedades, condiciones a las que está sometido, materiales, etc. (Bonilla, 2003)

Las herramientas CAE existentes permiten calcular cómo va a comportarse la pieza o la estructura en la realidad en aspectos como deformaciones, resistencias, características térmicas, vibraciones, para ello es necesario pasar de la geometría creada en un entorno CAD al sistema CAE. (Bonilla, 2003)

Las aplicaciones CAE soportan una gran variedad de disciplinas y fenómenos de la ingeniería, incluyendo:

- Análisis de estrés y dinámica de componentes y ensambles utilizando el análisis de elementos finitos (FEA).
- Análisis termal y de fluidos utilizando dinámica de fluidos computacional (CFD).
- Análisis de cinemática y de dinámica de mecanismos.
- Simulación mecánica de eventos.
- Análisis de control de sistemas.
- Simulación de procesos de manufactura.
- Optimización del proceso del producto. (Talavera, 2014)

2.7.4. *Diseño de trabajo*

Se debe ajustar el diseño de trabajo al tamaño y la forma del lote y reducir número de pasadas, tanto como sea posible, trabajando a lo largo del lote. Al planear la práctica de conservación de suelo, con el uso de terrazas paralelas, por ejemplo, se debe considerar la eficiencia de operación de la máquina, por último, se debe intentar arreglar el laboreo en contorno, con diferentes anchos de máquinas para evitar calles inútiles y retrocesos. (Botta, Guido, 2003)

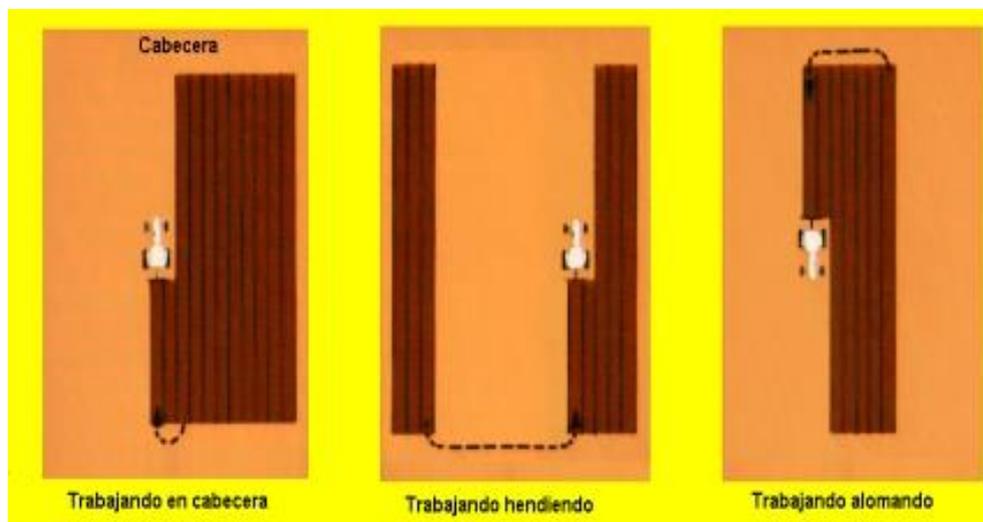


Figura 22-2: Diseños de labranzas

Fuente: (Botta, Guido, 2003)



Figura 23-2: Diseño más típico de labranza

Fuente: (Botta, Guido, 2003)

2.8. Tiempo de ajustes y reparación

El cuidado, mantenimiento y preparación del equipo, antes de realizar las labores, así mismo al servicio diario recomendado por el manual de mantenimiento puede afectar el tiempo perdido durante la operación en el campo. Un buen programa de mantenimiento preventivo permite utilizar todo el tiempo de trabajo, en el campo, y que este no sea agotado por cualquier falla imprevista. Sin embargo, pueden aparecer fallas imprevistas y estas no están exactamente relacionadas con el uso anual ni a la edad de la máquina. Algunos de los tiempos perdidos pueden estar relacionados con la actitud y conocimientos del operador para realizar las labores.

Un operador preparado puede generalmente reducir los tiempos perdidos, retornando al análisis, el tiempo puede ser ahorrado debido a la correcta selección del equipo, ya que una máquina confiable que requiera el mínimo servicio ahorrará más tiempo que una de inferior calidad y confiabilidad. En tal sentido se deben comprar los repuestos en establecimientos autorizados por la marca del equipo, que tengan un sistema de servicio confiable y que se encuentren cercanos al establecimiento agropecuario. Es importante remarcar que atrasos en el campo, por ajustes o fallas imprevistas, pueden volverse críticos desde el punto de vista de completar puntualmente las operaciones para lograr los máximos rendimientos y calidad de cultivo. (Botta, Guido, 2003)

Tabla 5-2: Velocidad y eficiencia de campo de los aperos más utilizados en la labranza

Performance Típica De Distintos Aperos De Labranza		
Apero	Velocidad	Eficiencia de campo (%)
Arado de reja	5.6 a 7.5 Km/h	74 a 90
Arado de disco	6 a 8 Km/h	74 a 90
Cinzel	5.6 a 10 km/h	75 a 90
Cultivador de discos	6.4 a 11.2 km/h	70 a 90
Rastra de discos	6 a 10 km/h	70 a 90
Rastra de dientes	6 a 10 km/h	70 a 90
Cultivadora de campo	6.4 a 12.8 km/h	75 a 90
Subsolador	4 a 6 km/h	70 a 90

Fuente: (Botta, Guido, 2003)

2.9. Vibraciones

Se puede considerar como oscilaciones o movimiento repetitivo de cualquier objeto alrededor de una posición de equilibrio, la posición de equilibrio determina que las oscilaciones es cero, este tipo de vibración se llama vibración de cuerpo entero esto quiere decir que todas las partes del cuerpo se moverán juntas en la misma dirección en cualquier momento.

El movimiento vibratorio de un cuerpo entero se describe completamente como una combinación de movimientos individuales de 6 tipos diferentes estos son las tres traslaciones en las tres direcciones ortogonales x,y,z, y rotación alrededor de los ejes x,y ,z . la vibración de un objeto es causada por una fuerza de excitación, ésta fuerza se puede aplicar externamente al objeto o puede tener su origen dentro del objeto. (White, 2010)

2.9.1. *Movimiento armónico simple (M.A.S)*

Es el movimiento en una dirección de una masa controlada por un resorte único este sistema mecánico comúnmente se llama sistema resorte – masa con un grado única de libertad, si se desplaza la masa hasta una cierta distancia de punto de equilibrio y después se deja libre el resorte la regresará al equilibrio para entonces la masa tendrá energía cinética y rebasará la posición de descanso y desviará el resorte en la dirección opuesta y este perderá velocidad hasta pararse en el otro extremo de su desplazamiento. (White, 2010)

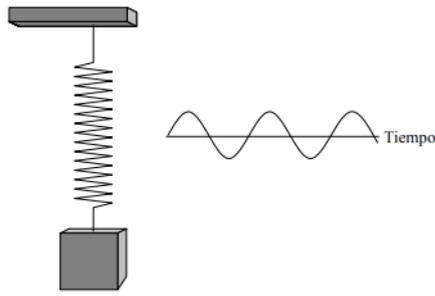


Figura 24-2: Movimiento armónico simple

Fuente: (White, 2010)

Si no hubiera fricción en el sistema las oscilaciones continuarían en la misma proporción y en la misma amplitud para siempre, cualquier sistema real tiene fricción y eso hace que la amplitud de la vibración disminuya gradualmente ya que esta energía se transforma en calor.

Las definiciones siguientes son aplicables al movimiento armónico simple.

T= periodo de la onda

El periodo es aquel tiempo necesario para un ciclo o para un viaje de ida y vuelta o un cruce de nivel cero hasta el siguiente cruce de nivel cero en la misma dirección este se mide en segundos o milisegundos dependiendo de la velocidad de la onda.

F= frecuencia de la onda = 1/T

La unidad de frecuencia es Hertz (Hz) es el número de ciclos que ocurren en un segundo y sencillamente es el recíproco del periodo.

2.9.2. Medidas de amplitud de vibraciones

Hay tres tipos para medir una amplitud como se detalla a continuación

- Valor pico. valor máximo del punto de referencia a la cresta (O-A)
- Valor pico –pico distancia de la cresta negativa a la cresta positiva (A-A)
- Valor eficaz (RMS) valor promedio de la onda y esta expresada por la ecuación

$$V_{RMS} = 0.707V_{equivalente} \quad (5)$$

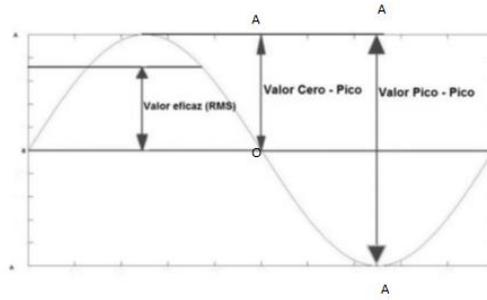


Figura 25-2: Diagrama de amplitud

Fuente: (White, 2010)

2.9.3. Descripción de los niveles de vibración

Las vibraciones pueden ser observadas en unidades de tiempo o frecuencia, al tomar datos de vibraciones es necesario definir que magnitud física se desea cuantificar estas se describen en desplazamiento, velocidad o aceleración.

2.9.4. Desplazamiento(D)

Es la cantidad vectorial que describe el cambio de posición de un cuerpo o partícula con reposo a un sistema de referencia y esta expresada por la ecuación, sus unidades son: m, mm, μm .

$$D = A * \text{sen}(\omega * t) \quad (6)$$

2.9.5. Velocidad (V)

Es la derivada del desplazamiento con respecto al tiempo este se expresa en la siguiente ecuación matemática y sus unidades son: m/s

$$v = A * \omega * \text{cos}(\omega * t) \quad (7)$$

2.9.6. Aceleración (a)

Esta dada por la primera derivada de la velocidad así mismo se expresa a continuación en una ecuación y sus unidades están dadas por: m/s^2

$$a = -A * \omega^2 * \text{sen}(\omega * t) \quad (8)$$

2.10. Aspectos ergonómicos de las vibraciones

El aumento de industrias y de la mecanización de procesos de trabajo da lugar a una mayor exposición a riesgos producidos por agentes físicos, como son las vibraciones entre otros aspectos. Esta situación ha llevado a que en los últimos años las administraciones tanto de la Unión Europea como españolas han realizado esfuerzos para el control y la prevención relacionada con los daños producidos por este agente. (INSHT, 2014)

En relación con la ergonomía, las vibraciones han sido poco estudiadas, en parte por la dificultad que supone establecer límites a la hora de evaluar el riesgo. Si bien en la actualidad todavía no está solucionado este problema, sí se están comenzado a establecer unos primeros criterios normalizados, por ejemplo, en la Norma UNE ISO 2631. “Evaluación de la exposición humana a las vibraciones de cuerpo entero” y la Norma UNE-EN ISO 5349 “Medición y evaluación de la exposición humana a las vibraciones transmitidas por la mano. (INSHT, 2014)

2.10.1. Clasificaciones de las vibraciones

Dentro de las posibles clasificaciones de las vibraciones, interesa, sobre todo, la basada en el modo de transmisión de las mismas al cuerpo humano. En este sentido, se clasifican en dos:

- Vibraciones de cuerpo completo (Figura 26-2 a): Son aquellas vibraciones que se producen cuando gran parte del peso del cuerpo humano descansa sobre una superficie vibrante. Se transmiten generalmente a través de los asientos o de los pies.
- Vibraciones mano-brazo (Figura 26-2 b): Se transmiten por las manos del trabajador a través generalmente del agarre de herramientas mecánicas. Suelen afectar al sistema mano- brazo. (INSHT, 2014)



a



b

Figura 26-2: Vibraciones: a) cuerpo completo, b) mano -brazo

Fuente: (INSHT, 2014)

2.10.2. Resonancia

Fenómeno que se produce cuando a un cuerpo que vibra se le aplica una fuerza periódica cuyo periodo de vibración coincide con el del cuerpo humano, de esta forma se aumenta la amplitud de la vibración. A la frecuencia en la que ocurre este fenómeno y se lo atribuye como frecuencia de resonancia.

El organismo se puede ver afectado por estas frecuencias de resonancia, ya que el cuerpo humano se comporta como una estructura física (Figura 27-2). Por un lado, es capaz de amortiguar las vibraciones, por otro, en unas bandas de frecuencia determinadas, puede vibrar aumentando de forma progresiva la amplitud del movimiento. Por ejemplo: la columna es resonante en modo axial para frecuencias de 10 a 12 Hz; la masa abdominal, en bandas de 4 a 8 Hz; y la cabeza, de 20 a 30 Hz. (INSHT, 2014)

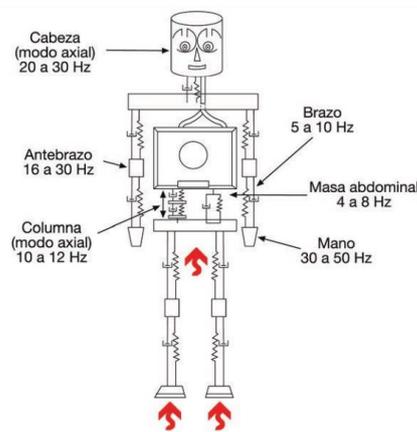


Figura 27-2: Modelo mecánico del cuerpo humano

Fuente: (INSHT, 2014)

2.10.3. Efectos de vibraciones mano -brazo

La transmisión de las vibraciones depende de sus características físicas (intensidad y frecuencia), de la dirección y de la respuesta dinámica de la mano. Los efectos adversos también van a depender entre otros factores de la presión de agarre, de la fuerza estática aplicada, de la postura de la extremidad superior, así como del tiempo de exposición y de recuperación.

