

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**Evaluación de una trilladora prototipo desplazable en el
trillado, venteado y limpieza de granos de quinua
(*Chenopodium quinoa*) en el distrito de Tambillo - Ayacucho**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERA AGRÓNOMA**

**PRESENTADO POR:
Fortunata Isabel Oré Fernández**

**ASESOR:
M.Sc. Francisco Condeña Almora**

Ayacucho – Perú

2020

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

TESIS

**Evaluación de una trilladora prototipo desplazable en el trillado, venteado y
limpieza de granos de quinua (*Chenopodium quinoa*) en el distrito de
Tambillo -Ayacucho**

Expedido : 22 de julio de 2020
Sustentado : 18 de diciembre de 2020
Calificación : Muy bueno
Jurados :



M.Sc. WALTER AUGUSTO MATEU MATEO
Presidente



M.Sc. FEDERICO QUICAÑO SUAREZ
Miembro



Ing. CARLOS AUGUSTO CASTAÑEDA ESQUÉN
Miembro



M.Sc. FRANCISCO CONDEÑA ALMORA
Asesor

A Dios

*Por regalarme la vida, por su amor puro y sincero
quien me ayuda a enrumbar mis pasos hacia un
desarrollo pleno.*

A mis padres

*A mi Padre, por su apoyo eterno desde el cielo, y
porque cimentó las bases de auto superación en mí.
A mi madre que ha estado en el momento preciso
para extenderme su mano.*

A mi esposo

*A Litman, mi compañero de Universidad, ahora de
corazón y vida, por su constante empuje en mis
propósitos y en mis metas.*

A mis hijos

*Adrián y Joaquín que son la luz en mi vida, ejemplo
que si uno persiste, consigue.*

AGRADECIMIENTO

A mí *alma mater* “Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga”, que en sus aulas adquirí los conocimientos que hoy pongo en práctica en el campo laboral para el desarrollo de mi región Ayacucho y como no de mi país.

A la Facultad de Ciencias Agrarias, especialmente a la Escuela Profesional de Agronomía y por intermedio de ella a mis maestros que impartieron sus experiencias, conocimientos y anécdotas durante mi proceso de aprendizaje como estudiante.

M.Sc. Francisco Condeña Almora, docente de la Escuela Profesional de Agronomía, agradecida por el asesoramiento y apoyo incondicional durante el proceso de elaboración del presente trabajo.

A la empresa Wiracocha SAC del Perú, que me ha permitido alcanzar mi objetivo.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice general.....	iv
Índice de tablas	vi
Índice de figuras.....	vii
Índice de anexos.....	ix
Resumen.....	1
Introducción	2
CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO	4
1.1. Información general de quinua	4
1.1.1. Centro de origen y distribución.....	4
1.1.2. Clasificación taxonómica.....	4
1.1.3. Importancia del cultivo	5
1.1.4. Importancia nutricional	5
1.1.5. Características botánicas	5
1.2. Variedades de quinua.	8
1.2.1. Blanca de Junín	8
1.2.2. Roja Pasankalla	8
1.2.3. Negra Ccollana.....	8
1.3. Manejo de cosecha y pos cosecha.	9
1.3.1. Cosecha de quinua.	9
1.3.2. Post cosecha de quinua	10
1.4. Mecanización de la cosecha de quinua.	11
1.5. Características de una trilladora.	14
1.5.1. Componentes de la trilladora	14
1.5.2. Mecanismo saca paja	19
1.5.3. Mecanismo de limpieza (venteador)	19
1.5.4. Funcionamiento del mecanismo de limpieza	20
CAPÍTULO II METODOLOGÍA.....	24
2.1. Ubicación de la zona de estudio.....	24
2.1.1. Ubicación política	24

2.1.2. Coordenadas geográficas	24
2.2. Características de la región Ayacucho	25
2.2.1. Características agroecológicas de zonas productoras de quinua.....	25
2.2.2. Características económicas productivas.....	26
2.2.3. Características sociales	26
2.3. Definición de los productos	27
2.3.1. Prototipo trilladora de quinua	27
2.3.2. Características biométricas de variedades de quinua.....	28
2.4. Nivel tecnológico de cosecha y pos cosecha de quinua.....	29
2.4.1. Proceso actual de cosecha y pos cosecha.....	29
2.5. Materiales, herramientas y equipos.....	31
2.5.1. Materiales.....	31
2.5.2. Herramientas y equipos.....	32
2.6. Planeamiento del trabajo	32
2.6.1. Diagnóstico de mecanización de cosecha y post cosecha de quinua	32
2.6.2. Muestra.....	33
2.6.3. Manejo de cosecha y pos cosecha.....	37
2.6.4. Evaluación de calidad de granos procesados en tres variedades de quinua por la trilladora prototipo	37
2.6.5. Diseño y construcción de una trilladora prototipo desplazable	37
2.6.6. Evaluación de la eficiencia y rendimiento de una trilladora prototipo desplazable	38
2.7. Parámetros de evaluación.....	38
CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
3.1. Diseño y construcción de la trilladora.....	39
3.1.1. Diseño y adecuación de piezas de la trilladora	39
3.1.2. Construcción de la trilladora	45
3.2. Evaluación de eficiencia y rendimiento de la trilladora.....	49
3.3. Evaluación de calidad de grano procesado	53
CONCLUSIONES	55
RECOMENDACIONES	57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
ANEXOS.....	59

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1. Características del prototipo trilladora de quinua INIAP-CIID	13
Tabla 2.1. Características biométricas de panojas y granos de tres variedades de quinua.....	28
Tabla 2.2. Componentes principales de la trilladora prototipo	36
Tabla 3.1. Materiales utilizados en la construcción de la trilladora.....	45
Tabla 3.2. Rendimiento de la trilladora prototipo durante el trillado, venteado y limpieza de granos de tres variedades de quinua	49
Tabla 3.3. Pruebas de evaluación del prototipo trilladora en tres variedades de quinua con dos grado de madurez.....	52
Tabla 3.4. Evaluación de calidad de granos procesada en tres variedades de quinua.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1. Trilladora portátil, motor 2 Hp, capacidad 3 qq/h	12
Figura 1.2. Trilladora INIAP motor 9 HP, 36 kg/h.	12
Figura 1.3. Trilladora estacionaria de cereales “PULLMAN” de fabricación americana, adaptada para la trilla de quinua.....	13
Figura 1.4. Cilindro trillador	15
Figura 1.5. Elementos del mecanismo trillador	15
Figura 1.6. Cilindro de dientes.	17
Figura 1.7. Parrilla de varillas.	18
Figura 1.8. Trilladora convencional con saca paja y trilladora axial sin saca paja	18
Figura 1.9. Mecanismo saca paja	19
Figura 1.10. Mecanismo de limpieza o venteador	20
Figura 1.11. Ventilador de paja o broza vegetal.	21
Figura 1.12. Harneros que eliminan panojas trituradas.....	21
Figura 1.13. Zaranda de limpieza de granos	22
Figura 1.14. Componentes del mecanismo de limpieza.....	23
Figura 2.1. Mapa de la región de Ayacucho y provincia de Huamanga.	24
Figura 2.2. Comunidades con potencial productivo de quinua en Ayacucho	26
Figura 2.3. Trilladora prototipo de quinua	28
Figura 2.4. Cosecha y venteado manual de quinua en Urpay, Acosvinchos	28
Figura 2.5. Trillado de panojas de quinua con caballos en Seccelambras	29
Figura 2.6. Venteado y zarandeo de quinua por mujeres en Acocro.	29
Figura 2.7. Trilladora HERRANDINA (Puno)	34
Figura 2.8. Trilladora venteadora MORITZ FRIEDRICH en Pedregal (Arequipa) ..	34
Figura 2.9. Trilladora taller FischerAgro, Lima.....	34
Figura 2.10. Trilladora INNOVAMAGRINI (Cusco)	35
Figura 2.11. Flujograma de manejo cosecha y pos cosecha de la quinua.	37
Figura 3.1. Diseño de la barra con paletas de corte.	40
Figura 3.2. Cilindro con deflectores y paletas de corte.	40
Figura 3.3. Cilindro trillador con sistema de soporte	40
Figura 3.4. Tres planchas de zarandas perforada	41
Figura 3.5. Zaranda y sus respectivas dimensiones	41

Figura 3.6.	Palas de la turbina.	42
Figura 3.7.	Carcasa del ventilador.....	42
Figura 3.8.	Palas del ventilador.....	43
Figura 3.9.	Maquina trilladora de quinua.....	43
Figura 3.10.	Neumáticos con el chasis de la máquina trilladora.....	44
Figura 3.11.	Barra circular del eje central del cilindro	44
Figura 3.12.	Accesorios de movimiento: poleas y chumaceras	44
Figura 3.13.	Soporte y suspensión	46
Figura 3.14.	Sistema de trillado acoplado al motocultor.....	47
Figura 3.15.	Ensamblaje de componentes de la trilladora	47
Figura 3.16.	Primera prueba de trillado de panojas quinua.....	48
Figura 3.17.	Correcciones y ajustes en el ensamblaje.....	48
Figura 3.18.	Segunda prueba de trilladora mejorado	48
Figura 3.19.	Variedades de quinua más producidas en la región Ayacucho.....	50
Figura 3.20.	Evaluación de eficiencia de la trilladora.....	50
Figura 3.21.	Rendimiento de la trilladora	51
Figura 3.22.	Evaluación de trilladora de panoja Roja Pasankalla.	51
Figura 3.23.	Evaluación de trilladora de panoja Blanca de Junín.....	51
Figura 3.24.	Granos de quinua más producidas en la región Ayacucho	54

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Cultivo de la quinua en parcelas de productores.....	60
Anexo 2. Trillado y venteado tradicional de quinua por productores	63
Anexo 3. Trilladoras prototipo con baja eficiencia y rendimiento	65
Anexo 4. Prototipo trilladora de quinua Wiracocha SAC del Perú	66

RESUMEN

El trabajo se realizó en parcelas de productores y en la planta de procesamiento de Wiracocha SAC del Perú. Se diseñó y construyó la trilladora prototipo desplazable con sus componentes, ensamblándose con pruebas de cambios de piezas y ajustes para lograr la mayor eficiencia en la operación de trillado. Se evaluó la eficiencia y rendimiento en trillado y venteo de panojas y granos de quinua, reduciendo tiempos en el proceso; la Blanca de Junín se cargó y procesó en promedio 238 kg de panojas con rendimiento en grano limpio de 465 kg/hora; la Roja Pasankalla se cargó y procesó en promedio 169 kg de panojas con grano limpio de 487 kg/hora; la Negra Ccollana se cargó y procesó en promedio 255 kg de panojas con grano limpio de 468 kg/hora. Asimismo, se evaluó con grados de madurez comercial y fisiológica (11% y 14% de humedad) de granos de quinua; con Blanca de Junín se operó en planta, en madurez comercial con 214 kg por carga de panojas y carga total de 1286 kg/hora de panojas trillado; el rendimiento y la calidad se operó en campo en madurez fisiológica con 260 y 238 kg por carga, y de 1562 y 1428 kg/hora de carga total trillado de panojas, respectivamente. Con Roja Pasankalla se operó en planta, en madurez comercial con 153 kg por carga y carga total de 918 kg/hora de panojas trillado; el rendimiento y calidad se operó en campo en madurez fisiológica con 186 y 169 kg por carga de panojas, y de 1116 y 1017 kg/hora de carga total de panojas trillado. Con Negra Ccollana se opera en taller en madurez comercial con 229 kg por carga y carga total de 1375 kg/hora de panojas trillado; el rendimiento y la calidad se operó en campo en madurez fisiológica, con 280 y 255 kg de panojas por carga, y de 1680 y 1528 kg/hora de carga total de panojas trillado, respectivamente. En calidad de granos, la Blanca de Junín presenta entre 1.7 y 2.0 mm, blanco cremoso, pureza, impurezas y pérdidas de 98.80%, 0.92% y 0.60%, respectivamente, 0% de granos partidos y 1.4 de granulometría; la Roja Pasankalla presenta entre 2.0 y 2.4 mm, rojo, pureza, impurezas y pérdidas de 98.12%, 1.12% y 0.76%, respectivamente, 0% de granos partidos y 1.6 de granulometría; la Negra Ccollana presenta entre 1.7 y 2.0 mm, negro, pureza, impurezas y pérdidas de 98.52%, 0.87% y 0.61%, respectivamente, 0% de granos partidos y 1.4 de granulometría.

Palabras clave: Trilladora prototipo, venteado, limpieza y quinua.

INTRODUCCIÓN

Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) ha sido consumido ampliamente y domesticado en las regiones andinas y subtropicales desde hace unos 5000 años, incluso por personas que vivían allí antes de que fuera domesticado. Por su alto valor nutritivo y su amplia adaptabilidad, era una planta valiosa para cosechar en zonas frías y subtropicales. Incluso en ambientes desfavorables, estaba presente en la dieta de los habitantes tanto de los valles interandinos como de las zonas altas y frías del altiplano que recorre la cordillera de los Andes sudamericanos.

Debido a sus cualidades nutricionales superiores, incluyendo su alto contenido de proteínas (hasta un 16%) y el equilibrio ideal del aminoácido lisina, que es crucial para la digestión humana y la absorción de nutrientes, la quinua sigue siendo el alimento básico de la población rural en la región andina de Perú. La quinua está considerada como uno de los mejores alimentos del reino vegetal y es un producto nutracéutico y un alimento funcional (Mujica, 2008).

En el año 2016, la superficie cultivada a nivel nacional fue alrededor de 64200 hectáreas, con rendimiento promedio de 1230 kg.ha⁻¹ y producción total de 79269 toneladas; la mayor producción le correspondió a la región de Puno con el 44.4% y le siguió la región Ayacucho con el 21% del total de producción nacional (MINAGRI, 2017); mientras tanto, Ayacucho durante los últimos años ha incrementado significativamente la superficie cultivada de quinua, reemplazando incluso a cultivos estacionales como la papa en muchas provincias de la región como Huamanga, Vilcashuamán y Sucre.

Teniendo en cuenta los problemas críticos que enfrenta los productores de quinua durante el manejo post cosecha del producto, se ha diseñado y construido una trilladora prototipo desplazable de granos de quinua; por lo que en el presente trabajo de

investigación se ha evaluado la eficiencia y rendimiento de la trilladora prototipo durante las operaciones de trillado, venteado y limpieza de granos de tres variedades de quinua más cultivadas en Ayacucho. Por las consideraciones antes establecidas se han fijado los siguientes objetivos:

Objetivo general

Diseñar, construir y evaluar una trilladora prototipo desplazable en el trillado, venteado y limpieza de granos de tres variedades de quinua en la región Ayacucho.

Objetivos específicos

1. Diseñar y construir una trilladora prototipo desplazable para el trillado, venteado y limpieza de granos de quinua.
2. Evaluar la eficiencia y rendimiento de la trilladora prototipo desplazable en el trillado, venteado y limpieza de granos de quinua.
3. Evaluar la calidad de granos procesados en tres variedades de quinua por la trilladora prototipo.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. INFORMACIÓN GENERAL DE QUINUA

1.1.1. Centro de origen y distribución

Según León (2003), los Chibchas del altiplano cundiboyacense (Colombia) cultivaban activamente la quinua, y los antiguos pobladores de Cuyumbe (ruinas de San Agustín - Huika, Colombia) interactuaban con los de las sabanas de Bogotá y ayudaban a la dispersión del cultivo, que compartían con otros países, lo que explica su presencia en Ecuador. La quinua se cultivaba ampliamente en el norte de Perú, pero en el sur se cultivaba sobre todo junto al maíz, especialmente en el Callejón de Huaylas y el valle del Mantaro.

Aunque se desconoce el origen exacto de la quinua, Zevallos (1984) señala que probablemente sea en Sudamérica, específicamente en la zona del Titicaca (Perú y Bolivia), donde se encuentra la mayor variedad de esta especie. Asimismo, León (2003) atribuye el origen de la quinua a la zona andina del altiplano peruano-boliviano debido a la abundancia de especies silvestres y a la alta variabilidad genética, principalmente en los ecotipos, que reconoce cinco categorías.

1.1.2. Clasificación taxonómica

Aguilar (1981), señala que la taxonomía de la quinua es la siguiente.

Reino	: Vegetal
División	: Fanerógamas
Clase	: Dicotiledóneas
Sub-clase	: Angiospermas
Orden	: Centroespermales
Familia	: Chenopodiceas
Género	: Chenopodium

Sección	: Chenopodia
Subsección	: Cellulata
Especie	: <i>Chenopodium quinoa</i> Willd.
Nombres vulgares	: Quinoa, jiura y quiuna (Perú); quinua, suba, supha, pasca, uba, luba, ubalá, juba y uca (Colombia); quinua y algunas zonas la llaman (Bolivia); quinua, quínoa, daule (Chile); quinua, juba, subacguque, ubaque, uvate (Ecuador).

1.1.3. Importancia del cultivo

FAO (2013), según muchos académicos coinciden en que la quinua está cobrando importancia por su diversidad y aplicabilidad en naciones con ecosistemas frágiles, así como por sus ventajas nutricionales para el suministro de alimentos básicos (seguridad alimentaria). La quinua tiene un valor nutricional excepcional, ya que contiene cantidades significativas de carbohidratos, proteínas vegetales y un excelente equilibrio de aminoácidos esenciales.

1.1.4. Importancia nutricional

Los aminoácidos lisina y metionina, que juntos forman su proteína, son el componente más importante de la quinoa, según la FAO (2013). Aunque no es especialmente rica en proteínas en comparación con otros cereales, la quinoa incluye más de este nutriente.

➤ Humedad	: 10 – 11.5%
➤ Proteínas	: 12 – 13.5%
➤ Grasas	: 5.0 - 6.0%
➤ Cenizas	: 3.5 - 3.7%
➤ Carbohidratos	: 58 - 65%
➤ Fibra	: 3.0 - 4.0%

1.1.5. Características botánicas

Mujica (1994), Tapia (1979), León (2003), Apaza y Delgado (2005) y otros describen las siguientes características botánicas de la quinua:

a) Planta

La planta es erguida, tamaño variable de 30 a 300 cm, dependiendo del tipo de quinua, ecotipos y condiciones ambientales donde crece, fertilidad de suelos; las de valle

presentan mayor altura que las que crecen por encima de 4000 msnm y de zonas frías; mientras que en zonas abrigadas y fértiles alcanzan mayor tamaño; su coloración varía con genotipos y fases fenológicas y está clasificada como una planta con metabolismo fisiológico tipo C3. El tipo de crecimiento es herbáceo, porte erecto de 100 a 142 cm de altura, según las variedades y el medio ecológico donde es cultivada.

b) Raíz

Es pivotante, y como hay muchas que salen del periciclo, es sencillo distinguir la raíz principal de las secundarias. Dependiendo de los ecotipos, de la profundidad del suelo y de la altura de la planta, el tipo de raíz varía según los estados fenológicos y puede alcanzar longitudes de 25 a 30 cm.

c) Tallo

Las ramas varían en longitud desde unos pocos centímetros en algunos ecotipos o razas hasta la altura de la panícula principal y más allá, terminando en panículas secundarias, en otros. También, según el desarrollo de la ramificación existen plantas con un solo tallo principal y ramas laterales muy cortas en los ecotipos del altiplano o plantas con todas las ramas de igual tamaño; en los ecotipos de valle se presenta todos los tipos intermedios.

d) Hojas

Las hojas inferiores son rómbicas, deltoides o triangulares que miden hasta 15 y 12 cm de largo y ancho, respectivamente. A medida que se asciende por la planta, el tamaño de las hojas se va reduciendo hasta llegar a las hojas lineales o lanceoladas que salen de la inflorescencia, que sólo miden 10 mm de largo por 2 mm de ancho. Las hojas pueden ser lisas, aserradas o lisas. El color es variable dependiendo de la pigmentación, presentando pigmentos rojos y púrpura que están constituidas por betacinina.

e) Flores

Las flores de quinua son incompletas, sésiles y desprovistas de sépalos, constituidas por una corola formada de 5 piezas florales tepaloides y sepaloides. Son hermafroditas, pistiladas y androesteriles, lo cual indica que pueden ser autógamas y alógamas. En una rama florecida, la antesis floral tiene lugar en las primeras horas de la mañana y de forma secuencial desde el ápice hasta la base. La flor terminal hermafrodita se abre

primero, seguida de las flores pistiladas. En una planta, suele haber 50 glomérulos, y cada glomérulo contiene de 18 a 20 granos. Las diminutas flores tienen un diámetro de 1 a 2 mm.

f) Inflorescencia

La inflorescencia es denominada panoja, por tener un eje principal más desarrollado, del cual se originan ejes secundarios y varía según las razas. Según el tipo de panoja, las quinuas son agrupadas en amarantiforme, glomerulada e intermedia. Es glomerulada, cuando los glomérulos se insertan al raquis principal mediante ejes glomerulares y presenta formas globosas. Es amarantiforme, cuando los glomérulos se insertan directamente a lo largo del raquis principal. Es intermedia, cuando los glomérulos se insertan al raquis y no están muy separados ni contiguos entre sí.

g) Fruto

Fruto aquenio, está formado por el perigonio, que contiene una sola semilla, y es desprendible por ser seco e indehisciente. Se produce a partir de un ovario unilocular. El perigonio, que determina el color del grano y está directamente relacionado con el color de la planta, se encuentra en la primera membrana del pericarpio del fruto, que está unido a la semilla y contiene saponina, un glucósido de sabor amargo.

h) Semilla

La semilla es de forma lenticelada y envuelta por el perispermo; el tamaño del grano se considera grande cuando el diámetro es mayor de 2 mm en variedades Amamrilla de Maranganí, Sajama, Salcedo-INIA, Illpa-INIA; de tamaño mediano con diámetro de 1.8 a 1.9 mm en variedades Blanca de Junín, Kancolla, Tahuaco, Chewecca; de tamaño pequeño menor de 1.7 mm en las variedades Choclo, Blanca de Juli.

1.2. VARIEDADES DE QUINUA

Según Mujica (1994), "existen más de 100 tipos en el Perú, que se dividen en tres categorías de color: blanco, rosado y amarillo y se caracterizan también por la región en la que crecen.

1.2.1. Blanca de Junín

Tiene dos tipos: blanco y rosado, y se cultiva extensamente en el valle del Mantaro, según Tapia (1979), quien señala que es distintivo de la región central del Perú. La E.E. del Mantaro lo ha mejorado; del ecotipo blanco se ha desarrollado una selección de panículas con granos dulces, que es un material de gran importancia. Tiene un bajo contenido de saponina, un grano blanco de tamaño medio, un periodo vegetativo de 175 a 195 días y una resistencia al moho. La planta puede alcanzar una altura de 1,55 a 1.90 metros, con una panoja glomerulada y laxa, y puede producir hasta 2.490 kg por hectárea cuando se fertiliza con niveles de NPK de 80-40-00.

1.2.2. Roja Pasankalla

Apaza (2005) indica que el origen procede de una selección de ecotipos de Acora (Caritamaya), variedad de color de grano plumizo a rojo marrón, sabor dulce, periodo vegetativo precoz, con gran aceptación en el mercado externo por sus cualidades de transformación. El tallo grueso color rojo pálido con franjas de color crema, panojas rojizo, no ramificados de forma glomerulada, sin ramificación, tamaño de 150 a 180 cm con tecnología media, alto contenido de proteínas y pigmentos como licopenos y betalainas.

Es conocido también con el nombre de INIA Pasankalla Roja, el tamaño de grano es de 2 a 2.5 mm de diámetro y contiene 14.5% a 17.4% de proteínas de acuerdo a las condiciones nutricionales del suelo, el cultivar peruano reúne las cualidades necesarias para la exportación de esta especie, que es tolerante al mildiu, incluyendo un buen contenido nutricional, gran calidad de grano para el procesamiento agroindustrial y rendimientos superiores a 2,8 t. ha⁻¹.

1.2.3. Negra Ccollana

Apaza (2005) reporta que es de amplia base genética ya que es un compuesto de 13 accesiones de 12 localidades, conocidos como "Qyutu Jiwrás", que comercialmente se le asigna el nombre de INIA 420 "Negra Collana", se obtiene un mayor desarrollo entre los 3851 y 3900 msnm, con clima frío seco, precipitación de 400 a 550 mm y temperatura de 4° a 15° C.

Esta variedad presenta la panoja glomerulada verde y rosada, con ciclo vegetativo de 130 a 150 días (semiprecoz), el tallo varia de 90 a 170 cm, tallos medianos, hábito no ramificado, limbo de las hojas presenta el haz un color verde oscuro a rojizo y el envés un color purpura, tipo de panoja amarantiforme, semilla color negro intenso de 1.5 a 1.8 mm de diámetro, escaso contenido de saponina, alto contenido de proteína con 15% a más y betalainas.

1.3. MANEJO DE COSECHA Y POSCOSECHA

Mujica (1994) sugiere que se completa cuando las plantas alcanzan la madurez fisiológica, lo que es discernible cuando las hojas más bajas empiezan a ponerse amarillas y a caer, con un aspecto característicamente amarillo pálido. Sin embargo, el grano que ha sido aplastado muestra resistencia e impide su entrada. Dependiendo de los tipos, esta etapa puede tardar entre 4.5 y 7.5 meses en alcanzarse.

Apaza y Delgado (2005), mencionan que la cosecha está determinada por la humedad del grano entre 18 y 22 % y se encuentra en estado de madurez fisiológica. En este estado de madurez de granos, la planta empieza a secarse, produciéndose una rápida pérdida de humedad, llegando a 14% de humedad; cuando la planta se encuentra completamente amarilla se considera en estado de madurez de cosecha.

1.3.1. Cosecha de quinua

Solid Perú (2010), Apaza (2005), Rodríguez, Mujica y otros (2006) reportan que en la cosecha de quinua se realiza las siguientes labores:

a) Siega o corte

Se realiza cuando las plantas hayan alcanzado la madurez fisiológica, labor que se efectúa en las mañanas, a primera hora, para evitar el desprendimiento de los granos por efectos mecánicos del corte y uso de hoces o segaderas. Existe mayor facilidad de caída del grano del perigonio que lo protege cuando las plantas están completamente secas por el calentamiento de los rayos solares. Actualmente, se utilizan segaderas y hoces; sin embargo, recientemente, se ha iniciado la utilización de cosechadoras combinadas y autopropulsadas, con éxito en la quinua.

b) Emparvado

Las plantas cortadas en la madurez fisiológica se debe eliminar el agua contenido para la trilla; luego se forman pequeños montículos con las panojas, ordenándolas y colocando en forma de pilas alargadas o redondas, debiendo orientar las panojas en un solo sentido, si son alargadas; luego, se protege con paja o plásticos para evitar el humedecimiento por efecto de las lluvias, granizadas o nevadas extemporáneas que pueden caer, produciendo el amarillado, pudriciones o fermentación, que genera la pérdida de calidad del grano. Las plantas se mantienen en la parva por espacio de 7 a 15 días, hasta que tengan la humedad adecuada para la trilla.

c) Trillado

Se realiza sacando las panojas secas de la parva y extendiendo sobre mantas preparadas para este fin. En algunos lugares, se apisona un terreno plano, formando eras, con arcilla bien apisonada, formando una losa liza y consistente. Luego, se procede al golpeteo de las panojas colocadas en el suelo; generalmente, se golpean panoja con panoja, cuyos golpes permiten desprender los granos de la inflorescencia.

Cuando se utilizan trilladoras estacionarias, se sacan las plantas secas de la parva y se coloca solo las panojas en el mecanismo de entrada de la trilladora; para evitar un mayor esfuerzo de la máquina en triturar los tallos, que generalmente son duros y gruesos, por el alto contenido de lignina.

1.3.2. Post cosecha de quinua

Solid Perú (2010), Apaza (2005), Rodríguez, Mujica y otros (2006), reportan que en manejo post cosecha de la quinua se realizan las siguientes labores:

a) Venteado

Una vez producido el trillado, los granos y la broza se encuentran mezclados, siendo necesario separar los granos de la broza (fragmentos de hojas, pedicelos, perigonio, inflorescencias y pequeñas ramas), aprovechando las corrientes de aire que se producen en las tardes, de tal manera que el grano esté completamente limpio. Actualmente, existen aventadores mecánicos manuales o propulsados por un motor, cuya labor es eficiente y relativamente fácil de operar; incluso, cuando se utilizan trilladoras estacionarias, es necesario pasar por las aventadoras para obtener los granos limpios.

b) Secado de granos

En algunas zonas del altiplano peruano-boliviano, en el momento de la cosecha de la quinua, se encuentra completamente seca; en otras áreas, el producto final (grano trillado) se obtiene con 15 a 20% de humedad, dependiendo del estado de madurez de las plantas y del nivel de humedad ambiental en el momento de la cosecha.

c) Limpieza y clasificación del grano

La eliminación de impurezas de los granos cosechados es importante durante el manejo post cosecha, pues permite mejorar la calidad y presentación de los mismos, favoreciendo el almacenamiento. Por otro lado, la clasificación de granos debe ser una práctica habitual del agricultor para alcanzar mejores precios para los granos de primera calidad o disponer semillas de calidad para garantizar las futuras siembras.

d) Almacenamiento

El almacenamiento es importante en el proceso de manejo post cosecha de quinua y de mayor interés si se trata de semillas. En la zona andina, se han observado muchas deficiencias en el proceso de almacenamiento, tradicionalmente, se almacena en recipientes abiertos de metal, barro o plástico; también es común el almacenamiento en envases de tela o polietileno.

1.4. MECANIZACIÓN DE LA COSECHA DE QUINUA

El INIAP (2011) reporta que la utilización de trilladoras fijas combinada con la siega manual permite mejorar la trilla. Se han probado con éxito varios modelos de trilladoras de grano. Con algunas modificaciones, como la reducción del flujo de aire en el ventilador y la adición de más filtros a los sistemas de salida del grano para conseguir una menor concentración de contaminantes, las trilladoras de cereales como el trigo o la cebada han mostrado buenos resultados cuando se utilizan para la quinoa. Para parcelas pequeñas de autoconsumo quizá el método tradicional es el aconsejable, si la extensión es de 1 a 3 hectáreas, la siega manual y trilla con maquinarias estacionarias es la más aceptable, pero si la extensión es superior a 3 hectáreas, entonces la cosecha mecanizada con una combinada, sería la mejor alternativa.

La utilización de trilladoras fijas combinada con la siega manual permite mejorar la trilla. Se han probado con éxito varios modelos de trilladoras de grano. Con algunas

modificaciones, como la reducción del flujo de aire en el ventilador y la adición de más filtros a los sistemas de salida del grano para conseguir una menor concentración de contaminantes, las trilladoras de cereales como el trigo o la cebada han mostrado buenos resultados cuando se utilizan para la quinoa.



Figura 1.1. Trilladora portátil, motor 2 Hp, capacidad 3 qq/h.



Figura 1.2. Trilladora INIAP motor 9 HP, 36 kg/h

El INIAP (2011) reporta las características de prototipo trilladora de quinua que se observa en la tabla 1.1.

Tabla 1.1. Características del prototipo trilladora de quinua INIAP-CIID

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Estructura	Perfil de hierro
Ejes	Acero de transmisión
Otros elementos	Latón de fierro
Largo	2.21 metros
Ancho	1.37 metros
Alto	1.35 metros
Potencia	Motor a gasolina 9 HP
Velocidad cilindro	556-600 RPM
Unidad de trilla	Cilindro y cóncavo de barras de hierro dentados
Unidad de limpieza	Ventilados y zarandas

Fuente: INIAP-CIID. 2011



Figura 1.3. Trilladora estacionaria de cereales “PULLMAN” de fabricación americana, adaptada para la trilla de quinua.

**Combinada Jhon Deere 960, utilizada como trilladora estacionaria.*

***Prototipo diseñado y construido en INIAP.*

El INIAP (2011) señala que la trilladora tipo "Pullman" de fabricación americana, es la que reporta los mejores resultados, de acuerdo a las pruebas y observaciones realizadas durante varios años de trabajo en el Programa de Cultivos Andinos del INIAP.

Con base a la estructura y funcionamiento de la trilladora antes mencionada y de varias otras, de características similares, se diseñó y construyó un prototipo de trilladora estacionaria de quinua y otros granos pequeños, la misma que al ser de fabricación nacional, puede estar al alcance de medianos y pequeños agricultores, asociados en comunas o cooperativas.

Las trilladoras desprenden los granos de la panoja y separan los desechos y granos a través de corrientes de aire. Se usan trilladoras estacionarias desarrolladas para trigo o arroz aplicando ciertas modificaciones. Una regulación perfecta de la máquina minimiza la cantidad de semilla presente en los desechos y la cantidad de desechos presentes en los granos.

El empleo de una cosechadora combinada se justifica en campos de quinua con más de 3 hectáreas. Para un trabajo eficiente, este método requiere ciertas condiciones del cultivo, del campo y ciertos ajustes de la máquina.

Las condiciones indispensables del campo y cultivo de quinua para el uso de la cosechadora combinada son:

- El terreno debe tener una pendiente no muy inclinada.
- El campo debe estar más o menos nivelado.
- El suelo no debe ser demasiado pesado.
- El cultivo debe estar completamente seco (fase de madurez comercial).
- El cultivo libre de malezas, para evitar contaminación con semillas extrañas.
- Cultivo uniforme a la madurez para evitar contaminación con semillas inmaduras.
- Variedad con escasa ramificación, para asegurar la madurez uniforme.
- Variedad de porte bajo y tallos no muy fuertes, para reducir el esfuerzo de la máquina.

1.5. CARACTERÍSTICAS DE UNA TRILLADORA

1.5.1. Componentes de la trilladora

a) Mecanismo de trilla

Uno de los componentes más importantes de la cosechadora es el mecanismo de trilla, también llamado cilindro de trilla. En este punto se separan las cáscaras del grano. La fricción creada cuando el material se desplaza a través de la zona más pequeña entre el cilindro y el cóncavo colocado debajo de él, junto con la acción de rozamiento e impacto causada por la velocidad de rotación del cilindro, da lugar a la acción de trillado o desprendimiento de los granos de la panícula.

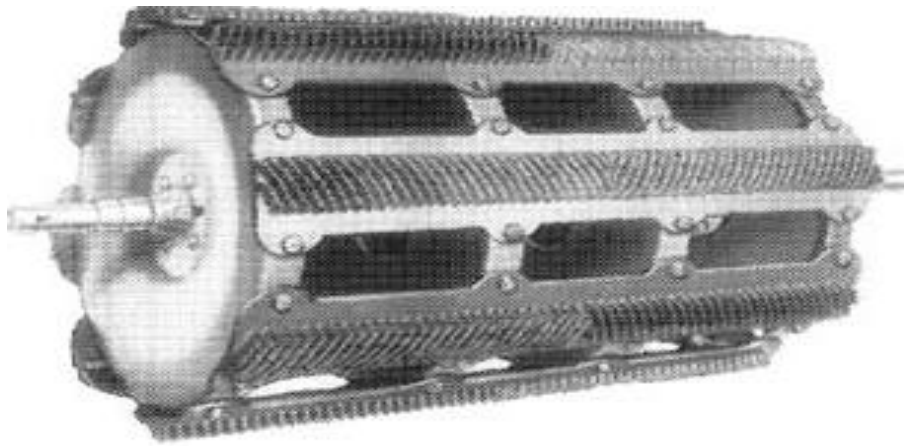


Figura 1.4. Cilindro trillador

El mecanismo trillador está formado por un conjunto de elementos siguientes: cilindro trillador (2), el cóncavo (3), el batidor (4), la parrilla de varillas (5), el despajador (6) y la cortina (7).

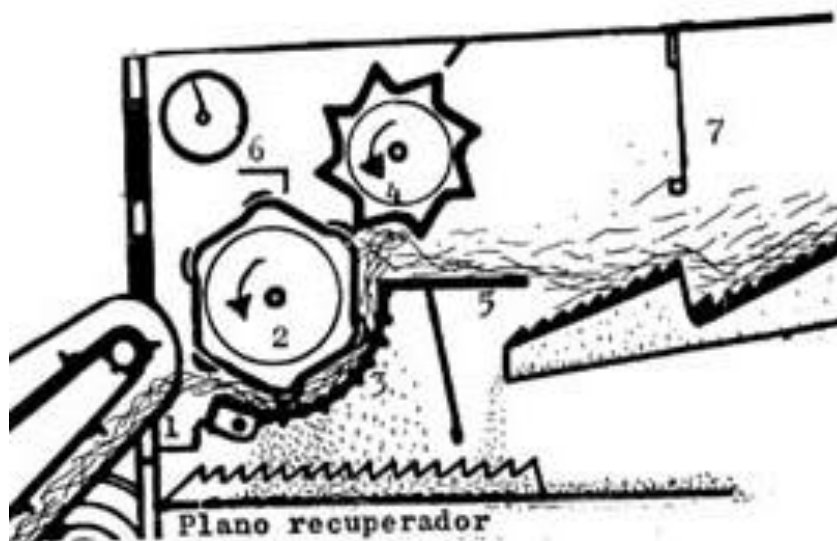


Figura 1.5. Elementos del mecanismo trillador

Por la acción de rotación y frotación con el cóncavo los granos son separados de sus panojas cortadas o trituradas cayendo al plano recuperador. Lo normal es que más del 90% de granos debe separarse durante el mecanismo de trilla. Las panojas cortadas y granos no separados se dirigen hacia el batidor que frena su salida y los traslada hacia el sacapanojas. Una cortina ubicada detrás del batidor evita que algunos granos salten fuera de la máquina.

b) Cilindro trillador

Dependiendo de la capacidad de la cosechadora, se trata de un tambor cuyo tamaño oscila entre 55 y 65 cm de diámetro y entre 65 y 125 cm de ancho. Gira a una velocidad periférica variable que, según se cree, es de una media de 35 rpm por segundo. La anchura es crucial, ya que afecta a la capacidad de la cosechadora. En función de las necesidades, la velocidad puede oscilar entre 550 y 1450 rpm. La trilla de granos grandes, sencillos de separar o muy quebradizos, se realiza a la velocidad más baja, y la cosecha de granos pequeños, difíciles de separar, se realiza a la velocidad máxima. Hay que utilizar diferentes tipos de cilindros según los cultivos o las condiciones que los rodean. En consecuencia, se puede elegir entre los siguientes elementos:

- **Cilindro de barras.** Se utiliza sobre todo en la recolección de cebada, trigo y avena. Se compone de un tambor con seis a ocho barras acanaladas montadas alrededor de su perímetro, montadas en un eje en un extremo, y equipadas con una polea de diámetro variable que permite ajustar la velocidad. Al haber menos desgarramiento de los tallos debido a la fricción y a las sacudidas de las panículas durante el proceso de trillado, la cosecha es más limpia y los sistemas de limpieza no se ven sobrecargados.
- **Cilíndrico dentado.** Tiene una forma muy similar al cilindro de barras, pero las barras tienen una serie de dientes uniformemente espaciados que se cruzan sobre dientes idénticos colocados en forma cóncava. Cuando se trilla el arroz, el trigo, la quinoa y diversos cultivos forrajeros, se rasgan las panículas para producir la acción de trillado.
- **Cilindro de barras de goma.** Las barras metálicas tienen una forma similar, excepto que éstas están montadas helicoidalmente y revestidas de goma. Para cereales, quinoa, alfalfa y el trébol, el grano se sacude con un movimiento de trilla más suave utilizando este tipo de cilindro.
- **Cóncavo.** Según el tipo de cilindro, hay una rejilla de varillas o dientes con una prolongación de varillas en la parte posterior que facilita el paso de la paja hacia el sacapajas.

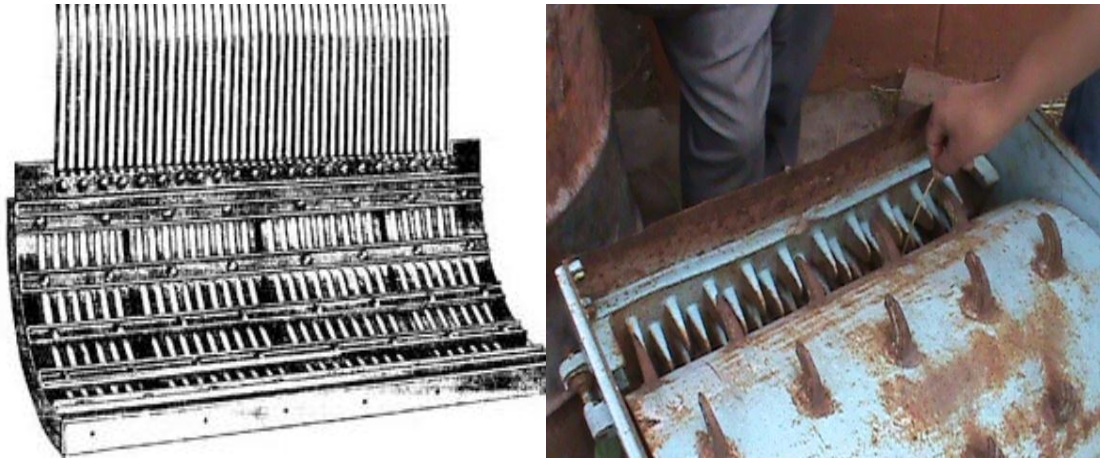


Figura 1.6. Cilindro de dientes

c) Batidor

El tambor, que está situado detrás del cilindro y ligeramente por encima y presenta diversos diseños, tiene las siguientes características

- Para clasificar y recuperar una parte de los granos que se trillaron en el cilindro pero no se separaron.
- Tanto para frenar el flujo del material del cilindro como para dirigir ese material hacia el sacapajas

A excepción de la bomba hidráulica y los mecanismos de traslación, el eje del batidor en la mayoría de las cosechadoras es el que recibe la fuerza motriz del motor para accionar los mecanismos de la máquina.

d) Cilindro de arrastre

El material se desplaza y es arrastrado por una placa deflectora situada en la parte superior del cilindro para evitar la contra alimentación.

e) Parrilla de varillas

Está situada junto al cóncavo, cuya finalidad es sujetar y mantener la dirección ascendente de la paja para que el batidor pueda desviar la paja en la dirección del sacapajas. Al no existir estas varillas, la paja puede caer en el plano del recuperador, sobrecargando el sistema de limpieza.

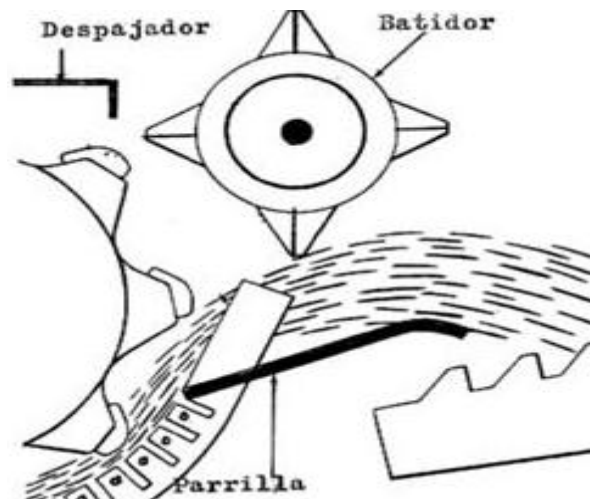


Figura 1.7. Parrilla de varillas

f) Cilindro de rotor axial

Conformado por 1 o 2 rotores de 220 cm de longitud y 45 cm de diámetro que se colocan longitudinalmente. Giran dentro de su propio conjunto, que se compone de una cubierta superior con ranuras helicoidales y una cubierta inferior con una parrilla o cóncavo con diseño escalonado para la trilla y la separación. El rotor contiene aletas roscadas en su entrada para facilitar la entrada del cultivo, barras raspadoras para frotar el cultivo contra la rejilla y un batidor para desplazar el material hacia la parte posterior de la máquina donde el batidor recupera los granos y expulsa la paja.

Con este diseño se elimina la saca paja y está disponible en las máquinas con mayor rendimiento.

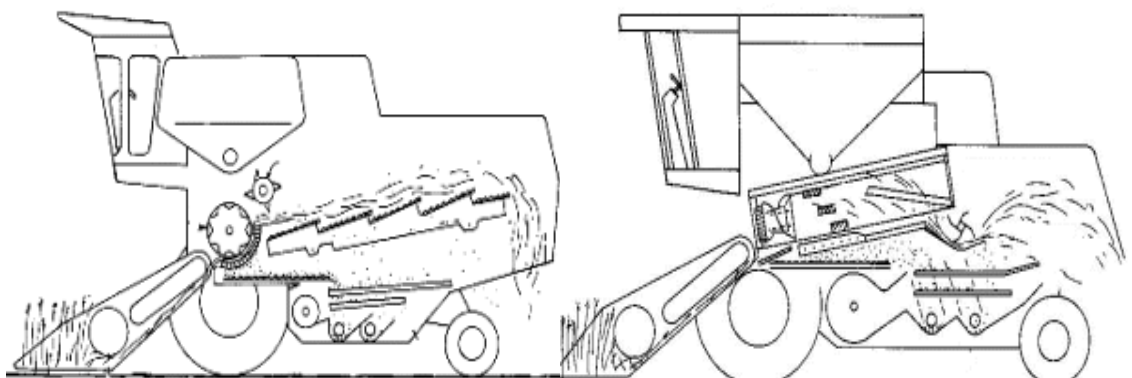


Figura 1.8. Trilladora convencional con saca paja y trilladora axial sin saca paja

1.5.2. Mecanismo saca paja

Está ubicado detrás del cilindro a lo largo de la trilladora, recibe el material que sale del cilindro y mediante movimientos cortos alternativos de 150 a 250 por minuto de adelante hacia atrás, es desplazada la paja fuera de la trilladora. La recuperación de los granos sueltos que aún están mezclados con la paja gracias a su forma, que tiene una pequeña inclinación hacia el plano del grano, completa el proceso de separación de lo tratado en el cilindro.

El diseño consta de 3 a 5 partes longitudinales que se asemejan a canoas o bandejas. Para aumentar el efecto agitador, la mitad superior de las barcas presenta dientes escalonados.

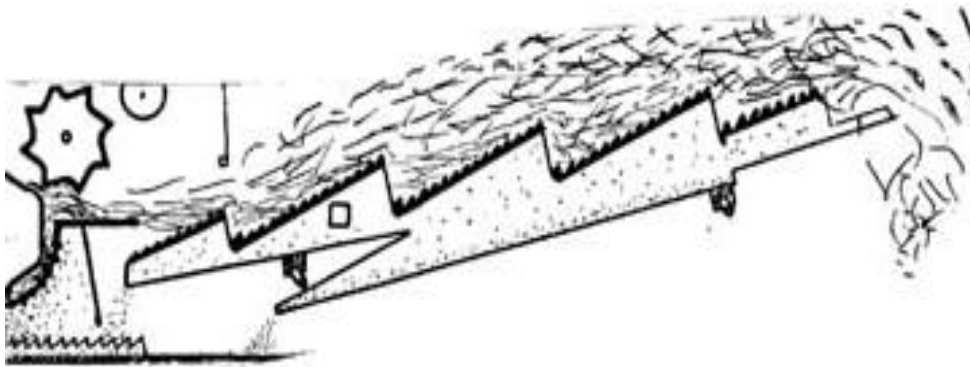


Figura 1.9. Mecanismo saca paja

Las secciones tienen una rejilla para facilitar el paso de los granos y no la paja de las panojas trituradas que debe salir por un extremo.

1.5.3. Mecanismo de limpieza (venteador)

Tiene como objetivo eliminar los residuos y contaminantes, como panículas trituradas, cáscaras y barbas, y devolver al cilindro los granos que no fueron trillados completamente pero que igualmente pasaron por las cribas.

El plano de recuperación del grano (1), el ventilador (2), los deflectores de aire (3), el peine (4), la criba superior (5), la criba inferior (6), la prolongación de la primera criba (7), el plano de limpieza del grano (8), el sinfín de limpieza del grano (9), el plano de retorno (10) y el sinfín de retorno conforman la parte más baja de la trilladora donde se encuentra.

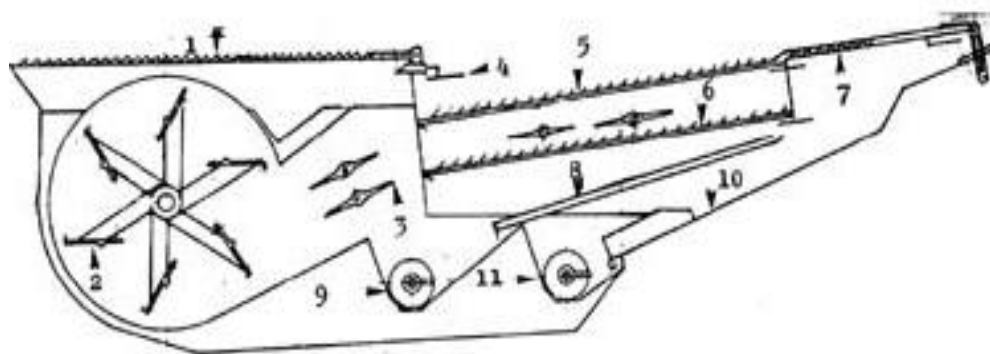


Figura 1.10. Mecanismo de limpieza o venteador

1.5.4. Funcionamiento del mecanismo de limpieza

El grano trillado, separado y recuperado en el cilindro, junto con la paja recuperada en el picador de paja, caen todos en el plano de recuperación (1), que, mediante un movimiento de vaivén, permite que caigan en la primera criba (5). El ventilador (2), cuya fuerza y dirección de la corriente de aire elimina la panoja aplastada en la parte posterior de la trilladora. El peine (4) ayuda al funcionamiento del ventilador y permite la óptima dispersión del material que cae sobre la criba. El grano procedente de la primera criba (5) se desplaza hasta la segunda criba (6), con la que transporta el plano de grano limpio (8) hasta el sinfín (9), que lo transporta hasta el estanque mediante un elevador situado en uno de sus extremos. El material es transferido de nuevo al cilindro a través del sinfín (11), después de que los cristales inadecuadamente trillados hayan pasado por la extensión de la primera criba (7), el plano de recuperación de retorno (10) y el sinfín (10).

a) Plano recuperador de granos

Está situado por debajo del cilindro que recoge el grano trillado y lo traslada a la primera criba recuperándolo en un saco de paja. Existen varios diseños de planos de recuperación, pero el más conocido es una estructura metálica en forma de mesa con pequeños escalones y aletas longitudinales que mantienen la elevación y división del material mientras lo hacen caer en la primera criba mediante un movimiento oscilante. En este proceso, la panoja desmenuzada más ligera se desplaza por la parte superior del plano, mientras que el grano más pesado, que es más pesado que el suelo, circula por la parte inferior.

b) Ventilador

A través de la cola de la unidad de trilla, el flujo de aire creado por el ventilador elimina los materiales ligeros. Suele encontrarse debajo del plano del recuperador en las cosechadoras. Tiene de cinco a ocho palas y gira entre 550 y 1550 rpm bajo el control de juegos de poleas de volumen manual y de dirección variable. La dirección y la velocidad del flujo se controlan mediante deflectores, mientras que el volumen se controla mediante rejillas de entrada.

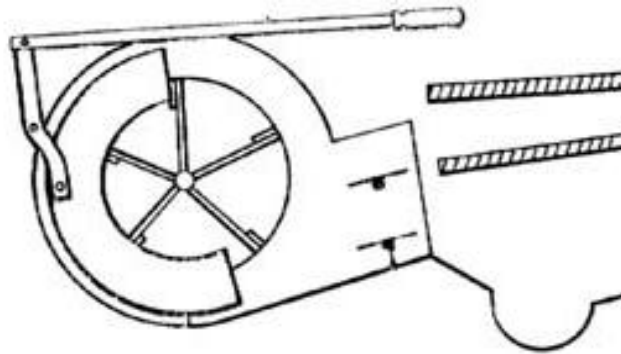


Figura 1.11. Ventilador de paja o broza vegetal

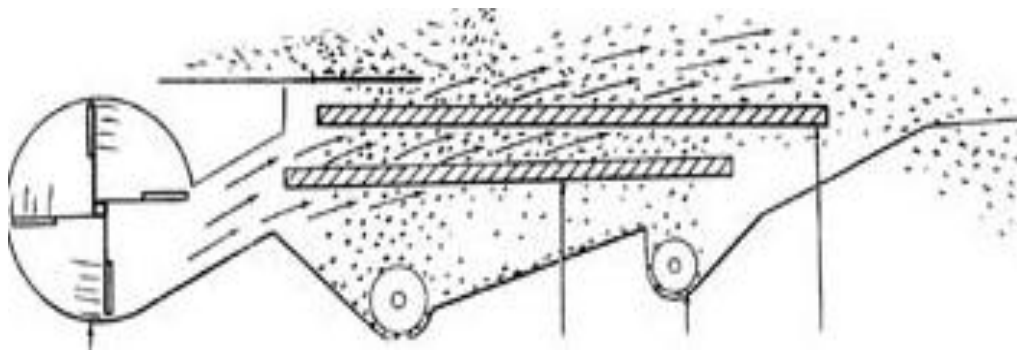


Figura 1.12. Harneros que eliminan panojas trituradas

Mientras los granos caen a través de las perforaciones de la primera criba hacia la segunda y finalmente salen por un tubo de descarga, las hojas trituradas y los materiales ligeros son eliminados por la corriente de aire al dirigirse hacia el primer tercio de las cribas.

c) Persianas

Regulan el volumen de aire que el ventilador aspira y suministra abriendo o cerrando la entrada de aire a la entrada de la caja del ventilador. Cuando se cosechan granos grandes y pesados, se dejan abiertas. Cuando se trillan granos pequeños, se mantienen cerrados.

d) Deflectores

Están situados en la salida de la corriente de aire, y suelen ser dos. Para mantener limpios los primeros 30 cm de la primera criba y permitir que el grano caiga libremente, el aire se dirige hacia allí. Para una limpieza eficaz y para evitar la pérdida de grano si la corriente de aire se dirige demasiado hacia atrás de las cribas, la dirección del viento es siempre importante.

e) Harneros

Son componentes esenciales para limpiar correctamente los granos. Se mueven alternativamente hacia delante y hacia atrás porque están suspendidos de colgantes por debajo del bastidor principal.

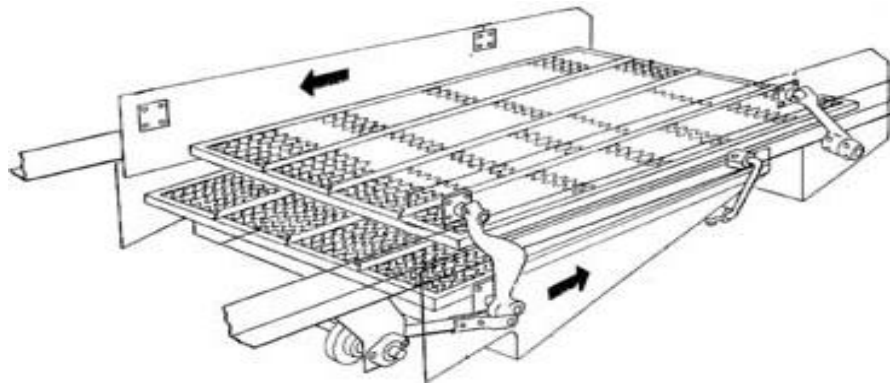


Figura 1.13. Zaranda de limpieza de granos

f) Funcionamiento del mecanismo de limpieza

El material es levantado por el peine (4) para que el flujo de aire del ventilador (2) pueda mover la paja molida fuera de la máquina. El grano trillado, las panículas insuficientemente trilladas y la paja molida que sale del cilindro caen desde el plano del recuperador (1) hasta el principio de la primera criba (5). El grano pasa de la primera criba (5) a la segunda criba mediante el movimiento de vaivén de las cribas (6). Los componentes más pesados se desplazan hacia atrás hasta pasar por la extensión de la primera criba y aterrizar en el plano recuperador (10), donde son trasladados por el sinfín (11) de vuelta al cilindro para comenzar un nuevo trillado.

Como se ilustra en la figura 1.14, el grano que pasa a la segunda criba (6) recibe la última limpieza en ésta antes de pasar al plano de grano limpio (8), que finalmente lo transporta al sinfín (9) y al depósito a través de un transportador.

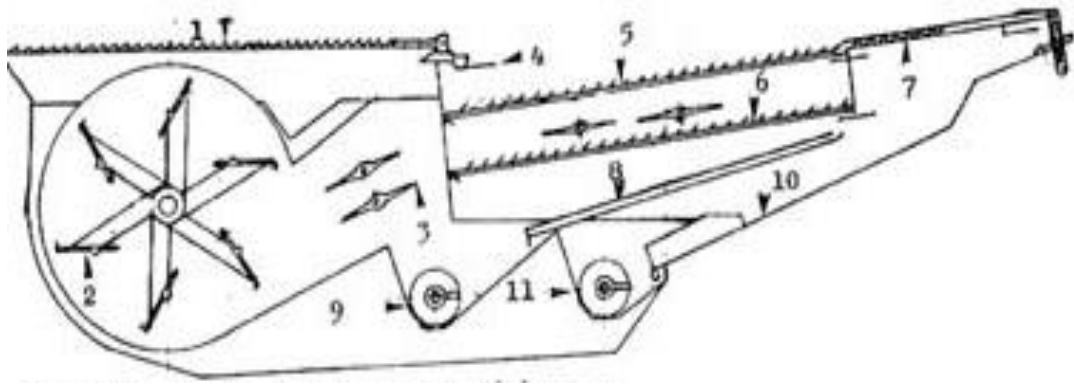


Figura 1.14. Componentes del mecanismo de limpieza

g) Mecanismos motrices y de conducción

Las trilladoras autopropulsadas están equipadas con una unidad motriz lo suficientemente fuerte como para mover los componentes necesarios para su funcionamiento, una bomba para los sistemas hidráulicos, así como para desplazarse tanto en carreta y en campo.

Dependiendo de su tamaño, se utilizan motores diesel de cuatro o seis cilindros. Contienen controles de funcionamiento, como los de la temperatura, el sistema eléctrico y las rotaciones, como cualquier otro motor. Pueden estar situados en lo alto, junto al depósito de grano de la trilladora, lo que tiene la ventaja de mantener el motor limpio y disminuir el riesgo de incendio, pero también tiene el inconveniente de hacer que la trilladora sea menos estable. El equipo es más estable cuando los motores se colocan cerca del ventilador en un lugar bajo, lo que es crucial cuando se trabaja en campos inclinados o con pendiente. La facilidad de acceso es otra ventaja, mientras que el mayor riesgo de incendio es un inconveniente.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El lugar donde se realizó el estudio fue la planta de procesamiento de la empresa Wiracocha SAC del Perú, ubicado en el distrito de Mariscal Cáceres, provincia de Huamanga.

2.1.1. Ubicación política

Región : Ayacucho
Provincia : Huamanga
Distrito : Andrés Avelino Cáceres Dorregaray

2.1.2. Coordenadas geográficas

Latitud sur : 13°11'59.84"S
Longitud Oeste : 74°10'26.17"O
Altitud : 2750 msnm.

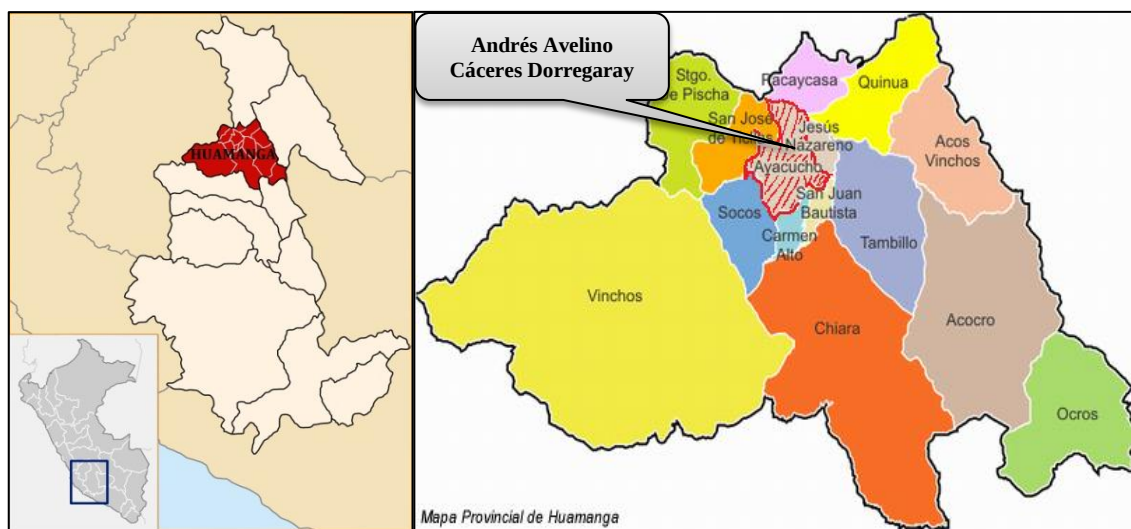


Figura 2.1. Mapa de la región de Ayacucho y provincia de Huamanga

2.2. CARACTERÍSTICAS DE LA REGIÓN AYACUCHO

Las características geográficas y topográficas de la región andina en general del país y específicamente de la región Ayacucho es accidentada, en este espacio territorial muchas comunidades disponen de pequeñas extensiones de parcelas de tierras con relieve no uniforme, siendo una limitación para la mecanización agrícola de los cultivos estacionales o perennes como el cultivo de quinua, cuya siembra se practican en parcelas pequeñas; por lo que el uso de cosechadoras combinadas autopropulsadas son técnicamente complejas, dado que su rendimiento y eficiencia de trabajo se reducen severamente bajo esas condiciones; siendo antieconómico la alta inversión que se requiere y el alto costo de operación de la máquina, cuyo costo oscila entre 120 a 200 mil dólares y para un periodo de trabajo de 2 a 3 meses durante el año (abril, mayo y junio) no siendo justificable los costos de inversión y operación.

2.2.1. Características agroecológicas de zonas productoras de quinua

a) Características climáticas

El ámbito del cultivo de quinua se caracteriza por dos épocas marcadas, una época seca de mayo a noviembre con temperaturas bajas en el invierno, y otra época de lluvias diciembre y abril con temperaturas ligeramente elevadas. Los siguientes aspectos de las condiciones climáticas están relacionados con la altitud y la ubicación geográfica de las localidades y regiones donde se cultiva la quinua:

- Las localidades de clima templado seco, entre 2280 y 3500 metros sobre el nivel del mar, tienen heladas ocasionales y temperaturas medias anuales entre 10 y 15 grados centígrados. También hay una precipitación media anual de 500 milímetros.
- Las localidades de clima frío situadas a una altitud de 3500 a 4000 metros suelen tener temperaturas de entre 8 y 11 grados centígrados, 785 milímetros de precipitación anual de media, heladas estacionales, aire translúcido y una fuerte radiación solar.

b) Características edáficas

El cultivo de la quinua se focaliza en las zonas media y alta de los distritos y provincias de la región Ayacucho, cuyos suelos son ligeramente profundos, franco arcilloso y franco con contenido medio de materia orgánica y ligeramente ácido a neutro con pH de 5.5 a 7.0.



Figura 2.2. Comunidades con potencial productivo de quinua en Ayacucho

2.2.2. Características económicas productivas

La agricultura es la principal actividad económica productiva de los pequeños agricultores de la región Ayacucho, siendo la ganadería una actividad complementaria; a pesar del crecimiento del sector agropecuario en el país, es el sector donde persiste y se mantiene con bajos niveles de productividad, producción y rentabilidad de la actividad agrícola y se encuentran excluidos con muchos problemas; en este sector se encuentra los productores de quinua.

El principal problema identificado en las zonas productoras de quinua, es el deficiente manejo de cosecha y post cosecha, debido a muchos factores como la parcelación de tierras, alto costo de máquinas trilladoras, baja capacidad económica para la compra de trilladoras, trillado tradicional de panojas, escasa mecanización en post cosecha y otros; mientras que los efectos se reflejan en baja calidad de granos, escaso empleo de mano de obra de familias, bajos ingresos económicos de productores, entre otros, con repercusiones en las bajas condiciones de vida de la población rural.

2.2.3. Características sociales

Ayacucho es una de las tres regiones más pobres del país, situación que afecta a las zonas rurales de la región, debido al escaso desarrollo de actividades productivas, la tenencia de propiedad de las tierras, el predominio del minifundio y la baja productividad de cultivos como la quinua.

Entre los años 80 y 90 imperó en la región de Ayacucho los problemas sociopolíticos, habiéndose destruido la infraestructura productiva del sector agrario y otros sectores así

como las prácticas comunitarias ancestrales del ámbito rural hasta aquel entonces, la migración forzada de pobladores a las ciudades como la capital de Ayacucho y otras ciudades de la costa; en cambio, las poblaciones que permanecieron en sus localidades deterioraron sus condiciones de vida, agravándose la pobreza y sobrevivencia con exclusión social y víctimas de la violencia.

Según la **Comisión de la Verdad y Reconciliación (2001)**, la violencia social y política que ocurrió entre los años 1980 a 1995 dejó secuelas muy profundas en la región de Ayacucho, que se reflejan en los indicadores de salud, educación, alimentación, vivienda, economía y otros. Posteriormente con la pacificación entre 1995 al 2000 con los programas sociales del retorno de desplazados con proyectos ejecutados por entidades privadas y estatales, se ha tratado de revertir la situación de pobreza de los productores campesinos de la región, que en forma progresiva se fueron incorporando a las actividades productivas en sus comunidades.

2.3. DEFINICIÓN DE LOS PRODUCTOS

2.3.1. Prototipo trilladora de quinua

El presente estudio trata del diseño, construcción y evaluación de un prototipo trilladora de quinua, habiéndose constituido en uno de productos potenciales de las comunidades de la región y forman parte de la cédula de cultivos de los agricultores así como uno de los productos básicos que intervienen en la canasta de alimentos de las familias campesinas de la región.

La cosecha y post cosecha de quinua es el cuello de botella más importante en la actividad productiva de la quinua; para ello, se requiere disponer de una trilladora prototipo que nos permita obtener el mayor rendimiento y eficiencia en la trilla de panojas y obtener granos de calidad de quinua que exige los mercados de consumo.



Figura 2.3. Trilladora prototipo de quinua

Fuente: Wiracocha SAC

2.3.2. Características biométricas de variedades de quinua

Tabla 2.1. Características biométricas de panojas y granos de tres variedades de quinua

Variedad	Forma o tipo	Panoja			Grano			Forma	Saponina
		Tamaño (cm)	Densidad	Color	Color perigonio	Color pericarpio	Tamaño (mm)		
Blanca de Junín	Amaran- tiforme	20 - 30	Semilaxa	Blanco o Blanco amarillo	Blanco	Blanco	1,8 - 2,2	Cilíndrico	Semi dulce
Negra Cccollana			Media	Amarillo	Ocre	Amarillo claro	2,0 - 2,3	Cilíndrico	Amargo
Roja asankalla	Glomerulada	25 - 30	Laxa	Rojo	Rojo	Gris/rojo	2,07	Cilíndrico	Dulce



Figura 2.4. Cosecha y venteado manual de quinua en Urpay, Acosvinchos



Figura 2.5. Trillado de panojas de quinua con caballos en Seccelambras



Figura 2.6. Venteado y zarandeo de quinua por mujeres en Acocro

2.4. NIVEL TECNOLÓGICO DE COSECHA Y POS COSECHA DE QUINUA

La cosecha de quinua en las zonas y localidades de producción se practica en forma tradicional con herramientas manuales (palos) o desgranado con el paso de un tractor agrícola o vehículos de transporte y el venteo manual en las eras preparadas en el suelo; siendo artesanal y antieconómica la actual tecnología practicada por los agricultores, obteniendo un producto de baja calidad comercial, dado que durante el trillado tradicional se incorporan muchos agentes contaminantes al producto.

2.4.1. Proceso actual de cosecha y post cosecha

El proceso productivo final de quinua es la cosecha y el éxito depende de esta actividad para obtener la esperada calidad comercial del grano; porque los pequeños productores

de la región practican la tecnología tradicional en la cosecha ya sea en forma manual o con pequeñas trilladoras estacionarias, que son desarrolladas en cinco etapas:

a) Siega

Es realizada en forma manual con hoces o segaderas cuando las plantas alcanzan la madurez fisiológica, siendo necesario conocer con exactitud el nivel de maduración de las panojas. Ésta no debe estar muy seca ya que se produce el derrame de granos; tampoco, debe estar muy húmeda, porque la máquina trilladora no facilita el desprendimiento de granos de la panoja, produciendo atascamientos y eliminación de granos junto a la panoja. El indicador que determina el momento óptimo para la cosecha de panojas de quinua, es cuando las plantas se han defoliado y presentan color amarillo pálido o los granos adquieren consistencia dura que resisten a la presión de las uñas de la mano.

b) Emparvado

Las panojas segadas a la madurez fisiológica, es necesario que éstas y el grano pierdan agua para el trillado; para ello, se realiza el emparvado o formación de arcos, que consiste en formar pequeños montículos con panojas, ordenándolas y colocándolas en forma de pilas alargadas o circulares en una sola dirección. Las plantas o panojas se mantienen en la parva por espacio de 7 a 15 días, hasta que alcancen la humedad adecuada para la trilla.

c) Trilla

Las panojas secas se trasladan de las parvas y se extienden sobre las mantas preparadas y se realiza el golpeteo o garroteo para el desprendimiento de los granos; esta actividad también se realiza con pasadas de un tractor agrícola en sitios especialmente acondicionados. Cuando se utiliza la trilladora estacionaria, se trasladan las panojas secas de la parva y se colocan en el mecanismo de entrada de la trilladora, para evitar el mayor esfuerzo de la máquina en cortar o triturar los tallos, que generalmente son duros y gruesos, por el alto contenido de lignina.

d) Venteado

Una vez trillados la broza y el grano, se dejan juntos. Aprovechando las corrientes de aire de la tarde, esta tarea consiste en separar el grano de la broza (fragmentos de tallos,

hojas, pedicelos, perigonio, inflorescencias y ramas cortas) para que el grano quede totalmente limpio. Los agricultores de las regiones donde se cultiva la quinua están familiarizados con los lugares donde se realiza esta labor; a menudo, se trata de elevaciones o montículos con fuertes corrientes de viento que les facilitan la separación del grano de la broza.

e) Limpieza de granos

Al ventilar manualmente los granos y utilizar las corrientes de aire naturales (viento), se eliminan los contaminantes (como hojas, perigonio, granos vacíos, trozos de tallos, semillas extrañas y otros), mientras que la selección de los granos se realiza con la ayuda de cribas o tamices operados manualmente. Los pequeños agricultores de subsistencia que producen principalmente para su propio consumo adoptan estas técnicas. Se aconseja modificar algunos mecanismos para ejecutar la selección y limpieza de los granos con una trilladora y clasificadora, debido a las dificultades para adquirir una máquina que limpie y clasifique los granos a nivel de campo o finca, y más aún a nivel de pequeños productores.

2.5. MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

2.5.1. Materiales

a) Materiales para trillado y venteo de quinua

- Panojas secas de quinua
- Costales para ensacado de granos

b) Materiales para la construcción

- Tubos de aluminio de 5/8" de diámetro
- Tubos de fierro de 3/8" de diámetro
- Hojas de sierra Stanley usados
- Alambre de temperatura N° 8
- Estoboles o prisioneros de 3x6"x2"
- Cable funda
- Lija de fierro N° 1
- Electrodo Cellocord de 3/16" de diámetro
- Abrazaderas de 1.5" – 2.5" de diámetro de expansión

2.5.2. Herramientas y equipos

- Martillo de 1,5 libras
- Comba de 4 libras
- Yunque
- Broca
- Roladora de perfiles
- Llaves exagonales
- Marcador de líneas
- Flexómetro o wincha
- Tornillo de banco de 3-4" de ancho
- Equipo de soldadura eléctrica
- Esmeril
- Torno eléctrico
- Taladro para broca de ½ de diámetro

2.6. PLANEAMIENTO DEL TRABAJO

2.6.1. Diagnóstico de mecanización de cosecha y post cosecha de quinua

a) Mecanización de cosecha y post cosecha de quinua

El diagnóstico realizado ha permitido conocer que la superficie cultivada de quinua en la región Ayacucho se ha incrementado significativamente en los últimos años, debido a la demanda creciente del producto en los mercados nacional e internacional; sin embargo, en las zonas rurales la disponibilidad de mano de obra para labores agrícolas es cada vez escasa y cara; asimismo, no se ha encontrado un prototipo trilladora que se fabrican y comercializan a nivel nacional, salvo las pequeñas trilladoras como el modelo Herrandina con bajo rendimiento y eficiencia en el procesamiento de cosecha. En Arequipa y Puno se encontró trilladoras del modelo Vencedora importadas de Brasil desde hace muchos años; en otros casos, en los talleres de metal mecánica se intentan copiar e innovar estos diseños y fabricar para atender la demanda de los agricultores; siendo muy pocos agricultores los que tienen acceso a las máquinas trilladoras estacionarias.

El crecimiento de exportación de quinua ha motivado a los productores y exportadores que necesitan con urgencia introducir nuevas máquinas trilladoras venteadoras para

mejorar la tecnología de cosecha; por lo que, la generación de tecnología para la cosecha debe ser la primera etapa para el desarrollo de la cadena productiva de quinua en la región Ayacucho y en la sierra del Perú; siendo necesario el desarrollo de un prototipo cosechadora de quinua (trilladora venteadora) para atender la demanda creciente de los agricultores; este prototipo debe tener un rendimiento en la cosecha de quinua igual o superior a 600 kg/hora y en lo posible una máquina auto desplazable para movilizarse por su propia locomoción.

b) Innovación en mecanización de cosecha y post cosecha de quinua

La cosecha de quinua es una actividad que demanda abundante mano de obra y esfuerzo físico tanto en tiempo como en condiciones ambientales adversas en que se realizan, debido al escaso desarrollo de máquinas cosechadoras, equipos y herramientas para realizar esta actividad de una manera práctica, cómoda y eficiente, existiendo la demanda de mecanización mediante el diseño de trilladoras, venteadoras y seleccionadoras, debiéndose tener especial consideración el tamaño pequeño de grano y las implicancias que genera su obtención, para su posterior consumo.

La innovación de la cosechadora prototipo en la cosecha de quinua, ha consistido en la observación y utilización de trilladoras venteadoras estacionarias, aunque la siega y transporte de panojas se realiza en forma manual; existiendo modelos de trilladoras de cereales que han sido adaptados para el trillado de panojas de quinua; sin embargo, se han generado prototipos específicos para quinua con bajo rendimiento y eficiencia no satisfactorias en el tiempo cuando se cosechan mayores extensiones cultivadas; en la innovación se la priorizado el diseño de una trilladora con mayor rendimiento en kg/hora con algunos dispositivos para su autodesplazamiento hacia las parcelas cultivadas con quinua y se adecuen a las condiciones topográficas de los pequeños agricultores de la región Ayacucho.

2.6.2. Diseño, construcción y evaluación de la trilladora

a) Diseño de la trilladora

Durante el diagnóstico realizado en las zonas productoras de la sierra central y sur del país (Huancayo, Lima, Arequipa, Puno, Cusco), se ha recopilado la información de las propuestas técnicas y las trilladoras prototipos existentes para los pequeños y medianos agricultores que emplean métodos y técnicas en la cosecha y post cosecha de quinua.



Figura 2.7. Trilladora HERRANDINA (Puno)



Figura 2.8. Trilladora venteadora MORITZ FRIEDRICH en Pedregal (Arequipa)



Figura 2.9. Trilladora taller FischerAgro, Lima



Figura 2.10. Trilladora INNOVAMAGRINI (Cusco)

El prototipo trilladora de quinua tuvo como base el diseño original de muchas trilladoras que son exhibidos por las empresas vendedoras y los agricultores de quinua y otros cereales, para elevar la eficiencia del trillado de panojas de quinua. Los modelos presentaban muchos defectos e irregularidades en sus componentes, baja eficiencia y rendimiento en el trillado de panojas, materiales como los fierros muy pesados, el desplazamiento a los campos de cultivo, entre otros; que progresivamente se fue corrigiendo los defectos con los respectivos diseños, dibujos y las pruebas realizadas en campo para superar los defectos y fallas que presentaba.

El diseño de la máquina trilladora propuesta se ha ajustado a las trilladoras convencionales en sus diferentes componentes. La trilladora propuesta contribuirá a los pequeños y medianos agricultores en disminuir los costos de producción de la cosecha y post cosecha, mejorando la calidad del producto cosechado y reducir significativamente el tiempo que se emplea en la cosecha de quinua.

b) Construcción de la trilladora

Para la construcción de la trilladora se procedió con la adquisición de los materiales necesarios, habiéndose ensamblado las partes estructurales, partes de transmisión de fuerza y movimiento, y las partes operativas de la trilladora así como el acoplamiento con la fuente motriz (motocultivadora).

c) Evaluación de la trilladora

En la evaluación de la trilladora se realizaron las pruebas de campo mediante el trillado de panojas, venteado y selección de granos de quinua para la validación del funcionamiento de sus componentes, habiéndose procedido con el rediseño y modificaciones durante el proceso constructivo, que se han repetido muchas veces el proceso hasta obtener el prototipo final esperado.

Luego de muchas pruebas y ajustes a la trilladora prototipo, se realizó la evaluación final en la misma planta de procesamiento de quinua de la Empresa Wiracocha SAC; para dicho objetivo, previamente se cosecharon y sometieron al pre secado de las panojas de tres variedades de quinua en tres parcelas de agricultores de la zona de Tambillo; luego estas panojas pre secadas se trasladaron en una camioneta, cuyas muestras por variedad fueron de 500 kg de panojas, que fueron sometidos a la trilla por la máquina trilladora, se evaluaron el rendimiento y eficiencia, cuyos resultados se reportan en el capítulo correspondiente. La difusión de resultados obtenidos del proyecto con la trilladora se realizó en talleres demostrativos y participativos con pequeños y medianos agricultores de quinua de la región.

d) Características principales de la trilladora prototipo

En la Tabla 2.2 se observa las características principales de la trilladora, siendo un prototipo estacionaria, chasis de acero perfilado, motor Diesel de cuatro tiempos, sistema de trilla tipo axial, sistema de ventilación tipo paletas, sistema de selección con juego de zarandas y sistema de desplazamiento con neumáticos con diferencial en el eje de transmisión.

Tabla 2.2. Componentes principales de la trilladora prototipo

Componente	Descripción de las características
Prototipo	Trilladora estacionaria
Chasis	De acero perfilado con soporte sobre dos ruedas de aro 15
Motor	Diesel de cuatro tiempos entre 15 a 20 HP de potencia
Sistema de trilla	Tipo axial
Sistema de ventilación	Tipo paletas
Sistema de selección	Juego de zarandas con movimiento de vaivén
Sistema de desplazamiento	Neumáticos con diferencial en el eje de transmisión

Fuente: Wiracocha SAC

2.6.3. Manejo de cosecha y poscosecha

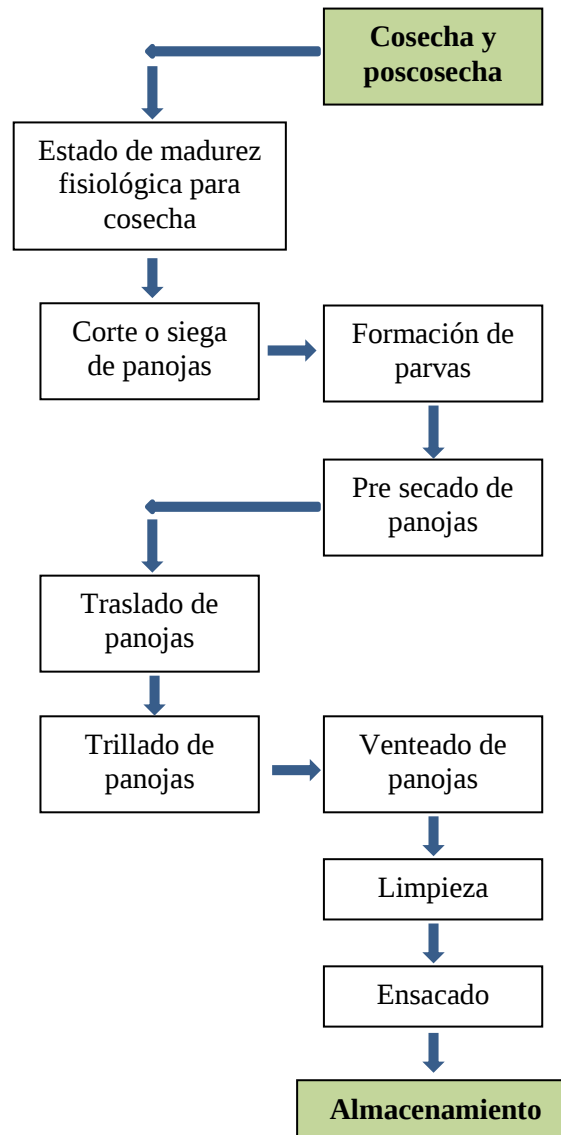


Figura 2.11. Flujograma de manejo cosecha y poscosecha de la quinua

2.7. PARÁMETROS DE EVALUACIÓN

2.7.1. Diseño y construcción de una trilladora prototipo desplazable

Se realizaron los dibujos y diseños del chasis, el cilindro trillador, las zarandas, los sistemas de ventilación, el sistema de desplazamiento, el sistema de trillado, el ensamblaje y las pruebas de los sistemas.

2.7.2. Evaluación de la eficiencia y rendimiento de una trilladora prototipo desplazable

Se evaluó la eficiencia y el rendimiento de la cantidad de panojas trilladas, el venteo y la limpieza de granos limpios por unidad de tiempo y el porcentaje de granos de las tres variedades de quinua.

2.7.3. Evaluación de calidad de granos procesados en tres variedades de quinua por la trilladora prototipo

Se evaluó la calidad de granos en las tres variedades de quinua expresado en porcentaje de pureza, impurezas, pérdidas, granos partidos y granulometría.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA TRILLADORA

Para el diseño y construcción de la trilladora prototipo de quinua se ha tomado en cuenta los siguientes factores:

- La trilladora debe tener una capacidad de trillado de panojas de quinua (cosecha) superior a los modelos tradicionales, con un rango de 500 a 600 kg/hora.
- La trilladora debe ser autodesplazable, para ello se acondicionó una motocultivadora de 18 HP de potencia, que debe acoplarse a la trilladora a través de una barra de tiro.
- El sistema de trilla de tipo axial, que consiste en un cilindro que es un tambor según la capacidad de la trilladora que gire a velocidades periféricas variables.
- La zaranda constituida de una estructura metálica en forma de una mesa con pequeños escalones y aletas longitudinales con movimiento alternante.
- El sistema de ventilación adaptado del tipo convencional de paletas, en vista que el tipo turbina no funcionó eficientemente en las pruebas preliminares.

3.1.1. Diseño y adecuación de piezas de la trilladora

a) Cilindro trillador

Un cilindro con paletas para el corte de las panojas gruesas de quinua y cóncavo para la trilla según el diseño, cuyas dimensiones son: diámetro de cilindro 490.8 mm y ancho de cilindro 1200 mm.

El cilindro de la cosechadora es un tambor giratorio con una capacidad de 550 a 650 kg por hora que gira a diferentes velocidades periféricas. La anchura es importante, ya que afecta a la capacidad de la cosechadora. La velocidad es de 920 rpm. Cuando se trillan granos grandes y fáciles de separar o granos muy quebradizos, se utiliza la velocidad más rápida, mientras que cuando se trillan granos pequeños y difíciles de separar, se utiliza la velocidad más lenta.

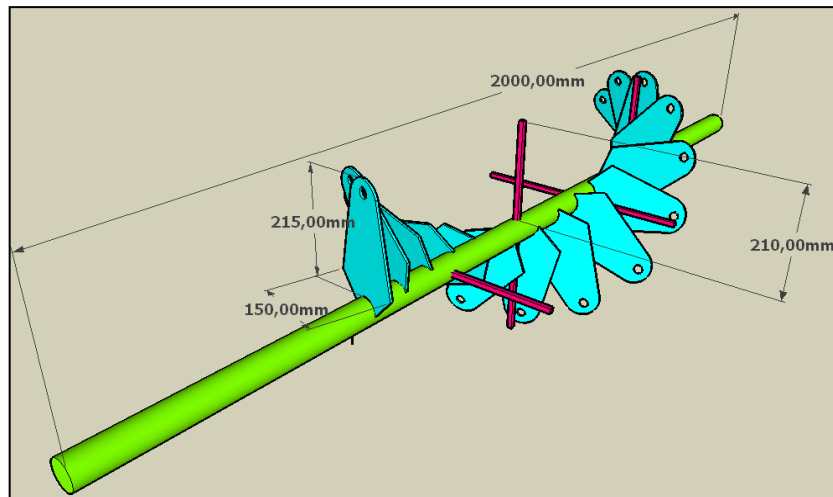


Figura 3.1. Diseño de la barra con paletas de corte

Fuente Wiracocha SAC

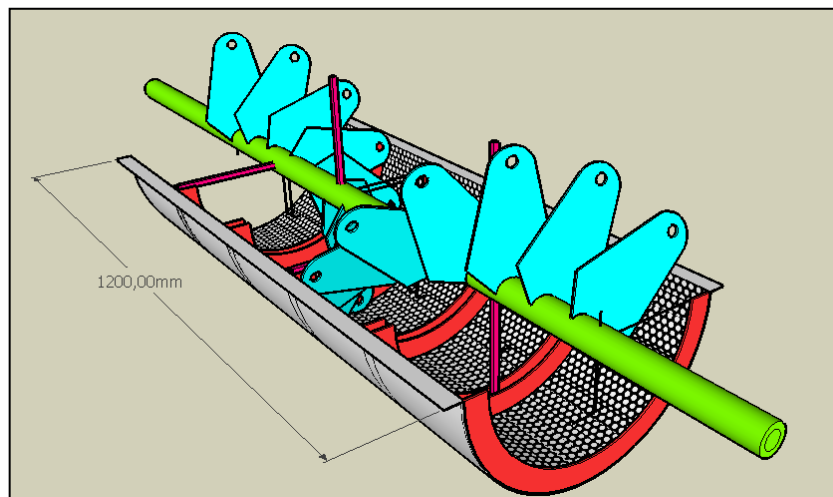


Figura 3.2. Cilindro con deflectores y paletas de corte

Fuente: Wiracocha SAC)

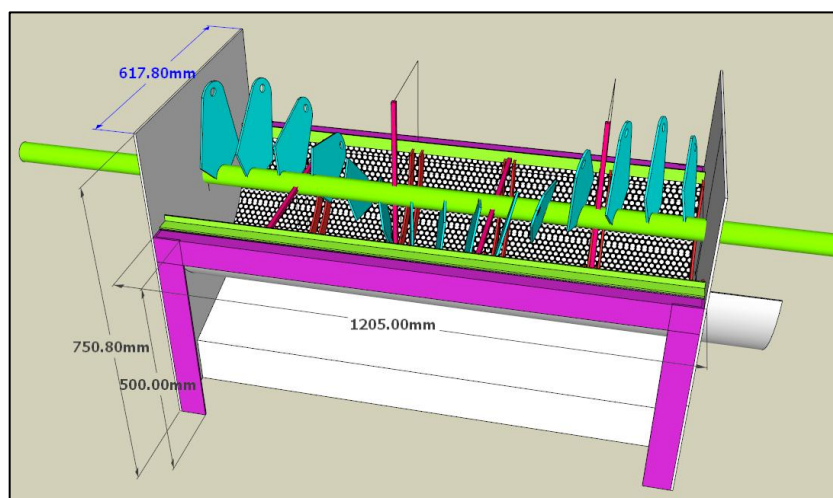


Figura 3.3. Cilindro trillador con sistema de soporte

Fuente: Wiracocha SAC

b) Zaranda

La criba o zaranda es un dispositivo metálico en forma de mesa con diminutos escalones y aletas longitudinales que levantan y dividen el material a medida que un movimiento oscilante lo hace caer en la primera criba. Durante esta operación, el grano molido más pesado se desplaza por la parte inferior del plano, mientras que la paja molido más ligera lo hace por la parte superior. Están suspendidos en colgantes por debajo del bastidor principal y tienen movimientos alternativos hacia delante y hacia atrás. Con golpes de cepillo de 210 RPM, el tamiz perforado con agujeros de 9, 4 y 2 mm se agita y migra hacia la salida de la trilladora. Las medidas son 1500 mm de longitud y 990 mm de anchura.

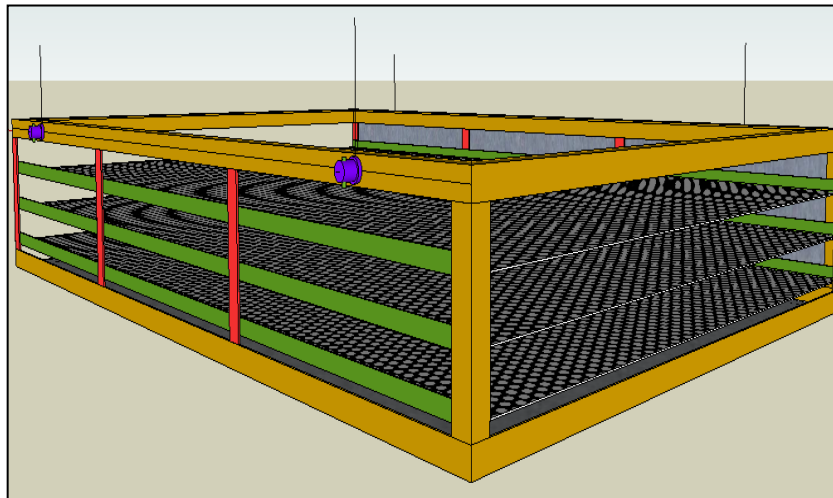


Figura 3.4. Tres planchas de zarandas perforada

Fuente: Wiracocha SAC

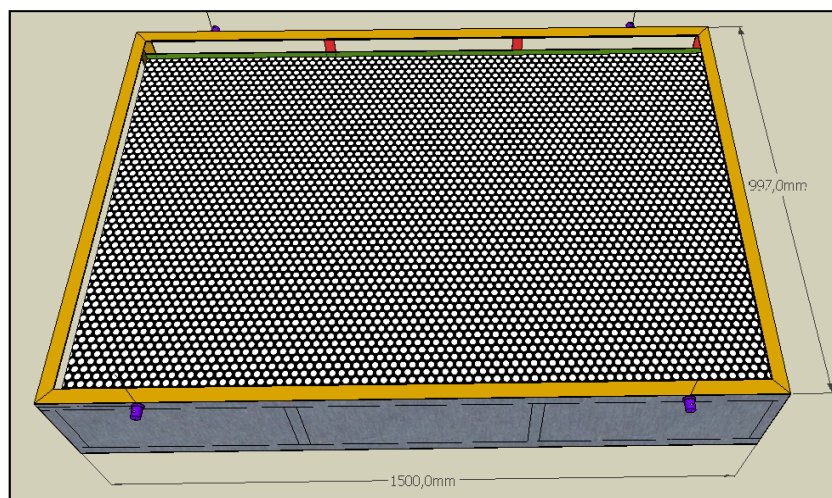


Figura 3.5. Zaranda y sus respectivas dimensiones

Fuente: Wiracocha SAC

c) Sistema de ventilación

El ventilador genera la corriente de aire que se encarga de eliminar los materiales livianos por la cola de la máquina. En la mayoría de cosechadoras se encuentra ubicado debajo del plano recuperador. Está formado por 5 a 8 paletas que giran entre 500 a 1500 rpm reguladas mediante juegos de poleas de diámetro variable reguladas.

El ventilador con 900 rpm se encarga de separar los granos de la broza de tal forma que se obtiene granos limpios libre de impurezas para la comercialización en los mercados nacional e internacional.

- Ventilador para el grano

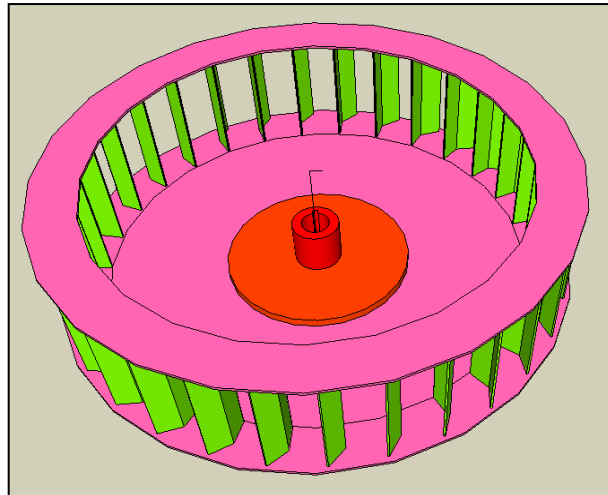


Figura 3.6. Palas de la turbina

Fuente: Wiracocha SAC

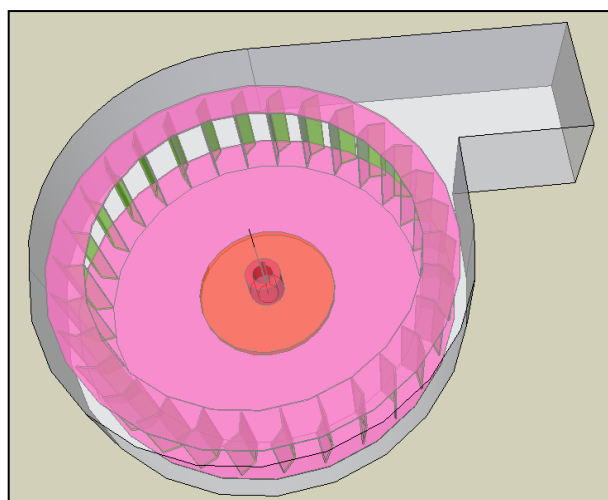


Figura 3.7. Carcasa del ventilador

Fuente: Wiracocha SAC

- **Ventilador para la broza**

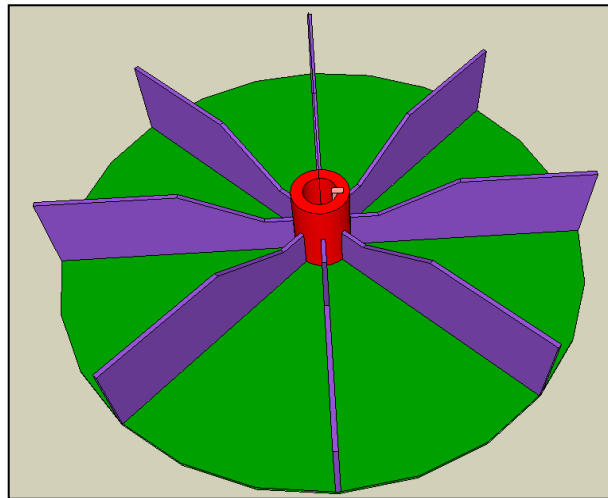


Figura 3.8. Palas del ventilador

Fuente: Wiracocha SAC

d) Sistema de desplazamiento

El sistema de desplazamiento se adecúa a la realidad geográfica de Ayacucho, ya que las zonas productoras de quinua presentan topografía accidentada y el tamaño de parcelas son pequeñas extensiones en casi todas las comunidades.

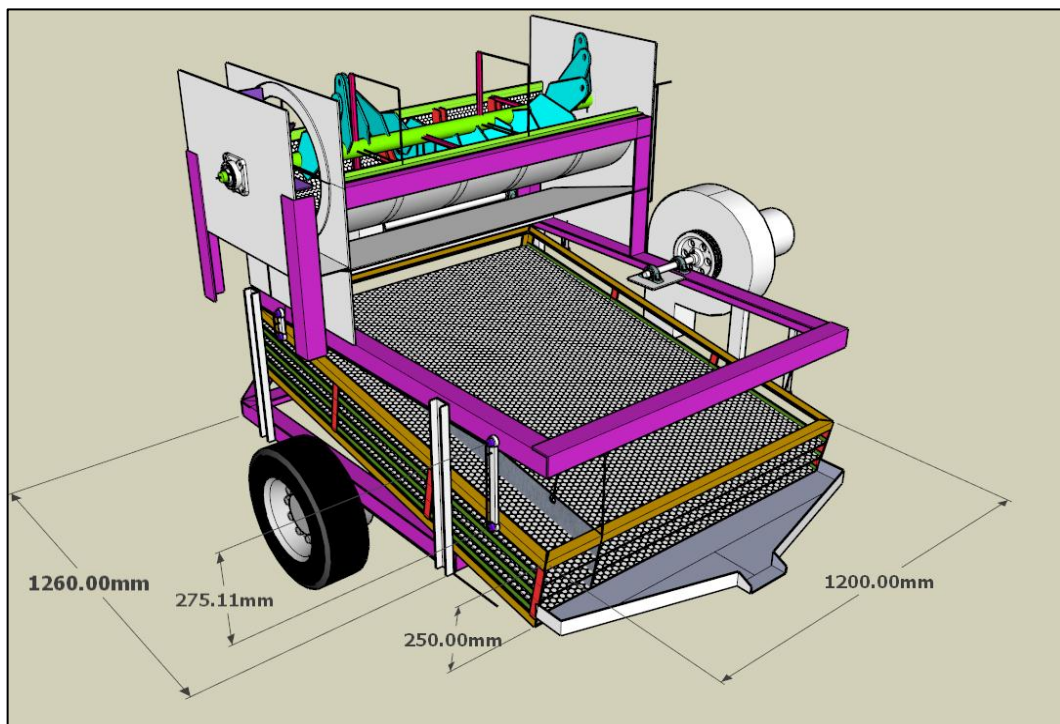


Figura 3.9. Máquina trilladora de quinua

Fuente: Wiracocha SAC

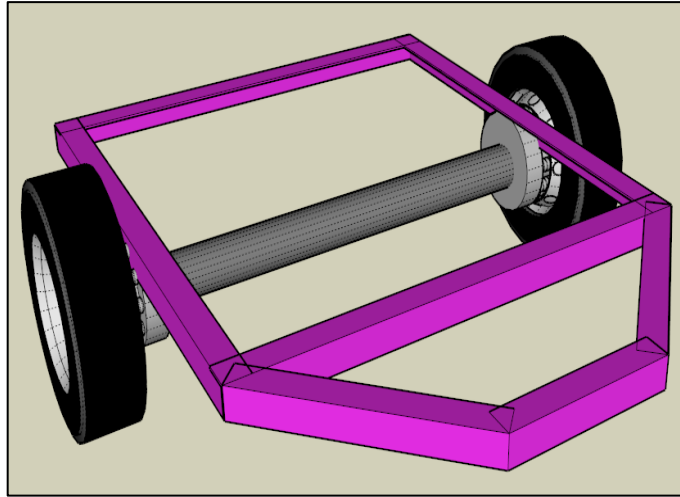


Figura 3.10. Neumáticos con el chasis de la máquina trilladora

Fuente: Wiracocha SAC

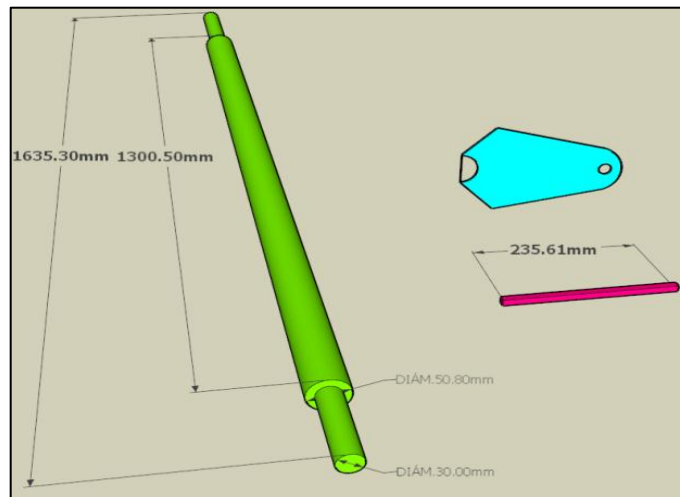


Figura 3.11. Barra circular del eje central del cilindro

Fuente: Wiracocha SAC

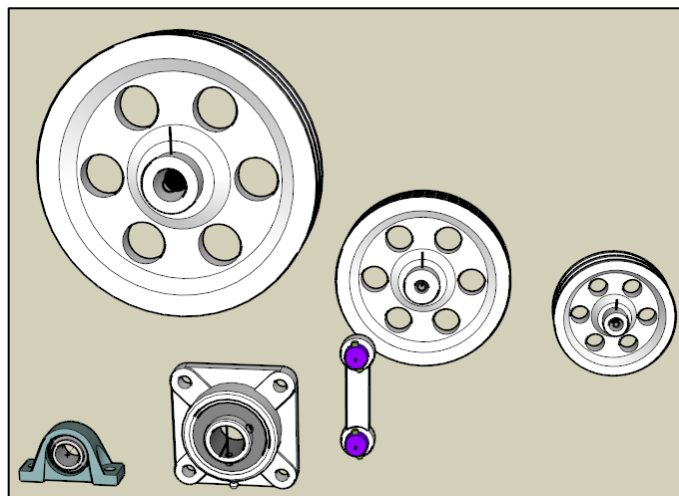


Figura 3.12. Accesorios de movimiento: poleas y chumaceras

Fuente: Wiracocha SAC

3.1.2. Construcción de la trilladora

Tabla 3.1. Materiales utilizados en la construcción de la trilladora

Parte	Materiales	Unid	Metrado	Cant	Parcial	Total	Unid
Cilindro trillador	Barra redonda $\phi 2"$	mm	1600	1	1600	1.60	m
	Placas trilladora plancha 240x150x5mm	mm2	36000	15	540000	0.54	m2
	Barra cuadrada 3/8"	mm	210	8	1680	1.68	m
	Plancha laterales plancha 620 x 505 x 5mm	mm2	313100	2	626200	0.63	m2
	Plancha laterales plancha 750 x 505 x 5mm	mm2	378750	2	757500	0.76	m2
	Plancha laterales plancha 620 x 505 x 5mm	mm2	313100	2	626200	0.63	m2
	Plancha de 1840 x200 x 3mm	mm2	368000	1	368000	0.37	m2
Plancha trilladora	Plancha de 830 x1200 x2 mm	mm2	996000	1	996000	1.00	m2
	Plancha perforada 15mm 835x1200x2mm inox	mm2	1002000	1	1002000	1.00	m2
	Plancha deflectoras 490x250x5mm inox	mm2	122500	9	1102500	1.10	m2
	Platinas 1" x 3mm	mm	190	6	1140	1.14	m
	Platina 1" x 3 mm	mm	1140	1	1140	1.14	m
	Angulos estructurales 3/4" x 3/4" x 3/32"	mm	1500	6	9000	9	m
	Angulos estructurales 1 1/2"x1 1/2 x 3/32"	P	1500	4	6000	6	m
Zaranda	Angulos estructurales 1 1/2"x1 1/2 x 3/32"	mm	1000	3	3000	3	m
	Angulos estructurales 1 1/2"x1 1/2 x 3/32"	mm	235	2	470	0.47	m
	Plancha perforada 10 mm 1190 x 1500 x 2 mm	mm2	1785000	1	1785000	1.785	m2
	Plancha perforada 5 mm 1190 x 1500 x 2 mm	mm2	1785000	1	1785000	1.785	m2
	Plancha perforada 2 mm 1190 x 1500 x 2 mm	mm2	1785000	1	1785000	1.785	m2
	Plancha 1190 x 1500 x 1 mm	mm2	1785000	3	5355000	5.355	m2
	Plancha 1500 x 255 x 1mm	mm2	382500	4	1530000	1.53	m2
Ejes móviles de la zaranda	Plancha 1500 x 1200 x 1 mm	mm2	1800000	2	3600000	3.6	m2
	Barra redondo $\phi 1"$	mm	25	32	800	0.8	m
	Angulos estructurales 2 1/2" x 2 1/2"x 3/16"	mm	1480	2	2960	2.96	m
	Angulos estructurales 2 1/2" x 2 1/2"x 3/16"	mm	1200	1	1200	1.2	m
	Angulos estructurales 2 1/2" x 2 1/2"x 3/16"	mm	500	4	2000	2	m
	Canales u 2" x 2.58mm	mm	585	4	2340	2.34	m
	Plancha 1205 x 500 x 2mm	mm2	602500	1	602500	0.6025	m2
Estructura general	Plancha 1205 x 120 x 2mm	mm2	144600	1	144600	144.6	m2
	Toma de fuerza Barra redonda $\phi 1 1/2"$	mm	1020	1	1020	1.02	m
	Chasis base Angulos estructurales 2 1/2" x 2 1/2"x 3/16"	mm	6452	2	12904	12.904	m
	Tubo redondo 3" sch-40	mm	1500	1	1500	1.5	m
	Remolque Elásticos (muelles de tres fases)	Und	2	1	2	2	Und
	Cilindros hidráulicos (amortiguadores)12"	Und	2	1	2	2	Und
	Ruedas con aro 20	Und	2	1	2	2	Und
Partes móviles	Chumaceras tipo puente puente	Und	1	6	6	6	Und
	Chumaceras tipo brida	Und	1	2	2	2	Und
	Polea de 12"	Und	1	2	2	2	Und
	Polea de 6"	Und	1	5	5	5	Und
	Fajas trapezoidales 3/4" x 600mm	Und	1	8	8	8	Und
	Tornillo autoperforante 1"	Und	1	100	100	100	Und
	Tornillo autoperforante 1/2"	Und	1	100	100	100	Und
Tolva	Pernos con tuerca de 3/8"	Und	1	150	150	150	Und
	Abrazaderas de 4"	Und	4	1	4	4	Und
	Tubo corrugado flexible 4"x 2000 mm	mm	2000	1	2000	2	m
	Plancha 1300 x 1650 x 2 mm	mm2	2145000	1	2145000	2145	m2
	Faros laterales para remolque	Und	1	4	4	4	Und
	Cable AWG 14	Rollo	1	1	1	1	Rollo
	Cable AWG 12	Rollo	1	1	1	1	Rollo
Accesorios eléctricos	Pulsadores	Und	1	4	4	4	Und
	Contactores	Und	1	3	3	3	Und
	Luces direccionales	Und	1	2	2	2	Und
	Llave francesa 4, 6, 10, 12	Und	1	4	4	4	Und
	Herramientas de mantenimiento Destornilladores	Und	1	1	1	1	Und
	Alicate	Und	1	2	2	2	Und

Fuente: Wiracocha SAC

a) Sistema de desplazamiento

El sistema de desplazamiento que a su vez constituye la estructura de soporte de la máquina en general, sirve para el desplazamiento hacia el campo de cultivo de quinua, donde se realiza actividades de la cosecha y poscosecha. Los componentes son:

- Columpio oscilante del paquete de muelle
- Paquete de ballesta
- Abrazadera de paquete de ballesta
- Cubierta o tapa de diferencial
- Amortiguador
- Funda de eje posterior
- Neumático

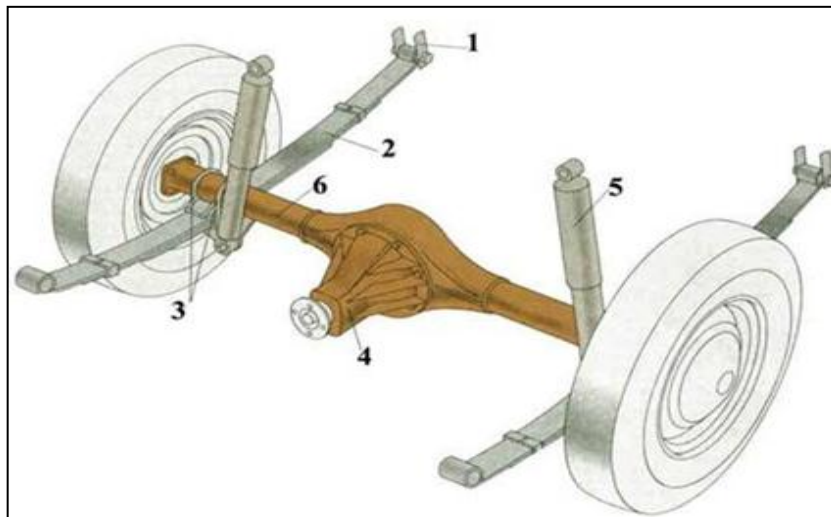


Figura 3.13. Soporte y suspensión

Fuente: Wiracocha SAC

La estructura de soporte y desplazamiento se ha acoplado al chasis y las modificaciones en las barras de soporte han permitido tener un acople íntegro al motocultor para que esta pueda transferir la energía requerida para el desplazamiento del prototipo.

b) Sistema de trillado

El sistema de trillado comprende los siguientes componentes:

- Cilindro trillador
- Sistema de zarandas
- Sistema de venteo



Figura 3.14. Sistema de trillado acoplado al motocultor

Fuente: Wiracocha SAC

El motocultor constituye la fuente de energía mecánica para la operación de tres sistemas del proceso de trillado; dotándole de fuerza y movimiento requerido a través de un motor diésel de 20 HP de potencia, el mismo que es transferida a través de una faja de lona a todo el conjunto de transmisión de la máquina trilladora.

c) Ensamblaje y prueba de los sistemas



Figura 3.15. Ensamblaje de componentes de la trilladora

Fuente: Wiracocha SAC



Figura 3.16. Primera prueba de trillado de panojas quinua

Fuente: Wiracocha SAC



Figura 3.17. Correcciones y ajustes en el ensamble

Fuente: Wiracocha SAC



Figura 3.18. Segunda prueba de trilladora mejorado

Fuente: Wiracocha SAC

3.2. EVALUACIÓN DE EFICIENCIA Y RENDIMIENTO DE LA TRILLADORA

Tabla 3.2. Rendimiento de la trilladora prototipo durante el trillado, venteado y limpieza de granos de tres variedades de quinua

Variedad	Rdto (kg/carga)	Rdto en grano (kg/hr)	Rdto en grano (kg/hr)	N° de malla			% de impureza y pérdida
				>1.7	>1.4	<1.2	
Blanca de Junín	238	420 - 510	465	48.05%	47.90%	2.60%	1.52 %
Roja Pasankalla	169	440 - 535	487	9.97%	67.50%	20.65%	1.88 %
Negra Ccollana	255	422 - 516	468	64.37%	32.6%	1.55%	1.48 %

En la Tabla 3.2 se observa el rendimiento del prototipo trilladora durante el trillado, venteado y limpieza de granos en tres variedades de quinua, con la Blanca de Junín se carga entre 214 a 260 kg con un promedio de 238 kg/hora de panojas que se procesa con rendimiento que varía entre 420 a 510 kg/hora y con un promedio en grano limpio de 465 kg/hora, con porcentajes de 48.05 %, 47.90% y 2.60% de granos con tamices mayor de 1.7, 1.4 y menor de 1.2, respectivamente, y con 1.52% de impurezas y pérdidas. Asimismo, con la Roja Pasankalla se carga entre 153 y 186 kg con un promedio de 169 kg/hora de panojas que se procesa con rendimiento que varía entre 440 a 535 kg/hora y con un promedio en grano limpio de 487 kg/hora, con porcentajes de 9.97%, 67.50% y 20.65% de granos con tamices mayor de 1.7 y 1.4, y menor de 1.2, respectivamente, y con 1.88 % de impurezas y pérdidas. De igual manera, con la Negra Ccollana se carga entre 229 y 280 kg de panojas con un promedio de 255 kg/hora de panojas con rendimiento que varía entre 422 y 516 kg/hora y con un promedio en grano limpio de 468 kg/hora, con porcentajes de 64.37 %, 32.6% y 1.55% de granos con tamices mayor de 1.7, 1.4 y menor de 1.2, respectivamente, y con 1.55% de impurezas y pérdidas.

El INIAP (2011) señala que la trilla mejorada es el uso de trilladoras de tipo estacionario junto con la siega manual; también muestra que muchos modelos de trilladoras de cereales se han puesto a prueba y han tenido cierto grado de éxito. Con algunas modificaciones, como la reducción del flujo de aire en el ventilador y la adición de más rejillas en los sistemas de salida del grano para lograr una menor concentración de contaminantes en el grano, las trilladoras de cereales como el trigo o la cebada han dado buenos resultados cuando se han utilizado para trillar la quinua. También

menciona que si la extensión es de 1 a 3 hectáreas, la siega manual y trilla con maquinarias estacionarias es la más aceptable, pero si la extensión es más de 3 hectáreas, entonces la cosecha mecanizada con una combinada será la mejor alternativa.



Blanca de Junín



Roja Pasankalla



Negra Ccollana

Figura 3.19. Variedades de quinua más producidas en la región Ayacucho

Fuente: Wiracocha SAC



Figura 3.20. Evaluación de eficiencia de la trilladora

Fuente: Wiracocha SAC



Figura 3.21. Rendimiento de la trilladora

Fuente: Wiracocha SAC



Figura 3.22. Evaluación de trilladora de panoja Roja Pasankalla

Fuente: Wiracocha SAC



Figura 3.23. Evaluación de trilladora de panoja Blanca de Junín

Fuente: Wiracocha SAC

Tabla 3.3. Pruebas de evaluación del prototipo trilladora en tres variedades de quinua con dos grado de madurez

Variedad	Lugar de operación	Humedad de grano (%)	Grado de madurez de grano	Nº de cargas de panojas	Carga de panojas (kg)	Total carga (kg/hr)
Blanca de Junín						
Operación	Planta	11 %	Comercial	6	214	1286
Rendimiento	Campo	14 %	Fisiológica	6	260	1562
Calidad	Campo	14 %	Fisiológica	6	238	1428
Roja Pasankalla						
Operación	Planta	11 %	Comercial	6	153	918
Rendimiento	Campo	14 %	Fisiológica	6	186	1116
Calidad	Campo	14 %	Fisiológica	6	169	1017
Negra Ccollana						
Operación	Planta	11 %	Comercial	6	229	1375
Rendimiento	Campo	14 %	Fisiológica	6	280	1680
Calidad	Campo	14 %	Fisiológica	6	255	1528

En la Tabla 3.3 se reporta la evaluación del rendimiento del prototipo trilladora en tres variedades de quinua con dos grados de madurez comercial (11% de humedad) y fisiológica (14% de humedad), con la Blanca de Junín se realizó la operación en la planta de procesamiento de la empresa con 11% de humedad y madurez comercial de granos con 214 kg por carga y con carga total de 1286 kg/hora de trillado de panojas; asimismo, el rendimiento y la calidad se realizó la operación en campo con 14% de humedad y madurez fisiológica de granos, con 260 kg y 238 kg por carga y de 1562 kg/hora y 1428 kg/hora de carga total trillado de panojas, respectivamente. En cambio, con la Roja Pasankalla se realizó la operación en la planta de la empresa con 11% de humedad y madurez comercial de granos con 153 kg por carga y una carga total de 918 kg/hora de trillado de panojas; de igual manera, se realizó la evaluación del rendimiento y calidad de quinua en campo con 14% de humedad y madurez fisiológica de granos, con 186 kg y 169 kg por carga de panojas y de 1116 kg/hora y 1017 kg/hora de carga total trillado de panojas, respectivamente. Mientras que con la Roja Ccollana la operación se realizó en la planta de la empresa con 11% de humedad y madurez comercial de granos con 229 kg por carga y una carga total de 1375 kg/hora de trillado de panojas; asimismo, la evaluación del rendimiento y calidad se realizó la operación en campo con 14% de humedad y madurez fisiológica de granos, con 280 kg y 255 kg de panojas por carga y de 1680 kg/hora y 1528 kg/hora de carga total trillado de panojas, respectivamente.

En el trillado mecanizado de panojas se ha alcanzado de alguna manera la eficiencia que se requería en el triturado y corte de panojas por las cuchillas y con ligero atascado cuando se sobresaatura con panojas durante el flujo de alimentación a través de la tolva de entrada; asimismo, en el venteado y eliminación de broza se ha observado que existe la separación de los materiales, siendo el venteado eficiente por la circulación de aire para la eliminación de la broza y la separación de granos entre las zarandas; finalmente, el rendimiento en grano limpio y entero es variable en las tres variedades de quinua.

Existe un conjunto de variables que no ha permitido obtener la mayor eficiencia posible con la trilladora para obtener el mayor volumen de carga de panojas así como tampoco la obtención de grano limpio y entero posible; entre estos factores es el flujo de alimentación por la tolva elevado en la trilladora que genera cansancio en los operarios, el contenido de humedad de panojas asociado con el estado de madurez de las mismas que no facilita el trillado rápido tampoco la separación de granos de la broza, el tamaño variable de panojas que en muchos casos los tallos son gruesos y genera ciertos atascamiento en las cuchillas, el llenado de granos en las panojas con granos vanos o chupados que genera polvillo, la variedad de quinua cuyas panojas en algunas son ramosas y otros son compactos, el cansancio de los operarios, el polvillo que genera y libera al aire durante el trillado de panojas y es mayor cuando están secos por el bajo contenido de humedad, lo que no facilita adecuadamente la operación durante el flujo de alimentación a la máquina, entre otros.

3.3. EVALUACIÓN DE CALIDAD DE GRANO PROCESADO

Tabla 3.4. Evaluación de calidad de granos procesada en tres variedades de quinua

Variedad	Tamaño de grano (mm)	Color de grano	% de pureza	% de impureza	% de pérdida	% de granos partidos	Granulometría
Blanca de Junín	1.7 - 2.0	Blanco c.	98.80%	0.92%	0.60%	0.0%	1.4
Roja Pasankalla	2.0 - 2.4	Rojo	98.12%	1.12%	0.76%	0.0%	1.6
Negra Ccollana	1.7 - 2.0	Negro	98.52%	0.87%	0.61%	0.0%	1.4

En la Tabla 3.4 se muestra la calidad de granos de quinua procesada en las tres variedades, la Blanca de Junín con tamaño de grano que varía entre 1.7 y 2.0 mm, color blanco cremoso, con porcentajes de pureza, impurezas y pérdidas de 98.80%, 0.92% y 0.60%, respectivamente, 0.0% de granos partidos y 1.4 de granulometría; la Roja

Pasankalla con tamaño de grano variable entre 2.0 y 2.4 mm, color rojo, con porcentajes de pureza, impurezas y pérdidas con 98.12%, 1.12% y 0.76%, respectivamente, 0.0 % de granos partidos y 1.6 de granulometría; la Negra Ccollana con tamaño de grano que varía entre 1.7 y 2.0 mm, color negro, con porcentajes de pureza, impurezas y pérdidas con 98.52%, 0.87% y 0.61%, respectivamente, 0.0% de granos partidos y 1.4 de granulometría.

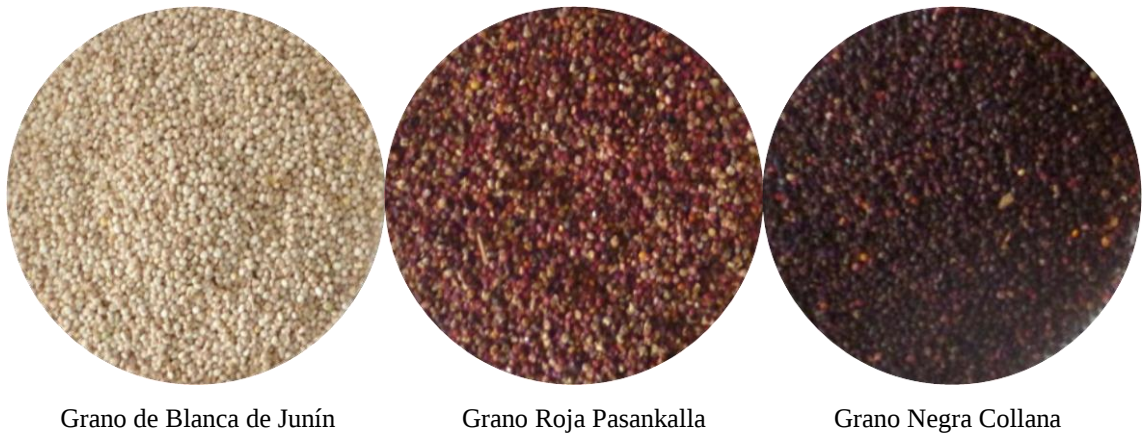


Figura 3.24. Granos de quinua más producidas en la región Ayacucho

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados y discusión realizados en el presente trabajo de investigación, se ha arribado a las siguientes conclusiones:

1. Se ha diseñado y construido una trilladora prototipo desplazable para la cosecha y post cosecha de quinua, cuyos componentes son un cilindro trillador, una zaranda, los ejes movibles de zaranda, un chasis base, un sistema de ventilación, un sistema de desplazamiento y partes movibles, habiéndose ensamblado con estos componentes y realizado las pruebas correspondientes para los cambios de piezas, ajustes de las partes y correcciones para lograr la mayor eficiencia durante la operación de la trilladora.
2. Se ha evaluado la eficiencia y rendimiento de la trilladora prototipo durante el trillado de panojas y venteo de granos de quinua, habiéndose reducido significativamente los tiempos en el proceso post cosecha de tres variedades; la Blanca de Junín se cargó y procesó en promedio 238 kg de panojas con rendimiento promedio en grano limpio de 465 kg/hora; la Roja Pasankalla se cargó y procesó en promedio 169 kg de panojas con rendimiento promedio en grano limpio de 487 kg/hora; la Negra Ccollana se cargó y procesó en promedio 255 kg de panojas con rendimiento promedio en grano limpio de 468 kg/hora. Asimismo, se evaluó la trilladora con grados de madurez comercial (11% de humedad) y fisiológica (14% de humedad) de granos de quinua; con Blanca de Junín se operó en la planta de procesamiento de la empresa, en la madurez comercial con 214 kg por carga de panojas y carga total de 1286 kg/hora de panojas trillado; el rendimiento y la calidad se opera en campo en la madurez fisiológica con 260 y 238 kg por carga, y de 1562 y 1428 kg/hora de carga total trillado de panojas, respectivamente. Con Roja Pasankalla se opera en la planta, en la madurez comercial con 153 kg por carga y carga total de 918 kg/hora de panojas trillado; el rendimiento y calidad se

opera en campo en la madurez fisiológica con 186 y 169 kg por carga de panojas, y de 1116 y 1017 kg/hora de carga total de panojas trillado. Con Negra Ccollana se opera en taller en la madurez comercial con 229 kg por carga y carga total de 1375 kg/hora de panojas trillado; el rendimiento y la calidad se opera en campo en la madurez fisiológica, con 280 y 255 kg de panojas por carga, y de 1680 y 1528 kg/hora de carga total de panojas trillado, respectivamente.

3. En calidad de granos de quinua procesada en tres variedades, la Blanca de Junín presenta tamaño de grano entre 1.7 y 2.0 mm, color blanco cremoso, con pureza, impurezas y pérdidas de 98.80%, 0.92% y 0.60%, respectivamente, 0% de granos partidos y 1.4 de granulometría; la Roja Pasankalla con tamaño de grano entre 2.0 y 2.4 mm, color rojo, pureza, impurezas y pérdidas de 98.12%, 1.12% y 0.76%, respectivamente, 0% de granos partidos y 1.6 de granulometría; la Negra Ccollana con tamaño de grano entre 1.7 y 2.0 mm, color negro, con pureza, impurezas y pérdidas de 98.52%, 0.87% y 0.61%, respectivamente, 0% de granos partidos y 1.4 de granulometría.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda la mecanización de cosecha y post cosecha de quinua con el empleo de la trilladora prototipo para sustituir la tecnología tradicional, reduciendo los tiempos y bajando los costos de los procesos para mejorar la competitividad de los productores de quinua.
- Replicar la trilladora prototipo para masificar la tecnología entre los productores de quinua en la región Ayacucho, por las exigencias en manejo de cosecha y post cosecha y mejora de ingresos económicos que obtienen las familias productoras.
- Las entidades públicas y privadas deben promover y transferir la tecnología productiva para la mejora de la calidad de la quinua procesada para su comercialización en los mercados más exigentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar N. (1981). Origen y evaluación de la quinua. U.N.A. Lima – Perú.
- Apaza, V. y Delgado, P. (2005). Manejo y Mejoramiento de la Quinua Orgánica. Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria. Puno, Perú.
- Apaza, V. (2005). Manejo y mejoramiento de quinua orgánica. Serie Manual N°. 01-2005. Estación Experimental Agraria Illpa. Puno.
- Comisión de la Verdad y Reconciliación. (2001). La violencia social y Política en el Perú. Informe final. Lima, Perú.
- FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2013). Plan de acción mundial para la conservación y utilización sostenible de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. Roma.
- INIAP Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (2011). Manual de Producción de quinua de calidad en el Ecuador. Quito.
- León, J. (2003). Plantas alimenticias andinas. IICA. Boletín técnico N° 6. Lima - Perú.
- MINAGRI. (2017). La Quinua: Producción y Comercio del Perú. Perfil Técnico N° 02. Lima.
- Mujica, A. (1994). Cultivo de Quinua. INIA-TTA. Serie Manual 11-93. Lima, Perú. 130p.
- Mujica, A. (2008). Parámetros genéticos e índices de selección en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Tesis Ph. D. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 158 p.
- Rodríguez D., Mujica A. y otros. (2006). Producción de quinua de calidad. Estación Experimental Illpa – Puno. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Puno.
- Solid Perú. (2010). Tecnología productiva de quinua. Proyecto integral de quinua Ayacucho.
- Tapia, M. (1979). La quinua y la cañiwa. Cultivos andinos. Editorial IICA. Bogotá.
- Zevallos, D. (1984). Manual de Horticultura para el Perú. Edit. Manfer. S.A. Barcelona, España.

ANEXOS

ANEXO 1.

Cultivo de la quinua en parcelas de productores



Foto 1. Parcelas con quinua en crecimiento y desarrollo en Urpay, Acosvinchos



Foto 2. Parcelas con quinua en crecimiento y desarrollo en Urpay, Acosvinchos



Foto 3. Parcelas de quinua en estado madurez fisiológica en Seccelambras, Acocro



Foto 4. Parcelas de quinua en estado madurez fisiológica en Seccelambras, Acocro



Foto 5. Panojas de quinua en estado de madurez comercial en Tambobamba, Acro



Foto 6. Panojas de quinua en estado de madurez comercial en Tambobamba, Acro

ANEXO 2.

Trillado y venteado tradicional de quinua por productores



Foto 7. Trillado tradicional de quinua con palo en Velasque - Tambillo



Foto 8. Trillado tradicional de quinua con acémila en Velasque - Tambillo



Foto 9. Venteo tradicional de quinua con recipientes domésticos en Tintay, Tambillo



Foto10. Venteo tradicional de quinua con recipientes domésticos en Tintay, Tambillo

ANEXO 3.

Trilladoras prototipo con baja eficiencia y rendimiento



Foto 11. Trilladoras prototipo con baja eficiencia y rendimiento en trillado de quinua



Foto 12. Trilladoras prototipo con baja eficiencia y rendimiento en trillado de quinua

ANEXO 4.

Prototipo trilladora de quinua Wiracocha SAC del Perú



Foto 13. Pruebas preliminares de eficiencia y rendimiento de la trilladora prototipo



Foto 14. Pruebas preliminares de eficiencia y rendimiento de la trilladora prototipo



Foto 13. Pruebas finales de eficiencia y rendimiento de la trilladora prototipo



Foto 14. Pruebas finales de eficiencia y rendimiento de la trilladora prototipo

**UNSCH**FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe, presidente de la comisión de docentes instructores responsables de operativisar, verificar, garantizar y contolar la originalidad de los trabajos de **TESIS** de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, autorizado por RR N° 294-2022-UNSCH-R; hacen constar que el trabajo titulado;

Evaluación de una trilladora prototipo desplazable en el trillado, venteado y limpieza de granos de quinua (*Chenopodium quinoa*) en el distrito de Tambillo - Ayacucho

Autor : Fortunata Isabel Oré Fernández

Asesor : Francisco Condeña Almora

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de investigación, aprobado mediante la RCU N° 039-2021-UNSCH-CU, arrojando un resultado de **veintiuno por ciento (21 %)** 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: 1920624738

Ayacucho, 12 de octubre de 2022



M.Sc. WALTER AUGUSTO MATEU MATED
Presidente de comisión

Evaluación de una trilladora prototipo desplazable en el trillado, venteado y limpieza de granos de quinua (*Chenopodium quinoa*) en el distrito de Tambillo - Ayacucho

por Fortunata Isabel Oré Fernández

Fecha de entrega: 09-oct-2022 01:09p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1920624738

Nombre del archivo: TESIS_ISABEL_OR_3.docx (22.77M)

Total de palabras: 13834

Total de caracteres: 71532

Evaluación de una trilladora prototipo desplazable en el trillado, venteado y limpieza de granos de quinua (*Chenopodium quinoa*) en el distrito de Tambillo - Ayacucho

INFORME DE ORIGINALIDAD

21 %

INDICE DE SIMILITUD

21 %

FUENTES DE INTERNET

0 %

PUBLICACIONES

6 %

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	12 %
2	documents.mx Fuente de Internet	2 %
3	repositorio.iniap.gob.ec Fuente de Internet	1 %
4	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	1 %
5	www.cib.espol.edu.ec Fuente de Internet	1 %
6	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	1 %
7	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	1 %
8	edoc.pub Fuente de Internet	<1 %

9	repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
10	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
11	vsip.info Fuente de Internet	<1 %
12	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	docslide.us Fuente de Internet	<1 %
15	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo