

**UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTÓBAL DE
HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**Diseño, construcción y evaluación de una sembradora manual
de quinua, Ayacucho - 2019**

Tesis para optar el Título Profesional de:
INGENIERO AGRÍCOLA

Presentado por:
Bach. Mariño Alarcon, Jose Luis

Asesor:
M.sc. Ing. Federico Quicaño Suárez

AYACUCHO - PERÚ

2024

Dedicatoria

Con todo mi cariño a mis padres José y Melania y hermanos, por su constante preocupación y respaldo para seguir luchando por mis metas, a mi esposa por motivarme, a mis hijos José Luis y Damaris Karin quienes me inspiran a seguir desarrollándome como persona, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.

Agradecimiento

Deseo mostrar mi sincero agradecimiento a la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, donde completé mis estudios y obtuve una formación completa en la Facultad de Ciencias Agrarias, en particular, en la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola.

Además, deseo mostrar mi reconocimiento y gratitud a los ingenieros que me brindaron su apoyo, en especial a mi asesor de tesis y amigo, el MSc. Federico Quicaño Suarez, cuya orientación, conocimientos y constante respaldo fueron fundamentales durante el transcurso de esta investigación.

También quiero agradecer a todos mis amigos, con quienes compartí momentos inolvidables durante mi etapa universitaria.

Asimismo, quiero expresar mi agradecimiento al Vicerrectorado de Investigación de la UNSCH, cuyo apoyo financiero a través del Fondo de Desarrollo Socioeconómico de Camisea hizo posible la realización de esta tesis a través de su financiamiento.

Índice general

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice general	iv
Índice de tablas.....	vi
Índice de figuras	vii
Resumen	9
Introducción	10
Capítulo I: Marco Teórico.....	14
1.1. Antecedentes	14
1.2. El proceso de germinación y brotamiento de las plantas	19
1.3. La cama de siembra	20
1.4. Las características de la siembra	23
1.5. Propósito de las sembradoras y sus categorías principales	26
1.6. Clasificación de las sembradoras	27
1.7. Sembradoras de granos (sembradoras para hileras)	30
1.8. Partes componente de una sembradora	31
1.9. Dosificadores de la sembradora	34
1.9.1. Dosificadores mecánicos	34
1.9.2. Dosificadores neumáticos	42
Capítulo II: Metodología	45
2.1. Descripción de la zona de estudio	45
2.1.1. Ubicación geográfica.....	45
2.1.2. Ubicación política	46
2.2. Tipo de Investigación	46
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	46
2.4. Evaluación técnica.....	48
2.5. Diseño de Investigación	48
2.6. Materiales	48
2.6.1. Materiales Utilizados.....	48
2.7. Metodología de investigación	50

2.7.1. Evaluación de la eficiencia y eficacia de la máquina sembradora manual para el cultivo de la quinua	52
2.7.2. Evaluación comparativa de la eficiencia y eficacia de la máquina sembradora de quinua	58
2.7.3. Evaluación de la eficiencia y eficacia de la máquina sembradora manual para el cultivo de la quinua	63
Capítulo III: Resultados y discusiones	70
3.1. Resultados	70
3.1.1. Diseñar una máquina sembradora manual para el cultivo de la quinua con tecnología del medio y a un costo barato para la región Ayacucho	70
3.1.2. Construir una máquina sembradora manual para el cultivo de la quinua con tecnología del medio, para ahorrar tiempos y costos en la labor de siembra en la región Ayacucho.....	76
3.1.3. Evaluar la eficiencia y eficacia de la máquina sembradora manual para el cultivo de la quinua, bajo las condiciones de la región Ayacucho.....	85
3.2. Discusiones.....	96
Capítulo IV: Conclusiones.....	98
4.1. Discusiones.....	98
Capítulo V: Recomendaciones	100
5.1. Recomendaciones.....	100
Capítulo VI: Referencias Bibliográficas	102
Capítulo VII: Anexos	104

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Profundidad de siembra para diferentes semillas</i>	24
Tabla 2 <i>Formato de especificaciones o requisitos</i>	47
Tabla 3 <i>Materiales empleados en la construcción maquina sembradora</i>	49
Tabla 4 <i>Fases del procedimiento de diseño de una sembradora</i>	50
Tabla 5 <i>Requisitos de diseño de maquina sembradora</i>	53
Tabla 6 <i>Rango para evaluar las alternativas de las necesidades de la propuesta tecnológica de la sembradora</i>	53
Tabla 7 <i>Valores de los coeficientes de fricción por deslizamiento para diferentes materiales</i>	62
Tabla 8 <i>Resumen de fuerzas aplicadas en la maquina</i>	73
Tabla 9 <i>Resumen de fuerzas aplicadas en la maquina durante la evaluación en campo</i>	88
Tabla 10 <i>Detalle de materiales utilizados en la construcción de la máquina sembradora.....</i>	89
Tabla 11 <i>Costo de herramientas y equipos utilizados en el taller de mecánica</i>	90
Tabla 12 <i>Costo mano de obra para la construcción de la máquina sembradora.....</i>	90
Tabla 13 <i>Resumen de costos en la construcción de la maquina sembradora.....</i>	91
Tabla 14 <i>Rango de ponderación de la máquina sembradora</i>	92
Tabla 15 <i>Muestra las medidas del impacto social</i>	93
Tabla 16 <i>Cuantificación del Impacto económico.....</i>	94
Tabla 17 <i>Cuantificación del Impacto económico.....</i>	95

Índice de figuras

Figura 1 <i>Maquina sembradora de quinua accionada por un motor de combustión interna.....</i>	15
Figura 2 <i>Sembradora de quinua con dosificación automática y con capacidad de 20 Kg</i>	16
Figura 3 <i>Dispositivo de rotor cilíndrico con eje horizontal y capacidad constante.</i>	35
Figura 4 <i>Rodillo cilíndrico de eje horizontal de capacidad variable</i>	36
Figura 5 <i>Rodillo cilíndrico de eje horizontal de capacidad variable y dientes helicoidales.....</i>	37
Figura 6 <i>Dosificador tipo Chevron; componentes</i>	38
Figura 7 <i>Esquema de un dosificador de placa con enrasador y expulsor</i>	38
Figura 8 <i>Esquema de un dosificador de placa inclinada con enrasador y expulsor</i>	39
Figura 9 <i>Detalle de una placa para maíz con dos hileras de alvéolos</i>	40
Figura 10 <i>Detalle de una placa vertical con dos hileras de alvéolos (sembradoras Great Plaíns)</i>	41
Figura 11 <i>Detalle de una placa horizontal con dos hileras de alvéolos.....</i>	41
Figura 12 <i>Detalle de un dosificador de dedos</i>	42
Figura 13 <i>Detalle de un dosificador neumático por succión</i>	43
Figura 14 <i>Dosificador neumático por presión. A la derecha esquema de alta y baja velocidad.....</i>	43
Figura 15 <i>Esquema básico de un dosificador Air Drill con rodillo dosificador mecánico y sistema de turbina por presión</i>	44
Figura 16 <i>Mapa político de la región Ayacucho, provincia y distrito de Huamanga</i>	45
Figura 17 <i>Esquema metodológico de investigación.....</i>	51
Figura 18 <i>Diagrama representativa de fuerzas del sistema de tracción</i>	60
Figura 19 <i>Diagrama de fuerzas del coeficiente de fricción</i>	61
Figura 20 <i>Representación isométrico de la tolva de sembradora</i>	71
Figura 21 <i>Fuerzas que actúan en la maquina sembradora</i>	73
Figura 22 <i>Fuerza periférica en la cadena parte de la dosificación de la maquina sembradora</i>	74
Figura 23 <i>Diseño final de la máquina sembradora</i>	76

Figura 24 <i>Chasis de la maquina sembradora</i>	77
Figura 25 <i>Vista isométrica y lateral de la tolva de la maquina sembradora.....</i>	78
Figura 26 <i>Distribuidor de semilla de la maquina sembradora.....</i>	79
Figura 27 <i>Accesorios del distribuidor de semilla de la máquina sembradora</i>	80
Figura 28 <i>Componentes para cambio de velocidades en la dosificación de semillas de la maquina sembradora.....</i>	80
Figura 29 <i>Ruedas dentadas que permite la dosificación de semillas de la maquina sembradora.....</i>	81
Figura 30 <i>Cadena que permite la dosificación de semillas de la maquina sembradora</i>	82
Figura 31 <i>Rueda de tierra - neumático de caucho.....</i>	82
Figura 32 <i>Elementos de sujeción de ruedas en la maquina sembradora.....</i>	83
Figura 33 <i>Prototipo de la maquina sembradora.....</i>	85
Figura 34 <i>Calibración de la densidad de siembra en la maquina sembradora</i>	86

Resumen

El presente trabajo de investigación se ejecutó en el laboratorio de Mecanización Agrícola y las pruebas experimentales de campo se llevaron a cabo en el Centro Experimental de Pampa del Arco y Canaán de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; se construyó un modelo de sembradora manual de quinua con materiales de acero y transmisiones de ruedas dentadas y cadenas. Los resultados obtenidos contribuirán en la solución de las labores de siembra del cultivo de quinua, como una alternativa tecnificada a la siembra que permita una eficiente aplicación y uniformidad de distribución en el campo de cultivo según la densidad de siembra adoptada; dichos implementos por la simplicidad en su diseño permite estar al alcance de los pequeños agricultores para realizar la siembra con facilidad y contribuir en la reducción de sus costos de producción y ahorro en el tiempo en la ejecución de la labor de siembra del cultivo de quinua. Se realizó la evaluación técnica y económica en el laboratorio y campo en la siembra del cultivo de quinua en diversas densidades de siembra y luego en campo se determinó la capacidad trabajo teórico en 0.229 ha/hr y capacidad de trabajo efectivo en 0.176 ha/hr y así mismo el tiempo efectivo y tiempo operativo fue de 4.37 hr/ha y 5.682 hr/ha, y siendo costo de la construcción de la máquina sembradora manual de 543.95 soles. El análisis de impacto en lo social, económico y medioambiental es de medio positivo y alto positivo, siendo S/. 543.95 el costo de la construcción de la máquina sembradora manual de quinua desarrollado en el presente trabajo de investigación.

Palabra clave: Diseño y construcción sembradora manual de quinua.

Introducción

García, Avendaño & Suarez (2016), una de las labores fundamentales en la agricultura es la siembra, que implica depositar las semillas en el suelo para que germinen y crezcan nuevas plantas. Para lograr un desarrollo óptimo de las plantas, es crucial sembrarlas en un entorno con las condiciones adecuadas. En este contexto, las sembradoras son dispositivos diseñados para plantar diversos tipos de granos (como maíz, trigo, cebada, quinua, entre otros) en cantidades y profundidades adecuadas, así como con una separación adecuada entre surcos, dependiendo del tipo de semilla. En general, algunas semillas son cubiertas con tierra o agua durante el proceso de siembra.

Agronline (2018), hacia la era contemporánea, específicamente durante la revolución industrial, se experimentaron avances sin precedentes en toda la industria, especialmente en lo que respecta a la siembra de cultivos a gran escala. En este contexto, destacó Jethro Tull (1672 - 1741) como pionero de la sembradora mecánica, al inventar el primer dispositivo de este tipo. En el año 1701, Tull probó su sistema, que implicaba el uso de una azada arrastrada por caballos, con el objetivo de mejorar la eficiencia en la siembra. Esta innovación combinaba la preparación del suelo con el proceso de siembra, permitiendo labrar y sembrar grandes extensiones de terreno con pocos trabajadores. Además, el dispositivo distribuía los granos de manera uniforme en hileras mediante una barrera mecánica, lo que reducía la necesidad de limpiar la maleza en el futuro.

El empleo de tecnología adecuada que mejore la producción y productividad de los cultivos es un problema constante para los agricultores de la zona altoandina del País. Prácticamente, en toda la sierra del Perú los agricultores conducen sus cultivos sembrando manualmente y solo un pequeño porcentaje cuenta con el apoyo de

máquinas sembradoras manuales o de tracción mecánica; no obstante su importancia económica de la labor de siembra, tanto en el país como en el extranjero se han diseñado pocas máquinas sembradoras para incrementar la eficiencia en los cultivos.

Ramírez Flores (2019), la mejora de la eficiencia en la siembra y cosecha de cultivos tradicionales en los valles interandinos del Perú busca aumentar la productividad agrícola y mejorar el nivel de vida de los agricultores. Esto incluye reducir la carga física del trabajador rural mediante un diseño ergonómico. El objetivo es desarrollar una máquina manual económica y fácil de usar, fabricar y mantener, que pueda operar en terrenos difíciles y remotos utilizando materiales locales y con facilidad de reparación para garantizar su funcionamiento continuo.

Diezma & García (2006), las máquinas de siembra están diseñadas para depositar las diferentes variedades de semillas en el suelo sin causar daños. Este proceso de siembra se realiza típicamente en líneas o surcos. En este artículo, nos centraremos únicamente en los conceptos fundamentales de dos tipos de sembradoras: las de monograno y las de chorrillo. Los requisitos específicos de cada cultivo influyen en el tipo de semillas utilizadas. Las sembradoras monograno están diseñadas para colocar las semillas a una distancia uniforme ya preestablecida dentro del surco.

En el presente trabajo de tesis, se realizó los diseños de una máquina sembradora para el cultivo de la quinua, el cual luego de su construcción se evaluó su eficiencia, eficacia y las regulaciones para variar la densidad de siembra de acuerdo a los objetivos planteados.

La investigación de la tesis se centró en crear, construir y analizar una sembradora manual de granos que fue elaborada de manera no profesional y experimental, pero demostró ser duradera, fácil de usar y resistente a daños debido a

su diseño simple. Este proyecto nació como respuesta a la demanda y necesidad dentro del ámbito agrícola de contar con un dispositivo que pudiera mejorar el proceso de siembra. Se realizaron varias adaptaciones, principalmente en los sistemas de transmisión y distribución de granos, comenzando con la construcción de un prototipo inicial para su desarrollo.

Con el propósito de mejorar las condiciones laborales de los campesinos, se ha iniciado el desarrollo de un dispositivo que, gracias a sus atributos físicos, cumple con los requisitos para la deposición de semillas. El principal enfoque de esta investigación es agilizar y simplificar el proceso de siembra manual, por lo que se ha diseñado una máquina que es ligera, fácil de transportar, de uso sencillo y de mantenimiento accesible.

Objetivo general

Diseñar, construir y evaluar una máquina sembradora manual para el cultivo de la quinua con tecnología del medio local, para la región de Ayacucho.

Objetivos específicos

- Diseñar una máquina sembradora manual para el cultivo de la quinua con tecnología del medio y a un costo barato para la región Ayacucho.
- Construir una máquina sembradora manual para el cultivo de la quinua con tecnología del medio, para ahorrar tiempos y costos en la labor de siembra en la región Ayacucho.
- Evaluar la eficiencia y eficacia de la máquina sembradora manual para el cultivo de la quinua, bajo las condiciones de la región Ayacucho.

Capítulo I: Marco Teórico

1.1. Antecedentes

Caballero & Cusicuna (2019), la investigación tecnológica se enfoca en crear una sembradora de quinua diseñada específicamente para su implementación en la región Apurímac, en la cooperativa agroindustrial Machupicchu, cuya empresa agroexportadora es un destacado productor de quinua orgánica destinada a la exportación. El proceso de desarrollo de este proyecto comienza con un análisis de antecedentes y tecnologías similares utilizadas tanto en el Perú como en otros países, con el fin de comprender los diversos componentes de una sembradora de granos. Una vez recopilada la información necesaria, se seleccionan los elementos de transmisión que se adaptarán al diseño propuesto, asegurando que la operación y funcionalidad de la máquina sean similares a las de los modelos existentes. Con el modelo geométrico definido, se llevan a cabo los cálculos correspondientes para los diferentes componentes de la sembradora. Para la construcción de la máquina, se elaboran planos detallados que muestran el ensamblaje y despiece de los distintos elementos del sistema, y se determina el presupuesto total necesario para su ejecución.

Gaibor & Quillupangui (2018), elaboró y fabricó una máquina sembradora impulsada por un motor de combustión interna con el propósito de simplificar el proceso de siembra en la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi en Ecuador, lo que ha permitido la introducción de innovaciones tecnológicas en la agricultura. La metodología de investigación se basa en la observación directa en el campo, donde se evaluaron variables independientes para desarrollar una máquina sembradora de quinua adecuada para las necesidades de los pequeños agricultores. Los tiempos, la velocidad y el peso de la

máquina durante la siembra de quinua se calcularon en condiciones reales, lo que resultó en las características y capacidades de la máquina. La máquina tiene dimensiones estándar que se adaptan a los agricultores locales, con una altura de 1.70 metros. Los componentes de transmisión de fuerza y movimiento para la dosificación de la semilla de quinua se basan en un sistema de piñón, cadena y rodamientos, que proporcionan estabilidad a la máquina y permiten su operación con facilidad y comodidad para el agricultor. La máquina sembradora de quinua construida ha sido de gran ayuda y ha reducido significativamente los costos económicos, además de disminuir el tiempo requerido para la siembra.

Figura 1

Maquina sembradora de quinua accionada por un motor de combustión interna



Fuente: Gaibor & Quillupangui (2018)

Aragón & Manya (2016), el estudio de investigación se centra en revisar las prácticas previas llevadas a cabo por los pequeños agricultores antes de la siembra, lo cual demuestra y respalda la necesidad de diseñar y construir una máquina sembradora con dosificación automática de semillas de quinua y abono, con una capacidad de 20 kg/h, que será de gran utilidad para los productores de quinua. Se analizaron tres

posibles alternativas para el diseño y construcción de una sembradora de quinua, considerando las necesidades de los agricultores, el costo del equipo y su rendimiento en el campo. Después, se eligió la opción más favorable mediante un método de ponderación de criterios que evaluó su factibilidad y desarrollo. Se procedió con el diseño mecánico de la máquina, tomando en cuenta aspectos como las cargas combinadas en los ejes, la velocidad, la capacidad de la tolva, la relación de transmisión, la fuerza de empuje, el peso, la selección de la cadena y los engranajes utilizados en la transmisión de movimiento. Se realizaron análisis estáticos y dinámicos para verificar que los ejes y los componentes de unión, como chavetas y rodamientos, fueran apropiados, utilizando el software Inventor 2015 para simular los esfuerzos y la deformación de los elementos estructurales. Los resultados obtenidos cumplen con los objetivos establecidos en la investigación, lo que resulta en beneficios como la optimización del tiempo, el esfuerzo en la labor de siembra, el costo, y el ahorro de semilla y abono.

Figura 2

Sembradora de quinua con dosificación automática y con capacidad de 20 Kg



Fuente: Gaibor & Quillupangui (2018)

Álvarez (2011), se realizó una prueba de campo para evaluar un nuevo diseño de máquina sembradora que se utilizó en actividades agrícolas de conservación con tracción animal. El objetivo fue analizar el desempeño en terreno del mecanismo dispensador de semillas y fertilizantes de la máquina sembradora y fertilizadora Herconth en parcelas de tamaño reducido. Para llevar a cabo esta evaluación experimental en campo, se siguieron procedimientos conforme a la sección de evaluación en campo para medir la siembra, según lo especificado por la norma mexicana NMX-O-168-SCFI-2009 para la prueba y evaluación en campo de sembradoras fertilizadoras individuales con distribuidor de semillas de disco accionadas mecánicamente. El objetivo del estudio se alcanzó mediante los resultados obtenidos en el campo. Estos resultados mostraron que al sembrar maíz plano, no se logró una distribución uniforme de las semillas, ya que se observó una desviación estándar de 5.4 cm y un coeficiente de variación del 54.1%. En otra prueba utilizando dos platos dosificadores con 15 y 20 celdas para frijol, se encontró una desviación estándar de 6.3 y 4.91 respectivamente, y un coeficiente de variación del 67.1% y 59.7% respectivamente, lo que indicó una distribución irregular de las semillas con los platos de frijol. En cuanto a la profundidad de siembra del frijol, se observó un comportamiento satisfactorio dentro de los rangos de profundidad recomendados por la norma NMX-O-168-SCFI-2009. Sin embargo, para el maíz, la profundidad de siembra fue desigual, excediendo los rangos de especificaciones recomendados por dicha normativa.

Salvá (2015), la máquina fue diseñada para la siembra de semillas de quinua en diversos tipos de suelos del departamento de Ayacucho, tales como la Blanca de Huancayo y la Amarilla de Marangani. Sus dimensiones son de 160 cm de largo, 180

cm de ancho y 100 cm de altura. Las semillas y el abono se depositan y dosifican mediante rodillos en la tolva de la máquina. Se han instalado cobertores en las cadenas para prevenir posibles daños tanto a la máquina como al operador. La energía mecánica proviene de un tractor SHANGAI 504 con una potencia de 55 HP, encargado de remolcar la máquina y permitir su funcionamiento en los suelos, con una velocidad de avance de 1,40 m/s (5 km/h). Se empleó la metodología de diseño VDI 2221 para todo el proceso, desde la concepción de los conceptos de solución hasta la elaboración del proyecto final.

Tolesano (2010), en su investigación, se desarrolló un proyecto detallado para la creación de una máquina sembradora manual de precisión destinada a ser utilizada por diversos agricultores, con el objetivo de aumentar tanto su producción como su productividad. Este proyecto se basa en las necesidades identificadas en la población, con el fin de lograr una renovación tecnológica que simplifique la producción y permita alcanzar altos niveles de rendimiento funcional. Bajo el enfoque de "diseño para todos", se persiguió la creación de un producto contemporáneo y avanzado, manteniendo los principios fundamentales de las máquinas agrícolas y su integración formal como producto final.

Lara (2005), se menciona que el diseño se refiere a una máquina de siembra directa que permite dejar los campos cubiertos con los restos de la cosecha anterior, previniendo así la erosión y la mala formación del suelo. Gracias a su diseño preciso, esta máquina deposita las semillas una a una en el suelo a una distancia específica, según lo determinado por el personal. Este proceso se logra mediante un distribuidor fabricado que utiliza un sistema de vacío; este sistema de bajo rozamiento permite ser accionado por un motor eléctrico controlado por el operador del tractor, eliminando la

necesidad de los tradicionales sistemas de transmisión mecánica. Para desarrollar el diseño de esta máquina, se emplearon herramientas de diseño gráfico y simulación, lo que permitió optimizar la siembra de manera efectiva. Como resultado, se realizó un diseño adecuado de la máquina sembradora para abordar cualquier problema o inconveniente en sus diversas partes y funciones.

1.2. El proceso de germinación y brotamiento de las plantas

Los granos de semilla son pequeños almacenes bioquímicos que albergan los componentes genéticos de la planta, además de reservas de nutrientes esenciales para el proceso de germinación y el crecimiento inicial de la planta. La germinación se inicia cuando la semilla entra en contacto con el agua; durante el periodo de almacenamiento, la capacidad germinativa de las semillas se ve inhibida por el ambiente seco. Sin embargo, una vez sembrada, la semilla germina al entrar en contacto con la humedad del sustrato de siembra, y gradualmente se convierte en una plántula. A medida que la plántula crece, utiliza las reservas de nutrientes de la semilla para desarrollar tanto su tallo como sus raíces primarias. Cuando aparece el tallo inicial, comienza el proceso de brotación y la planta empieza a separarse gradualmente de la semilla debido al desarrollo de su sistema de raíces y sus partes superiores. El desarrollo del sistema de raíces permite la absorción de nutrientes, mientras que el crecimiento de las partes superiores facilita la fotosíntesis y la actividad clorofílica.

En este proceso de germinación y brotación, el agua juega un papel crucial, siempre y cuando la temperatura y la aireación del suelo sean adecuadas, y no haya obstrucciones para el crecimiento del tallo y las raíces debido a la dureza excesiva del suelo.

1.3. La cama de siembra

Ortiz Cañavate (1993), se especifica que la cama de siembra es la capa superficial del suelo que recibe las semillas durante la siembra, permitiéndoles germinar y desarrollar plántulas. La preparación adecuada de esta cama es crucial para garantizar una alta tasa de germinación. Es importante recordar que la capacidad germinativa de un lote de semillas depende de las condiciones del suelo y del clima antes, durante y después de la siembra.

La estructura de la cama de siembra debe permitir la adecuada respiración de la semilla y su conexión con el agua a través de la capilaridad entre el suelo y los granos. En resumen, el correcto funcionamiento de una cama de siembra depende de varios aspectos: una estructura fina de agregados del suelo favorece el intercambio de agua pero limita el intercambio de oxígeno, mientras que una estructura gruesa dificulta el intercambio de agua pero promueve el intercambio de oxígeno.

En resumen, se considera ideal que al menos el 40% de las partículas del suelo en la cama de siembra tengan un tamaño menor al de los granos sembrados. La cama de siembra está formada por cuatro áreas diferentes:

- La base de la cama de siembra debe ser compacta para permitir una buena absorción de agua por capilaridad, pero también debe presentar grietas adecuadas para favorecer el crecimiento de las raíces.
- En la región intermedia, se coloca una capa de suelo fino que rodea directamente la semilla, con el fin de envolverla y mantener la humedad requerida.
- En la superficie, se distribuyen múltiples terrones con el objetivo de evitar la compactación superficial del suelo, promoviendo así la aireación y reduciendo la pérdida excesiva de humedad por evaporación.

- La región destinada a la evolución de las raíces debe estar compactada adecuadamente para permitir que el agua ascienda por capilaridad y se conecte eficientemente con las raíces.

La correcta función de la cama de siembra se logra mediante las actividades culturales realizadas en la superficie del suelo antes de la siembra, con herramientas como los aperos de discos o dientes, así como con equipos accionados y rodillos. Estas acciones pueden llevarse a cabo en fases separadas o en un solo paso, o bien pueden estar integradas con la sembradora.

Durante el proceso de siembra, las acciones de enterrado, compactación y cobertura realizadas por las sembradoras tienen un impacto significativo en la cama de siembra. A lo largo de la línea de siembra, el suelo experimenta una mayor descomposición y compactación (especialmente en sembradoras de precisión) en comparación con los espacios entre las líneas de siembra. Esta variación en las condiciones del suelo crea un entorno óptimo para la germinación y el crecimiento inicial de las plantas, al mantener una porosidad adecuada entre las hileras que facilita la absorción del agua de lluvia y la aireación del suelo.

En resumen, la cama de siembra se refiere a crear las condiciones ideales para que las semillas germinen de manera uniforme y rápida, lo cual implica garantizar la presencia de agua, aire, calor y un entorno libre de enfermedades. Algunas características clave de la cama de siembra comprenden:

- Retener la lluvia fuerte para evitar la formación de costras y la erosión.
- Servir como protección contra la evaporación del agua.
- Facilitar el transporte capilar de agua hacia las semillas en germinación.

- Servir como reserva de nutrientes, agua y oxígeno, promoviendo el desarrollo de las raíces.

La cama de siembra ideal debe tener una estructura específica. Esta estructura consiste en una capa superior de material grueso, que incluye agregados orgánicos, para evitar la formación de costras. Esta capa está seguida por una capa de material más fino que retiene la humedad del suelo y facilita el contacto adecuado entre la semilla y el suelo. El suministro de agua a las semillas durante la germinación ocurre mediante el transporte capilar desde abajo, lo que subraya la importancia de asegurar un buen contacto inicial entre la semilla y el suelo, ya sea en suelos ligeros o en suelos arcillosos pesados.

Requisitos básicos de la cama de siembra

Las características de las camas de siembra pueden ser diversas, sin embargo, todas deben garantizar ciertas condiciones esenciales para el desarrollo de las semillas:

- Suministro de agua
- Adecuada ventilación
- Temperatura adecuada
- Ambiente libre de patógenos y enfermedades.

Regar alrededor de la semilla

En el caso de los cereales, la germinación comienza cuando el grano absorbe agua. La germinación del grano hinchado ocurre cuando su contenido de agua aumenta del 13%-14% al 45%-60%. Es crucial que al menos un 6% de agua esté disponible alrededor de la semilla para asegurar un suministro adecuado de agua y el inicio del proceso de germinación. Para garantizar este acceso al agua, es fundamental lograr un buen contacto entre la semilla y el suelo, ya que el agua se absorbe del suelo

circundante. Por lo tanto, las partículas de tierra alrededor de la semilla no deben ser demasiado grandes. Se recomienda que al menos el 50% de los agregados en la cama de siembra tengan un diámetro inferior a 5mm para asegurar la germinación incluso en ausencia de lluvia después de la siembra.