- Trastornos vasculares: el más conocido es el llamado fenómeno de Raynaud (o dedo blanco inducido por vibraciones). Consiste en una oclusión temporal de la circulación sanguínea a los dedos, provocando una sensación de palidez o dedo blanco. Mientras se produce, el trabajador percibe una pérdida de sensibilidad y destreza en los dedos, que

puede incrementar los riesgos de accidente. En los casos más graves pueden producir incluso ulceración y gangrena.

- Trastornos osteoarticulares: se observa un incremento de lesiones en huesos articulaciones en los trabajadores que utilizan herramientas de percusión en concreto, se ha descrito una mayor prevalencia de artrosis de muñeca y codo en aquellos trabajadores expuestos a vibraciones de baja frecuencia. (INSHT, 2014)

2.10.4. *Vibraciones de cuerpo entero*

Trastornos respiratorios: pueden provocar hiperventilación, causada, probablemente, por la influencia mecánica de las vibraciones sobre el diafragma y el pecho.

- Trastornos musculo esqueléticos: en algunos estudios se ha observado que las vibraciones activan algunos músculos. Esta activación produce movimientos musculares pasivos e involuntarios.
- Trastornos sensoriales y del sistema nervioso central: las vibraciones de gran amplitud provocan lo que se conoce como “mal del movimiento” o “mareo inducido por el movimiento”.
- Otros efectos: pueden aparecer problemas como aumento de la frecuencia cardíaca, de la presión arterial y del consumo de oxígeno, también se han observado cambios en los niveles de algunas hormonas, tales como las catecolaminas y la adrenocorticotrópica. (INSHT, 2014)

2.10.5. *Normas técnicas*

La UNE-EN ISO 5349 está orientada a la evaluación de vibraciones mano-brazo y la UNE-ISO 2631 a las vibraciones de cuerpo entero figura 28-2.



Figura 28-2: Normas para la evaluación de riesgos

Fuente: (INSHT, 2014)

Norma UNE-ISO 5349: Es la encargada de la Medición y evaluación de la exposición humana a las vibraciones transmitidas por la mano.

Tipo de confort y percepción	Magnitud (m/s ²)
No molesto	> 0,315
Ligeramente molesto	0,315 a 0,63
Bastante molesto	0,5 a 1
Molesto	0,8 a 1,6
Muy molesto	1,25 a 2,5
Extremadamente molesto	> 2

Figura 29-2: Confort y percepción a las vibraciones transmitidas por la mano

Fuente: (Arias Castro, y otros, 2016)

Aceleración RMS	PERCEPCIÓN
<0.01	NO PERCEPTIBLE
0.015	LÍMITE DE PERCEPCIÓN
0.02	APENAS PERCEPTIBLE
0.08	PERCEPTIBLE
0.315	FUERTEMENTE PERCEPTIBLE
>0.315	INCOMODO

Figura 30-2: Aceleración RMS a las vibraciones transmitidas por la mano

Fuente: (garavito, 2011)

CAPÍTULO III

3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

3.1. ESTUDIO DEL DISCO DE ARADO

En este capítulo se determinará el desgaste que los discos de arado sufrirán en diferentes ensayos de campo y de laboratorio bajo normas, verificando el desgaste de los discos en el momento de laboreo en diferentes tipos de suelo a la que los discos están frecuentemente expuestos, se determinará mediante ensayos de impacto o ensayo de Charpy si los mismos son adecuados para las condiciones de trabajo a la que serán expuestos, mediante ensayo de dureza se conocerá si el material es adecuado para el laboreo y si estos está en el rango mínimo de dureza específica para que se pueda utilizar para herramienta de laboreo del suelo.

3.2. Ensayo ASTM

En este ensayo destinado al estudio tribológico de algunos materiales se determinará el desgaste de material para evaluar las características de los materiales y conocer el ciclo de vida de las mismas por extrapolación, las mismas que estarán sometidas a desgaste, posteriormente se determinara la masa perdida de cada una de las probetas, para efectuar las pruebas se realizaron cortes de probetas de 3" (76.2mm) de largo por 1" (25.4mm) de ancho y 0,5" de espesor (12.7mm).



Figura 1-3: Máquina de abrasión

Fuente: Autores

3.2.1. Procedimiento

3.2.1.1. Tamizaje

Se debe tamizar la arena para eliminar impurezas que podrán afectar a la calibración de la máquina y a la caída de la misma por la vertedera hacia las probetas en el momento de realizar las diferentes pruebas (figura 2-3).



Figura 2-3: Tamizaje

Fuente: Autores

3.2.1.2. Comprobación de flujo de arena

Se verifica la caída de arena por minuto que deberá ser acorde a la norma y el rango que este deberá estar para su respectiva prueba.



Figura 3-3: Flujo de arena por minuto

Fuente: Autores

3.2.1.3. *Comparación de tabla de calibración y tabla que especifica la norma*

Tabla 1-3: Calibración para el ensayo ASTM

Variables	Norma ASTM	Obtenidos
Velocidad del motor	200 rpm \pm 10 rpm	202 rpm
Dureza del recubrimiento del caucho	58 a 62 shore A	60.25 shore A
Diámetro del recubrimiento de caucho	9" concentricidad \leq 0.002"	9" concentricidad \leq 0.001"
Humedad del abrasivo	\leq 0.5%	0.22%
Tamaño de grano del abrasivo AFS 50/70	Tamiz 50:5% max Tamiz 70:95%min	Tamiz 50:3% max Tamiz 70:97%min
Flujo de arena	250 – 350 ^g / _{min}	250 ^g / _{min}
Fuerza ejercida sobre la probeta	130 N 45 N	130 N 45 N

Fuente: Autores

3.2.2. *Datos obtenidos*

3.2.2.1. *Probeta 1*



Figura 4-3: Desgaste de Probeta 1

Fuente: Autores

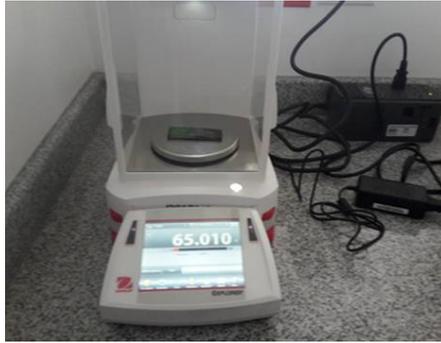


Figura 5-3: Peso inicial de la Probeta 1

Fuente: Autores



Figura 6-3: Peso final de la Probeta 1

Fuente: Autores

3.2.2.2. *Probeta 2*



Figura 7-3: Desgaste abrasivo de la Probeta 2

Fuente: Autores



Figura 8-3: Peso inicial de la Probeta 2

Fuente: Autores



Figura 9-3: Peso final de la Probeta 2

Fuente: Autores

3.2.3. Tabla de pérdida de masa de las probetas

Tabla 2-3: Peso perdido de cada probeta en el ensayo ASTM G65

Muestra	Peso inicial	Peso final	Peso perdido
1	65,01	62,54	2,47
2	64,846	62,34	2,50
3	65,05	62,50	2,55
4	65,10	62,70	2,40
5	65.28	62,71	2,57

Fuente: Autores

3.2.3.1. *Cálculo estadístico*

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n-1}} \quad (9)$$

$$C_v = \frac{\delta}{\bar{x}} \times 100 \quad (10)$$

Donde :

δ = Desviación estándar

\bar{X} = Media aritmética de la masa perdida

X = Peso perdido

N = Número de ensayos

C_v = coeficiente de variación

3.2.4. *Tabla de resultados obtenidos*

Tabla 3-3: Resultados Obtenidos

Muestra	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Peso perdido (g)	Media	Desviación estándar	Coeficiente de variación (%)
1	65,01	62,54	2,47	2,49	0,067	2,69
2	64,846	62,34	2,50			
3	65,05	62,50	2,55			
4	65,10	62,70	2,40			
5	65,28	62,71	2,57			

Fuente: Autores

En este caso se observa un coeficiente de variación de 2,69% esto nos indica que este proceso está bajo control ya que la norma para el procedimiento B nos especifica que si su coeficiente de variación calculado de las muestras es inferior al 6 % este está bajo control.

3.3. Ensayo SAT (Test de abrasión del suelo)

El ensayo SAT tiene el fin de determinar experimentalmente el desgaste y la calidad del material que es utilizado para la fabricación de los discos de arado teniendo en cuenta la variación de velocidad de giro de un eje, también se debe considerar el suelo existente en el cantón chambo, de igual manera se modificará la humedad del suelo la misma que será medida con un hidrómetro para simular distintas condiciones climáticas y la utilización de la máquina que nos ayudara en los datos requeridos.

3.3.1. Procedimiento

3.3.1.1. Toma de pesos de disco

Se debe tomar el peso inicial de cada uno del disco para posteriormente luego de finalizado la respectiva prueba identificar la masa perdida del mismo dando como resultado el peso del disco para prueba figura 10-3 un peso de 5,37 lb y para prueba en húmedo figura (11-3) un peso de 4.59 lb.



Figura 10-3: Peso inicial de disco para prueba en suelo seco

Fuente: Autores



Figura 11-3: Peso inicial de disco par prueba en suelo húmedo

Fuente: Autores

3.3.1.2. *Calibración de RPM de máquina*

La máquina se deberá calibrar a 50 rpm ya que a esa velocidad el disco gira en el momento de labrar el suelo y a la velocidad de transmisión de segunda a la que normalmente este trabaja en un suelo.



Figura 12-3: Calibración de RPM

Fuente: Autores

3.3.1.3. *Verificación de humedad del suelo en seco*

La humedad del suelo se debe verificar antes de la prueba ya que el estado de humedad del mismo también afectara en la prueba dando como resultado 44 %.



Figura 13-3: Medición de la humedad del suelo.

Fuente: Autores

3.3.1.4. *Agregar tierra en el contenedor de la maquina*

Se agregará una cantidad de 24 kg de tierra para proceder al funcionamiento de la máquina y la verificación de que el disco quede el mayor porcentaje sumergido en la misma.



Figura 14-3: Agregado de tierra en contenedor.

Fuente: Autores

3.3.1.5. *Aumento de humedad para segundo caso*

Se agregó una cantidad de 1 kg de agua a los 24 kg de tierra para verificar posteriormente la humedad de la misma y repetir el proceso.



Figura 15-3: Aumento de humedad en suelo.

Fuente: Autores

3.3.1.6. *Verificación de humedad para segundo caso*

En la figura 16-3 se observa la humedad proporción de agua añadido para posteriormente determinar la cantidad de humedad que resultara para la proporción.



Figura 16-3: Medición de la humedad del suelo.

Fuente: Autores

3.3.2. *Datos obtenidos*

3.3.2.1. *Peso final de disco luego de prueba en suelo seco*

En la figura 17-3 se observa el peso final luego de la prueba durante 6 horas con los parámetros mencionados anteriormente para suelo seco.



Figura 17-3: Peso final del disco de arado.

Fuente: Autores

3.3.2.2. *Peso final luego de la prueba en suelo húmedo*

Cabe mencionar que luego de las 6 horas de prueba del disco dos este no vario en su peso por lo que se puede decir que al momento de añadir agua y a su vez aumentar la humedad este ayuda a disminuir el desgaste, el agua añadida ayuda como lubricante en el momento del rozamiento del disco con el suelo.



Figura 18-3: Peso final del disco de arado.

Fuente: Autores

3.3.3. *Tabla de resultados*

Tabla 4-3: Resultados de diferencia de peso para primer caso

Peso inicial (lb)	Peso final (lb)	Diferencia (lb)
5.37	5.36	0,01

Fuente: Autores

Tabla 5-3: Resultados de diferencia de peso para segundo caso

Peso inicial (lb)	Peso final (lb)	Diferencia (lb)
4.59	4.59	-----

Fuente: Autores

3.4. **Ensayo de espectrometría**

El espectrómetro (Q2 ION), determina todos los elementos de aleación en las principales aplicaciones tales como hierro, acero, aluminio, cobre, latón, bronce, y muchos más, un total de 18 elementos químicos que posee el material base, dispuestos en porcentajes. Gracias a la tecnología incorporada en el analizador de metales (Q2 ION) la utilización es muy sencilla y presentando un rendimiento analítico perfecto.

El espectrómetro se calibra mediante la norma ASTM E415 para llevar a cabo el ensayo, la probeta debe tener una superficie libre de cualquier agente para facilitar el análisis con ayuda de una lija de menor a mayor número se pule la superficie.

3.4.1. *Procedimiento*

3.4.1.1. *Corte de probeta para el análisis*

De un disco se corta una placa cuadrada para realizar la prueba.

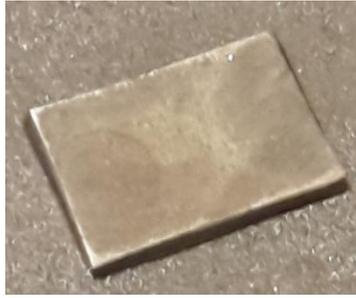


Figura 19-3: Tamaño de probeta para espectrometría.

