



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

“Diseño y construcción de un motocultor: arado y sembrador para la comunidad de San Agustín de Callo de la parroquia Mulaló del cantón Latacunga”

Sangurima Robalino, Iván Fernando

Departamento de Ciencias Energía Y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz

Ing. Torres Muñoz, Guido Rafael

27 de octubre del 2020



DEPARTAMENTO CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

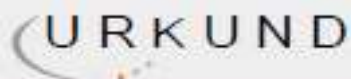
Certifico que el trabajo de titulación, “*Diseño y construcción de un motocultor: arado y sembrador para la comunidad de San Agustín de Callo de la parroquia Mulaló del cantón Latacunga*”, realizado por el señor **Sangurima Robalino, Iván Fernando** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 27 de octubre de 2020

Ing. Torres Muñoz, Guido Rafael

C.C. 1801624352

DIRECTOR



Urkund Analysis Result

Analysed Document: TESIS SANGURIMA_IVAN.pdf (D82818078)
Submitted: 10/26/2020 8:57:00 PM
Submitted By: grtorres@espe.edu.ec
Significance: 4 %

Sources included in the report:

Tesis Daquilema-Pulla enviar.docx (D11734352)
tesis-suquillo.docx (D35162322)
TRABAJO TITULACION TANDAZO FREIRE.docx (D27887043)
TESIS_1.pdf (D26103781)
tesis DARWIN CADENA urkund.docx (D46841763)
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7956?mode=full>
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4556/1/65T00182.pdf>
<http://www.sanmetal.es/docs/1246450322.pdf>
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/1549/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-26.pdf>
<https://docplayer.es/79003936-Escuela-superior-politecnica-de-chimborazo-facultad-de-mecanica-escuela-de-ingenieria-mecanica.html>
<https://docplayer.es/97220847-Universidad-tecnica-de-ambato.html>

Instances where selected sources appear:

16

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "G. Torres Muñoz", written over a horizontal line.

Ing. Torres Muñoz, Guido Rafael

C.C. 1801624352

DIRECTOR



DEPARTAMENTO CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo **Sangurima Robalino, Iván Fernando** con cédula de ciudadanía n°1720432796, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: “***Diseño y construcción de un motocultor: arado y sembrador para la comunidad de San Agustín de Callo de la parroquia Mulaló del cantón Latacunga***” es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 27 de octubre de 2020.

A handwritten signature in blue ink is positioned above a horizontal line. The signature is stylized and appears to read 'Sangurima Robalino'.

Sangurima Robalino, Iván Fernando

C.C. 1720432796



DEPARTAMENTO CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo **Sangurima Robalino, Iván Fernando**, con cédula de ciudadanía n°1720432796, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“Diseño y construcción de un motocultor: arado y sembrador para la comunidad de San Agustín de Callo de la parroquia Mulaló del cantón Latacunga”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 27 de octubre de 2020.

A handwritten signature in blue ink is positioned above a horizontal line. The signature is stylized and appears to read 'Sangurima Robalino'.

Sangurima Robalino, Iván Fernando

C.C. 1720432796

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis padres Iván Fernando & Vivian y a mi hermana Anita, por su amor, confianza y apoyo incondicional durante toda mi vida.

A mi esposa María Belén y a mis hijos Juan Fernando y Gabriel Ignacio por el apoyo incondicional.

A todas las personas quienes me han apoyado para que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me compartieron sus conocimientos.

Y muy especialmente a mi querido abuelito Luis Fernando, sé que desde donde quiera que esté va a estar muy orgulloso de su nieto El Ingeniero.

AGRADECIMIENTO

A mis padres Iván Sangurima y Vivian Robalino, quienes han sido los pilares fundamentales para que pueda cumplir mis metas, por su apoyo incondicional durante toda mi vida.

Al amor de mi vida María Belén con quien he compartido todos los retos y los hemos logrado sobrellevar con amor y apoyo incondicional.

INDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	1
CERTIFICACIÓN	2
URKUND	3
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA	4
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN	5
DEDICATORIA	6
AGRADECIMIENTO	7
INDICE DE CONTENIDOS	8
ÍNDICE DE TABLAS	11
ÍNDICE DE FIGURAS	12
RESUMEN	14
ABSTRACT	15
1. MARCO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.1. Antecedentes.	16
1.2. Justificación.	16
1.3. Descripción resumida del proyecto.	17
1.4. Alcance.	17
1.5. Proyectos relacionados y/o complementarios.	18
1.6. Objetivos.	18
1.6.1. Objetivo General.	18
1.6.2. Objetivos Específicos.	18
1.7. Metas.	19
1.8. Hipótesis	19
1.9. Variables de la Investigación.	20
1.9.1. Independientes.	20
1.9.2. Dependientes.	20
2. MARCO TEÓRICO	21
2.1. Tipos de suelo de Mulaló.	21
2.2. Propiedades físicas del suelo.	22
2.2.1. Textura del suelo.	22

2.2.2.	Estructura del suelo.	22
2.2.3.	Labranza del suelo.....	22
2.3.	Elementos del Motocultor.....	24
2.3.1.	Bastidor de un Motocultor.	26
2.3.2.	Motor del Motocultor.	26
2.4.	Arado Rotativo.	27
2.4.1.	Velocidades y eficiencia de trabajo de los aperos para el laboreo.....	29
2.5.	Esfuerzos estáticos.....	30
2.5.1.	Esfuerzos de torsión.	30
2.5.2.	Esfuerzo de tensión.	31
2.5.3.	Esfuerzos principales.....	32
2.5.4.	Esfuerzo efectivo de Von Misses.	32
2.6.	Materiales empleados en la construcción de motocultores.....	33
2.6.1.	Aceros estructurales.	33
2.7.	Zonas de Seguridad de arranque.....	35
2.7.1.	Consideración para el vuelco del motocultor.....	36
2.8.	Riesgo derivado por vibraciones del motocultor.	37
2.8.1.	Respuesta humana a las vibraciones.....	38
3.	DISEÑO DEL BASTIDOR Y HERRAMIENTA DE ARADO.....	39
3.1.	Diseño del Bastidor.....	39
3.1.1.	Análisis matemáticos iniciales.....	40
3.1.2.	Cargas muertas.....	40
3.1.3.	Centro de gravedad.....	44
3.1.4.	Análisis estático del bastidor.....	45
3.2.	Diseño del arado rotativo.....	50
3.2.1.	Características técnicas.....	51
3.2.2.	Cálculos de diseño del arado rotativo.....	51
4.	ANALIZAR Y SELECCIONAR EL MOTOR Y EL SISTEMA DE TRANSMISIÓN.....	63
4.1.	Análisis y selección del motor.....	63
4.1.1.	Determinación de la potencia requerida.....	63
4.2.	Relación de Transmisión.....	66
4.2.1.	Relación global de la transmisión.....	67
4.2.2.	Selección de Bandas y Poleas.....	68

4.2.3.	Selección de cadenas y catarinas.....	73
5.	CONSTRUCCIÓN DEL BASTIDOR Y ARADO ROTATIVO	78
5.1.	Construcción del bastidor.....	78
5.2.	Montaje de la transmisión en el bastidor	80
5.3.	Construcción del arado rotativo.....	81
6.	PRUEBAS DE VALIDACIÓN DEL PROTOTIPO	85
6.1.	Pruebas de rendimiento de la máquina.....	85
6.2.	Rendimiento de combustible.....	87
6.3.	Pruebas del desempeño de los aperos.....	88
6.3.1.	Desempeño del arado rotativo.....	88
6.3.2.	Desempeño de la cama de cultivo.....	89
6.4.	Análisis de resultados.....	90
6.5.	Análisis del desgaste de los materiales.....	90
6.5.1.	Desgaste del arado rotativo.....	90
6.5.2.	Desgaste de la cama de cultivo	91
7.	ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE USO Y MANTENIMIENTO.....	93
7.1.	Manual de uso.....	93
7.1.1.	Especificaciones técnicas.....	93
7.1.2.	Normas de seguridad.....	93
7.1.3.	Medidas de mantenimiento diario.....	95
7.1.4.	Arranque y funcionamiento.....	97
7.1.5.	Modo de uso.....	99
7.2.	Manual de mantenimiento.....	100
7.2.1.	Herramientas a utilizar.....	100
7.2.2.	Limpieza del motocultor	101
7.2.3.	Cambio de aceite	101
7.2.4.	Engrasado de ejes de las ruedas.....	103
7.2.5.	Plan de mantenimiento.....	104
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	105
8.1.	CONCLUSIONES.....	105
8.2.	RECOMENDACIONES.....	106
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107
	ANEXOS.....	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Unidades taxonómicas de suelo</i>	21
Tabla 2 <i>Coefficiente de labranza</i>	24
Tabla 3 <i>Clasificación de los motocultores</i>	26
Tabla 4 <i>Unidad de tracción eficiencia de trabajo de aperos agrícolas</i>	29
Tabla 5 <i>Frecuencias características de movimientos vibratorios en vehículos y sus efectos</i>	38
Tabla 6 <i>Características de los motocultores</i>	39
Tabla 7 <i>Masa de las cargas muertas</i>	40
Tabla 8 <i>Masa de las cargas vivas</i>	42
Tabla 9 <i>Masa total del motocultor</i>	43
Tabla 10 <i>Medidas centro de gravedad motocultor</i>	45
Tabla 11 <i>Cargas y sujeciones del bastidor</i>	45
Tabla 12 <i>Características del mallado</i>	46
Tabla 13 <i>Tensión de Von Misses</i>	47
Tabla 14 <i>Desplazamientos resultantes</i>	48
Tabla 15 <i>Deformación unitaria equivalente</i>	49
Tabla 16 <i>Características técnicas del arado rotativo</i>	51
Tabla 17 <i>Medidas diseño cad-cae arado rotativo</i>	51
Tabla 18 <i>Factores compensatorios de seguridad</i>	63
Tabla 19 <i>Características motor briggs & stratton cr950</i>	65
Tabla 20 <i>Proceso manufactura bastidor</i>	78
Tabla 21 <i>Proceso manufactura arado rotativo</i>	82
Tabla 22 <i>Pruebas de tiempo de recorrido y trabajo</i>	85
Tabla 23 <i>Resultados obtenidos con el apero construido</i>	89
Tabla 24 <i>Especificaciones técnicas motocultor</i>	93
Tabla 25 <i>Mantenimiento diario motocultor</i>	96
Tabla 26 <i>Procedimiento de encendido del motocultor</i>	97
Tabla 27 <i>Procedimiento cambio de aceite</i>	102
Tabla 28 <i>Plan de mantenimiento del motocultor</i>	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Componentes del motocultor.....	25
Figura 2 Motor a gasolina y diésel de un motocultor.....	27
Figura 3 Arado rotativo motocultor.....	29
Figura 4 Curva esfuerzo – deformación.....	34
Figura 5 Zonas de seguridad en el arranque de motocultor.....	36
Figura 6 Consideraciones para el vuelco del motocultor.....	37
Figura 7 Centro de gravedad.....	44
Figura 8 Mallado del bastidor	46
Figura 9 Arado rotativo	50
Figura 10 Motor briggs &stratton 9.5 hp.....	65
Figura 11 Esquema transmisión del motocultor.....	66
Figura 12 Diámetros mínimos en polea motriz.....	69
Figura 13 Tabla para selección de correas.....	70
Figura 14 Esquema transmisión marcha adelante.....	73
Figura 15 Mecanismo piñones puesta marcha adelante.....	75
Figura 16 Esquema transmisión marcha atrás.....	75
Figura 17 Esquema transmisión del motocultor.....	76
Figura 18 Transmisión marcha adelante y movimiento del apero.....	77
Figura 19 Planchas del bastidor	79
Figura 20 Flujograma montaje transmisión.....	80
Figura 21 Montaje de la transmisión en el bastidor.....	81
Figura 22 Doblado de cuchilla	83
Figura 23 Maquinado del eje portacuchillas.....	83
Figura 24 Arado rotativo construido.....	84
Figura 25 Disposición de las cuchillas en el arado rotativo.....	88
Figura 26 Medida espesor de la cuchilla previo a las pruebas.....	91
Figura 27 Medida del espesor de la cuchilla después de las pruebas	91
Figura 28 Desgaste planchas formadoras de la cama	92
Figura 29 Desgaste inferior plancha encamadora	92
Figura 30 Ángulo de inclinación y utilización del motocultor	95
Figura 31 Pasadores y seguros arado rotativo	99
Figura 32 Forma correcta de utilizar el arado rotativo.....	100
Figura 33 Graseo de la transmisión.....	104

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 <i>Esfuerzo cortante torsional</i>	30
Ecuación 2 <i>Esfuerzo cortante torsional</i>	31
Ecuación 3 <i>Esfuerzo directo de tensión</i>	31
Ecuación 4 <i>Esfuerzo directo de tensión</i>	32
Ecuación 5 <i>Esfuerzo efectivo von misses</i>	33
Ecuación 6 <i>Fuerza carga muerta</i>	41
Ecuación 7 <i>Fuerza carga viva</i>	42
Ecuación 8 <i>Ecuación del peso</i>	43
Ecuación 9 <i>Ecuación de velocidad periférica rotocultivador</i>	52
Ecuación 10 <i>Distancia entre cortes consecutivos</i>	53
Ecuación 11 <i>Desplazamiento de la tierra</i>	54
Ecuación 12 <i>Profundidad de trabajo</i>	55
Ecuación 13 <i>Número de cuchillas del arado rotativo</i>	56
Ecuación 14 <i>El ángulo recorrido por el borde cortante</i>	57
Ecuación 15 <i>Fuerza sobre el rotor</i>	58
Ecuación 16 <i>Fuerza tangencial sobre la cuchilla</i>	59
Ecuación 17 <i>Potencia requerida por el rotor</i>	60
Ecuación 18 <i>Fuerza de tiro</i>	61
Ecuación 19 <i>Potencia de tiro</i>	62
Ecuación 20 <i>Potencia de diseño</i>	64
Ecuación 21 <i>Velocidad angular del motocultor</i>	66
Ecuación 22 <i>Relación global de transmisión</i>	67
Ecuación 23 <i>Relación de transmisión</i>	69
Ecuación 24 <i>Distancia entre centros</i>	71
Ecuación 25 <i>Longitud de la banda</i>	72
Ecuación 26 <i>Relación de transmisión catarinas</i>	74
Ecuación 27 <i>Velocidad del motocultor</i>	85
Ecuación 28 <i>Rendimiento efectivo del equipo</i>	86

RESUMEN

El tema de este trabajo lleva como título “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOTOCULTOR: ARADO Y SEMBRADOR PARA LA COMUNIDAD DE SAN AGUSTÍN DE CALLO DE LA PARROQUIA MULALÓ DEL CANTÓN LATACUNGA”, su principal objetivo es el de diseñar un bastidor, arado rotativo y apero formador de camas para así construir un motocultor, capaz de labrar la tierra de manera eficaz. Se realiza un análisis agrícola de la zona hacia donde va destinado el equipo y se identifica qué tipo de implementos son los más necesarios y utilizados en el sector. Con la ayuda de una investigación bibliográfica se fundamenta los parámetros necesarios para diseñar un bastidor, arado rotativo y un apero formador de camas, además se presenta información del motocultor y sus componentes. Preparar un terreno para el cultivo de forma manual lleva mucho tiempo y no es trabajo de una sola persona, es por ello que con la implementación de un motocultor con estos implementos, el trabajo completo de preparación de terreno y formación de camas puede ser desarrollado por una sola persona, optimizando así tiempo, recursos y dinero. Este proyecto está dirigido a los agricultores de la zona que no tienen acceso a la adquisición de un tractor.

Palabras claves:

- **BASTIDOR**
- **ARADO ROTATIVO**
- **MOTOCULTOR**

ABSTRACT

The topic of this work titled "DESIGN AND CONSTRUCTION OF A ROTOTILLER: PLOW AND SEEDER FOR THE COMMUNITY OF SAN AGUSTIN DE CALLO DE LA PARROQUIA MULALO DEL CANTON LATACUNGA. Its main objective is to design a frame, rotary plow and bed-forming implement to build a rototiller, in order to till the land effectively. Therefore, an agricultural analysis of the area to where the equipment is going is carried out, which will identify what type of implements are the most necessary and used in the sector. Supported by bibliographic research, all the necessary parameters to design a frame, rotary plow and a bed-forming implement are based, as well as information about the rototiller and its components. Setting a field for crops using hands takes a long time and involves many people that is the reason why with the implementation of a rototiller the whole work of field preparation and bed formation can be carried out by a single person, hence optimizing time, resources and money. This project is aimed at farmers in the area who cannot afford a tractor.

Keywords:

- **ROTARY FRAME**
- **PLOW**
- **ROTOTILLER**

1. MARCO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Antecedentes.

En relación a este proyecto se dispone de una Tesis de la Universidad Politécnica Salesiana de Cuenca con el tema “DISEÑO DE UN MOTOCULTOR DE LABORES AGRÍCOLAS PARA LA PARROQUIA DE SAN JOAQUÍN DE LA CIUDAD DE CUENCA” la cual tuvo como propósito, bajo parámetros técnicos, implementar a partir de un Software CAD-CAE mediante el análisis de deformación, tensión a la fluencia y su factor de seguridad, la construcción de un apero tipo subsolador. (Medina Encalada, 2015)

De igual manera se considera el Trabajo de Titulación “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOTOCULTOR PARA CULTIVO DE PRODUCTOS DE CICLO CORTO EN TERRENOS PEQUEÑOS” en el que se determina la geometría y los materiales óptimos para cada componente, iniciando con un análisis funcional de la maquinaria. (Martínez Rodríguez & Nájera Vera, 2020)

En este proyecto se plantea la necesidad de diseñar y construir un motocultor para satisfacer las necesidades agrarias de la comunidad San Agustín del Callo-Mulaló

1.2. Justificación.

La importancia de tecnificar y estandarizar los procesos de cultivo es incrementar notablemente la producción agrícola, por eso se ha decidido implementar este proyecto, para optimizar tiempos de trabajo en el área de la agricultura, en la comunidad San Agustín de Callo, por medio de la construcción de un motocultor para el uso de la comunidad.

La herramienta de arado que se diseñará y construirá es un cultivador de grada rotativa, este sistema de arado reduce la erosión del suelo, alargando así la vida útil del terreno sin necesidad de fertilizantes extras.

1.3. Descripción resumida del proyecto.

Se analizarán los elementos mecánicos de un motocultor considerando bases digitales referentes a los bastidores, arados, motores y transmisiones que lo componen, obteniendo la información base para desarrollar un correcto análisis.

Se investigarán las propiedades de los materiales seleccionados los cuales constituyen el elemento base para el análisis de fiabilidad de los componentes.

Se efectuará el análisis de los soportes bajo condiciones máximas de esfuerzos, determinando los elementos confiables para el trabajo de agricultura en la zona de San Agustín de Callo.

Se realizará pruebas de trabajo y preparación de terreno para la validación del prototipo construido.

1.4. Alcance.

Al desarrollar un proyecto de esta índole, se quiere lograr una vinculación con la colectividad y una interrelación directa entre las necesidades de grupos específicos de la sociedad y nuestra capacidad de resolverlas mediante la aplicación de los conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera universitaria.

Con la aplicación de este proyecto se quiere solucionar el problema de sobreesfuerzo humano que tiene la comunidad de San Agustín de Callo en sus labores de labrado y siembra. Esto se logrará mediante la aplicación del diseño de estructuras y

resistencias de materiales, mediante estudios por medio de software CAD-CAE para determinar las fatigas y esfuerzos que sufre cada una de las partes del motocultor, y así identificar cuáles serían las partes más frágiles y críticas al momento de la construcción de una herramienta práctica y versátil que pueda solucionar los problemas de la comunidad.

1.5. Proyectos relacionados y/o complementarios.

- Diseño de un motocultor de labores agrícolas para la parroquia de San Joaquín de la ciudad de Cuenca. (Medina Encalada, 2015)
- Diseño y construcción de un motocultor para cultivo de productos de ciclo corto, en terrenos pequeños. (Martínez Rodríguez & Nájera Vera, 2020)
- Diseño, modelado y construcción de un motocultor mediante elementos finitos destinado a la preparación del suelo para la formación de camas de cultivos. (Cajas Reinoso & Pullas Pulupa, 2012)

Estos proyectos están dirigidos al diseño de los componentes de un motocultor mediante la utilización de software CAD-CAE

1.6. Objetivos.

1.6.1. Objetivo General.

Diseñar y construir un motocultor con herramientas de arado y siembra, que se utilizará en la comunidad San Agustín de Callo.

1.6.2. Objetivos Específicos.

- Análisis y síntesis de los elementos mecánicos.
- Diseñar el bastidor y la herramienta de arado.
- Analizar y seleccionar el motor y el sistema de transmisión.

- Construir el bastidor y la herramienta de arado rotativo.
- Validar el prototipo con pruebas.
- Elaborar un manual de uso y mantenimiento del motocultor para su correcta utilización en la comunidad San Agustín de Callo.

1.7. Metas.

- La investigación bibliográfica se realizará en artículos científicos disponiendo de una base de diferentes motocultores y sus componentes en los primeros 30 días.
- El diseño y modelado del bastidor y la herramienta de arado va a ser realizado en software CAD-CAE, se realizarán los cálculos de cargas máximas a las cuales estarán sometidos estos elementos durante los siguientes 30 días.
- El análisis y selección del motor y transmisión será ejecutado basándose en los diseños del software CAD-CAE durante los 30 días.
- Análisis de los componentes con los cuales interactúan los soportes de rueda en software dedicado (CAE) con las cargas máximas que se generan en el sistema, en los 60 días siguientes.
- La construcción y montaje del equipo se realizará en los 20 días posteriores.
- En los próximos 10 días se validará al prototipo realizando pruebas de campo.
- La elaboración del módulo de usuario y mantenimiento será realizado en los 5 días posteriores.

1.8. Hipótesis

El diseño y la construcción de un motocultor junto a la herramienta de arado rotativo permitirán aligerar y modernizar las labores de cultivo del suelo en la comunidad de San Agustín de Callo.

1.9. Variables de la Investigación.

1.9.1. Independientes.

Modernización de labores agrarias de arado y siembra.

1.9.2. Dependientes.

El diseño y construcción de un motocultor con herramienta de arado y siembra.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Tipos de suelo de Mulaló.

De acuerdo a estudios realizados conocemos que en San Agustín del Callo - Mulaló existe un suelo *Mollisol*, un tipo de suelo que no presenta lixiviación excesiva, oscuro con buena descomposición de materia orgánica gracias a los procesos de adición y estabilización

Tabla 1

Unidades taxonómicas de suelo

Unidades	Suelos Descripción – Aptitud	Extensión	Porcentaje
Mollisoles:	<p>Son suelos que no presentan lixiviación excesiva, oscuros con buena descomposición de materia orgánica gracias al proceso de adición y estabilización (melanización). Presentan saturación de bases superiores al 50%, son suelos productivos debido a su alta fertilidad, formados a partir de sedimentos minerales en climas templados húmedos a semiáridos, presentan dominancia de arcillas. Son suelos fértiles con altos contenidos de nutrientes como calcio, nitratos y magnesio, aptos para cultivos en especial cereales que alcanzan alta productividad en estos suelos.</p> <p>Desde esta variable los mollisoles se considerarían los mejores suelos para el desarrollo de las actividades agropecuarias, se encuentran sobre todo en las parroquias de Belisario Quevedo, Mulliquindí Santa Ana, San Miguel de Salcedo, Antonio José de Olguín y Mulaló; y en sectores de las parroquias de Toacaso, Pujilí, Cusubamba, Canchagua, Poaló, Angamarca y Sigchos.</p>	72.184 ha	12%

Nota: Tomado de (<http://app.sni.gob.ec/>)

2.2. Propiedades físicas del suelo.

2.2.1. Textura del suelo.

La textura es un concepto que expresa la composición granulométrica (disposición de los componentes minerales según el tamaño de las partículas) del suelo. Es una propiedad física muy importante para la agricultura, ya que condiciona el comportamiento del suelo en cuanto a la aireación, drenaje, capacidad de retención de agua y facilidad de laboreo. (Océano, 2002)

Los suelos de texturas arcillosas resultan difíciles de cultivar y presentan problemas de drenaje y aireación. En el otro extremo, los suelos arenosos son fáciles de labrar y tienen buena aireación, pero su drenaje es excesivo, con lo que retienen poca agua, se secan con rapidez y los nutrientes se pierden fácilmente por lavado (eluviación o lixiviación). En un punto de equilibrio están los suelos francos, que son los de textura más adecuada para la agricultura. (Océano, 2002)

2.2.2. Estructura del suelo.

Las partículas que conforman el suelo tienen la capacidad de agruparse de diferentes formas, y el ordenamiento que éstas adopten se conoce como estructura. Si el suelo contiene alta proporción de arena no existe una ordenación estructural, debido a la ausencia de las propiedades aglutinantes que le proporcionan la materia orgánica, el calcio y la arcilla. (Fundación Hogares Juveniles Campesinos, 2002)

2.2.3. Labranza del suelo.

El propósito de la labranza del suelo es aumentar el volumen de los poros. Para una buena estructura se requiere del equilibrio entre poros finos, medianos y en menor grado gruesos, pero toda herramienta agrícola crea poros gruesos (Benzing, 2001)

2.2.3.1. Importancia y necesidad de la labranza en la agricultura.

La importancia de la labranza agrícola se refiere a la modificación de aquellas características que afectan al brote de las semillas y posteriores etapas del desarrollo del cultivo ya que es alterada las propiedades físicas del suelo.

La labranza es necesaria debido a que se debe proteger el suelo contra la erosión y además conservar y almacenar la humedad en el perfil del suelo, en beneficio del cultivo. (Camacho & Rodríguez, 2007)

2.2.3.2. Necesidad de mecanizar la labor del arado y preparación del suelo.

La necesidad de hacer las labores de arado de forma mecanizada se debe a que determina un aumento de la producción y a que reemplaza la mano de obra tradicional que consiste en laborar con la yunta (combinación de dos bueyes y un arado direccionados por una persona), además de una serie de ventajas adicionales: (Esquivel, s. f.)

- Disminuyen la fatiga del agricultor.
- Mejoran las técnicas de producción.
- Facilita la ejecución de las labores agrícolas.

2.2.3.3. Coeficiente de labranza.

El coeficiente de labranza, también llamado resistencia específica, es la relación entre la fuerza necesaria para traccionar una herramienta y la sección laboreada por la misma y depende del estado del suelo como se indica en la tabla 2.(FAGRO S.A., 2002)

Tabla 2*Coeficiente de labranza*

Estado del suelo	Coeficiente de labranza $\left(\frac{kgf}{dm^2}\right)$
Tierra muy suelta	< 30
Tierra suelta	30-40
Tierra mediana	40-60
Tierra tendiendo a compacta	60-80
Tierra compacta	80-100
Tierra muy compacta	>100

Nota: Tomada de(Cajas Reinoso & Pullas Pulupa, 2012)

El coeficiente de labranza nos será de utilidad al momento de calcular más adelante la fuerza de tiro del motocultor.

2.3. Elementos del Motocultor.

El motocultor se considera una máquina para ser conducida a pie y destinada a accionar y/o arrastrar diferentes útiles de trabajo, posee un solo eje de ruedas y es guiado por manceras, pero preparado para el acople de diferentes aperos que le permiten realizar un variado número de operaciones agrícolas. (Lopez, s. f.)

Tiene baja potencia pero a cambio es muy versátil con los numerosos aperos e implementos que se han venido desarrollando. Es la maquinaria ideal para parcelas pequeñas, la fuerza del motor es bastante reducida (motores monocilíndricos de gasolina o diésel de unos 200 cc) pero queda compensada por la escasa velocidad, lo que

incrementa su potencia. Los implementos del motocultor pueden variar desde las cosechadoras, sembradoras, fumigadoras, transporte y hasta toma de fuerza para bombas de riego y otros fines. Seguirá siendo esencial en las parcelas de los terrenos bastante desnivelados y fragmentados por el relieve. (Camacho & Rodríguez, 2007)

El manejo del motocultor es sencillo, situándose el trabajador detrás del apero que acople al motocultor sujeta las manceras y, una vez puesta en marcha la máquina, avanza hacia delante realizando la labor agrícola deseada. (Cajas Reinoso & Pullas Pulupa, 2012)

Figura 1

Componentes del motocultor



Nota: tomada de (<https://www.portalfruticola.com>, 2020)

Los motocultores principalmente obedecen a la clasificación que se resume en la tabla 3.

Tabla 3

Clasificación de los motocultores

Categoría I	Motoazadas
Categoría II	Motoazadas transformables
Categoría III	Motocultores de menos de 9 kW (12hp)
Categoría IV	Motocultores de más o igual a 9 kW (12hp)

Nota: Tomado de (CENEMA-INIFAP, 2014)

2.3.1. Bastidor de un Motocultor.

El bastidor es la columna vertebral y principal soporte de todos los elementos del motocultor. Las principales funciones que debe cumplir el bastidor son:

- Dar soporte a todos los componentes mecánicos del motocultor tales como el motor, sistema de transmisión, sistema de dirección, apero agrícola.
- Tener rigidez a la torsión para soportar la fuerza al atravesar caminos irregulares.
- Ser lo más ligero posible, con el fin de que el motocultor sea lo más eficiente y pueda adaptarse a distintos tipos de terreno. (ROBERTSON, 2002)

2.3.2. Motor del Motocultor.

Genera la potencia requerida para el funcionamiento del motocultor. Es el encargado de transmitir la energía cinética hacia la transmisión y con esto permitir que el motocultor pase de un estado estacionario a uno dinámico, el motor debe estar en la parte frontal del equipo para que el conjunto funcione correctamente. Se utilizan motores

monocilíndricos a diésel o a gasolina ya que estos son versátiles y duraderos con un rendimiento constante y un fácil arranque. (López Hurtado & Sánchez Cruz, 2014)

Figura 2

Motor a gasolina y diésel de un motocultor



Motor a Gasolina

Motor a Diésel

Nota: Motor a gasolina tomado de (<https://motocultores.pro>, 2020), Motor a Diésel tomado de (<https://www.agroterra.com>, s. f.)

2.4. Arado Rotativo.

La rotación es un procedimiento de trabajo en el suelo mediante el cual una herramienta (cuchilla), provista de aristas cortantes, dispuestas simétricamente alrededor de un eje, gira con movimiento circular (uniforme o variado) arrancando el material sobre el cual trabaja.

Los arados rotativos pueden asumir una gama bastante variable en los trabajos agrícolas:

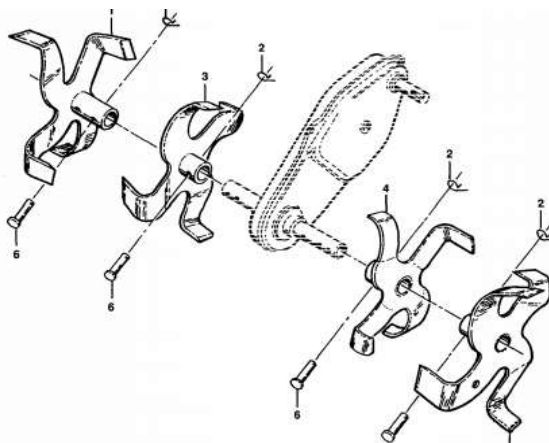
- Empleado en las fincas hortícolas como complemento de la labor con arado de vertedera o arado de discos o sustituyéndolo totalmente.
- Control de malas hierbas.
- Cultivo entre surcos, caso de la caña de azúcar.
- Permite que se creen condiciones físicas ideales para una rápida descomposición de la materia orgánica y de germinación de las semillas.
- Preparar rápidamente la tierra sin realizar previamente operaciones convencionales de aradura, en el caso en que se desee sacar una cosecha secundaria en el año.
- Romper pastizales permanentes y temporales para renovarlos, mezclando el material verde con el suelo para la rápida descomposición de los residuos vegetales.
- Se adaptan particularmente a la incorporación de sustancias químicas y residuos de cultivos de una manera uniforme dentro del suelo.
- Trabajos especiales en operaciones de desmonte en terrenos de selva y en terrenos vírgenes.
- Sus principios de funcionamiento y diseño están siendo aprovechados para la adaptación y construcción de nuevas máquinas que trabajen en sistemas no tradicionales de labranza, como es el caso de la labranza mínima.

El arado rotativo trabaja en el terreno mediante unas cuchillas giratorias accionadas a través del eje de herramienta del motocultor o la toma de fuerza del tractor. Básicamente, es un eje pesado (continuo o seccionado), mediante el cual un cierto número de cuchillas o dientes de diseño especial, están atornilladas en disposición simétrica alrededor del mismo, de tal forma que el conjunto total de unidades forma una hélice. El eje con cuchillas es conocido como rotor. El trabajo ejecutado por el rotor es

debido al movimiento conjugado de rotación y traslación del mismo. (ÁLVAREZ MEJÍA, 1985)

Figura 3

Arado rotativo motocultor



Nota: Tomada de (Poulan, 2002)

2.4.1. Velocidades y eficiencia de trabajo de los aperos para el laboreo.

Las velocidades y eficiencia que requieren los aperos para realizar un óptimo trabajo se indican en la tabla 4

Tabla 4

Unidad de tracción eficiencia de trabajo de aperos agrícolas

Máquinas	Requerimientos de energía, potencia o esfuerzo de tracción	Velocidad o capacidad de trabajo	Eficiencia de trabajo en campo
Arado de rejas o disco	268-595 k g/m	5,6-9,7 km/h	70-90

Máquinas	Requerimientos de energía, potencia o esfuerzo de tracción	Velocidad o capacidad de trabajo	Eficiencia de trabajo en campo
Arado cincel	298-1191 k g/m	6,4-10,5 k m/h	70-90
Cultivador lister	181-363 k g/cuerpo	4,8-8,9 k m/h	70-90
Arado rastra	268-595 k g/m	6,4-11.3 k m/h	70-90
Subsolador	13-20 y 18-29 kg/cm	4,8-8,0 km/h	70-90
Niveladora	446-1191 kg/m.		
Arado rotativo	17-33 CV/m	1,6-8,0 km/h	70-90

Nota: Tomado de (Ortiz, 2009)

2.5. Esfuerzos estáticos.

2.5.1. Esfuerzos de torsión.

El estudio de esfuerzos de torsión en un eje redondo macizo es sometido a un par de torsión, sufriendo la superficie externa la máxima deformación cortante unitaria y, por consiguiente, el máximo esfuerzo cortante torsional. (Mott, 2006)

$$\tau_{max} = \frac{T * c}{J}$$

Ecuación 1

Esfuerzo cortante torsional

Nota: Tomada de (Mott, 2006)

Donde:

c = Radio de la superficie externa

J = Momento Polar de Inercia

Para calcular τ_{max} determinamos la siguiente ecuación.

$$\tau_{max} = \frac{P}{n}$$

Ecuación 2

Esfuerzo cortante torsional

Nota: Tomada de(Shigley, 2012)

Donde:

P = Potencia

n = Velocidad de giro

2.5.2. Esfuerzo de tensión.

Es la resistencia interna que brinda una carga externa aplicada contra una unidad de área de un material. (Mott, 2006)

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Ecuación 3

Esfuerzo directo de tensión

Nota: Tomada de(Mott, 2006)

Donde:

F = Fuerza (N)

$A = \text{Área } m^2$

2.5.3. Esfuerzos principales.

Según la dirección del sistema de coordenadas seleccionado tendrán una variación los esfuerzos normales y cortantes. Siempre habrá planos sobre los cuales los elementos de esfuerzo cortante sean iguales a cero. Los esfuerzos principales son los esfuerzos normales que actúan sobre los planos. (Norton, 2009)

$$\sigma_a, \sigma_b = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_c = 0$$

Ecuación 4

Esfuerzo directo de tensión

Nota: Tomada de(Norton, 2009)

Donde:

σ_x = Esfuerzo normal aplicado al eje x (Pa)

σ_y = Esfuerzo normal aplicado al eje y (Pa)

τ_{xy} = Esfuerzo cortante en la dirección (Pa)

2.5.4. Esfuerzo efectivo de Von Misses.

Es el esfuerzo de tensión uniaxial que genera la misma energía de distorsión que la combinación real de los esfuerzos aplicados. (Norton, 2009)

$$\sigma = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2}$$

Ecuación 5

Esfuerzo efectivo von misses

Nota: Tomada de(Norton, 2009)

2.6. Materiales empleados en la construcción de motocultores.

El material más utilizado en la construcción de motocultores es el acero. Este deberá tener alto límite elástico que generalmente puede ser desde los 230 $\frac{N}{mm^2}$ hasta los 600 $\frac{N}{mm^2}$. (Albuja Jácome & Ramos Córdova, 2006)

2.6.1. Aceros estructurales.

Los aceros estructurales se producen en forma de lámina, placa, barras, tubería y perfiles estructurales. La ASTM asigna una designación de número a estos aceros, la cual es el número del estándar que define las propiedades mínimas requeridas. (Mott, 2006)

Uno de los aceros más populares en aplicaciones estructurales es el ASTM A36, un acero al carbón utilizado para muchos perfiles, placas y barras comercialmente disponibles. Los aceros estructurales son utilizados también para carrocerías. El acero ASTM A36 tiene un límite de fluencia de 235 MPa, es soldable y se utiliza para propósitos estructurales. (Albuja Jácome & Ramos Córdova, 2006)

Las propiedades mecánicas del acero estructural dependen principalmente, de la composición química de los mismos, los procesos de laminado y el tratamiento térmico a los que estén sometidos. Si se considera que las propiedades mecánicas se obtienen de ensayos en laboratorio, debemos considerar factores que afectan a esas propiedades

tales como la rapidez de carga de la muestra, las condiciones y la geometría de las mismas, el trabajo en frío, y la temperatura existente al llevarse a cabo el ensayo (Mott, 2006)

Figura 4

Curva esfuerzo – deformación



Nota: Tomada de (Mott, 2006)

Aluminio Estructural 6028.

Aleación de características medias y buena forjabilidad. Tiene una buena aptitud a la soldadura pero pierde casi un 30% de la carga de rotura en la zona soldada, por lo que se aconseja hacer un tratamiento de maduración para recuperar las características perdidas. (<http://www.sanmetal.es>, s. f.)

Se puede aplicar para estructuras de vehículos, sistemas hidráulicos, equipamiento de minas, torres, motoras, tecnología nuclear, mástiles y timones para barcos especialmente para agua dulce, andamios, estructuras para carpas y pabellones, tornillería, remaches, moldes. (<http://www.sanmetal.es>, s. f.)

Acero Inoxidable 410.

Es un acero inoxidable martensítico que proporciona buena resistencia a la corrosión más alta, fortaleza y dureza. Es magnético en condiciones recocidas y endurecidas. Se puede desarrollar una amplia variedad de propiedades con diferentes tratamientos térmicos. Las aleaciones martensíticas tienen una capacidad limitada de soldado a causa de su facilidad de endurecimiento.

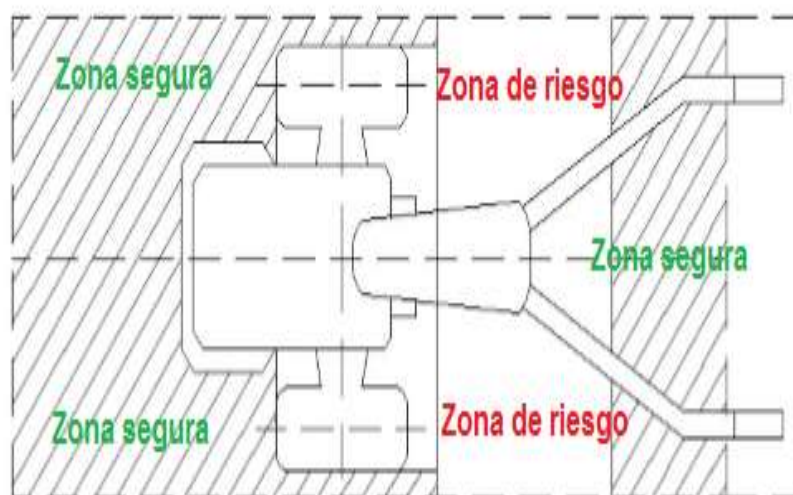
Posee excelentes propiedades de trabajo en frío, puede extraerse y moldearse moderadamente en la condición recocida. Proporciona buena resistencia a la corrosión al aire, agua y algunos químicos. Muestra resistencia satisfactoria al ácido nítrico, ácido sulfúrico concentrado, ácido acético diluido y nafta. La resistencia a los ácidos de los alimentos es buena. (<https://nks.com>, s. f.)

2.7. Zonas de Seguridad de arranque.

El motocultor al ser un vehículo autopulsado, es necesario considerar sus zonas de seguridad al momento de ponerlo en marcha para que no exista ningún accidente, considerando siempre si el motocultor se encuentra en terreno con pendiente, la ubicación del mismo y la dirección de trabajo. La figura 5 esquematiza las zonas de peligro. (Daquilema Guambo & Pulla Marín, 2014)

Figura 5

Zonas de seguridad en el arranque de motocultor



Nota: Tomado de (Daquilema Guambo & Pulla Marín, 2014)

Las zonas de seguridad indican la localización correcta que debe tener la persona que se encargue del manejo del motocultor una vez iniciado el encendido del equipo y proceda a realizar las actividades de arado y siembra.

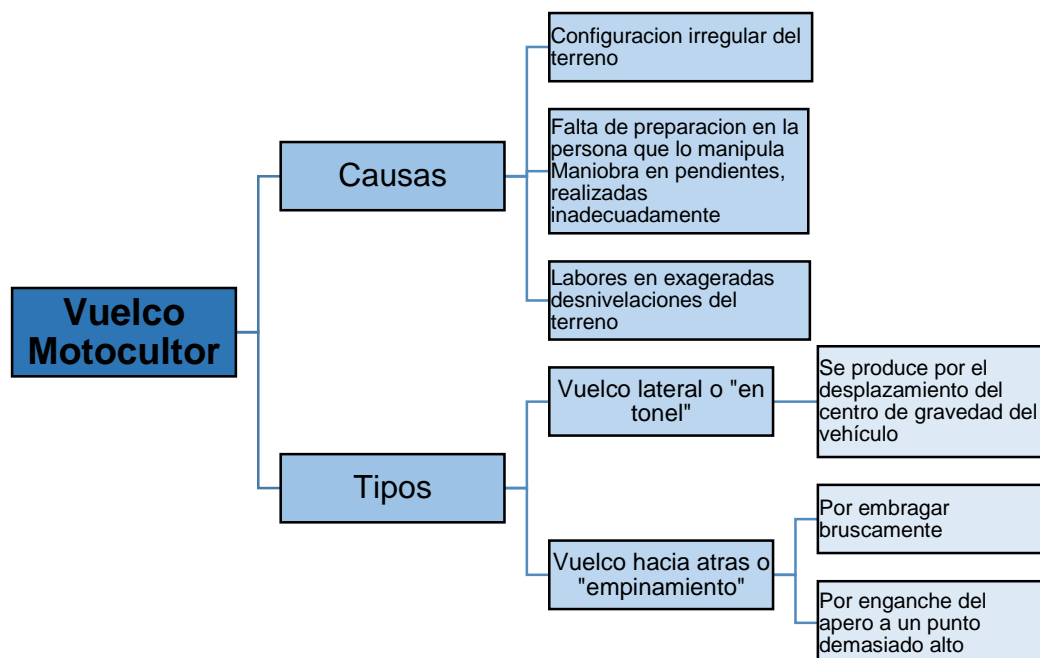
2.7.1. Consideración para el vuelco del motocultor.

Un riesgo asociado al motocultor es el vuelco, esto se produciría cuando se lo emplea como elemento de tracción acoplado a un remolque. Una consideración que se toma en cuenta con respecto a un tractor agrícola es que a menor anchura de eje, menor peso y a mayor altura de un vehículo mayor será el riesgo de vuelco.

El límite de vuelco de un vehículo se determina principalmente por la anchura de la pista y la altura del centro de gravedad. (Medina Encalada, 2015)

Figura 6

Consideraciones para el vuelco del motocultor.



Nota: Tomado de (Medina Encalada, 2015)

2.8. Riesgo derivado por vibraciones del motocultor.

El motocultor es una de las máquinas agrícolas más peligrosas en relación al sistema mano-brazo y cuando trabaja con el tren de azadas, dado que, con frecuencia no posee ningún elemento de amortiguación.

Las vibraciones en el vehículo son excitadas, fundamentalmente, por tres tipos de acciones: irregularidad de la calzada, acción de las masas giratorias -especialmente motor, transmisión-, y aerodinámicas. Las dos primeras, más importantes, son respectivamente, de naturaleza fundamentalmente aleatoria y periódica. El control de los movimientos vibratorios: frecuencia, amplitud, aceleración, etc., se realiza a través del sistema de suspensión. (Medina Encalada, 2015)

2.8.1. Respuesta humana a las vibraciones.

Los límites de la Incomodidad Cinética Vibratoria (ICV), indica parámetros de medida a la vibración, tales como: frecuencia, valores máximos de desplazamiento, velocidad, aceleración, sobre aceleración primera, etc. Los usuarios soportan bien vibraciones de frecuencias aproximadas a 1 Hz³. En la Tabla 5, se indica las frecuencias y características que pueden presentarse en los vehículos y sus efectos sobre el cuerpo humano. (Medina Encalada, 2015)

Tabla 5

Frecuencias características de movimientos vibratorios en vehículos y sus efectos

Frecuencia en Hz		Efectos producidos	
		Sobre las personas	Sobre los automóviles actuales
Muy bajas	<0,5	Sensación de mareo con grandes amplitudes	
	1,5 a 2	Frecuencia del movimiento vertical del paso humano	Modos de baja frecuencia de la m. suspendida y del conjunto movimiento
Bajas 0,5 a 3	1 a 3	1 a 2	Resonancia de la cabeza en movimientos horizontales
		1 a 3	Umbral mínimo de la ICV en movimientos horizontales
			vertical, cabeceo, balanceo y guiñada

Nota: Tomada de (Medina Encalada, 2015)



3. DISEÑO DEL BASTIDOR Y HERRAMIENTA DE ARADO

3.1. Diseño del Bastidor.

El objetivo es diseñar un bastidor que sea capaz de resistir todas las cargas y fuerzas que actúan directamente sobre el motocultor mediante la utilización de un software CAD-CAE. Bajo las consideraciones de potencia y ancho de trabajo se establecen los siguientes parámetros: distancias entre ruedas, profundidad de trabajo, peso del motocultor.

Tabla 6

Características de los motocultores

Parámetros			
Motocultor 1 Changfa CF151		Motocultor 2 Husqvarna, TR530	
			
Características			
Tipo de motor:	Diésel	Tipo de motor:	Gasolina
Potencia motor:	11,93 kW	Potencia motor:	5,15 kW
Peso del equipo:	185 kg	Peso del equipo:	138,79 kg
Distancia entre ruedas:	0,60 m	Distancia entre ruedas:	0,40 m
Profundidad de trabajo:	0,18 m	Profundidad de trabajo:	0,15 m
Numero de velocidades:	3	Numero de velocidades:	1
CONCLUSIÓN: Tomando en cuenta su estructura, así como su amplia fiabilidad y eficiencia se escoge las características de motocultor 2 porque se va a partir de un motocultor de bajo peso, fácil maniobrabilidad y operación con preparación específica para cultivos de terreno irregular.			

3.1.1. Análisis matemáticos iniciales.

Para iniciar el análisis del bastidor se debe establecer parámetros principales como el peso y la geometría del motocultor.

Se establecen los parámetros y fuerzas para realizar los cálculos de esfuerzos de corte y tensión que van a ser aplicados en el motocultor en diferentes situaciones a las cuales será sometido como movimiento, accionamiento de la herramienta y así obtener los datos decisivos en el prototipo para su desarrollo.

Dentro del peso total para este caso se consideran únicamente las cargas vivas las cuales se determinan a continuación para realizar el análisis estático del bastidor.

3.1.2. Cargas muertas

A razón del diseño ejecutado las cargas muertas son aquellas que no varían su masa y se detallan en la tabla 7, especificando la masa de cada una, para su posterior cálculo.

Tabla 7

Masa de las cargas muertas

Componente	Valor (kg)
Bastidor, sistema transmisión y manubrio	30
Motor de combustión interna	15
Arado rotativo	5,26
Implemento formador de camas	12
Ruedas	10
Total=	72,76

Fuerza generada por la carga muerta.

Para calcular la fuerza generada por las cargas muertas presente en el motocultor utilizamos la ecuación 6.

$$F_{cm} = m_{cm} * a$$

Ecuación 6

Fuerza carga muerta

Donde:

F_{cm} = Fuerza carga muerta (N)

m_{cm} = masa de la carga muerta (Kg)

a = Aceleración de la gravedad ($\frac{m}{s^2}$)

Datos:

m_{cm} = 72,76 kg (Valor tomado de la tabla 7)

a = $9.8 \frac{m}{s^2}$

Reemplazando en la ecuación 6

$$F_{cm} = 72,76 * 9,8$$

$$F_{cm} = 708,148 N$$

3.1.2.1. Cargas vivas.

Son todas las fuerzas presentes en el motocultor y que son variables en su masa y cambian de posición, para este caso la única fuerza variable va a ser el peso del combustible como lo expresa la tabla 8.

Tabla 8*Masa de las cargas vivas*

Componente	Valor (kg)
Masa combustible	1,9
Total=	1,9

Fuerza generada por las cargas vivas.

Para el cálculo de la fuerza generada por las cargas vivas presente en el motocultor se aplica la ecuación 7.

$$F_{cv} = m_{cv} * a$$

Ecuación 7*Fuerza carga viva*

Donde:

 F_{cv} = Fuerza carga viva (N) m_{cv} = masa de la carga viva (Kg) a = Aceleración de la gravedad $\left(\frac{m}{s^2}\right)$

Datos:

 m_{cv} = 1,9 kg (Valor tomado de la tabla 8) a = $9.8 \frac{m}{s^2}$

Reemplazando en la ecuación 7

$$F_{cm} = 1,9 * 9,8$$

$$F_{cm} = 18,62 \text{ N}$$

3.1.2.2. Fuerza generada por la masa total del motocultor.

En la tabla 9 se detalla el sumatorio total de las masas de las cargas vivas y las cargas muertas para obtener la masa total del motocultor.

Tabla 9

Masa total del motocultor

Datos	Valor (kg)
Masa motocultor	72,76
Masa combustible	1,9
Total=	74,66

Peso total del motocultor.

Para calcular la fuerza generada por el peso total del motocultor se aplica la ecuación 8.

$$W = m_t * a$$

Ecuación 8

Ecuación del peso

Donde:

W = Peso (N)

m_t = Masa total (Kg)

$a =$ Aceleración de la gravedad $\left(\frac{m}{s^2}\right)$

Datos:

$m_t = 74,66$ kg (Valor tomado de la tabla 9)

$a = 9,8 \frac{m}{s^2}$

Reemplazando en la ecuación 8

$$W = 74,66 * 9,8$$

$$W = 731,668 \text{ N}$$

3.1.3. Centro de gravedad.

Con la ayuda del software CAD-CAE en el ANEXO A se determina el centro de gravedad del motocultor para conocer el punto exacto donde actúa la fuerza del peso del motocultor y se obtienen los datos de la tabla 10.

Figura 7

Centro de gravedad




Tabla 10*Medidas centro de gravedad motocultor*

G_x	435,98mm
G_y	293,20mm
G_z	176,35mm

3.1.4. Análisis estático del bastidor.**3.1.4.1. Cargas y sujeciones.**

En la tabla 11 podemos ver detalladamente las cargas a las cuales está sometido el bastidor y los puntos de sujeción para su correcto estudio estático.

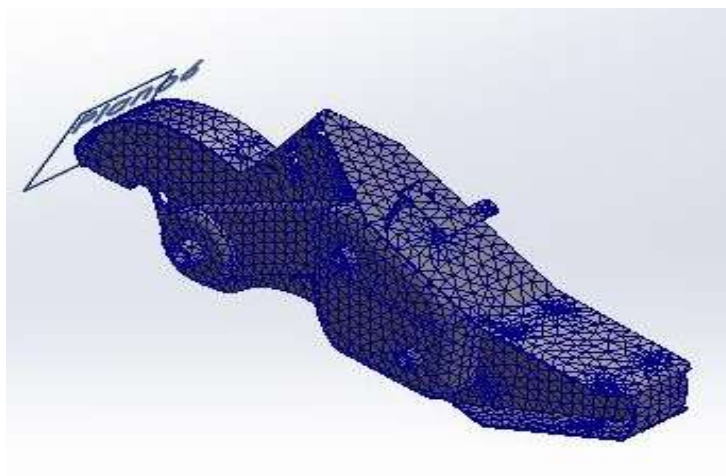
Tabla 11*Cargas y sujeciones del bastidor*

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Eje de ruedas		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija
Nombre de carga	Imagen de la carga	Detalles de carga
Peso motor		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 147 N
Peso arado rotativo		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: -51,58 N

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Peso ruedas		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: -98 N
Peso de encamadora		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 117,6 N

Figura 8

Mallado del bastidor



En la tabla 12 podemos ver el mallado utilizado en el software CAD-CAE para el análisis estático del elemento bastidor.

Tabla 12

Características del mallado

Características Mallado	Detalle
Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar

Características Mallado	Detalle
Puntos jacobianos para malla de alta calidad	16 Puntos
Tamaño de elementos	19,1814 mm
Tolerancia	0,959069 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Número total de nodos	32454
Número total de elementos	18072
Cociente máximo de aspecto	44,09
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	68,5
El porcentaje de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0,847
Porcentaje de elementos distorsionados	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:08

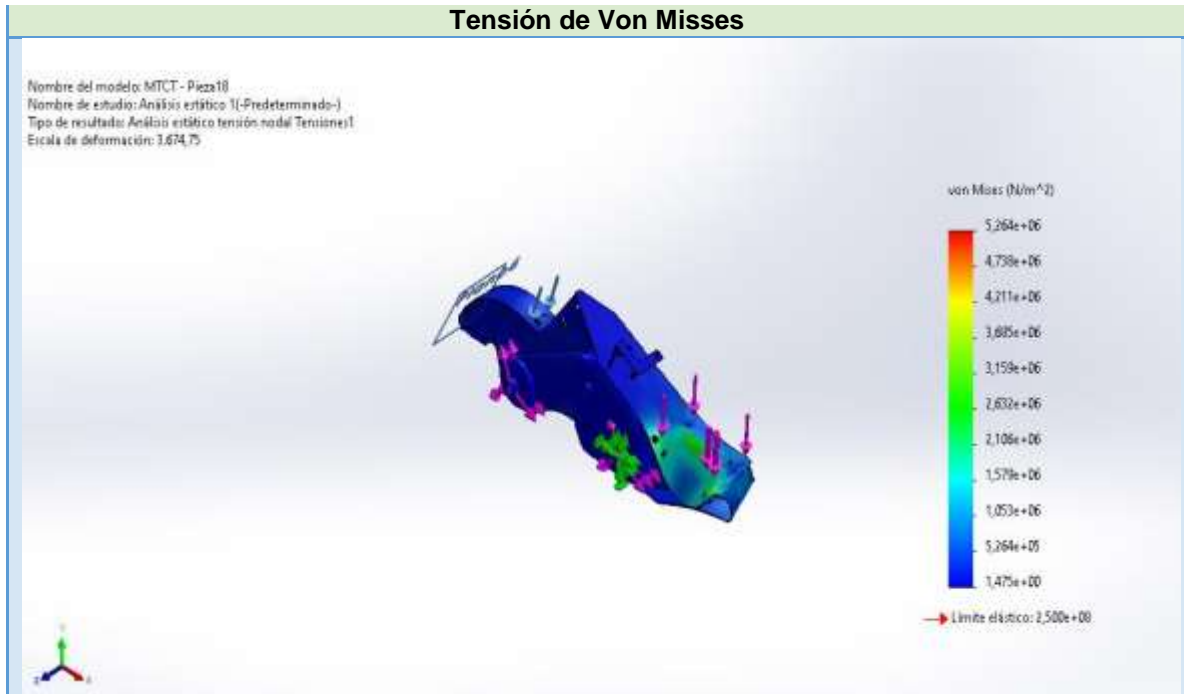
3.1.4.2. Tensión de Von Misses

Al realizar el estudio con la ayuda del software CAD-CAE se pudo determinar una tensión mínima de $1,475e^{+00} \frac{N}{m^2}$ y máxima de $5,264e^{+06} \frac{N}{m^2}$ la tabla 13 indica claramente la actuación de dicha tensión.

Tabla 13

Tensión de Von Misses

Tensión de Von Misses			
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	Tensión de Von Mises	$1,475e^{+00} \frac{N}{m^2}$ Nodo: 10864	$5,264e^{+06} \frac{N}{m^2}$ Nodo: 3866



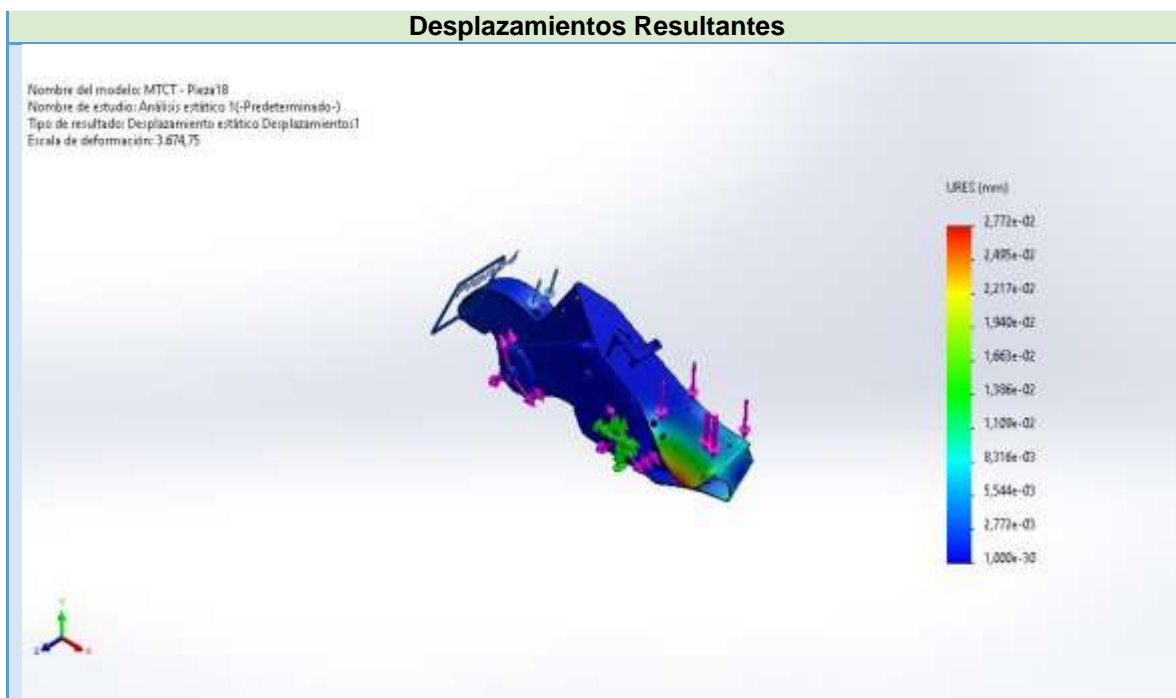
3.1.4.3. Desplazamientos resultantes.

En la tabla 14 se puede ver claramente los desplazamientos resultantes a la aplicación de las cargas sobre el bastidor.

Tabla 14

Desplazamientos resultantes

Desplazamientos Resultantes			
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos	Desplazamientos resultantes	0,000e ⁺⁰⁰ mm Nodo: 298	2,772e ⁻⁰² mm Nodo: 882



3.1.4.4. Deformación unitaria equivalente.

Se puede definir como la relación existente entre la deformación total y la longitud inicial del elemento, la cual permitirá determinar la deformación del elemento sometido a esfuerzos de tensión o compresión axial, para este estudio en la tabla 15 se puede visualizar la deformación que puede presentar el material.

Tabla 15

Deformación unitaria equivalente

Deformación unitaria equivalente			
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias	Deformación unitaria equivalente	$6,355e^{-12}$ Elemento: 13866	$9,392e^{-06}$ Elemento: 8365



Las medidas del diseño del bastidor se las puede ver claramente en el ANEXO B

3.2. Diseño del arado rotativo.

El arado rotativo debe ser utilizado tanto para un suelo duro como frágil. Si el suelo está en estado plástico corremos riesgo de formación de suela lo que dificulta seriamente el desarrollo de las raíces de las plantas que deseamos cultivar.

Figura 9

Arado rotativo



3.2.1. Características técnicas

Las características técnicas más relevantes de los arados rotativos están expresadas en la tabla 16

Tabla 16

Características técnicas del arado rotativo

	Potencia en la toma de fuerza (kW)	12 – 20
	Potencia del motor del tractor (kW)	4 – 14
	Peso (kg)	10 – 200
b	Anchura de trabajo (m)	0,4-3
Z	Número de azadas	10-24
p	Ancho entre azadas (m)	0.02-0.1
n	Velocidad del rotor (r/min)	150-280
r	Radio del rotor (m)	0.14- 0.30
V_m	Velocidad de trabajo (km/h)	2 – 6

Nota: Tomada de (ÁLVAREZ MEJÍA, 1985)

3.2.2. Cálculos de diseño del arado rotativo.

Para realizar los cálculos estáticos y dinámicos de la herramienta de labranza, se tomó en cuenta parámetros como ancho y profundidad de trabajo los mismos se encuentran en el ANEXO C, plano de diseño del implemento arado rotativo, de donde obtuvieron los datos para la tabla 17.

Tabla 17

Medidas diseño cad-cae arado rotativo

Ítem	Detalle
Número de aspas	12

Ítem	Detalle
Ancho de trabajo	0,458 m
Radio del rotor	0,140 m

3.2.2.1. Velocidad Periférica.

Es la velocidad de corte, es decir la velocidad a la que las cuchillas giraran en torno a un eje y se calcula con la siguiente ecuación. (ÁLVAREZ MEJÍA, 1985)

$$V_r = \frac{2 * \pi * r * n}{60}$$

Ecuación 9

Ecuación de velocidad periférica rotocultivador

Nota: Tomada de (ALVAREZ MEJIA, 1985)

Donde:

V_r = Velocidad periférica del arado rotativo $\left(\frac{m}{s}\right)$

r = Radio del rotor (m)

n = Revoluciones del rotor (rpm)

Datos:

$r = 0,14$ (m) parámetro seleccionado por el diseñador en la Tabla 17

$n = 215$ (rpm) promedio de los valores de la Tabla 16

Reemplazando en la ecuación 9

$$V_r = \frac{2 * \pi * 0,14 * 215}{60}$$

$$V_r = 3,07 \text{ m/s}$$

3.2.2.2. Distancia entre dos cortes consecutivos.

El trabajo sobre el terreno va a depender de la acción de corte, levante y aflojamiento de la tierra por parte de las cuchillas. La distancia entre dos cortes sucesivos va a depender de las revoluciones del rotor, la velocidad de avance de la máquina y número de cuchillas en el plano perpendicular al eje del rotor (normal 2 cuchillas). (ALVAREZ MEJIA, 1985)

$$l = \frac{60 * V_m}{m * n}$$

Ecuación 10

Distancia entre cortes consecutivos

Nota: Tomada de (ALVAREZ MEJIA, 1985)

Donde:

l = Distancia entre cortes consecutivos (m)

V_m = Velocidad motocultor $\left(\frac{m}{s}\right)$

n = Revoluciones del rotor (rpm)

m = Número de cuchillas en el plano

Datos:

$V_m = 2 \left(\frac{m}{s}\right)$ promedio tomado de la tabla 16

$n = 215$ (rpm) promedio tomado de la tabla 16

$m = 2$ tomado de (ÁLVAREZ MEJÍA, 1985)

Reemplazando en la ecuación 10

$$l = \frac{60 * 2}{2 * 215}$$

$$l = 0,279 \text{ m}$$

A menor valor l el tamaño de las partículas del suelo es más fino y a mayor valor de l es más grueso el grano al momento de la labranza.

3.2.2.3. Desplazamiento de la tierra.

La porción de tierra que toma la cuchilla será cortada y acelerada aproximadamente a la misma velocidad de la cuchilla antes de salir de ella. Al salir la tierra ésta es arrojada hacia atrás sobre una distancia X para cual se usará en la siguiente ecuación. (ÁLVAREZ MEJÍA, 1985)

$$X = \frac{(0,75 * V_r)^2 \text{sen}2\beta}{g}$$

Ecuación 11

Desplazamiento de la tierra

Nota: Tomada de (ALVAREZ MEJIA, 1985)

Donde:

X = desplazamiento de la tierra en (m)

β = ángulo de salida de la tierra respecto a la horizontal

g = aceleración de la gravedad $\left(\frac{m}{s^2}\right)$

V_r = Velocidad periférica del rotor $\left(\frac{m}{s}\right)$

Datos:

$$\beta = 45^\circ \text{ (Litardo Morán, 2008)}$$

$$g = 9,8 \left(\frac{m}{s^2} \right)$$

$$V_r = 3,07 \left(\frac{m}{s} \right) \text{ Solución de la ecuación 9}$$

Reemplazando en la ecuación 11:

$$X = \frac{(0,75 * 3,07)^2 \text{sen}(2 * (45))}{9,8}$$

$$X = 0,54 \text{ m}$$

3.2.2.4. Relación entre el radio del rotor, la profundidad de labranza y el trabajo.

El trabajo, y por consiguiente la potencia requerida serán relativamente mínimos cuando exista la siguiente relación entre el radio del rotor y la profundidad de la labranza efectuada: (ÁLVAREZ MEJÍA, 1985)

$$d = \frac{r \left(1 - \frac{V_m}{V_r} \right)}{0,6}$$

Ecuación 12

Profundidad de trabajo

Nota: Tomada de (ÁLVAREZ MEJÍA, 1985)

Donde:

r = Radio del rotor (m)

V_m = Velocidad motocultor $\left(\frac{m}{s} \right)$

V_r = Velocidad periférica del arado rotativo $\left(\frac{m}{s} \right)$

Datos:

$r = 0,15$ (m) parámetro seleccionado por el diseñador en la Tabla 17

$V_m = 2$ $\left(\frac{m}{s}\right)$ promedio tomado de la tabla 16

$V_r = 3,07$ $\left(\frac{m}{s}\right)$ Solución de la ecuación 9

Reemplazando en la ecuación 12:

$$d = \frac{0,15 \left(1 - \frac{2}{3,07}\right)}{0,6}$$

$$d = 0,087 \text{ m}$$

3.2.2.5. Número de cuchillas que se encuentran dentro de la zona de corte (Z).

Está determinado para la cantidad de cuchillas que se encuentran a lo largo del eje del rotocultivador que se está diseñando, cabe destacar que la cantidad de estas, depende directamente del ancho de trabajo de nuestro equipo y del ancho que se establezca a criterio del diseñador basándose en la tabla 10.

El número de cuchillas del implemento se calcula con la ecuación 15: (ÁLVAREZ MEJÍA, 1985)

$$Z = \frac{\gamma}{2 * \pi} * \frac{m * b}{p}$$

Ecuación 13

Número de cuchillas del arado rotativo

Nota: Tomada de (ÁLVAREZ MEJÍA, 1985)

Donde:

Z = Número de cuchillas

γ = El ángulo recorrido por el borde cortante en la trayectoria de la cuchilla a través del suelo.

b = Ancho de trabajo

p = Ancho entre azadas

El ángulo γ está determinado por la ecuación 16

$$\gamma = 90 + \sin^{-1} \left(\frac{d - \left(r - r * \frac{V_m}{V_r} \right)}{\left(r - r * \frac{V_m}{V_r} \right)} \right)$$

Ecuación 14

El ángulo recorrido por el borde cortante

Nota: Tomada de (ÁLVAREZ MEJÍA, 1985)

Donde:

γ = Ángulo recorrido por el borde cortante

d = profundidad de trabajo (m)

r = Radio del rotor (m)

V_m = Velocidad motocultor $\left(\frac{m}{s} \right)$

V_r = Velocidad periférica del arado rotativo $\left(\frac{m}{s} \right)$

Datos:

$d = 0,087$ (m) solución de la ecuación 14

$r = 0,14$ (m) parámetro seleccionado por el diseñador en la tabla 17

$V_m = 2$ $\left(\frac{m}{s}\right)$ promedio tomado de la tabla 16

$V_r = 3,07$ $\left(\frac{m}{s}\right)$ Solución de la ecuación 9

$b = 0.458$ (m) tomado de la tabla 17

$p = 0.031$ m a criterio del diseñador tomado de la tabla 16

$m = 2$ tomado de (ÁLVAREZ MEJÍA, 1985)

Reemplazando en la ecuación 14:

$$\gamma = 90 + \sin^{-1} \left(\frac{0,087 - \left(0,14 - 0,14 * \frac{2}{3,07}\right)}{\left(0,14 - 0,14 * \frac{2}{3,07}\right)} \right)$$

$$\gamma = 90 + \sin^{-1}(0,795)$$

$$\gamma = 90^\circ + 52,65^\circ$$

$$\gamma = 142,65^\circ \cong 2,489 \text{ rad}$$

Reemplazando en la ecuación 13:

$$Z = \frac{2,489}{2 * \pi} * \frac{2 * 0,458}{0,031}$$

$$Z = 11,705 \approx 12 \text{ Cuchillas}$$

3.2.2.6. Cálculo de la fuerza que actúa sobre el rotor.

Esta fuerza se calcula con la ecuación 15

$$F = Z * F_t$$

Ecuación 15

Fuerza sobre el rotor

Nota: Tomada de (ÁLVAREZ MEJÍA, 1985)

Donde:

F_t = Fuerza tangencial (N)

Z = Número de cuchillas

Para el cálculo de la ecuación tangencial utilizamos la ecuación 16

$$F_t = R \cos 15$$

Ecuación 16

Fuerza tangencial sobre la cuchilla

Nota: Tomada de (ALVAREZ MEJIA, 1985)

Datos:

$Z = 12$ Solución ecuación 15

$R =$ Resistencia de la tierra sobre las cuchillas $11,3 \text{ kgf} = 110,81 \text{ N}$ (Litardo Morán, 2008)

Reemplazando en ecuación 16

$$F_t = 110,81 * \cos 15$$

$$F_t = 107,034 \text{ N}$$

Reemplazando en ecuación 15

$$F = 12 * 107,034$$

$$F = 1284,348 \text{ N}$$

3.2.2.7. Potencia requerida para el mando del rotor.

Es la potencia que necesita el rotocultivador para ejecutar eficientemente su trabajo según el diseño realizado del mismo y se calcula con la ecuación 17. (ÁLVAREZ MEJÍA, 1985)

$$P_R = F * V_r$$

Ecuación 17

Potencia requerida por el rotor

Nota: Tomada de (ÁLVAREZ MEJÍA, 1985)

Donde:

P_R = Potencia requerida del rotor (W)

F = Fuerza sobre el rotor (N)

V_r = Velocidad periférica del arado rotativo $\left(\frac{m}{s}\right)$

Datos:

$F = 1284,348$ N Solución de la ecuación 15

$V_r = 3,07$ $\left(\frac{m}{s}\right)$ Solución de la ecuación 9

Remplazamos en ecuación 17

$$P_R = 1284,348 * 3,07$$

$$P_R = 3942,948 \text{ W}$$

3.2.2.8. Fuerza tracción o fuerza de tiro.

Para calcular la fuerza de tiro se aplica la ecuación 18.

$$F_T = CL * Profundidad * Ancho * 100$$

Ecuación 18

Fuerza de tiro

Nota: Tomada de (ALVAREZ MEJIA, 1985)

Donde:

F_T = Fuerza de tiro (N)

CL = Coeficiente de labranza $\left(\frac{kgf}{dm^2}\right)$

$Profundidad$ = Profundidad de trabajo (m)

$Ancho$ = Ancho de trabajo (m)

Datos:

$CL = 40\left(\frac{kgf}{dm^2}\right) \approx 392,26\left(\frac{N}{dm^2}\right)$ tomado de la tabla 2

$Profundidad = 0,14$ (m) tomado de la tabla 10

$Ancho = 0,458$ (m) tomado de la tabla 10

Reemplazamos en la ecuación 18

$$F_T = 392,26 * 0,14 * 0,458 * 100$$

$$F_T = 2515,171 N$$

3.2.2.9. Potencia de tracción o potencia de tiro.

Es la potencia que necesita el motocultor para ejecutar eficientemente su trabajo con el arado rotativo y movilizarse a la velocidad para el cual fue diseñado, viene dado por la ecuación 19.

$$P_T = F_T * V_m$$

Ecuación 19

Potencia de tiro

Donde:

P_T = Potencia de tiro (W)

F_T = Fuerza de tiro (N)

V_m = Velocidad del motocultor

Datos:

F_T = 2515,171 N Solución ecuación 18

$V_m = 2 \left(\frac{m}{s} \right)$ promedio tomado de la tabla 14

Reemplazamos en la ecuación 19

$$P_T = 2530,077 * 2$$

$$P_T = 5030,342 W$$

4. ANALIZAR Y SELECCIONAR EL MOTOR Y EL SISTEMA DE TRANSMISIÓN

4.1. Análisis y selección del motor.

4.1.1. Determinación de la potencia requerida.

La potencia es la cantidad de trabajo realizada por unidad de tiempo. Se puede asociar a la velocidad de un cambio de energía dentro de un sistema o al tiempo que demora en realizar un trabajo. Por ello, se puede afirmar que la potencia es igual a la energía total dividida por el tiempo. La potencia es la fuerza, el poder o la capacidad para conseguir algo. La potencia puede ser determinada mediante la ecuación 19.

Para la selección del motor se toma en cuenta las potencias previamente calculadas en el capítulo 3, tanto la Potencia de tiro como la potencia requerida por el rotor son importantes para el presente estudio.

Para calcular la potencia de diseño se recurre a lo establecido en la tabla 18 donde se toma en cuenta que la transmisión en base a poleas, banda, tensor piñones y cadenas es considerado un factor de seguridad $n=1,4$

Tabla 18

Factores compensatorios de seguridad

FACTORES PARA CALCULAR EL MARGEN COMPENSATORIO DE SEGURIDAD			
CLASES DE FUENTES DE POTENCIA			
TIPO DE CARGA	Motor de Combustión Interna con convertidor hidráulico	Motor eléctrico o turbina	Motor de Combustión Interna con embrague y caja mecánica
UNIFORME	1.0	1.0	1.2

FACTORES PARA CALCULAR EL MARGEN COMPENSATORIO DE SEGURIDAD			
FLUCTUANTE	1.2	1.3	1.4
MUY FLUCTUANTE	1.4	1.5	1.7

Nota: Tomada de (Manual de transmisión potencia, Intermec)

Utilizando este factor de seguridad queda la Ecuación 20

$$P_d = P * F$$

Ecuación 20

Potencia de diseño

Donde:

P_d = Potencia Diseño (W)

P = Potencia requerida y potencia de tiro (W)

F = Factor compensatorio de seguridad

Datos:

P_R = Potencia requerida del rotor es 3492,948 W solución de la Ecuación 17

P_T = Potencia de tiro 5030,342 W solución de la Ecuación 19

Reemplazando en ecuación 20

$$P_{d1} = P_R * F$$

$$P_{d2} = P_T * F$$

$$P_{d1} = 3942,948 * 1,4$$

$$P_{d1} = 5030,342 * 1,4$$

$$P_{d1} = 5520,127 W \approx 7,4 HP$$

$$P_{d1} = 7042,478 W \approx 9,4 HP$$

La selección del motor se la hace en base a la disponibilidad en el mercado nacional y se ha elegido un motor Briggs & Stratton 9.5 HP, con un Par (Torque) 9,5 lb-pie y las especificaciones de este motor se las encuentra en la Tabla 19.

Figura 10

Motor briggs & stratton 9.5 hp



Tabla 19

Características motor briggs & stratton cr950

ÍTEM	DETALLE
Par (libras-pie, bruto) *	9.5
Desplazamiento del motor (cc)	208
Número de cilindros	Soltero
Configuración del motor	Eje horizontal
Peso libras)	33
Combustible del motor	Gasolina
Capacidad del tanque de combustible (gal)	0,8
Sistema de lubricación	Lubricación por salpicadura
Capacidad de aceite (oz)	20
Filtro de aceite	N / A
Inicio	Estrangulador manual
Filtro de aire	Cartucho de panel plano
Silenciador	Lo-Tone™

ÍTEM	DETALLE
Válvula de cierre de combustible	Estándar
Revoluciones torque Máximo	2600 rpm
Potencia bruta	9.5 HP

Nota: Tomado de (Briggs & Stratton, s. f.)

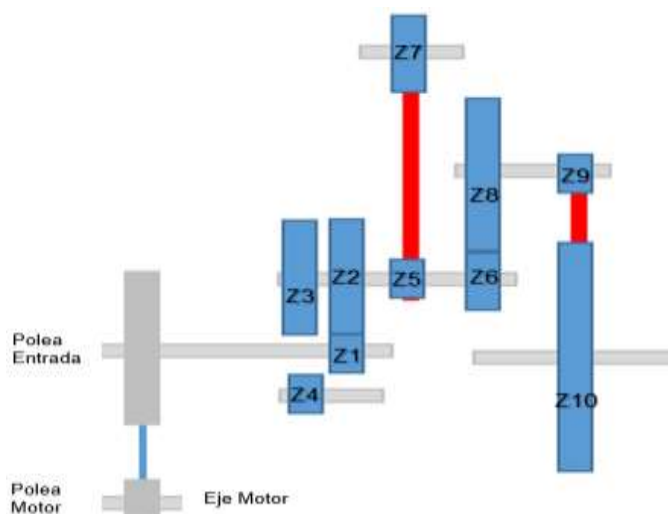
4.2. Relación de Transmisión.

Para calcular esta relación se toma en cuenta las revoluciones recomendadas por el fabricante cuando el motor está en su máximo torque.

La velocidad angular ω está determinada por la Ecuación 23: (Martínez Rodríguez & Nájera Vera, 2020), también se toman los datos obtenidos de los piñones y catarinas del esquema de la figura 11.

Figura 11

Esquema transmisión del motocultor



$$\omega_0 = \frac{60 * V_m}{\pi * D_r}$$

Ecuación 21

Velocidad angular del motocultor

Nota: Tomada de (Martínez Rodríguez & Nájera Vera, 2020)

Donde:

V_m = Velocidad del motocultor $\left(\frac{m}{s}\right)$

D_r = Diámetro rueda (m)

Datos:

$V_m = 2 \left(\frac{m}{s}\right)$ promedio tomado de la Tabla 8

D_r = Diámetro de la rueda 0,4 (m)

Reemplazando en la ecuación 21

$$\omega_0 = \frac{60 * 2}{\pi * 0,4}$$

$$\omega_0 = 95,49 \approx 95rpm$$

4.2.1. Relación global de la transmisión

Es la relación entre la velocidad angular de la salida del motor y la del eje de ruedas y está dada por la ecuación 22. (Martínez Rodríguez & Nájera Vera, 2020)

$$i_n = \frac{\omega_i}{\omega_0}$$

Ecuación 22

Relación global de transmisión

Nota: Tomada de (Martínez Rodríguez & Nájera Vera, 2020)

Donde:

i_n = Relación global de transmisión

ω_i = Revoluciones del motor al torque máximo

ω_0 = velocidad angular del motocultor rpm

Datos:

ω_i = 2600 rpm tomado de la Tabla 17

ω_0 = 95 rpm Solución ecuación 21

Reemplazando en ecuación 22

$$i_n = \frac{2600}{95}$$

$$i_n = 27,36$$

4.2.2. Selección de Bandas y Poleas.

4.2.2.1. Selección de la polea motriz.

Para determinar la polea motriz se utiliza los valores de la figura 12

Figura 12

Diámetros mínimos en polea motriz

Diámetros mínimos en mm				
Caballos de fuerza (HP)	RPM de Motor			
	900	1200	1800	3600
0.50	65	-	-	-
0.75	65	65	-	-
1.00	65	65	60	-
1.50	75	65	65	60
2.00	75	65	65	65
3.00	75	75	65	65
5.00	100	75	75	65
7.50	115	100	75	75
10.00	115	115	100	75
15.00	135	115	115	100
20.00	155	135	115	115
25.00	170	155	115	115
30.00	170	170	135	-
40.00	210	170	155	-
50.00	230	210	170	-
60.00	260	230	190	-
75.00	260	260	230	-
100.00	350	350	250	-
125.00	380	350	280	-
150.00	465	350	-	-
200.00	550	-	-	-
250.00	-	-	-	-
300.00	-	-	-	-

Nota: Tomada de (Intermec. Manual de poleas en V)

Determinamos una polea de 2,5 pulg (63,5mm) polea disponible en el mercado.

4.2.2.2. Selección de la polea conducida.

El diámetro de la polea conducida resulta de despejar la ecuación 23 de la relación de transmisión.

$$i_1 = \frac{D}{d_c}$$

Ecuación 23

Relación de transmisión

Donde

D = Diámetro polea conducida (m)

d_c = Diámetro polea conductora (m)

i_1 = Relación de transmisión

Datos:

$d_c = 0,0635\text{m}$

$i_1 = 4$ valor determinado por el diseñador

Reemplazando en la ecuación 23

$$D = i_1 * d_c$$

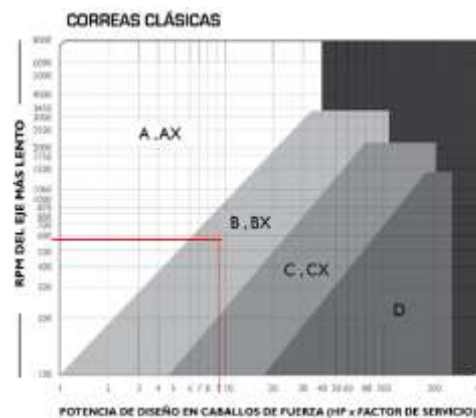
$$D = 4 * 0,0635 = 0,254 \text{ m}$$

Para realizar esta selección se utilizan los cálculos y tablas de los fabricantes.

(Dropbox – manual poleas en v intermec.pdf - Simplifica tu vida, s. f.)

Figura 13

Tabla para selección de correas



Nota: Tomada de (Intermec. Manual de poleas en V)

Por motivos de diseño y en base a la tabla se utiliza una banda tipo B o BX ya que es la idónea para transmitir 9,5 hp a 650 rpm.

4.2.2.3. Cálculo de la longitud de banda.

Para obtener esta longitud de banda primero se debe conocer la distancia entre centros, por ello se aplica la ecuación 24 que cumple las siguientes condiciones.

$$0,7(D + d_c) \leq C \leq 2(D + d_c)$$

Ecuación 24

Distancia entre centros

Nota: Tomada de (Martínez Rodríguez & Nájera Vera, 2020)

Donde:

D = Diámetro polea conducida (m)

d_c = Diámetro polea conductora (m)

Datos:

D = 0,254 m Solución ecuación 23

d_c = 0,0635 m

Reemplazamos en ecuación 24

$$0,7(0,254 + 0,0635) \leq C \leq 2(0,254 + 0,0635)$$

$$0,22225 m \leq C \leq 0,889 m$$

Para la distancia entre centros se determina un valor aproximado de 0,385m en base al diseño realizado en el software CAD-CAE.

Una vez determinada la distancia entre centros se calcula la longitud de la banda con la ecuación 25.

$$L = 2C + 1,57((D + d_c) + \frac{(D - d_c)^2}{4C})$$

Ecuación 25

Longitud de la banda

Nota: Tomada de (Martínez Rodríguez & Nájera Vera, 2020)

Donde:

L = Longitud de Banda (m)

D = Diámetro polea conducida (m)

d_c = Diámetro polea conductora (m)

C = Distancia entre centros (m)

Datos:

$D = 0,254$ m Solución ecuación 23

$d_c = 0,0635$ m

$C = 0,385$ m Solución ecuación 24

Reemplazando en ecuación 25

$$L = 2 * 0,385 + 1,57((0,254 + 0,0635) + \frac{(0,254 - 0,0635)^2}{4 * 0,385})$$

$$L = 0,77 + 0,498 + \frac{0,0362}{1,54}$$

$$L = 1,29 \text{ m}$$

Una vez que se ha determinado esta tentativa de longitud de banda se selecciona la banda B52 del (Intermec. Manual de poleas en V) dicha banda cumple con los parámetros del diseño.

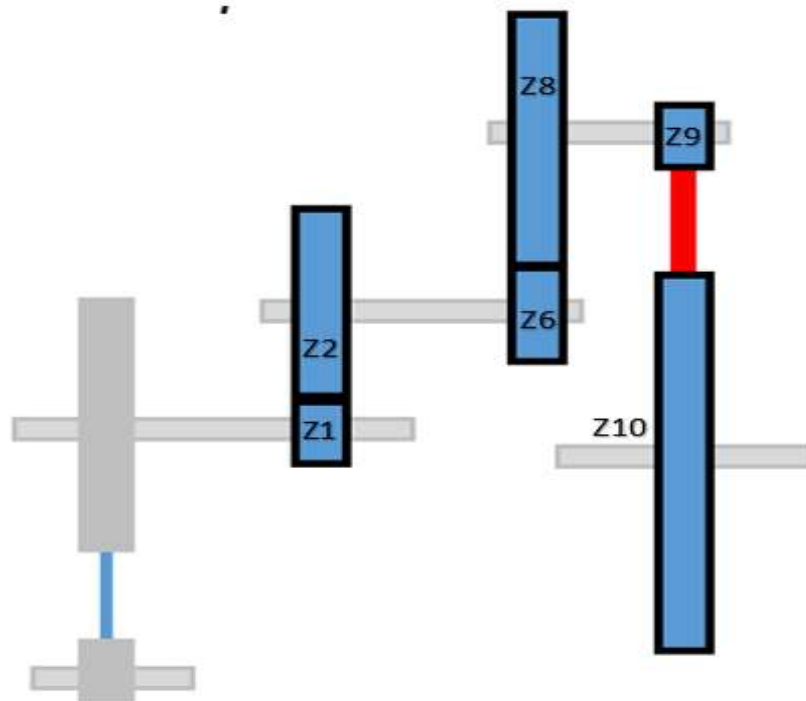
4.2.3. Selección de cadenas y catarinas.

4.2.3.1. Marcha adelante.

En la marcha hacia adelante actúan 4 piñones entre sí y un par de catarinas, se conoce el par de entrada a la transmisión y los números de dientes de cada uno de los piñones y catarinas que actúan en esta marcha en base al esquema realizado en la figura 14 por lo que se determina el par de salida a las ruedas del motocultor.

Figura 14

Esquema transmisión marcha adelante



$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{Z_2}{Z_1}$$

Ecuación 26

Relación de transmisión catarinas

Datos:

$$Z_1=16 \quad Z_8=56 \quad T_1 = 51,52Nm$$

$$Z_2=34 \quad Z_9=12 \quad T_2 = T_6$$

$$Z_6=14 \quad Z_{10}=42 \quad T_8 = T_9$$

Remplazando en ecuación 26

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{Z_2}{Z_1}$$

$$T_2 = \frac{Z_2 * T_1}{Z_1} = \frac{34 * 51,52}{16} = 109,48 Nm$$

$$\frac{T_8}{T_6} = \frac{Z_8}{Z_6}$$

$$T_8 = \frac{Z_8 * T_6}{Z_6} = \frac{56 * 109,48}{14} = 437,92 Nm$$

$$\frac{T_{10}}{T_9} = \frac{Z_{10}}{Z_9}$$

$$T_{10} = \frac{Z_{10} * T_9}{Z_9} = \frac{42 * 437,92}{12} = 1532,72 Nm$$

$$n_{10} * T_{10} = n_1 * T_1$$

$$n_{10} = \frac{n_1 * T_1}{T_{10}} = \frac{650 * 38}{1130,5} = 21,848 rpm$$

El Par de salida en marcha adelante es de 1532,75Nm, la velocidad angular a la salida del eje de las ruedas en esta posición es 21,848 rpm

Figura 15

Mecanismo piñones puesta marcha adelante

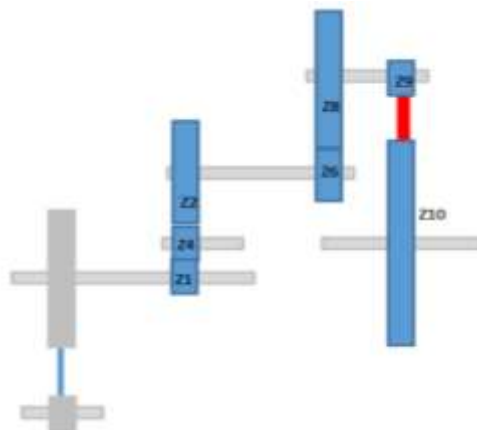


4.2.3.2. Marcha atrás.

En la marcha hacia atrás actúan 7 piñones entre sí, se conoce el par de entrada a la transmisión y los números de dientes de cada uno de los piñones que actúan en esta marcha por lo que se puede determinar el par de salida a las ruedas del motocultor. Para una mejor explicación se presenta el esquema de la figura 16.

Figura 16

Esquema transmisión marcha atrás



El piñón Z4 que interviene en esta posición trabaja como inversor del sentido de giro, actúa directamente sobre el primer piñón y tiene el mismo número de dientes.

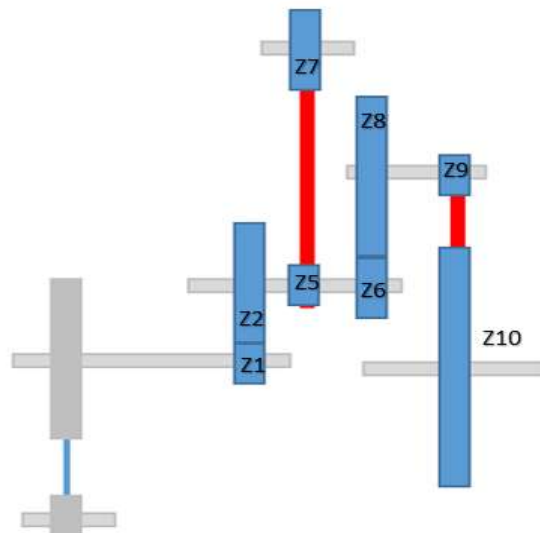
Por ello se determina que marcha atrás tiene el mismo par y velocidad que marcha adelante.

4.2.3.3. Marcha adelante accionado el apero.

Las ruedas giran a la misma velocidad que en marcha adelante, pero se debe calcular el Par para el eje del apero pues este es accionado por un juego extra de 2 catarinas. Esta aseveración se ve claramente en el esquema de la figura 17.

Figura 17

Esquema transmisión del motocultor



$$Z_1=16 \quad T_1= 38\text{lb-pie (51,52Nm)}$$

$$Z_2=34 \quad T_5 = T_2$$

$$Z_5=9 \quad Z_7 = 18$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{Z_2}{Z_1}$$

$$T_2 = \frac{Z_2 * T_1}{Z_1} = \frac{34 * 38}{16} = 80,75 \text{ lb - pie}$$

$$\frac{T_7}{T_5} = \frac{Z_7}{Z_5}$$

$$T_7 = \frac{Z_7 * T_5}{Z_5} = \frac{18 * 80,75}{9} = 161,5 \text{ lb - pie}$$

$$\theta_7 * T_7 = \theta_1 * T_1$$

$$\theta_7 = \frac{\theta_1 * T_1}{T_7} = \frac{650 * 38}{161,5} = 152,94 \text{ rpm}$$

El Par de salida en el eje del apero es de 161,5 lb-pie (218,96Nm), la velocidad angular a la salida del eje de las ruedas en esta posición es 152,94 rpm.

Figura 18

Transmisión marcha adelante y movimiento del apero



5. CONSTRUCCIÓN DEL BASTIDOR Y ARADO ROTATIVO

Este capítulo se enfoca en la construcción del bastidor y herramienta de arado rotativo, para obtener un desempeño óptimo cuando el motocultor se encuentre funcionando.


5.1. Construcción del bastidor.

Para el desarrollo de construcción del bastidor, se realizó la hoja de procesos de la Tabla 20, que contiene detalladamente los parámetros de manufactura, así como, el proceso al cual está sometido el bastidor, el material utilizado y el tiempo en el cual se efectúa la operación de mecanizado.

Tabla 20

Proceso manufactura bastidor

N°1	HOJA DE PROCESO							
	ELEMENTO: Bastidor		DENOMINACION: Construcción		OBSERVACIONES			
	RESPONSABLE: Iván Sangurima		MATERIAL: ASTM A36		El bastidor es construido en una sola pieza con diferentes procesos de manufactura que detallaremos en esta tabla.			
	CANTIDAD: 1		TRATAMIENTO TERMICO: Ninguno					
	TIEMPO ESTIMADO: 60 horas							
	TIEMPO REAL: 37 horas							
					PIEZA	CANTIDAD	DESCRIPCION	DIMENSIONES
					1	1	Bastidor	988;402;107 (mm)
					2	1	Bastidor	988;402;107 (mm)
					3	1	Bastidor	988;402;107 (mm)
N°	PIEZA	FASE	OPERACIÓN	CROQUIS	PARAMETROS DE MECANIZADO	HERRAMIENTAS		TIEMPO (h)
						E.P.M	E.P.P	
1	Bastidor	Corte laminado	Corte y laminado de la plancha para formar el bastidor		Trazado y preparación	Laminado C.P.	MA GU GA T.A.	22 horas
2	Bastidor	Modelado	Embutido y formado de la plancha		Embutido a 40000 PSI	Embutidora E.B.	MA GU GA T.A.	7 horas

N°1	HOJA DE PROCESO														
3	Bastidor	Corte y doblado	Doblado de la plancha para base del motor.		Doblado a 20000 PSI	Dobladora D.T. A.M.	MA GU GA T.A.	8 horas							
DESIGNACIÓN DE CÓDIGOS		UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE – LATACUNGA DEPARTAMENTO CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ													
E.P.M.= EQUIPO DE PROCESO MECÁNICO E.P.P.= EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL MA= MANDIL GU= GUANTES GA= GAFAS DE SEGURIDAD T.A.= TAPONES AUDITIVOS D.T. DOBLADORA DE TOOL A.M.= AMOLADORA E.B.= EMBUTIDORA A PRESIÓN C.P.= CORTADORA PLASMA															
PROYECTO DE TITULACIÓN:									"Diseño y construcción de un motocultor: arado y sembrador para la comunidad de San Agustín de Callo de la parroquia Mulaló del cantón Latacunga"						
LUGAR Y FECHA									Latacunga, 02 de septiembre del 2020				MASA TOTAL:		
REALIZADO POR:									Ivan Sangurima R.		FECHA: 02 – 09 – 2020		APROBADO		
REVISADO POR:		Ing. Guido Torres		FECHA: 02 – 09 – 2020											

La estructura del bastidor está compuesta de dos planchas de acero ASTM A36 de 1/8 de pulgada de espesor formadas y modeladas mediante la utilización de embutidora para el alojamiento de la transmisión. Estas planchas irán unidas con pernos de 1/4 de pulgada.

Figura 19

Planchas del bastidor

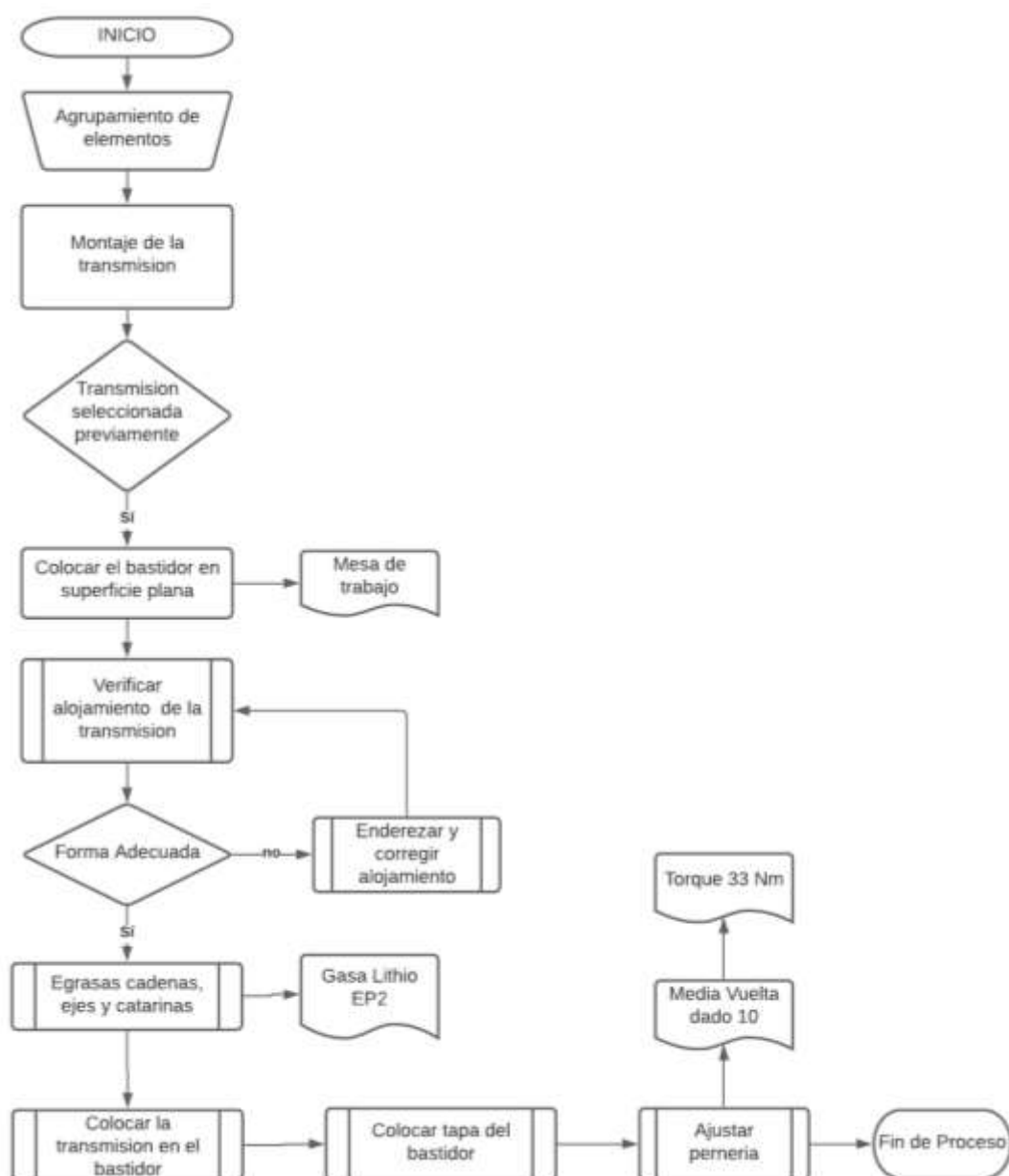


5.2. Montaje de la transmisión en el bastidor

Para el ensamble del sistema de transmisión se realizó el flujograma, como podemos observar en la figura 20, en donde se especifica con detalle los elementos y herramientas que se utilizan.

Figura 20

Flujograma montaje transmisión



Para ubicar la transmisión dentro del bastidor se colocó el bastidor en una superficie plana y se montaron las cadenas, catarinas y piñones previamente seleccionados en el alojamiento diseñado en el bastidor, tal como muestra la figura 21.

Figura 21

Montaje de la transmisión en el bastidor






5.3. Construcción del arado rotativo

Para el desarrollo de construcción del arado rotativo, se realizó la hoja de procesos de la Tabla 21, en la cual se detallan los parámetros de manufactura, así como, el proceso al cual está sometido el arado rotativo, el material utilizado y el tiempo en el cual se efectúa la operación de mecanizado.

Tabla 21

Proceso manufactura arado rotativo

N°1	HOJA DE PROCESO												
	ELEMENTO: Arado rotativo	DENOMINACIÓN: Construcción		OBSERVACIONES									
	RESPONSABLE: Iván SangurimaR.	MATERIAL: ASTM A36		Se realiza un despiece del arado rotativo para una mejor descripción de construcción.									
	CANTIDAD: 1	TRATAMIENTO TÉRMICO: Ninguno											
	TIEMPO ESTIMADO: 60 horas												
	TIEMPO REAL: 36 horas												
				PIEZA	CANTIDAD	DESCRIPCION	DIMENSIONES						
				1	1	Cuchilla	988;402;107 (mm)						
				2	1	Eje de cuchilla	988;402;107 (mm)						
N°	PIEZA	FASE	OPERACIÓN	CROQUIS	PARAMETROS DE MECANIZADO	HERRAMIENTAS		TIEMPO (h)					
						E.P.M	E.P.P						
1	Cuchilla	Corte laminado Doblado Perforado	Corte y laminado de la plancha para formar la cuchilla		Trazado y preparación Doblado en caliente Taladro 350 rpm	Laminado C.P. O.A. A.M.	MA GU GA T.A.	22 horas					
2	Eje de cuchillas	Corte Perforado Maquinado	Embutido y formado de la plancha		Corte Maquinado en torno Taladro 350 rpm	Maquinado T.R.	MA GU GA T.A.	14 horas					
DESIGNACIÓN DE CÓDIGOS		UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE – LATACUNGA DEPARTAMENTO CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ											
E.P.M.= EQUIPO DE PROCESO MECÁNICO E.P.P.= EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL													
MA= MANDIL GU= GUANTES GA= GAFAS DE SEGURIDAD T.A.= TAPONES AUDITIVOS O.A.= OXIACETILENO A.M.= AMOLADORA T.R.= TORNO C.P.= CORTADORA PLASMA													
PROYECTO DE TITULACION:	"Diseño y construcción de un motocultor: arado y sembrador para la comunidad de San Agustín de Callo de la parroquia Mulaló del cantón Latacunga"												
LUGAR Y FECHA	Latacunga, 02 de septiembre del 2020								MASA TOTAL:				
REALIZADO POR:	Ivan Sangurima R.		FECHA: 02 – 09 – 2020		APROBADO								
REVISADO POR:	Ing. Guido Torres		FECHA: 02 – 09 – 2020										

Para la construcción de las cuchillas del arado rotativo se utilizó acero ASTM A36 en presentación de pletina con espesor de 3/16 pulgadas y un ancho de 2.5 pulgadas.

Para darle su forma característica se utilizó Oxi-Acetileno para calentar el material sin

sobrepasarse de su límite plástico para poder doblarlo sin que pierda sus características estructurales.

Figura 22

Doblado de cuchilla



La construcción del eje portacuchillas se realizó a partir de un eje de acero de transmisión AISI 1018 de 1.5 pulgadas. Para la construcción se maquinó el eje en un torno para formar un tubo cilíndrico para el fácil acoplamiento al eje de la transmisión seleccionado, posterior a esto se soldaron con electrodo 6011 las cuchillas al eje para formar el arado rotativo.

Figura 23

Maquinado del eje portacuchillas



Figura 24

Arado rotativo construido



6. PRUEBAS DE VALIDACIÓN DEL PROTOTIPO

6.1. Pruebas de rendimiento de la máquina.

A pesar que en la tabla 4 se indica los valores de velocidad para maquinaria agrícola, para realizar las pruebas del rendimiento previamente se determinó su velocidad con pruebas en campo, especificando el tiempo que se demora en movilizarse un determinado espacio de terreno con el implemento del arado rotativo activado, los datos se detallan en la tabla 22

Tabla 22

Pruebas de tiempo de recorrido y trabajo

Número de Prueba	Tiempo (s)	Distancia recorrida (m)
1	13	25
2	12,5	25
3	14	25
4	13	25
Tiempo promedio	13,125	

El tiempo promedio que se obtuvo de los datos de la tabla 22, se los registró usando un cronómetro, al realizar una cama a lo largo del terreno de pruebas (25m), fue de 13,125s. Para determinar la velocidad del motocultor se utiliza la ecuación 27

$$V_m = \frac{d}{t}$$

Ecuación 27

Velocidad del motocultor

Donde:

V_m = Velocidad del motocultor $\frac{m}{s}$

d = Distancia recorrida en la prueba (m)

t = Tiempo tomado durante la prueba (s)

Datos:

$d = 25 \text{ m}$

$t = 13,125 \text{ s}$

Reemplazamos en ecuación 6.1

$$V_m = \frac{25}{13,125}$$

$$V_m = 1,9 \frac{m}{s}$$

Para determinar el rendimiento de la máquina utilizamos la ecuación 28

$$\eta_e = \frac{a_t * V_m * \eta_{tc}}{10}$$

Ecuación 28

Rendimiento efectivo del equipo

Nota: Tomada de (Cajas Reinoso & Pullas Pulupa, 2012)

Donde:

η_e = Rendimiento efectivo de campo en $\left(\frac{m^2}{s}\right)$

a_t = Ancho de trabajo

V_m = Velocidad de avance del motocultor en $\left(\frac{m}{s}\right)$

η_{tc} = Eficiencia de trabajo en campo

Datos:

$a_t = 0,458 \text{ (m)}$ tomado de la tabla 16

$V_m = 1,9 \left(\frac{m}{s}\right)$ Solución ecuación 27

$\eta_{tc} = 80\%$ se toma un valor promedio de la eficiencia para operaciones de labranza de la tabla 4

Reemplazamos en ecuación 28

$$\eta_e = 0,458 * 1,9 * 0,8$$

$$\eta_e = 0,69 \frac{m^2}{s}$$

Por lo tanto nuestro motocultor, con arado rotativo y cama sembradora pueden trabajar con una eficiencia de $0,69 \frac{m^2}{s}$

6.2. Rendimiento de combustible.

Las pruebas fueron ejecutadas aproximadamente durante 20 horas, tiempo en el cual se consumió 5 l de gasolina más o menos, este dato se obtuvo al medir con una probeta graduada la cantidad de combustible suministrada al equipo mientras se realizaron las pruebas. Una vez conocido esto se realizó la siguiente regla de tres:

$$5 \text{ l de gasolina} - - - - - 20 \text{ h}$$

$$x \text{ l de gasolina} - - - - - 1 \text{ h}$$

$$x = \frac{5 \text{ l de gasolina} * 1 \text{ h}}{20 \text{ h}}$$

$$x = 0,25 \text{ l de gasolina}$$

Esto quiere decir que el equipo al trabajar una hora consumirá 0.25 l de gasolina extra, y como cada galón de este combustible en Ecuador tiene un precio \$1,85 por ende 1 l de gasolina tendría el precio de \$0,489, el costo de consumo por hora de combustible será de \$0,12.

6.3. Pruebas del desempeño de los aperos.

6.3.1. Desempeño del arado rotativo.

Este implemento mostró un gran desempeño en sus funciones; se desglosa para una mejor explicación de su trabajo.

6.3.1.1. Profundidad de labranza.

En el diseño del arado rotativo en el capítulo 3, se obtuvo una profundidad de labranza $d = 0.087$ metros el cual coincide con las pruebas de campo; las cuchillas muestran una profundidad de entre 0,09 y 0,12 metros.

6.3.1.2. Pruebas de las cuchillas.

La disposición intercalada de las cuchillas arrojó resultados favorables debido a que en esta forma lanzan la tierra de una forma regular y casi plana, lo que ayuda a formar de mejor manera las camas de cultivo; la disposición de las cuchillas se puede ver de manera más clara en la figura 25

Figura 25

Disposición de las cuchillas en el arado rotativo



6.3.2. Desempeño de la cama de cultivo.

Los resultados que se obtuvieron fueron satisfactorios ya que compacta una gran cantidad de tierra necesaria para formar las camas de cultivo; la cama de cultivo tiene las características necesarias para poder cultivar cualquier tipo de plantas, se debe en cuenta que hay lugares del terreno irregulares donde al ser fija la plancha que nos ayuda a formar las camas de cultivo ésta quedaría deformada, es por eso que al tener un eje pivót mejora notablemente la disposición de la cama obteniendo así las camas de cultivo deseadas para una siembra propicia.

A continuación se muestran las características de los resultados obtenidos con el apero construido.

Tabla 23

Resultados obtenidos con el apero construido

Características	Resultado	Evaluación sobre 10 puntos	Aprueba Si/No
Velocidad del motocultor	km/h	10	Si
Facilidad de conducción	Dificultad para curva cerrada	6	Si
Ancho de la cama de cultivo	0,50 m	10	Si
Altura de la cama de cultivo	0.12 m	10	Si
Forma de la cama de cultivo	Regular (rectangular)	10	Si
Estética de la cama de cultivo	Adecuada	10	Si
Conclusión: Los resultados obtenidos son aptos para la siembra de cualquier tipo de plantas debido a las cualidades de altura y ancho de la cama de cultivo.			

6.4. Análisis de resultados.

Ancho de cama.- El ancho obtenido en las camas de cultivo realizadas con el prototipo construido, ha sido de 0.4 a 0.45 metros, este es un ancho de cama estándar para aprovechar al máximo la siembra de los cultivos de la zona.

Altura de la cama.- La altura de camas realizadas con el motocultor, ha sido de 0.12 metros, esta es óptima para cualquier tipo de cultivo ya que una raíz necesita un espacio de al menos 0.10 metros para germinar sin problemas.

Compactación de la cama.- La compactación de las camas es muy buena para el cultivo pues al tratarse de tierra suelta (características de la tabla 2), se observa que al tomar un manojo de tierra de adentro de la cama esta se derrumba con facilidad en las manos.

6.5. Análisis del desgaste de los materiales.

Se analizará el desgaste que tienen las piezas y mecanismos que trabajan directamente en la tierra, es decir, el desgaste de:

- Las cuchillas del arado rotativo
- Cama de cultivo

6.5.1. Desgaste del arado rotativo.

Las cuchillas presentaron un desgaste mínimo considerando que son los elementos que atacan directamente al suelo, están en contacto continuo con la fuerza de fricción que ejerce la tierra sobre las mismas; se realizó una medición del espesor del material previo a las pruebas y otra medición al terminar las pruebas como se puede observar en las figuras 26 y 27, para dar una conclusión más relevante del desgaste de este elemento es necesario un mayor tiempo de prueba donde se pueda ver una tendencia representativa en la reducción del espesor del material de estas.

Figura 26

Medida espesor de la cuchilla previo a las pruebas

**Figura 27**

Medida del espesor de la cuchilla después de las pruebas



6.5.2. Desgaste de la cama de cultivo

Este implemento en las pruebas tuvo el mayor desgaste en la parte inferior de las planchas formadoras de la cama. Esto se debe a que la tierra es maciza en estas áreas como se observa en la figura 28 lo que genera una fricción más alta en las paredes. En esta parte del implemento se puede apreciar un leve desgaste que eliminó la pintura de

esta zona tal como se ve en la figura 28. Estos desgastes se pudieron observar tras probar el prototipo durante 20 horas.

Figura 28

Desgaste planchas formadoras de la cama



Figura 29

Desgaste inferior plancha encamadora



7. ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE USO Y MANTENIMIENTO.

7.1. Manual de uso.

Para el buen uso del equipo es necesario la elaboración de un manual con sus respectivas instrucciones para el uso y mantenimiento, especificaciones técnicas y normas de seguridad del motocultor con motor a gasolina.

La primera parte de este manual contiene las especificaciones y los procedimientos de trabajo con la máquina, mientras que las partes sucesivas describen más detalladamente los aperos que se pueden instalar sobre dicha máquina y, además, el uso y mantenimiento de dichos aperos.

Este capítulo es un manual de uso y mantenimiento, por lo cual debe ser leído muy atentamente antes del primer uso de la máquina.

7.1.1. Especificaciones técnicas.

Tabla 24

Especificaciones técnicas motocultor

Gasolina	Mínimo 85 Octanos Capacidad depósito: 2.8 litros
Aceite	SAE 20W50 Capacidad cárter: 0.6 litros
Bujía	NGK-BPR6ES Calibración: .030"/0.76mm
Neumáticos	Presión: 20 PSI

7.1.2. Normas de seguridad.

Toda Maquinaria a motor, al ser utilizada de modo incorrecto, puede ser una fuente potencial de peligro. Se debe prestar atención a las normas detalladas a

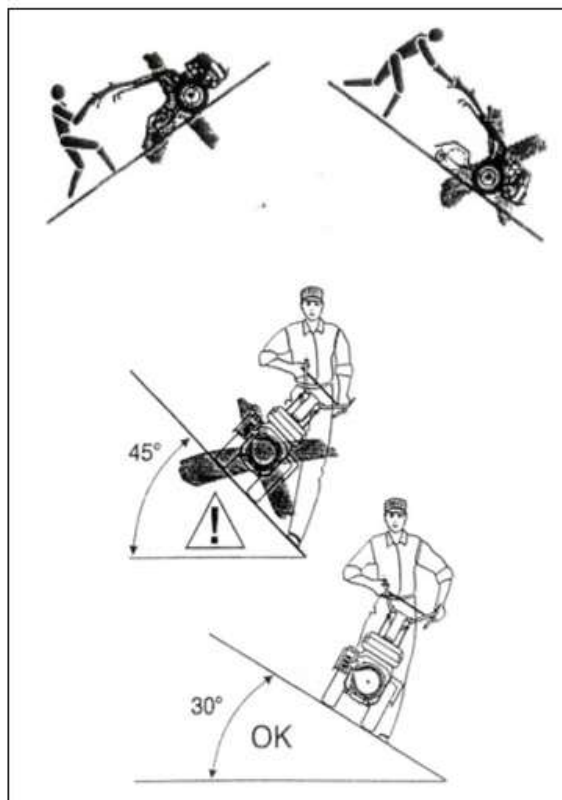
continuación puesto que la inobservancia de estas normas, puede conllevar lesiones personales e incluso la muerte del operador.

- Operar con prudencia una maquinaria es la mejor prevención de accidentes.
- El motocultor debe ser utilizado por personas responsables e instruidas sobre su uso.
- Leer atentamente este manual, antes de proceder a la utilización de esta maquinaria.
- Utilizar vestimenta adecuada
 - Usar siempre guantes al operar la maquinaria o al momento de realizar mantenimiento en los aperos o el cambio de los mismos
 - Usar siempre calzado y pantalones de trabajo
 - Usar gafas de protección visual para evitar lesiones con partículas o piedras que puedas desprenderse al momento de trabajo del apero.
 - Utilizar protectores auditivos al estar directamente expuestos al ruido del motor, esto puede causar daños en la salud auditiva del operador.
- Evitar el uso del motocultor cerca de otras personas o animales. Tener en cuenta que el operador del motocultor es el responsable de daños a terceros.
- Usar la máquina siempre a la luz del día o con una buena iluminación.
- Caminar con el motocultor, no correr.
- Tener la precaución de no acercar las manos o los pies a piezas en movimiento de la máquina.
- Inspeccionar el terreno sobre el que se va a trabajar, sacando piedras u otros objetos metálicos.
- En pendientes, trabajar siempre en condiciones de seguridad y estabilidad.
 - No trabajar en ascenso ni descenso

- Trabajar de forma transversal en la dirección de mínima pendiente.
- Tener atención con los cambios de dirección.
- No trabajar nunca en pendientes superiores a 30°.

Figura 30

Ángulo de inclinación y utilización del motocultor



Nota: Tomado de (Manual de uso y mantenimiento de Motocultor y Segadora, LAMPACRESCIA)

7.1.3. Medidas de mantenimiento diario.

Para realizar el mantenimiento diario debe colocarse el equipo en una superficie plana. A diario debe realizarse el procedimiento establecido en la tabla 25 previo a la utilización del equipo.

Tabla 25

Mantenimiento diario motocultor

Mantenimiento Diario motocultor	
1. Revisión del nivel de aceite del motor	<ul style="list-style-type: none"> ● Verificar que se encuentre en el nivel óptimo de trabajo 
2. Revisión y suministro de combustible	<ul style="list-style-type: none"> ● Destapar el tanque de combustible y verificar que esté lleno, caso contrario suministrar combustible hasta llegar al nivel deseado. 
3. Comprobar funcionamiento del cable de embrague	<ul style="list-style-type: none"> ● Comprobar que al presionar la manija del embrague este tense el templador. 
4. Comprobar accionamiento palanca selectora de marcha.	<ul style="list-style-type: none"> ● Revisar que la palanca selectora no se trabe al momento de accionarla

Mantenimiento Diario motocultor



- Golpear ligeramente las ruedas para comprobar que no estén bajas

5. Verificar presión de neumáticos



- Verificar que estén sujetos los pasadores del apero Rotovator.

6. Revisión visual de la sujeción de los aperos.



7.1.4. Arranque y funcionamiento.

Antes de encender el motocultor se debe verificar que la palanca selectora de marchas esté en posición neutro y tener los pies lejos del apero. Los gases de escape contienen monóxido de carbono por ello no debemos encender la máquina en lugares cerrados. El procedimiento de encendido se observa en la tabla 26

Tabla 26

Procedimiento de encendido del motocultor

Procedimiento de Encendido

1. Verificar que el equipo esté limpio y engrasado



2. Colocar en neutro la palanca selectora de marchas



3. Poner en posición de encendido la palanca de apagado del motor



4. Poner la llave de paso de combustible en la posición OPEN



5. Halar la palanca de choque



Procedimiento de Encendido

6. Agarrar la sogá de la empuñadura de arranque y jalar con fuerza hasta que prenda



7.1.5. Modo de uso

A continuación se detalla la correcta forma de utilizar los implementos del motocultor para optimizar su trabajo y sacar su mayor eficiencia de trabajo.

7.1.5.1. Como usar la herramienta de arado.

Para la utilización del implemento de arado Rotovator debe tomarse en cuenta las siguientes recomendaciones:

Siempre previo a la utilización del arado rotativo asegurarse que los pasadores del mismo estén colocados y asegurados correctamente.

Figura 31

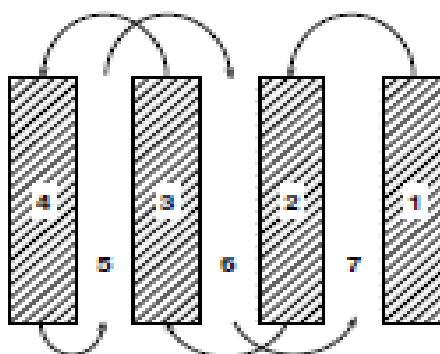
Pasadores y seguros arado rotativo



Para aprovechar al máximo el trabajo del arado rotativo se realizará la secuencia de trabajo como lo muestra la figura 32 a fin de facilitar las curvas al finalizar cada pasada del equipo.

Figura 32

Forma correcta de utilizar el arado rotativo



7.2. Manual de mantenimiento.

La mejor forma de extender la vida útil de un equipo es cumplir a cabalidad con el manual de mantenimiento, así se previene daños prematuros y se optimiza su funcionamiento.

7.2.1. Herramientas a utilizar.

Para el mantenimiento de esta máquina no se requiere de mayor cantidad de herramientas ni complejidad de mano de obra, es un equipo cuyo mantenimiento puede ser ejecutado por el mismo operador.

Herramientas necesarias:

- | | |
|-------------------------------------|-----------------------------|
| ✓ Llave de bujías | ✓ Embudo Pequeño |
| ✓ Destornillador Philips (Estrella) | ✓ Tina recogedora de aceite |
| ✓ Destornillador Plano | ✓ Llave mixta #08 |

- ✓ Llave mixta #10
- ✓ Llave mixta #13
- ✓ Llave mixta #14
- ✓ Bomba manual de engrasar

7.2.2. Limpieza del motocultor

La forma más adecuada de mantener limpio al equipo es proceder con un lavado con una manguera de agua a presión al terminar de utilizarlo, al no tener componentes electrónicos no existe ningún riesgo de daño del equipo, se debe sacar todos los residuos de tierra y lodo para no se remuerdan las partes móviles del motocultor, esto es parte del mantenimiento diario que se debe dar al equipo.

7.2.2.1. Limpieza de herramientas.

Para limpiar bien las herramientas hay que desmontarlas para poder lavarlas de forma íntegra de igual manera que el equipo con una manguera de agua a presión, así saldrán todos los residuos de lodo y suciedad de los implementos.

Se debe tomar en cuenta que al limpiar siempre que se termine de utilizar el equipo y así evitar contaminaciones cruzadas en los terrenos, puesto que en diferentes tipos de suelos existen bacterias que perjudican a los cultivos y pueden destruirlos.

7.2.3. Cambio de aceite

Para realizar el cambio de aceite tener a mano lo siguiente:

- ✓ Llave mixta #10
- ✓ Tina para recoger aceite usado
- ✓ 0,6 lt de aceite SAE 20W50
- ✓ Embudo Pequeño

Tabla 27*Procedimiento cambio de aceite*

Procedimiento cambio de aceite	
1. Colocar la tina para recoger el aceite usado debajo del motor	
2. Sacar el tapón de llenado que este motor es la misma bayoneta de revisión de nivel.	
3. Con la llave mixta #10 aflojamos y retiramos el tapón de vaciado del cárter del motor.	
4. Dejamos drenar todo el aceite usado	
5. Colocamos el tapón del cárter y lo ajustamos con la llave mixta #10	

Procedimiento cambio de aceite	
6. Colocamos el embudo en el orificio de llenado y vertemos 0,6 lt de aceite SAE 20W50	
7. Tapamos del tapón de llenado con la bayoneta y comprobamos el nivel	
8. Limpiamos el filtro de aire únicamente golpeándolo para que caigan las partículas más gruesas de polvo	
9. Por ultimo desechamos el aceite utilizado en un contenedor adecuado para el reciclaje y así no contaminar	

7.2.4. Engrasado de ejes de las ruedas.

Para realizar este proceso únicamente se necesita una bomba manual de engrasar llena de grasa EP2. Se busca al respectivo graseo que está señalado en la figura 33, con la bomba de engrasar se suministra grasa a la transmisión con un mínimo de 4 bombeadas cada vez que vaya a ser utilizado el equipo.

Figura 33*Grasero de la transmisión***7.2.5. Plan de mantenimiento.****Tabla 28***Plan de mantenimiento del motocultor*

PLAN DE MANTENIMIENTO	ANTES DE CADA USO	CADA 25 HORAS	CADA 50 HORAS	CADA 100 HORAS	CADA 200 HORAS
Revisar nivel de aceite	X	X			
Cambiar aceite de motor			X	X	X
Lubricación y engrasado		X	X	X	X
Inspección de bujía			X	X	
Cambio de bujía					X
Inspección filtro de aire	X	X	X	X	
Cambiar filtro de aire					X
Limpiar carburador					X
Inspección y limpieza de aperos	X	X	X	X	X

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. CONCLUSIONES.

En el diseño y construcción del bastidor y arado rotativo para un motocultor se emplearon los softwares dedicados (CAD, CAE), con el fin de determinar la fiabilidad del mismo, con los siguientes resultados.

- De la investigación bibliográfica, se obtuvo un panorama más claro de lo que es un motocultor y sus componentes, se logró entender que para la labranza en el terreno no debe existir el intercambio excesivo de capas del suelo, para así garantizar una buena oxigenación y la retención de los nutrientes en el suelo.
- La modelación en el software dedicado CAD, permitió la realización del diseño del bastidor y arado rotativo para obtener una simulación computarizada de los esfuerzos a los que puede ser sometido, verificar su resistencia estructural, antes proceder con su construcción.
- Basándose en los diseños del software CAD-CAE se determinó que el motor más apropiado para el motocultor sería un motor a gasolina de 9.5 HP.
- La construcción y montaje del equipo se realizó a partir de los planos y medidas diseñados en el software, para la elaboración de estos se utilizó acero estructural ASTM A36.
- El motocultor, arado rotativo y formadora de camas pueden trabajar con una eficiencia de 0.2484 hectáreas en una hora.
- El módulo de usuario y mantenimiento son de extrema necesidad ya que al ser un equipo que lo va utilizar la comunidad San Agustín de Callo deben tener al alcance la mayor cantidad de conocimiento para extender la vida útil del equipo.

8.2. RECOMENDACIONES.

- Recomiendo a las generaciones posteriores que vayan a construir un motocultor, emplear materiales con características de mayor rigidez y robustez, pero más livianos, con la finalidad de disminuir el peso del motocultor y así facilitar su conducción.
- Para optimizar la preparación del terreno se debería realizar tres pasadas con el motocultor y el arado rotativo, y así garantizar que el suelo quede suelto y mantenga sus nutrientes.
- Al momento de utilizar el arado rotativo se debe realizar una inspección previa del terreno retirando piedras grandes o palos que podrían estropear el implemento o romper los pasadores del arado rotativo.
- La cama de cultivo se forma mucho mejor cuando el terreno está bien preparado previamente, esto evitará que se compacte la tierra al momento de pasar el equipo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuja Jácome, J. E., & Ramos Córdova, L. H. (2006). DISEÑO Y ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE CONSTRUCCIÓN DE UN BASTIDOR PARA CHASIS DE BUS CON FINES DE PRODUCCIÓN NACIONAL [ESPOCH].
<http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/4556/1/65T00182.pdf>
- Álvarez Mejía, F. (1985). ARADOS ROTATIVOS FUNDAMENTOS TEÓRICOS PARA SU ANÁLISIS CINEMÁTICO y DINÁMICO. REVISTA FACULTAD NACIONAL DE AGRONOMÍA.
- Benzing, A. (2001). Agricultura Orgánica.
- Cajas Reinoso, R. R., Pullas Pulupa, F. P. (2012). Diseño, modelado y construcción de un motocultor mediante elementos finitos destinado a la preparación del suelo para la formación de camas de cultivos. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Camacho, J., & Rodríguez, G. (2007). Agricultura Técnica (Vol. 67).
- CENEMA-INIFAP. (2014). La normalización y certificación de tractores agrícolas en México.
https://www.researchgate.net/publication/264428535_La_normalizacion_y_certificacion_de_tractores_agricolas_en_Mexico
- Daquilema Guambo, D. R., & Pulla Marín, L. I. (2014). Diseño, construcción y pruebas de implementos agrícolas de motocultor para uso en parcelas del MAGAP de la Provincia de Chimborazo.
<http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/3709/1/15T00577.pdf>
- Esquivel, G. (s. f.). Administración de empresas agropecuarias. Euned.

FAGRO S.A. (2002). Herramientas de laboreo.

Fundación Hogares Juveniles Campesinos. (2002). Manual Agropecuario.

<https://motocultores.pro>. (2020). Motor para Motocultor Kawasaki FJ180D. Recuperado el 02 de julio de 2020 <https://motocultores.pro/motor-para-motocultor-kawasaki-fj180d/>.

<https://nks.com>. (s. f.). Acero Inoxidable 410 PDF. NKS. Recuperado 18 de agosto de 2020, de <https://nks.com/es/acero-inoxidable-410-pdf/>

<https://www.agroterra.com>. (s. f.). Motor Diesel Marca Maqver para Motoazada Eje 23mm Tipo. Recuperado el 05 de agosto del 2020

Lombardini. <https://www.agroterra.com/fotos/motor-diesel-marca-maqver-para-motoazada-eje-23mm-tipo-lombardini/30166> <https://www.portalfruticola.com>. Recuperado el 15 de enero del 2020. El motocultor y la motoazada en la agricultura, diferencias y cómo funcionan.

PortalFruticola.com. <https://www.portalfruticola.com/noticias/2020/01/15/el-motocultor-y-la-motoazada-en-la-agricultura-diferencias-y-como-funcionan/>. Recuperado el 05 de marzo del 2020.

<http://www.sanmetal.es>. (s. f.). Aluminio Barras para mecanización y forja. Recuperado el 12 de agosto del 2020. <http://www.sanmetal.es/docs/1246450322.pdf>

López, C. G. (s. f.). Análisis de motocultores y motoazadas como alternativa para el agricultor. 5.

López Hurtado, A. G., & Sánchez Cruz, C. A. (2014). Optimización y operacionalidad del

motocultor para mejorar la producción del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en el recinto Las Maravillas, cantón Daule – Provincia del Guayas [Universidad Católica de Santiago de Guayaquil].

<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/1549/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-26.pdf>

Martínez Rodríguez, S. P., & Nájera Vera, P. A. (2020). Diseño y construcción de un Motocultor para cultivo de productos de ciclo corto en terrenos pequeños. Escuela Politécnica Nacional.

Medina Encalada, J. P. (2015). Diseño de un motocultor de labores agrícolas para la parroquia de San Joaquín de la ciudad de Cuenca. Universidad Politécnica Salesiana.

Mott, R. (2006). Diseño de elementos de máquinas. Pearson Educación. Norton, R. L.

(2009). Diseño de Maquinaria (Cuarta).

<https://eltrasteroloco.files.wordpress.com/2017/03/disemaquinarrobertlnorton.pdf>

Océano. (2002). Enciclopedia Práctica de la Agricultura y la Ganadería.

Ortiz, F. (2009). Cálculos: Potencias, pérdidas y rendimientos del tractor agrícola. 22.

Robertson, Jonh. (2002). An introduction to modern vehicle design.

Shigley. (2012). Diseño en Ingeniería Mecánica de (Novena).

[http://www1.frm.utn.edu.ar/electromecanica/materias%20pagina%20nuevas/elemento Maquina/material/libroCabecera.pdf](http://www1.frm.utn.edu.ar/electromecanica/materias%20pagina%20nuevas/elemento%20Maquina/material/libroCabecera.pdf)

ANEXOS