La adecuada profundidad de siembra es fundamental para asegurar la disponibilidad de agua. Esta profundidad debe equilibrar la necesidad de colocar la semilla lo suficientemente profunda para encontrar agua para la germinación, al mismo tiempo que permite una germinación rápida al mantener una profundidad reducida. Este concepto se puede visualizar en las siguientes ilustraciones.

1.4. Las características de la siembra

Hunt (1,986), indica que los elementos clave de una siembra son la profundidad, la densidad y la uniformidad

- La profundidad de siembra

La correcta profundidad de siembra es fundamental para el éxito del proceso, siendo especialmente crucial cuando se trata de semillas pequeñas que pueden tener dificultades para atravesar capas de tierra densas. Por ejemplo, sembrar a una profundidad de 1.5 cm resulta en un índice de germinación del 86%, mientras que sembrar las mismas semillas a una profundidad de 3 cm reduce este índice al 66%.

Sembrar demasiado superficialmente expone los granos a variaciones térmicas, falta de humedad y daños por el viento y las aves.

La siguiente tabla indica las profundidades de siembra recomendadas para los cultivos más comunes. Las amplitudes indicadas no reflejan tolerancias, sino las variaciones de profundidad utilizadas en diferentes regiones según las características del suelo y la humedad:

Tabla 1*Profundidad de siembra para diferentes semillas*

Profundidad de siembra			
Cultivo	Profundidad (cm.)	Cultivo	Profundidad (cm.)
Tubérculos.	4–8	Remolacha.	2–3
Arveja, haba.	3–5	Maíz.	2–6
Cebada, trigo.	2–3	Sorgo.	2–3
Soja.	2–5	Alfalfa.	1–2
Girasol.	2–4	Quinoa.	1–2

Fuente: Hunt D., 1986. Manual de Maquinaria Agrícola. Equipos y selección

- **La cantidad de semillas sembradas por área y la cantidad de plantas por hectárea.**

El exceso de plantas por área de terreno conduce a una competencia entre ellas: en suelos pobres, el sistema radicular se expande considerablemente debido al esfuerzo de búsqueda de recursos; mientras que en suelos muy fértiles, las partes aéreas de la planta compiten entre sí, generando un desequilibrio. Para prevenir estas competencias, es esencial adaptar la separación entre las semillas de acuerdo con la fertilidad del suelo. La densidad de siembra (D) se determina en granos por metro cuadrado (gr/m^2) y está basada en el número de semillas colocadas por metro lineal (nL) y el espacio entre las hileras (espacio eR).

$$D = \frac{nL}{eR} \dots \dots \dots \text{(Ecuación 1)}$$

La cantidad de semillas por metro lineal se calculará de la siguiente manera:

$$nL = D \times eR \dots \dots \dots \text{(Ecuación 2)}$$

El intervalo eL entre los granos en la fila se determinará como:

$$eL = \frac{1}{nL} \dots \dots \dots (\text{Ecuación 3})$$

La cantidad de semillas por hectárea (ngH) se refiere a la misma idea que la densidad de siembra, pero se expresa en términos de una superficie de 10,000 m²

$$ngH = D \times 10.000 \dots \dots (\text{Ecuación 4})$$

Este número de semillas por hectárea no debe ser confundido con la cantidad de plantas por hectárea (npH), que se refiere específicamente al número de plantas que emergen con éxito. En una parcela determinada, la diferencia ngH - npH entre el número de semillas por hectárea y el número de plantas por hectárea representa las semillas que no germinaron. Por lo tanto, podemos definir la tasa de germinación como la proporción:

$$\text{Tasa de brotamiento} = \frac{npH}{ngH} \times 100 \dots \dots \dots (\text{Ecuación 5})$$

- **La dosis de siembra**

Cuando se expresa en kilogramos por hectárea, esta medida está determinada por la densidad de semillas deseada (ngH) y el peso de mil granos (Pmg).

$$\text{Dosis de siembra} = \frac{npH \times Pmg}{1.000.00} = kg/ha \dots (\text{Ecuación 6})$$

- **Regularidad de una siembra**

Se hace alusión a las condiciones adecuadas definidas para las tres reglas fundamentales: la distancia entre las filas, el espaciado entre los granos dentro de cada fila y la profundidad de la siembra.

La normalidad en el espaciado entre hileras generalmente no plantea muchos problemas, ya que suele estar bien controlada y es poco probable que genere inconvenientes en el terreno. Por lo tanto, este aspecto es crucial para el éxito del crecimiento de las plantas. Este estudio se centra en los sistemas de elección y distribución de semillas, además de abordar la conducción adecuada y el transporte de estas hasta los dispositivos de enterrado. Se emplean métodos estadísticos para evaluar la eficacia de siembra de varias máquinas, especialmente aquellas diseñadas para siembras de precisión.

En contraste, alcanzar una uniformidad en la profundidad de siembra representa un desafío mayor, dado que está directamente afectada por las propiedades de la cama de siembra, el rendimiento de los implementos de enterrado de las sembradoras y la velocidad de desplazamiento.

1.5. Propósito de las sembradoras y sus categorías principales

Berlijn (1982), las sembradoras deben distribuir las semillas de manera eficiente para alcanzar la densidad de plantas deseada, lo que involucra:

- Posicionarlas adecuadamente en el terreno horizontal, tanto en la dirección de avance como entre las hileras.
- Mantener una profundidad regular y óptima.
- Preservar la integridad de los granos durante su distribución. Las roturas en los granos pueden causar reducciones significativas en la tasa de germinación.

Formas de siembra.

De acuerdo al cultivo a implantar y a su disposición sobre el terreno, es posible realizar siembras de diferentes maneras, al respecto hacemos una breve referencia.

- a. En manto (a voleo)

- b. En líneas, granos finos (a chorrillo)
- c. En hileras, granos gruesos

a) cultivos en manto o siembra en manto.

Se realiza fundamentalmente a voleo es decir depositando la semilla sobre el suelo preparado, pero sin ningún orden. Se trata de lograr una distribución más o menos uniforme, depositando igual cantidad de semilla por cada unidad de superficie.

b) Cultivos o siembras en líneas a chorrillos.

La misma se realiza con un cierto orden sobre la superficie trabajada, es el caso de las semillas de grano fino, este tipo de sembradora las describimos en capítulo aparte.

c) Cultivos o siembras en hileras.

Son las que se establecen de forma tal que durante los diversos estadios de desarrollo del cultivo, permiten el pasaje entre las hileras de las plantas, de diversas maquinarias para realizar tareas de mantenimiento sin provocar la destrucción de las mismas. Se conocen también con el nombre de cultivos de escarda.

1.6. Clasificación de las sembradoras.

De acuerdo a las sembradoras de siembras mencionadas precedentemente, existen en consecuencia distintos tipos de sembradoras:

- **Sembradoras a voleo:** Dosifican la semilla y la distribuyen sobre el terreno; la distribución se realiza por fuerza centrífuga siendo esa distribución hecha por rotores y difusores. En el primer caso la semilla es dosificada por un orificio calibrado y cae sobre un rotor con estrías helicoidales que le imprimen una fuerza centrífuga y la despiden fuertemente.

En el segundo la máquina es similar a cualquier sembradora en líneas (grano fino), la diferencia radica en que la semilla que cae del dosificador, choca contra una chapa difusora desparramándola en forma de abanico. Estas sembradoras no poseen ni abresurcos ni cubridores; si se desea cubrir la simiente es necesario una posterior rastreada superficial.

- **Sembradoras para líneas:** Como ya se ha citado se conoce como sembradoras de grano fino, que veremos en capítulo aparte.
- **Sembradoras para hileras:** Estas sembradoras son las que se destinan para la siembra de granos gruesos, es decir para los cultivos de escarda como lo son el maíz, girasol, soja, maní, sorgo, algodón, etc., y que desarrollaremos en el presente capítulo más extensivamente.
- **Sembradoras para implantaciones sin laboreo previo del suelo:** Son sembradoras conocidas como de intersembrado, y tienen por finalidad efectuar la siembra con la mínima perturbación del suelo. Su objetivo es evitar la erosión, anticipar la siembra, efectuar renovación de las praderas.

Existen otra máquina que también efectúan la siembra sin labranza previa (es el caso de la labranza cero de Siembra Directa), que poseen elementos que le permiten cortar o roturar la superficie solamente donde será depositada la semilla, con elementos con cuchillas onduladas, zapatas, escarificadores, roturadores, etc., dejando sobre la superficie del terreno una cama mínima de recepción. Permiten establecer tanto cultivos de granos gruesos como de granos finos.

Otra clasificación en general que se puede realizar es de acuerdo al tipo de enganche, y al sistema de distribución o mecanismos de dosificación.

Según el tipo de acople:

- **En tres puntos con control hidráulico:** Son sembradoras de reducido porte, livianas, se las destinan a explotaciones intensivas (hortícolas). Los equipos montados en el sistema hidráulico de tres puntos se caracterizan por tener agilidad de movimientos en los espacios cortos reduciendo el ancho en las cabeceras, pueden ir a mayor velocidad y ser atendida con más facilidad y prontitud en lo que se refiere a su regulación y traslado. Uno de sus inconvenientes es que la transmisión para el movimiento de las placas de distribución se realiza a través de una rueda compresora-niveladora, que puede ser afectada por el arrastre; se supera dicho inconveniente empleando una rueda específica para tomar el movimiento. Otro detalle que debe atenderse es que, al estar solidariamente unido el equipo al tractor, este sigue las mínimas desviaciones de aquel, y por lo tanto se debe prestar mayor atención en el manejo.
- **De arrastre o remolcadas:** Se relaciona con el tractor mediante una lanza de enganche. Son las más difundidas. La máquina desciende y asciende (clava y desclava) por medio de un cilindro hidráulico. Se caracterizan por una regulación

de la profundidad de siembra continua, el descenso de la máquina es más suave y se evitan taponamientos en los tubos de descarga o roturas de los marcadores.

Sistemas de distribución. (Dosificadores)

La distribución de la semilla puede efectuarse de dos maneras:

- **Mecánico:** Mediante el uso de placas de entrega (granos gruesos), a roldanas y alimentación forzada en grano fino, entre otros.
- **Neumáticos:** Empleando el aire ya sea a presión o bien generando el vaco en ambos casos por medio de una turbina.

1.7. Sembradoras de granos (sembradoras para hileras)

Las sembradoras modernas vienen equipadas con diversos accesorios cuyas características varían significativamente entre las diferentes marcas y modelos.

Como lo señalaremos en el punto sobre formas de siembra (de acuerdo a como queda implantando el cultivo en el terreno), se trata en este caso de las sembradoras para cultivos de escarda, es decir aquellos que a medida que se van desarrollando permiten realizar labores culturales con otras maquinarias. Son un poco anchas que las sembradoras de grano fino estando en nuestro país difundido las de cinco cuerpos a 0,70 m. lo que hace un ancho de 3,64 m.

Antes de entrar en la descripción de las partes de la sembradora de grano grueso debemos señalar también como puede ser la siembra de cultivo de acuerdo a la preparación del terreno, es decir cómo queda el suelo una vez que paso la sembradora.

- **En plano:** En este caso existe una mínima modificación del relieve, una vez que trabajó la sembradora, es el más utilizado en la actualidad.
- **En surco:** De menor uso, en donde el relieve es modificado durante la operación de implantación por la apertura de surcos profundos. La semilla es depositada en

el fondo del surco. Este sistema es practicado en las zonas semiáridas, se protege a las plántulas de los vientos cálidos y secos de verano, que evaporan la humedad y en especial su mayor beneficio es depositar la semilla en la parte más profunda, donde hay mayor humedad. En zonas poco lluviosas el agua se acumula en los surcos; de existir terrenos con pendiente la siembra se deberá realizar perpendicular a la misma, situación que se repite para el caso de los vientos, los surcos serán también perpendiculares a la dirección predominante de estos.

1.8. Partes componente de una sembradora

Las sembradoras se componen de órganos que son muy comunes a todas, y órganos o elementos particulares empleados para distintas condiciones. Las partes generales a considerar son: Órganos de enganche, bastidor, tolvas, abresurcos, ruedas compresoras, tapadores, marcadores.

- **Órganos de enganche:** Las sembradoras se acoplan o relacionan al tractor a través de la barra de enganche de este, o bien por medio de la utilización del sistema de tres puntos (montadas).
- **Bastidor:** El bastidor o chasis se compone de travesaños sobre el que se montan las tolvas. Presentan refuerzos mediante barras transversales que soportan los esfuerzos de torsión, A los costados del mismo se disponen las ruedas de transporte desde donde mediante una relación de transmisión de engranajes, cadenas ejes cardánicos, piñón y corona, se activan los dosificadores. Por lo general sobre el chasis van montadas, en el caso de tenerlas, las tolvas de fertilizantes, y por detrás del mismo se disponen las de semillas.
- **Unidades de siembra,** se ubican detrás del chasis de la sembradora (las sembradoras estándar llevan 3 a 5 unidades). Cada unidad está formada por un

sistema de paralelogramo, abresurcos, ruedas compresoras, tapadores, rueda reguladora de profundidad, tolva. Existen modelos en los que realizando ciertas modificaciones puede transformarse el chasis de la sembradora en cultivador, es decir en una barra portaherramientas para efectuar las tareas de mantenimiento. También sobre el chasis se ubican los elementos de regulación general de la profundidad de siembra, los marcadores, y el cilindro hidráulico que accionado producirá el ascenso y descenso del equipo.

- **Tolvas.** Es el elemento cuya función es la contener una semilla que luego será distribuida y en donde se ubica el dosificador que determina la densidad de siembra. Como se mencionó van montadas sobre el bastidor y en su parte inferior se ubican los dosificadores. Las características que deben reunir las tolvas y que hacen a su eficiencia son: fácil llenado y comodidad para su limpieza y por sobre todo de gran capacidad, lo que permitirá disponer de una mayor autonomía de trabajo.
- **Abresurcos.** La función de los mismos es la apertura del surco donde será depositada la semilla.

Los abresurcos semilister o rejas, produce surcos profundos, ubicando la semilla en el fondo del mismo donde se halla la humedad; el terreno debe estar bien preparado sin malezas y rastrojo en superficie para evitar atoramientos. De existir presencia de rastrojo se adapta una cuchilla cortadora por delante de este abresurco.

Abresurco azadón corto, poseen filo lo que permite cortar raíces y malezas o bien las arrastran desplazándolas hacia la superficie. Pueden poseer aletas barredoras que desplazan los cascotes o malezas en germinación. Determina una siembra en

plano. Abresurco a discos planos, a través de dos discos planos con borde afilados, dispuestos en forma de V cerrado hacia adelante, el tubo de descarga de la semilla desemboca entre ambos, se los emplea para suelos pesados y con restos de vegetación y húmedos. Realiza siembra en plano.

- **Ruedas compresoras:** Las ruedas compresoras, comprimen e suelo para eliminar el aire alrededor de la semilla y favorecer también el ascenso de la humedad por capilaridad, creando condiciones óptimas para una rápida germinación. Al actuar este elemento sobre esta zona (ya sea sobre la línea o a los costados), no ayuda a la maleza a germinar, ya que su acción es aislada.
- **Ruedas reguladoras de profundidad:** El sistema tradicional de regulación de profundidad de siembra por cada unidad de siembra es una rueda compresora niveladora, que se ubica por lo general por detrás o por delante del tubo de descarga. Son de acero forjado recubierto de una banda de goma o caucho macizo. La posición de esta rueda con respecto al nivel del abresurco es modificable, permitiendo variar la profundidad de siembra. Las sembradoras que poseen la rueda reguladora ubicada al costado del tubo de caída, permiten un mejor control de la profundidad para los cinco cuerpos que si esta la rueda de profundidad antes o después del tubo de caída.
- **Tapadores:** Su función es la c obertura de la semilla depositada dentro del surco, con una capa de espesor determinado de tierra suelta y húmeda. Los órganos cubridores se disponen en la sembradora por detrás de los de apertura, asistiendo diversos sistemas, entre ellos se encuentran los discos que presentan regulación en un ángulo de ataque los que varía el aporte de tierra; y las cuchillas tapadoras que son de forma alargada, regulando su presión mediante resortes.

- **Marcadores:** La función de los mismos es trazar un surco sobre el terreno para de este modo indicar el lugar exacto por donde debe pasar la sembradora en la vuelta siguiente. En el caso de siembra de cereales esto es importante ya que la separación entre líneas debe mantenerse constante para de este modo no tener inconvenientes en el mantenimiento de cultivo y en la cosecha. Se emplean marcadores sobre el centro de la maquinada, o sobre la pisada del tractor. Como ya hemos señalado se ubican uno a cada lado del chasis y en el caso de trabajar en contorno, es decir sembrar en redondo, (que es el caso de la siembra de grano fino) se lo hace en el sentido de la arada, hacia la izquierda, con un solo marcador.

1.9. Dosificadores de la sembradora.

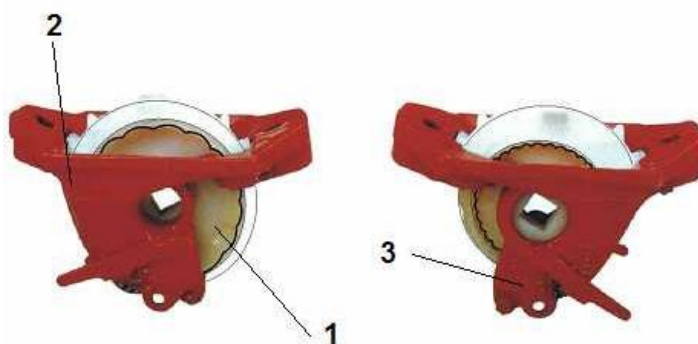
1.9.1. Dosificadores mecánicos

Los dosificadores mecánicos más utilizados para la siembra a chorrillo se dividen principalmente en cuatro tipos: el dispositivo de rotor cilíndrico con eje horizontal y capacidad fija (conocido como roldana doble), y el dispositivo de rodillo cilíndrico con eje horizontal y capacidad variable (con dientes rectos, dientes helicoidales o en forma de chevrón).

El dispositivo de dosificación representado por el rotor cilíndrico de eje horizontal con capacidad fija que forma parte del sistema de expulsión forzada. En su versión más común, denominada roldana doble, consta de un rotor alojado dentro de una carcasa. La disposición central del rotor divide la carcasa en dos compartimentos, generalmente de diferentes capacidades, que están conectados en la parte superior con el fondo de la tolva.

Figura 3

Dispositivo de rotor cilíndrico con eje horizontal y capacidad constante



Fuente: Gaibor (2018), Diseño e implementación de una máquina para la siembra de quinua.

Nota: (Referencias: 1 rotor; 2 carcasa; 3 orificio de descarga).

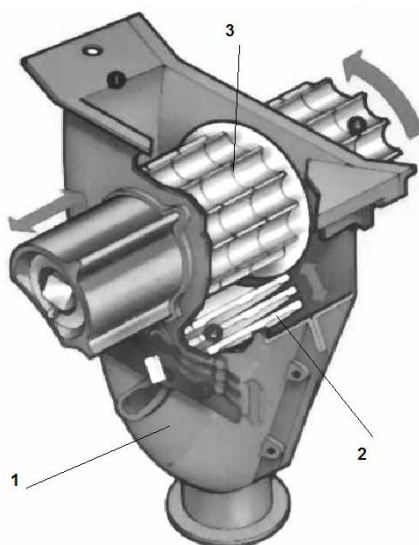
Un mecanismo de compuerta basculante o una tapa activada por resorte permite la apertura de uno de los dos compartimentos. El rotor está equipado con estrías dispuestas axialmente en su parte perimetral, que mueven las semillas hacia el orificio de descarga ubicado en la parte inferior de cada compartimento durante el movimiento del rotor. Estos orificios tienen diferentes tamaños de sección. Este tipo de dosificador requiere ajustes en la relación de transmisión del mecanismo de accionamiento para regular la densidad de siembra de la máquina sembradora.

El rodillo cilíndrico de eje horizontal con capacidad variable (conocido como rodillo acanalado) también forma parte del sistema de dosificación por expulsión forzada. Se compone de una carcasa unida al fondo de la tolva mediante una abertura que permite la entrada de semillas por gravedad. En su interior, hay un rodillo con dientes periféricos dispuestos longitudinal o helicoidalmente en relación con el eje axial del rodillo. Junto al rodillo se encuentra una pieza llamada ciego, que no gira ya que está fija a la carcasa mediante una o dos pestañas, dependiendo del diseño. La semilla dentro de la carcasa es expulsada hacia afuera a través de un orificio cuya

sección se puede ajustar mediante la apertura de una compuerta basculante en la parte inferior del compartimento mencionado. La densidad de siembra se controla mediante el desplazamiento axial del conjunto rodillo-ciego. Cuando este desplazamiento hace que una porción mayor del rodillo entre en la carcasa, se logra una mayor densidad, mientras que cuando el rodillo se desplaza hacia afuera de la carcasa y el ciego ingresa, la densidad disminuye.

Figura 4

Rodillo cilíndrico de eje horizontal de capacidad variable



Fuente: Gaibor (2018), Diseño e implementación de una máquina para la siembra de quinua.

Nota: (Referencias: 1 carcasa; 2 compuerta basculante del orificio de descarga; 3 rodillo acanalado de dientes rectos).

Debido a su modo de operación, este dosificador no necesita ajustes en la relación de transmisión del mecanismo de accionamiento para cambiar la densidad de siembra, y se conoce como un dosificador de régimen constante y capacidad variable. El cuarto tipo es un dosificador en forma de Chevron que incluye un rotor circular similar a un rodillo alimentador.

Figura 5

Rodillo cilíndrico de eje horizontal de capacidad variable y dientes helicoidales.



Fuente: Gaibor (2018), Diseño e implementación de una máquina para la siembra de quinua.

Nota: (Referencias: 1 carcasa; 2 orificio de descarga; 3 rodillo acanalado).

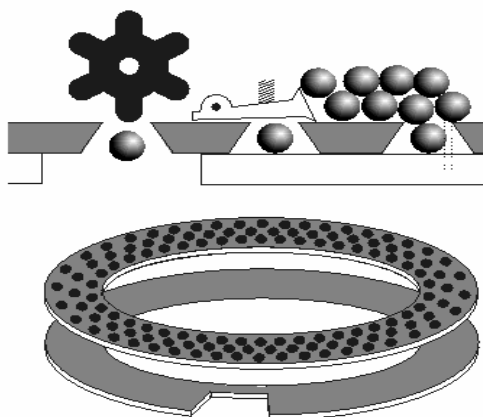
Por otra parte un dispositivo utilizado para la dosificación de materiales a granel, como granos, semillas, fertilizantes, o cualquier otro tipo de material similar, en un proceso industrial o agrícola. El término "Chevron" se refiere a la forma de V o zigzag que suele tener el mecanismo interno del dosificador, el cual permite una distribución uniforme y controlada del material a medida que pasa a través del dispositivo. Este diseño ayuda a evitar obstrucciones y garantiza una dosificación precisa y eficiente del material que se está dispensando. Los dosificadores tipo Chevron son comúnmente utilizados en diversas aplicaciones, incluyendo la agricultura, la industria alimentaria, la minería y la construcción.

Figura 6*Dosificador tipo Chevron; componentes*

Fuente: Gaibor (2018), Diseño e implementación de una máquina para la siembra de quinua.

Nota: (Referencias: 1 carcasa; 2 orificio de descarga; 3 rodillo).

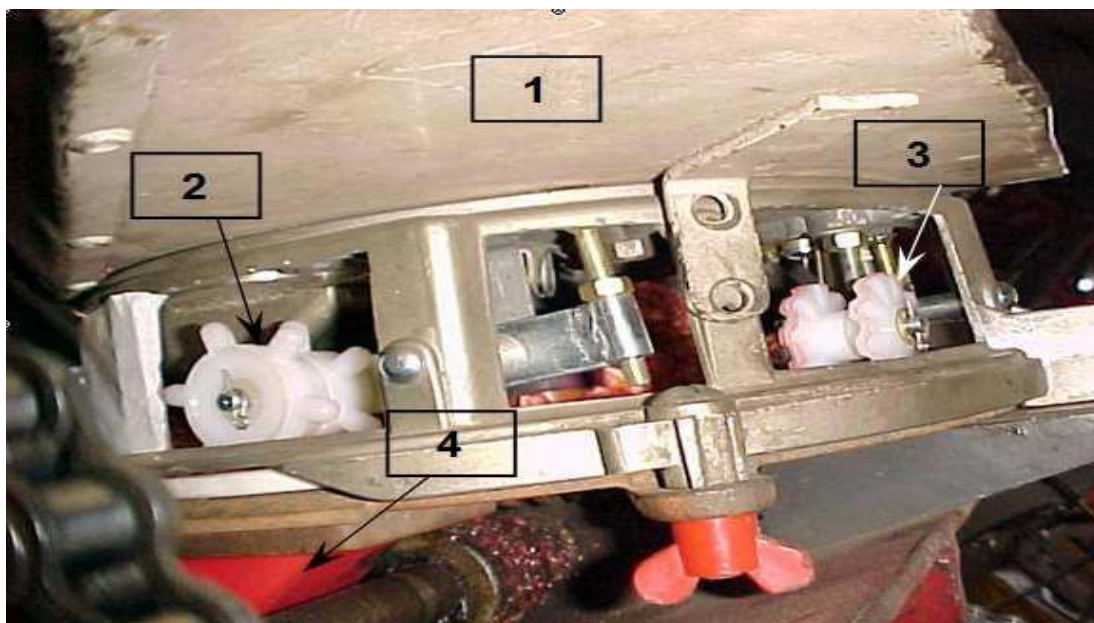
El "dosificador de placa con enrasador y expulsor" es un dispositivo utilizado en industrias para dosificar y dispensar materiales a granel de manera precisa. Incluye una placa móvil verticalmente que contiene el material y un enrasador para nivelar la superficie, asegurando una dosificación precisa. Además, cuenta con un expulsor que libera el material dosificado en el momento adecuado y en la cantidad deseada. Este tipo de dosificador es común en industrias como la farmacéutica y alimentaria, donde se requiere precisión en la dosificación de materiales a granel.

Figura 7*Esquema de un dosificador de placa con enrasador y expulsor*

Fuente: Gaibor (2018), Diseño e implementación de una máquina para la siembra de quinua.

Figura 8

Esquema de un dosificador de placa inclinada con enrasador y expulsor

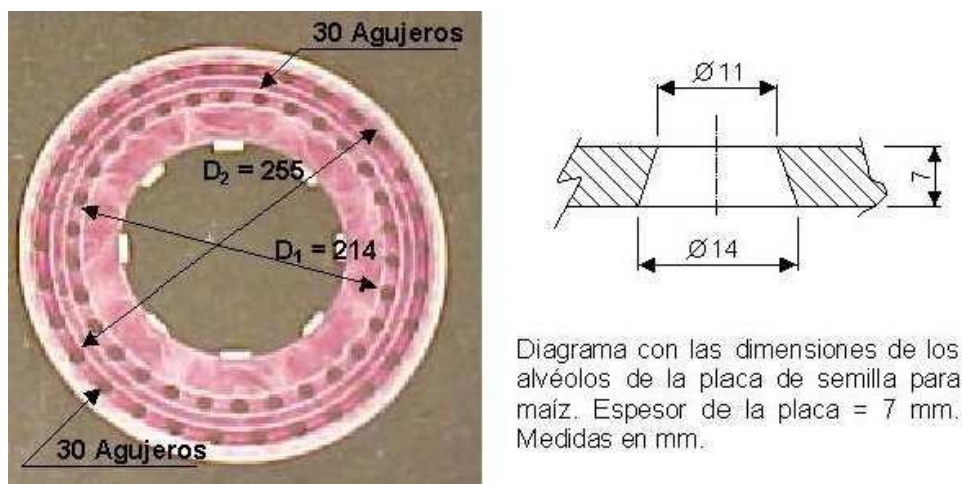


Fuente: Gaibor (2018), Diseño e implementación de una máquina para la siembra de quinua.

Existen dosificadores con una placa inclinada que se inclina aproximadamente 40 grados con respecto a la vertical, y su salida de semillas es lateral. Según Hunt (1986), estos sistemas utilizan un tubo de descarga orientado hacia atrás para permitir que las semillas caigan suavemente y evitar rebotes. La placa de semillas tiene ranuras que se montan en la corona para transmitir el movimiento de rotación. Debido a que la placa contiene dos hileras de alvéolos en circunferencias de diferentes diámetros, las semillas experimentan dos velocidades tangenciales distintas.

Figura 9

Detalle de una placa para maíz con dos hileras de alvéolos



Fuente: Gaibor (2018), Diseño e implementación de una máquina para la siembra de quinua.

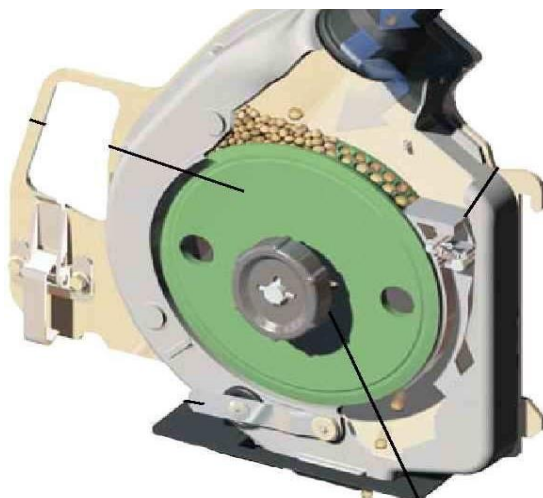
En este sistema de dosificación con una placa inclinada a 40 grados, se utiliza una placa con dos hileras de alvéolos en circunferencias de diferentes diámetros: $D_1 = 0,214$ m para la primera hilera y $D_2 = 0,255$ m para la segunda. Las semillas experimentan velocidades tangenciales distintas, VT_1 y VT_2 , debido a estos diámetros diferentes. La velocidad de rotación de la placa se ajusta cada vez que se cambia la densidad de siembra.

La dirección de la velocidad tangencial está en el mismo plano que contiene la placa para semillas, lo que resulta en dos componentes de velocidad: una a lo largo del eje x y otra a lo largo del eje y. En las fórmulas, se muestran la dirección y la magnitud de estas componentes de velocidad tangencial para una semilla de maíz durante la dosificación. Este enfoque se presenta de manera general, sin hacer referencia a velocidades tangenciales específicas.

$$v_x = VT \times \sin 40^\circ \quad v_y = VT \times \cos 40^\circ$$

Figura 10

Detalle de una placa vertical con dos hileras de alvéolos (sembradoras Great Plains)



Fuente: Gaibor (2018), Diseño e implementación de una máquina para la siembra de quinua.

Figura 11

Detalle de una placa horizontal con dos hileras de alvéolos



Fuente: Gaibor (2018), Diseño e implementación de una máquina para la siembra de quinua.

Figura 12*Detalle de un dosificador de dedos*

Fuente: Gaibor (2018), Diseño e implementación de una máquina para la siembra de quinua.

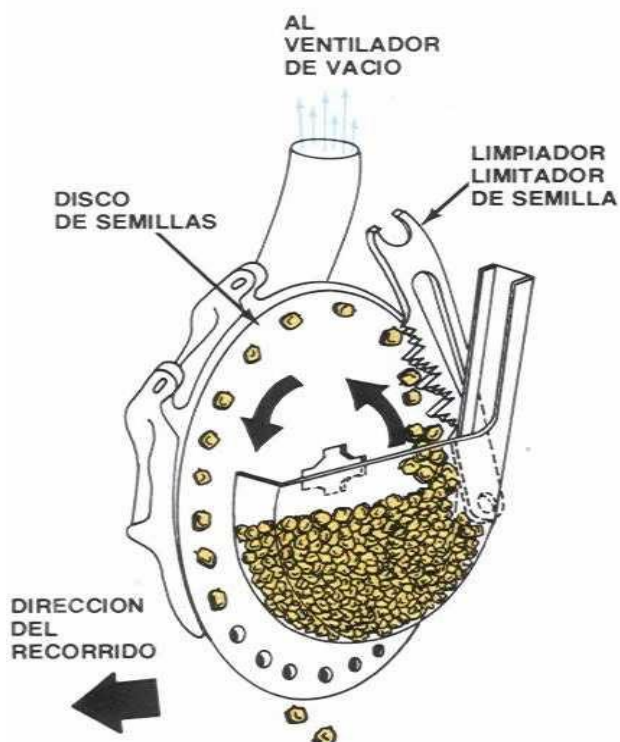
1.9.2. Dosificadores neumáticos

Estos dispositivos pueden funcionar mediante succión o presión y son especialmente adecuados para sembrar girasoles y maíz sin requerir calibración adicional. Sin embargo, no permiten una siembra más rápida y pueden obstruirse con residuos de cáscaras y vainas, lo que puede causar variaciones en la densidad de plantas. Además, muestran un desgaste mínimo.

Estos dosificadores generalmente son impulsados principalmente por la toma de fuerza trasera del tractor y están disponibles en el mercado tanto para tomas de categoría I como de categoría II. En menor medida, también se encuentran sembradoras con dosificador neumático que son accionadas por el sistema hidráulico del tractor, necesitando un caudal hidráulico mínimo de 50 litros por minuto.

Figura 13

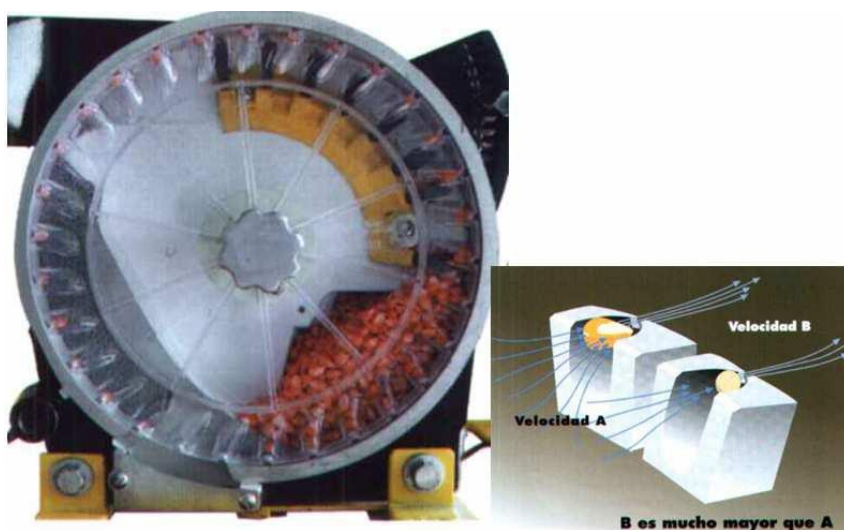
Detalle de un dosificador neumático por succión



Fuente: FMO.J. Deere

Figura 14

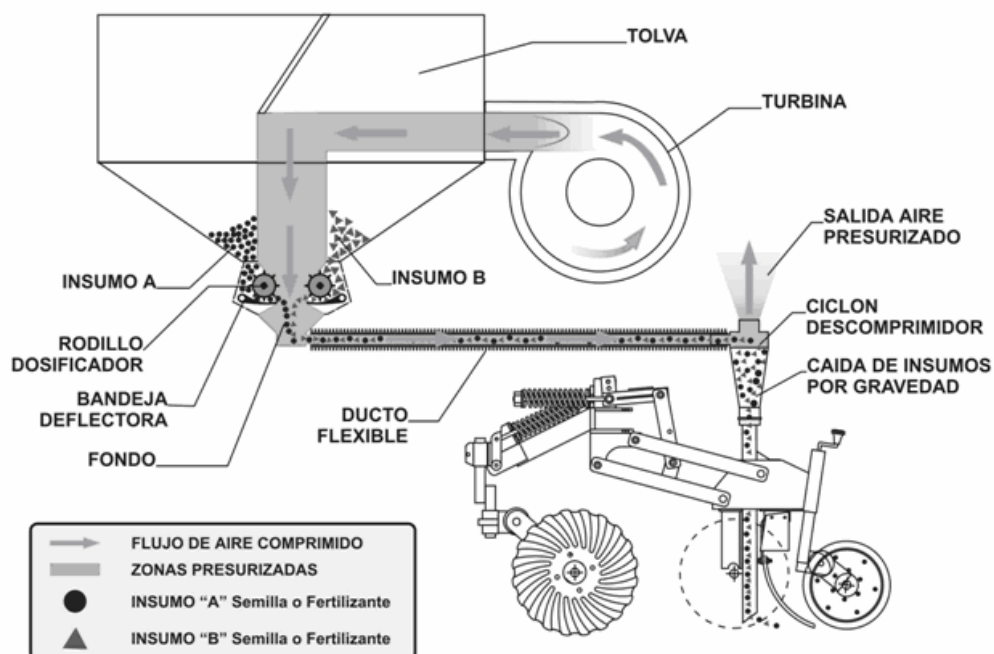
Dosificador neumático por presión. A la derecha esquema de alta y baja velocidad



Fuente: Gaibor (2018), Diseño e implementación de una máquina para la siembra de quinua.

Figura 15

Esquema básico de un dosificador Air Drill con rodillo dosificador mecánico y sistema de turbina por presión



Fuente: Gaibor (2018), Diseño e implementación de una máquina para la siembra de quinua.

Capítulo II: Metodología

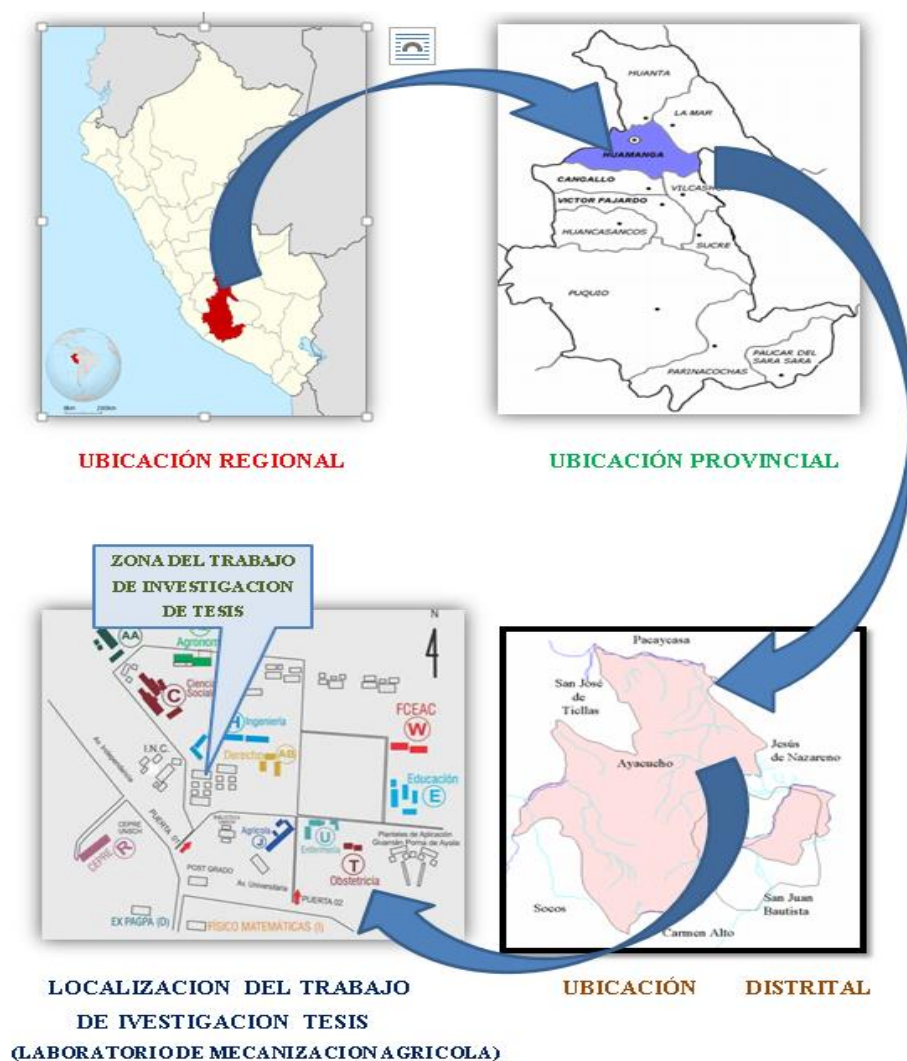
2.1. Descripción de la zona de estudio

2.1.1. Ubicación geográfica

El departamento de Ayacucho se encuentra en la región centro-sur de los Andes del Perú, a una altitud de 2,746 msnm, ubicado entre los paralelos $12^{\circ} 07' 30''$ y $15^{\circ} 37' 00''$ de latitud sur, y los meridianos $72^{\circ} 50' 19''$ y $75^{\circ} 07' 00''$ de longitud oeste.

Figura 16

Mapa político de la región Ayacucho, provincia y distrito de Huamanga



Fuente: PDC Municipalidad provincial de Huamanga.

2.1.2. Ubicación política

Políticamente el lugar donde se realizó dicha investigación está situado en:

Región : Ayacucho

Provincia : Huamanga

Distrito : Ayacucho

2.2. Tipo de investigación

La investigación aplicada tiene como objetivo convertir el conocimiento existente en herramientas prácticas que beneficien a la sociedad, lo que también puede ser denominado como un proceso de innovación. (Espinoza, 2010, pág. 106).

Alfaro (2012), la investigación aplicada persigue adquirir conocimiento con el propósito de llevar a cabo acciones, intervenciones, construcciones o modificaciones.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se elaborará una lista de requisitos o especificaciones, diseñada en base a las necesidades planteadas en el problema abordado en esta tesis. Se seguirá el formato específico de lista de requisitos.

Tabla 2*Formato de especificaciones o requisitos*

CATÁLOGO DE REQUISITOS		
PROYECTO		Fecha:
		Revisado:
CLIENTE		Elaborado:
Atributos	Explicación	Encargado
Función	Sembrar las semillas de quinua de forma eficaz y veloz para satisfacer las demandas de siembra de los agricultores de Ayacucho	JLMA
Geometría	Las dimensiones de la máquina serán adecuadas para ser manejadas por una persona de estatura promedio y garantizar una marcha estable sobre el terreno, así como una distribución uniforme de los granos.	JLMA
Cinemática	La velocidad de la máquina coincidirá con la velocidad a la que camine el operario, lo que permitirá lograr una distribución uniforme de las semillas a lo largo del terreno. Cuando las partes mecánicas de la herramienta estén en movimiento, es importante evitar que los granos se acumulen o bloqueen la salida. Principio del formulario	JLMA
Fuerzas	La máquina debe ser capaz de resistir las fuerzas aplicadas durante el trabajo a plena carga sin dejar de ser ligera. Además, no debe experimentar deformaciones en sus componentes bajo estas condiciones de carga máxima.	JLMA
Energía	La energía será suministrada exclusivamente por la fuerza humana, ya sea de manera directa o con la asistencia de motores.	JLMA
Energía	El uso de energía para operar la herramienta no debe causar impacto ambiental.	JLMA
Materia	Se utilizarán semillas de maíz como materia prima	JLMA
Señales	Indicaciones simples y comprensibles para el usuario	JLMA
Seguridad	La seguridad del operador debe ser garantizada durante el funcionamiento de la máquina.	JLMA

2.4. Evaluación técnica

La evaluación técnica se basa en los siguientes criterios:

Sencillez de fabricación (C1): Se otorga una puntuación más alta cuando los componentes de la sembradora son fáciles de fabricar o adquirir.

Facilidad para el transporte (C2): Se valora más cuando la sembradora es fácil de montar y desmontar para su transporte.

Sencillez de operación (C3): Se puntúa más alto cuando la máquina proporciona una ergonomía óptima para el operador y su operación es sencilla.

Demanda de energía (C4): Se da una mayor puntuación cuando el sistema utiliza la energía de manera eficiente, minimizando las pérdidas.

Necesidad de mantenimiento (C5): Se otorga una puntuación más alta a los conceptos que requieren un mantenimiento básico.

Nivel de ruido (C6): Se da una puntuación más alta a las soluciones que generan menos ruido.

2.5. Diseño de Investigación

Espinoza (2010), el diseño se adapta a las metas y circunstancias específicas, donde se deben satisfacer los requisitos que serán identificados posteriormente en una lista de requerimientos, que pueden ser demandas o aspiraciones. Este diseño se desarrollará hasta llegar al nivel de planos de fabricación.

2.6. Materiales

2.6.1. Materiales Utilizados.

a. Materiales utilizados en el diseño de la maquina sembradora

- Computadora Pentium V
- Impresora canon G3100

- Plotter.
- Investigaciones (tesis) relacionadas al tema.
- AutoCAD y Civil CAD.

b. Materiales de construcción de la maquina sembradora

Tabla 3

Materiales empleados en la construcción maquina sembradora.

Ítem	Descripción	Und	Cantidad
1	Perfil tubular redondo F° G° 1"x6x1/8"	Varilla.	0.50
2	Perfil cuadrangular F° G° 1"x1/8"	Varilla.	0.50
3	Platina de acero 1 1/4" x 1/8"	Varilla.	0.50
4	Neumatico de bicicleta aro N° 14	Und.	1.00
5	Aro de bicicleta acero inoxidable N° 14	Und.	1.00
6	Cámara de bicicleta aro N° 14	Und.	1.00
7	Cadena de bicicleta de acero 1.30 x 1/2"	Und.	1.00
8	Catalina de bicicleta de acero de 6"	Und.	1.00
9	Engranaje de transmisión de cambio de acero	Und.	1.00
10	Perno 1/2" x 3"	Und.	6.00
11	Perno 1/4" x 2"	Und.	8.00
12	Tuerca exagonal 1/2"	Und.	6.00
13	Tuerca exagonal 1/4"	Und.	8.00
14	Arandela plana de ala ancha 1/2"	Und.	12.00
15	Arandela plana de ala ancha 1/4"	Und.	16.00
16	Lámina plana de 2.4x1.20x1/8"	Kg.	0.25
17	Base zincromate	Galón.	0.25
18	Pintura acrilica	Galón.	0.25
19	Thiner acrilico	Galón.	0.50
20	Lija de agua 220	Und.	1.00
21	Lija de fierro N° 40	Und.	1.00
22	Electrodo	Kg.	0.25
23	Masilla plástica	Galón.	0.25

2.7. Metodología de investigación

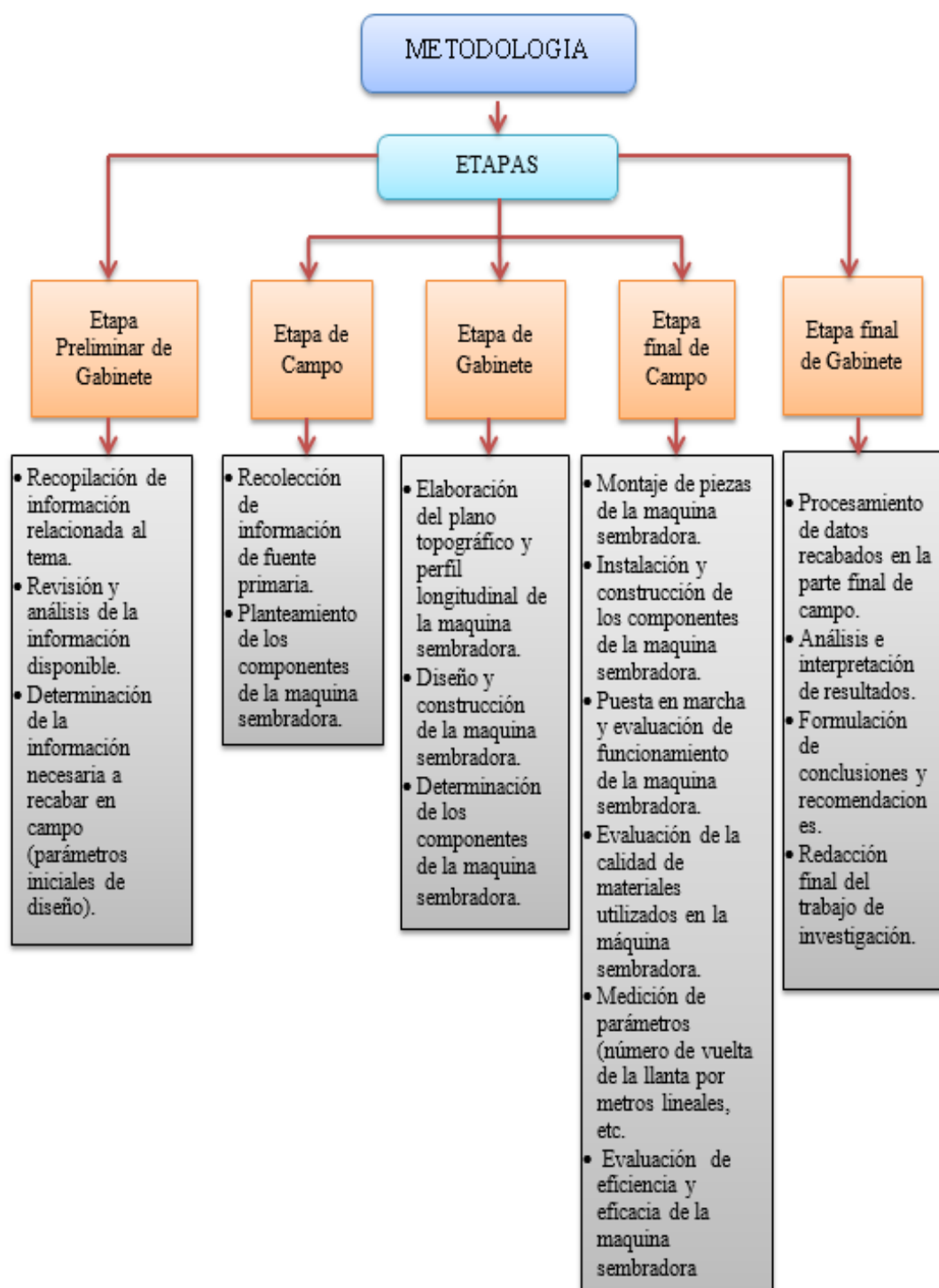
Riba (2002), la representación del proceso de diseño en etapas se puede dividir en cuatro niveles de detalle que afectan los resultados de cada fase posterior.

Tabla 4

Fases del procedimiento de diseño de una sembradora

Fases	Resultados
Fase 1: Establecimiento del producto	Clarificación del producto Principios de resolución
Fase 2: Desarrollo conceptual	Funcionalidad estructural Modularidad estructural
Fase 3: Materialización del diseño	Esquemas generales Especificaciones de piezas
Fase 4: Desarrollo de detalles	Documentos para producción

Fuente: (Riba, 2002)

Figura 17*Esquema metodológico de investigación*

Fuente: propio

2.7.1. Evaluación de la eficiencia y eficacia de la máquina sembradora manual para el cultivo de la quinua.

a. Etapa preliminar de gabinete

- Recopilación de información relacionada al tema

Se realizó la recopilación de información relacionada con el diseño y la construcción de la sembradora de quinua, lo cual incluyó la búsqueda y análisis de datos relevantes para el proyecto.

- Revisión y análisis de la información disponible

Se llevó a cabo la revisión y análisis exhaustivo de la información disponible acerca del diseño y construcción de la sembradora de quinua. Este procedimiento sentó las bases sólidas para el desarrollo del proyecto.

- Determinación de la información necesaria a recabar en campo

Análisis de los componentes de la sembradora

Se inició el proceso con la recopilación y análisis de información existente relacionada con el diseño y construcción de una máquina sembradora. Esta recopilación se llevó a cabo utilizando diversas fuentes escritas como libros, tesis y publicaciones electrónicas. Después de recopilar y analizar esta información, se identificaron y establecieron las variables de diseño iniciales y se definieron las partes fundamentales de una máquina sembradora. Esto permitió determinar los datos esenciales que se necesitarían recopilar durante la fase de trabajo de campo para guiar el diseño de la máquina sembradora.

Tabla 5

Requisitos de diseño de maquina sembradora.

Descripción	Características
-------------	-----------------

Órganos de distribución	Regular la densidad de la
Bastidor	Solidez
Tolva	Fácil acceso
Eficiencia de tecnología	Colocación de las semillas
Conjunto de la maquina	Facilidad en el transporte

Se elegirá la mejor alternativa para diseñar y construir una sembradora específicamente diseñada para la siembra de quinua. Este proceso se basará en un enfoque cuantitativo que generará un valor numérico alineado con los requisitos del cliente.

- Análisis de las necesidades de la propuesta tecnológica de la sembradora

La propuesta tecnológica actual contempla una sembradora que se adaptará a los requerimientos agrícolas específicos del sector de Salache, perteneciente a la Facultad de CAREN de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Los aspectos a considerar incluyen el diseño, el costo, el peso, la vida útil y la seguridad de la máquina.

Tabla 6

Rango para evaluar las alternativas de las necesidades de la propuesta tecnológica de la sembradora

N°	Características
1	Malo
2	Regular
3	Bueno
4	Aceptable
5	Excelente

Dosificación

Se realizará una evaluación cualitativa para identificar la opción de diseño más efectiva que permita ahorros y una dosificación precisa de la semilla. Es fundamental lograr una dosificación adecuada para asegurar una germinación óptima y una

implantación exitosa. La selección del dosificador se basará en diversos criterios, como el posible daño a la semilla, la uniformidad en la descarga, el rendimiento de la semilla y consideraciones de costos.

Trasmisión

Se seleccionará la opción más adecuada según las características y requisitos de nuestra máquina, evaluando el tipo de sistema de transmisión que sea más efectivo para un trabajo óptimo y seguro durante la siembra de la semilla de quinua. La elección del sistema de transmisión dependerá de los siguientes aspectos:

- Capacidad para transmitir potencia a largas distancias
- Necesidades de lubricación
- Capacidad para transmitir altos torques a bajas velocidades
- Resistencia a condiciones ambientales adversas
- Consideraciones de costo

b. Etapa de campo

Esta fase fue de vital importancia, por lo que nos dirigimos al Centro Experimental de Pastos de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, ubicado en el distrito de Ayacucho. En este lugar, llevamos a cabo las siguientes actividades:

Recolección de información

En esta etapa del proyecto, se presentó toda la información relacionada con la recolección y selección de cada uno de los componentes mecánicos necesarios para el diseño de la máquina sembradora manual. Para realizar esta selección, se llevó a cabo un estudio exhaustivo de varios tipos de máquinas sembradoras y se entrevistó a agricultores locales para obtener información sobre cómo debería ser la máquina sembradora manual y cómo podría beneficiarles durante la época de siembra.

Planteamiento de los componentes de la maquina sembradora

A continuación, se presentarán los resultados derivados del diseño del sistema mecánico de la sembradora y de cada uno de sus elementos constituyentes., los cuales son: Bastidor, transmisiones de bicicleta, tolva de metal, dosificador mecánico.

Registro fotográfico

Fue la etapa para obtener evidencias fotográficas a través de una cámara digital.

c. Etapa de gabinete

- Elaboración del plano topográfico y perfil longitudinal de la maquina sembradora

Utilizando los datos del diseño de la sembradora y empleando el software internacional Civil 3D, se generaron los planos de montaje, los cuales sirvieron como base para elaborar el plano definitivo. Estos planos proporcionaron los parámetros iniciales para el diseño de la máquina sembradora y establecieron la ubicación definitiva de sus componentes.

- Diseño y construcción de la máquina sembradora

Una vez identificada la necesidad de diseñar la sembradora, se procedió a definir las características que debía reunir el dispositivo. Se consideraron aspectos como los costos, la eficiencia, la facilidad de construcción y reparación. En términos económicos, se evaluó el valor comercial de las piezas que conforman la máquina, así como su disponibilidad en el mercado o la necesidad de fabricarlas. Se priorizó el diseño utilizando piezas y medidas estandarizadas para reducir los costos. Se buscó que el operador pudiera cargar la tolva de insumos con facilidad y verificar el nivel de grano sin necesidad de desmontar ninguna parte. Teniendo en cuenta estos

requisitos, se desarrolló el primer prototipo con el objetivo de realizar pruebas de velocidad para optimizar su funcionamiento y reducir su peso actual, que es de aproximadamente 20 kg.