Fuente: Autores

3.4.1.2. *Introducción de probeta al equipo*

Se debe tener la precaución necesaria en el momento de la utilización de la misma.



Figura 20-3: Uso de equipo de espectrometría.

Fuente: Autores

3.4.2. *Resultados obtenidos*

	C [%]	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]
∅	0,566	0,274	1,737	0,0031	<0,0030
	Cr [%]	Mo [%]	Ni [%]	Cu [%]	Al [%]
∅	0,100	0,025	0,042	0,019	0,081
	Co [%]	Nb [%]	Ti [%]	V [%]	W [%]
∅	<0,0030	<0,0050	0,0037	0,0090	<0,020
	B [%]	Sn [%]	Fe [%]		
∅	<0,0010	0,0080	97,13		

Figura 21-3: Composición de materiales.

Fuente: Autores

El análisis espectro métrico es el encargado de determinar la composición química de metales y aleaciones en rangos de fracciones de masa.

3.5. Ensayo de microestructura

Este ensayo determina las propiedades de un metal, así como la forma y uniformidad de grano que presenta pudiendo determinar si tuvo tratamiento térmico y si es apto para las condiciones de trabajo que será sometido.

3.5.1. *Etapas*

- Corte transversal
- Montaje
- Desbaste y Pulido
- Ataque

3.5.2. *Materiales e instrumentos*

- Microscopio metalúrgico
- Material a analizar
- Lijas (250 a 1400)
- Nital
- Alcohol
- Algodón o franela
- Alúmina

3.5.2.1. *Lijado de la probeta.*

Para realizar el lijado se requiere una probeta del material en corte transversal que sea lo más plana posible, utilizando papel de lija de 250 a 1400 con las cuales se procede al lijado.



Figura 22-3: Preparación de probeta.

Fuente: Autores

3.5.2.2. *Pulido de probeta.*

Para el pulido final de la probeta se utilizó una máquina pulidora de paño como se indica en la figura 23-3 a revoluciones media y alta, agregando una solución de alúmina y agua destilada para mejorar el pulido de la probeta.



Figura 23-3: Pulido final de probeta.

Fuente: Autores

3.5.2.3. *Ataque químico a la probeta*

Se deberá utilizar equipo de protección ya que se está trabajando con un ácido, se procede a añadir Nital al 2 % con el fin de poder evidenciar la estructura del metal este ataque se lo debe hacer en un tiempo no máximo de 5 segundos.



Figura 24-3: Ataque químico a probeta.

Fuente: Autores

3.5.2.4. *Secado de probeta*

Se debe realizar un secado posterior al ataque químico para eliminar restos de agua, ácido y otros elementos que pueden quedarse en la superficie de la muestra que podrían afectar en la observación de la microestructura del material.



Figura 25-3: Secado de probeta.

Fuente: Autores

3.5.2.5. *Visualización de estructura por el microscopio*

Se utilizó un microscopio invertido figura 26-3 a 500X.



Figura 26-3: Microscopio invertido.

Fuente: Autores

3.5.3. Resultados obtenidos.

En la figura 27-3 se puede observar martensita, es la microestructura más dura que se puede encontrar en materiales de aceros al carbón templados.

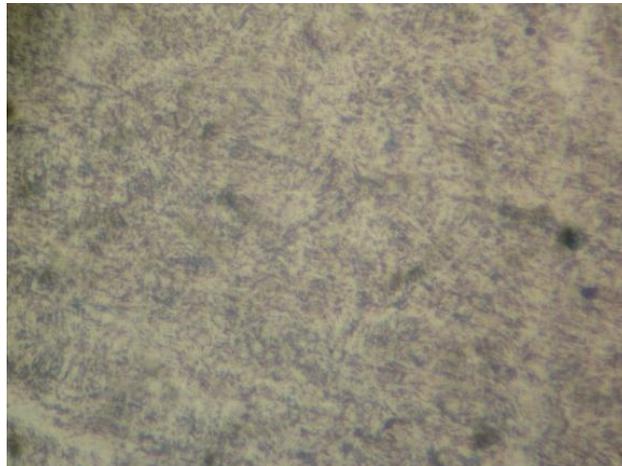


Figura 27-3: Martensita 500X

Fuente: Autores

3.6. Ensayo de dureza

Mediante este ensayo se conocerá la dureza del material, tomando datos en diferentes puntos de la superficie de la probeta para luego obtener un promedio. Se utilizó la escala C que indica que

es para aceros endurecidos, aleaciones endurecidas y revenidas que anteriormente se identificó con los ensayos correspondientes que el material tiene un tratamiento revenido a 900 °C y temple en agua, también nos indica la carga aplicada que se deberá aplicar que es 150 Kg y el penetrador que debe ser un cono de diamante.

3.6.1. Procedimiento

3.6.1.1. Preparación de la probeta

La probeta se prepara mediante el pulido hasta que la misma quede lo más plana posible y limpia de óxido para poder realizar la prueba.



Figura 28-3: Preparación de probeta para ensayo de dureza.

Fuente: Autores

3.6.1.2. Ubicación de probeta en el equipo

Se ubicará la placa en el centro del punzón para poder realizar las diferentes mediciones.

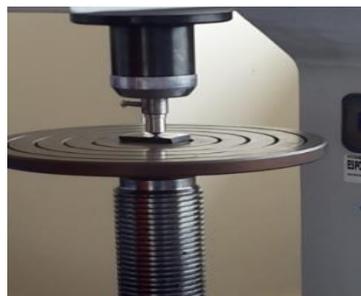


Figura 29-3: Máquina para medición de la dureza del material.

Fuente: Autores

3.6.1.3. Toma de medidas en diferentes puntos

Se tomará medidas en diferentes puntos para luego sacar un promedio de todos los valores obtenidos, en este caso se realizó en 6 puntos diferentes.



Figura 30-3: Probeta con los diferentes puntos de medición.

Fuente: Autores

3.6.2. *Datos obtenidos*

En la tabla 6-3 se observa los datos de los diferentes puntos en las que se realizó la prueba y su respectivo promedio de 45 HRC, concluyendo que la herramienta es apta para el trabajo agrícola ya que la misma esta en el rango de 35 a 45 HRC como especifica la ASABE.

Tabla 6-3: Datos obtenidos de dureza del material.

Ensayo	Dureza
1	45
2	45
3	45
4	44
5	45
6	45
Promedio	44,83

Fuente: Autores

3.7. **Ensayo de impacto**

Este ensayo determina la cantidad de energía absorbida por una probeta de acero, es decir la resistencia del disco ante un eventual impacto establecida en la norma INEN 0130.

3.7.1. *Materiales e instrumentos.*

- Calibrador
- Flexómetro

- Probeta
- Péndulo de Charpy

3.7.2. *Procedimiento*

3.7.2.1. *Preparación de probetas*

Para realizar el ensayo se necesita una probeta con medidas establecida en la norma ASTM E23 e INEN 130.



Figura 31-3: Probeta con medidas según norma ASTM E23

Fuente: Autores

3.7.2.2. *Toma de medidas de cada probeta para calculo.*

Se procede a tomar las diferentes medidas como: longitud de la probeta, ancho, espesor y ancho del entalle.

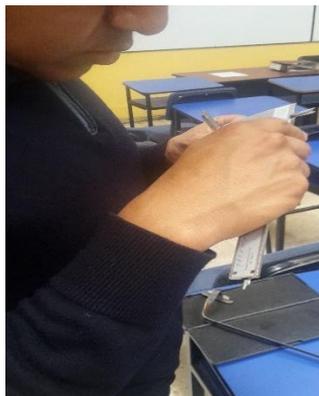


Figura 32-3: Toma de medidas de cada probeta.

Fuente: Autores

3.7.2.3. *Encerado del péndulo de charpy*

Se deberá enserar el marcador luego de cada prueba para mayor fiabilidad posterior a la utilización de cada impacto.



Figura 33-3: Encerado de péndulo de charpy.

Fuente: Autores

3.7.2.4. *Colocación de la probeta al péndulo de charpy*

Se debe tener cuidado el momento de ingresar la probeta en el portaprobeta del péndulo de charpy en este caso se utiliza una pinza especial para introducirla.



Figura 34-3: Colocación de la probeta al péndulo de Charpy.

Fuente: Autores

3.7.2.5. *Accionamiento de martillo de impacto*

Colocar la probeta en el péndulo con el tornillo fijador y elevar el martillo hasta una altura específica, antes de liberar el martillo se debe verificar que la aguja de la caratula este encerrada.



Figura 35-3: Liberación de martillo

Fuente: Autores

3.7.3. *Datos obtenidos*

Medidas de la probeta.

Tabla 7-3: Características de la probeta

Longitud	55 mm
Ancho	10 mm
Espesor	10 mm
Ángulo del entalle	45°
Ancho del entalle	3 mm

Fuente: Autores

Datos obtenidos en cada una de las muestras.

Tabla 8-3: Muestra 01

Entalle	
Ancho (mm)	7.8
Espesor (mm)	3.75
Área de impacto (cm^2)	0.2925
Energía absorbida (J)	5

Fuente: Autores

Tabla 9-3: Muestra 02

Entalle	
Ancho (mm)	8.5
Espesor (mm)	3.8
Área de impacto (cm^2)	0.323
Energía absorbida (J)	2.5

Fuente: Autores

Tabla 10-3: Muestra 03

Entalle	
Ancho (mm)	7.5
Espesor (mm)	3.7
Área de impacto (cm^2)	0.2775
Energía absorbida (J)	5

Fuente: Autores

Tabla 11-3: Muestra 04

Entalle	
Ancho (mm)	8.55
Espesor (mm)	3.75
Área de impacto (cm^2)	0.320
Energía absorbida (J)	4

Fuente: Autores

Tabla 12-3: Muestra 05

Entalle	
ancho (mm)	8.65
Espesor (mm)	3.7
Área de impacto (cm^2)	0.320
Energía absorbida (J)	4

Fuente: Autores

3.7.4. *Calculo de resiliencia*

Obtención de la resiliencia mediante la fórmula:

$$K = \frac{Ea}{A} \quad (11)$$

Ea: Energía absorbida.

A: Área de impacto.

Muestra 01

$$E_f1 = 5 J \left(\frac{1 \text{ kgf} * m}{9.81 J} \right) = 0.51 \text{ kgf} * m$$

$$K1 = \frac{0.51 \text{ kgf} * m}{0.2925 \text{ cm}^2} = 1.74 \frac{\text{kgf} * m}{\text{cm}^2}$$

Muestra 02

$$E_f2 = 2.5 J \left(\frac{1 \text{ kgf} * m}{9.81 J} \right) = 0.25 \text{ kgf} * m$$

$$K2 = \frac{0.25 \text{ kgf} * m}{0.323 \text{ cm}^2} = 0.8 \frac{\text{kgf} * m}{\text{cm}^2}$$

Muestra 03

$$E_f3 = 5 J \left(\frac{1 \text{ kgf} * m}{9.81 J} \right) = 0.51 \text{ kgf} * m$$

$$K3 = \frac{0.51 \text{ kgf} * m}{0.2775 \text{ cm}^2} = 1.84 \frac{\text{kgf} * m}{\text{cm}^2}$$

Muestra 04

$$E_f4 = 4 J \left(\frac{1 \text{ kgf} * m}{9.81 J} \right) = 0.41 \text{ kgf} * m$$

$$K4 = \frac{0.41 \text{ kgf} * m}{0.32 \text{ cm}^2} = 1.28 \frac{\text{kgf} * m}{\text{cm}^2}$$

Muestra 05

$$E_f4 = 4 J \left(\frac{1 \text{ kgf} * m}{9.81 J} \right) = 0.41 \text{ kgf} * m$$

$$K4 = \frac{0.41 \text{ kgf} * m}{0.32 \text{ cm}^2} = 1.28 \frac{\text{kgf} * m}{\text{cm}^2}$$

De la resiliencia obtenidas se realizó un promedio, obteniendo así la resiliencia al impacto del acero.

3.7.5. *Resultados obtenidos*

Tabla 13-3: Resiliencia de cada muestra.

Muestra	Resiliencia $\left(\frac{kgf*m}{cm^2}\right)$
01	1.74
02	0.8
03	1.84
04	1.28
05	1.28
Promedio	1.4

Fuente: Autores

Como resultado del ensayo se observó la rotura total de las probetas debido que la fuerza ejercida en el momento del impacto fue mayor a la que podrá soportar la probeta en condiciones estáticas. Además, podemos visualizar en el reloj del péndulo de Charpy la cantidad de energía absorbida por nuestra probeta, en este caso es una energía muy baja.

3.8. Análisis de eficiencia

La presente investigación hace una revisión del prototipo del apero tanto en distintos campos ,como también para la rotura de suelo con kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) como también en suelo descoriado (recién cosechado); se hizo el análisis para poder recolectar datos tanto como la eficiencia del mismo en campo, teórica y determinar el tiempo que se demora en preparar el terreno para el cultivo en diferentes suelos, como se verifico en suelo con vegetal y suelo descoriado , para analizar dichos datos, compararla y contrastarlos para el presente informe, se trabajó en los diferentes suelos una misma área, que se pueda observar en la figura 36-3.

3.8.1. En suelo descoriado (recién cosechada)

En este tipo de suelo en el momento de realizar la labor de arado este se encontraba suave ya que anteriormente ya fue cultivado ,así que el suelo no disponía de la dureza necesaria para que los neumáticos del motocultor tuvieran tracción en el momento del arado pero se pudo llevar a cabo el registro de datos sin ningún problema esto se realizó un arado en diagonal tomando desde la mitad del área ya que es muy importante la ubicación del arado y la secuencia del arado para que se pueda realizar la preparación del suelo con una mayor satisfacción para la siembra . Se procedió a medir el ancho y el largo del suelo que se realizó la labor de arado.

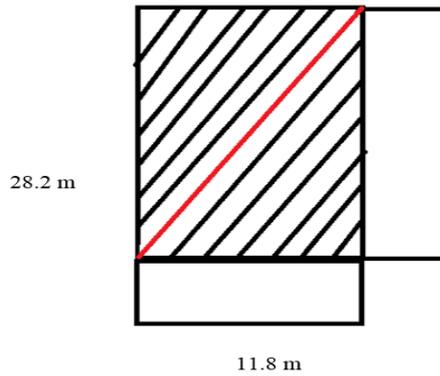


Figura 36-3: Dimensiones del terreno.

Fuente: Autores

Se observa cómo se trabajó este tipo de suelo desde donde fue su inicio y como se llevó a cabo su trabajo, éste se trabajó iniciando desde su diagonal y su ciclo fue en círculo desde su centro hasta sus extremos esto se realizó porque es importante que el suelo se remueva lo suficiente completo para su siembra figura 37-3.



Figura 37-3: Arado y medida del terreno.

Fuente: Autores

Luego se observa en la figura 38-3 como finalmente el suelo queda listo para el cultivo nuevamente realizando todo lo anteriormente.



Figura 38-3: Terreno preparado para el cultivo.

Fuente: Autores

Los datos obtenidos luego del presente trabajo se muestran en la tabla 14-3, y los cálculos correspondientes.

Tabla 14-3: Datos obtenidos con suelo descansado.

Tiempo de trabajo	60 min
Ancho del terreno arado	11.8 m
Largo del terreno arado	28.2 m
Área del terreno arado	332.76 m ² (0.0332 ha)
Proporción de arado x min	5.54 m ² /min
Ancho real del apero (a)	70 cm
Velocidad del motocultor 2° (v)	2.8 Km/h

Fuente: Autores

3.8.1.1. Capacidad teórica

$$S_t = \frac{n * a * v}{10}$$

$$S_t = \frac{1 * 0.70m * 4,6 \text{ km/h}}{10}$$

$$S_t = 0,32 \text{ ha/h}$$

3.8.1.2. Capacidad efectiva

$$n_e = \frac{S_e}{S_t}$$

Donde n_e es un dato expuso en la tabla de anexo 2 de Cañavate

$$S_e = S_t * 0.70$$

$$S_e = 0,32 \text{ ha/h} * 0.70$$

$$S_e = 0,22 \text{ ha/h}$$

3.8.1.3. Tiempo efectivo de operación

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

$$t_e = \frac{1}{0,22} \text{ h/ha}$$

$$t_e = 4,54 \text{ h/ha}$$

3.8.2. Suelo con kikuyo

En este tipo de suelo fig. 39-3 se tuvo mayores percances al realizar la labranza, en el momento de realizar este tipo de trabajo se incrusto escombros en las bandas de transmisión ver figura 40-3 el cual estas se salieron de su ubicación y se postergo el trabajo un día más, pero se pauso el cronometro para realizar la reparación necesaria y seguir con el arado del suelo. Este trabajo se realizó más rápido ya que se tuvo muy buena tracción en los neumáticos de motocultor y se pudo trabajar en tercera marcha y en consecuencia el tiempo disminuyo.



Figura 39-3: Suelo con kikuyo

Fuente: Autores



Figura 40-3: Motocultor YTO

Fuente: Autores

A continuación, se detalla los resultados obtenidos en la tabla 15-3.

Tabla 15-3: Datos obtenidos con suelo de kikuyo

Tiempo de trabajo	50min
Ancho del terreno arado	12.4 m
Largo del terreno arado	30.8 m
Área del terreno arado	381.92 m ² (0.0381 ha)
Proporción de arado x min	7.63m ² /min
Ancho real del apero (a)	70 cm
Velocidad del motocultor 3° (v)	4.6 Km/h

Fuente: Autores

Tabla 16-3: Proporción del terreno.

Tiempo de trabajo	43.56 min
Área del terreno arado	332.76 m ² (0.0332 ha)
Ancho real del apero (a)	70 cm
Velocidad del motocultor 3° (v)	4.6 Km/h

Fuente: Autores

3.8.2.1. Capacidad teórica

$$S_t = \frac{n * a * v}{10}$$

$$S_t = \frac{1 * 0.70m * 2.8 km/h}{10}$$

$$S_t = 0,196 \text{ ha/h}$$

3.8.2.2. Capacidad efectiva

$$n_e = \frac{S_e}{S_t}$$

Donde n_e es un dato expuso en la tabla de anexo 2 de Cañavate

$$S_e = S_t * 0.70$$

$$S_e = 0,196 \text{ ha/h} * 0.70$$

$$S_e = 0,13 \text{ ha/h}$$

3.8.2.3. Tiempo efectivo de operación

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

$$t_e = \frac{1}{0,13} \text{ h/ha}$$

$$t_e = 7,69 \text{ h/ha}$$

3.9. Análisis de desgaste con las respectivas optimizaciones

3.9.1. En suelo descoriado (recién cosechado)

3.9.1.1. Capacidad teórica

$$S_t = \frac{n * a * v}{10}$$

$$S_t = \frac{1 * 0.95m * 4,6 km/h}{10}$$

$$S_t = 0,43 \text{ ha/h}$$

3.9.1.2. Capacidad efectiva

$$n_e = \frac{S_e}{S_t}$$

Donde n_e es un dato expuso en la tabla de anexo 2 de Cañavate

$$S_e = S_t * 0.70$$

$$S_e = 0,43 \text{ ha/h} * 0.70$$

$$S_e = 0,30 \text{ ha/h}$$

3.9.1.3. Tiempo efectivo de operación

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

$$t_e = \frac{1}{0,30} \text{ h/ha}$$

$$t_e = 3,32 \text{ h/ha}$$

3.9.2. Suelo con kikuyo

3.9.2.1. Capacidad teórica

$$S_t = \frac{n * a * v}{10}$$

$$S_t = \frac{1 * 0.95m * 2.8 \text{ km/h}}{10}$$

$$S_t = 0,26 \text{ ha/h}$$

3.9.2.2. Capacidad efectiva

$$n_e = \frac{S_e}{S_t}$$

Donde n_e es un dato expuso en la tabla de anexo 2 de Cañavate

$$S_e = S_t * 0.95$$

$$S_e = 0,196 \text{ ha/h} * 0.95$$

$$S_e = 0,18 \text{ ha/h}$$

3.9.2.3. *Tiempo efectivo de operación*

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

$$t_e = \frac{1}{0,18} \text{ h/ha}$$

$$t_e = 5,49 \text{ h/ha}$$

3.10. **Análisis de desgaste**

Esta prueba de campo se realizó en un total de 16 horas (dos días laborables) con distintas marchas por las condiciones del suelo en la cual se trabajó con las siguientes marchas tabla 17-3.

Tabla 17-3: Marchas del motocultor.

Marcha	Km/h
1ra	1.6
2da	2.8
3ra	4.6

Fuente: Autores

3.10.1. *Peso inicial de los discos*

Se procede al desmontaje de las cuchillas de las bases del apero se limpió cada cuchilla para obtener su peso con la ayuda de una balanza digital.

En la tabla 18-3 se indica el peso inicial de cada uno de los discos.



Figura 41-3: Peso inicial del disco.

Fuente: Autores

Tabla 18-3: Tabulación de peso inicial.

Disco	Peso inicial (lb)	Porcentaje %
1	4.8	28.85 %
2	6.46	38.82 %
3	5.38	32.33 %
Total	16.64	100 %

Fuente: Autores

3.10.2. *Peso final de cada disco*

Después de concluir las 16 horas de trabajo se desmonto los 3 discos y procedió a verificar su peso final en la balanza digital como se indica en la tabla 19-3.



Figura 42-3: Peso final del disco.

Tabla 19-3: Tabulación del peso final.

Disco	Peso final (lb)	Porcentaje %
1	4.78	28.83 %
2	6.44	38.84 %
3	5.36	32.33 %
Total	16.58	100 %

Fuente: Autores

3.10.3. *Análisis de desgaste*

En cada disco se identificó un desgaste de 0.02 lb en un total de 16 horas de trabajo con una tasa de desgaste de 0.00125 lb/h, 0.5681 gr/h y 0.28gr/día de trabajo.

Tabla 20-3: Análisis de desgaste.

Disco	Peso inicial (lb)	Peso Final (lb)
1	4.8	4.78
2	6.46	6.44
3	5.38	5.36
Total	16.64	16.58

Fuente: Autores

Se debe tener en cuenta el estado del suelo en el cual se trabaja, ya que en ciertos suelos existe mayor grado de dureza es ahí cuando los discos sufren mayor desgaste y las cuchillas se desgastarán mucho más rápido que trabajar en un suelo suave que fue cultivado.



Figura 43-3: Terreno con kikuyo

Fuente: Autores

3.11. Análisis de Vibraciones

3.11.1. Descripción del equipo

Vibracheck 200 es un equipo portátil de vibraciones mecánicas pensado para controlar confiabilidad y así mismo para el diagnóstico de fallas en máquina.



Figura 44-3: Vibracheck 200

Fuente: Autores

Características del equipo

- Dispone de dos entradas dinámicas para la conectividad de los acelerómetros.
- Mide velocidad, desplazamiento, aceleración y envolvente (impactos repetitivos generados por rodamientos).
- Mide forma de ondas y espectros. (Idear, 2014)
- Conexión USB para carga y descarga de datos.

3.11.2. Sensores

El equipo puede trabajar con sensores como:

- Sensores de proximidad de no contacto.
- Sensores de velocidad.
- Acelerómetros otros sensores con unidades configurables.
- Racks de monitoreo continuo.



Figura 45-3: Sensores

Fuente: Autores

3.11.3. *Software*

“MAINT ranq” es un software diseñado para el sector de mantenimiento, permite implementar programas de monitoreo de las condiciones de la máquina de forma simple y efectiva.

Este programa permite la interpretación de la toma de mediciones gracias a que tiene un gran número de herramientas, este además ayuda a organizar las mediciones, los diagnósticos así mismo como también los mantenimientos.

3.11.4. *Transferencia de datos*

MAIN raq permite manejar el equipo Vibracheck a distancia, los archivos con rutas a diagnosticar se transfieren por correo electrónico para que un usuario cargue en Vibracheck usando la opción TRANSFER.

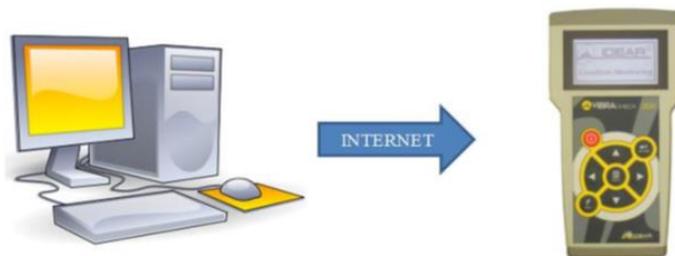


Figura 46-3: Transferencia de datos.

Fuente: Autores

3.11.5. *Recopilación de datos*

Se ingresarán los diferentes datos y toda la información obtenida en fichas técnicas de rodamientos disponibles en el mismo catálogo del motocultor.

3.11.6. *Tacómetro digital*

Este aparato permite medir las rpm de las diferentes poleas que interesa verificar sus revoluciones.



Figura 47-3: Tacómetro

Fuente: Autores

3.11.7. *Toma de datos de rpm del motor*



Figura 48-3: Rpm del motor

Fuente: Autores

Se observa 1197 rpm a las que el motor de combustión interna hace girar la polea para posteriormente ese movimiento transmitir mediante cuatro bandas hacia a la transmisión.

3.11.8. Toma de datos de rpm de polea de transmisión



Figura 49-3: Rpm de la polea de transmisión.

Fuente: Autores

Se observa los rpm que llega del motor de combustión interna hacia la polea de la transmisión como es de 716.8 rpm esta velocidad es en aceleración mínima a la que se trabaja.

3.11.9. Toma de datos en la polea del motor lado horizontal



Figura 50-3: Datos de la polea del motor lado horizontal

Fuente: Autores

Tabla 21-3: Datos de la polea del motor lado horizontal

Datos obtenidos	
Velocidad (mm/s)	7.77
Aceleración (g)	1.99
Desplazamiento (μm)	292
Envolvente (gE)	5.82

Fuente: Autores

3.11.10. Toma de datos en la polea del motor lado axial



Figura 51-3: Datos de la polea del motor lado axial

Fuente: Autores

Tabla 22-3: Datos de la polea del motor lado axial

Datos obtenidos	
Velocidad (mm/s)	7.88
Aceleración (g)	1.75
Desplazamiento (μm)	324
Envolvente (gE)	5.60

Fuente: Autores

3.11.11. Toma de datos en la polea de transmisión lado horizontal



Figura 52-3: Datos de la polea de transmisión lado horizontal.

Fuente: Autores

Tabla 23-3: Datos de la polea de transmisión lado horizontal.

Datos obtenidos	
Velocidad (mm/s)	13.2
Aceleración (g)	0.43
Desplazamiento (μm)	584
Envolvente (gE)	1.38

Fuente: Autores

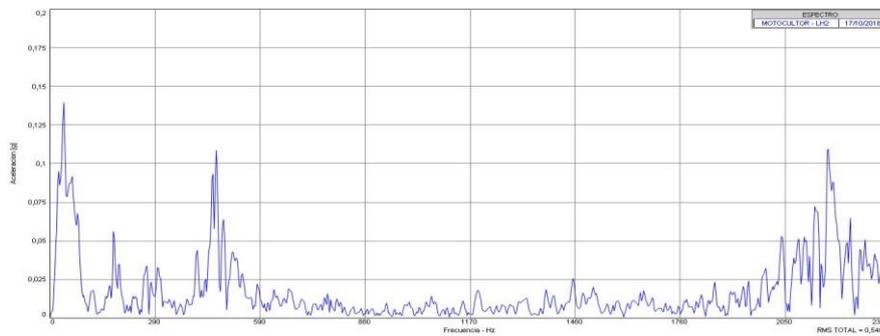


Figura 53-3: Espectros de la aceleración.

Fuente: Autores

En la gráfica se observa el espectro de la aceleración en la cual se observa un RMS de 0,548 el cual se especifica en la tabla de confort establece: si las RMS es mayor a 0,315 la percepción es muy incómoda.

3.11.12. Toma de datos en la polea de transmisión lado vertical



Figura 54-3: Datos de la polea de transmisión lado vertical.

Fuente: Autores

Tabla 24-3: Datos de la polea de transmisión lado vertical

Datos obtenidos	
Velocidad (mm/s)	7.3
Aceleración (g)	0.32
Desplazamiento (μm)	244
Envolvente (gE)	0.89

Fuente: Autores

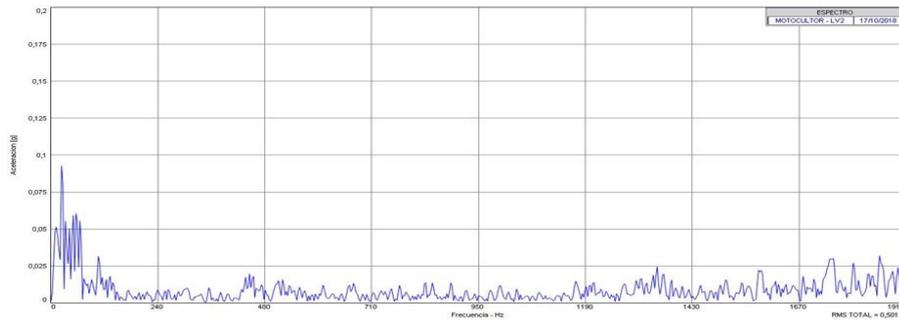


Figura 55-3: Espectros de la aceleración.

Fuente: Autores

En la gráfica se observa el espectro de la aceleración en la cual se observa un RMS de 0,501 el cual especifica en la tabla de confort establece si las RMS es mayor a 0,315 la percepción es muy incómoda.

3.11.13. Toma de datos en la polea de transmisión lado axial



Figura 56-3: Datos de la polea de transmisión lado axial.

Fuente: Autores

Tabla 25-3: Datos de la polea de transmisión lado axial.

Datos Obtenidos	
Velocidad (mm/s)	7.1
Aceleración (g)	0.30
Desplazamiento (μm)	239
Envolvente (gE)	0.71

Fuente: Autores

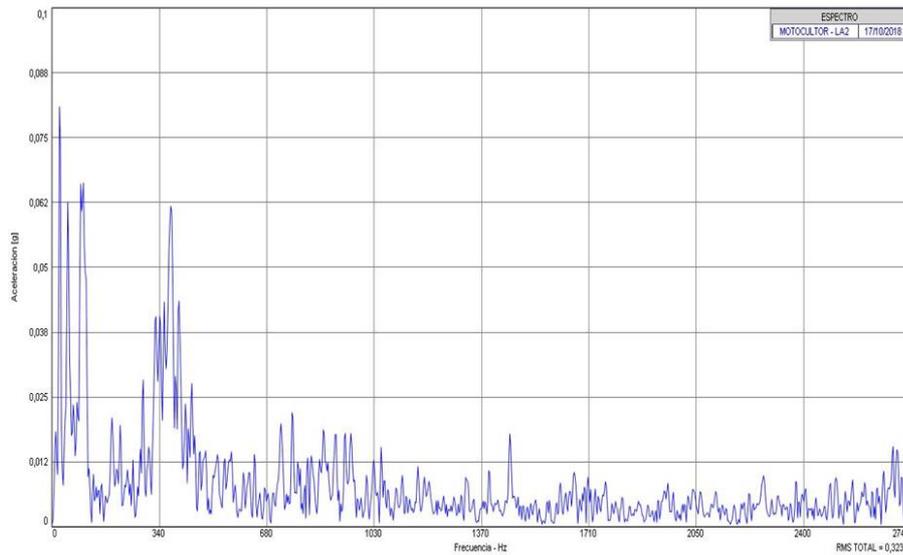


Figura 57-3: Espectro de aceleración.

Fuente: Autores

En la gráfica se observa el espectro de la aceleración en la cual se observa un RMS de 0,323 el cual especifica en la tabla de confort establece si las RMS es mayor a 0,315 lo que especifica lo cual está en rango moderado.

3.12. NORMAS

La Organización Internacional de Normalización (ISO) rige parámetros de diseño de maquinaria y herramienta agrícola en todo el mundo, con altos estándares de calidad; se enfocará esta investigación en normas referentes a ergonomía y seguridad en las máquinas agrícolas.

3.12.1. ISO 4254

Dentro del ámbito ecuatoriano nos enfocamos en la norma INEN – ISO 4254 por el campo de aplicación que tiene utilizamos en nuestra propuesta tecnológica. La ISO 4254 es una de las normas que relaciona el diseño y seguridad de maquina agrícola. En los últimos años conseguir máquinas y herramientas agrícolas seguras se ha convertido en un objetivo de alta prioridad.

3.12.1.1. *Requisitos y medidas de seguridad. Maquinas suspendidas y semisuspendidas.*

3.12.1.2. *Mando*

Cualquier control manual que deba ser controlado por el trabajador que permanece de pie en el suelo mientras el eje de transmisión de potencia se encuentra en funcionamiento se debe situar a una distancia horizontal mínima de 550 mm desde el eje de transmisión de potencia. (NTE INEN-ISO 4254-1, 2014)

3.12.1.3. *Vibraciones*

La medida técnica para reducir las vibraciones causadas por irregularidades de la superficie de desplazamiento o el movimiento de los componentes relacionados con la máquina, como el motor, cajas de cambio, accionamientos y herramientas de trabajo pueden ser, por ejemplo, aisladores, amortiguadores y sistemas de suspensión. (NTE INEN-ISO 4254-5, 2014)

3.12.1.4. *Estabilidad*

3.12.1.4.1. *Máquinas suspendidas provistas de ruedas para su manipulación*

Las maquinas equipadas con ruedas de transporte para su manipulación se deben diseñar para evitar el vuelco. (NTE INEN-ISO 4254-5, 2014)

3.13. CONSIDERACIONES DEL DISEÑO

3.13.1. *Especificaciones del motocultor*

Tabla 26-3: Especificaciones del motocultor YTO

Dimensiones (L x A x Alt) mm	2680 x 960 x 1250	
Fuerza de tracción (Kg-f)	221	
Velocidad nominal (rpm)	5800	
Velocidad de fábrica por cambio (Km/h)	Hacia delante	1.6/2.8/4.6/5.9/10.5/17.1
	Reversa	1.2/4.3
Potencia de salida (Kw/Hp)	12/16	

Fuente: Manual de operacion de servicios motocultor YTO

3.13.2. *Energía consumida al labrar.*

Según Cañavate (2003), la energía consumida al labrar depende fundamentalmente de la resistencia específica del terreno μ que es igual a la fuerza necesaria para tirar del arado F dividida por la sección de la labor S :

$$F = \mu * S \quad (12)$$

En un arado de discos la sección de trabajo es:

$$S = n * a * p \quad (13)$$

Siendo n el número de cuerpos del arado, a la anchura de cada cuerpo y p la profundidad de trabajo.

La resistencia específica depende del tipo de suelo y también de la velocidad de trabajo.

Según Ortiz Arévalo (2009), los valores medidos de la resistencia específica para distintos suelos son:

Tabla 27-3: Resistencia específica para distintos suelos

Arcilloso-limoso	$\mu = 7 + 0,049 * v^2$	(N/cm2)
Franco-arcilloso	$\mu = 6 + 0,049 * v^2$	(N/cm2)
Franco-arcilloso-limoso	$\mu = 4,8 + 0,024 * v^2$	(N/cm2)
Franco	$\mu = 3 + 0,020 * v^2$	(N/cm2)
Limo-arenoso	$\mu = 3 + 0,032 * v^2$	(N/cm2)
Franco-arenoso	$\mu = 2,8 + 0,013 * v^2$	(N/cm2)
Arenoso	$\mu = 2 + 0,013 * v^2$	(N/cm2)

Fuente: (Ortiz Arévalo, 2009)

La fórmula.

$$\mu = \mu_0 + \lambda \cdot v \quad (14)$$

Se debe al físico ruso Gorjatschkin, en la que μ_0 es la resistencia específica del terreno estática y λ es un parámetro dependiendo dos tipos de suelo y para μ en N/cm², La velocidad v viene expresada en km/h.

La potencia con la cual el implemento agrícola funcione bajo ciertas condiciones específicas, El cálculo de la potencia está en función de algunas variables como la fuerza “F” que le implemento demanda de la barra de tiro, la velocidad “V” con la que es tirado el implemento por el tractor. (Ortiz Arévalo, 2009)

Para calcular la potencia requerida “Pr” tenemos la ecuación:

$$P_r = F * V \quad (15)$$

3.13.2.1. Cálculo de la energía consumida a labrar.

El arado de discos está compuesto por 3 cuerpos, realizará un ancho de surco de 23 cm con una profundidad de 19 cm, en un suelo franco-Arcilloso en tercera marcha a una velocidad de avance de 4,6 km/h marchas del motocultor.

Datos:

$$n = 3$$

$$a = 23 \text{ cm}$$

$$p = 19 \text{ cm}$$

$$v = 4.6 \text{ km/h}$$

$$S = n * a * p$$

$$F = \mu * S$$

$$S = 1311 \text{ cm}^2$$

$$F = 8.161 \text{ kN}$$

$$\mu = 6 + 0,049 * v^2$$

$$P_r = F * V$$

$$\mu = 6,2254 \text{ N/cm}^2$$

$$P_r = 10.47 \text{ kW} = 14 \text{ Hp}$$

Tomando en cuenta que el arado de disco posee una rueda guía que también requiere una fuerza de tracción.

Datos:

$$n = 1$$

$$a = 1 \text{ cm}$$

$$p = 15 \text{ cm}$$

$$v = 4.6 \text{ km/h}$$

$$S = n * a * p$$

$$F = \mu * S$$

$$S = 15 \text{ cm}^2$$

$$F = 0.374 \text{ kN}$$

$$\mu = 6 + 0,049 * v^2$$

$$P_r = F * V$$

$$\mu = 6,2254 \text{ N/cm}^2$$

$$P_r = 0.48 \text{ kW} = 0.64 \text{ Hp}$$

Entonces, sumando las fuerzas de tracción tenemos:

$$F_T = 8.161 \text{ kN} + 0,374 \text{ kN}$$

$$F_T = 8.535 \text{ kN} \quad P_r = 10.9 \text{ kW} = 14.6 \text{ Hp}$$

3.13.3. Especificaciones para el bastidor

El bastidor estará sometido a cargas axiales, radiales y torsión por ser donde van acoplados los demás componentes, tomando en cuenta estos puntos de vista el material que pudiera ser usado puede comprender características como:

- Resistencia a la tensión
- Resistencia la desgaste
- Resistencia a la oxidación y abrasión, pudiendo prevenir estas con un recubrimiento
- Reducción de la deformación
- Facilidad en el laminado y forjado

El material apropiado para realizar el bastidor tendrá que ser un acero bajo contenido de carbón. Existe una alta gama de aceros bajo en carbón, la disposición de estos en el mercado ecuatoriano, los de mayor comercialización son ASTM A36 y ASTM A572 GRADO 50, disponibles en diferentes presentaciones como en planchas, perfiles, canales, tees, etc.

Tabla 28-3: Propiedades mecánicas ASTM A36

Propiedades Mecánicas					
ASTM A36	Esfuerzo Fluencia		Esfuerzo Tracción		Elongación
	(Kg/mm2)	MPa	(Kg/mm2)	MPa	%
	25.5	250	40.8	400	20

Fuente: (Novacero, 2016)

Tabla 29-3: Propiedades mecánicas ASTM A572 GRADO 50

Propiedades Mecánicas					
ASTM A572 GRADO 50	Esfuerzo Fluencia		Esfuerzo Tracción		Elongación
	(Kg/mm2)	MPa	(Kg/mm2)	MPa	%
	35	345	46	450	21

Fuente: (Novacero, 2016)

3.13.4. Especificaciones para el disco.

3.13.4.1. Material del disco de arado.

- Las herramientas agrícolas deben cumplir ciertas características:
- Una dureza que puede estar entre 36 a 45 Rockwell (C)
- Un porcentaje mínimos de carbono de 0.5, manganeso 1, cromo 0.25.

3.13.5. CAD



Figura 58-3: Prototipo de arado de disco

Fuente: Autores

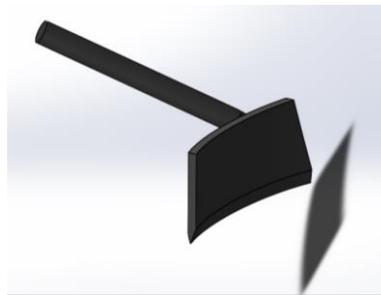


Figura 59-3: Limpiador de disco

Fuente: Autores

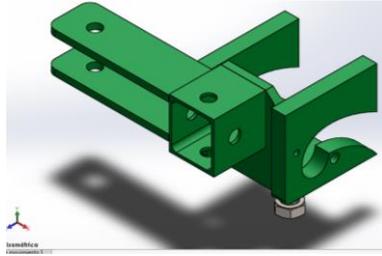


Figura 60-3: Nuevo mecanismo de acople

Fuente: Autores



Figura 61-3: Barra T para eliminar vibraciones y variar profundidad del apero

Fuente: Autores



Figura 62-3: Barra para la estabilización del apero posterior al desacople

Fuente: Autores



Figura 63-3: Acoplamiento del disco del arado al motocultor

Fuente: Autores

En este prototipo se modificaron las siguientes características:

- Diámetro. - el incremento del diámetro del disco de 300 mm a 404mm conjuntamente con la modificación del ángulo máximo de corte a 45°, que facilita la penetración del disco y la profundidad en el suelo, reduciendo el esfuerzo de tracción.
- Limpiadores. – se implementó limpiadores a cada disco los cuales proporcionan mayor eficiencia, ya que anteriormente el disco al estar trabajando por mayores jornadas éste acumulaba escombros en los discos, gracias este aditamento se obtienen mayor confianza y seguridad para las labores agrícolas.
- Barra tipo T.- que sujeta el apero hacia el motocultor para reducir las vibraciones al operar, como también ayuda a la variación de penetración del apero en el suelo ya que anteriormente se utilizaba dos barras que acoplaban el motocultor y el arado de disco las cuales no eran muy rígidas y no ayudaban a disminuir las vibraciones producidas.
- Base. - la cual proporciona facilidad en el ensamble del apero con el motocultor reduciendo esfuerzo físico por parte del operador y así mismo posterior al laboreo se procede al desacople y éste a su vez queda fijo manteniéndolo en equilibrio y evitando que toda la estructura caiga.
- Acople.- se diseñó un acople figura 3-5, para una mayor facilidad de acople del apero al motocultor ya que anteriormente se necesitaba de varias personas para lograr el acople ya que se necesitaba mantener el apero en posición de laboreo y esto requería de varias personas para mantener el apero estable y se necesitaba así mismo quien opere el

motocultor y luego igualar las uniones del apero y del motocultor ya que estas eran cuadradas, se necesitaba de mucho tiempo para lograr el acople de las dos uniones.

3.13.5.1. Características.

Tabla 30-3: Características del disco de arado

Tipo	Tridisco, suspendidos, fijo
Peso	75 kg
Altura	550mm
Largo	1000 mm
Anchura trabajo Máx.	600 mm
Angulo de corte Máx.	40 °
Angulo de inclinación Máx.	18°
Nivelación	Barra T
Profundidad	Regulado de la profundidad mediante la barra T.
Cuerpos de trabajo	Dos independientes y un tercero conjuntamente con la rueda guía.
Acople	Acople facil mediante la union de de una barra cilindrica en un base, asegurando con un pasador transeversal.
Diámetro del disco	404 mm
Rodamientos	Cónicos
Sujeción de los cuerpos	Mediante pernos M12 y abrazaderas

Fuente: Autores

3.13.6. Análisis mediante el software ANSYS WORKBENCH.

3.13.6.1. Calidad de malla

Una malla de buena calidad significa que los criterios de calidad de malla están dentro del rango correcto de Calidad ortogonal, expansión y relación de aspecto, esto quiere decir que la malla es válida para la física estudiada. (Ansys, 2013)

Un mallado de mala calidad puede causar dificultades de convergencia, Mala descripción física, Solución difusa. (Ansys, 2013)

En la figura 64-3 se muestra los rangos de calidad de mallado que nos proporciona el comando Element Quality del software ansys. Para un resultado aceptable de los análisis es recomendable que la de calidad de malla este en los rangos desde muy bueno hasta excelente. (Ansys, 2013)



Unacceptable	Bad	Acceptable	Good	Very good	Excellent
0-0.001	0.001-0.14	0.15-0.20	0.20-0.69	0.70-0.95	0.95-1.00

Figura 64-3: Calidad de Mallado

Fuente: (Ansys, 2013)

Antes de realizar el diseño del arado se realizó estudios en Ansys (Workbench) con el objetivo de diagnosticar si el material seleccionado es el óptimo, si la geometría del diseño no se ve afectado al aplicar cargas similares en condiciones de trabajo de la herramienta.

3.13.6.2. *Análisis del disco*

Para realizar el siguiente análisis es necesario introducir el material del elemento mecánico en estudio, las restricciones y las cargas que actuaran sobre la pieza.

Una de las piezas a estudio será el disco ya que es el elemento que está sometido a la fuerza de contacto con el suelo.

Se tomó la malla por defecto de programa mejorando los detalles en su mallado.

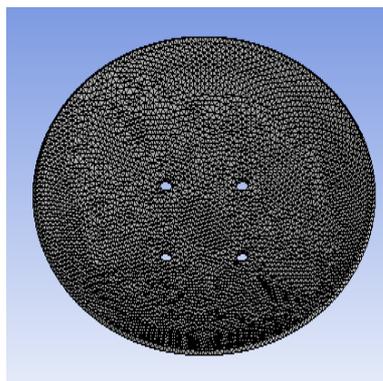


Figura 65-3: Mallado del disco

Fuente: Autores

Details of "Mesh"	
<input type="checkbox"/> Inflation	
<input type="checkbox"/> Advanced	
<input type="checkbox"/> Statistics	
<input type="checkbox"/> Nodes	47741
<input type="checkbox"/> Elements	23529
Mesh Metric	Element Quality
<input type="checkbox"/> Min	0,13348
<input type="checkbox"/> Max	0,97143
<input type="checkbox"/> Average	0,70485
<input type="checkbox"/> Standard Deviation	0,10781

Figura 66-3: Detalles de la malla

Fuente: Autores

Los agujeros tienen la condición de soporte fijo ya que se trata de los pernos con los cuales serán anclados al eje.

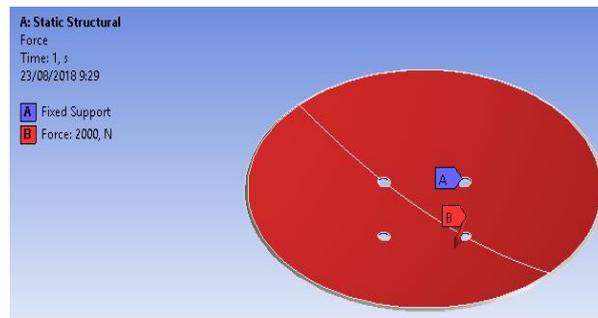


Figura 67-3: Condiciones de fijación y carga

Fuente: Autores

Una fuerza B de 2000 N, componentes (766.04; -642.78; 1732.1) N. La cual se encuentra en la parte de contacto del disco con el suelo.

Análisis de resultados:

a. Tensión elástica equivalente

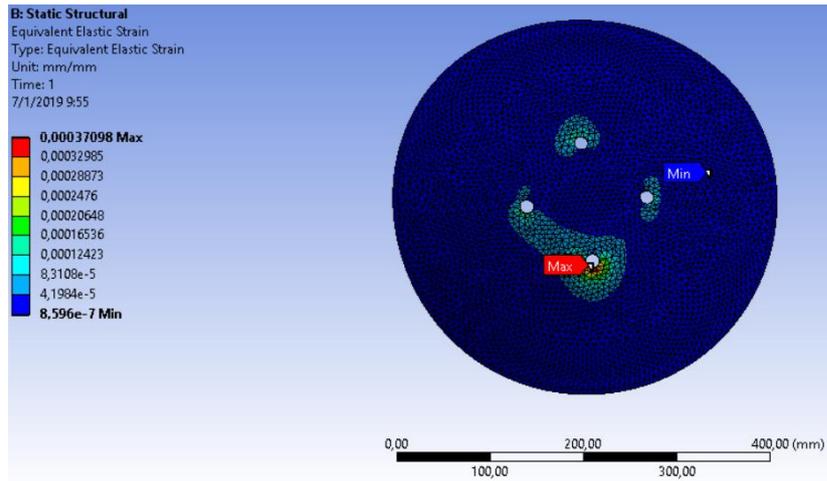


Figura 68-3: Tensión elástica equivalente.

Fuente: Autores

Se tiene un equivalente elástico máximo de 3.71×10^{-4} y un mínimo de 8.596×10^{-7} , siendo valores aceptables los cuales validan el tipo de material y diseño del disco.

b. Deformación total

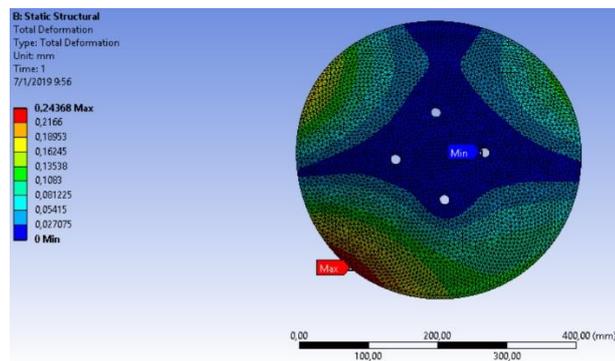


Figura 69-3: Deformación total

Fuente: Autores

Se tiene una deformación máxima de 0.243 mm en el punto de aplicación de la fuerza.

c. Equivalente de Von Mises

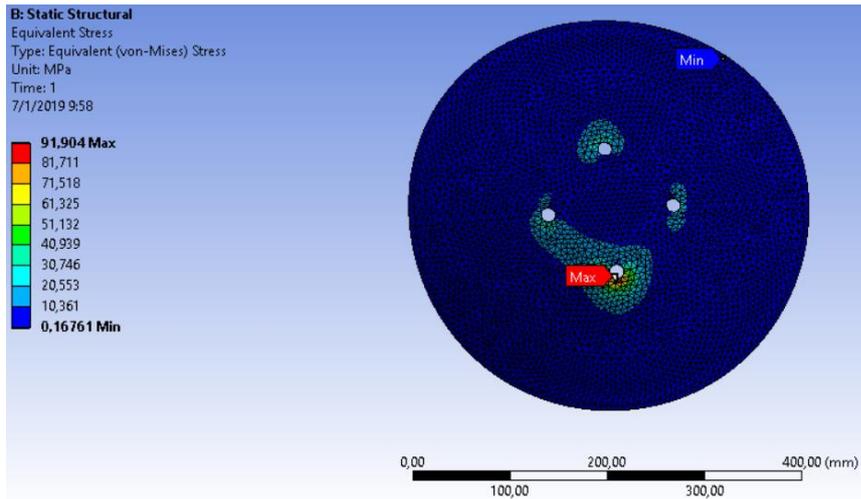


Figura 70-3: Equivalente de Von Mises

Fuente: Autores

Se tiene un esfuerzo de Von Mises de 91,904 MPa el cual es inferior al límite de fluencia del material que es de 530 MPa de un AISI 1045, de esta manera aceptando el material seleccionado.

d. Factor de seguridad

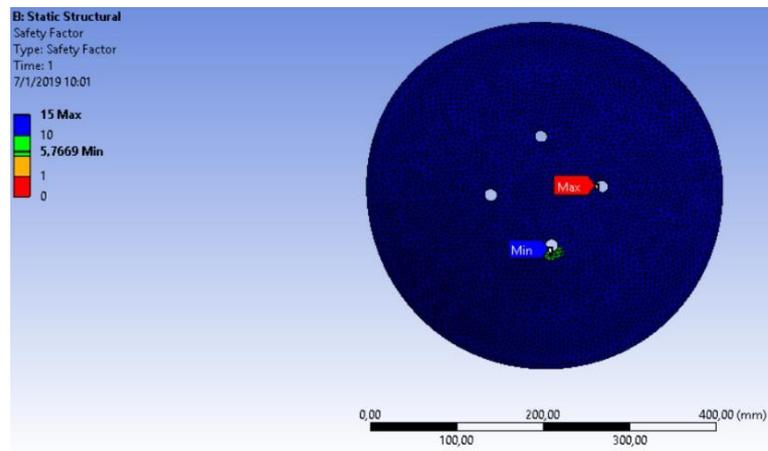


Figura 71-3: Factor de seguridad

Fuente Autor

Se obtiene un factor de seguridad de 5.7669 el cual es aceptable para el diseño, este valor se lo verifica dividiendo el límite de fluencia del material para el esfuerzo equivalente de Von Mises.

3.13.6.3. Análisis Brazo Disco

Al realizar un análisis del ensamble del disco-brazo se obtiene la reacción en la base del brazo y se verifica la deformación, esfuerzos y el factor de seguridad.

La malla se realiza por defecto tomando en cuenta criterios de aceptación de un buen mallado que especifica los 0.60 y 0.70 ver figura 73-3.

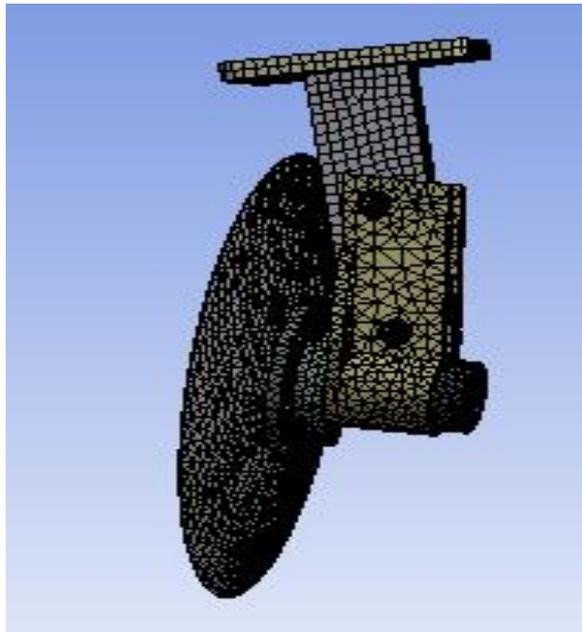


Figura 72-3: Mallado

Fuente: Autores

Details of "Mesh"	
<input checked="" type="checkbox"/> Quality	
Check Mesh Quality	Yes, Errors
Error Limits	Standard Mechanical
<input type="checkbox"/> Target Quality	Default (0.050000)
Smoothing	Medium
Mesh Metric	Element Quality
<input type="checkbox"/> Min	2,626e-002
<input type="checkbox"/> Max	1,
<input type="checkbox"/> Average	0,60308
<input type="checkbox"/> Standard Deviation	0,22833

Figura 73-3: Detalle del mallado

Fuente: Autores

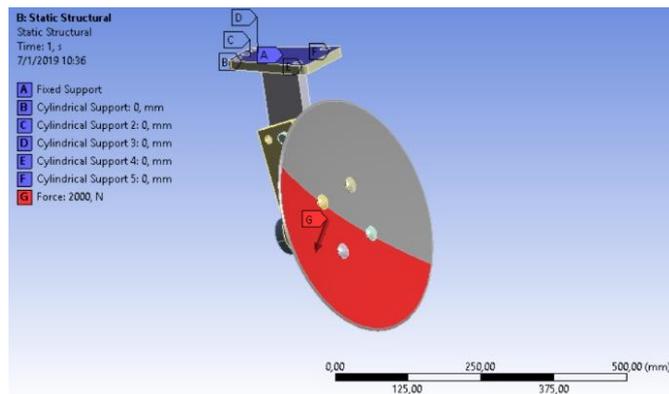


Figura 74-3: Condiciones de fijación y carga.

Fuente: Autores

Análisis de resultados:

a. Deformación total

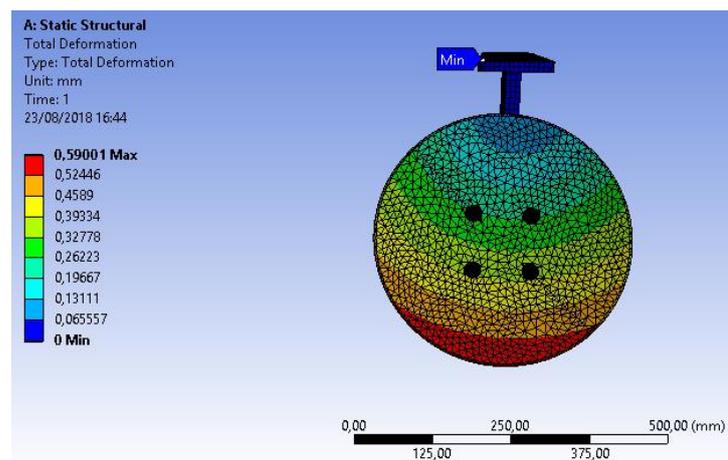


Figura 75-3: Deformación total

Fuente: Autores

Una deformación máxima es de 0.59001 mm en el punto de aplicación de la fuerza, no tiene efecto alguno sobre el brazo.

Reacción en el centro de la base

Se tiene una reacción en el centro de la base y una en agujero del perno.

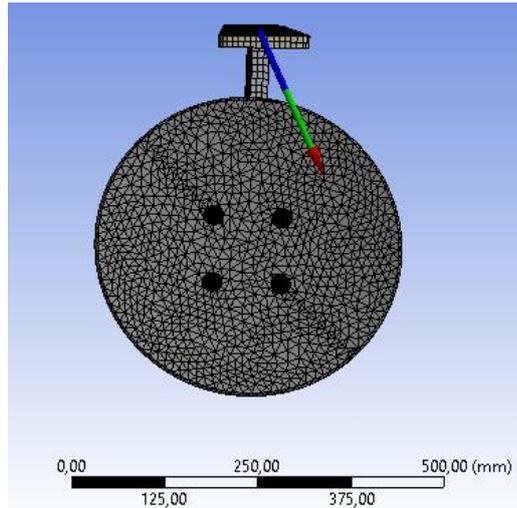


Figura 76-3: Reacción de la base

Fuente: Autores

Resultado

Componente en X = -770,27 N

Componente en Y = 1733,7 N

Componente en Z = 607,61 N

TOTAL = 1992,1 N

Una reacción en el agujero de contacto con el perno de sujeción al bastidor.

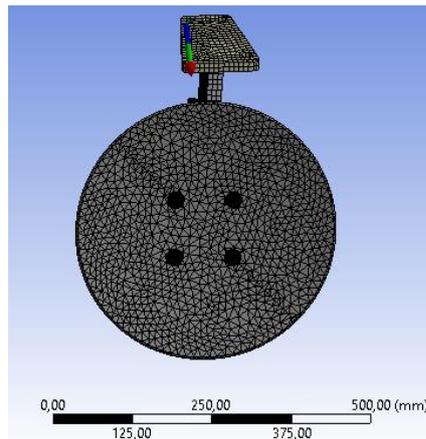


Figura 77-3: Reacción sobre el soporte

Fuente: Autores

Resultado

Componente en X = 3,8732 N

Componente en Y = -2,1711 N

Componente en Z = 34,546 N

TOTAL = 34,83 N

b. Equivalente de Von Mises

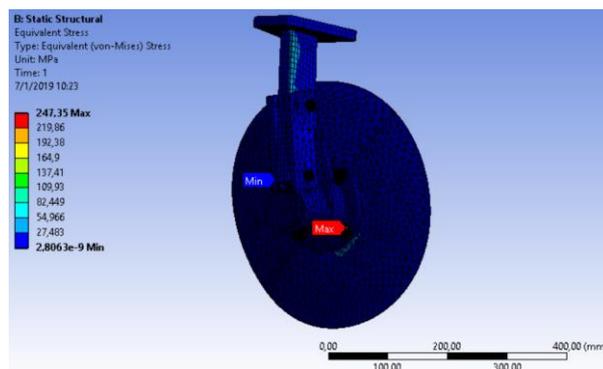


Figura 78-3: Equivalente de Von Mises

Fuente: Autores

El esfuerzo equivalente máximo es de 247,4 MPa el cual es inferior al límite de fluencia del material de la tuerca y perno que es de 350 MPa de un AISI 1045 (Acero de medio carbono), resultado que es aceptable con el material seleccionado.

c. Factor de seguridad

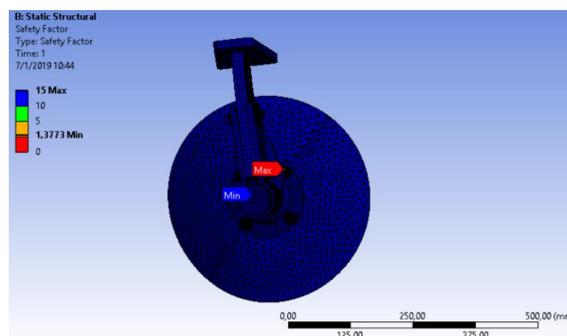


Figura 79-3: Factor de seguridad

Fuente: Autores

En la figura 79-3 nos indica el rango del factor de seguridad de un mínimo 1.37 a 15 máximo, se identifica la sección crítica que es 1.37, que es la sección del perno y tuerca de la unión del disco al brazo, se realizó el respectivo análisis como se observa en la figura 21-5 para determinar si el esfuerzo en esa área es menor al límite de fluencia del perno ASI 1045, se puede decir que el perno y tuerca es apto para soportar esos esfuerzos.

3.13.6.4. Análisis del bastidor

El bastidor siendo la estructura que soporta las fuerzas que se generan en el momento de arar para lo cual se realizó el siguiente análisis.

Para el análisis se toma en cuenta las condiciones del funcionamiento.

Se consideró la malla por el método de tetraedros realizando ajustes en los detalles de la malla.

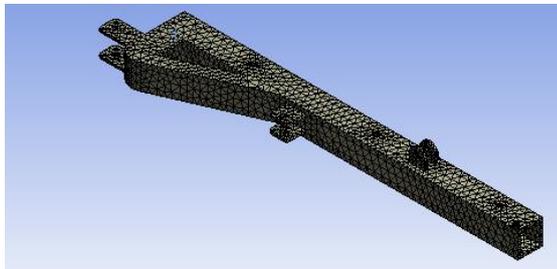


Figura 80-3: Malla del bastidor

Fuente: Autores

Details of "Mesh"	
<input checked="" type="checkbox"/> Quality	
Check Mesh Quality	Yes, Errors
Error Limits	Standard Mechanical
<input type="checkbox"/> Target Quality	Default (0.050000)
Smoothing	Medium
Mesh Metric	Element Quality
<input type="checkbox"/> Min	0,10537
<input type="checkbox"/> Max	0,99279
<input type="checkbox"/> Average	0,66617
<input type="checkbox"/> Standard Deviation	0,11985

Figura 81-3: Detalles de la malla

Fuente: Autores

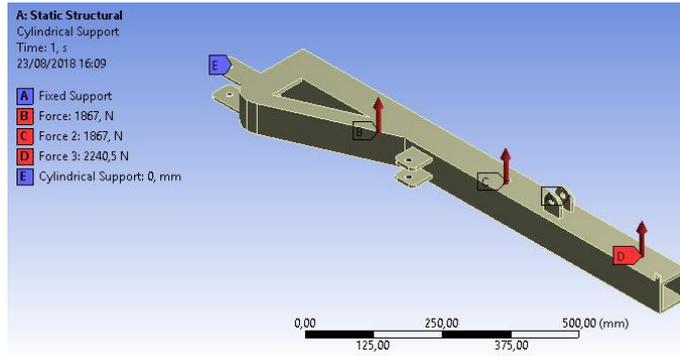


Figura 82-3: Condiciones de fijación y carga

Fuente: Autores

Análisis de resultados:

a. Deformación total

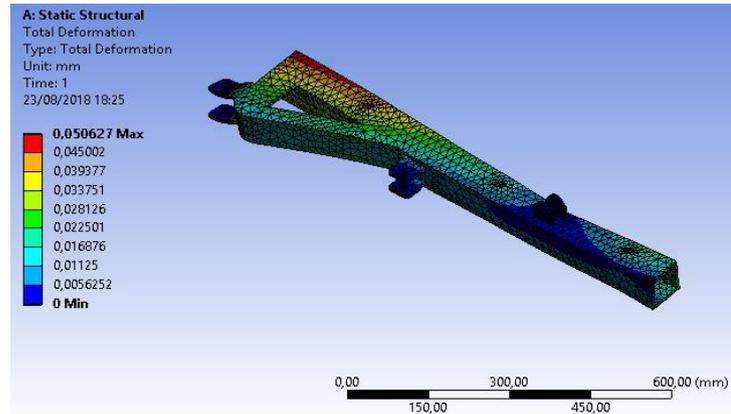


Figura 83-3: Deformación total

Fuente: Autores

Teniendo una deformación máxima de 0.050627 mm.

b. Equivalente de Von Mises

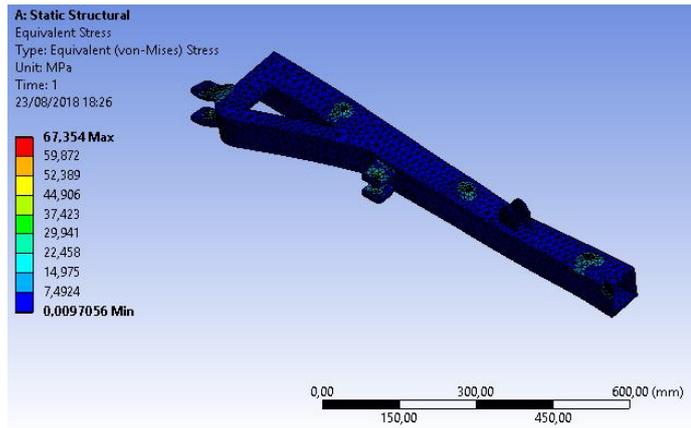


Figura 84-3: Equivalente de Von Mises

Fuente: Autores

Con un equivalente de Von Mises de 67,354 MPa como máximo siendo inferior al límite de fluencia del material que es de 250 MPa en el acero estructural, el cual es aceptable el resultado obtenido.

c. Factor de seguridad

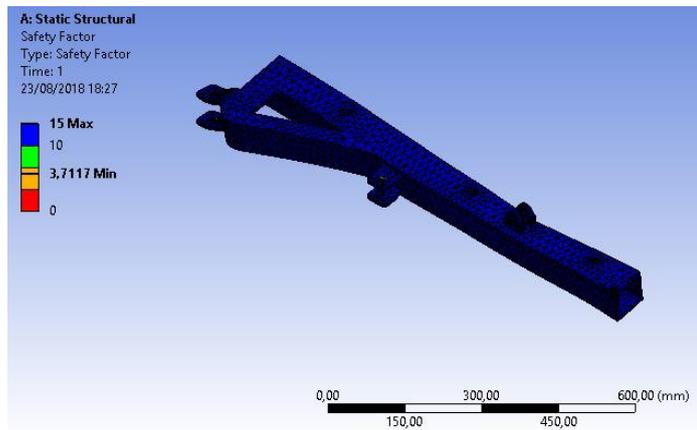


Figura 85-3: Factor de seguridad

Fuente: Autores

Con un factor de seguridad de 3,7117 el cual es aceptable para su diseño.

CAPÍTULO IV

4. COSTOS

Al momento de realizar el trabajo se tomó en cuenta los costos que se realizaron en las diferentes modificaciones para la etapa optimización del disco de arado y el mejoramiento de eficiencia y ergonomía.

4.1. Costos directos

Estos son los gastos principales que influyeron directamente en la optimización y rediseño del mismo en consecuente se establece toda la materia prima que se utilizó.

Tabla 1-4: Costos Directos

Cantidad	Descripción	Precio por unidad (USD)	Precio total (USD)
1	Soladura MIG	40,00	40,00
1	Pintura automotriz verde	10,00	10,00
1	Lubricante	5,00	5,00
1	Thinner	5,00	5,00
5	Lijas	0,50	2,50
2	Equipos de protección personal	50,00	100,00
2	Discos de pulir	2,00	4,00
5	Discos de corte	1,50	7,50
15	Permos	0,50	7,50
1	Platina de acero de 20 mm por 5 mm de espesor	15,00	15,00
Total			196,5

Fuente: Autores

4.2. Costos indirectos

Se tiene los costos que no son medibles ni cuantificables y estos no influyen en la construcción, pero se toma en cuenta en el trabajo de titulación.

Tabla 2-4: Costos indirectos

Descripción	Precio total (USD)
Trasporte	140,00
Imprevistos	100,00
Documentación e investigación	200,00
Otros	230,00
Total	670,00

Fuente: Autores

4.3. Costo total

Tabla 3-4: Costos totales

Descripción	Precio (USD)
Costos directos	885,50
Costos indirectos	1010,00
Costos total	1895,50

Fuente: Autores

CUNCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Conclusiones

- Se estudió el desgaste progresivo mediante el ensayo ASTM G 65 dando un resultado satisfactorio, ya que mediante los diferentes ensayos y cálculos se determinó un porcentaje de desgaste con los parámetros que indica la norma, dando un porcentaje de 2,69%, esto nos indica que el proceso está bajo control ya que su porcentaje es inferior al establecido de la norma que es 6%.
- Se analizó el desgaste de cada uno de los discos mediante la prueba de campo dando un resultado de desgaste de 0.02 lb en 16 horas, una tasa de desgaste de 0,00125Lb/h por consecuente se determina que para un día de trabajo de 8 horas laborables el disco sufre un desgaste de 0.28g/día.
- Se verificó la ergonomía, mediante el equipo vibracheck 200 las RMS que produce el motocultor, concluyendo que las RMS están en rangos admisibles para el ser humano dando como resultado una RMS de 0.35 que en posterior se indica que está bajo un rango estable ergonómico comparando con los datos que establece la que las RMS deben ser inferiores a 0.315 para que este en límite permitido.
- Se calculó la eficiencia, capacidad teórica, capacidad efectiva y el tiempo operativo en los dos tipos de suelo dando como resultado una gran eficiencia y un muy buen tiempo operativo.
- Se determinó mediante el ensayo SAT y con la ayuda de los equipos disponibles en la facultad el desgaste que sufrieron los discos en un determinado tiempo dando como resultado un desgaste en suelo seco de 0.19 lb. Posteriormente se lo realizó en suelo humedad dando como resultado un desgaste nulo, este es un resultado muy importante ya que se puede concluir que en suelo húmedo no sufre desgaste porque la humedad ayuda a suavizar el suelo y así mismo a disminuir el desgaste de los discos.
- Se observó que, mediante las pruebas de espectrometría, metalografía, ensayo de dureza y ensayo de charpy que estos discos son los adecuados para trabajos duros en el campo que soportaran desgastes y así mismos impactos de gran energía en el laboreo.

- Se determinó mediante elementos finitos los esfuerzos, factor de seguridad de la estructura que por resultados obtenidos este soportara los esfuerzos del motocultor, la resistencia del arado, y las cargas que realizara dando como muy positivo los resultados mediante elementos finitos.
- Se realizó la operación de reingeniería con la ayuda de la norma NTE INEN – ISO 4254 los aspectos de seguridad, ergonomía que se debe tener en cuenta para el diseño, construcción y modificaciones que se realizaran a maquinas destinadas a la labranza en este caso para optimizar. Como se optimizó la ergonomía mediante el acople de la estructura al motocultor que se realizó ya que anteriormente este acople no era muy ergonómico por el peso y el número de operarios que se necesitaba para acoplarlo así mismo el incremento de diámetro de discos para mejorar su eficiencia teniendo en cuenta la potencia del motocultor y que no haya perdidas de potencia , con referencia a seguridad se diseñó un acople para la estabilidad del disco de arado ya que este anteriormente tenía problemas de estabilidad y por consecuente tendía a caerse imprevistamente cuando no estaba acoplado al motocultor y consecuentemente en uso.

Recomendaciones

- Se recomienda al momento de realizar las respectivas pruebas de campo utilizar equipo de protección personal ya que se está trabajando con una máquina y se puede sufrir accidentes.
- Se recomienda el uso de guantes al momento de realizar metalografía ya que se puede ocasionar daños a la mano al momento del lijado así mismo como al momento del ataque químico ya que se está trabajando con un ácido.
- Se recomienda un excelente mallado antes de realizar la simulación puesto que si no se tiene una malla de muy buena calidad los resultados no serán muy favorables.
- Se recomienda el uso de este apero para suelo suave ya que en suelo muy duro este no suele ser muy eficiente ni puede rendir los discos como se lo requiere.

BIBLIOGRAFÍA

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. *Vibraciones en el cuerpo humano*, [En línea], 2014, Madrid. [Consulta: 20 de agosto de 2018]. Disponible en: <http://servicios.mpr.es/VisorPublicaciones/visordocumentosicopo.aspx?NIPO=272140825&SU=272140825&BNIPO=0001>.

Acevedo Álvaro & Manuel Treviño. *Tribología. Colección digital UANL*. [En línea], 2004, México. [Consulta el: 11 de julio de 2018]. Disponible en: <http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1020150052/1020150052.html>.

Alvarodelli. *Agricultura en Chimborazo*. [En línea], 2013, Ecuador. [Consulta: 10 de Mayo de 2018]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/alvarodelli/4-atlas-cartografico-prov-chimborazo>.

Ansys. *Lecture 07 Mesh Quality*. [En línea] 2013. [Consulta: 4 de Junio de 2018]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/286040015/CFD-Pro-14-5-L07-Mesh-Quality>.

Arana Burgul & D. Miguel. *Efectos de vibraciones al cuerpo humano*. Higiene ocupacional.com.br. [En línea], 2004, Brasil. [Consulta el: 25 de septiembre de 2018.] Disponible en http://www.higieneocupacional.com.br/download/vibrasquierdo.pdf?fbclid=IwAR0a2npLdlHCnefz_MlvEOjO0iiBBqUvgZ4t7cUOt8qYByyHekSYqYF7mfl.

Arias Castro & Giovanni; et al. *Evaluación de las vibraciones globales transmitidas a trabajadores en una empresa*. Maracay: Redalyc, 2016. pp65-72.

Bonilla & Ana. *Herramientas de diseño e ingeniería*. Bizkaia. [En línea] 2003. [Consultado: 17 de Agosto de 2018]. Disponible en: http://www.bizkaia.eus/Home2/Archivos/DPTO8/Temas/Pdf/ca_GTcapitulo1.pdf?hash=eec5ca68ae261aec62fdb8b6c1e2c9f&idioma=CA.

Botta & Guido. *Maquinaria Agrícola*. Academia. [En línea], 2003, España. [consulta: 22 de Julio de 2018.] Disponible en <https://www.academia.edu/29419660/Maquinaria-agricola?auto=download>.

Cañavate & Jaime Ortiz. *Las Máquinas Agrícolas y su Aplicación*. Madrid: Mundi Prensa, 2003. 8484764311. pp48-56

Carlos Cevallos & Martha Zaldivar; et al. *Chimborazo su sector agropecuario*. Eumed.net. [En línea], 2017, Ecuador. [Consultada: 25 de Agosto de 2018.] Disponible en: <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ec/2017/chimborazo.html>.

Deere & Company. *Equipos de labranza John Deere*. www.deere.com. [En línea] , 2017. [Consultado: 02 de Junio de 2018.] Disponible en https://www.deere.com.mx/es_MX/products/equipment/tillage_equipment/disks/disks.page.

Garavito, *Vibraciones*. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. [En línea], 2011, Colombia. [Consulta: 2 de Agosto de 2018.] , Disponible en: https://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/7574_vibracion.pdf.

García & Cristian. *Arados de Disco y Vertedera*. Ingeniería Mecánica. [En línea], 2016, Colombia. [Consultado: 3 de julio de 2018.], disponible en: <https://ingenieriamecanicacol.blogspot.com/2016/07/corrosion-por-desgaste.html>.

Idear. *Especificaciones de vibraciones para la ergonomía*. [En línea] 2014. [Consulta: 7 de Septiembre de 2018.] Disponible en: <http://www.idear.net/Especificaciones/Vibracheck-200.pdf>.

Ideara SL. *Vibraciones mecánicas y factores relacionados con la fuente y medida de control*. Fundación para la prevención de riesgos laborales. [En línea], 2014, España. [Consulta: 22 de Agosto de 2018.] disponible en https://idearainvestigacion.es/wp-content/uploads/2014/10/GUIA_vibraciones-mecanicas_fi_nal_baixa-calidade.pdf?fbclid=IwAR1goe2-esLJR59s1fTGu_vZ-8IUGt2AAzIGF9iVQZFrVlvQntVNArw5NdU.

J.C. Torres. *Dibujo Asistido por Computadora*. Departamentos de lenguajes y sistemas informáticos. [En línea] 2015. [Consulta: 15 de Agosto de 2018.] <https://lsi.ugr.es/~cad/teoria/Tema1/RESUMENTEMA1.PDF>.

Linares & Omar. Widman International S.R.L. [En línea] 1 de Marzo de 2005. [Citado el: 28 de Agosto de 2018.] <https://www.widman.biz/boletines/19.html>.

Magrama. *Arados de Disco función principal, descripción general*. Boletínagrario. [En línea], 2008, España. [Consulta: 3 de Agosto de 2018.] Disponible en <https://boletinagrario.com/f824,arado-discos.html>.

Márquez & Miguel. *Arados de disco y vertedera*. Implementos Agrícolas. [En línea] ,2014.España. [Consulta: 12 de Junio de 2018.] disponible en <https://myslide.es/download/link/22188199-arados-de-disco-y-vertedera>.

Mauricio & Quispe. *Tipos de Desgastes.* [En línea] 2016. [Consultado: 3 de Julio de 2018.] Disponible en <https://www.slideshare.net/mau25cytp3/08-cojinetes-motor>.

Mora & Anabella Potenza. *La abrasión.* Universidad Simón Bolívar. [En línea] ,2014, Venezuela. [Consulta: 22 de Septiembre de 2018]. Disponible en: <http://159.90.80.55/tesis/000059544.pdf>.

Navacero. *Catálogo de Productos.* Guayaquil: , 2016.

NTE INEN-ISO 4254-1. 2014. *Maquinaria Agrícola Seguridad. Parte 1:* Requisitos Generales.

NTE INEN-ISO 4254-5. 2014. *Maquinaria agrícola. Seguridad. Parte 6:* Pulverizadores y Distribuidores de Fertilizantes Líquidos.

NTE INEN-ISO 4254-5. 2014. *Maquinaria Agrícola .Seguridad. Parte 5:* Equipos para el Trabajo del Suelo con Elementos Accionados.

Ortiz Arévalo & Francisco J. *Maquinaria Agrícola. Cálculo: potencia, pérdidas y rendimiento del tractor agrícola.* El Salvador: , 2009.pp 3-19

Ramírez & Gustavo Pérez. *Agricultura en el Ecuador.* El Telégrafo. [En línea] 2018. [Consulta: 10 de Julio de 2018.] Disponible en: <https://www.letelegrafo.com.ec/noticias/columnistas/15/la-agricultura-campesina-en-2018>.

Talavera & Mariangely. *Asesoría CAD.* [En línea]. 2014. [Consulta: 19 de Agosto de 2018.] Disponible en: <https://asesoriacad.files.wordpress.com/2014/02/unidad-1-introduccion3b3n-al-cad-cam-cae.pdf>.

White & Glen. *Introducción al Análisis de Vibraciones.* U.S.A: Azima DLI , 2010. 781-935-0179,pp. 16-19.

YTO. *Manual de operación servicio motocultor YTO DF - 15L.* 2017. Pp10-30

