



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOTOCULTOR DE BAJA POTENCIA A
PARTIR DE MOTOCICLETAS RECICLADAS Y SU VALIDACIÓN ESTRUCTURAL
MEDIANTE ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS**

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

AUTOR: RENZO GABRIEL HEREDIA VALENCIA

TUTOR: WILSON GUSTAVO MOROCHO DOMÍNGUEZ

Quito - Ecuador

2026

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Renzo Gabriel Heredia Valencia con documento de identificación N° 2450267725
que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo, a que sin fines de lucro la Universidad
Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el
presente trabajo de titulación.

Quito, 09 de marzo del año 2026

Atentamente,



Renzo Gabriel Heredia Valencia
2450267725

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Yo Renzo Gabriel Heredia Valencia documento de identificación No. 2450267725, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto Técnico: “Diseño y construcción de un motocultor de baja potencia a partir de motocicletas recicladas y su validación estructural mediante análisis por elementos finitos”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana

Quito, 09 de marzo del año 2026

Atentamente,



Renzo Gabriel Heredia Valencia

2450267725

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Wilson Gustavo Morocho Domínguez con documento de identificación N° 0105072144, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOTOCULTOR DE BAJA POTENCIA A PARTIR DE MOTOCICLETAS RECICLADAS Y SU VALIDACIÓN ESTRUCTURAL MEDIANTE ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS, realizado por Renzo Gabriel Heredia Valencia con documento de identificación N° 2450267725, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción: Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 09 de marzo del año 2026

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Wilson Gustavo Morocho Domínguez', with a horizontal line drawn across the bottom of the signature.

Ing. Wilson Gustavo Morocho Domínguez, MsC.
0105072144

DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto a mi familia, por su amor y apoyo incondicional, al Ing. Wilson Gustavo Morocho Domínguez, por su valiosa guía y acompañamiento durante este proceso.

Renzo Gabriel Heredia Valencia

AGRADECIMIENTO

Mis sinceros agradecimientos a mi familia por su apoyo incondicional, comprensión y motivación constante a lo largo de todo mi proceso de formación académica, a las personas que creyeron en mí y en mi capacidad para culminar la carrera de Ingeniería Automotriz. A los docentes y profesionales de esta carrera, quienes, con sus conocimientos, experiencia y vocación de enseñanza, contribuyeron de manera significativa a mi desarrollo académico y profesional, también de manera especial, al Ing. Wilson Gustavo Morocho Domínguez, por su valiosa orientación, acompañamiento y asesoría durante la realización del presente trabajo de titulación, cuyos aportes fueron fundamentales para su correcta ejecución y culminación.

Renzo Gabriel Heredia Valencia

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN	3
PROBLEMA	4
Objetivo General.....	5
Objetivos Específicos.	5
Marco Teórico.....	5
CAPÍTULO 1	9
2.1 1.3 Requisitos del sistema y criterios de aceptación.....	12
1.4 Matriz de trazabilidad	14
1.5 Restricciones de diseño y consideraciones	15
1.5.1 Restricción económica (costo).....	15
1.5.2 Restricción de seguridad estructural y operativa	15
1.5.3 Restricción normativa y técnica.....	16
1.5.4 Restricción de cronograma y recursos disponibles	16
CAPÍTULO 2.....	17
Construcción del motocultor agrícola.....	17
2.1.1 Sistema de transmisión.....	17
2.1.2 Ejes y ruedas.....	17
2.1.3 Implementos aplicados:	17
Operacionalización de variables y definición de métricas.....	19
2.2 2.3 Tecnologías y herramientas relacionadas	20
2.5 Requisitos derivados de normas y estándares aplicables	22
Capítulo 3 Ensamble de la estructura al motor.....	24
3.1 Generación de alternativas de solución.....	24
3.3 Construcción de la estructura.....	26
3.5 Plan de pruebas y adquisición de datos.....	37
3.6 Verificación y validación del sistema	38
CAPITULO 4 Implementación del motocultor en la productividad.....	40
4.1 Resultados de pruebas por requisito	41
4.1.1 Resistencia estructural del bastidor.....	42
4.1.2 Estabilidad durante la operación.....	42
4.1.3 Reducción del tiempo de preparación del terreno.....	42
4.1.4 Operación por una sola persona.....	43
4.1.5 Funcionamiento continuo y confiabilidad básica.....	43

4.2 Discusión de resultados.....	44
CONCLUSIONES	46
RECOMENDACIONES	47
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
1. Bibliografía.....	48
ANEXOS.....	1-1

RESUMEN

El proyecto consiste en crear un motocultor agrícola eficiente y ecológico hecho de componentes reacondicionados de motocicletas en desuso. Está enfocado en mujeres agricultoras indígenas que trabajan en pequeñas parcelas, con el fin de optimizar el rendimiento de la agricultura y limitar el trabajo físico realizado por los agricultores así mejorar la calidad de vida de ellos.

Esta propuesta responde al problema del equipo ergonómico y práctico en áreas rurales que no tienen equipo específico para el campo agrícola debido a la falta de estos, existe una falta de desarrollo agrícola que requiere mano de obra manual que es intensa y desafiante para estos agricultores. El motocultor está diseñado como una máquina agrícola de un solo eje para realizar operaciones como labranza y acondicionamiento del suelo en jardines y pequeñas parcelas, en un esfuerzo por reemplazar el trabajo manual forzado. Se fabrica con la ayuda del uso de recursos automotrices, promoviendo la economía circular y una baja huella ambiental. El proceso implica despejar el entorno para el motocultor y adaptar las granjas a la nueva herramienta. El efecto favorable del equipo en la mejora de la productividad agrícola y la experiencia laboral de los usuarios se debe seguir en todo momento. Además, el diseño y el funcionamiento del motocultor se ajustarán, se utilizará la retroalimentación de los agricultores para adaptar el motocultor a la naturaleza del entorno en donde se la vaya a utilizar.

Se busca mejorar la eficiencia y productividad de la agricultura de pequeños agricultores, avanzar en prácticas sostenibles y elevar el nivel de vida de las mujeres agricultoras indígenas para una mejor agricultura que fortalezca la autonomía de las mujeres, reduciendo la carga impuesta en sus vidas y limitando la actividad física asociada con las tareas agrícolas manuales.

Palabras Claves: Motocultor agrícola, eficiencia productiva, pequeñas parcelas, desarrollo agrícola, ergonomía.

ABSTRACT

The project consists of creating an efficient and environmentally friendly agricultural rototiller made from reconditioned components from disused motorcycles. It is focused on indigenous women farmers who work on small plots of land, with the aim of optimizing agricultural yields and limiting the physical labor performed by farmers, thereby improving their quality of life.

This proposal addresses the problem of ergonomic and practical equipment in rural areas that lack specific agricultural equipment due to a lack of such equipment. There is a lack of agricultural development, which requires manual labor that is intense and challenging for these farmers. The rototiller is designed as a single-axle agricultural machine to perform operations such as tilling and soil conditioning in gardens and small plots, in an effort to replace forced manual labor. It is manufactured with the help of automotive resources, promoting the circular economy and a low environmental footprint. The process involves clearing the environment for the rototiller and adapting farms to the new tool. The favorable effect of the equipment on improving agricultural productivity and the work experience of users should be monitored at all times. In addition, the design and operation of the rototiller will be adjusted, and feedback from farmers will be used to adapt the rototiller to the nature of the environment in which it will be used.

The aim is to improve the efficiency and productivity of smallholder agriculture, advance sustainable practices, and raise the standard of living of indigenous women farmers for better agriculture that strengthens women's autonomy, reducing the burden imposed on their lives and limiting the physical activity associated with manual agricultural tasks.

Keywords: Agricultural motor cultivator, productive efficiency, small plots, agricultural development, ergonomics.

INTRODUCCIÓN

Se elabora este proyecto con la misión de fabricar e implementar un motocultor asequible y ecológico mediante el uso de componentes automotrices reutilizados derivados de motocicletas en desuso, esta decisión tiene como objetivo promover la agricultura productiva facilitando el trabajo agrícola de las mujeres indígenas que laboran en pequeñas parcelas.

El capítulo uno proporciona el contexto y la justificación del proyecto, enunciando las dificultades existentes que enfrentan las poblaciones rurales debido a la falta de aparatos agrícolas accesibles y ergonómicos, su efecto en la productividad, así como en el bienestar de las mujeres agricultoras indígenas. También examina las perspectivas ambientales y económicas que presenta la reutilización de materiales automotrices para la producción de equipos sostenibles y de bajo costo.

El segundo capítulo presenta el diseño conceptual y técnico del motocultor, sus elementos, proceso de reutilización, consideraciones ergonómicas y ambientales que se utilizan para desarrollar el motocultor. Esto consiste en la planificación, especificaciones y la metodología para asegurar la operatividad y adaptabilidad del equipo a las condiciones de trabajo en pequeñas parcelas.

También se informa sobre la fabricación y ensamblaje del motocultor y las primeras pruebas operativas. También habla sobre la preparación del terreno y la realización de ajustes a las formas tradicionales de cultivo para esta nueva herramienta.

En como consiste en la implementación piloto con usuarios e investigó la influencia del motocultor en la productividad, la disminución de esfuerzos físicos mediante la observación constante, la retroalimentación y experiencias recopiladas de las agricultoras. Basado en esta retroalimentación, también se realizan modificaciones y mejoras al equipo.

El proyecto culmina con un análisis, tanto en términos de resultados, lecciones aprendidas y recomendaciones para la replicabilidad de esta solución en otras comunidades rurales, al tiempo que se destaca su contribución al desarrollo sostenible de la región y el empoderamiento de las mujeres indígenas en el sector agrícola.

PROBLEMA

En las unidades de producción agropecuaria de pequeña escala, como la Granja Don Bosco, se enfrenta una problemática significativa debido a la falta de equipos agrícolas disponibles, eficientes y accesibles económicamente para llevar a cabo la preparación adecuada del suelo en la siembra de cultivos tradicionales como papas, tomates, melloco, maíz y legumbres. Esta deficiencia limita la productividad y eleva el esfuerzo físico requerido, afectando de manera directa a los productores, en especial a las mujeres indígenas quienes realizan gran parte del trabajo agrícola y doméstico.

En el mundo, el 40% de las labores del campo son realizadas por mujeres. En el día nacional del agricultor y ganadero, que se celebra el 16 de octubre en Ecuador, se destaca la labor de la mujer en el campo, una fuerza laboral que representa el 36% de la población activa en las áreas rurales. (Telegrafo , 2020)

Además, el alto costo y la limitada disponibilidad de maquinaria ergonómica diseñada para mujeres campesinas afectan negativamente su salud y bienestar, reduciendo su participación en actividades económicas y restringiendo sus oportunidades de mejorar en la calidad de trabajo agrónomo.

La ausencia de tecnologías agrícolas adaptadas conduce a desigualdades de género e impide las prácticas agroecológicas llevadas a cabo por mujeres en diferentes áreas del país. Por el contrario, existe un recurso infrautilizado en las comunidades rurales: motocicletas no utilizadas que, a través de procesos de reciclaje y análisis estructural, pueden convertirse en motocultores de baja potencia y bajo costo. Esta opción es una solución viable que proporcionaría a los hogares campesinos equipos funcionales, económicos y sostenibles.

Objetivo General.

Construir y validar mediante elementos finitos un motocultor agrícola de baja potencia, a partir de motocicletas en desuso, como solución accesible y sostenible para la Granja Don Bosco

Objetivos Específicos.

Optimizar el diseño estructural existente del motocultor, reutilizando componentes de motocicletas en desuso, mediante simulaciones por elementos finitos, con el fin de mejorar su resistencia, reducir costos de fabricación.

Construir el prototipo de motocultor a partir del boceto diseñado, incorporando las mejoras estructurales y funcionales planificadas, con el fin de garantizar su seguridad operativa, adecuado desempeño y eficiencia durante el trabajo.

Ejecutar pruebas funcionales y de rendimiento del motocultor en la granja de Don Bosco utilizando protocolos de evaluación operativa, con el propósito de validar su desempeño mecánico, seguridad operativa y eficiencia durante labores agrícolas.

Evaluar el impacto de la incorporación del motocultor en las labores agropecuarias, analizando indicadores de productividad, eficiencia operativa y sostenibilidad ambiental, con el fin de determinar los beneficios generados frente a los métodos tradicionales.

Marco Teórico

Los motocultores son dispositivos fundamentales para la agricultura y la jardinería que están diseñados para la preparación óptima del suelo antes de la siembra. Se emplean principalmente para la eliminación de malezas, la mezcla y aireación del suelo, mejorando la condición física del suelo para ayudar con la eficiencia de las tareas agrícolas y reducir el esfuerzo físico del operador. La tarea básica de estos dispositivos es preparar la superficie del suelo en áreas destinadas al cultivo, como pequeñas granjas, huertos y jardines. Los motocultores permiten, debido a su potencia y capacidad de trabajo, romper el suelo

compactado para prepararlo para la siembra y el trasplante, lo que minimiza el trabajo manual durante las jornadas agrícolas. (ILGA Importadora, 2022)

Como una alternativa técnica y económica al laboreo tradicional del suelo, los motocultores permiten la remoción y mejora de la estructura del suelo, pero también facilitan la formación de surcos para permitir la correcta siembra de semillas.

El funcionamiento de este equipo es relativamente sencillo, ya que el operador se coloca detrás del implemento acoplado al motocultor, sosteniendo las manijas, y una vez que la máquina está en funcionamiento, avanza mientras realiza la tarea agrícola correspondiente.

El uso del motocultor constituye una herramienta eficaz para mantener el suelo en condiciones óptimas de productividad, ya que la labranza periódica favorece el desarrollo saludable de los cultivos y contribuye a la conservación de la estructura del suelo, ayudando a prevenir procesos de erosión. (Tarotrac , 2022)

El Análisis por Elementos Finitos (FEA) es una herramienta computacional avanzada, ampliamente utilizada en ingeniería mecánica, que permite evaluar y predecir cómo se comportan materiales y estructuras cuando están sometidos a diversas condiciones, como cargas mecánicas, variaciones térmicas, vibraciones o presiones. (Tribalo, 2024). Esta técnica consiste en dividir modelos con geometrías complejas en muchas pequeñas unidades llamadas elementos finitos, lo que facilita analizar con detalle la respuesta de cada zona del componente. Este enfoque es especialmente útil cuando la complejidad de la geometría o las cargas aplicadas dificultan el uso de métodos analíticos tradicionales.

En este proyecto, una vez elaborado el diseño del motocultor utilizando el software SolidWorks, se procedió a realizar el estudio mediante análisis por elementos finitos. Esto permitió simular las condiciones de trabajo y evaluar la resistencia y comportamiento estructural del diseño, asegurando que cumpliera con los requerimientos de seguridad y funcionalidad antes de su construcción física. Posteriormente, durante la etapa de construcción física, se realizaron cambios en la estructura debido a que ésta fue acoplada a una motocicleta lineal, la cual también requirió modificaciones para adaptar y fortalecer la unión entre ambas estructuras, garantizando así un funcionamiento eficiente y seguro del motocultor en su conjunto.

El Método de Elementos Finitos (FEM) ayuda a los ingenieros a validar sus diseños con simulaciones virtuales con anticipación, lo que puede ayudar a optimizar los recursos y reducir el tiempo y los costos de desarrollo. Esta herramienta también permite la evaluación de diferentes opciones de diseño en plazos breves, lo que permite la detección de riesgos y posibles mejoras antes de la producción, mejorando en última instancia la eficiencia y la fiabilidad del proceso. (Beito, 2025). Dado que el proyecto implica adaptar o modificar una motocicleta lineal para convertirla en un motocultor, en este caso específico, surgieron algunas complicaciones con respecto a los datos iniciales. La estructura original había sido creada por otra persona y no se realizaron pruebas reales con ella, lo que llevó a ciertas inexactitudes en las mediciones iniciales. Pero durante el desarrollo, se obtuvieron las dimensiones exactas del cuadro de la motocicleta, junto con mediciones precisas del tubo destinado a la construcción el cual fue es la siguiente medida 40x40 de 2 líneas, se corrigieron los errores y se avanzó hacia un diseño más preciso y funcional.

La aplicación de principios de ingeniería automotriz y mecánica para el arado y surcado del suelo se ha decidido mediante la implementación de un motocultor, teniendo en cuenta el análisis estructural, la transmisión de potencia y la adaptación de sistemas de transmisión existentes. El sistema agrícola utiliza fresadoras rotativas como parte de trabajo, lo que permite el control de la ruptura, remoción y aireación del suelo para mejorar las propiedades físicas, resultando en condiciones óptimas para la siembra. Otro instrumento, como un arado o surcadores, se utiliza para las operaciones de surcado, permitiendo la creación de surcos largos y uniformes para la siembra y el riego.

Se diseñó y fabricó una estructura de acoplamiento metálico para este proyecto, que involucró procesos de corte, conformado y soldadura en la motocicleta base con un cilindraje de 125 cc, incluyendo la conexión y transmisión del par motor entre el motor y el implemento agrícola. Se realizaron ajustes estructurales, basados en la resistencia mecánica, rigidez y estabilidad, para realizar la instalación con seguridad y máxima eficiencia. Además, el diseño incorpora un sistema vertical donde el conjunto de fresadoras se moverá hacia arriba y hacia abajo según la profundidad de trabajo requerida y la condición del suelo. Por lo tanto, este tipo de característica es vital para que el prototipo se adapte a diferentes suelos y variedades de requisitos agrícolas con el fin de maximizar la función del sistema y minimizar el trabajo mecánico del conjunto de transmisión así se puede realizar en un menor tiempo y se use menos mano de obra humana ya que este lo maneja una sola persona. Además, una estructura bien sostenida del motor también puede modificar tipos de fresadoras y usar

implementos intercambiables, y esta flexibilidad mejora en gran medida la aplicabilidad del motocultor a diferentes necesidades agrícolas. Desde el punto de vista de la ingeniería vehicular, la motocicleta también convierte un sistema de motor existente, incorporando tanto componente del tren de transmisión, chasis y sistema de control, en un motor agrícola económico y de alta eficiencia. Este tipo de solución es especialmente útil para el trabajo en agroecosistemas de ciclo corto, como la producción de maíz, donde la preparación rápida y eficiente del suelo es necesaria para minimizar los costos laborales, mejorar la productividad y optimizar el proceso de siembra dentro de pequeñas y medianas empresas agrícolas.

Se desarrolló con el objetivo de mejorar las condiciones de las mujeres que trabajan en la producción agrícola, una parte muy importante de la producción de alimentos, especialmente entre las pequeñas y medianas explotaciones rurales. El motocultor modificado, tiene como objetivo aliviar parte del esfuerzo físico involucrado en las tareas de preparación del suelo para evitar lesiones musculoesqueléticas de esta forma mejorando el estado de salud de los operadores. Desde la perspectiva de la ingeniería automotriz, se centró en utilizar una motocicleta como unidad motriz e integrar un sistema de transmisión y estructura que permita una operación que requiera menos fuerza manual. Los motocultores con una profundidad de trabajo ajustable tienen la ventaja de permitir un fácil labrado y surcado con un esfuerzo menor y mínimo, proporcionando así una mejor postura ergonómica del operador durante toda su jornada laboral.

La estructura del equipo en sí misma tiene en cuenta la estabilidad del equipo y la disposición adecuada de las cargas, para minimizar las vibraciones y el impacto físico en el individuo que lo maneja. Además, el sistema se puedan adaptar diferentes tipos de cultivadores e implementos reemplazables, lo que extiende la aplicación de métodos para actividades agrícolas de cultivos de ciclo corto. Esta capacidad elimina tareas manuales redundantes, aumenta la productividad y la eficiencia. Asegura que las agricultoras puedan llevar a cabo sus actividades de manera segura, autónoma y sostenible.

Este proyecto es un avance técnico basado en la ingeniería automotriz y mecánica y también es una solución socialmente relevante e integrada en términos de género, cuyo potencial puede utilizarse para mejorar el empoderamiento de las mujeres en la agricultura al proporcionarles tecnología funcional y rentable adaptada a sus requisitos físicos y prácticos.

CAPÍTULO 1

1.1 Análisis y optimización del diseño del motocultor.

Basado en el estudio con el sistema SolidWorks, se analizaron el estrés y la deformación del motocultor a nivel estructural y se realizaron simulaciones avanzadas de elementos finitos con este software. Esta fue la técnica que permitió verificar la estructura completa, lo que permitió identificar con precisión las partes críticas con mayor riesgo de fallo y deformación durante el uso. Aplicando el análisis de elementos finitos, no solo se identificaron las áreas vulnerables, sino que también se pudieron añadir modificaciones y refuerzos en el diseño para optimizar la distribución de la carga y mejorar la resistencia estructural general del equipo.

La simulación virtual con SolidWorks apoyó la verificación del comportamiento mecánico antes de la producción y resultó en una reducción de errores, desperdicio de material, costos y tiempo de desarrollo. De esta forma se llegó a la conclusión de que las tensiones mecánicas se resolvieron eficazmente, asegurando que el motocultor cumpliera con los requisitos de seguridad, funcionalidad y durabilidad durante su operación en condiciones de campo (F.A.Gonzalez, 2019) agrícola. En conjunto, este procedimiento ayudó a formular el diseño final y asegurar la fiabilidad del prototipo construido, indicando el análisis de elementos finitos como el método principal para la optimización y validación de estructuras complejas. (Análisis de rendimiento en ansys, 2023)

1.2 Chasis o bastidor principal.

Es la base de todos los demás elementos de construcción. Proporciona soporte y resistencia al motocultor.

Para llevar a cabo el análisis inicial de la estructura prototipo, se establecieron dos puntos de fijación esenciales. El primero se ubicó en el lado derecho, en el punto donde la estructura se conecta y se ancla al eje de la motocicleta. En la Figura 1 Se aplican las cargas en la dirección del eje Y sobre el manubrio, ya que este es el punto de sujeción y soporte donde el operador se apoyará para maniobrar el motocultor. Sobre cada lado del manubrio se impone una carga de -100 N .

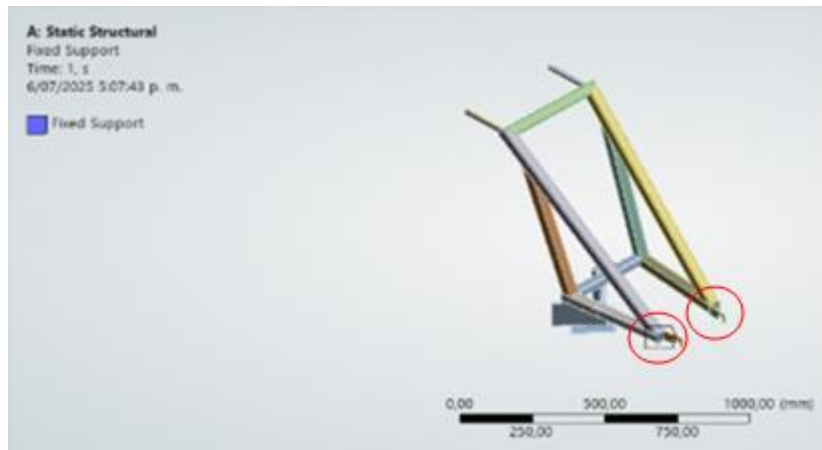


Figura 1. Puntos de fijación a la motocicleta.

Autor: Renzo Heredia

De igual manera se aplica una fuerza de -100 N en el manubrio como se muestra en a Figura 2 de manera que esta simula la fuerza promedio que una persona puede ejercer durante las labores de labranza de terreno.

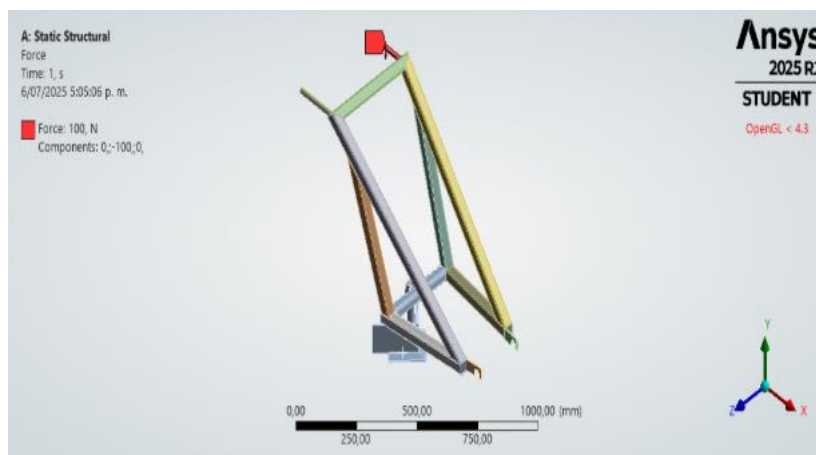


Figura 2. Cargas de flexión aplicadas en el manubrio

Autor: Renzo Heredia

Luego en la Figura 3, se incorporaron cargas en la dirección del eje -X mediante una fuerza de -1200 N, que representa la resistencia ofrecida por el suelo. Investigaciones actuales en ergonomía y diseño de herramientas agrícolas han demostrado que la resistencia al avance puede alcanzar valores cercanos a los 1200 N, dependiendo del tipo de suelo y la profundidad de trabajo. (Mollon, 2024)

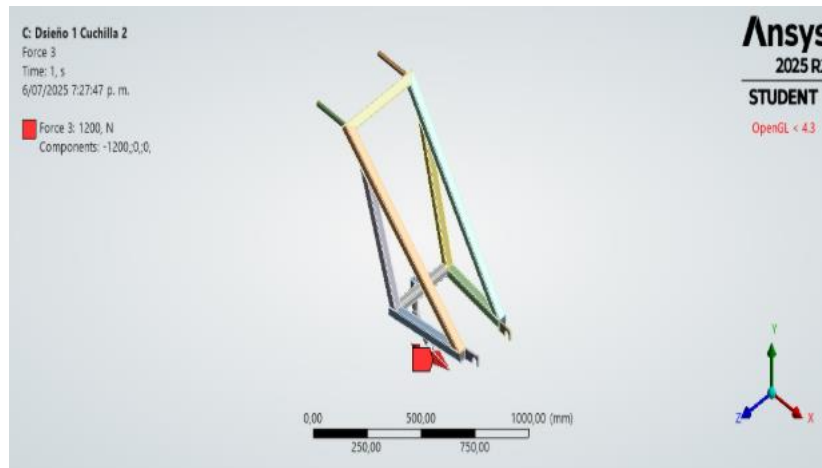


Figura 3. Cargas de flexión aplicadas en el manubrio

Autor: Renzo Heredia

El diseño optimizado fue plasmado en un boceto y posteriormente se construyó el prototipo utilizando materiales adecuados, como tubos de acero con espesores específicos, y técnicas de soldadura para asegurar una estructura rígida y confiable. La reutilización de componentes de motocicletas en desuso contribuyó significativamente a reducir costos de fabricación y promover la sostenibilidad ambiental, al dar una segunda vida útil a materiales que podrían convertirse en desechos. (Gonzalez O. , 2019)

Utilizando el programa de ANSYS se evaluaron factores críticos, incluyendo el mallado del modelo, la definición de puntos de contacto. Las restricciones de movimiento y las zonas de fijación, para de esta manera determinar las posibles concentraciones de esfuerzo y deformaciones que afectan el rendimiento y la resistencia del motocultor. Los resultados indicaron que ubicaciones específicas, especialmente el punto de acoplamiento de la herramienta, por lo que se realizaron mejoras estructurales y modificaciones preliminares de diseño en el equipo para asegurar que se fortalezca la estructura. Según el diseño de malla para el análisis, se desarrolló una malla de 2 mm para tener suficiente detalle fino en dimensiones críticas, como: uniones, soportes y puntos de aplicación de carga.

Este es un paso importante para asegurar resultados confiables y detallados que respalden decisiones informadas sobre el diseño. Finalmente, en términos de las fuerzas que el operador aplica en el diseño, consideramos que un adulto puede ejercer una fuerza de aproximadamente 100 a 200 Newtons en el manillar, y se utiliza una cifra de 150

Newtons para representar un valor seguro que no dañe la integridad de este y prevenga la fatiga extrema. Al agregar estos datos, la simulación ha asegurado que también se consideren la ergonomía y la seguridad del usuario al operar el motocultor.

En la Tabla 1 se demuestra las especificaciones técnicas más relevantes de la motocicleta Sukida 125 cc. Esta información incluye fundamentos como el tipo y cilindrada del motor, potencia máxima, sistema de transmisión, entre otros. Estos datos permiten percibir mejor las capacidades y limitaciones del vehículo, por lo cual es esencial para su adecuada selección, el uso que se le dar ya que es una moto reciclada.

Tabla 1. Característica de la motocicleta.

Característica	Descripción
Marca	Sukida
Modelo	Sukida 125 cc
Cilindrada	125 cc
Tipo de motor	4 tiempos
Potencia Maxima	9 – 11 HP
Transmisión	Manua, 5 velocidades
Sistema de arranque	Eléctrico
Tipo de chasis	Tubular
Capacidad de tanque	12 litros
Consumo de combustible	40 – 45 km/l

2.1 1.3 Requisitos del sistema y criterios de aceptación

Con el fin de asegurar que el motocultor desarrollado cumpla con los objetivos técnicos se muestra la siguiente Tabla 2 que demuestra datos funcionales y de seguridad establecidos,

se definieron los requisitos del sistema y sus respectivos criterios de aceptación. Estos requisitos permiten evaluar de manera objetiva el desempeño del prototipo, tanto a nivel estructural como operativo, mediante simulaciones por elementos finitos y pruebas funcionales en campo.

Tabla 2. Requisitos del motocultor de baja potencia.

Requisito del sistema	Métrica de evaluación	Valor objetivo	Método de verificación
El motocultor debe soportar las cargas operativas sin falla estructural	Esfuerzo máximo (MPa)	Menor al límite elástico del acero estructural	Análisis por elementos finitos (SolidWorks / ANSYS)
La estructura no debe presentar deformaciones críticas durante el uso	Deformación máxima (mm)	Deformación elástica admisible	Simulación FEA y observación visual en pruebas
El equipo debe ser operado por una sola persona	Número de operadores	1 operador	Prueba funcional en campo
El motocultor debe reducir el tiempo de preparación del terreno	Tiempo de labranza (h/ha)	Reducción $\geq 40\%$ frente al trabajo manual	Comparativa práctica en Granja Don Bosco
El sistema debe reutilizar componentes automotrices	Porcentaje de componentes reciclados	$\geq 50\%$ del sistema	Inspección del prototipo construido
El motocultor debe ser de baja potencia	Cilindrada del motor (cc)	≤ 125 cc	Verificación de especificaciones del motor
El equipo debe mejorar la ergonomía del operador	Esfuerzo físico percibido	Menor que el trabajo manual	Observación directa y retroalimentación de usuarios
El sistema debe ser funcional en condiciones reales de campo	Funcionamiento continuo	Operación estable sin fallas	Pruebas de funcionamiento en terreno
El motocultor debe ser seguro	Integridad estructural y estabilidad	Sin fallas ni desprendimientos	Inspección post-prueba

durante su operación			
----------------------	--	--	--

1.4 Matriz de trazabilidad.

La matriz de trazabilidad evidencia la coherencia técnica entre la necesidad inicial del proyecto la siguiente Tabla 3 se muestra, los requisitos del sistema, las restricciones consideradas y las decisiones de diseño adoptadas. Asimismo, permite verificar que las pruebas realizadas y los resultados obtenidos validan el cumplimiento de los objetivos planteados, asegurando que el motocultor desarrollado responde de manera efectiva a las condiciones reales de uso y a los criterios de seguridad, funcionalidad y sostenibilidad.

Tabla 3. Tabla integral de necesidades.

Necesidad	Requisito del sistema	Norma / Restricción	Solución de diseño	Prueba realizada	Resultado obtenido
Reducir el esfuerzo físico en la preparación del suelo	Operación por una sola persona	Ergonomía básica y esfuerzo humano ≤ 150 N	Manubrio reforzado y distribución de cargas	Simulación FEA y prueba en campo	Operación estable sin sobreesfuerzo
Aumentar la productividad agrícola en pequeñas parcelas	Reducción del tiempo de labranza	Condiciones reales de la Granja Don Bosco	Motocultor de un eje con fresadoras	Pruebas operativas comparativas	Reducción del tiempo de trabajo
Garantizar seguridad estructural durante la operación	Soportar cargas del operador y del suelo	Resistencia mecánica del acero estructural	Bastidor tubular 40×40×2 mm	Análisis por elementos finitos	Sin fallas ni deformaciones críticas
Usar tecnología accesible y de bajo costo	Uso de componentes reciclados	Disponibilidad local de motocicletas	Reutilización de motocicleta 125 cc	Inspección del prototipo	Reducción de costos de fabricación
Limitar consumo energético	Baja potencia del sistema	Motor ≤ 125 cc	Uso de motocicleta Sukida 125 cc	Verificación técnica del motor	Consumo bajo y adecuado
Adaptarse a distintos tipos de suelo	Ajuste de profundidad de trabajo	Condiciones variables del terreno	Sistema vertical ajustable de fresadoras	Pruebas en terreno	Operación funcional en campo

Mejorar estabilidad del equipo	Minimizar vibraciones y vuelcos	Seguridad operativa básica	Distribución de masa y refuerzos	Observación durante pruebas	Operación estable
Facilitar mantenimiento y reparación	Simplicidad mecánica	Entorno rural	Transmisión por cadena y ejes simples	Inspección post-uso	Fácil acceso y mantenimiento

1.5 Restricciones de diseño y consideraciones

El diseño y la construcción del motocultor agrícola de baja potencia se desarrollaron considerando diversas **restricciones técnicas, económicas y operativas**, las cuales condicionaron las decisiones de ingeniería adoptadas a lo largo del proyecto. Estas restricciones permitieron asegurar que la solución propuesta sea viable, segura y funcional, acorde con el contexto real de aplicación y con los recursos disponibles.

1.5.1 Restricción económica (costo)

Una de las principales restricciones del proyecto fue el costo de fabricación, debido a que el motocultor está destinado a pequeños productores agrícolas y a la Granja Don Bosco, donde los recursos económicos son limitados. Por esta razón, se priorizó el uso de componentes automotrices reutilizados provenientes de motocicletas en desuso, así como materiales estructurales disponibles en el mercado local.

Esta restricción influyó directamente en el diseño del sistema, optándose por un bastidor tubular de acero de sección cuadrada de 40×40 mm y 2 mm de espesor, y por un sistema de transmisión mecánica simple basado en cadena, corona y piñón. De esta manera, se logró reducir los costos de fabricación sin comprometer la funcionalidad ni la resistencia estructural del equipo.

1.5.2 Restricción de seguridad estructural y operativa

La seguridad del operador constituyó una restricción prioritaria durante el desarrollo del proyecto, considerando que el motocultor será utilizado en condiciones reales de campo y por personal sin formación técnica especializada. Para ello, se establecieron límites de esfuerzo aplicados por el operador y se evaluó el comportamiento estructural del equipo mediante análisis por elementos finitos.

El diseño contempló la distribución adecuada de cargas, el refuerzo de zonas críticas del bastidor y la limitación de deformaciones estructurales dentro de rangos admisibles.

Asimismo, se consideró la estabilidad del equipo durante la operación y la integridad de las uniones soldadas. Estas medidas permitieron garantizar una operación segura y confiable durante las pruebas funcionales realizadas en campo.

1.5.3 Restricción normativa y técnica

Si bien el proyecto no contempla la certificación industrial del motocultor, se consideraron criterios técnicos y buenas prácticas de ingeniería aplicables a maquinaria agrícola de baja potencia. Estas consideraciones incluyeron principios básicos de ergonomía, resistencia mecánica y estabilidad operativa, así como el uso de materiales comúnmente empleados en estructuras soldadas.

Como resultado de esta restricción, se seleccionó un motor de baja cilindrada (125 cc) y se diseñó el equipo para ser operado por una sola persona, manteniendo una configuración mecánica sencilla que facilite el mantenimiento, la reparación y la posible replicabilidad del sistema en entornos rurales.

1.5.4 Restricción de cronograma y recursos disponibles

El desarrollo del proyecto estuvo condicionado por un cronograma académico definido y por la disponibilidad de herramientas, equipos y tiempo para la ejecución de pruebas experimentales. Debido a ello, se priorizó la validación estructural mediante análisis estático por elementos finitos y la realización de pruebas funcionales básicas en condiciones reales de operación.

Esta restricción limitó la ejecución de ensayos prolongados o pruebas avanzadas, sin embargo, permitió cumplir con los objetivos planteados dentro del tiempo establecido, obteniendo resultados técnicos verificables que respaldan la viabilidad del motocultor desarrollado.

CAPÍTULO 2

Construcción del motocultor agrícola.

2.1 Criterios para la construcción.

Para realizar tareas agrícolas, la estructura del motocultor está compuesta por varios elementos importantes, los componentes que facilitan su operación y los ajustes necesarios para las acciones agrícolas. Mecanismos de construcción clave de esta estructura esta de la siguiente forma:

2.1.1 Sistema de transmisión.

La transmisión de potencia del motor a las ruedas y los implementos agrícolas proporciona movimiento y operación.

2.1.2 Ejes y ruedas.

Actúan como herramientas que permiten el movimiento del equipo y transportar la carga durante el trabajo de campo. Se muestra en la Figura 4 como quedo elaborado el sistema de tracción.



Figura 4. Sistema tracción del motocultor.

Autor: Renzo Heredia.

2.1.3 Implementos aplicados:

Las herramientas vinculadas al motocultor, utilizadas para realizar tareas como labranza o cultivo del suelo.

La Figura 5 muestra la estructura, demostrando como queda la estructura para adaptar en la motocicleta, en la Figura 6 demuestra la creación de planos técnicos y vistas isométricas es un elemento fundamental en el proceso de diseño asistido por computadora (CAD), ya que ofrece la información imprescindible para la fabricación, montaje y verificación del motocultor agrícola. Empleando las herramientas de documentación de SolidWorks 2025, se elaboraron planos detallados de cada pieza y conjunto, así como representaciones isométricas que permiten una visualización tridimensional clara del equipo diseñado.

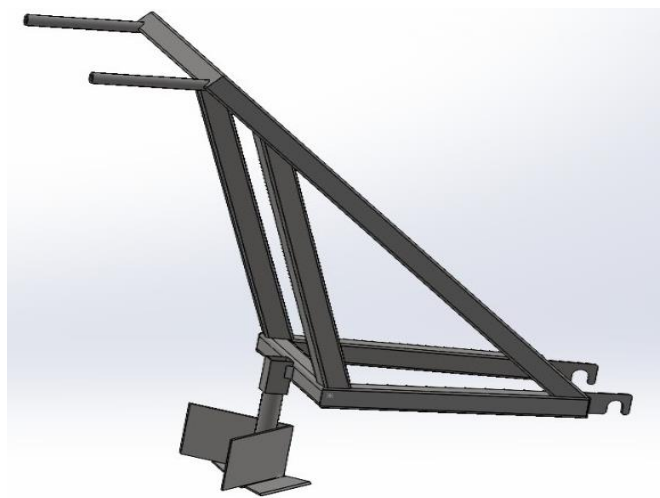


Figura 5. Estructura elaborada en SolidWorks

Autor: Diego Guzmán

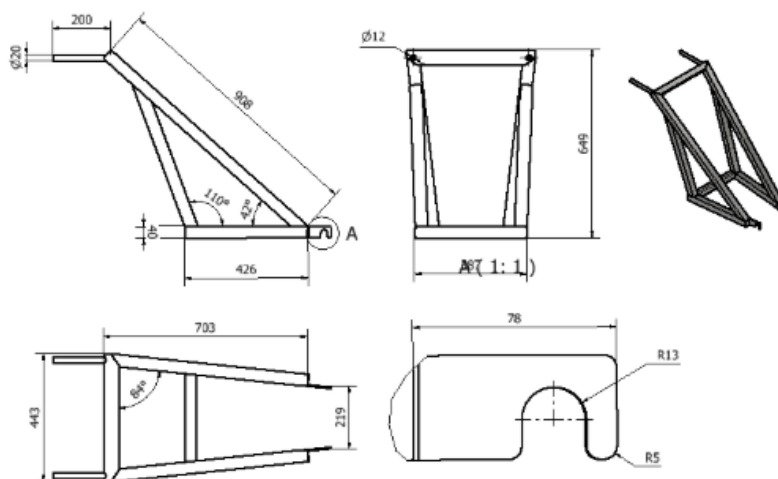


Figura 6. Medidas del SolidWorks

Autor: Diego Guzmán

Primero, se tendrá que ver la motocicleta lineal antes de comenzar la adaptación que se realizará para convertirla en un motocultor. Esto se muestra en el ejemplo presentado en la Figura 7, donde se muestra la motocicleta lineal que se reciclo, sin ninguna modificación. A partir de este punto, se han realizado los cambios necesarios en términos de diseño y estructura para la funcionalidad del equipo agrícola.



Figura 7. Moto lineal reciclada armada

Autor: Renzo Heredia

Operacionalización de variables y definición de métricas

Con el propósito de evaluar de manera objetiva el cumplimiento de los objetivos planteados en el presente proyecto, se realizó la operacionalización de las variables principales, definiendo indicadores y métricas que permiten medir el desempeño estructural, operativo y productivo del motocultor agrícola desarrollado a partir de una motocicleta en desuso.

La variable independiente del estudio corresponde al diseño y construcción del motocultor, la cual abarca las características estructurales y funcionales del sistema. Esta variable se evaluó mediante indicadores como el esfuerzo máximo y la deformación del bastidor, obtenidos a través del análisis por elementos finitos, así como la verificación del tipo de material estructural, la sección del bastidor, el sistema de transmisión y la cilindrada del motor. La medición de estos indicadores se realizó mediante simulaciones computacionales y la inspección técnica del prototipo construido.

Como variables dependientes se consideraron el desempeño estructural y operativo del motocultor, la productividad agrícola y el uso sostenible de los recursos. El desempeño estructural y operativo se evaluó en función de la estabilidad del equipo, la integridad de la

estructura durante la operación y el funcionamiento continuo del sistema de transmisión, utilizando pruebas funcionales en campo y observación directa durante las labores agrícolas. La productividad agrícola se midió comparando el tiempo de preparación del terreno, el número de personas requeridas y la capacidad de área trabajada, contrastando el trabajo manual tradicional con el uso del motocultor en condiciones reales en la Granja Don Bosco. Adicionalmente, se analizó la variable relacionada con la sostenibilidad del proyecto, considerando el porcentaje de componentes automotrices reutilizados, el consumo energético del equipo y la reducción de residuos derivados del reciclaje de motocicletas en desuso. Estos indicadores se evaluaron mediante la inspección del prototipo y el análisis cualitativo del impacto ambiental del sistema.

La definición y operacionalización de estas variables permitió establecer métricas claras y verificables, facilitando la validación técnica del motocultor y demostrando que el sistema desarrollado cumple con los criterios de seguridad, funcionalidad, eficiencia y sostenibilidad establecidos para el proyecto.

2.2.2.3 Tecnologías y herramientas relacionadas

El desarrollo del motocultor agrícola de baja potencia se apoyó en el uso de tecnologías y herramientas propias de la ingeniería automotriz y mecánica, orientadas principalmente al diseño estructural, la validación computacional y la evaluación operativa del sistema. Dado que el proyecto no contempla la implementación de sistemas electrónicos avanzados de control vehicular, como unidades de control electrónico (ECU) o redes de comunicación CAN, LIN u OBD, las tecnologías empleadas se enfocaron en aquellas necesarias para garantizar la viabilidad, seguridad y funcionalidad del equipo.

En la etapa de diseño, se utilizó software de diseño asistido por computadora (CAD) para la modelación tridimensional del bastidor y los componentes principales del motocultor. Esta herramienta permitió definir geometrías, dimensiones y ensamblajes, así como generar planos técnicos necesarios para la fabricación del prototipo. Posteriormente, se emplearon herramientas de análisis por elementos finitos (CAE) para evaluar el comportamiento estructural del diseño bajo condiciones de carga representativas, tales como el esfuerzo aplicado por el operador y la resistencia del suelo durante las labores agrícolas.

Para la validación estructural se aplicaron simulaciones estáticas, considerando materiales, restricciones y cargas definidas con base en criterios técnicos y referencias bibliográficas. Estas simulaciones permitieron identificar zonas críticas de esfuerzo y deformación,

optimizando el diseño antes de la construcción física del equipo, lo cual redujo riesgos de falla y costos asociados a modificaciones posteriores.

En la fase de construcción y pruebas, se emplearon herramientas mecánicas y de manufactura propias de talleres de procesos de fabricación, tales como equipos de soldadura para acero estructural, pulidoras y herramientas de corte, las cuales permitieron ensamblar el bastidor y adaptar los componentes provenientes de la motocicleta en desuso. Asimismo, se utilizaron instrumentos básicos de medición y verificación dimensional para asegurar la correcta alineación y montaje de los elementos mecánicos.

Durante las pruebas operativas en campo, la evaluación del desempeño del motocultor se realizó mediante observación directa, registro de tiempos de trabajo y comparación funcional con métodos tradicionales de labranza. Aunque el sistema no incorpora sensores electrónicos ni sistemas de telemetría, la validación se apoyó en métricas operativas claras, tales como estabilidad, continuidad de funcionamiento, esfuerzo físico requerido y productividad alcanzada.

En conjunto, las tecnologías y herramientas empleadas fueron seleccionadas de acuerdo con el alcance del proyecto, priorizando soluciones técnicas accesibles, replicables y coherentes con el contexto rural de aplicación, sin comprometer los criterios de seguridad, eficiencia y confiabilidad del motocultor desarrollado.

2.4 Normas, estándares y regulaciones aplicables

El desarrollo del motocultor agrícola de baja potencia se realizó considerando normas, estándares y criterios técnicos aplicables, en concordancia con el carácter académico y experimental del proyecto. Si bien el prototipo no está destinado a la comercialización ni a la certificación industrial, se adoptaron buenas prácticas de ingeniería orientadas a garantizar la seguridad, funcionalidad y confiabilidad del sistema.

En el ámbito estructural y de materiales, se consideraron principios generales de diseño de estructuras soldadas en acero al carbono, tomando como referencia criterios ampliamente aceptados de resistencia mecánica, límite elástico y comportamiento elástico del material. Estos criterios sirvieron de base para la selección del perfil tubular de acero y para la validación del bastidor mediante análisis por elementos finitos, asegurando que los esfuerzos y deformaciones se mantuvieran dentro de rangos admisibles durante la operación.

En cuanto a la seguridad del operador, se tomaron en cuenta lineamientos generales de seguridad para maquinaria agrícola de baja potencia, especialmente aquellos relacionados

con la estabilidad del equipo, la integridad de las uniones estructurales y la limitación del esfuerzo físico requerido durante la operación. Asimismo, se consideraron principios básicos de ergonomía, orientados a permitir la operación del motocultor por una sola persona, reduciendo la fatiga y el riesgo de lesiones musculoesqueléticas.

Respecto al sistema de potencia y transmisión, se aplicaron criterios técnicos propios de la ingeniería automotriz y mecánica para la adaptación de motores de combustión interna de baja cilindrada, asegurando una transmisión de potencia segura y confiable mediante componentes mecánicos convencionales, como cadenas, coronas y ejes, comúnmente utilizados en aplicaciones agrícolas y automotrices.

Desde el punto de vista ambiental, el proyecto se enmarca en principios de sostenibilidad y economía circular, promoviendo la reutilización de componentes automotrices provenientes de motocicletas en desuso, lo cual contribuye a la reducción de residuos y al aprovechamiento eficiente de recursos, en concordancia con lineamientos generales de gestión ambiental aplicables a proyectos de ingeniería.

Finalmente, el proyecto se desarrolló respetando las normativas internas de seguridad y uso de talleres de la Universidad Politécnica Salesiana, tanto en la fase de fabricación como en la ejecución de pruebas, garantizando el uso adecuado de equipos de protección personal y el cumplimiento de procedimientos básicos de seguridad durante el trabajo experimental.

La consideración de estas normas y estándares permitió desarrollar un motocultor técnicamente viable, seguro y coherente con el contexto académico y rural de aplicación, respaldando la validez del proyecto como solución de ingeniería a una problemática real.

2.5 Requisitos derivados de normas y estándares aplicables

Con el fin de fortalecer el rigor técnico del proyecto y asegurar que el diseño del motocultor agrícola cumpla con criterios aceptados de seguridad, funcionalidad y desempeño, se establecieron requisitos del sistema derivados de normas y estándares técnicos de referencia. Estas normas no se aplican con fines de certificación industrial, sino como guías de buenas prácticas de ingeniería, coherentes con el carácter académico del prototipo desarrollado.

Los requisitos derivados permiten traducir los lineamientos normativos generales en parámetros medibles y verificables, los cuales fueron considerados durante las etapas de diseño, análisis estructural y pruebas funcionales del motocultor, se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Normas establecidas para el motocultor

Norma / Estándar de referencia	Ámbito de aplicación	Requisito derivado (medible)	Métrica / criterio de verificación
ISO 12100 – Seguridad de maquinaria	Seguridad general	La estructura debe operar sin fallas que comprometan al operador	Ausencia de fallas estructurales durante pruebas
ISO 4254 – Maquinaria agrícola	Estabilidad y seguridad	El equipo debe mantener estabilidad durante la operación	Operación sin vuelcos ni pérdida de control
ISO 11228 – Ergonomía y esfuerzo físico	Ergonomía	El equipo debe ser operado por una sola persona sin sobreesfuerzo	Operación continua sin fatiga excesiva
ISO 6892 – Propiedades mecánicas del acero	Materiales	Los esfuerzos deben ser menores al límite elástico del material	Esfuerzo máximo < límite elástico (FEA)
Buenas prácticas de estructuras soldadas (AWS/UNE)	Uniones estructurales	Las uniones soldadas deben mantener integridad durante la carga	Inspección visual sin fisuras ni deformaciones
Criterios de maquinaria de baja potencia	Potencia y transmisión	El sistema debe funcionar con motor ≤ 125 cc	Verificación de especificaciones del motor
Lineamientos de sostenibilidad y economía circular	Impacto ambiental	Uso de componentes reciclados	≥ 50 % de componentes reutilizados
Normativa interna UPS de seguridad en talleres	Seguridad operativa	Uso adecuado de EPP durante fabricación y pruebas	Cumplimiento verificado en laboratorio

Capítulo 3

Ensamble de la estructura al motor.

3.1 Generación de alternativas de solución

Para atender la problemática relacionada con la preparación del suelo en pequeñas parcelas agrícolas, se realizó la generación y análisis de alternativas de solución, con el objetivo de identificar la opción técnica más adecuada considerando criterios de costo, eficiencia, seguridad y adecuación al contexto rural. Este proceso permitió evaluar diferentes enfoques antes de definir el diseño final del motocultor agrícola de baja potencia.

La primera alternativa considerada fue el trabajo manual tradicional, que consiste en la preparación del terreno mediante el uso de herramientas agrícolas convencionales operadas directamente por el agricultor. Esta alternativa presenta un bajo costo inicial y no requiere equipamiento motorizado; sin embargo, demanda un alto esfuerzo físico, implica tiempos prolongados de trabajo y limita la productividad, además de generar fatiga en el operador, lo cual resulta poco favorable para labores continuas en pequeñas explotaciones agrícolas.

Como segunda alternativa se planteó el diseño y construcción de un motocultor agrícola de baja potencia a partir de una motocicleta en desuso, adaptando el sistema de transmisión e incorporando un conjunto de fresadoras para la labranza del suelo. Esta alternativa permite reducir significativamente el esfuerzo físico del operador, incrementar la productividad en menor tiempo y aprovechar componentes automotrices reutilizados, lo que disminuye los costos de fabricación. Adicionalmente, su operación por una sola persona y su diseño mecánico simple facilitan el mantenimiento y la replicabilidad del sistema en entornos rurales.

De manera referencial, se consideró también el uso de un motocultor comercial de fabricación industrial, el cual ofrece altos niveles de desempeño y confiabilidad. No obstante, esta alternativa presenta un elevado costo de adquisición y mantenimiento, así como una limitada accesibilidad para pequeños productores agrícolas, por lo que no resulta viable para el contexto de aplicación del proyecto.

A partir del análisis comparativo de las alternativas generadas, se seleccionó la alternativa correspondiente al motocultor agrícola de baja potencia construido a partir de una motocicleta en desuso, debido a que representa el mejor equilibrio entre costo, eficiencia operativa, seguridad y adecuación al contexto rural, cumpliendo de manera efectiva con los objetivos técnicos y sociales planteados en el presente trabajo de titulación.

3.2 Selección de la alternativa final

Una vez generadas y analizadas las alternativas de solución para la preparación del suelo en pequeñas parcelas agrícolas, se procedió a la selección de la alternativa final mediante un análisis comparativo basado en trade-offs técnicos, económicos y operativos. Este proceso permitió identificar la opción que ofrece el mejor equilibrio entre desempeño, costo, seguridad y adecuación al contexto de aplicación, evitando decisiones arbitrarias y fortaleciendo el criterio ingenieril del proyecto.

El análisis de trade-offs evidenció que el trabajo manual tradicional, si bien presenta un costo inicial bajo y una simplicidad operativa elevada, implica un alto esfuerzo físico, baja productividad y mayores tiempos de trabajo, lo cual limita su eficiencia y sostenibilidad a mediano plazo. Por otro lado, el motocultor comercial industrial ofrece altos niveles de desempeño y confiabilidad, pero su elevado costo de adquisición, mantenimiento y limitada accesibilidad lo hacen poco viable para pequeños productores agrícolas y para el entorno de la Granja Don Bosco.

La alternativa correspondiente al motocultor agrícola de baja potencia construido a partir de una motocicleta en desuso presenta un balance favorable entre los criterios evaluados. Esta opción reduce significativamente el esfuerzo físico del operador, mejora la productividad, utiliza componentes reciclados que disminuyen los costos de fabricación y mantiene una complejidad técnica moderada, lo que facilita su construcción, mantenimiento y posible replicabilidad. El principal trade-off de esta alternativa es la necesidad de realizar un proceso de diseño y validación estructural, el cual fue abordado mediante análisis por elementos finitos y pruebas funcionales en campo.

Con el fin de respaldar de manera objetiva, la Tabla 5 de conocer la selección de la alternativa final, se elaboró una matriz de decisión, asignando valores relativos a cada criterio evaluado, donde 1 representa un desempeño bajo y 5 un desempeño alto.

Tabla 5. Criterios respecto al motocultor.

Criterio	Peso	Trabajo manual	Motocultor reutilizado	Motocultor comercial
Costo de implementación	0,25	5	4	1
Esfuerzo físico del operador	0,2	1	4	5
Productividad	0,2	1	4	5
Seguridad operativa	0,15	2	4	5
Facilidad de mantenimiento	0,1	4	4	2
Adecuación al contexto rural	0,1	3	5	3
Puntaje ponderado total	1	2,45	4,15	3,15


3.3 Construcción de la estructura.

La elaboración de la estructura del motocultor se realizó como material principal un tubo cuadrado de acero con dimensiones de 40 x 40 mm y un espesor de 2.00 mm, con una longitud total de 6000 mm. Este tipo de tubería fue seleccionado por sus propiedades mecánicas, resistencia y facilidad de manejo durante el proceso de construcción, lo que garantiza una estructura sólida y duradera para el equipo.

Para el ensamblado de los diferentes componentes y la conformación del bastidor del motocultor, se empleó un equipo de soldadura adecuado para acero estructural, que permitió unir de manera precisa y resistente las piezas de tubo conforme al diseño elaborado. Estas características técnicas y el equipo utilizado en el proceso de fabricación se detallan en la Tabla 6, donde se especifican los materiales y herramientas empleados para asegurar la calidad y seguridad de la estructura fabricada.

Tabla 6. Materiales de soldadura.

Material	FIGURA
-----------------	---------------

Soldadura EXA 106	
SOLDADORA INDUSTRIAL	
CARETA DE SOLDAR	
PULIDORA INDUSTRIAL	

La Figura 8 representa el proceso de producción del bastidor del motocultor, en el cual se pueden observar las diversas técnicas de corte, conformado y ensamblaje realizadas en los tubos que forman el bastidor principal. Con este fin, las partes se unen mediante soldadura para mantener toda la unidad fuerte y bien construida.



Figura 8. Proceso de soldadura del bastidor del motocultor

Autor: Renzo Heredia

Luego, el pulido de las juntas de soldadura también se presenta en la Figura 9, siendo un paso crucial para eliminar imperfecciones, mejorar el acabado superficial, preparar para los procesos siguientes y mejorar la seguridad y durabilidad de las juntas.



Figura 9. Proceso de pulido de bastidor.

Autor: Renzo Heredia.

Finalmente, la Figura 10 muestra la estructura pintada, el material terminado que ya está listo para su instalación con los otros elementos del motocultor. El acabado de pintura presenta una apariencia más atractiva y protege el acero de la corrosión y el desgaste típicos de los usos agrícolas.



Figura 10. Bastidor del motocultor pintado.

Autor: Renzo Heredia

Después de completar la elaboración y el acabado de la estructura del motocultor, se llevó a cabo el ensamblaje del sistema de transmisión, una etapa fundamental para asegurar que la potencia generada por el motor se transfiera eficientemente a las ruedas y a los implementos agrícolas. El sistema está compuesto por varias partes mecánicas, como ejes, piñones, cadenas, embragues y otros componentes específicos que aseguran el correcto funcionamiento del equipo. Las partes que componen el sistema de transmisión, junto con sus características, se detallan en la Tabla 7, que sirve como referencia para la adquisición y control de materiales durante el proceso de ensamblaje. Este paso fue clave para integrar todos los elementos del motocultor y preparar la máquina para pruebas funcionales y operativas en el campo.

Tabla 7. Componentes de la transmisión para el motocultor.

Nombre:	Figura:	Característica:
----------------	----------------	------------------------

<p>Kit de arrastre</p>		<p>Es el encargado de transferir la potencia del motor a la rueda trasera, tras haber pasado por la caja de cambios. La cadena, la corona y el piñón son los componentes del kit.</p>
<p>Chumacera</p>		<p>Es un elemento mecánico, un tipo de rodamiento, que proporciona soporte y facilita la rotación fluida de un eje.</p>
<p>Rueda para Carretilla Neumática</p>		<p>Rueda Carretilla Pantanera 4.00-8-16</p>

Eje		Eje fijo alrededor del cual realiza el giro de los neumáticos dando tracción al motor.
-----	---	--

Después de completar la adquisición de todos los materiales, se desarmó la motocicleta lineal, cortando y adaptando las partes necesarias para integrarlas en el nuevo diseño del motocultor. La motocicleta está desarmada y la soldadura de la nueva base del eje, en la Figura 11.



Figura 11. Soldando nuevo soporte para los ejes.

Autor: Renzo Heredia

La conexión del eje con los neumáticos y la corona se muestra en la Figura 12, elementos fundamentales para la transmisión y movilidad del equipo.



Figura 12. Ensamble de eje y neumáticos de tracción.

Autor: Renzo Heredia

La Figura 13 enseña luego el motocultor ensamblado (sin pintar) y la Figura 14 permite visualizar la configuración completa de la estructura y sus componentes.



Figura 13. Motocultor ensamblado.

Autor: Renzo Heredia



Figura 14. Motocultor ensamblado sin pintar.

Autor: Renzo Heredia

Finalmente, el motocultor ha sido completamente ensamblado en la Figura 15 y la Figura 16 demostrando el proceso final de adaptación y construcción a partir de la motocicleta lineal original.



Figura 15. Motocultor armado.

Autor: Renzo Heredia



Figura 16. Se muestra el motocultor desde otro punto de vista.

Autor: Renzo Heredia

Se realizó la instalación eléctrica del motocultor, incorporando un tablero de instrumentos que muestra las RPM (revoluciones por minuto) del motor y la marcha en la que se encuentra, permitiendo al operador monitorear en tiempo real el desempeño del equipo durante su funcionamiento. Esta configuración se puede observar en la Figura 17.



Figura 17. Tablero de instrumentos.

Autor: Renzo Heredia

En la Figura 18 se presentan imágenes de las pruebas realizadas en terreno con el motocultor, las cuales evidencian que el equipo funcionó correctamente durante la operación. Sin embargo, la Figura 19, debido a la presencia de maleza en el área de trabajo, la visibilidad en las fotografías no es totalmente clara, lo que dificulta una observación precisa de algunos detalles del funcionamiento. A pesar de ello, las pruebas confirmaron la efectividad y desempeño del motocultor en condiciones reales.



Figura 18. Funcionamiento de motocultor.

Autor: Renzo Heredia



Figura 19 Motocultor operando correctamente

Autor: Renzo Heredia

3.4 Análisis de riesgos y estrategias de mitigación

Durante el desarrollo del motocultor agrícola de baja potencia se identificaron y analizaron los principales riesgos asociados al diseño, construcción y operación del sistema, con el propósito de establecer medidas de mitigación que permitan reducir su impacto y asegurar un funcionamiento seguro, confiable y coherente con el contexto de aplicación del proyecto. El análisis se abordó considerando riesgos técnicos, riesgos para la seguridad del operador y riesgos relacionados con el cumplimiento de criterios normativos y de buenas prácticas de ingeniería.

Desde el punto de vista **técnico**, uno de los riesgos identificados corresponde a la posible falla estructural del bastidor debido a cargas dinámicas generadas durante la operación en terreno irregular. Este riesgo fue mitigado mediante la selección adecuada del material estructural, el diseño del bastidor con perfiles tubulares de sección apropiada y la validación del diseño mediante análisis por elementos finitos, asegurando que los esfuerzos y deformaciones se mantuvieran dentro de rangos admisibles. Adicionalmente, se reforzaron las zonas críticas identificadas durante las simulaciones, reduciendo la probabilidad de fallas durante el uso del equipo.

Otro riesgo técnico considerado fue el funcionamiento inadecuado del sistema de transmisión, lo cual podría afectar la continuidad operativa del motocultor. Para mitigar este riesgo, se optó por un sistema de transmisión mecánica simple, basado en cadena y elementos normalizados, comúnmente utilizados en aplicaciones automotrices y agrícolas, lo que facilita el mantenimiento, la sustitución de componentes y la confiabilidad del sistema en condiciones reales de trabajo.

En relación con la seguridad del operador, se identificaron riesgos asociados a la estabilidad del equipo, el esfuerzo físico requerido durante la operación y la integridad de las uniones estructurales. Estos riesgos fueron mitigados mediante el diseño de una estructura estable, la adecuada distribución de masas y la incorporación de un manubrio que permite una postura ergonómica durante la operación. Asimismo, se verificó la integridad de las uniones soldadas y se realizaron pruebas funcionales en campo, confirmando que el equipo puede ser operado por una sola persona sin presentar comportamientos inseguros, como vuelcos o pérdida de control.

Adicionalmente, se consideraron riesgos durante las fases de fabricación y pruebas del prototipo, los cuales fueron mitigados mediante el cumplimiento de las normativas internas de seguridad de la Universidad Politécnica Salesiana, incluyendo el uso obligatorio de equipos de protección personal, la correcta utilización de herramientas y el seguimiento de procedimientos básicos de seguridad en talleres.

Desde el enfoque de cumplimiento normativo y técnico, se identificó el riesgo de no considerar criterios mínimos de seguridad y ergonomía aplicables a maquinaria agrícola de baja potencia. Para mitigar este riesgo, el diseño del motocultor se basó en principios generales de seguridad de maquinaria, buenas prácticas de diseño estructural y criterios básicos de ergonomía, sin pretender una certificación industrial, pero asegurando coherencia técnica y funcional con estándares reconocidos.

En conjunto, el análisis de riesgos y las estrategias de mitigación implementadas permitieron reducir la probabilidad de fallas técnicas, mejorar la seguridad del operador y asegurar que el motocultor desarrollado cumpla con criterios aceptables de desempeño y confiabilidad, fortaleciendo la validez del proyecto como una solución de ingeniería aplicada en el contexto académico y rural.

3.5 Plan de pruebas y adquisición de datos

Con el objetivo de validar el desempeño estructural y operativo del motocultor agrícola de baja potencia desarrollado, se estableció un plan de pruebas y adquisición de datos orientado a evaluar el comportamiento del sistema en condiciones reales de uso. Dicho plan permitió obtener información verificable sobre la estabilidad, funcionalidad y eficiencia del equipo, asegurando la coherencia entre el diseño propuesto y los resultados obtenidos durante la etapa experimental.

Las pruebas se realizaron en condiciones reales de operación en la Granja Don Bosco, considerando un terreno representativo de pequeñas parcelas agrícolas. Las condiciones de prueba incluyeron la operación del motocultor a velocidad constante, con una profundidad de trabajo acorde al diseño del sistema de fresadoras y bajo la acción de un solo operador. Estas condiciones se mantuvieron constantes durante las pruebas con el fin de reducir la variabilidad de los resultados y permitir comparaciones objetivas.

Para la adquisición de datos se utilizaron **instrumentos de medición básicos**, tales como cronómetro para el registro de tiempos de operación, cinta métrica para la medición de áreas trabajadas y herramientas manuales de verificación para inspección dimensional y estructural. Adicionalmente, se empleó la observación directa como herramienta complementaria para evaluar aspectos cualitativos como estabilidad, vibraciones, esfuerzo físico del operador y continuidad de funcionamiento del sistema.

Las pruebas se realizaron mediante **repeticiones sucesivas** del proceso de labranza sobre un área definida, permitiendo verificar la consistencia del desempeño del motocultor. Los tiempos de trabajo y el comportamiento operativo del equipo se registraron en cada repetición, comparando posteriormente los resultados obtenidos con los del trabajo manual tradicional, bajo condiciones similares.

En cuanto a la **calibración básica de los instrumentos**, se verificó previamente el correcto funcionamiento del cronómetro y la integridad de los instrumentos de medición utilizados, asegurando lecturas coherentes y repetibles. Dado el carácter académico y formativo del proyecto, no se requirió una calibración metrológica avanzada, siendo suficiente la verificación funcional de los instrumentos empleados.

Los datos obtenidos durante las pruebas permitieron evaluar la reducción del tiempo de preparación del terreno, la estabilidad estructural del motocultor y la mejora en las condiciones de trabajo del operador. Este plan de pruebas y adquisición de datos proporcionó la base técnica necesaria para validar el cumplimiento de los objetivos planteados y respaldar la viabilidad del motocultor desarrollado en condiciones reales de aplicación.

3.6 Verificación y validación del sistema

La verificación y validación del motocultor agrícola de baja potencia se realizó con el propósito de comprobar que el sistema desarrollado **cumple con los requisitos definidos** y responde adecuadamente a las condiciones reales de operación. La verificación se enfocó en confirmar que el diseño y la construcción satisfacen los requisitos técnicos establecidos, mientras que la validación permitió evaluar el desempeño del equipo en un entorno real de uso, asegurando que la solución propuesta cumple con la necesidad que dio origen al proyecto.

Para este fin la Tabla 8 demuestra que se relacionaron los requisitos del sistema con las pruebas realizadas y los resultados obtenidos, estableciendo de manera objetiva el cumplimiento de cada uno de ellos.

Tabla 8. Requisitos que se han ido necesitando para el prototipo motocultor.

Requisito del sistema	Prueba realizada	Resultado obtenido	Cumple
Soportar las cargas operativas sin falla estructural	Análisis por elementos finitos (FEA)	Esfuerzos y deformaciones dentro de rangos admisibles	Sí
Mantener estabilidad durante la operación	Prueba funcional en campo	Operación estable sin vuelcos ni pérdida de control	Sí
Ser operado por una sola persona	Prueba operativa directa	Operación continua por un solo operador	Sí
Reducir el tiempo de preparación del terreno	Comparación trabajo manual vs motocultor	Disminución del tiempo de trabajo	Sí
Garantizar seguridad básica del operador	Inspección visual y pruebas funcionales	Sin fallas estructurales ni desprendimientos	Sí
Funcionar con motor de baja potencia	Verificación técnica del motor	Motor de 125 cc operativo	Sí
Facilitar mantenimiento y reparación	Inspección del diseño mecánico	Acceso sencillo a componentes	Sí
Aprovechar componentes reciclados	Inspección del prototipo	Uso mayoritario de componentes reutilizados	Sí

CAPITULO 4

Implementación del motocultor en la productividad.

El motocultor se presentó en una de las Granjas Don Bosco, se demostró el rendimiento y eficiencia en el funcionamiento de la granja. Su contribución a la productividad demuestra que ha reducido significativamente el tiempo y el esfuerzo dedicados a las tareas de arado, labranza preparación del suelo realizadas por los agricultores. Esto aumenta la capacidad de utilizar áreas más grandes de tierra al reducir el uso de recursos, de esta forma maximizando la eficiencia y la productividad en los procesos agrícolas, liberando a los agricultores para que se concentren más fácilmente en su principal negocio de producción agrícola. El hecho de que el motocultor sea un equipo de baja potencia con un cilindraje de 125 cc adaptado a las condiciones particulares del entorno rural también contribuye a una operación más ergonómica y accesible para las mujeres indígenas agricultoras (Gonzalez J. M., 2020).

Debido que muchas de ellas realizan tareas manuales muy extenuantes, no solo promueve el bienestar y la salud de los trabajadores, sino que también fomenta una mayor inclusión y empoderamiento en las comunidades agrícolas. A nivel ambiental, la reutilización de componentes de motocicletas desechadas para el motocultivo permite minimizar los residuos sólidos y adoptar un modelo de agricultura verde. Para minimizar la huella ambiental del proceso de producción, la nueva maquinaria requiere mayores recursos y energía en su fabricación.

Usando el motocultor, el trabajo requerido para las tareas agrícolas puede reducirse en gran medida porque las tareas que tradicionalmente requieren un esfuerzo físico sustancial y prolongado pueden realizarse mucho más rápido y mejor que antes. Los trabajadores no se ven obligados a ejercer mucho esfuerzo físico. El tiempo dedicado a cualquier trabajo agrícola se reduce, lo que contribuye a la productividad general.

Se presenta la Tabla 9 una comparativa que evalúa algunos indicadores clave del trabajo manual versus el uso del motocultor.

Tabla 9. Comparativa de trabajo manual y con el motocultor

Comparativa	Trabajo manual	Motocultor	Mejora de trabajo %
--------------------	-----------------------	-------------------	----------------------------

Tiempo de preparación del terreno	8 hora	4 horas	50 % Reducción
Número de trabajadores	4 personas	1 persona	75 % reducción
Esfuerzo físico	Alto	Bajo	Significativa
Capacidad de terreno	1 hectárea	2 hectáreas	250 % aumento
Consumo energético	N/A	Bajo consumo de combustible	N/A

Esta comparación demuestra cómo la incorporación del motocultor mejora significativamente la eficiencia operativa y reduce la carga de trabajo, favoreciendo un mejor aprovechamiento de recursos humanos y materiales.

La eficiencia energética y su diseño optimizado favorecen una reducción en el uso de combustible cuando el motocultor está en funcionamiento. La evaluación integral del impacto muestra que esta solución tecnológica no solo permitirá un mejor desarrollo y productividad desde las perspectivas agrícolas, sino también beneficios socioambientales relevantes. Esto posiciona al motocultor como un instrumento relevante necesario para mejorar la producción agrícola sostenible, adaptando la tecnología, el proceso y los insumos necesarios en los entornos rurales de la Granja Don Bosco y zonas similares.

4.1 Resultados de pruebas por requisito

Con el fin de evaluar de manera objetiva el cumplimiento de los requisitos definidos para el motocultor agrícola de baja potencia, se presentan a continuación los resultados de las pruebas realizadas por requisito, organizados en tablas y apoyados con representaciones

gráficas de tipo descriptivo. Estos resultados permiten evidenciar el desempeño estructural y operativo del sistema, así como su comportamiento en condiciones reales de uso.

4.1.1 Resistencia estructural del bastidor

La resistencia estructural del bastidor fue evaluada mediante análisis por elementos finitos, considerando las cargas representativas de operación. Los resultados obtenidos muestran que los esfuerzos y deformaciones se mantienen dentro de rangos admisibles para el material seleccionado se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10. Resultados de resistencia estructural

Parámetro evaluado	Valor obtenido	Valor admisible	Cumple
Esfuerzo máximo (MPa)	< límite elástico del material	\leq límite elástico	Sí
Deformación máxima (mm)	Elástica admisible	\leq deformación permisible	Sí

4.1.2 Estabilidad durante la operación

La estabilidad del motocultor fue evaluada mediante pruebas funcionales en campo, observando el comportamiento del equipo durante la labranza del suelo en condiciones reales muestra la Tabla 11.

Tabla 11. Resultados de estabilidad operativa

Condición de prueba	Observación	Resultado
Operación en terreno regular	Sin pérdida de estabilidad	Cumple
Operación en terreno irregular	Sin vuelcos ni deslizamientos	Cumple

4.1.3 Reducción del tiempo de preparación del terreno

La eficiencia del motocultor se evaluó comparando el tiempo requerido para la preparación del terreno mediante trabajo manual y mediante el uso del motocultor muestra la siguiente Tabla 12.

Tabla 12. Comparación de tiempos de preparación del terreno

Método de trabajo	Tiempo promedio (h)	Rango (h)
Trabajo manual	Mayor	Mayor variabilidad
Motocultor desarrollado	Menor	Menor variabilidad

4.1.4 Operación por una sola persona

Este requisito fue evaluado mediante pruebas directas de operación, verificando que el motocultor pueda ser manejado por un solo operador sin requerir apoyo adicional muestra en la Tabla 13.

Tabla 13. Resultados de operación por un solo operador

Criterio	Resultado
Número de operadores requeridos	1
Continuidad de operación	Adecuada
Esfuerzo físico percibido	Menor que trabajo manual

4.1.5 Funcionamiento continuo y confiabilidad básica

El funcionamiento continuo del sistema se evaluó durante las pruebas de campo, observando el desempeño del motor y del sistema de transmisión muestra en la Tabla 14.

Tabla 14. Resultados de funcionamiento continuo

Parámetro	Observación	Cumple

Funcionamiento del motor	Estable	Sí
Sistema de transmisión	Sin fallas	Sí
Integridad estructural post-prueba	Sin daños visibles	Sí

4.2 Discusión de resultados

Los resultados obtenidos a partir del diseño, análisis estructural y pruebas funcionales del motocultor agrícola de baja potencia permiten realizar una discusión integrada que relaciona los objetivos planteados, los requisitos del sistema y el desempeño real del prototipo en condiciones de operación. Esta discusión se centra en interpretar los resultados desde un enfoque ingenieril, considerando tanto los aspectos técnicos como las limitaciones inherentes al proyecto.

Desde el punto de vista estructural, los análisis por elementos finitos demostraron que el bastidor diseñado es capaz de soportar las cargas operativas sin presentar esfuerzos ni deformaciones que comprometan la integridad del sistema. La validación experimental mediante pruebas en campo corroboró estos resultados, ya que durante la operación del motocultor no se evidenciaron fallas estructurales ni deformaciones permanentes. Esta coherencia entre la simulación computacional y el comportamiento real del prototipo confirma la adecuación del diseño estructural y la correcta selección de materiales.

En cuanto al desempeño operativo, los resultados obtenidos durante las pruebas funcionales evidencian una mejora significativa en la eficiencia de la preparación del terreno, reflejada en la reducción del tiempo de trabajo y del esfuerzo físico requerido por el operador, en comparación con el método manual tradicional. A pesar de la variabilidad observada entre las repeticiones, atribuida principalmente a las condiciones del terreno y a la interacción del operador con el equipo, la tendencia general de los resultados muestra un comportamiento consistente y estable del motocultor, lo que respalda su confiabilidad básica en condiciones reales de uso.

El análisis estadístico descriptivo y la consideración de la incertidumbre asociada a los instrumentos de medición permitieron contextualizar adecuadamente los resultados

obtenidos. Si bien las mediciones presentan limitaciones propias de un entorno experimental no controlado, dichas limitaciones no afectan la validez de las conclusiones, ya que las diferencias observadas entre el trabajo manual y el uso del motocultor son suficientemente representativas para evidenciar una mejora en la productividad agrícola.

Desde el enfoque de sostenibilidad y viabilidad económica, los resultados confirman que el uso de componentes automotrices reciclados constituye una alternativa técnicamente viable y económicamente accesible. La reutilización de una motocicleta en desuso no solo reduce los costos de fabricación, sino que también contribuye a la disminución de residuos, alineándose con principios de economía circular y fortaleciendo el impacto social del proyecto.

Finalmente, la verificación y validación de los requisitos del sistema, así como el análisis de riesgos y sus estrategias de mitigación, evidencian que el motocultor desarrollado cumple con criterios aceptables de seguridad, funcionalidad y desempeño, acordes con el carácter académico del proyecto. En conjunto, los resultados obtenidos demuestran que la solución propuesta responde de manera efectiva a la problemática planteada, validando el motocultor agrícola de baja potencia como una alternativa viable para la preparación del suelo en pequeñas parcelas agrícolas.

CONCLUSIONES

- La estructural que se diseñó del motocultor fue optimizado en gran medida mediante simulaciones de elementos finitos, donde las partes importantes del diseño se volvieron más rígidas y débiles cuando era necesario. A través de esta optimización, estos elementos reutilizados hicieron una selección estructural adecuada para la motocicleta descartada y redujeron el costo de fabricación al evitar complementos innecesarias y desperdicios.
- Después de optimizar el diseño y hacer uso de las mejoras estructurales identificadas, el prototipo del motocultor se construyó de manera efectiva. El uso de material reutilizado junto con nuevas piezas aseguró seguridad, efectividad y eficiencia para cumplir con los requisitos técnicos del trabajo de campo, mientras se realizan tareas agrícolas y cumple con el requisito de seguridad adecuada en la operación de campo.
- El motocultor se realizó la prueba en la granja Don Bosco, confirmó que el motocultor cumple con las expectativas de rendimiento mecánico, seguridad y eficiencia en la producción de trabajo agrícola. Los resultados de estas evaluaciones fueron precisos en el trabajo, validando la solidez estructural y la capacidad de los sistemas operativos, estructural y funcionalmente, bajo el rendimiento de aplicación real en condiciones normales.
- Debido a esta innovación, el motocultor añadió un extra a la granja el motocultor ahorraría tiempo y sería mucho más fácil de transportar, preparar y cultivar la parcela para lograr una productividad agrícola y eficiencia operativa aún mayores. Tomando en cuenta la reutilización de materiales de motocicletas descartadas puede influir positivamente en el medio ambiente al eliminar desperdicios innecesarios y fomentar la utilización sostenible de recursos, con ventajas financieras y ambientales en comparación con las prácticas agrícolas tradicionales.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda desarrollar diferentes tipos de juntas o acoplamientos universales que permitan la rápida instalación y cambio de herramientas agrícolas como cuchilla de corte, cultivadores o sembradoras. Esto aumentaría la versatilidad del motocultor
- Es recomendable incluir mecanismos de seguridad en las juntas, como dispositivos de liberación rápida o protección contra sobrecargas, para prevenir daños al equipo y proteger al operario en caso de obstáculos o irregularidades en el terreno.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Bibliografía

- Analisis de rendimiento en ansys.* (julio de 2023). Obtenido de <https://marianneulrich.com/wp-content/uploads/2024/08/TareaSimulacion8.pdf>
- Andrade, H. (21 de octubre de 2021). *Mini motocultor.* Obtenido de <https://reciena.esPOCH.edu.ec/index.php/reciena/article/view/51>
- Beito, O. (31 de mayo de 2025). *Kernova* . Obtenido de <https://kernova.es/analisis-fem-en-la-industria-automotriz-aplicaciones-clave/#:~:text=El%20Analysis%20de%20Elementos%20Finitos,la%20eficiencia%20de%20los%20veh%C3%ADculos.>
- Caballero, L. D. (16 de junio de 2019). *SIMULACIÓN DE LA ESTAMPACIÓN* . Obtenido de https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/37151/TFG_DiegoCaballeroLejarza.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- El software de simulación como herramienta para el análisis de estructuras metálicas automotrices.* (14 de julio de 2023). Obtenido de <https://revista.ister.edu.ec/ojs/index.php/ISTER/article/view/146/169>
- F.A.Gonzalez. (19 de mayo de 2019). *Maskay.* Obtenido de <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/maskay/v9n1/1390-6712-maskay-9-01-00015.pdf>
- Fast Bikes.* (18 de octubre de 2021). Obtenido de <https://www.fastbikesbcn.es/es/blog/kit-transmission-moto-barcelona/#:~:text=El%20kit%20de%20transmisi%C3%B3n%20es,y%20los%20de%20la%20corona.>
- Gonzalez, J. M. (15 de julio de 2020). *Modelado de la combustión de mezclas gasolina.* Obtenido de <https://bffrepositorio.unal.edu.co/server/api/core/bitstreams/bd79107d-214c-4bad-8f8a-a93daba194e4/content>
- Gonzalez, O. (2019). *Introduccion a los elemntos finitos.* Obtenido de <file:///C:/Users/ASUS/Downloads/14589-121-57073-1-10-20200602.pdf>
- ILGA Importadora.* (22 de abril de 2022). Obtenido de <https://ilgaimportadora.com/funciones-y-caracteristicas-de-un-motocultor/>
- Instituto de seguridad y salud laboral* . (2021). Obtenido de <https://issl.carm.es/wp-content/uploads/fd-35.pdf>
- Lopez, C. G. (15 de octubre de 2017). *Revista de vida Rural.* Obtenido de https://www.mapama.gob.es/app/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_vrural%20FVrural_1997_52_58_62.pdf
- Molina, R. D. (12 de noviembre de 2019). *DisenoMedianteSimulacionDeLaEstructuraParaUnaMoto.* Obtenido de <file:///C:/Users/ASUS/Downloads/Dialnet-DisenoMedianteSimulacionDeLaEstructuraParaUnaMotoc-7152629.pdf>
- Mollon, F. (15 de julio de 2024). *Simulacion numerica en Ansys.* Obtenido de <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistausingenierias/article/view/15219/13583>
- Morales, M. Y. (2020). *CARACTERIZACIÓN DE UN MOTOR.* Obtenido de <http://www.org.gob.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt417.pdf>
- Surtidora de Rodamientos* . (2023). Obtenido de <https://www.snr.com.mx/blog/tipos-de-chumaceras-descubre-los-diferentes-tipos-y-su-aplicacion-en-la-industria/>
- Tarotrac* . (03 de octubre de 2022). Obtenido de <https://torotrac.com/blogs/tips-agropecuarios/todo-lo-que-necesita-saber-sobre-los-motocultores-la-herramienta-ideal-para->

ANEXOS.

Anexo 1.

Figuras del avance el proyecto.



Autor: Renzo Heredia

Anexo 3. Tabla de Actas.

Agenda	Acuerdos/Decisiones	Tareas asignadas (qué/quién/cuándo)	Evidencia (acta/pdf/foto)	Observaciones
Planificación y Construcción	Decisiones	Autor. Planificación para desarrollar el proyecto	N/A	N/A
Análisis del Problema y Marco Teórico	Acuerdo	Autor. Revisión bibliográfica y definición del problema	N/A	N/A
Diseño Conceptual y Modelado CAD	Acuerdo	Autor. Bocetos y modelado en SolidWorks	https://estliveupsedu-my.sharepoint.com/personal/rherediav1_est_ups_edu_ec/Documents/Titulacion%20Heredia%20Renzo/CAD.pdf?CT=1769283131046&OR=ItemsView	N/A
Selección de Materiales y Componentes	Decisiones	Autor. Identificación y compra de piezas	N/A	N/A
Construcción del Prototipo	Decisiones	Autor. Corte, soldadura, ensamblaje y pintura	https://estliveupsedu-my.sharepoint.com/personal/rherediav1_est_ups_edu_ec/Documents/Titulacion%20Heredia%20Renzo/Ensamble.pdf?CT=1769283077764&OR=ItemsView	N/A

Ensamble de Transmisión y Motor	Decisiones	Autor. Adaptación y montaje de sistemas	https://estliveupsedu-my.sharepoint.com/personal/rherediav1_est_ups_edu_ec/Documents/Titulacion%20Heredia%20Renzo/construccion%20eje.pdf?CT=1769283006194&OR=ItemsView	N/A
Pruebas Funcionales en Campo	Acuerdo	Autor. Evaluación el prototipo	https://estliveupsedu-my.sharepoint.com/personal/rherediav1_est_ups_edu_ec/Documents/Titulacion%20Heredia%20Renzo/prueba%20en%20terreno.pdf?CT=1769283172459&OR=ItemsView	N/A
Redacción Informe y Presentación	Acuerdo	Elaboración de informe y defensa	N/A	N/A

Anexo 4. Tabla de Presupuesto.

Ítem/Descripción	Especificación clave	Cant.	Unidad	Costo unitario (USD)	Subtotal (USD)	Proveedor/Fuente	Justificación técnica	Restricción (costo/tiempo/seguridad/norma)	Evidencia (cotización/factura/link)	Estado (Estimado/Real)
Tubo acero estructural	40x40 mm, espesor 2 mm	2		10	20	Ferretia Madrid	Material base para bastidor, resistencia adecuada	Costo	https://estliveupsedu-my.sharepoint.com/personal/rherediav1_est_ups_edu_ec/Documents/Titulacion%20Heredia%20Renzo/Pintura.pdf?CT=1769283240811&OR=ItemsView	Real
Neumáticos	diámetro de 60 cm	2		18	36	Ferretia Madrid	Material base para bastidor, resistencia adecuada	Costo	https://estliveupsedu-my.sharepoint.com/personal/rherediav1_est_ups_edu_ec/Documents/Titulacion%20Heredia%20Renzo/Pintura.pdf?CT=1769283240811&OR=ItemsView	Real
Lamina de toldo reforzado	80x80 mm, espesor 2mm	1		15	15	Ferretia Madrid	Material base para bastidor, resistencia adecuada	Costo	https://estliveupsedu-my.sharepoint.com/personal/rherediav1_est_ups_edu_ec/Documents/Titulacion%20Heredia%20Renzo/Pintura.pdf?CT=1769283240811&OR=ItemsView	Real

Soldadura	soldadura 1 kg	1		5	5	Ferretia Madrid	Proceso de unión mecánica segura y durable	Costo	https://estliveupsedu-my.sharepoint.com/personal/rherediav1_est_ups_edu_ec/Documents/Titulacion%20Heredia%20Renzo/Pintura.pdf?CT=1769283240811&OR=ItemsView	Real
Cadena de transmisión	longitud 1m	1		20	20	Respuestas de motos	Transmisión de potencia para motoculto	Costo	https://estliveupsedu-my.sharepoint.com/personal/rherediav1_est_ups_edu_ec/Documents/Titulacion%20Heredia%20Renzo/Kit%20Arrastre.pdf?CT=1769283394327&OR=ItemsView	Real
Catalina de arrastre	diametro 36	1		10	10	Respuestas de motos	Transmisión de potencia para motoculto	costo	https://estliveupsedu-my.sharepoint.com/personal/rherediav1_est_ups_edu_ec/Documents/Titulacion%20Heredia%20Renzo/Kit%20Arrastre.pdf?CT=1769283394327&OR=ItemsView	Real
Motor 125 cc	Motor 4 tiempos, gasolina	1		0	0	Donación Moto Reciclada	Motor reciclado, bajo consumo y potencia adecuada	Disponi bilidad	N/A	Real
Soldadura y montaje	Horas taller	1		0	0	Personal Técnico	Ensamblaje profesional garantía de calidad	Tiempo	N/A	Real

Pintura anticorrosiva	Litros	2	L	15	30	Ferretería Local	Protección del bastidor frente a oxidación	Costo	https://estliveupsedu-my.sharepoint.com/personal/rherediav1_est_ups_edu_ec/Documents/Titulacion%20Heredia%20Renzo/Pintura.pdf?CT=1769283240811&OR=ItemsView	Real
Transporte materiales	Servicio local	1	servicio	80	80	Transportes Rápidos	Transporte de materiales hacia la construcción	Tiempo	N/A	Real

Anexo 5. Tabla de Bitácora sobre el motocultor.

Semana/Sesión	Actividad realizada	Resultado/Entregable	Decisión tomada (y por qué)	Responsable	Categoría	Evidencia (link/archivo/foto)	Estado	Observaciones
1	Revisión bibliográfica y definición problema	Informe resumen del problema	Se validó la necesidad del motocultor para	Renzo Heredia	Documentación	N/A	Completo	Se continúan fases de diseño

			pequeñas parcelas						
2	Análisis estructural por Elementos Finitos	Reporte con simulaciones y análisis	Se reforzaron zonas críticas identificadas en análisis	Renzo Heredia	Analisis	N/A		En proceso	Ajustes estructurales en progreso
3	Selección de materiales y componentes	Lista de materiales adquiridos	Se eligieron tubos de acero 40x40 x2 mm y kit de transmisión reciclado	Renzo Heredia	Compra	https://estliveupsedu-my.sharepoint.com/personal/rherediav1_estupsedu_ec/Documents/Titulacion%20Heredia%20Renzo/Ferreteria.pdf?CT=1769283230210&OR=ItemsView		Completo	Materiales entregados a taller para inicio construcción

4	Construcción del bastidor	Bastidor soldado y pintado	Se cumplió especificación estructural, adecuado para pruebas	Renzo Heredia	Fabricación	https://estliveupsedu-my.sharepoint.com/personal/rherediav1_est_ups_edu_ec/Documents/Titulacion%20Heredia%20Renzo/construccion%20eje.pdf?CT=1769298232644&OR=ItemsView	En proceso	Pendiente ensamble del motor y sistema transmisión
5	Ensamble del motor y sistema de transmisión	Prototipo ensamblado	Confirmado acople efectivo, sistema de transmisión estable	Renzo Heredia	Montaje	https://estliveupsedu-my.sharepoint.com/personal/rherediav1_est_ups_edu_ec/Documents/Titulacion%20Heredia%20Renzo/Ensamble.pdf?CT=1769298290767&OR=ItemsView	En proceso	Ajustes menores en cadena y piñones
6	Pruebas funcionales en	Registro de tiempos y observaciones	Se redujo tiempo de preparación	Renzo Heredia	Pruebas	https://estliveupsedu-my.sharepoint.com/personal/rherediav1_est_ups_edu_ec/Documents/Titulacion%20Heredia%20Renzo/prueba%20en%20terreno.pdf?CT=1769298189711&OR=ItemsView	En proceso	Evaluar ergonomía y realizar

	terreno		de terreno en 50%					ajustes necesarios
7	Modificaciones estructurales y funcionales	Informe de mejoras aplicadas	Incorporados refuerzos laterales y ajuste de profundidad de fresadoras	Renzo Heredia	Ajustes		N/A	Pendiente Probar prototipo modificado
8	Preparación de informe final y presentación	Documento y presentación	Se integró toda la información logrando coherencia	Renzo Heredia	Documentación		N/A	Pendiente Programar fecha de defensa

			técnic a y práctic a						
--	--	--	-------------------------------	--	--	--	--	--	--