Calculo de la densidad de siembra en la maquina sembradora manual

El cálculo de la maquina sembradora manual se realizó con los datos tomados en el campo, para lo cual se tomó en cuenta lo siguiente:

La densidad de semillas, expresada como densidad D en granos por metro cuadrado (gr/m^2), está determinada por el número de granos depositados por metro lineal (nL) y la separación entre hileras (espacio eR).

$$D = \frac{nL}{eR}$$

La cantidad de granos por metro lineal se calcula de la siguiente manera:

$$nL = D \times eR$$

La separación (eL) entre los granos en la línea será igual a:

$$eL = \frac{1}{nL}$$

La cantidad de granos por hectárea (ngH) tiene el mismo significado que la densidad, aplicándose a una superficie de 10.000 metros cuadrados:

$$ngH = D \times 10.000$$

Esta cantidad de granos por hectárea no debe ser confundida con el número de plantas por hectárea (npH), que se refiere exclusivamente al número de plantas que emergen de manera efectiva. En una parcela específica, la diferencia ($ngH - npH$) representa los granos que no germinaron. Por lo tanto, podemos definir la tasa de germinación como la relación:

$$Tasa\ de\ brotamiento = \frac{npH}{ngH} \times 100$$

La dosis de siembra

Expresada en kilogramos por hectárea, esta tasa depende de la densidad de semillas deseada (ngH) y del peso de mil granos (Pmg):

$$Dosis\ de\ siembra = \frac{ngH \times Pmg}{1.000.000} = kg/ha$$

- Determinación de los componentes de la maquina

La propuesta tecnológica actual implica que la máquina será impulsada por una fuente externa y un motor de combustión que permitirá al operario maniobrarla de manera sencilla durante la siembra. Se llevará a cabo un análisis detallado de los siguientes aspectos:

- Dimensiones.
- Peso estructural.
- Peso de los accesorios para movilidad y dosificación.
- Peso total.

Para comenzar el diseño de la máquina, se tomará como punto de partida la altura de la máquina sembradora de quinua, considerando la altura promedio de los agricultores en el sector, que oscila entre 1.65 y 1.75 metros.

Los accesorios, como piñones, cadenas y rodamientos, son elementos complementarios de la sembradora que se seleccionarán en función del funcionamiento específico de la máquina.

El peso total de la sembradora será la suma de todos los elementos que componen la máquina.

Peso total = Peso estructural + Peso accesorios

2.7.2. Evaluación comparativa de la eficiencia y eficacia de la máquina sembradora de quinua.

a. Etapa final de campo

- Montaje de piezas de la maquina sembradora

Empleando el plano de detalle de la maquina sembradora en el laboratorio de Mecanización Agrícola, se realizó la instalación de los componentes elementos de la maquina sembradora, conformado por materiales de lámina galvanizada, acero inoxidable, caucho, PVC.

- Instalación y construcción de los componentes de la máquina sembradora

Se ejecutó el replanteo del sistema de la maquina según los planos definitivos elaborados en la etapa de gabinete. Se inició con el proceso de construcción e instalación de los componentes del sistema de la maquina sembradora tales como la tolva, chasis, sistema de engranajes, rueda, dosificador, finalizando con la instalación de la manguera de descarga.

- Puesta en marcha y evaluación de funcionamiento de la máquina sembradora

La puesta en marcha y evaluación de una máquina sembradora de quinua involucraba la preparación del equipo, la calibración para una siembra precisa, la selección del terreno y la ejecución de una siembra piloto. Durante la operación, se monitoreaba de cerca el rendimiento de la máquina, realizando ajustes según fuera necesario. Tras la siembra, se evaluaba el funcionamiento, se llevaban a cabo ajustes finales y se programaba el mantenimiento regular para garantizar su eficacia continua.

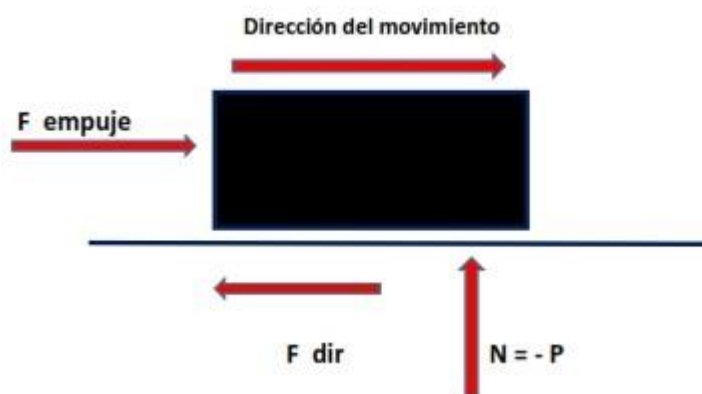
Se llevó a cabo un estudio de campo para calcular la fuerza inicialmente ejercida por la máquina sobre el suelo.

La resistencia del suelo, medida con un dinamómetro, se define como la fuerza de reacción que se opone al enclavamiento y al arrastre. Este arrastre se considera un punto crucial de referencia entre la fuerza aplicada por el operario y la resistencia que el suelo ofrece al avance. Las unidades de medida de esta fuerza se expresan en kilogramos.

En cuanto al sistema de tracción, al mover la máquina sobre el terreno, el operario genera una fuerza de empuje que se combina con la reacción generada por la superficie sobre la cual se desplaza, considerando su aceleración.

Figura 18

Diagrama representativa de fuerzas del sistema de tracción



$$F.Total = m \times a \quad [Ec.2.1]$$

$$m = masa$$

$$a = aceleración$$

$$F.Dinamica = Coef.de rozamiento \times (-m \times g) \quad [Ec.22]$$

$$g = gravedad$$

$$F.Total = F.empuje - F.dinamica$$

Por equilibrio estático la fuerza dinámica es igual a la fuerza de empuje:

$$F. Empuje = m \times g \times Cr \quad [Ec.23]$$

$Cr = \text{Coeficiente de rozamiento}$

Tensión

La fuerza ejercida por el operario sobre la sembradora se transmite desde el suelo hasta la altura de la cintura, lo que provoca que la sembradora se desplace sobre la superficie con un cierto ángulo de inclinación.

$$F. Tension = F. gravitatoria + m \times g \quad [Ec.2.4]$$

$m = \text{masa}$

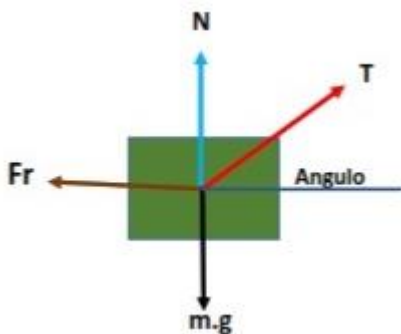
$g = \text{gravedad}$

Coeficiente de fricción

El coeficiente de fricción es una característica única de cada combinación de materiales en contacto y no es una propiedad inherente de un material específico. Su magnitud puede cambiar según varios factores, como la temperatura, la rugosidad de las superficies en contacto, la velocidad relativa entre los cuerpos, la fuerza aplicada normalmente, entre otros aspectos.

Figura 19

Diagrama de fuerzas del coeficiente de fricción



- $P = m \times g$
- Fuerza aplicada (T) que forma el ángulo con la horizontal.
- La fuerza (N) que ejerce el plano sobre el bloque.
- La fuerza de rozamiento.

Tabla 7

Valores de los coeficientes de fricción por deslizamiento para diferentes materiales

Superficie de contacto	uk
Acero sobre acero	0.18
Acero sobre hielo (patines)	0.02 - 0.03
Acero sobre hierro	0.19
Hielo sobre hielo	0.028
Patines de madera sobre hielo y nieve	0.035
Goma (neumático) sobre terreno firme	0.4 - 0.6
Correa de cuero (seca) sobre metal	0.56
Bronce sobre bronce	0.2
Bronce sobre acero	0.18
Roble sobre roble en la dirección de la fibra	0.48

Fuente: Koshkin N.I., Shirkevich M. G. Manual de Física Elemental. Editori.Mir 1975

- Evaluación de la calidad de los materiales utilizados en la máquina sembradora

La evaluación de la calidad de los materiales empleados en la máquina sembradora de quinoa, que incluía elementos de ferretería y accesorios de bicicleta, resultaba esencial para garantizar su eficiencia y durabilidad. Se examinaban la resistencia, la compatibilidad con las condiciones agrícolas y la tolerancia al desgaste. También se consideraba la idoneidad de estos materiales para sus funciones específicas en la maquinaria agrícola, asegurando que cumplieran con los estándares necesarios para una operación efectiva y confiable

- **Medición de parámetros**

Una vez puesta en operación la maquina sembradora y la descarga de suministros empleándose el método volumétrico para cada escenario de prueba, es decir, para cada variación de los engranajes por número de vuelta de la rueda.

2.7.3. Evaluación de la eficiencia y eficacia de la máquina sembradora manual para el cultivo de la quinua

- **Evaluación de eficiencia y eficacia de la máquina sembradora**

En el pasado, la evaluación de eficiencia y eficacia de la máquina sembradora de quinua implicaba un análisis exhaustivo de su desempeño. Se realizaban pruebas para determinar la velocidad y precisión de siembra, así como la uniformidad en la distribución de las semillas. Se revisaban los sistemas de dispensación y tracción para garantizar su funcionamiento óptimo. Además, se evaluaba la capacidad de la máquina para adaptarse a diferentes tipos de terreno y condiciones climáticas. Los datos recopilados durante la siembra se comparaban con los estándares preestablecidos, y cualquier desviación se abordaba mediante ajustes y mejoras en el diseño o la configuración de la máquina.

a. Etapa final de gabinete

- **Procesamiento de datos recabados en la parte final de campo**

Esta etapa final de la investigación involucró los siguientes pasos:

- ✓ Se procesaron los datos recolectados durante las pruebas de operación de la máquina, determinando la calibración adecuada en relación con el número de engranajes del dosificador en comparación con los engranajes de la rueda, basándose en el número de vueltas de la rueda elevadora.
- ✓ Se evaluó la eficiencia y eficacia de la máquina sembradora.

- ✓ Se desarrollaron los esquemas de cálculo pertinentes, incluyendo el cálculo de los engranajes del dosificador, el número de engranajes de la rueda y el número de vueltas de la rueda elevadora.

Evaluación en Gabinete

Es conveniente ajustar correctamente las máquinas para lograr densidades de siembra y tasas de fertilización óptimas. Incluso pequeños errores en la calibración pueden tener impactos significativos en el campo. La calibración garantiza que ni demasiada semilla ni fertilizante se apliquen, lo cual no solo ahorra dinero, sino que también protege el medio ambiente. Por otro lado, cantidades insuficientes pueden resultar en una disminución del rendimiento. Esta guía proporcionará información sobre los materiales necesarios para la calibración de la máquina, las actividades de campo requeridas y los cálculos necesarios para calibrar las densidades adecuadas y utilizarlas con éxito en diversas situaciones.

Para la siembra de granos pequeños, se suele calibrar la máquina recorriendo un área de 50 metros con el tractor. La densidad de siembra se establece en peso de grano por hectárea, lo que implica recoger la cantidad de grano sembrado por la máquina para pesarlo y determinar los ajustes necesarios.

Materiales necesarios para la calibración de sembradoras de granos pequeños:

- Semilla a utilizar
- Cinta métrica
- Yeso para marcar la distancia de calibración
- Balanza de precisión (capacidad de pesar de 5 a 100 gramos)
- Bolsas de plástico para recoger las semillas
- Marcador para numerar las bolsas

- Ligas elásticas
- Calculadora
- Principio del formulario

Evaluación en campo

Se determinó la cantidad de semilla por hectárea que se emplearía durante la siembra, por ejemplo, utilizando una tasa de 120 kg/ha.

Asimismo, se realizó el cálculo del ancho del área de calibración de la siguiente manera:

- Para la siembra en terreno plano: se determinó la separación entre las hileras de siembra, como por ejemplo, una distancia de 0.2 metros entre cada hilera.
- Para la siembra en camas: se dividió el ancho de la cama (entre surcos) por el número de hileras de siembra que se usarían en la cama. Por ejemplo, para una cama de 0.80 metros y una siembra de 2 hileras de trigo, se dividió 0.80 entre 2, resultando en 0.40 metros.

Determinación el área de calibración

Se tomaron las mediciones y se marcó la longitud necesaria para la calibración, que en el caso de los granos pequeños fue de 50 metros. Luego, se llevó a cabo la evaluación técnica y económica de la máquina sembradora en el campo:

- Se evaluó la condición general de la máquina.
- Se verificaron los mecanismos dosificadores, incluyendo el estado de los elementos de transmisión y el funcionamiento de los dosificadores.
- Se inspecciono el tren de siembra.
- Se revisó los orificios de descarga la presión de los resortes de control
- Se llenó la tolva con la semilla.

- Se verifico la descarga de los dosificadores:
- Se instaló la maquina sembradora sobre un caballete.
- Se posicionaron bolsas pequeñas debajo de cada dosificador.
- Se rotó la rueda de control un número específico de vueltas.
- Se pesó cada una de las bolsas.
- Se realizaron ajustes necesarios para asegurar una descarga uniforme.
- Se calculó el radio de las ruedas de mando bajo carga.

Se llevó a cabo una simulación de siembra con la máquina estacionaria y elevada.

Luego, se calculó la cantidad de semilla entregada según la densidad de siembra deseada (kg/ha). Se giró la rueda de control 20 vueltas para verificar si la cantidad de descarga coincidía con el cálculo realizado, y se realizaron ajustes necesarios en caso de discrepancias.

$$S . C = 2 . \pi . R . n .$$

- S. C: Superficie de calibración (m²)
- R: radio de la rueda de mando bajo carga (m)
- n: número de vueltas utilizado para la calibración.
- N: número de dosificadores.
- D: distancia ente dosificadores (m).

Descarga a obtener (g) = S. C (m²). Semilla/ha (kg/ha) 0,1.

- **Análisis e interpretación de resultados**

El análisis e interpretación de los resultados del diseño y construcción de la máquina sembradora de quinua implicaba revisar datos y pruebas. Se evaluaban la eficiencia, precisión y durabilidad del equipo. Se analizaban las características de siembra, la

resistencia de los materiales y la adaptabilidad a diferentes condiciones agrícolas. Los resultados se comparaban con los objetivos de diseño y las expectativas, lo que permitía identificar áreas de mejora y refinamiento en el diseño y la ingeniería de la máquina.

- Formulación de conclusiones y recomendaciones

La formulación de conclusiones y recomendaciones sobre el diseño y la construcción de la máquina sembradora de quinua se basaban en análisis detallado. Se evaluaban los datos recopilados durante pruebas y operaciones. Se identificaban fortalezas y áreas de mejora en el diseño, la eficiencia y la durabilidad del equipo. Las recomendaciones se derivaban de estos hallazgos, orientadas a optimizar el rendimiento, la fiabilidad y la adaptabilidad de la máquina a diversas condiciones agrícolas.

- Redacción final de trabajo de investigación

Se completó la redacción final del trabajo de investigación sobre el diseño y la construcción de la máquina sembradora de quinua. Este documento incluyó hallazgos, conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio realizado.

b. Etapa final de gabinete

Esta etapa final del presente estudio involucró varios procesos:

- Se procesaron los datos recopilados durante las pruebas realizadas durante la operación de la máquina para determinar la calibración adecuada, teniendo en cuenta el número de engranajes del dosificador en relación con el número de engranajes de la rueda, así como el número de vueltas de la rueda elevada.
- Se evaluó la eficiencia y efectividad de la máquina sembradora.

- Se elaboraron los esquemas correspondientes para realizar cálculos, como la cantidad de engranajes del dosificador, el número de engranajes de la rueda y el número de vueltas de la rueda elevada.
- Se comparó la eficacia de la máquina con la descarga de insumos utilizando Excel, un software desarrollado y distribuido por Microsoft.
- Se calculó el costo de instalación de la máquina sembradora mediante la cuantificación de los costos de mano de obra, materiales, equipos y herramientas utilizados en su instalación.

c. Evaluación en gabinete

Realizar la calibración de las máquinas es esencial para asegurar la densidad de siembra y las tasas de fertilización óptimas. Incluso pequeños errores en la calibración pueden tener grandes impactos en el campo. La calibración garantiza que no se aplique una cantidad excesiva de semillas o fertilizantes, lo que permite ahorrar dinero y proteger el medio ambiente. Además, evita aplicar cantidades insuficientes que podrían reducir el rendimiento. Esta guía proporcionará instrucciones sobre los materiales necesarios para calibrar una máquina, las actividades de campo requeridas y los cálculos para lograr una calibración precisa de las densidades necesarias, asegurando su uso efectivo en diversas situaciones.

En el caso de la siembra de granos pequeños, es común realizar la calibración de la máquina en un área recorrida por el tractor, típicamente de 50 metros. La densidad de siembra se establece en peso de grano por hectárea, por lo que la calibración implica recolectar la cantidad de grano dispensado por la máquina durante ese recorrido, luego pesarlo y determinar los ajustes necesarios.

Capítulo III: Resultados y discusiones

3.1. Resultados

3.1.1. Diseñar una máquina sembradora manual para el cultivo de la quinua con tecnología del medio y a un costo barato para la región Ayacucho.

a) Selección de componentes y diseño final de la sembradora manual.

- Cálculo coeficiente de fricción

El coeficiente de fricción por deslizamiento entre neumático-suelo agrícola varía entre (μ) 0.4 y 0.6 según la Tabla 2.6; por ser un suelo labrado se tomará el valor mínimo 0.4.

- Cálculo para la fuerza de empuje

Cálculo de empuje

$$F. \text{Empuje} = 8.65 \text{ Kg} \cdot x \cdot 9.8 \frac{m}{s^2} \cdot x \cdot 40) \quad [Ec.3.1]$$

$$F. \text{Empuje} = 33.9 \text{ Newton} \cdot \text{ó} \cdot 3.46 \text{ Kg} - f$$

- Cálculo tensión

$$F. \text{Tension} \times \cos \theta = 38.14 \text{ Newton} + 8.65 \text{ kg} \times 1 \frac{m}{s^2} \quad [Ec.3.2]$$

$$\tan \theta = \frac{\text{altura hasta la cintura}}{\text{distancia al centro de gravedad}} = \frac{100 \text{ cm}}{41 \text{ cm}} \quad [Ec.3.3]$$

$$\theta \tan^{-1} 2.44$$

$$\theta = 67.71^\circ$$

$$F. \text{Tension} \times \cos 67.71 = 38.14 \text{ New} + 8.65 \text{ Kg} \times 1 \frac{m}{s^2} \quad [Ec.3.4]$$

$$F. \text{Tension} = \frac{38.14 \text{ New} + 8.65 \text{ Newton}}{\cos 67.71}$$

$$F. \text{Tension} = 123.36 \text{ Newton}$$

- Cálculos para el diseño de la tolva

Para el primer cálculo de la tolva se necesita saber la densidad, el peso de quinua necesario para sembrar una hectárea y cuya densidad de siembra estimada es de 12 Kg/ha y obtendremos el volumen de la tolva.

$$\text{Densidad de la quinua } \partial = 1.22 \frac{g}{ml} \quad [\text{Ec.3.7}]$$

$$\text{Masa de quinua } m = 12 \text{ kg} = 12000g \quad [\text{Ec.3.9}]$$

$$sv = \frac{m}{\partial}$$

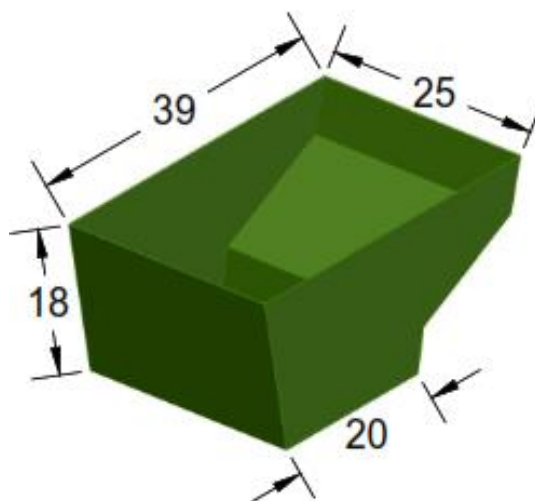
$$v = \frac{6000g}{1.22 \frac{g}{ml}}$$

$$v = 9836 \text{ ml} \cong 10 \text{ Litros}$$

Con el volumen de la tolva de de 12 a 15 litros y la forma geométrica de la tolva tipo tronco de pirámide procederemos a calcular sus dimensiones definitivas.

Figura 20

Representación isométrico de la tolva de sembradora



Formula del volumen del tronco de pirámide rectangular:

$$\text{Volumen} = \frac{h}{3} (ABM + ABm + \sqrt{(ABM) \cdot (ABm)}) \quad [\text{Ec.3.10}]$$

Donde

ABM: es el área de la base mayor

ABm: es el área de la base menor

H: la altura del tronco de pirámide

$$ABM = 390\text{mm} \times 250\text{mm} = 97500\text{mm}^2 = 975\text{cm}^2$$

$$ABm = 200\text{mm} \times 250\text{mm} = 50000\text{mm}^2 = 500\text{cm}^2$$

$$h = 180\text{mm} = 18\text{cm}$$

$$\text{Volumen} = \frac{18}{3} (975 + 500 + \sqrt{(975)(500)})$$

$$\text{Volumen } 13000 \text{ cc} = 13 \text{ litros}$$

Volumen

R= El volumen necesario para sembrar una hectárea es de 10 litros. Con las medidas de nuestra tolva tenemos un aproximado de hasta 13 litros

Figura 21

Fuerzas que actúan en la maquina sembradora

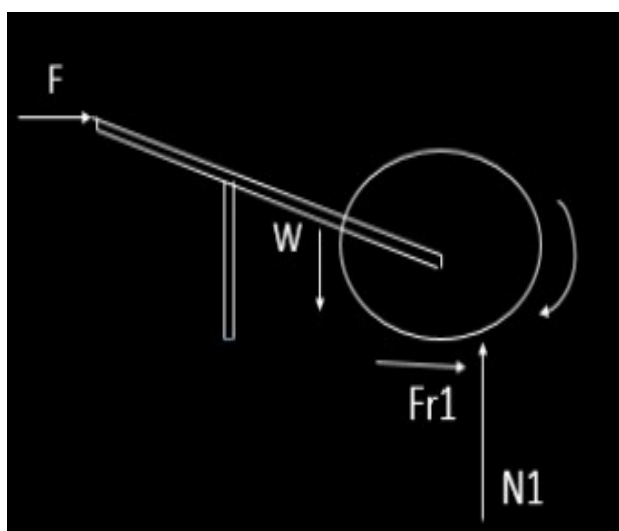


Tabla 8*Resumen de fuerzas aplicadas en la maquina*

Descripción	Módulo de fuerza
Empuje	33.9N
Tensión	123.N
Fuerza de rozamiento	33.9N
Normal	84.77N
Peso	84.77N

- Cálculo de la velocidad media de la cadena

La velocidad media de la cadena se calcula con la siguiente fórmula.

$$V = Z1 \times \eta_1 \times P \quad [\text{Ec.3.11}]$$

Donde

$Z1$ = Número de dientes de la rueda dentada menor.

η_1 = Velocidad de la rueda dentada menor.

P = Longitud de paso.

- Cálculo de la fuerza periférica

La fuerza periférica se obtiene con la potencia y la velocidad media de la cadena.

$$F = 6600 \frac{P_M \times K_S}{v} \quad [\text{Ec.3.12}]$$

Dónde:

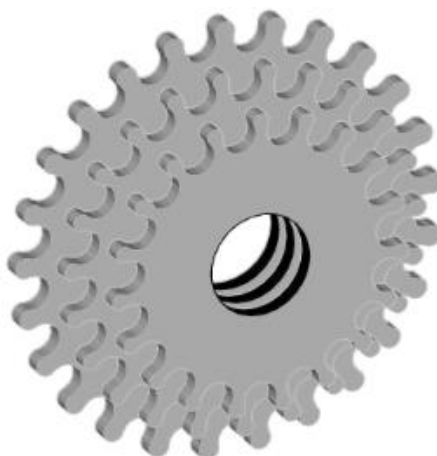
La fuerza F está dada en lbf

La potencia del motor está dada en HP

La velocidad periférica está dada en m/seg

Figura 22

Fuerza periférica en la cadena parte de la dosificación de la maquina sembradora



- Sistema de dosificación

Densidad de siembra

En esta sección, se establecerá la cantidad mínima de semillas requeridas para sembrar una hectárea de terreno.

Cant. Semilla a sembrar = Cant. Plantas total x Cant. Semillas por planta

Número de alvéolos necesarios

La cantidad de compartimentos es el aspecto clave del dosificador, ya que determinará el espacio adecuado entre cada siembra a lo largo del surco.

$t_{\text{entre caída y caída al terreno}} = t_{\text{salida entre alveolo y alveolo}}$

$t_{\text{entre caída y caída al terreno}} = e_{\text{plantas}}/v$

$t_{\text{salida entre alveolo y alveolo}} = \text{paso}/\omega$

Volumen de los alvéolos

La cantidad de semilla distribuida por hectárea mediante un rodillo acanalado recto está determinada por el volumen efectivo de los compartimentos.

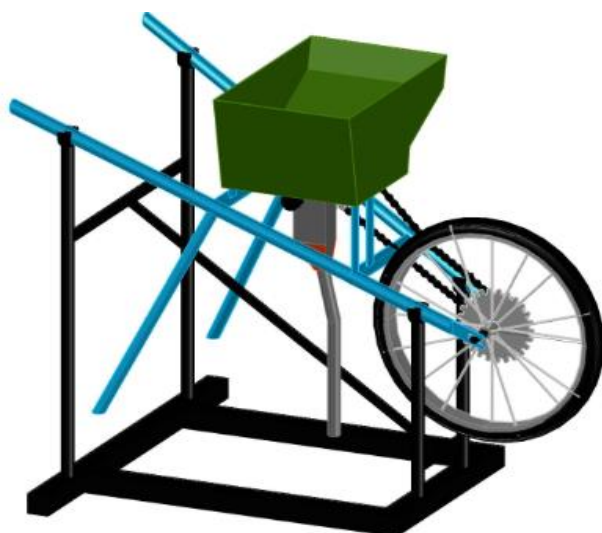
$$D = 0.6 \frac{\delta \cdot V \cdot n_r \cdot n_p \cdot z}{a \cdot v} \text{ kg/ha} \quad [\text{Ec.3.15}]$$

En donde:

- δ = Densidad de semilla (gr/cm³)
- V = Volumen de los alveolos del rodillo en la posición escogida (cm³ rev.)
- N_r = Velocidad de rotación de rodillo (r/min) este valor oscila entre 30 y 50 RPM
- N_v = Coeficiente de llenado, que varía entre 0.6 y 0.86
- Z = Numero de dosificadores de la máquina
- V = Velocidad de trabajo (km/hora)
- A = Anchura de trabajo (m)

Figura 23

Diseño final de la máquina sembradora



3.1.2. Construir una máquina sembradora manual para el cultivo de la quinua con tecnología del medio, para ahorrar tiempos y costos en la labor de siembra en la región Ayacucho.

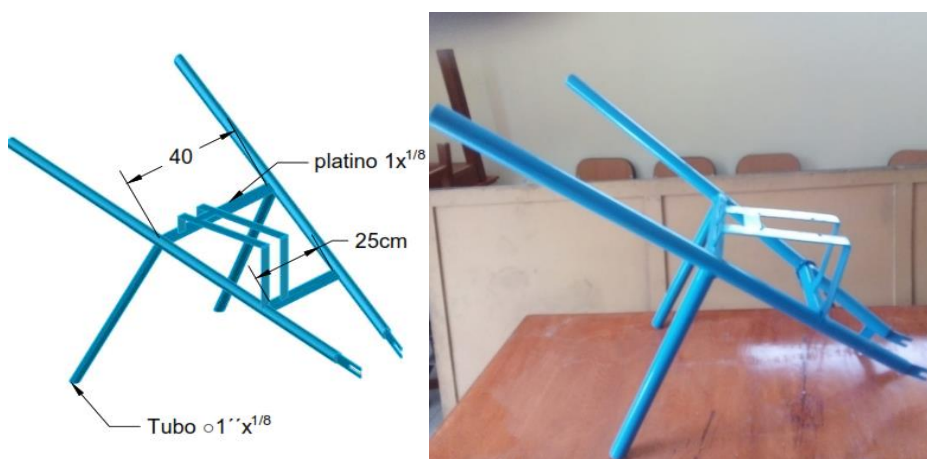
a) Construcción del prototipo de máquina sembradora

Es la estructura que sirve de soporte a todos los componentes de la máquina sembradora manual, lo suficientemente rígidos como para prevenir deformaciones

que desajustarían la máquina, ya que todos sus componentes se fijan en él, se construyó a base de tubo de fierro dulce de 1" de diámetro con un espesor de $1\frac{1}{8}$ ", reforzado con platinas de 1" x $\frac{1}{8}$ " de espesor tal como muestra la figura.

Figura 24

Chasis de la maquina sembradora



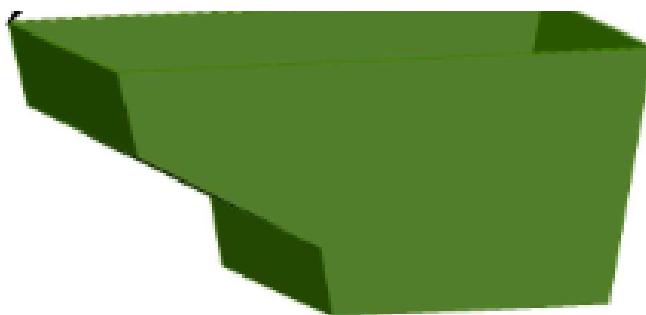
- Tolva

Sirve para el depósito de la semilla similar a un trapecio, que va montada sobre el chasis de la maquina sembradora, se construyó en base a una plancha plana galvanizada de $\frac{1}{24}$ de espesor; cuya función es depositar la semilla y la carga se efectúa por la parte superior y la descarga se realiza por la parte inferior en conexión con el distribuidor.

Como su finalidad es la de contener y almacenar las semillas durante la siembra, debe reunir requisitos mínimos como ser facilidad de llenado y limpieza, pero principalmente debe ser de gran capacidad ya que esto determina mayor autonomía de siembra

Figura 25

Vista isométrica y lateral de la tolva de la maquina sembradora



- Distribuidor de semilla

Se lo conoce también como dosificador de rodillo acanalado o de alimentación forzada, consiste en un dispositivo que gira dentro de una taza o carcasa, que contiene la semilla. Estas tazas se ubican en la base de la tolva por su parte externa y se comunican ambas por intermedio de bocas o aberturas que permiten el llenado por simple gravitación. Analizando esta se observa que el dispositivo que gira en su interior es un rodillo acanalado, es decir un cilindro que posee ranuras periféricas que pueden ser rectas o helicoidales. Al girar las ranuras obligan a las semillas a pasar a través de la copa.

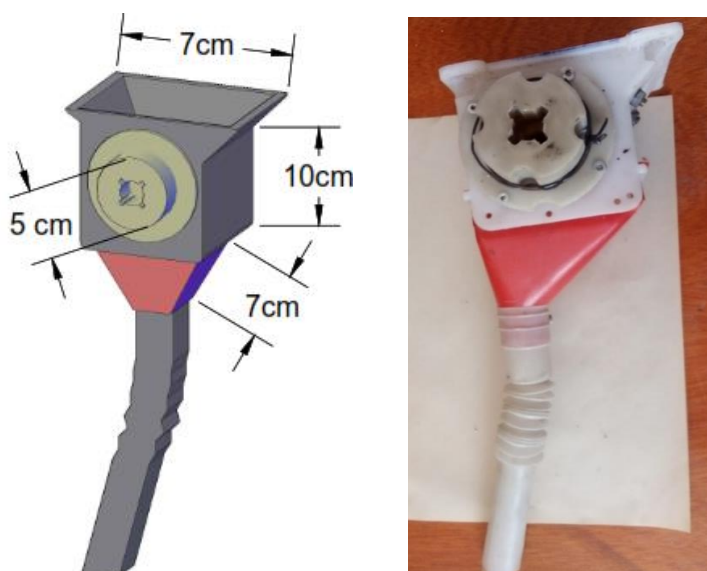
Es un elemento que permite sacar las semillas ubicadas en la tolva, y así poder agregar las semillas en cantidades exactas en cada una de sus descargas; está fabricada en base de un material plastificado que permite una accesibilidad para su limpieza al terminar su labor.

La descarga es en forma de chorro continuo o suavemente pulsante. Cada una de las ranuras toma una cantidad determinada de semillas, que ha descendido de la tolva y posteriormente es obligada a salir cuando se enfrenta con los tubos de descarga. Es decir que la dosificación de la semilla, en este caso es proporcional a la superficie

expuesta del rodillo y a la frecuencia con que las estrías se enfrentan con la descarga.

Figura 26

Distribuidor de semilla de la maquina sembradora

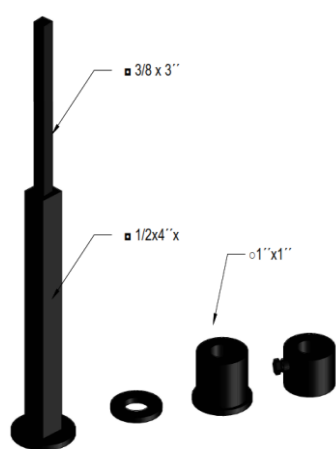


- Eje del distribuidor

Es un elemento constructivo que está fabricada por un fierro dulce cuadrado de $1\frac{1}{2}$ " y de $\frac{3}{8}$ ", de tubos circulares de 1" x 1" con sus respectivos pernos de $\frac{3}{8}$ x 1"; cuya función está destinado a guiar el movimiento de rotación de una pieza o de un conjunto de una pieza, tales como los engranajes, corona de cadenas, dosificador, entre otros el cual pueden ser móviles y fijos.

Figura 27

Accesorios del distribuidor de semilla de la máquina sembradora



- Mecanismo para cambiar de velocidades

Es un dispositivo encargado de manejar y dirigir a la máquina sembradora su velocidad y torsión por medio de controlar la frecuencia. El regulador de velocidad es una herramienta que te permite fijar a la velocidad con el que se desea manejar el sembrado.

Figura 28

Componentes para cambio de velocidades en la dosificación de semillas de la máquina sembradora



- Ruedas dentadas

Las ruedas dentadas son componentes robustos que poseen dientes que se enganchan en una cadena. Al girar la rueda dentada, los dientes se acoplan a la cadena y mueven otras piezas que están conectadas a ella. Este tipo de rueda es un mecanismo circular que transfiere movimiento a través de sus dientes.

Figura 29

Ruedas dentadas que permite la dosificación de semillas de la maquina sembradora

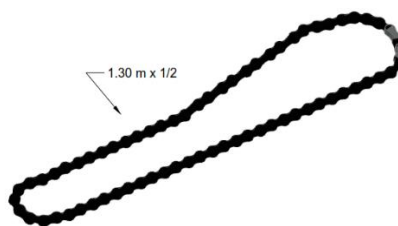


- Cadena

La cadena es una parte de la maquina manual, constituido por una serie de piezas metálicas y en forma de anillo, enlazadas unas tras otras de manera que constituyen un circuito cerrado utilizado por este tipo de maquinarias, para transmitir la potencia de tracción entre la rueda dentada y la rueda de tierra.

Figura 30

Cadena que permite la dosificación de semillas de la maquina sembradora



- Rueda de tierra

La rueda no solo tiene como función el transporte de la sembradora, sino que actúan como ruedas de mando para transmitir la fuerza y movimiento a los dosificadores de semilla. En la masa o eje de dicha rueda, se localiza los correspondientes engranajes conductores de donde se origina una relación de transmisión. Está compuesta de un neumático de caucho, en cuyo interior va una cámara de aire (también de caucho) montado sobre una llanta, un buje central y los radios que conectan ambos.

Figura 31

Rueda de tierra - neumático de caucho



- Elementos de sujeción

Los elementos de sujeción son un tipo de conexión de perno o tornillo que se emplea para fijar piezas de trabajo en dispositivos de la sembradora manual. Estos componentes aseguran que las piezas se mantengan en su lugar durante la operación de la sembradora y son fundamentales para la construcción y ensamblaje de los dispositivos de la sembradora manual.

Los elementos de sujeción, que comprenden pernos y tornillos, se emplean para fijar las piezas de trabajo en los dispositivos de la sembradora manual. Estos diversos componentes aseguran que las piezas permanezcan en su lugar durante el funcionamiento de la sembradora, lo que los convierte en elementos indispensables

tanto para la fabricación de dispositivos como para la construcción de la sembradora manual.

Tipos de tuercas

Tuerca hexagonal 5/16 x 1". La tuerca hexagonal es la que más se utiliza.

Tuerca mariposa de 5/16; la forma de la tuerca mariposa es muy característica, ya que tiene como dos solapas sobresaliendo de la propia tuerca.

Figura 32

Elementos de sujeción de ruedas en la maquina sembradora



- Componentes integrados.

El esquema diseñado permite que la máquina sembradora dosifique la semilla en una cantidad precisa y la deposite en el suelo de manera que cumpla con los requisitos biológicos necesarios para su óptima germinación, incluyendo la profundidad adecuada, nivel de humedad, contacto adecuado entre la semilla y el suelo, y una distribución uniforme sobre el terreno. Esto se realiza con el objetivo de garantizar una siembra efectiva.

La estructura de los materiales utilizados, que incluyen un dosificador de plástico especialmente diseñado para conectar el circuito integrado con el chasis, las ruedas dentadas, la rueda de piso, la cadena, entre otros componentes, ha hecho posible la integración de estas piezas de transmisión y sujeción dentro de la máquina sembradora. Este avance representa un paso significativo en la elaboración de la sembradora manual.

La capacidad de producción en masa de los circuitos integrados, junto con su fiabilidad y su capacidad para integrarse en el diseño de un diagrama, garantiza la rápida adopción y utilización de estos componentes en la construcción de la máquina sembradora.

Figura 33

Prototipo de la maquina sembradora



3.1.3. Evaluar la eficiencia y eficacia de la máquina sembradora manual para el cultivo de la quinua, bajo las condiciones de la región Ayacucho.

a) Evaluación de la máquina sembradora

- Cálculos de gabinete

Se determinó el número de vueltas de la rueda de tierra para un recorrido de 50 m. de longitud área de calibración para cada bolsa de semilla que recogerá:

$$\text{Nro de vueltas de rueda} = \frac{L}{\pi D^2}$$

$$\text{Nro de vueltas de rueda} = \frac{50 \text{ m}}{\pi \times 0.5 \text{ m}} = 31.8 \text{ vueltas}$$

Se calcula el área de siembra en los 50 ml. para un ancho de surco de 0.80 m.

$$A = 50 \text{ m.} \times 0.8 \text{ m} = 40 \text{ m}^2$$

Figura 34

Calibración de la densidad de siembra en la maquina sembradora



Calculo de cantidad de semilla para 40 m^2 de área (Si densidad de siembra/Ha debe ser 12 Kg)

$$\begin{array}{rcl} 10000 \text{ m}^2 & \text{-----} & 12,000 \text{ gr.} \\ 40 \text{ m}^2 & \text{-----} & X \end{array}$$

$$X = 48 \text{ gr.}$$

El procedimiento para calibrar el distribuidor implica ajustar la profundidad del cilindro acanalado de manera que, al dar 31.8 vueltas en la rueda, se recoja un peso de 48 gramos en la bolsa. El objetivo es lograr que este peso se acerque lo más posible al ideal, con una diferencia máxima del 5% (es decir, el peso real de cada bolsa puede oscilar entre 45.6 y 50.4 gramos). Si los pesos no cumplen con estos criterios, será necesario ajustar la máquina para que entregue más o menos semillas al tubo de descarga. Una vez realizados estos ajustes, se deben repetir los pasos hasta que el peso de las bolsas y el peso calculado se aproximen a lo establecido.

- Evaluación de campo

Capacidad de trabajo teórico

Para calcular la capacidad de trabajo teórico de la máquina sembradora manual se realizó la siembra de quinua en el campo de cultivo con 3 repeticiones, para tal fin previamente se realizó la labranza primaria con arado de discos y labranza secundaria con rastra de discos y luego el surcado. Luego se midió 20 m. de longitud en el surco para controlar el tiempo de recorrido de este tramo.

$$V = L/T$$

$$V = 20\text{m} / 25.2 \text{ seg} = 1.10 \text{ m/ seg}$$

$$V = 2.857 \text{ km/hr}$$

Dónde:

L = Longitud sembrada

T = tiempo de recorrido

V = Velocidad de trabajo

La capacidad de trabajo teórico (CTT) multiplicando la velocidad de trabajo por el ancho de trabajo (Ancho del surco) dividido entre 10 para convertir a has. /hr.

$$CTT = V \times A / 10$$

CTT = Capacidad de trabajo teórico (Has/hr)

V = Velocidad de trabajo km/hr)

A = Ancho de trabajo (ancho de surco) (m)

$$CTT = 2.857 \text{ km/hr} \times 0.80 \text{ m}/10$$

$$CTC = 0.229 \text{ Has/hr.}$$

El tiempo efectivo es el inverso de la capacidad teórica de campo, lo cual nos permite medir el rendimiento de la máquina sembradora en términos de la cantidad de tiempo necesario para sembrar una hectárea de quinua.

$$Te = 1 / CTC = 1 / 0.229 \text{ Has/hr.}$$

$$Te = 4.37 \text{ hr/Ha.}$$

Tabla 9

Resumen de fuerzas aplicadas en la maquina durante la evaluación en campo

Prueba de campo	V (km/hr)	A (m.)	CTC (Ha/hr)	Te (hr/ha.)
Prueba 1	2.857	0.8	0.229	4.37
Prueba 2	2.944	0.8	0.235	4.25
Prueba 3	3.028	0.8	0.242	4.13
Promedio	2.943		0.235	4.25

Capacidad de trabajo efectivo

Es el trabajo real que desarrolla la máquina sembradora teniendo en consideración las paradas realizadas por diversos motivos durante la jornada de trabajo (Vuelta en la cabecera de parcela, recarga de semillas a la tolva, descanso del operador, etc) para tal fin se considera la variable eficiencia de campo.

La eficiencia de campo se estimó en 0.75 para el presente cálculo

$$CTE = CTT \times Ec$$

$$CTE = 0.235 \text{ Has/hr} \times 0.75$$

$$CTE = 0.176 \text{ Has/hr}$$

En última instancia, el tiempo operativo representa el tiempo real necesario para completar la siembra de una hectárea de quinua.

$$To = 1 / CTE = 0.176 \text{ Has/hr}$$

$$To = 5.682 \text{ Hora /ha.}$$

- Evaluación de costos y análisis de impactos.

Costos de la máquina sembradora

Los costos de la construcción de la maquina sembradora manual se desagregan en costo de materiales, equipos utilizados y mano de obra en el proceso constructivo

Tabla 10

Detalle de materiales utilizados en la construcción de la máquina sembradora

Ítem	Descripción	Und	Cantidad	Costo Unit. S/.
1	Perfil tubular redondo F° G° 1"x6x1/8"	Varilla	0.50	46.00
2	Perfil cuadrangular F° G° 1"x1/8"	Varilla	0.50	48.00
3	Platina de acero 1 1/4" x 1/8"	Varilla	0.50	20.00
4	Neumatico de bicicleta aro N° 14	Und	1.00	28.00
5	Aro de bicicleta acero inoxidable N° 14	Und	1.00	30.00
6	Cámara de bicicleta aro N° 14	Und	1.00	15.00
7	Cadena de bicicleta de acero 1.30 x 1/2"	Und	1.00	20.00
8	Catalina de bicicleta de acero de 6"	Und	1.00	35.00
9	Engranaje de transmisión de cambio de acero	Und	1.00	40.00
10	Perno 1/2" x 3"	Und	6.00	2.00
11	Perno 1/4" x 2"	Und	8.00	1.00
12	Tuerca exagonal 1/2"	Und	6.00	0.50
13	Tuerca exagonal 1/4"	Und	8.00	0.30
14	Arandela plana de ala ancha 1/2"	Und	12.00	0.20
15	Arandela plana de ala ancha 1/4"	Und	16.00	0.20

16	Lámina plana de 2.4x1.20x1/8"	kg	0.25	100.00
17	Base zincromate	Galón	0.25	40.00
18	Pintura acrilica	Galón	0.25	60.00
19	Thiner acrilico	Galón	0.50	20.00
20	Lija de agua 220	Und	1.00	2.50
21	Lija de fierro N° 40	Und	1.00	3.00
22	Electrodo	kg	0.25	12.00
23	Masilla plástica	Galón	0.25	30.00
Total				553.70

Costo de utilización de la maquinaria

Tabla 11

Costo de herramientas y equipos utilizados en el taller de mecánica

Costo de máquina y equipos			
Descripción	Costo/hora S/.	Tiempo utilizado (horas)	Costo total
Soldadura de arco eléctrico	5.00	3.00	15.00
Compresora de aire	5.00	1.00	5.00
Taladro de mano	3.00	1.00	3.00
Tornillo de banco	4.00	1.00	4.00
Arco de sierra	2.00	2.00	4.00
Total			31.00

Costo mano de obra

Tabla 22

Costo mano de obra para la construcción de la máquina sembradora

Costo de mano de obra			
Descripción	Costo/hora S/.	Tiempo utilizado (horas)	Costo total
Corte y taladrado de los componentes	20.00	2.00	40.00

Soldado y armado de los elementos de la máquina	20.00	1.50	30.00
Lijado y pulido	20.00	0.50	10.00
Pintado	20.00	0.50	10.00
Total			90.00

Tabla 33

Resumen de costos en la construcción de la maquina sembradora

Resumen de costos	
Descripción	Costo Parcial S/.
Costo de materiales	332.00
Costo de Equipos	31.00
Costo de mano de obra	90.00
Transporte	20.00
Costo directo	473.00
Gastos generales y utilidad (15 %)	70.95
Total	543.95

Como se puede observar, el costo total del proyecto es de 543.95 soles. En el ámbito del mercado nacional, este proyecto representa el primer prototipo de su tipo dedicado a la siembra de semillas de quinua, sin que exista otro similar

b) Análisis de impactos.

Esta investigación se enfocó en un análisis técnico de los efectos generados por el prototipo de la máquina sembradora manual en varios aspectos del entorno donde

se preveía su uso. Para llevar a cabo este análisis, se empleó el siguiente enfoque metodológico:

- Se identificaron diversas áreas o aspectos generales que serían afectados de manera positiva o negativa por el proyecto. En este estudio, se delimitaron las áreas social, económica, medioambiental y educativa.
- Se seleccionaron diferentes niveles de impacto, tanto positivos como negativos, según lo definido en la tabla 15. Como se puede observar en dicha tabla, los impactos se describieron utilizando un criterio de evaluación ponderado.

Tabla 44

Rango de ponderación de la máquina sembradora

Rango de ponderación	
Nivel de impacto	Estado
-3	Impacto ALTO negativo
-2	Impacto MEDIO negativo
-1	Impacto BAJO negativo
0	NO HAY IMPACTO
1	Impacto BAJO positivo
2	Impacto MEDIO positivo
3	Impacto ALTO positivo

Fuente: A. Gaibor y J. Quillupangui

- Se diseñaron matrices individuales para cada una de las áreas de estudio, donde se dispusieron horizontalmente los diferentes niveles de impacto establecidos, y verticalmente se definieron una serie de indicadores que proporcionaron información específica y detallada sobre cada área analizada.
- Cada indicador fue evaluado con un nivel de impacto, ya sea positivo o negativo. Posteriormente, los niveles de impacto fueron sumados y el resultado se dividió por el número de indicadores definidos en cada área, permitiendo así calcular matemáticamente el nivel total de impacto en cada área estudiada.

- En cada matriz de área se realizó un análisis detallado, donde se seleccionaron y justificaron cuidadosamente las razones, motivos y circunstancias que llevaron a asignar el nivel de impacto específico a cada indicador dentro de la matriz correspondiente.

Impacto social

Tabla 55

Cuantificación del Impacto social

Indicador	Nivel de impacto	-3	-2	-1	0	1	2	3	Total
Ciencia y tecnología								x	3
Hábitos de consumo							x		2
Generación de productividades						x			1
Bienestar para la práctica estudiantil								x	3
Total						1	2	6	9

Total, de impacto social = 9/3

Total, de impacto social = 3

Nivel de impacto social = MEDIO positivo.

Como se puede observar en la tabla 14, se muestran los resultados clasificados en niveles: bajo, medio y alto, utilizando como base la ponderación establecida en la tabla 14. Estos resultados permiten la interpretación de los datos obtenidos utilizando cuatro parámetros como indicadores, cuyos resultados se distribuyen en tres niveles: bajo, medio y alto. Es importante resaltar que el impacto social se evalúa como medio positivo.

Análisis, el proyecto anticipa que este impacto tendrá efectos a corto, mediano y largo plazo, modificando la forma en que se realiza la siembra de quinua. Esto se logrará mediante la reducción del tiempo necesario y la aplicación de una dosificación

precisa, lo que resultará en un ahorro de semillas y un aumento en la productividad durante la cosecha.

Impacto económico

Tabla 66

Cuantificación del Impacto económico

Indicador	Nivel de impacto	-3	-2	-1	0	1	2	3	TOTAL
Inversión en conocimiento						x			1
Mejora al momento de la siembra de semilla								x	3
Garantía del perfil estudiantil							x		2
Ahorro en el equipamiento técnico								x	3
Total						1	2	6	9

Total, de impacto económico = $9/3$

Total, de impacto económico = 3

Nivel de impacto económico = MEDIO positivo.

La tabla 16 presenta los resultados categorizados en niveles: bajo, medio y alto, utilizando la tabla 15 como referencia para la ponderación. Estos datos permiten la interpretación de los resultados obtenidos de acuerdo a cuatro parámetros, divididos en tres categorías: bajo, medio y alto. Es importante destacar que el impacto social se evalúa como medio positivo.

Análisis, la construcción de la máquina sembradora de quinua conlleva beneficios económicos tanto para los estudiantes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales como para los agricultores del sector Salache. Esta máquina posibilitará una siembra óptima, lo que se traduce en un ahorro de tiempo y semillas.

Impacto medio ambiental

Tabla 77

Cuantificación del Impacto económico

Indicador	Nivel de impacto	-3	-2	-1	0	1	2	3	TOTAL
Conservación del medio ambiente								x	3
Agricultura de precisión							x		2
Uso de semilla certificada								x	3
Total									8

Total, de impacto medio ambiental = $8/3$

Total, de impacto medio ambiental = 2.67

Nivel de impacto medio ambiental = ALTO positivo.

La tabla 17 muestra los resultados obtenidos al aplicar una ponderación a tres niveles de referencia: bajo, medio y alto, tal como se define en la tabla 16. Estos resultados permiten la interpretación de los datos obtenidos a partir de cuatro parámetros, cuyos resultados se clasifican en tres categorías: bajo, medio y alto. Se destaca que el impacto social se revela como positivo en un nivel alto.

En última instancia, el tiempo operativo representa el tiempo real necesario para completar la siembra de una hectárea de quinua.

3.2. Discusiones

- En la selección de materiales para la adaptación de la máquina sembradora, se optó por utilizar componentes provenientes de ferretería y accesorios de bicicleta, fundamentándose en la búsqueda de durabilidad y simplicidad en contraposición a las alternativas disponibles en el mercado. Estos materiales, conocidos por su robustez y resistencia, garantizan una larga vida útil, facilitando su acceso y reposición en el mercado local, lo que contribuye a la sostenibilidad del proyecto. Además, su utilización simplifica tanto el diseño como la implementación del

proceso de adaptación, reduciendo costos y tiempos de construcción y mantenimiento. Esta elección no solo optimiza la eficiencia y la facilidad de uso para los operadores, sino que también proporciona una ventaja económica y de accesibilidad al ser más asequible en comparación con piezas especializadas para maquinaria agrícola, permitiendo maximizar el valor de cada inversión realizada, especialmente en contextos con recursos limitados.

- El desarrollo del prototipo de la máquina sembradora se llevó a cabo utilizando materiales y accesorios fácilmente disponibles en el mercado. Esta decisión se basó en la premisa de optimizar la accesibilidad y la viabilidad del proyecto, aprovechando componentes que son comunes y ampliamente distribuidos. Al utilizar estos materiales estándar, se garantizó la capacidad de replicar y escalar el diseño en diferentes contextos sin enfrentar dificultades significativas en la obtención de los elementos necesarios. Además, la selección de estos materiales comerciales ofreció la flexibilidad de adaptar el prototipo según las necesidades específicas del usuario final, permitiendo una personalización eficiente y económica. En resumen, la elección de materiales y accesorios del mercado fue fundamental para garantizar la viabilidad y la practicidad del prototipo de la máquina sembradora, facilitando su implementación y eventual adopción a gran escala en el sector agrícola.
- La calibración en la dosificación de semillas ha sido diseñada para ser accesible y fácil de manejar, eliminando la necesidad de contar con especialistas para su operación. Este enfoque práctico permite que incluso usuarios sin experiencia previa puedan llevar a cabo el proceso de manera eficiente y precisa. La simplicidad de la operación se refleja en la intuitiva interfaz y en los pasos claros y concisos que

guían al usuario a través del procedimiento de calibración. Además, se han implementado medidas para garantizar la consistencia y la precisión en la dosificación, reduciendo la posibilidad de errores humanos y optimizando así el rendimiento de la máquina sembradora. Esta accesibilidad y facilidad de uso no solo simplifican el trabajo diario de los agricultores, sino que también aumentan la eficiencia general del proceso de siembra, lo que resulta en una mayor productividad y rentabilidad en el campo.

Capítulo IV: Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Conclusiones

- Se ha logrado desarrollar una máquina sembradora manual que presenta una estructura simplificada y utiliza componentes eficientes para su funcionamiento. Entre estos componentes se incluyen ruedas dentadas, cadenas y dispositivos de cambio de velocidad de bicicleta, lo que facilita tanto su instalación como su mantenimiento regular. Este enfoque en la selección de componentes ha permitido diseñar una máquina que ofrece un equilibrio óptimo entre rendimiento y accesibilidad económica para los agricultores.
- El proceso de construcción de la máquina se llevó a cabo meticulosamente en el laboratorio y taller de maquinaria agrícola. Durante esta etapa, se realizó el ensamblaje de todos los componentes previamente diseñados o seleccionados en el gabinete. Es importante destacar que el costo total de la máquina sembradora de quinua ascendió a S/. 543.95, lo que incluye los gastos generales asociados al proyecto.
- Para evaluar la eficacia de la máquina sembradora en condiciones reales, se realizaron pruebas técnicas tanto en laboratorio como en campo, enfocándose en la siembra del cultivo de quinua. Durante estas pruebas se experimentaron diferentes densidades de siembra para determinar la capacidad de trabajo teórica (0.229 ha/hr) y la capacidad de trabajo efectiva (0.176 ha/hr) de la máquina. Además, se calculó el tiempo efectivo y operativo necesario para sembrar un hectárea de terreno, revelando un valor de 4.37 hr/ha y 5.682 hr/ha respectivamente.
- Al realizar un análisis de impacto en los aspectos social, económico y medioambiental, se encontró que la máquina sembradora presenta una evaluación

medio positiva en el ámbito social y una evaluación alta positiva en el ámbito medioambiental. Estos resultados indican que la máquina sembradora podría ser bien recibida entre los pequeños agricultores de la región, ofreciendo beneficios significativos tanto en términos de eficiencia de trabajo como de impacto ambiental.

4.2 Recomendaciones

- Continuar el desarrollo del diseño de la máquina sembradora actual con el fin de mejorar la precisión en la distribución de la semilla. Esto puede lograrse mediante la incorporación de tecnologías avanzadas de dosificación y control, lo que también puede ayudar a reducir los costos de construcción.
- Explorar la posibilidad de optimizar aún más el diseño de la máquina para garantizar que sea lo más económica posible tanto en términos de fabricación como de mantenimiento. Esto podría implicar la revisión de los materiales utilizados, la simplificación de los procesos de fabricación y la identificación de componentes alternativos que sean igualmente eficientes pero más económicos.
- Fomentar la investigación y el desarrollo continuo en el campo de la maquinaria agrícola, con especial atención en la adaptación de tecnologías existentes para su uso en entornos rurales y geográficamente remotos. Esto podría incluir la exploración de nuevas técnicas de producción y materiales innovadores que puedan mejorar la funcionalidad y la durabilidad de las máquinas agrícolas.
- Establecer programas de capacitación y asistencia técnica para los agricultores y trabajadores rurales, con el objetivo de garantizar que puedan utilizar y mantener adecuadamente la maquinaria agrícola. Esto no solo mejorará la eficiencia de su trabajo, sino que también prolongará la vida útil de las máquinas y reducirá los costos de reparación.

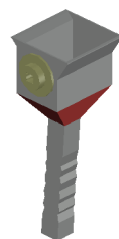
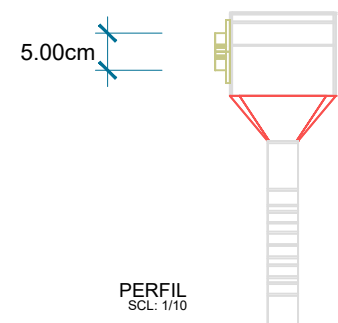
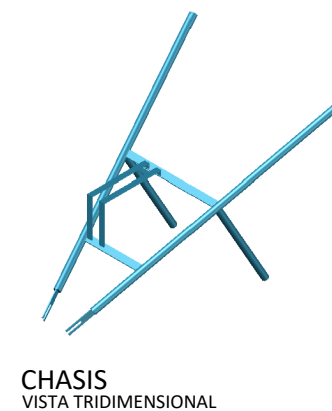
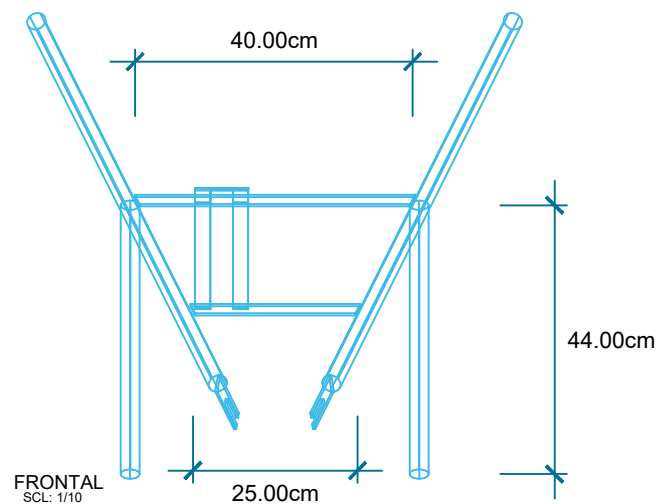
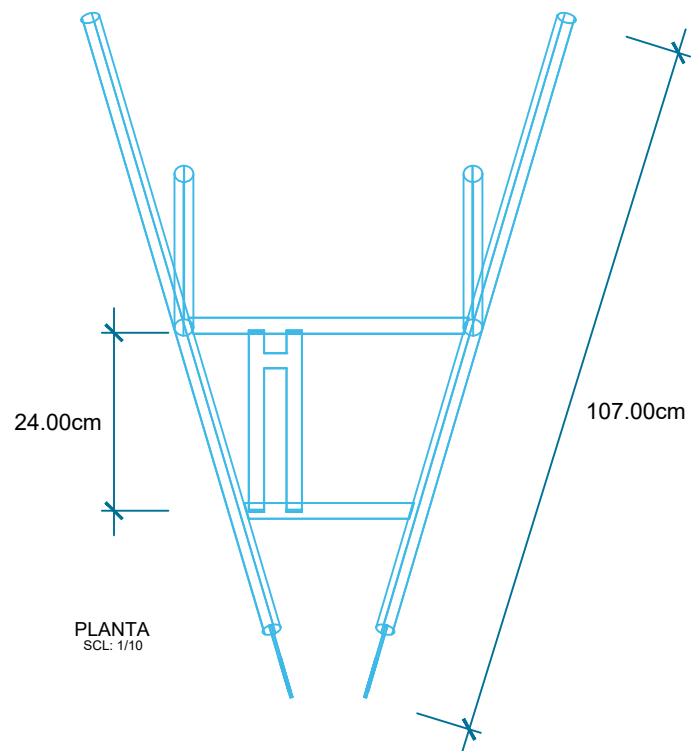
Referencias Bibliográficas

- Agronline. 2018. *Diario digital del sector Agrícola y Ganadera*. [En línea] 2018. <http://www.agronline.pe/noticias/agricultura/contando-la-historia-el-padre-de-la-primera-sembradora-mecanica-2/>.
- Alfaro, C. (2012). Texto: "*Metodología de Investigación Científica aplicado a la Ingeniería*". Callao.
- Álvarez, E. 2011. *Evaluación del desempeño en campo del mecanismo dosificador de la sembradora para las superficies pequeñas*. Herconth, Mexico
- Bernat, C.; Gil, E. 1993 *Equipos combinados para la preparación del suelo y la siembra*. Máquinas y Tractores, N^o 7/8.
- Berlijn J. D. 1982. *Maquinaria para fertilización, Siembra y Trasplante*. Edit. Trillas, México
- Diezma Iglesias, B & García Ramos, F. 2006. *Características técnicas de las sembradoras convencionales*. Escuela Politécnica Superior de Huesca. España: Siembra., 2006. págs. 60-64.
- Espinoza, C. (2010). *Metodología de la Investigación Tecnológica: Pensando en Sistemas*. Huancayo.
- García, Ricardo, Avendaño, Álvaro Y Suarez, Alexci. (2016). *Diseño de un prototipo de sembradora mecánica de granos, alternativa agrícola*. Facultad de Ingenierías. Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Colombia. : Ingenio UFPSO., 2016. págs. 1- 8. ISSN: 2011-642.
- Gaibor, E. Quillupangui J.J 2018. *Diseño e implementación de una máquina para la siembra de quinua*. [Universidad Técnica de COTOPAXI. Facultad de Ciencias de la Ingeniería]. Latacunga, Ecuador
- Hunt D., 1986. *Manual de Maquinaria Agrícola. Equipos y selección*. Edic. McGraw-Hill, Vol. 2. Mexico.

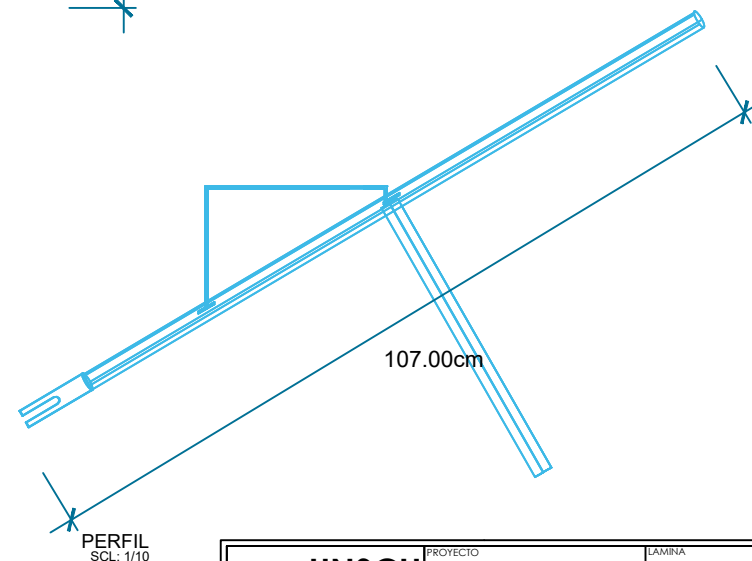
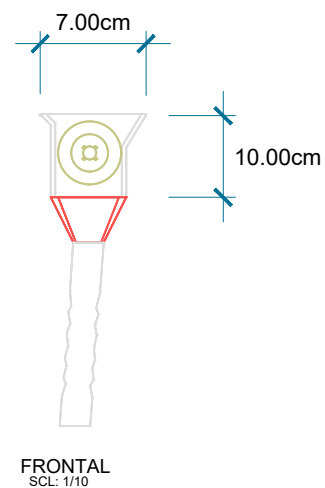
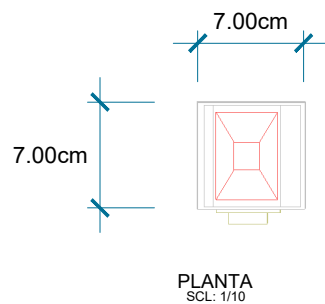
- Lara, A. 2005. *Diseño del distribuidor y del cuerpo de una máquina sembradora automática de precisión*. Parque Tecnológico de Boecillo, Parcela 205, 47151 Boecillo (Valladolid)
- Litardo, M.F. 2008 “*Evaluación, pruebas y validación de dosificación y siembra en el campo de dos resembradoras de pastos*”.
- Ortiz Cañavate, J. 1993. *Las máquinas agrícolas y su aplicación*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- Ramírez Flores, W. (2019). *Diseño de una maquina semiautomática sembradora de maíz para optimizar el tiempo de sembrado*.
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/69987>
- Riba, C. (2002). *Diseño Concurrente*. Barcelona: Edicions UPC.
- Soto M. S. 1999. *Introducción al estudio de la máquinas Agrícolas*, Edit. Trillas. México
- Spotts M.F. 1999 *Proyecto de elementos de Máquinas* Edic, PRENTICE HALL. México.
- Tolesano, N. 2010. *Sembradora Manual de Precisión. Para pequeños productores locales*. [Otra thesis, Facultad de Diseño - Universidad de Buenos Aires].
- Salvá, A. L. 2015. *Diseño de una máquina sembradora de semillas de quinua con capacidad de 01 Ha/h traccionada por un tractor agrícola de 55 HP*.

ANEXO 1

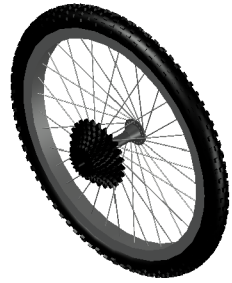
PLANOS CONSTRUCTIVOS



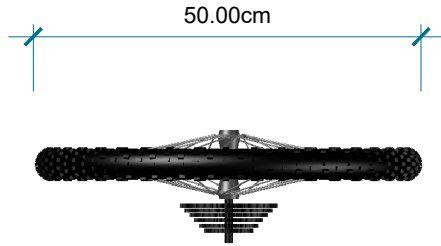
DISTRIBUIDOR DE SEMILLA
VISTA TRIDIMENSIONAL



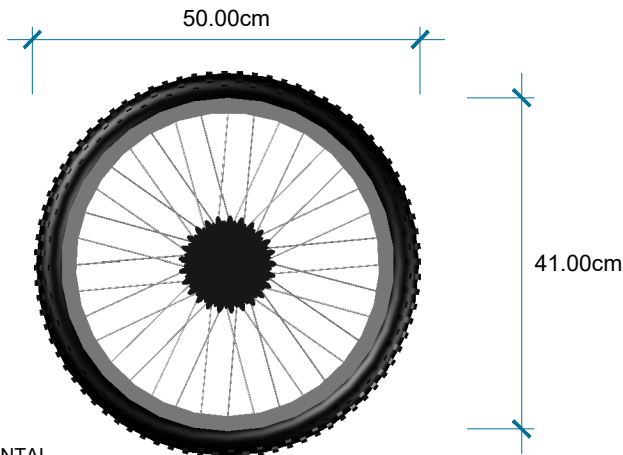
 UNSCH UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA	PROYECTO	SEMBRADORA MANUAL	LÁMINA
	TEMA	DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN	02
	ESPECIALIDAD	INGENIERIA AGRÍCOLA	
PLANO	PLANTA, PERFIL Y FRONTAL		ESCALA
ALUMNO	MARIÑO ALARCON JOSE LUIS		FECHA
			26/11/23



RUEDA DE TIERRA
VISTA TRIDIMENSIONAL



PLANTA
SCL: 1/10



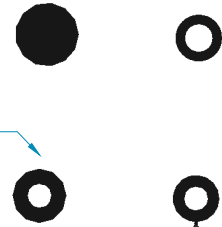
FRONTAL
SCL: 1/10



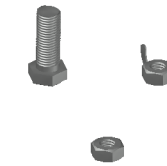
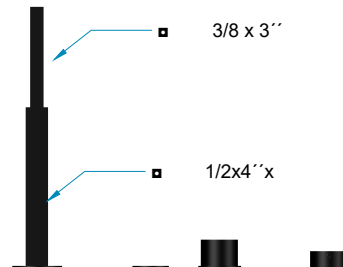
EJE DEL DISTRIBUIDOR
VISTA TRIDIMENSIONAL

1"x1"

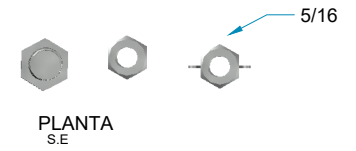
PLANTA
S.E



FRONTAL
S.E



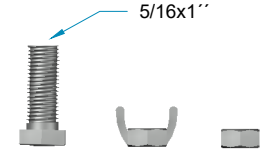
ELEMENTOS DE SUJECIÓN
VISTA TRIDIMENSIONAL



PLANTA
S.E



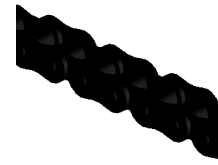
PERFIL
S.E



FRONTAL
S.E



PERFIL
SCL: 1/10



CADENA
VISTA TRIDIMENSIONAL



PERFIL
S.E

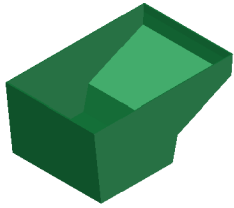


PLANTA
S.E

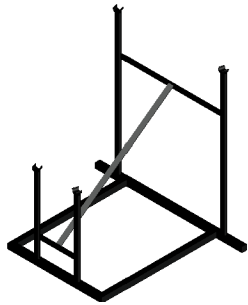
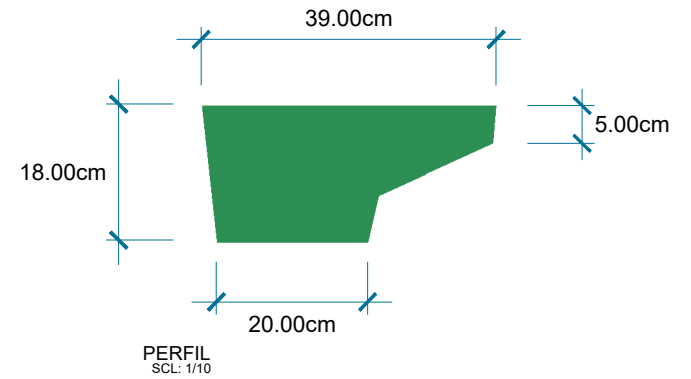
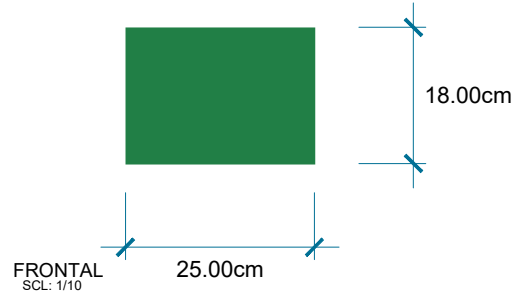
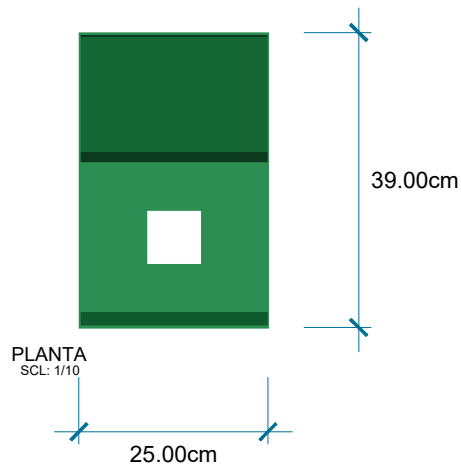


FRONTAL
S.E

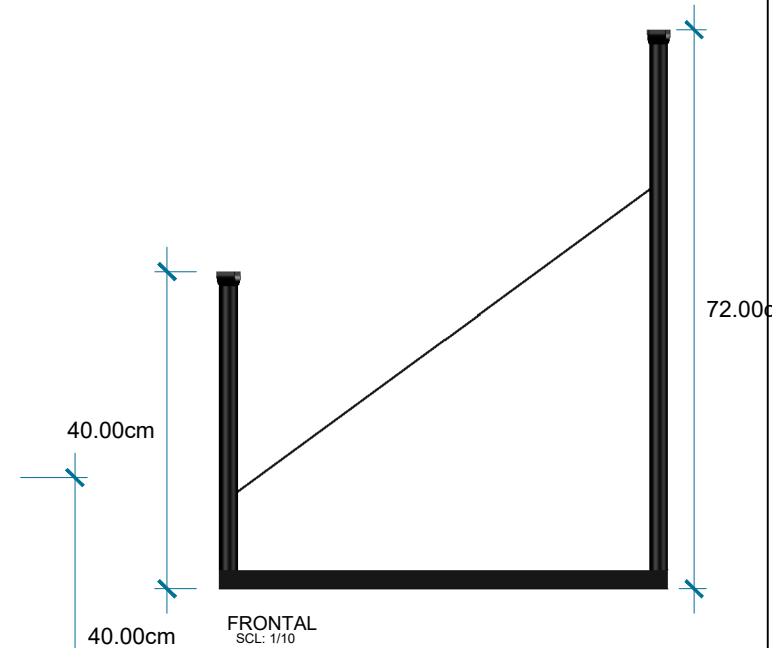
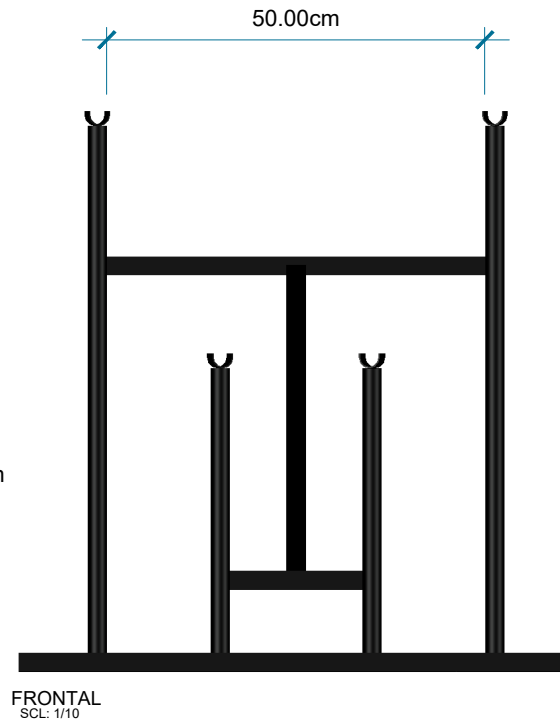
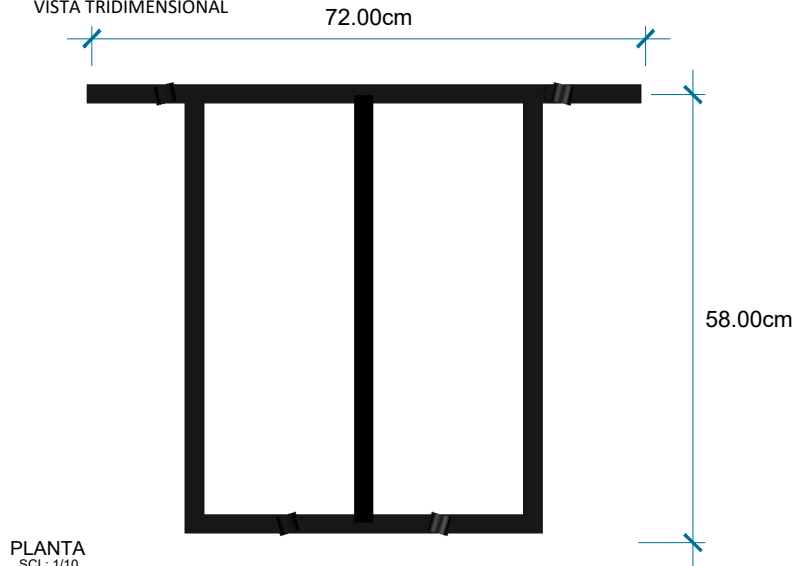
 UNSCH UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA		PROYECTO SEMBRADORA MANUAL	LÁMINA 03
TEMA DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN		ESPECIALIDAD INGENIERIA AGRÍCOLA	
PLANO PLANTA, PERFIL Y FRONTAL	ALUMNO MARIÑO ALARCON JOSE LUIS	ESCALA INDICADA	FECHA 26/11/23



TOLVA
VISTA TRIDIMENSIONAL



SOPORTE
VISTA TRIDIMENSIONAL



	PROYECTO	SEMBRADORA MANUAL		LÁMINA
	TEMA	DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN		01
	ESPECIALIDAD	INGENIERIA AGRÍCOLA		
PLANO	PLANTA, PERFIL Y FRONTAL			ESCALA
ALUMNO	MARIÑO ALARCON JOSE LUIS			FECHA
				26/11/23

“DISEÑO, CONSTRUCCION Y EVALUACION DE UNA SEMBRADORA MANUAL DE QUINUA, AYACUCHO 2019”

José Luis Mariño Alarcón¹

Federico Quicaño Suarez²

Área de investigación: Biotecnología

Línea de Investigación: Infraestructura y Mecanización Agrícola

Jose.marino.21@unsch.edu.pe¹

federico.quicaño@unsch.edu.pe²

Resumen

El presente trabajo de investigación se ejecutó en el laboratorio de Mecanización Agrícola y las pruebas experimentales de campo se llevaron a cabo en el Centro Experimental de Pampa del Arco y Canaán de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; se construyó un modelo de sembradora manual de quinua con materiales de acero y transmisiones de ruedas dentadas y cadenas. Los resultados obtenidos contribuirán en la solución de las labores de siembra del cultivo de quinua, como una alternativa tecnificada a la siembra que permita una eficiente aplicación y uniformidad de distribución en el campo de cultivo según la densidad de siembra adoptada; dichos implementos por la simplicidad en su diseño permite estar al alcance de los pequeños agricultores para realizar la siembra con facilidad y contribuir en la reducción de sus costos de producción y ahorro en el tiempo en la ejecución de la labor de siembra del cultivo de quinua. Se realizó la evaluación técnica y económica en el laboratorio y campo en la siembra del cultivo de quinua en diversas densidades de siembra y luego en campo se determinó la capacidad trabajo teórico en 0.229 ha/hr y capacidad de trabajo efectivo en 0.176 ha/hr y así mismo el tiempo efectivo y tiempo operativo fue de 4.37 hr/ha y 5.682 hr/ha, y siendo costo de la construcción de la máquina sembradora manual de 543.95 soles. El análisis de impacto en lo social, económico y medioambiental es de medio positivo y alto positivo, siendo S/. 543.95 el costo de la construcción de la máquina sembradora manual de quinua desarrollado en el presente trabajo de investigación.

Palabra clave: Sembradora de quinua, diseño, capacidad de trabajo.

Introducción

García, Avendaño & Suarez (2016), una de las labores fundamentales en la agricultura es la siembra, que implica depositar las semillas en el suelo para que germinen y crezcan nuevas plantas. Para lograr un desarrollo óptimo de las plantas, es crucial sembrarlas en un entorno con las condiciones adecuadas. En este contexto, las sembradoras son dispositivos diseñados para plantar diversos tipos de granos (como maíz, trigo, cebada, quinua, entre otros) en cantidades y profundidades adecuadas, así como con una separación adecuada entre surcos, dependiendo del tipo de semilla. general, algunas semillas son cubiertas con tierra o agua durante el proceso de siembra. Agronline (2018), hacia la era contemporánea, específicamente durante la revolución industrial, se experimentaron avances sin precedentes en toda la industria, especialmente en lo que respecta a la siembra de cultivos a gran escala. En este contexto, destacó Jethro Tull (1672 - 1741) como pionero de la sembradora mecánica, al inventar el primer dispositivo de este tipo. En el año 1701, Tull probó su sistema, que implicaba el uso de una azada arrastrada por caballos, con el objetivo de mejorar la eficiencia en la siembra. Esta innovación combinaba la preparación del suelo con el proceso de siembra, permitiendo labrar y sembrar grandes extensiones de terreno con pocos trabajadores. Además, el dispositivo distribuía los granos de manera uniforme en hileras mediante una barrera mecánica, lo que reducía la necesidad de limpiar la maleza en el futuro. Ramírez Flores (2019), la mejora de la eficiencia en la siembra y cosecha de cultivos tradicionales en los valles interandinos del Perú busca aumentar la productividad agrícola y mejorar el nivel de vida de los agricultores. Esto incluye reducir la carga física del trabajador rural mediante un diseño ergonómico. El objetivo es desarrollar una máquina manual económica y fácil de usar, fabricar y mantener, que pueda operar en terrenos difíciles y remotos utilizando materiales locales y con facilidad de reparación para garantizar su funcionamiento continuo.

En el presente trabajo de tesis, se realizó los diseños de una máquina sembradora para el cultivo de la quinua, el cual luego de su construcción se evaluó su eficiencia, eficacia y las regulaciones para variar la densidad de siembra de acuerdo a los objetivos planteados. La investigación de la tesis se centró en crear, construir y analizar una sembradora manual de granos que fue elaborada de manera no profesional y experimental, pero demostró ser duradera, fácil de usar y resistente a daños debido a su diseño simple. Este proyecto nació como respuesta a la demanda y necesidad dentro del ámbito agrícola de contar con un dispositivo que pudiera mejorar el proceso de siembra. Se realizaron varias adaptaciones, principalmente en los sistemas de transmisión y distribución de granos, comenzando con la construcción de un prototipo inicial para su desarrollo.

Objetivo general

Diseñar, construir y evaluar una máquina sembradora manual para el cultivo de la quinua con tecnología del medio local, para la región de Ayacucho.

Objetivos específicos

- Diseñar una máquina sembradora manual para el cultivo de la quinua con tecnología del medio y a un costo barato para la región Ayacucho.
- Construir una máquina sembradora manual para el cultivo de la quinua con tecnología del medio, para ahorrar tiempos y costos en la labor de siembra en la región Ayacucho.
- Evaluar la eficiencia y eficacia de la máquina sembradora manual para el cultivo de la quinua, bajo las condiciones de la región Ayacucho.

1. Metodología

1.1. Descripción de la zona de estudio

El departamento de Ayacucho se encuentra en la región centro-sur de los Andes del Perú, a una altitud de 2,746 msnm, ubicado entre los paralelos 12° 07' 30" y 15° 37' 00" de latitud sur, y los meridianos 72° 50' 19" y 75° 07' 00" de longitud oeste.

Políticamente el lugar donde se realizó dicha investigación está situado en:

Región : Ayacucho
Provincia : Huamanga
Distrito : Ayacucho

1.2. Tipo de investigación

La investigación aplicada tiene como objetivo convertir el conocimiento existente en herramientas prácticas que beneficien a la sociedad, lo que también puede ser denominado como un proceso de innovación. (Espinoza, 2010, pág. 106).

Alfaro (2012), la investigación aplicada persigue adquirir conocimiento con el propósito de llevar a cabo acciones, intervenciones, construcciones o modificaciones.

1.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se elaborará una lista de requisitos o especificaciones, diseñada en base a las necesidades planteadas en el problema abordado en esta tesis. Se seguirá el formato específico de lista de requisitos.

1.4. Evaluación técnica

La evaluación técnica se basa en los siguientes criterios:

Sencillez de fabricación (C1): Se otorga una puntuación más alta cuando los componentes de la sembradora son fáciles de fabricar o adquirir.

Facilidad para el transporte (C2): Se valora más cuando la sembradora es fácil de montar y desmontar para su transporte.

Sencillez de operación (C3): Se puntúa más alto cuando la máquina proporciona una ergonomía óptima para el operador y su operación es sencilla.

Demanda de energía (C4): Se da una mayor puntuación cuando el sistema utiliza la energía de manera eficiente, minimizando las pérdidas.

Necesidad de mantenimiento (C5): Se otorga una puntuación más alta a los conceptos que requieren un mantenimiento básico.

Nivel de ruido (C6): Se da una puntuación más alta a las soluciones que generan menos ruido.

1.5. Diseño de Investigación

Espinoza (2010), el diseño se adapta a las metas y circunstancias específicas, donde se deben satisfacer los requisitos que serán identificados posteriormente en una lista de requerimientos, que pueden ser demandas o aspiraciones. Este diseño se desarrollará hasta llegar al nivel de planos de fabricación.

1.6. Materiales

1.6.1. Materiales Utilizados.

a. Materiales utilizados en el diseño de la maquina sembradora

- Computadora Pentium V
- Impresora canon G3100
- Plotter.
- Investigaciones (tesis) relacionadas al tema.

- AutoCAD y Civil CAD.

b. Materiales de construcción de la maquina sembradora

Tabla 3

Materiales empleados en la construcción maquina sembradora.

Ítem	Descripción	Und	Cantidad
1	Perfil tubular redondo F° G° 1"x6x1/8"	Varilla.	0.50
2	Perfil cuadrangular F° G° 1"x1/8"	Varilla.	0.50
3	Platina de acero 1 1/4" x 1/8"	Varilla.	0.50
4	Neumatico de bicicleta aro N° 14	Und.	1.00
5	Aro de bicicleta acero inoxidable N° 14	Und.	1.00
6	Cámara de bicicleta aro N° 14	Und.	1.00
7	Cadena de bicicleta de acero 1.30 x 1/2"	Und.	1.00
8	Catalina de bicicleta de acero de 6"	Und.	1.00
9	Engranaje de transmisión de cambio de acero	Und.	1.00
10	Perno 1/2" x 3"	Und.	6.00
11	Perno 1/4" x 2"	Und.	8.00
12	Tuerca exagonal 1/2"	Und.	6.00
13	Tuerca exagonal 1/4"	Und.	8.00
14	Arandela plana de ala ancha 1/2"	Und.	12.00
15	Arandela plana de ala ancha 1/4"	Und.	16.00
16	Lámina plana de 2.4x1.20x1/8"	Kg.	0.25
17	Base zincromate	Galón.	0.25
18	Pintura acrilica	Galón.	0.25
19	Thiner acrilico	Galón.	0.50
20	Lija de agua 220	Und.	1.00
21	Lija de fierro N° 40	Und.	1.00
22	Electrodo	Kg.	0.25
23	Masilla plástica	Galón.	0.25

1.7. Metodología de investigación

Riba (2002), la representación del proceso de diseño en etapas se puede dividir en cuatro niveles de detalle que afectan los resultados de cada fase posterior.

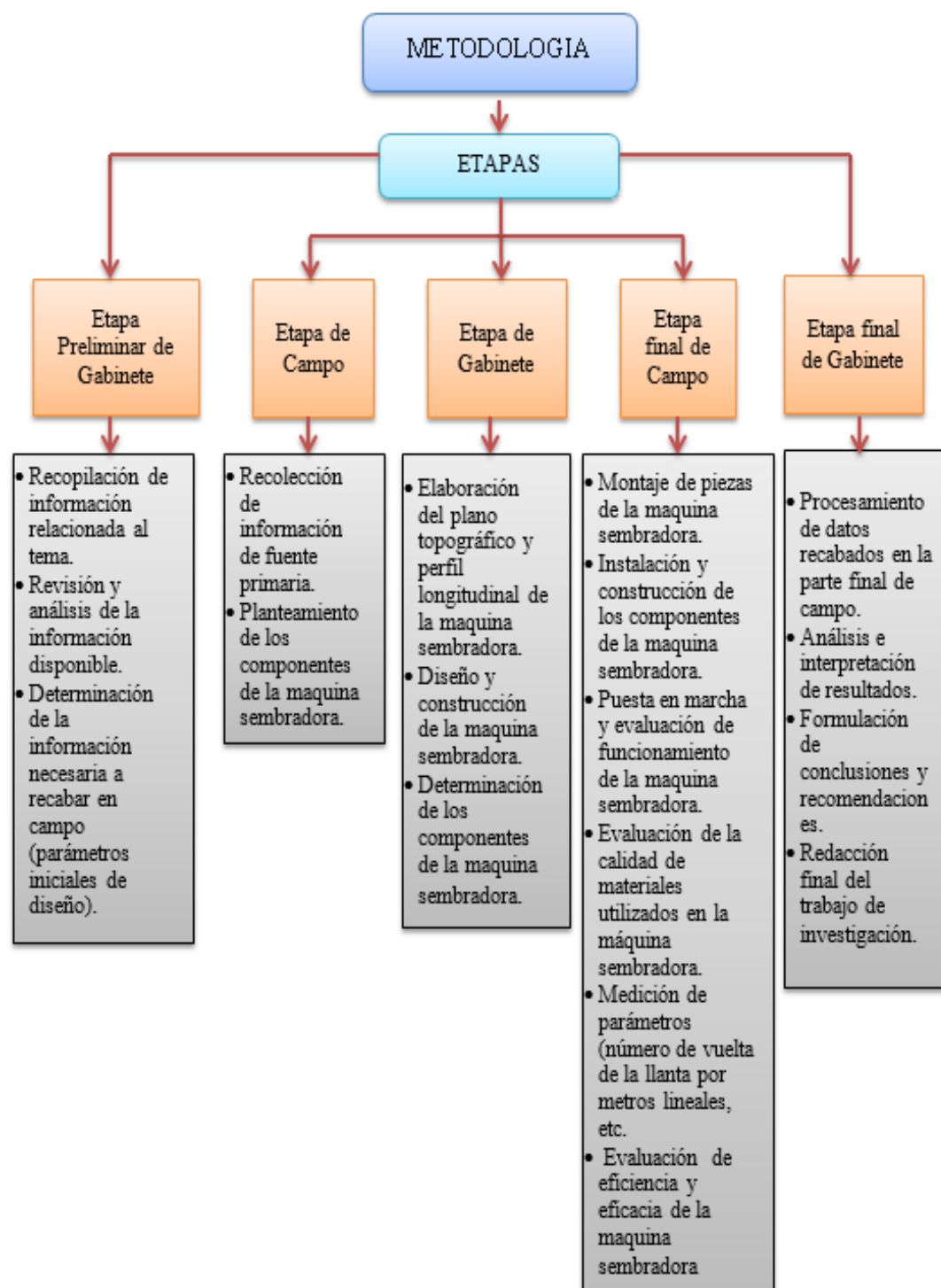
Tabla 4

Fases del procedimiento de diseño de una sembradora

Fases	Resultados
1: Establecimiento del producto	Definición del producto Tipos de resolución
2: Desarrollo conceptual	Definición de la funcionalidad estructural Definición de la claridad estructural
3: Materialización del diseño	Definición de los temas generales
4: Desarrollo de detalles	Definición de las modificaciones de piezas Definición de los elementos para producción

Fuente: (Riba, 2002)

Figura 17
Esquema metodológico de investigación



1.7.1. Evaluación de la eficiencia y eficacia de la máquina sembradora manual para el cultivo de la quinua.

a. Etapa preliminar de gabinete

- Recopilación de información relacionada al tema

Se realizó la recopilación de información relacionada con el diseño y la construcción de la sembradora de quinua, lo cual incluyó la búsqueda y análisis de datos relevantes para el proyecto.

- Revisión y análisis de la información disponible

Se llevó a cabo la revisión y análisis exhaustivo de la información disponible acerca del diseño y construcción de la sembradora de quinua. Este procedimiento sentó las bases sólidas para el desarrollo del proyecto.

- Determinación de la información necesaria a recabar en campo

Análisis de los componentes de la sembradora

Se inició el proceso con la recopilación y análisis de información existente relacionada con el diseño y construcción de una máquina sembradora. Esta recopilación se llevó a cabo utilizando diversas fuentes escritas como libros, tesis y publicaciones electrónicas.

Tabla 5

Requisitos de diseño de máquina sembradora.

Descripción	Características
Órganos de distribución	ajustar la densidad de la semilla
Bastidor	Solidez
Tolva	Fácil acceso
Eficiencia de tecnología	Colocación de las semillas
Conjunto de la máquina	Facilidad en el transporte

Se elegirá la mejor alternativa para diseñar y construir una sembradora específicamente diseñada para la siembra de quinua. Este proceso se basará en un enfoque cuantitativo que generará un valor numérico alineado con los requisitos del cliente.

- Análisis de las necesidades de la propuesta tecnológica de la sembradora

La propuesta tecnológica actual contempla una sembradora que se adaptará a los requerimientos agrícolas específicos del sector de Salache, perteneciente a la Facultad de CAREN de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Los aspectos a considerar incluyen el diseño, el costo, el peso, la vida útil y la seguridad de la máquina.

Tabla 6

Rango para evaluar las alternativas de las necesidades de la propuesta tecnológica de la sembradora

Nº	Características
1	Malo
2	Regular
3	Bueno
4	Aceptable
5	Excelente

Dosificación

Se realizará una evaluación cualitativa para identificar la opción de diseño más efectiva que permita ahorros y una dosificación precisa de la semilla. Es fundamental lograr una dosificación adecuada para asegurar una germinación óptima y una implantación exitosa. La selección del dosificador se basará en diversos criterios, como el posible daño a la semilla, la uniformidad en la descarga, el rendimiento de la semilla y consideraciones de costos.

Trasmisión

Se seleccionará la opción más adecuada según las características y requisitos de nuestra máquina, evaluando el tipo de sistema de transmisión que sea más efectivo para un trabajo óptimo y seguro durante la siembra de la semilla de quinua. La elección del sistema de transmisión dependerá de los siguientes aspectos:

- Capacidad para transmitir potencia a largas distancias
- Necesidades de lubricación
- Capacidad para transmitir altos torques a bajas velocidades
- Resistencia a condiciones ambientales adversas
- Consideraciones de costo

b. Etapa de campo

Esta fase fue de vital importancia, por lo que nos dirigimos al Centro Experimental de Pastos de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, ubicado en el distrito de Ayacucho. En este lugar, llevamos a cabo las siguientes actividades:

Recolección de información

En esta etapa del proyecto, se presentó toda la información relacionada con la recolección y selección de cada uno de los componentes mecánicos necesarios para el diseño de la máquina sembradora manual. Para realizar esta selección, se llevó a cabo un estudio exhaustivo de varios tipos de máquinas sembradoras y se entrevistó a agricultores locales para obtener información sobre cómo debería ser la máquina sembradora manual y cómo podría beneficiarles durante la época de siembra.

Planteamiento de los componentes de la maquina sembradora

A continuación, se presentarán los resultados derivados del diseño del sistema mecánico de la sembradora y de cada uno de sus elementos constituyentes., los cuales son: Bastidor, transmisiones de bicicleta, tolva de metal, dosificador mecánico.

Registro fotográfico

Fue la etapa para obtener evidencias fotográficas a través de una cámara digital.

c. Etapa de gabinete

- Elaboración del plano topográfico y perfil longitudinal de la maquina sembradora

Utilizando los datos del diseño de la sembradora y empleando el software internacional Civil 3D, se generaron los planos de montaje, los cuales sirvieron como base para elaborar el plano definitivo. Estos planos proporcionaron los parámetros iniciales para el diseño de la máquina sembradora y establecieron la ubicación definitiva de sus componentes.

- Diseño y construcción de la máquina sembradora

Una vez identificada la necesidad de diseñar la sembradora, se procedió a definir las características que debía reunir el dispositivo. Se consideraron aspectos como los costos, la eficiencia, la facilidad de construcción y reparación. En términos económicos, se evaluó el valor comercial de las piezas que conforman la máquina, así como su disponibilidad en el mercado o la necesidad de fabricarlas. Se priorizó el diseño utilizando piezas y medidas estandarizadas para reducir los costos. Se buscó que el operador pudiera cargar la tolva de insumos con facilidad y verificar el nivel de grano sin necesidad de desmontar ninguna parte.

Teniendo en cuenta estos requisitos, se desarrolló el primer prototipo con el objetivo de realizar pruebas de velocidad para optimizar su funcionamiento y reducir su peso actual, que es de aproximadamente 20 kg.

a. Etapa final de gabinete

- Procesamiento de datos recabados en la parte final de campo

Esta etapa final de la investigación involucró los siguientes pasos:

- ✓ Se procesaron los datos recolectados durante las pruebas de operación de la máquina, determinando la calibración adecuada en relación con el número de engranajes del dosificador en comparación con los engranajes de la rueda, basándose en el número de vueltas de la rueda elevadora.
- ✓ Se evaluó la eficiencia y eficacia de la máquina sembradora.
- ✓ Se desarrollaron los esquemas de cálculo pertinentes, incluyendo el cálculo de los engranajes del dosificador, el número de engranajes de la rueda y el número de vueltas de la rueda elevadora.

Evaluación en Gabinete

Es conveniente ajustar correctamente las máquinas para lograr densidades de siembra y tasas de fertilización óptimas. Incluso pequeños errores en la calibración pueden tener impactos significativos en el campo. La calibración garantiza que ni demasiada semilla ni fertilizante se apliquen, lo cual no solo ahorra dinero, sino que también protege el medio ambiente. Por otro lado, cantidades insuficientes pueden resultar en una disminución del rendimiento. Esta guía proporcionará información sobre los materiales necesarios para la calibración de la máquina, las actividades de campo requeridas y los cálculos necesarios para calibrar las densidades adecuadas y utilizarlas con éxito en diversas situaciones.

Para la siembra de granos pequeños, se suele calibrar la máquina recorriendo un área de 50 metros con el tractor. La densidad de siembra se establece en peso de grano por hectárea, lo que implica recoger la cantidad de grano sembrado por la máquina para pesarlo y determinar los ajustes necesarios.

Materiales necesarios para la calibración de sembradoras de granos pequeños:

- Semilla a utilizar
- Cinta métrica
- Yeso para marcar la distancia de calibración
- Balanza de precisión (capacidad de pesar de 5 a 100 gramos)
- Bolsas de plástico para recoger las semillas
- Marcador para numerar las bolsas
- Ligas elásticas
- Calculadora
- Principio del formulario

Evaluación en campo

Se determinó la cantidad de semilla por hectárea que se emplearía durante la siembra, por ejemplo, utilizando una tasa de 120 kg/ha.

Asimismo, se realizó el cálculo del ancho del área de calibración de la siguiente manera:

- Para la siembra en terreno plano: se determinó la separación entre las hileras de siembra, como por ejemplo, una distancia de 0.2 metros entre cada hilera.
- Para la siembra en camas: se dividió el ancho de la cama (entre surcos) por el número de hileras de siembra que se usarían en la cama. Por ejemplo, para una cama de 0.80 metros y una siembra de 2 hileras de trigo, se dividió 0.80 entre 2, resultando en 0.40 metros.

Determinación el área de calibración

Se tomaron las mediciones y se marcó la longitud necesaria para la calibración, que en el caso de los granos pequeños fue de 50 metros. Luego, se llevó a cabo la evaluación técnica y económica de la máquina sembradora en el campo:

- Se evaluó la condición general de la máquina.
- Se verificaron los mecanismos dosificadores, incluyendo el estado de los elementos de transmisión y el funcionamiento de los dosificadores.
- Se inspecciono el tren de siembra.
- Se revisó los orificios de descarga la presión de los resortes de control
- Se llenó la tolva con la semilla.
- Se verifico la descarga de los dosificadores:
- Se instaló la maquina sembradora sobre un caballete.
- Se posicionaron bolsas pequeñas debajo de cada dosificador.
- Se rotó la rueda de control un número específico de vueltas.
- Se pesó cada una de las bolsas.
- Se realizaron ajustes necesarios para asegurar una descarga uniforme.
- Se calculó el radio de las ruedas de mando bajo carga.

Se llevó a cabo una simulación de siembra con la máquina estacionaria y elevada. Luego, se calculó la cantidad de semilla entregada según la densidad de siembra deseada (kg/ha). Se giró la rueda de control 20 vueltas para verificar si la cantidad de descarga coincidía con el cálculo realizado, y se realizaron ajustes necesarios en caso de discrepancias.

$$S . C = 2 . \pi . R . n .$$

- S. C: Superficie de calibración (m²)
- R: radio de la rueda de mando bajo carga (m)
- n: número de vueltas utilizado para la calibración.
- N: número de dosificadores.
- D: distancia ente dosificadores (m).

Descarga a obtener (g) = S. C (m²). Semilla/ha (kg/ha) 0,1.

- Análisis e interpretación de resultados

El análisis e interpretación de los resultados del diseño y construcción de la máquina sembradora de quinua implicaba revisar datos y pruebas. Se evaluaban la eficiencia, precisión y durabilidad del equipo. Se analizaban las características de siembra, la resistencia de los materiales y la adaptabilidad a diferentes condiciones agrícolas. Los resultados se comparaban con los objetivos de diseño y las expectativas, lo que permitía identificar áreas de mejora y refinamiento en el diseño y la ingeniería de la máquina.

- Formulación de conclusiones y recomendaciones

La formulación de conclusiones y recomendaciones sobre el diseño y la construcción de la máquina sembradora de quinua se basaban en análisis detallado. Se evaluaban los datos recopilados durante pruebas y operaciones. Se identificaban fortalezas y áreas de mejora en el diseño, la eficiencia y la durabilidad del equipo. Las recomendaciones se derivaban de estos hallazgos, orientadas a optimizar el rendimiento, la fiabilidad y la adaptabilidad de la máquina a diversas condiciones agrícolas.

- Redacción final de trabajo de investigación

Se completó la redacción final del trabajo de investigación sobre el diseño y la construcción de la máquina sembradora de quinua. Este documento incluyó hallazgos, conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio realizado.

b. Etapa final de gabinete

Esta etapa final del presente estudio involucró varios procesos:

- Se procesaron los datos recopilados durante las pruebas realizadas durante la operación de la máquina para determinar la calibración adecuada, teniendo en cuenta el número de engranajes del dosificador en relación con el número de engranajes de la rueda, así como el número de vueltas de la rueda elevada.
- Se evaluó la eficiencia y efectividad de la máquina sembradora.
- Se elaboraron los esquemas correspondientes para realizar cálculos, como la cantidad de engranajes del dosificador, el número de engranajes de la rueda y el número de vueltas de la rueda elevada.
- Se comparó la eficacia de la máquina con la descarga de insumos utilizando Excel, un software desarrollado y distribuido por Microsoft.
- Se calculó el costo de instalación de la máquina sembradora mediante la cuantificación de los costos de mano de obra, materiales, equipos y herramientas utilizados en su instalación.

c. Evaluación en gabinete

Realizar la calibración de las máquinas es esencial para asegurar la densidad de siembra y las tasas de fertilización óptimas. Incluso pequeños errores en la calibración pueden tener grandes impactos en el campo. La calibración garantiza que no se aplique una cantidad excesiva de semillas o fertilizantes, lo que permite ahorrar dinero y proteger el medio ambiente. Además, evita aplicar cantidades insuficientes que podrían reducir el rendimiento. Esta guía proporcionará instrucciones sobre los materiales necesarios para calibrar una máquina, las actividades de campo requeridas y los cálculos para lograr una calibración precisa de las densidades necesarias, asegurando su uso efectivo en diversas situaciones.

Materiales necesarios para calibrar sembradoras de granos pequeños:

- Semilla a utilizar
- Cinta métrica
- Tiza o yeso para marcar la distancia de calibración
- Balanza de precisión para pesar entre 5 y 100 gramos
- Bolsas de plástico para recolectar las semillas
- Marcador para numerar las bolsas
- Ligas elásticas
- Calculadora

Resultados y discusiones

a) Selección de componentes y diseño final de la sembradora manual.

- Cálculo coeficiente de fricción

El coeficiente de fricción por deslizamiento entre neumático-suelo agrícola varía entre (μ) 0.4 y 0.6 según la Tabla 2.6; por ser un suelo labrado se tomará el valor mínimo 0.4.

- Cálculo para la fuerza de empuje

Cálculo de empuje

$$F. \text{Empuje} = 8.65 \text{ Kg.} \times 9.8 \frac{m}{s^2} \times .40) \quad [Ec.3.1]$$

$$F. \text{Empuje} = 33.9 \text{ Newton. } \text{ó} \text{ } 3.46 \text{ Kg} - f$$

- **Cálculo tensión**

$$F. \text{ Tension} \times \cos \theta = 38.14 \text{ Newton} + 8.65 \text{ kg} \times 1 \frac{m}{s^2} \quad \text{Ec.3.2]}$$

$$\tan \theta = \frac{\text{altura hasta la cintura}}{\text{distancia al centro de gravedad}} = \frac{100 \text{ cm}}{41 \text{ cm}} \quad \text{[Ec.3.3]}$$

$$\theta \tan^{-1} 2.44$$

$$\theta = 67.71^\circ$$

$$F. \text{ Tension} \times \cos 67.71 = 38.14 \text{ New} + 8.65 \text{ Kg} \times 1 \frac{m}{s^2} \quad \text{[Ec.3.4]}$$

$$F. \text{ Tension} = \frac{38.14 \text{ New} + 8.65 \text{ Newton}}{\cos 67.71}$$

$$F. \text{ Tension} = 123.36 \text{ Newton}$$

- **Cálculos para el diseño de la tolva**

Para el primer cálculo de la tolva se necesita saber la densidad, el peso de quinua necesario para sembrar una hectárea y cuya densidad de siembra estimada es de 12 Kg/ha y obtendremos el volumen de la tolva.

$$\text{Densidad de la quinua } \rho = 1.22 \frac{g}{ml} \quad \text{[Ec.3.7]}$$

$$\text{Masa de quinua } m = 12 \text{ kg} = 12000g \quad \text{[Ec.3.9]}$$

$$sv = \frac{m}{\rho}$$

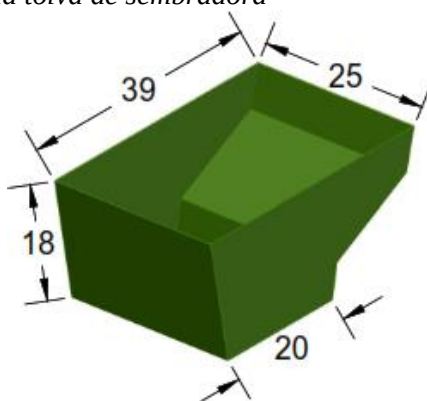
$$v = \frac{6000g}{1.22 \frac{g}{ml}}$$

$$v = 9836 \text{ ml} \cong 10 \text{ Litros}$$

Con el volumen de la tolva de de 12 a 15 litros y la forma geométrica de la tolva tipo tronco de pirámide procederemos a calcular sus dimensiones definitivas.

Figura 20

Representación isométrico de la tolva de sembradora



Formula del volumen del tronco de pirámide rectangular:

$$\text{Volumen} = \frac{h}{3} (ABM + ABm + \sqrt{(ABM) \cdot (ABm)}) \quad [\text{Ec.3.10}]$$

Donde

ABM: es el área de la base mayor

ABm: es el área de la base menor

H: la altura del tronco de pirámide

$$ABM = 390\text{mm} \times 250\text{mm} = 97500\text{mm}^2 = 975\text{cm}^2$$

$$ABm = 200\text{mm} \times 250\text{mm} = 50000\text{mm}^2 = 500\text{cm}^2$$

$$h = 180\text{mm} = 18\text{cm}$$

$$\text{Volumen} = \frac{18}{3} (975 + 500 + \sqrt{(975)(500)})$$

$$\text{Volumen } 13000 \text{ cc} = 13 \text{ litros}$$

Volumen

R= El volumen necesario para sembrar una hectárea es de 10 litros. Con las medidas de nuestra tolva tenemos un aproximado de hasta 13 litros

Figura 21

Fuerzas que actúan en la maquina sembradora

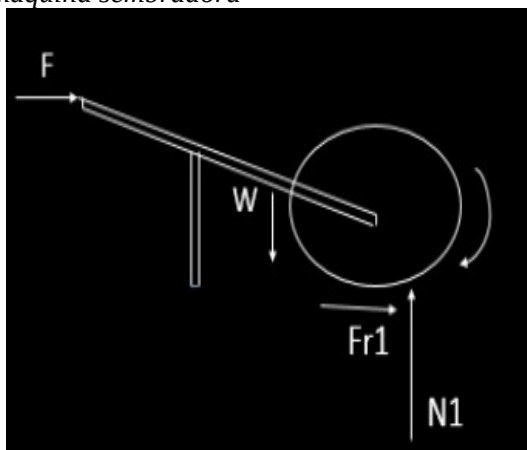


Tabla 8

Resumen de fuerzas aplicadas en la maquina

Descripción	Módulo de fuerza
Peso	33.9N
Reacción	123.N
Fuerza de rozamiento	33.9N
Fuerza normal	84.77N
	84.77N

- Cálculo de la velocidad media de la cadena

La velocidad media de la cadena se calcula con la siguiente fórmula.

$$V = Z1 \times \eta1 \times P \quad [\text{Ec.3.11}]$$

Donde

Z_1 = Número de dientes de la rueda dentada menor.

η_1 = Velocidad de la rueda dentada menor.

P = Longitud de paso.

- Cálculo de la fuerza periférica

La fuerza periférica se obtiene con la potencia y la velocidad media de la cadena.

$$F = 6600 \frac{P_M \times K_S}{V} \quad [\text{Ec.3.12}]$$

Dónde:

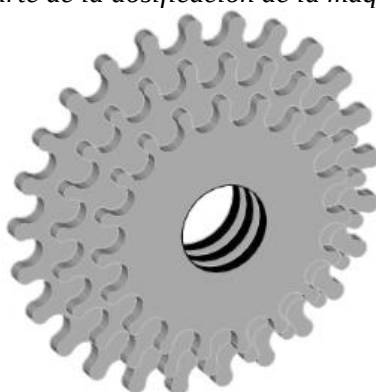
La fuerza F está dada en lbf

La potencia del motor está dada en HP

La velocidad periférica está dada en m/seg

Figura 32

Fuerza periférica en la cadena parte de la dosificación de la maquina sembradora



- Sistema de dosificación

Densidad de siembra

En esta sección, se establecerá la cantidad mínima de semillas requeridas para sembrar una hectárea de terreno.

Cant. Semilla a sembrar = Cant. Plantas total x Cant. Semillas por planta

Número de alvéolos necesarios

La cantidad de compartimentos es el aspecto clave del dosificador, ya que determinará el espacio adecuado entre cada siembra a lo largo del surco.

$t_{\text{entre caída y caída al terreno}} = t_{\text{salida entre alveolo y alveolo}}$

$t_{\text{entre caída y caída al terreno}} = e_{\text{plantas}}/V$

$t_{\text{salida entre alveolo y alveolo}} = \text{paso}/\omega$

Volumen de los alvéolos

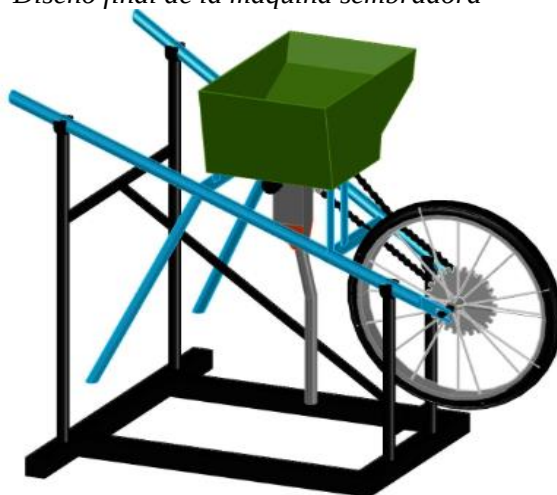
La cantidad de semilla distribuida por hectárea mediante un rodillo acanalado recto está determinada por el volumen efectivo de los compartimentos.

$$D = 0.6 \frac{\delta \cdot V \cdot n_r \cdot n_p \cdot z}{a \cdot V} \text{ kg/ha} \quad [\text{Ec.3.15}]$$

En donde:

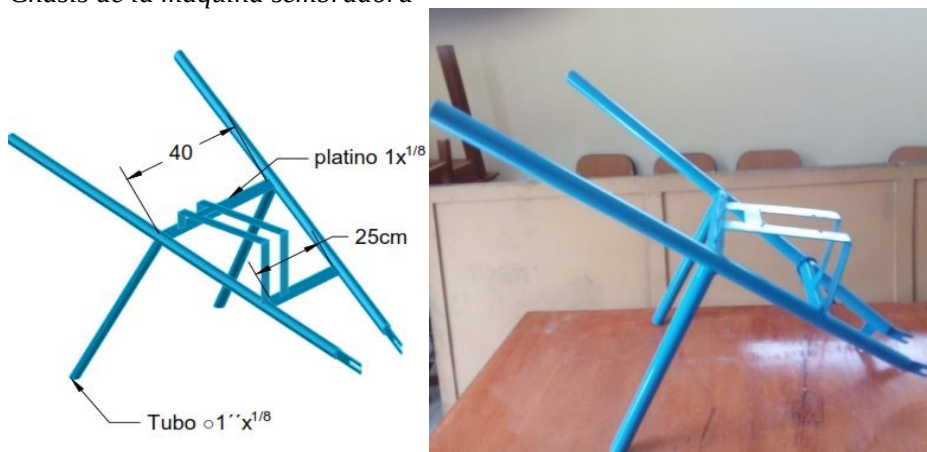
- δ = Densidad de semilla (gr/cm³)
- V = Volumen de los alveolos del rodillo en la posición escogida (cm³ rev.)
- n_r = Velocidad de rotación de rodillo (r/min) este valor oscila entre 30 y 50 RPM
- n_v = Coeficiente de llenado, que varía entre 0.6 y 0.86

- Z = Numero de dosificadores de la máquina
- V = Velocidad de trabajo (km/hora)
- A = Anchura de trabajo (m)

Figura 43*Diseño final de la máquina sembradora*

b) Construcción del prototipo de máquina sembradora

Es la estructura que sirve de soporte a todos los componentes de la máquina sembradora manual, lo suficientemente rígidos como para prevenir deformaciones que desajustarían la máquina, ya que todos sus componentes se fijan en él, se construyó a base de tubo de fierro dulce de 1" de diámetro con un espesor de 11/8", reforzado con platinas de 1" x 1/8" de espesor tal como muestra la figura.

Figura 54*Chasis de la maquina sembradora*

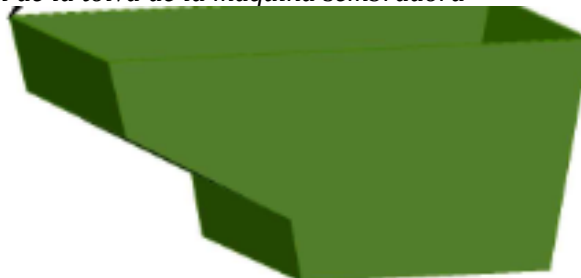
- Tolva

Sirve para el depósito de la semilla similar a un trapecio, que va montada sobre el chasis de la maquina sembradora, se construyó en base a una plancha plana galvanizada de 1/24 de espesor; cuya función es depositar la semilla y la carga se efectúa por la parte superior y la descarga se realiza por la parte inferior en conexión con el distribuidor.

Como su finalidad es la de contener y almacenar las semillas durante la siembra, debe reunir requisitos mínimos como ser facilidad de llenado y limpieza, pero principalmente debe ser de gran capacidad ya que esto determina mayor autonomía de siembra

Figura 65

Vista isométrica y lateral de la tolva de la maquina sembradora



- **Distribuidor de semilla**

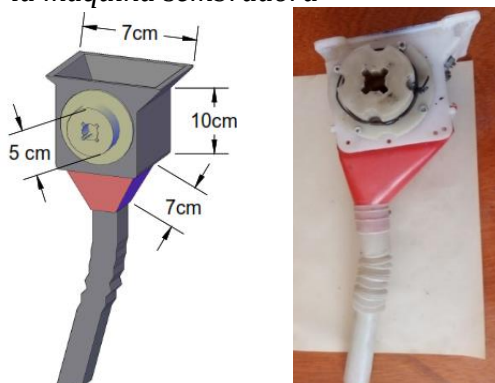
Se lo conoce también como dosificador de rodillo acanalado o de alimentación forzada, consiste en un dispositivo que gira dentro de una taza o carcasa, que contiene la semilla. Estas tazas se ubican en la base de la tolva por su parte externa y se comunican ambas por intermedio de bocas o aberturas que permiten el llenado por simple gravitación. Analizando esta se observa que el dispositivo que gira en su interior es un rodillo acanalado, es decir un cilindro que posee ranuras periféricas que pueden ser rectas o helicoidales. Al girar las ranuras obligan a las semillas a pasar a través de la copa.

Es un elemento que permite sacar las semillas ubicadas en la tolva, y así poder agregar las semillas en cantidades exactas en cada una de sus descargas; está fabricada en base de un material plastificado que permite una accesibilidad para su limpieza al terminar su labor.

La descarga es en forma de chorro continuo o suavemente pulsante. Cada una de las ranuras toma una cantidad determinada de semillas, que ha descendido de la tolva y posteriormente es obligada a salir cuando se enfrenta con los tubos de descarga. Es decir que la dosificación de la semilla, en este caso es proporcional a la superficie expuesta del rodillo y a la frecuencia con que las estrías se enfrentan con la descarga.

Figura 76

Distribuidor de semilla de la maquina sembradora



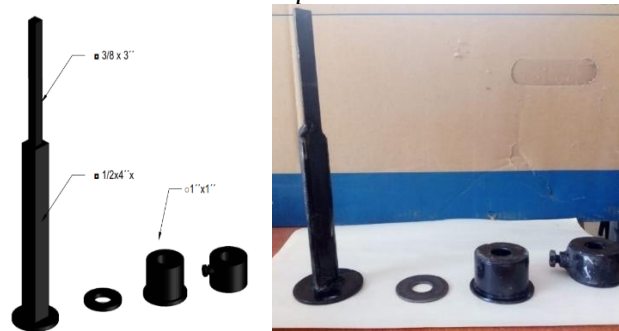
- **Eje del distribuidor**

Es un elemento constructivo que está fabricada por un fierro dulce cuadrado de $1\frac{1}{2}$ " y de $\frac{3}{8}$ ", de tubos circulares de 1" x 1" con sus respectivos pernos de $\frac{3}{8}$ x 1"; cuya función está destinado a guiar el movimiento de rotación de una pieza o de un conjunto de una pieza,

tales como los engranajes, corona de cadenas, dosificador, entre otros el cual pueden ser móviles y fijos.

Figura 87

Accesorios del distribuidor de semilla de la máquina sembradora



- Mecanismo para cambiar de velocidades

Es un dispositivo encargado de manejar y dirigir a la máquina sembradora su velocidad y torsión por medio de controlar la frecuencia. El regulador de velocidad es una herramienta que te permite fijar a la velocidad con el que se desea manejar el sembrado.

Figura 98

Componentes para cambio de velocidades en la dosificación de semillas de la máquina sembradora



- Ruedas dentadas

Las ruedas dentadas son componentes robustos que poseen dientes que se enganchan en una cadena. Al girar la rueda dentada, los dientes se acoplan a la cadena y mueven otras piezas que están conectadas a ella. Este tipo de rueda es un mecanismo circular que transfiere movimiento a través de sus dientes.

Figura 109

Ruedas dentadas que permite la dosificación de semillas de la máquina sembradora

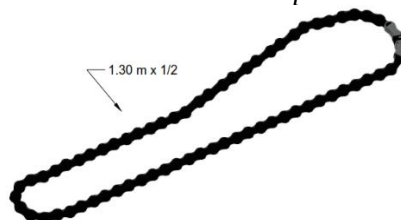


- Cadena

La cadena es una parte de la maquina manual, constituido por una serie de piezas metálicas y en forma de anillo, enlazadas unas tras otras de manera que constituyen un circuito cerrado utilizado por este tipo de maquinarias, para transmitir la potencia de tracción entre la rueda dentada y la rueda de tierra.

Figura 30

Cadena que permite la dosificación de semillas de la maquina sembradora



- Rueda de tierra

La rueda no solo tiene como función el transporte de la sembradora, sino que actúan como ruedas de mando para transmitir la fuerza y movimiento a los dosificadores de semilla. En la masa o eje de dicha rueda, se localiza los correspondientes engranajes conductores de donde se origina una relación de transmisión. Está compuesta de un neumático de caucho, en cuyo interior va una cámara de aire (también de caucho) montado sobre una llanta, un buje central y los radios que conectan ambos.

Figura 111

Rueda de tierra - neumático de caucho



- Elementos de sujeción

Los elementos de sujeción son un tipo de conexión de perno o tornillo que se emplea para fijar piezas de trabajo en dispositivos de la sembradora manual. Estos componentes aseguran que las piezas se mantengan en su lugar durante la operación de la sembradora y son fundamentales para la construcción y ensamblaje de los dispositivos de la sembradora manual.

Los elementos de sujeción, que comprenden pernos y tornillos, se emplean para fijar las piezas de trabajo en los dispositivos de la sembradora manual. Estos diversos componentes aseguran que las piezas permanezcan en su lugar durante el funcionamiento de la sembradora, lo que los convierte en elementos indispensables tanto para la fabricación de dispositivos como para la construcción de la sembradora manual.

Tipos de tuercas

Tuerca hexagonal 5/16 x 1". La tuerca hexagonal es la que más se utiliza.

Tuerca mariposa de 5/16; la forma de la tuerca mariposa es muy característica, ya que tiene como dos solapas sobresaliendo de la propia tuerca.

Figura 122*Elementos de sujeción de ruedas en la maquina sembradora***Figura 133***Prototipo de la maquina sembradora***C) evaluación de la máquina sembradora****- Cálculos de gabinete**

Se determinó el número de vueltas de la rueda de tierra para un recorrido de 50 m. de longitud
 área de calibración para cada bolsa de semilla que recogerá:

$$\text{Nro de vueltas de rueda} = \frac{L}{\pi D^2}$$

$$\text{Nro de vueltas de rueda} = \frac{50 \text{ m}}{\pi \times 0.5 \text{ m}} = 31.8 \text{ vueltas}$$

Se calcula el área de siembra en los 50 ml. para un ancho de surco de 0.80 m.

$$A = 50 \text{ m.} \times 0.8 \text{ m} = 40 \text{ m}^2$$

Figura 144*Calibración de la densidad de siembra en la maquina sembradora*

El procedimiento para calibrar el distribuidor implica ajustar la profundidad del cilindro acanalado de manera que, al dar 31.8 vueltas en la rueda, se recoja un peso de 48 gramos en la bolsa. El objetivo es lograr que este peso se acerque lo más posible al ideal, con una diferencia máxima del 5% (es decir, el peso real de cada bolsa puede oscilar entre 45.6 y 50.4 gramos). Si los pesos no cumplen con estos criterios, será necesario ajustar la máquina para que entregue más o menos semillas al tubo de descarga. Una vez realizados estos ajustes, se deben repetir los pasos hasta que el peso de las bolsas y el peso calculado se aproximen a lo establecido.

- Evaluación de campo

Capacidad de trabajo teórico

Para calcular la capacidad de trabajo teórico de la máquina sembradora manual se realizó la siembra de quinua en el campo de cultivo con 3 repeticiones, para tal fin previamente se realizó la labranza primaria con arado de discos y labranza secundaria con rastra de discos y luego el surcado. Luego se midió 20 m. de longitud en el surco para controlar el tiempo de recorrido de este tramo.

$$V = L/T$$

$$V = 20\text{m} / 25.2 \text{ seg} = 1.10 \text{ m/ seg}$$

$$V = 2.857 \text{ km/hr}$$

Dónde:

L = Longitud sembrada

T = tiempo de recorrido

V = Velocidad de trabajo

La capacidad de trabajo teórico (CTT) multiplicando la velocidad de trabajo por el ancho de trabajo (Ancho del surco) dividido entre 10 para convertir a has. /hr.

$$CTT = V \times A / 10$$

Tabla 9*Resumen de fuerzas aplicadas en la maquina durante la evaluación en campo*

Prueba de campo	V (km/hr)	A (m.)	(Ha/hr)	Te (hr/ha.)
Prueba 1	2.857	0.8	0.229	4.37
Prueba 2	2.944	0.8	0.235	4.25
Prueba 3	3.028	0.8	0.242	4.13
Promedio	2.943		0.235	4.25

Capacidad de trabajo efectivo

Es el trabajo real que desarrolla la máquina sembradora teniendo en consideración las paradas realizadas por diversos motivos durante la jornada de trabajo (Vuelta en la cabecera de parcela, recarga de semillas a la tolva, descanso del operador, etc) para tal fin se considera la variable eficiencia de campo.

La eficiencia de campo se estimó en 0.75 para el presente cálculo

$$CTE = CTT \times Ec$$

$$CTE = 0.235 \text{ Has/hr} \times 0.75$$

$$CTE = 0.176 \text{ Has/hr}$$

En última instancia, el tiempo operativo representa el tiempo real necesario para completar la siembra de una hectárea de quinua.

$$To = 1 / CTE = 0.176 \text{ Has/hr}$$

$$To = 5.682 \text{ Hora /ha.}$$

- Evaluación de costos y análisis de impactos.

Costos de la máquina sembradora

Los costos de la construcción de la máquina sembradora manual se desagregan en costo de materiales, equipos utilizados y mano de obra en el proceso constructivo

Tabla 10

Detalle de materiales utilizados en la construcción de la máquina sembradora

Ítem	Descripción	Und	Cantidad	Costo Unit. S/.
1	Perfil tubular redondo F° G° 1"x6x1/8"	Varilla	0.50	46.00
2	Perfil cuadrangular F° G° 1"x1/8"	Varilla	0.50	48.00
3	Platina de acero 1 1/4" x 1/8"	Varilla	0.50	20.00
4	Neumatico de bicicleta aro N° 14	Und	1.00	28.00
5	Aro de bicicleta acero inoxidable N° 14	Und	1.00	30.00
6	Cámara de bicicleta aro N° 14	Und	1.00	15.00
7	Cadena de bicicleta de acero 1.30 x 1/2"	Und	1.00	20.00
8	Catalina de bicicleta de acero de 6"	Und	1.00	35.00
9	Engranaje de transmisión de cambio de acero	Und	1.00	40.00
10	Perno 1/2" x 3"	Und	6.00	2.00
1	1/4" x 2"	Jnd	8.00	1.00
2	ca exagonal 1/2"	Jnd	6.00	0.50
3	ca exagonal 1/4"	Jnd	8.00	0.30
4	lala plana de ala ancha 1/2"	Jnd	12.00	0.20
5	lala plana de ala ancha 1/4"	Jnd	16.00	0.20
6	na plana de 2.4x1.20x1/8"	kg	0.25	100.00
7	zincromate	alón	0.25	40.00
8	ra acrilica	alón	0.25	60.00
9	r acrilico	alón	0.50	20.00
10	le agua 220	Jnd	1.00	2.50
11	le fierro N° 40	Jnd	1.00	3.00
12	odo	kg	0.25	12.00
13	la plástica	alón	0.25	30.00
1				553.70

Costo de utilización de la maquinaria**Tabla 11***Costo de herramientas y equipos utilizados en el taller de mecánica*

Costo de máquina y equipos			
Descripción	Costo/hora S/.	mpo utilizado (horas)	Costo total
Soldadura de arco eléctrico	5.00	3.00	15.00
Compresora de aire	5.00	1.00	5.00
Taladro de mano	3.00	1.00	3.00
Tornillo de banco	4.00	1.00	4.00
Arco de sierra	2.00	2.00	4.00
Total			31.00

Costo mano de obra**Tabla 12***Costo mano de obra para la construcción de la máquina sembradora*

Costo de mano de obra			
Descripción	Costo/hora S/.	mpo utilizado (horas)	Costo total
Corte y taladrado de los componentes	20.00	2.00	40.00
Soldado y armado de los elementos de la máquina	20.00	1.50	30.00
Lijado y pulido	20.00	0.50	10.00
Pintado	20.00	0.50	10.00
Total			90.00

Tabla 23*Resumen de costos en la construcción de la maquina sembradora*

Resumen de costos	
Descripción	Costo Parcial S/.
Costo de materiales	332.00
Costo de Equipos	31.00
Costo de mano de obra	90.00
Transporte	20.00
Costo directo	473.00
Gastos generales y utilidad (15 %)	70.95

Total	543.95
--------------	---------------

Como se puede observar, el costo total del proyecto es de 543.95 soles. En el ámbito del mercado nacional, este proyecto representa el primer prototipo de su tipo dedicado a la siembra de semillas de quinua, sin que exista otro similar

a) Análisis de impactos.

Esta investigación se enfocó en un análisis técnico de los efectos generados por el prototipo de la máquina sembradora manual en varios aspectos del entorno donde se preveía su uso. Para llevar a cabo este análisis, se empleó el siguiente enfoque metodológico:

- Se identificaron diversas áreas o aspectos generales que serían afectados de manera positiva o negativa por el proyecto. En este estudio, se delimitaron las áreas social, económica, medioambiental y educativa.
- Se seleccionaron diferentes niveles de impacto, tanto positivos como negativos, según lo definido en la tabla 15. Como se puede observar en dicha tabla, los impactos se describieron utilizando un criterio de evaluación ponderado.

Tabla 34

Rango de ponderación de la máquina sembradora

Rango de ponderación	
Nivel de impacto	Estado
-3	Impacto ALTO negativo
-2	Impacto MEDIO negativo
-1	Impacto BAJO negativo
0	NO HAY IMPACTO
1	Impacto BAJO positivo
2	Impacto MEDIO positivo
3	Impacto ALTO positivo

Fuente: A. Gaibor y J. Quillupangui

Impacto social

Tabla 45

Cuantificación del Impacto social

Indicador	Nivel de impacto	-3	-2	-1	0	1	2	3	Total
Ciencia y tecnología								x	3
Hábitos de consumo							x		2
Generación de productividades						x			1
Bienestar para la práctica estudiantil								x	3
Total						1	2	6	9

Total, de impacto social = 9/3

Total, de impacto social = 3

Nivel de impacto social = MEDIO positivo.

Como se puede observar en la tabla 14, se muestran los resultados clasificados en niveles: bajo, medio y alto, utilizando como base la ponderación establecida en la tabla 14. Estos

resultados permiten la interpretación de los datos obtenidos utilizando cuatro parámetros como indicadores, cuyos resultados se distribuyen en tres niveles: bajo, medio y alto. Es importante resaltar que el impacto social se evalúa como medio positivo.

Análisis, el proyecto anticipa que este impacto tendrá efectos a corto, mediano y largo plazo, modificando la forma en que se realiza la siembra de quinua. Esto se logrará mediante la reducción del tiempo necesario y la aplicación de una dosificación precisa, lo que resultará en un ahorro de semillas y un aumento en la productividad durante la cosecha.

Impacto económico

Tabla 56

Cuantificación del Impacto económico

Indicador	Nivel de impacto	-3	-2	-1	0	1	2	3	TOTAL
Inversión en conocimiento						x			1
Mejora al momento de la siembra de semilla								x	3
Garantía del perfil estudiantil							x		2
Ahorro en el equipamiento técnico								x	3
Total						1	2	6	9

Total, de impacto económico = 9/3

Total, de impacto económico = 3

Nivel de impacto económico = MEDIO positivo.

La tabla 16 presenta los resultados categorizados en niveles: bajo, medio y alto, utilizando la tabla 15 como referencia para la ponderación. Estos datos permiten la interpretación de los resultados obtenidos de acuerdo a cuatro parámetros, divididos en tres categorías: bajo, medio y alto. Es importante destacar que el impacto social se evalúa como medio positivo.

Análisis, la construcción de la máquina sembradora de quinua conlleva beneficios económicos tanto para los estudiantes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales como para los agricultores del sector Salache. Esta máquina posibilitará una siembra óptima, lo que se traduce en un ahorro de tiempo y semillas.

Impacto medio ambiental

Tabla 67

Cuantificación del Impacto económico

Indicador	Nivel de impacto	-3	-2	-1	0	1	2	3	TOTAL
Conservación del medio ambiente								x	3
Agricultura de precisión							x		2
Uso de semilla certificada								x	3
Total									8

Total, de impacto medio ambiental = 8/3

Total, de impacto medio ambiental = 2.67

Nivel de impacto medio ambiental = ALTO positivo.

La tabla 17 muestra los resultados obtenidos al aplicar una ponderación a tres niveles de referencia: bajo, medio y alto, tal como se define en la tabla 16. Estos resultados permiten la interpretación de los datos obtenidos a partir de cuatro parámetros, cuyos resultados se clasifican en tres categorías: bajo, medio y alto. Se destaca que el impacto social se revela como positivo en un nivel alto.

En última instancia, el tiempo operativo representa el tiempo real necesario para completar la siembra de una hectárea de quinua.

2.1. Discusiones

- En la selección de materiales para la adaptación de la máquina sembradora, se optó por utilizar componentes provenientes de ferretería y accesorios de bicicleta, fundamentándose en la búsqueda de durabilidad y simplicidad en contraposición a las alternativas disponibles en el mercado. Estos materiales, conocidos por su robustez y resistencia, garantizan una larga vida útil, facilitando su acceso y reposición en el mercado local, lo que contribuye a la sostenibilidad del proyecto. Además, su utilización simplifica tanto el diseño como la implementación del proceso de adaptación, reduciendo costos y tiempos de construcción y mantenimiento. Esta elección no solo optimiza la eficiencia y la facilidad de uso para los operadores, sino que también proporciona una ventaja económica y de accesibilidad al ser más asequible en comparación con piezas especializadas para maquinaria agrícola, permitiendo maximizar el valor de cada inversión realizada, especialmente en contextos con recursos limitados.
- El desarrollo del prototipo de la máquina sembradora se llevó a cabo utilizando materiales y accesorios fácilmente disponibles en el mercado. Esta decisión se basó en la premisa de optimizar la accesibilidad y la viabilidad del proyecto, aprovechando componentes que son comunes y ampliamente distribuidos. Al utilizar estos materiales estándar, se garantizó la capacidad de replicar y escalar el diseño en diferentes contextos sin enfrentar dificultades significativas en la obtención de los elementos necesarios. Además, la selección de estos materiales comerciales ofreció la flexibilidad de adaptar el prototipo según las necesidades específicas del usuario final, permitiendo una personalización eficiente y económica. En resumen, la elección de materiales y accesorios del mercado fue fundamental para garantizar la viabilidad y la practicidad del prototipo de la máquina sembradora, facilitando su implementación y eventual adopción a gran escala en el sector agrícola.
- La calibración en la dosificación de semillas ha sido diseñada para ser accesible y fácil de manejar, eliminando la necesidad de contar con especialistas para su operación. Este enfoque práctico permite que incluso usuarios sin experiencia previa puedan llevar a cabo el proceso de manera eficiente y precisa. La simplicidad de la operación se refleja en la intuitiva interfaz y en los pasos claros y concisos que guían al usuario a través del procedimiento de calibración. Además, se han implementado medidas para garantizar la consistencia y la precisión en la dosificación, reduciendo la posibilidad de errores humanos y optimizando así el rendimiento de la máquina sembradora. Esta accesibilidad y facilidad de uso no solo simplifican el trabajo diario de los agricultores, sino que también aumentan la eficiencia general del proceso de siembra, lo que resulta en una mayor productividad y rentabilidad en el campo.

Referencias Bibliográficas

- Agronline. 2018. *Diario digital del sector Agrícola y Ganadera*. [En línea] 2018. <http://www.agronline.pe/noticias/agricultura/contando-la-historia-el-padre-de-laprimera-sembradora-mecanica-2/>.
- Álvarez, E. 2011. *Evaluación del desempeño en campo del mecanismo dosificador de la sembradora para las superficies pequeñas*. Herconth, Mexico
- Bernat, C.; Gil, E. 1993 *Equipos combinados para la preparación del suelo y la siembra*. Máquinas y Tractores, N° 7/8.

Berlijn J. D. 1982. *Maquinaria para fertilización, Siembra y Trasplante*. Edit. Trillas, México

Diezma Iglesias, B & García Ramos, F. 2006. *Características técnicas de las sembradoras convencionales*. Escuela Politécnica Superior de Huesca. España: Siembra., 2006. págs. 60-64.

García, Ricardo, Avendaño, Álvaro Y Suarez, Alexci. (2016). *Diseño de un prototipo de sembradora mecánica de granos, alternativa agrícola*. Facultad de Ingenierías. Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Colombia. : Ingenio UFPSO., 2016. págs. 1- 8. ISSN: 2011-642.

Gaibor, E. Quillupangui J.J 2018. *Diseño e implementación de una máquina para la siembra de quinua*. [Universidad Técnica de COTOPAXI. Facultad de Ciencias de la Ingeniería]. Latacunga, Ecuador

Hunt D., 1986. *Manual de Maquinaria Agrícola. Equipos y selección*. Edic. McGraw-Hill, Vol. 2. Mexico.

Lara, A. 2005. *Diseño del distribuidor y del cuerpo de una máquina sembradora automática de precisión*. Parque Tecnológico de Boecillo, Parcela 205, 47151 Boecillo (Valladolid)

Litardo, M.F. 2008 “*Evaluación, pruebas y validación de dosificación y siembra en el campo de dos resembradoras de pastos*”.

Ortiz Cañavate, J. 1993. *Las máquinas agrícolas y su aplicación*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.

Ramírez Flores, W. (2019). *Diseño de una maquina semiautomática sembradora de maíz para optimizar el tiempo de sembrado*.
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/69987>

Soto M. S. 1999. *Introducción al estudio de la máquinas Agrícolas*, Edit. Trillas. México

Spotts M.F. 1999 *Proyecto de elementos de Máquinas* Edic, PRENTICE HALL. México.

Tolesano, N. 2010. *Sembradora Manual de Precisión. Para pequeños productores locales*. [Otra thesis, Facultad de Diseño - Universidad de Buenos Aires].

**UNSCH**FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. JOSE LUIS MARIÑO ALARCON
R.D. N° 551-2023-UNSCH-FCA-D

En la ciudad de Ayacucho a los veinticinco días del mes de enero del año dos mil veinticuatro, siendo las dieciséis horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del Dr. Felipe Escobar Ramírez Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del jurado conformado por el Dr. Lurquín Marino Zambrano Ochoa, M.Sc. Federico Quicaño Suárez como asesor, Ing. John Samuel Cazorla Orihuela y Mtro. José Antonio Luna Guerra; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulado: **Diseño, Construcción y Evaluación de una Sembradora Manual de Quinoa, Ayacucho 2019**, para obtener el Título Profesional de Ingeniera Agrícola presentado por la Bachiller **JOSE LUIS MARIÑO ALARCON**.

El señor Decano, previa verificación de los documentos exigidos solicitó se proceda con la sustentación y posterior defensa de la tesis en un periodo de cuarenta y cinco minutos de acuerdo al reglamento de grados y títulos vigente. Terminado la exposición, los miembros del Jurado, formularon sus preguntas, aclaraciones y/o observaciones correspondientes. Luego se invito a los miembros del jurado pasar a otra aula para la deliberación y calificación del trabajo de tesis, teniendo el siguiente resultado:

Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
Dr. Lurquín Marino Zambrano Ochoa	14	14	16	15
M.Sc. Federico Quicaño Suárez	16	15	16	16
Ing. John Samuel Cazorla Orihuela	15	15	15	15
Mtro. José Antonio Luna Guerra	14	15	14	14
PROMEDIO GENERAL				15

Acto seguido se invita a la sustentante y publico en general para dar a conocer el resultado final. Firman el acta.


.....
Dr. Lurquín Marino Zambrano Ochoa
Presidente


.....
M.Sc. Federico Quicaño Suárez
Asesor


.....
Ing. John Samuel Cazorla Orihuela
Jurado


.....
Mtro. José Antonio Luna Guerra
Jurado


.....
Mtro. Rodolfo Alca Mendoza
Secretario Docente

**UNSCH**FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe coordinador responsable de la valoración y verificación de originalidad de los trabajos de investigación y de tesis de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, designado mediante la RCF N° 005-2024-UNSCH-FCA-CF; hace constar que el trabajo de tesis titulado;

Diseño, Construcción y Evaluación de una Sembradora Manual de Quinoa, Ayacucho 2019

Autor : Jose Luis Mariño Alarcon
Asesor : Federico Quicaño Suárez

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de investigación, aprobado mediante RCU N° 039-2021-UNSCH-CU, y RCU N° 1530-2023-UNSCH-CU, emitiendo un resultado de **veinte por ciento (20 %)** de índice de similitud, realizado con **depósito de trabajos estándar**.

En consecuencia, se otorga la presente Constancia de Originalidad para los fines pertinentes.

Nota: Se adjunta el resultado con Identificador de la entrega: 2415720763

Ayacucho, 12 de julio de 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ciencias Agrarias

Dr. Yuri Gálvez Gastelú
Coordinador de Control de originalidad de
trabajos de investigación

Diseño, Construcción y Evaluación de una Sembradora Manual de Quinua, Ayacucho 2019

por JOSE LUIS MARIÑO ALARCON

Fecha de entrega: 12-jul-2024 09:53a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2415720763

Nombre del archivo: Tesis_Mariño_final_final.....docx (3.49M)

Total de palabras: 18379

Total de caracteres: 96722

Diseño, Construcción y Evaluación de una Sembradora Manual de Quinoa, Ayacucho 2019

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet	6%
2	kupdf.net Fuente de Internet	3%
3	upcommons.upc.edu Fuente de Internet	2%
4	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	2%
5	sembrandonoticias.com Fuente de Internet	1%
6	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	1%
7	docplayer.es Fuente de Internet	1%
8	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
9	www.slideshare.net Fuente de Internet	

1 %

10

1library.co

Fuente de Internet

1 %

11

repositorio.unprg.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

12

Submitted to Universidad Nacional de San
Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

<1 %

13

bibliotecavirtualoducal.uc.cl

Fuente de Internet

<1 %

14

aulavirtual.agro.unlp.edu.ar

Fuente de Internet

<1 %

15

vsip.info

Fuente de Internet

<1 %

16

www.wiki3.es-es.nina.az

Fuente de Internet

<1 %

17

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo