



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE DESAPONIFICADO DE LA
QUINUA POR EL MÉTODO DE LAVADO, MEDIANTE LA
IMPLEMENTACIÓN DE UNA LAVADORA INDUSTRIAL EN LA
EMPRESA ASOALIENU”**

VILLARROEL PÉREZ JUAN CARLOS

TRABAJO DE TITULACIÓN
TIPO: PROPUESTA TECNOLÓGICA

Previo a la obtención del título de:
INGENIERO INDUSTRIAL

Riobamba-Ecuador

2019

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN

2017-06-16

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

JUAN CARLOS VILLARROEL PÉREZ

Titulado:

“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE DESAPONIFICADO DE LA QUINUA
POR EL MÉTODO DE LAVADO, MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE
UNA LAVADORA INDUSTRIAL EN LA EMPRESA ASOALIENU”

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL



Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:



Ing. Eduardo García Cabezas.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN



Ing. Jhonny Orozco Ramos.
MIEMBRO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN




**EXAMINACIÓN DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: JUAN CARLOS VILLARROEL PÉREZ

TITULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN: “OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE DESAPONIFICADO DE LA QUINUA POR EL MÉTODO DE LAVADO, MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA LAVADORA INDUSTRIAL EN LA EMPRESA ASOALIENU”

Fecha de Examinación: 19 de febrero del 2019.


RESULTADO DE EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marcelo Jácome Valdez. PRESIDENTE TRIB. DEFENSA	✓		
Ing. Eduardo García Cabezas. DIRECTOR	✓		
Ing. Jhonny Marcelo Orozco Ramos MIEMBRO	✓		

*Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.


Ing. Marcelo Jácome Valdez.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

Yo, Juan Carlos Villarroel Pérez declaro que el Trabajo de Titulación que presento, es original producto de investigación, adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica, Carrera de Ingeniería Industrial de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos y los resultados expuestos son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.



Juan Carlos Villarroel Pérez

Cédula de Identidad: 180439291-6

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Juan Carlos Villarroel Pérez, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados de este son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados. Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.



Juan Carlos Villarroel Pérez

Cédula de Identidad: 180439291-6

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mis padres quienes sin importar mis caídas siempre estuvieron ahí para ayudarme a levantar, confiaron en mí desde el inicio y gracias a su esfuerzo logre culminar mi meta. Y a mi hermana quien ha sido siempre un eje fundamental en mi vida motivándome, dándome palabras de aliento y sobretodo la compañía necesaria para terminar mi carrera.

Juan Carlos Villarroel Pérez

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Industrial, por haberme formado como un profesional y ser humano apto para el servicio de la sociedad.

A mi familia en general que siempre estuvieron pendientes de mí, gracias por las palabras de aliento cuando estuve a punto de renunciar.

Y de manera muy especial a los miembros del tribunal quienes con sus conocimientos contribuyeron de la mejor manera posible en el desarrollo del presente trabajo, permitiéndome finalizar así con esta etapa de mi vida.

Juan Carlos Villarroel Pérez

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

1 MARCO REFERENCIAL.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del Problema.	1
1.3 Justificación.	3
1.3.1 <i>Justificación teórica.</i>	3
1.3.2 <i>Justificación metodológica.</i>	3
1.3.3 <i>Justificación práctica.</i>	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1 <i>Objetivos Generales.</i>	4
1.4.2 <i>Objetivos Específicos.</i>	4

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 La Quinoa.	5
2.2 Historia de la Quinoa.	6
2.3 Propiedades Nutricionales de la Quinoa.....	7
2.3.1 <i>Composición y valor nutricional de la quinua.</i>	8
2.4 Tipos de Quinoa en el Ecuador.....	9
2.5 Usos y Derivados de la Quinoa.	10
2.6 La Saponina en la Quinoa.....	11

2.6.1	<i>Definición de saponina.</i>	11
2.6.2	<i>Efectos de la saponina.</i>	11
2.7	Desaponificación de la Quinua.	12
2.7.1	<i>Métodos de desaponificación de la quinua.</i>	12
2.8	Lavadora de Quinua.	14
2.8.1	<i>Tipos de lavadoras de quinua en el mercado.</i>	14

CAPÍTULO III

3	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN.	16
3.1	Parámetros de Diseño.	16
3.1.1	<i>Cantidad de quinua a ser procesada.</i>	16
3.1.2	<i>Forma del tanque o cuerpo de la lavadora de quinua.</i>	16
3.3.3	<i>Dimensiones del tanque o cuerpo de la lavadora de quinua.</i>	17
3.3.4	<i>Material a ser utilizado en la construcción de la lavadora.</i>	19
3.2	Diseño del Equipo.	21
3.2.1	<i>Cálculo de la Potencia del Sistema.</i>	23
3.2.2	<i>Selección del Motor.</i>	29
3.2.3	<i>Recirculación, lavado y expulsión de la mezcla.</i>	31
3.2.4	<i>Selección de la bomba.</i>	38
3.2.5	<i>Sistema de transmisión de potencia.</i>	41
3.3	Construcción del Equipo.	52
3.3.1	<i>Equipos utilizados en la construcción.</i>	52
3.3.2	<i>Componentes de la lavadora de quinua.</i>	52
3.3.3	<i>Proceso de construcción.</i>	54
3.4	Sistema Eléctrico.	61
3.4.1	<i>Circuito de control y mando.</i>	62
3.4.2	<i>Circuito de potencia</i>	63

3.4.3	<i>Tiempos de las operaciones de construcción.</i>	63
3.5	Pruebas de Funcionamiento.	68
3.6	Análisis de Resultados de Lavado.	71
3.6.1	<i>Tiempo de lavado manual.</i>	72
3.6.2	<i>Tiempo de lavado mediante la lavadora de quinua.</i>	73
3.6.3	<i>Análisis de resultados.</i>	74
3.7	Análisis de porcentaje de Saponinas.	75

CAPÍTULO IV

4	ESTUDIO DE COSTOS.	78
4.1	Costos Directos.	78
4.1.1	<i>Costos eléctricos.</i>	78
4.3.2	<i>Costos mecánicos.</i>	78
4.1.3	<i>Costos de mano de obra.</i>	79
4.1.4	<i>Costos de transporte de material.</i>	79
4.1.5	<i>Costo directo total.</i>	79
4.2	Costos Indirectos.	80
4.3	Costo Total.	80

CONCLUSIONES	81
---------------------	-----------

RECOMENDACIONES	82
------------------------	-----------

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Porcentajes de quinua en el Ecuador.....	6
Tabla 2-2: Propiedades nutricionales de la quinua.....	8
Tabla 2-3: Diferencias entre Tunkahuan y Pata de Venado.....	9
Tabla 2-4: Industrialización de la quinua.....	11
Tabla 2-5: Lavadora de quinua modelo PC-LQ-50.....	14
Tabla 2-6: Lavadora de quinua modelo LQV 75-I/C.....	15
Tabla 3-1: Tabla de Ponderación.....	17
Tabla 3-2: Sistemas de la lavadora de quinua.....	22
Tabla 3-3 Factor de servicio según el tiempo de operación.....	30
Tabla 3-4: Bomba GOULDS modelo HS.....	39
Tabla 3-5: Diámetro mínimo de poleas recomendadas.....	44
Tabla 3-6: Equipos utilizados para la construcción.....	52
Tabla 3-7: Componentes de la lavadora de quinua.....	53
Tabla 3-8: Tanque de lavadora de quinua.....	54
Tabla 3-9: Estructura de la lavadora de quinua.....	55
Tabla 3-10: Propiedades del material (Acero Inoxidable AISI).....	55
Tabla 3-11: Mallado de estructura de la lavadora de quinua.....	56
Tabla 3-12: Análisis estático de tensiones en la estructura.....	56
Tabla 3-13: Análisis estático de desplazamientos.....	57
Tabla 3-14: Análisis estructural deformaciones unitarias.....	57
Tabla 3-15: Análisis estructural factor de seguridad.....	58
Tabla 3-16: Estructura para Bomba.....	58
Tabla 3-17: Propiedades del material acero inoxidable AISI 304.....	59
Tabla 3-18: Mallado de estructura para bomba.....	59
Tabla 3-19: Análisis estático de tensiones.....	59
Tabla 3-20: Análisis estático de desplazamientos.....	60
Tabla 3-21: Análisis estático factor de seguridad.....	61
Tabla 3-22: Tiempos de operaciones de construcción.....	63
Tabla 3-23 Diagrama de proceso de lavado manual de quinua.....	72
Tabla 3-24 Resumen del diagrama de procesos.....	73
Tabla 3-25 Diagrama de procesos de lavado mediante la lavadora de quinua.....	73

Tabla 3-26 Resumen del lavado mediante la lavadora de quinua.....	73
Tabla 3-27: Tiempo necesario para lavar 500 libras de quinua manualmente.	74
Tabla 4-1 Costos eléctricos.....	78
Tabla 4-2 Costos mecánicos	78
Tabla 4-3 Costos de mano de obra.....	79
Tabla 4-4 Costos de transporte de material.....	79
Tabla 4-5 Costo directo total.....	79
Tabla 4-6 Costos indirectos	80
Tabla 4-7 Costo Total	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1: Principales provincias productoras de quinua en el Ecuador.	5
Figura 2-2: Variedades INIAP Tunkahuan e INIAP Pata de Venado.	9
Figura 3-1: Momento de inercia del sistema motriz.....	23
Figura 3-2: Dimensiones recomendadas para dimensionar agitadores.	27
Figura 3-3 Curvas para el número de potencia.	28
Figura 3-4: Catálogo LENTAX.....	31
Figura 3-5: Diagrama de recirculación y bombeo. (Normalizado)	32
Figura 3-6: Diagrama de tubería de descarga.....	33
Figura 3-7: Catálogo Goulds.	39
Figura 3-8: Diagrama de selección de bombas.....	40
Figura 3-9: Características de la bomba 4SH.	41
Figura 3-10: Grafica para seleccionar el tipo de correa.	43
Figura 3-11: Representación del sistema de transmisión.	45
Figura 3-12: Representación de los ángulos de abrazamiento.	49
Figura 3-13 Diagrama de Control, mando y potencia.	62
Figura 3-14: Pesaje de quinua para pruebas.	68
Figura 3-15: Quinua en el área de lavado.....	69
Figura 3-16: Llenado de agua en la lavadora de quinua.....	69
Figura 3-17: Colocación de la quinua en la lavadora.	70
Figura 3-18: Cernir las impurezas antes del lavado.	70
Figura 3-19: Lavado de quinua.....	71
Figura 3-20: Evacuación de la quinua lavada.....	71
Figura 3-21: Medición de muestra de quinua.....	75
Figura 3-22: Mezcla con agua destilada.	75
Figura 3-23: Maquina centrifugadora de la ESPOCH.....	76
Figura 3-24: Reposo dentro de la centrifugadora.	76
Figura 3-25: Medido de la altura de espuma.	77

LISTA DE ABREVIATURAS

ERPE	Escuelas Radiofónicas Populares Ecuatorianas
Kcal	kilocalorías
g	gramos
kg	kilogramos
ha	hectáreas
m	metros
t	tiempo
ms	masa seca
A	área
<i>PI</i>	Potencia que necesita el sistema móvil para vencer la inercia
W	watts
<i>MT</i>	Momento Torsor
N	newton
<i>wsm</i>	Velocidad de rotación
rad	radianes
s	segundos
rev	revoluciones
min	minuto
<i>I_x</i>	Momento de inercia
m ²	metros cuadrados
<i>αsm</i>	Aceleración angular
s ²	segundos cuadrados
v	velocidad
v _o	velocidad inicial
a	aceleración
r	radio
T	torque
F	fuerza

d	distancia
m	masa
g	gravedad
M	momento torsor total
hr	horas
Fs	factor de servicio
V	voltios
rpm	revoluciones por minuto
FDA	Food and Drug Administration
mm	milímetros
in	pulgadas

RESUMEN

El presente proyecto de titulación se desarrolló como parte del Proyecto de Vinculación con la Comunidad, entre la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y la asociación de emprendedores “Asoalienu”. Se realizó un análisis detallado del caso de estudio. Se diseñó una máquina lavadora de quinua bajo parámetros de cantidad de procesamiento ya establecidos por la empresa ASOALIENU de 1 tonelada de quinua semanalmente. Se investigó los tipos de materiales que pueden estar en contacto directo con los alimentos mediante la normativa vigente en el Ecuador, se optó por la aplicación de la Norma Técnica Sustitutiva de Buenas Prácticas de Manufactura para Alimentos Procesados. Seleccionando como material idóneo para la construcción de la lavadora de quinua el acero inoxidable AISI 304. La lavadora de quinua está conformada por una estructura metálica resistente a 640 kg con un factor de seguridad 1, se seleccionó un motor de 2 HP y una bomba GOULS 4SH, que cumple con las características de succión de mezcla de granos y agua. Construida la lavadora de quinua, se realizaron pruebas para la determinación de su correcto funcionamiento y se efectuó la comparación con el proceso de lavado manual, determinándose la efectividad de la lavadora al procesar 500 libras de quinua en 31 minutos y 42 segundos, comparándose con el tiempo de lavado manual para la misma cantidad de producto con un resultado de 5 horas y 52 minutos. Consiguiendo una relación de optimización de tiempo de aproximadamente 12:1 Dentro de las ventajas que presenta la lavadora de quinua implementada en la empresa “Asoalienu” son la reducción considerable de tiempos de producción y la obtención de un grano de quinua libre de saponina. Además que el proceso de producción de quinua sea en un nivel industrial gracias a su gran capacidad de lavado.

PALABRAS CLAVE: <TECNOLOGÍAS Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <PONDERACIÓN>, <OPTIMA>, <QUINUA (VHENOPODIUM QUINOA)>, <MOTOR TRIFÁSICO DE 2HP>, <ELIMINACIÓN DE LA SAPONINA>.



ABSTRACT

The present titling project was developed as part of the Linking Project with the Community, between the Higher Polytechnic School of Chimborazo and the association of entrepreneurs "Asoalienu". A detailed analysis of the case study was carried out. A quinoa washing machine was designed under parameters of the processing's quantity-already established by the company ASOALIENU- of 1 quinoa ton weekly. We investigated the types of materials that may be in direct contact with food through the regulations in force in Ecuador, opting for the application of the Technical Standard Substituting Good Manufacturing Practices for Processed Foods. Selecting the AISI 304 stainless steel as the ideal material for the construction of the quinoa washing machine. The quinoa washer is made up of a metal structure resistant to 640 kg with a safety factor of 1, a 2 HP engine and a GOULS 4SH pump was chosen, which complies with the suction characteristics of the mixture of grains and water. Once the quinoa washer was built, tests were carried out to determine its correct operation and a comparison was made with the manual washing process, determining the effectiveness of the washing machine when processing 500 pounds of quinoa in 31 minutes and 42 seconds, compared with the Manual wash time for the same amount of product with a result of 5 hours and 52 minutes. Achieving a time optimization ratio of approximately 12: 1. Among the advantages of the quinoa washing machine implemented in the company "Asoalienu" are the considerable reduction in production times and the production of a saponin-free quinoa grain. In addition, the quinoa production process is at an industrial level thanks to its great washing capacity.

KEY WORDS: <TECHNOLOGIES AND ENGINEERING SCIENCES>, <WEIGHT>, <OPTIMUM>, <QUINOA (CHENOPODIUM QUINOA)>, <2 HP THREE PHASES MOTOR>, <ELIMINATION OF SAPONIN>.



INTRODUCCIÓN

La Asamblea General de la ONU declaró 2013 Año Internacional de la Quinoa. En el Ecuador a partir del 2008 se creó e implementó la política de seguridad alimentaria, dando un énfasis a los alimentos tradicionales y autóctonos. La quinoa es un súper alimento en más de un sentido. Es una buena fuente de proteínas, la más alta de todos los granos integrales, y sus semillas comestibles proporcionan todos los aminoácidos esenciales que el cuerpo humano necesita. Rica en fibra, la quinoa es también rica en magnesio, fósforo y hierro, así como en vitamina E y potasio.

El INIAP a partir de la década de los 80, inicio con el programa de investigación, recolección y evaluación de cereales nativos de la provincia de Chimborazo, incentivando a los pequeños agricultores a continuar con la siembra, cosecha y comercialización de productos autóctonos entre los cereales que el INIAP puso mayor énfasis fueron el amaranto y la quinoa.

El desamargado de la quinoa o la eliminación de saponina de su grano siempre ha sido un problema común, a partir del año 1945 empezaron los primeros esfuerzos por industrializar este proceso. Se tomó como base de investigación el lavado manual de la quinoa y se concluyó que este proceso tiene mucho potencial para un desarrollo tecnológico e industrial. En la actualidad se ha dado cabida dentro del sector productivo de la quinoa a máquinas lavadoras de tambor, estas son una evolución de licuadoras industriales utilizadas en diversos procesos.

El tiempo de lavado de la quinoa dependerá de varios factores, como, la cantidad de quinoa, temperatura del agua, velocidad del motor de la máquina, entre otros.

El grano de quinoa luego de ser lavado debe tener un porcentaje de saponina ($< 0,12\%$), para ser aceptado en los mercados europeos y norteamericanos.

CAPÍTULO I

1 MARCO REFERENCIAL.

1.1 Antecedentes.

Por alrededor de 7000 años la quinua ha sido cultivada en la región andina donde ha sido apreciada por su valor nutritivo y adaptabilidad a condiciones ambientales difíciles. En Ecuador, el cultivo de la quinua ha sido considerado secundario, no sólo por la escasa superficie sembrada, sino por su bajo consumo per cápita (Jacobsen, y otros, 2002).

La quinua en la última década ha adoptado el nombre del superalimento debido a sus altas propiedades nutritivas, llegando a colocarse rápidamente en mercados nacionales e internacionales.

En la actualidad, “Asoalienu” es una asociación de pequeños productores de quinua, que reúne a más de 300 familias de las parroquias rurales de Chimborazo, con el fin de dar un valor agregado a su producción de quinua y así llegar al mercado internacional, con un producto que cumpla todos los estándares de calidad.

1.2 Planteamiento del Problema.

La Asociación de Emprendedores Nutriandina ASOALIENU se crea con el objetivo principal de dar un valor agregado a la quinua, debido a que desde años atrás sus agricultores vienen cultivando, cosechando y comercializando quinua en pequeñas cantidades debido al problema que resulta el desaponificado de quinua de manera manual.

El proceso de lavado manual implica que los trabajadores se encuentran en contacto directo y por largas jornadas de trabajo con agua a temperatura ambiente que va desde los 8°C hasta los 19°C, un tiempo de lavado excesivo, además de la obtención de un producto final con baja calidad, a esto nos referimos con variados porcentajes de saponina y una gran cantidad de granos partidos debido al excesivo tiempo de contacto entre el grano de quinua y el agua. Este es el principal problema que impide la comercialización de este producto en mercados internacionales en donde el indicador más alto es la calidad del producto, en el mercado americano y europeo solo se acepta un grano de quinua con un porcentaje de saponina menor al 12 % para el consumo humano.

En el mercado regional tenemos dos tipos de lavadoras de quinua, la lavadora PC-LQ-50 de la empresa INNOVA que tiene una capacidad de 50 kg/h y la lavadora LQV 75-I/C producto estrella de la empresa VULCANO que tiene una capacidad de 90 kg/h, las dos empresas radicadas en Perú, la capacidad que tienen estos dos modelos de lavadoras es bajo para el requerimiento de la empresa ASOALIENU, además que el costo de importación es sumamente alto debido a los aranceles que deben ser pagados al entrar al Ecuador, cabe recalcar que la empresa ASOALIENU no tiene el recurso económico para realizar la obtención de uno de estos tipos de máquinas, por lo cual se ve en la obligación de adquirir una lavadora de quinua acorde a la capacidad de producción y requerimientos establecidos.

Este proyecto de titulación pretende solucionar ese problema y mediante esto ayudar a los pequeños agricultores de nuestra provincia, mediante la implementación de la lavadora de quinua y con esto mejorar el proceso de lavado a la misma vez que cumplir con los rangos de calidad necesarios para el ingreso del producto en el mercado internacional.

1.3 Justificación.

1.3.1 Justificación teórica.

El propósito del presente proyecto de investigación es aportar al desarrollo tecnológico de la Asociación de Producción y Comercialización de Productos Alimenticios Emprendedores Nutriandina “Asoalienu”, mediante la aplicación de conocimientos técnicos y teóricos, así como metodologías de trabajo que han sido adquiridas a través de la formación académica, cuyos resultados del proyecto podrán evidenciarse en la instalación de una máquina lavadora de quinua.

1.3.2 Justificación metodológica.

Para la implementación de la máquina lavadora de quinua en Asociación de Producción y Comercialización de Productos Alimenticios Emprendedores Nutriandina “Asoalienu”, se realizará un estudio metodológico exploratorio de campo ya que en este momento se está implementando el proceso de producción en una planta propia, anteriormente se recurría a empresas ya conformadas para realizar los procesos post cosecha, lo que resultaba con altos costos de producción y disminuía sustancialmente las ganancias que las familias pudieran tener. Posteriormente se elaborará un diseño previo de la lavadora de quinua, esto ayudará a determinar las dimensiones y materiales óptimos para la fabricación de esta máquina.

1.3.3 Justificación práctica.

El presente proyecto de investigación se realiza por que existe la necesidad de optimizar el tiempo de producción, tener un alto grado de calidad de quinua y cumplir con el porcentaje de saponina adecuado para mediante esto llegar al mercado nacional e internacional, por tal razón con la implementación de la lavadora de quinua se contribuirá a la mejora de los procesos de producción en la planta.

1.4. Objetivos.

1.4.1 Objetivos Generales.

- Optimizar el proceso de lavado de quinua, por medio de la implementación de una máquina lavadora para la empresa ASOALIENU.

1.4.2 Objetivos Específicos.

- Conocer el método manual de lavado de quinua, mediante el estudio de tiempos.
- Diseñar una máquina lavadora de quinua, para dar cumplimiento con los requerimientos de capacidad de la empresa ASOALIENU.
- Realizar la selección del material adecuado para la fabricación de la lavadora de quinua, rigiéndonos a La Norma Técnica de Buenas Prácticas de Manufactura para Alimentos Procesados.
- Realizar un estudio de tiempos luego de la implementación de la lavadora, mediante pruebas de funcionamiento.
- Determinar el contenido de saponinas en la quinua luego de haber pasado el proceso de lavado mecánico, mediante la aplicación de la norma técnica ecuatoriana INEN 1672.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO.

2.1 La Quinoa.

La quinoa (*Chenopodium quinoa willd*) es una planta herbácea identificada comúnmente como pseudogramínea (pseudocereal), es un cultivo de origen andino que se siembra en la sierra central del Ecuador fundamentalmente en las provincias de Cañar, Azuay, Chimborazo, Cotopaxi, Tungurahua y Bolívar, se la suele cultivar entre los 2300 y 3700 metros sobre el nivel del mar. (Peralta, 2012)



Figura 2-1: Principales provincias productoras de quinoa en el Ecuador.

Realizado por: Juan Villarroel.

Tabla 2-1: Porcentajes de quinua en el Ecuador.

Provincias	Toneladas (t/ha)	Porcentaje (%)
Imbabura	5,368	42,24
Carchi	2,919	22,97
Chimborazo	2,361	18,58
Pichincha	1,019	8,02
Cotopaxi	0,68	5,35
Azuay	0,12	0,94
Tungurahua	0,12	0,94
Cañar	0,12	0,94
Total	12,707	100

Realizado por: Juan Villarroel.

2.2 Historia de la Quinua.

“Es un cultivo muy antiguo de los andes, en 1970 el historiador Núñez indica que, al norte de Chile en un complejo Arqueológico, encontró granos de quinua que datan de 3000 años a.c., Max Hule en 1919, historiador peruano indica que la quinua tiene una antigüedad de 5000 años a.c., en forma general, podemos indicar que en los diferentes lugares donde se han encontrado estos granos de quinua al ser analizados mediante el carbono 4 (C.14) ratifican esta antigüedad. La singularidad encontrada es que mientras más antigua sea la semilla, se encontrara un mayor porcentaje de semillas de quinuas silvestres o ayaras (grano negro), lo que indica que el proceso de selección ha tenido varios siglos para poder lograrse una variedad” (Hanco, 2003).

En la actualidad atribuimos el origen de la quinua a la zona del Altiplano Perú-Boliviano, por estar caracterizada por la gran cantidad de especies, reconociéndose cinco categorías básicas: Quinua de los valles, altiplánicas, de los salares, al nivel del mar y sub-tropicales.

En Ecuador la quinua fue muy apreciada por sus cualidades alimenticias y medicinales, los Cañarís lo cultivaban por el siglo XVI, tras la conquista de los pueblos aborígenes por los españoles estos en 1549 dispusieron que la vendieran en los tambos. Vásquez de Espinoza que recorrió el Ecuador en 1614 indica que en Chimbo “hay también quinua que es una yerba parecida a los cenizos de España, la semilla es menudita, como mostaza, pero su color blanco; de ella hacen buenos guisados, como panetelas y mazamorras de mucho regalo y sustento”. (Estrella, 1998).

Los indígenas de Tungurahua, en el siglo XVI, tenían como principal actividad diaria la “el cultivo de la tierra”, cosechando entre los productos: maíz, frejoles, y quimián (quinua).

Considerando los datos del INIAP podemos saber que desde mediados del siglo XVIII en el Ecuador se diferenció dos grandes clases de quinua:

- a) Blanca, cuyo grano es menudo, redondo, chato, sin piel; se cultiva en sementeras grandes de tierras frías “se come como el arroz, de buen gusto fresco”.
- b) Colorada, de grano muy menudo y redondo, cuyo único uso es comerlo tostado, porque revienta y se esponja mucho y es de bello gusto”.

En los actuales tiempos en 1976 se cultivaban la quinua en las áreas de Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Chimborazo y Loja. En 1982 con la creación del INIAP se promueve el cultivo de la quinua y de varias variedades por lo que en estos tiempos se ha aumentado su consumo y su producción. (Peralta, 2012)

2.3 Propiedades Nutricionales de la Quinua.

Las bondades peculiares del cultivo de la quinua están dadas por su alto valor nutricional. El contenido de proteína de la quinua varía entre 13,81 y 21,9% dependiendo de la variedad. Ya que la quinua contiene un alto porcentaje de aminoácidos esenciales, es considerada como un súper alimento, que debería estar presente en la dieta de la población mundial ya que cuenta con: proteínas, grasas, hidratos de carbono, hierro y no cuenta con azúcar un beneficio muy importante para las personas que sufren de diabetes. (PROINPA, 2011)

Tabla 2-2: Propiedades nutricionales de la quinua.

Componentes (%)	Quinua	Carne	Huevo	Queso	Leche Vacuna	Leche Humana
Proteínas	13.00	30.00	14.00	18.00	3.50	1.80
Grasas	6.10	50.00	3.20		3.50	3.50
Hidratos de Carbono	71.00					
Azúcar					4.70	7.50
Hierro	5.20	2.20	3.20		2.50	

Realizado por: Juan Villaruel.

Fuente: (MDRT-BOLIVIA, 2009)

2.3.1 Composición y valor nutricional de la quinua.

Para muchos de los pueblos de nuestro país y del mundo entero se convierte en un gran problema el incluir proteínas de alta calidad dentro de su alimentación diaria.

Una característica fundamental y la más importante desde el punto de vista nutricional de la quinua es que el grano e inclusive las hojas son fuente de proteína de la mejor calidad. La calidad de nutrientes de la quinua es importante debido a su contenido de aminoácidos lisina y azufrados, mientras que los cereales contienen proteínas, pero son deficientes en los aminoácidos ya mencionados.

Sin embargo, a pesar de su buen contenido de nutrientes, las investigaciones realizadas concluyen que los aminoácidos de la proteína en la quinua cruda y sin lavar no están del todo disponibles, porque contienen sustancias que interfieren con la utilización biológica de los nutrientes. Estas sustancias son los glucósidos denominados saponinas.

La quinua posee un alto porcentaje de fibra dietética total, lo cual la convierte en un alimento ideal que actúa como un depurador del cuerpo, logrando eliminar toxinas y residuos que puedan dañar el organismo. Produce sensación de saciedad. El cereal en general y la quinua en particular, tiene la propiedad de absorber agua y permanecer más tiempo en el estómago. (PROINPA, 2011)

2.4 Tipos de Quinua en el Ecuador.

A nivel mundial se tiene una inmensa cantidad de variedades de quinua, en Ecuador podemos encontrar de dos tipos.



Figura 2-2: Variedades INIAP Tunkahuan e INIAP Pata de Venado.
Realizado por: Juan Villarroel
Fuente: (Peralta, 2012)

Las diferencias entre estos dos tipos de quinuas son mínimas, pero a continuación detallaremos los más importantes.

Tabla 2-3: Diferencias entre Tunkahuan y Pata de Venado.

VARIEDAD	ALTURA PLANTA	DÍAS FLORAC.	DÍAS COSECHA	COLOR GRANO	CONTENIDO DE SAPONINA	RENDIM. Kg/ha (promedio)	ALTITUD ÓPTIMA m
INIAP TUNKAHUAN	150	109	180	Blanco	Bajo (0.06%)	2000	2600-3200
INIAP PATA DE VENADO	75	73	150	Blanco crema	Bajo (0.05%)	1400	3000-3600

Realizado por: Juan Villarroel 2018

Fuente: (Peralta, 2012)

2.5 Usos y Derivados de la Quinua.

A la quinua la podemos utilizar de diversas formas y en diferentes tipos, desde su planta como forraje, que sirve de alimento para los animales de sectores rurales hasta finas harinas para la industria alimenticia.

A continuación, detallaremos estos tipos de uso:

- a) **Uso Medicinal:** Tienen uso medicinal: las hojas son machacadas y se las utiliza como analgésico para aliviar el dolor de muelas y dientes. El tallo ha sido utilizado como cicatrizante y la infusión de hojas y tallos es una bebida utilizada para desinflamar las vías urinarias; se utilizan también en caso de fracturas, en hemorragias internas y como repelente de insectos. (FAO, 2013)

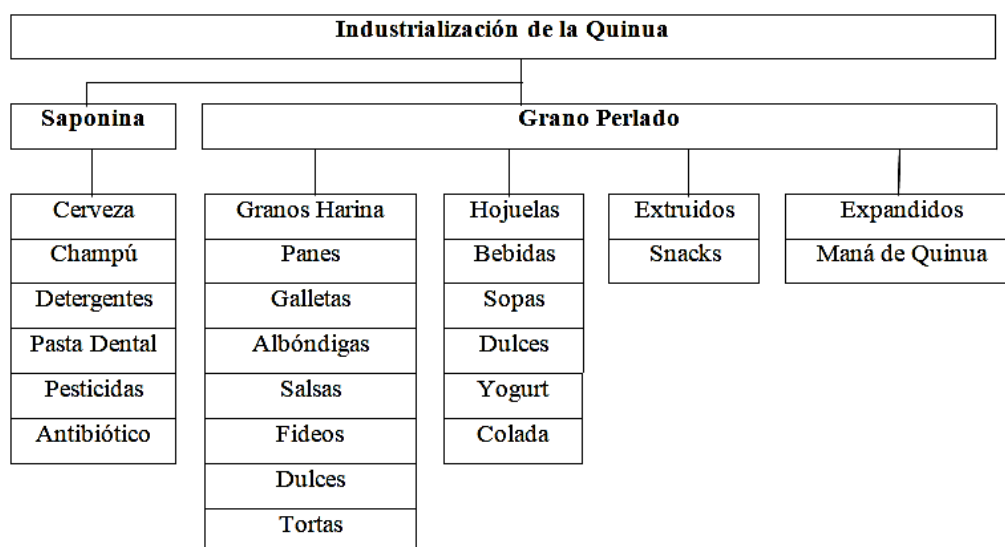
- b) **Alimentación Animal:** La planta entera se usa como forraje verde. También se aprovechan los residuos de la cosecha para alimentar vacunos, ovinos, cerdos, caballos y aves.

- c) **Alimentación Humana:** Se usan el grano, las hojas tiernas hasta el inicio de la formación de la panoja - el contenido de proteínas de estas últimas alcanza hasta 33,3 % en materia seca -, y con menor frecuencia las panojas tiernas. El valor nutritivo es relevante. Destacan el contenido y la calidad de proteínas por su composición en aminoácidos esenciales y es especialmente apta para mezclas alimenticias con leguminosas y cereales. (FAO, 2013).

- d) **Industria Alimentaria:** De los granos enteros y de harina de quinua se preparan casi todos los productos de la industria harinera. La principal ventaja de la quinua como suplemento en la industria harinera, está en la satisfacción de una demanda creciente en el ámbito internacional de productos libres de gluten.

- e) **Otros Usos Industriales:** La quinua es un producto del cual se puede obtener una serie de subproductos de uso alimenticio, cosmético, farmacéutico y otros como se muestra en la Figura.

Tabla 2-4: Industrialización de la quinua.



Realizado por: Juan Villarroel 2018

Fuente: (FAO, 2013)

2.6 La Saponina en la Quinua.

2.6.1 Definición de saponina.

Esta palabra viene (del latín sapo, "jabón") son glucósidos de esteroides o de triterpenoides, llamadas así por sus propiedades semejantes a las del jabón. Su característica principal es la de formar gran cantidad de espuma, cuando se encuentra en contacto con el agua.

Las saponinas son tóxicas debido a esta característica se hace imposible el consumo humano debido a que se pondría en riesgo el sistema digestivo y en sí la salud de las personas.

Muchos alimentos de consumo diario contienen saponinas entre ellas podemos mencionar a la yuca, el ginseng y la quinua.

Las saponinas de la quinua han sido aprovechadas en la fabricación de cerveza, como un complemento para los compuestos que se encuentran presentes en los extintores de incendios, en shampoos e inclusive en la industria farmacéutica.

2.6.2 Efectos de la saponina.

El principal efecto de la saponina es producir la hemólisis de los eritrocitos y afectar el nivel de colesterol en el hígado y la sangre, con lo que puede producirse un detrimento

en el crecimiento, a través de la acción sobre la absorción de nutrientes. Aunque se sabe que la saponina es altamente tóxica para el humano cuando se administra por vía endovenosa, queda en duda su efecto por vía oral. Se afirma que los medicamentos a base de saponina pueden ser administrados en grandes dosis por vía oral, ya que no son absorbidos por las mucosas intestinales y además se desdoblán bajo la acción de los álcalis y fermentos intestinales. El efecto tóxico de la saponina de quinua sobre el organismo humano puede estar en discusión. Pero, sin duda, el sabor amargo resultante del glucósido es un estorbo para el consumo. (Meyhuay, 1999)

2.7 Desaponificación de la Quinua.

Se lo llama así al proceso de eliminación de saponinas de la quinua, o desamargado de la quinua.

2.7.1 Métodos de desaponificación de la quinua.

Con el pasar de los años y el avance de la tecnología se desarrollado varios tipos de desaponificado siempre partiendo de los conocimientos ancestrales de los pueblos indígenas.

2.3.1.1 Método de lavado por agitación y turbulencia.

Éste es el método más común para el desaponificado de la quinua ya que desde siglos atrás se lo ha venido utilizando, su principal objetivo es retener impurezas como: pequeñas basuras, tierra, residuos de la misma planta u otros vegetales, para esto se ha venido usando: cedazos o cernideros, en el caso de querer desaponificar quinua en pequeñas cantidades.

Y zarandas manuales o accionadas mecánicamente para el uso de grandes cantidades.

- a) **Lavado por agitación y turbulencia (Método Manual):** Para realizar este proceso se recomienda remojar la quinua por aproximadamente 30 minutos a temperatura ambiente esto se lo realiza con el fin de que las saponinas del grano de quinua entren en contacto con el agua y su remoción sea más fácil. Mediante pruebas de campo pudimos observar que no existe una gran diferencia en el tiempo de desaponificado si se realiza el remojo de quinua con agua a mayor temperatura.
- b) **Lavado por agitación y turbulencia (Método Mecánico):** El lavado se realiza en una lavadora industrial de quinua construida bajo especificaciones técnicas, la

agitación se consigue mediante un motor eléctrico que acciona directamente a las aspas que se encuentran en el interior del tambor de la lavadora. La turbulencia se consigue mediante una bomba espacial para agua y sólidos que permiten la recirculación de la mezcla dentro del tambor de la lavadora.

La agitación y turbulencia producida por la lavadora de quinua produce fricción entre los granos de quinua y así mismo entre la quinua y las paredes metálicas del tambor, lo cual permite que la cascara de la quinua, que es en donde se encuentran las saponinas sean desprendidas del grano.

2.3.1.2 Método de lavado por fricción o rozamiento.

El proceso de escarificado consiste en la separación de la epidermis, que es la capa exterior del grano de quinua, debido a que en esta capa se encuentra el mayor contenido de saponinas, que es la sustancia que proporciona el sabor amargo al mencionado cereal, un sabor que impide su consumo; el escarificado se lo realiza manualmente o por medio de máquinas escarificadoras, las cuales mediante el giro de un tornillo sin fin que se encuentra en su interior logran la separación de la epidermis del grano de quinua.

2.3.1.3 Método termomecánico en seco.

Se someten a calor seco (80 a 90 °C) los granos de quinua por 10 minutos para luego extraer la cáscara por fricción en seco. Se obtiene un grano con bajo contenido de saponinas. (Meyhuay, 1999).

2.3.1.4 Método químico.

Para la eliminación de saponina, existe también el método químico, mediante el cual los granos de quinua son sometidos a una solución de hidróxido de sodio al 10% a 100 °C por 1.5 minutos, para luego lavar y secar. Su aplicación industrial es incipiente. (Meyhuay, 1999).

2.3.1.5 Método combinado.

Es el método que más se aplica en la industria productora de quinua debido a su alta funcionalidad y a los excelentes resultados obtenidos desde los años 90. Este método consiste en un sistema de producción en serie el cual en su primera fase se trata de un lavado en seco mediante escarificadoras de quinua, las cuales eliminan la epidermis de la quinua. Para en una segunda fase de lavado húmedo que es la utilización de agua se

elimina un gran porcentaje de saponinas propias de la quinua y se tiene un producto de alta calidad, apto para el consumo humano.

2.8 Lavadora de Quinua.

Es una máquina cuya función principal es la eliminación de saponina mediante el rozamiento entre los granos de quinua y las paredes internas del tambor de la máquina, este rozamiento se consigue mediante el movimiento que produce las espas que se encuentran en el interior del tambor de la máquina, durante todo este proceso los granos de quinua se encuentran en contacto con el agua.


Las primeras lavadoras de quinua fueron adaptadas de licuadoras industriales en los años 70, al ver que estas adaptaciones servían para su objetivo principal que era el de la eliminación de saponina del grano de quinua, se tomó como base para las futuras lavadoras de quinua.

Hoy en día la mayoría de lavadoras de quinua tienen el diseño básico que es el de un tambor circular el cual dentro contiene espas en diversos modelos: rectos, ondulados, semicirculares. El diámetro y la altura del tambor de las lavadoras de quinua dependen de la capacidad de lavado que tiene la máquina.

2.8.1 Tipos de lavadoras de quinua en el mercado.

A continuación, se cita dos tipos de lavadoras de quinua de las más importantes fábricas de maquinaria para el procesamiento de quinua localizadas en Perú.

Tabla 2-5: Lavadora de quinua modelo PC-LQ-50.

Maquinarias INNOVA		
Modelo:	PC-LQ-50	
Motor:	5 HP	
Capacidad:	50 kg/hr	
Peso Aproximado:	200 kg	
Medidas Aproximadas: (Ancho, Largo, Altura)	0.90 × 1.00 × 1.60 m.	

Realizado por: Juan Villarroel 2018
Fuente: (DMCREATIVE, 2018)

Tabla 2-6: Lavadora de quinua modelo LQV 75-I/C

Maquinarias VULCANO		
Modelo:	LQV 75-I/C	
Motorreductor Trifásico:	7.5 HP	
Capacidad Aproximada:	90 kg/batch	
Electrobomba Monofásica:	1 HP	
Material	Acero Inoxidable AISI 304	

Realizado por: Juan Villarroel 2018

Fuente: (Vulcanotec, 2018)

CAPÍTULO III

3 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN.

3.1 Parámetros de Diseño.

Al ser este proyecto de titulación una implementación en la empresa ASOALIENU nuestra lavadora de quinua debía cumplir ciertos parámetros de capacidad de lavado que fueron solicitados por la empresa.

3.1.1 Cantidad de quinua a ser procesada.

El requerimiento de lavado de la empresa ASOALIENU es de una tonelada por semana. Y como dato adicional tenemos que la forma de almacenamiento de la empresa es en quintales de 100 libras.

3.1.2 Forma del tanque o cuerpo de la lavadora de quinua.

Como ya revisamos en el capítulo anterior la lavadora de quinua en un inicio fue una adaptación de una licuadora industrial, de aquí podemos decir que esta adaptación funciono debido a la forma que tenía la mencionada máquina.

Ahora bien, para dar un sustento científico a nuestro diseño de la lavadora de quinua debemos regirnos a resistencia de materiales, y el estudio de los esfuerzos que soportará el tanque o cuerpo de nuestra máquina.

Para esto se va a realizar la ponderación entre dos tipos de tanques: un tanque cuadrado y un tanque circular. El valor de calificación para la ponderación va a ser de 1 a 5. Teniendo como 1 a la calificación más baja y 5 la calificación más alta.

Tabla 3-1: Tabla de Ponderación

Factor	Tanque Cuadrado	Tanque Circular
Resistencia a esfuerzos longitudinales.	5	5
Resistencia a esfuerzos tangenciales.	2	5
Adaptación de la forma a las fuerzas tangenciales producidas por el movimiento circular del motor.	1	5
Total.	8	15

Realizado por: Juan Villarroel 2018

Tomando en cuenta tres factores llegamos a la conclusión que la forma óptima para el diseño del tanque de la lavadora de quinua es la forma circular.

Nota. Resistencia de materiales clasifica a los tanques según su forma así:

- a) **Tanques Circulares Verticales**
- b) **Tanques Circulares Horizontales.**

3.1.3 Dimensiones del tanque o cuerpo de la lavadora de quinua.

La capacidad de quinua requerida por la empresa ASOALIENU es de una tonelada por semana, diseñar una máquina que sea capaz de lavar una tonelada de quinua en una sola parada sería entrar en altos costos de fabricación debido al motor que se requeriría para mover tal volumen de mezcla.

Debido a esto se ha decidido diseñar una lavadora que, en una parada pueda lavar 500 libras de quinua.

Teniendo como datos los siguientes:

500 libras de quinua da un volumen de $0,22 \text{ m}^3$

300 litros de agua da un volumen de $0,30 \text{ m}^3$

$$V_T = V_Q + V_A$$

Dónde:

$V_T = \text{Volumen Total}$

$V_Q = \text{Volumen de Quinua}$

$V_A = \text{Volumen de Agua}$

Por consiguiente, tenemos:

$$V_T = V_Q + V_A$$

$$V_T = (0,22 + 0,3)m^3$$

$$V_T = 0,52 m^3$$

Debido a que al volumen total de la mezcla va a estar sometido una fuerza de rotación y una fuerza centrífuga de recirculación se recomiendan multiplicar por un factor de seguridad 2,5 para evitar que parte de la mezcla salga del cuerpo o tanque de la lavadora debido a las fuerzas aplicadas.

$$V_R = V_T \times 2,5$$

$$V_T = (0,52 \times 2,5)m^3$$

$$V_T = 1,30 m^3$$

Teniendo la fórmula del volumen:

$$V = (h \times \pi \times r^2)m^3$$

Dónde:

$h = \text{altura}$

$r^2 = \text{radio elevado a la segunda potencia}$

Nota: uno de los puntos a tomar en cuenta es el no desperdicio de materiales para la construcción de la lavadora de quinua y sabiendo que la plancha de acero inoxidable tiene una altura de 1250 mm o 1,25 m se decide trabajar con esta altura. Ahora bien, de la formula anterior podremos obtener el radio necesario para el diseño del tanque de la lavadora de quinua.

$$V = (h \times \pi \times r^2)$$

$$r^2 = \frac{V_T}{h \times \pi}$$

$$r^2 = \frac{1,30 \text{ m}^3}{1,25 \text{ m} \times \pi}$$

$$r = 0,575 \text{ m}$$

3.1.4 Material a ser utilizado en la construcción de la lavadora.

La AGENCIA NACIONAL DE REGULACIÓN, CONTROL Y VIGILANCIA SANITARIA ARCSA-DE-042-2015-GGG expide la Norma Técnica Sustitutiva de Buenas Prácticas de Manufactura para Alimentos Procesados (REGISTRO-OFFICIAL, 2015). En su Artículo 8 Capítulo II que lleva como tema DE LOS EQUIPOS Y UTENSILIOS señala 10 numerales que a continuación se detallan:

La selección, fabricación e instalación de los equipos deben ser acorde a las operaciones a realizar y al tipo de alimento a producir. El equipo comprende las máquinas utilizadas para la fabricación, llenado o envasado, acondicionamiento, almacenamiento, control, emisión y transporte de materias primas y alimentos terminados.

Las especificaciones técnicas dependerán de las necesidades de producción y cumplirán los siguientes requisitos:

- a) Construidos con materiales tales que sus superficies de contacto no transmitan sustancias tóxicas, olores ni sabores, ni reaccionen con los ingredientes o materiales que intervengan en el proceso de fabricación;
- b) En aquellos casos en los cuales el proceso de elaboración del alimento requiera la utilización de equipos o utensilios que generen algún grado de contaminación se deberá validar que el producto final se encuentre en los niveles aceptables;
- c) Debe evitarse el uso de madera y otros materiales que no puedan limpiarse y desinfectarse adecuadamente, cuando no pueda ser eliminado el uso de la madera debe ser monitoreado para asegurarse que se encuentra en buenas condiciones, no será una fuente de contaminación indeseable y no representará un riesgo físico;
- d) Sus características técnicas deben ofrecer facilidades para la limpieza, desinfección e inspección y deben contar con dispositivos para impedir la contaminación del producto por lubricantes, refrigerantes, sellantes u otras sustancias que se requieran para su funcionamiento;
- e) Cuando se requiera la lubricación de algún equipo o instrumento que por razones tecnológicas esté ubicado sobre las líneas de producción, se debe utilizar

substancias permitidas (lubricantes de grado alimenticio) y establecer barreras y procedimientos para evitar la contaminación cruzada, inclusive por el mal uso de los equipos de lubricación;

- f) Todas las superficies en contacto directo con el alimento no deben ser recubiertas con pinturas u otro tipo de material desprendible que represente un riesgo físico para la inocuidad del alimento;
- g) Las superficies exteriores y el diseño general de los equipos deben ser contruidos de tal manera que faciliten su limpieza;
- h) Las tuberías empleadas para la conducción de materias primas y alimentos deben ser de materiales resistentes, inertes, no porosos, impermeables y fácilmente desmontables para su limpieza y lisos en la superficie que se encuentra en contacto con el alimento. Las tuberías fijas se limpiarán y desinfectarán por recirculación de sustancias previstas para este fin, de acuerdo a un procedimiento validado;
- i) Los equipos se instalarán en forma tal que permitan el flujo continuo y racional del material y del personal, minimizando la posibilidad de confusión y contaminación;
- j) Todo el equipo y utensilios que puedan entrar en contacto con los alimentos deben estar en buen estado y resistir las repetidas operaciones de limpieza y desinfección. En cualquier caso, el estado de los equipos y utensilios no representará una fuente de contaminación del alimento.

Después de la revisión del registro oficial se selecciona el Acero Inoxidable AISI 304 como el material óptimo para la construcción de la lavadora de quinua.

A continuación, detallamos las aplicaciones y características del Acero Inoxidable AISI 304:

Aplicaciones:

- Equipo para el proceso de alimentos.
- Utensilios de cocina, canales, equipo y aplicaciones en electrodomésticos.
- Paneles en arquitectura, estructuras y ornamentales.
- Contenedores químicos, incluyendo la transportación.
- Intercambiadores de calor.
- Cubiertas de hornos comerciales y filtros de agua.

- Equipo utilizado en hospitales.
- Equipo de aire acondicionado.
- Evaporadores, tambores y barriles

Características:





- Acero inoxidable austenítico, aleado con cromo, níquel y bajo contenido de carbono que presenta una buena resistencia a la corrosión.
- No requiere un tratamiento posterior al proceso de soldadura; tiene propiedades para embutido profundo, no es templable ni magnético.
- Puede ser fácilmente trabajado en frío (por ejemplo: doblado, cilindrado, embutido profundo, etc.)

3.2 Diseño del Equipo.

Con el propósito de tener una mejor comprensión del diseño de la lavadora de quinua a continuación se divide la maquina en 4 sistemas:

- Sistema Estructural.
- Sistema Motriz.
- Sistema de Bombeo y Recirculación.
- Sistema Eléctrico.

Tabla 3-2: Sistemas de la lavadora de quinua.

Sistemas	Figura
Sistema Estructural	
Sistema Motriz	
Sistema de Bombeo y Recirculación	
Sistema Eléctrico	

Realizado por: Juan Villarroel 2018

3.2.1 Cálculo de la Potencia del Sistema.

Con el propósito de determinar una potencia de trabajo correcta y por ende un buen funcionamiento de la lavadora de quinua se considera como un punto prioritario el cálculo de la potencia de agitación de la mezcla de agua y quinua además de la potencia necesaria del sistema motriz para vencer la inercia total.

$$P_{Sis} = P_A + P_I$$

Donde:

P_A = Potencia de Agitación

P_I = Potencia para vencer la inercia total.

a) CÁLCULO DEL MOMENTO DE INERCIA DEL SISTEMA MOTRIZ

El conjunto motriz al ser la unión de varios elementos resulta difícil su cálculo de momento de inercia y siendo este parte fundamental de la lavadora de quinua se opta por la utilización del software SolidWorks educacional 2016, además el software automáticamente permite la visualización de los tres ejes de coordenadas presentes en el conjunto motriz y el valor del momento de inercia de $0,29 \text{ kg m}^2$.

El material en el cual está construido el eje motriz y las aspas inferiores es acero inoxidable AISI 304

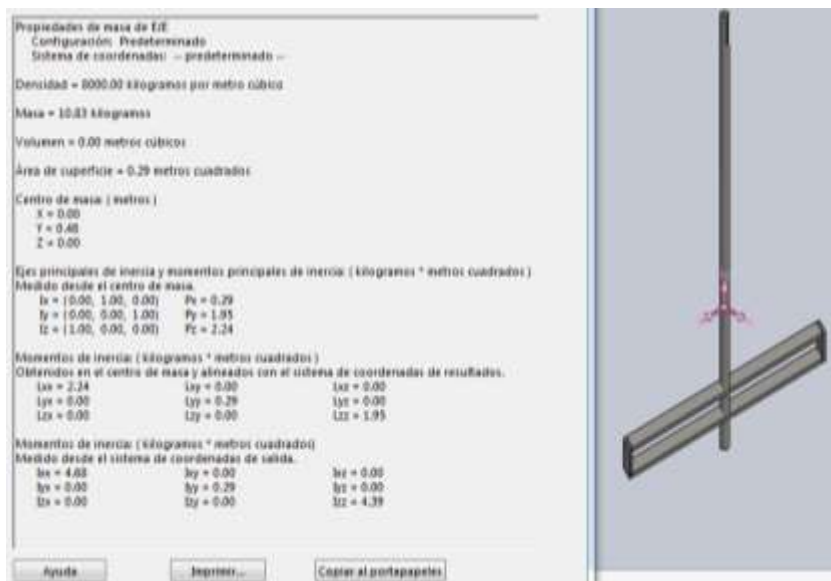


Figura 3-1: Momento de inercia del sistema motriz.

Realizado por: Juan Villarroel

b) POTENCIA PARA VENCER LA INERCIA DEL CONJUNTO MÓVIL

La potencia necesaria para vencer la inercia de los elementos rotativos de la máquina lavadora de quinua se la obtendrá mediante la aplicación de la siguiente formula:

$$PI = MT \times wsm$$

Dónde:

PI = Potencia requerida para vencer la inercia del sistema motriz [W]

MT = Momento Torsor [N.m]

wsm = Velocidad de rotación promedio de trabajo [rad/s]

Del análisis bibliográfico obtenemos una velocidad recomendada para la rotación promedio de trabajo igual a:

$$wsm=20 \text{ rpm}=2.09 \text{ rad/s}$$

c) CÁLCULO DEL PAR MOTOR

El valor del par motor se lo obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$M = Ix \times asm$$

Dónde:

Ix = Momento de inercia [$kg \ m^2$]

asm = Aceleracion Angular $\left[\frac{rad}{s^2} \right]$

La aceleración angular está regida mediante los tiempos de estabilización del motor, este tiempo de estabilización debe ser ≤ 3 segundos y la velocidad debe encontrarse en un rango de $(1 \text{ a } 3,5) \frac{m}{s}$

De las recomendaciones ya mencionadas se tiene:

$$t = 3 \text{ s}$$

Debido a que los valores para la velocidad están dados entre $(1 \text{ y } 3,5) \frac{m}{s}$ recurrimos a interpolar para obtener un número medio entre estos valores.

$$a_n = a_1 + (n - 1)d$$

$$3,5 = 1 + (3 - 1)d$$

$$3,5 = 1 + (2)d$$

$$3,5 - 1 = 2d$$

$$2,5 = 2d$$

$$d = 1,25$$

Entonces se obtuvo un valor para la velocidad de $1,25 \frac{m}{s}$

Mediante la ecuación de cinemática se tiene:

$$v = v_o + at$$

En el caso de la lavadora e quinua va a tener una velocidad inicial igual a 0 por tal motivo se tiene la siguiente formula:

$$v = v_o + at$$

$$a = \frac{1,25 \frac{m}{s}}{3s}$$

$$a = 0,42 \frac{m}{s^2}$$

La aceleración angular se determina mediante la siguiente relación:

$$\alpha = a/r$$

El radio de giro es:

$$r = 0,35 \text{ m}$$

Entonces la aceleración angular queda:

$$\alpha = \frac{0,42 \frac{m}{s^2}}{0,35 \text{ m}}$$

$$\alpha = 1,2 \frac{rad}{s^2}$$

El par motor queda:

$$M = 0,29 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 * 1,2 \text{ rad/s}^2$$

$$M = 0,35 \text{ N.m}$$

d) CÁLCULO DEL TORQUE EN LAS ASPAS DEL AGITADOR.

Para el cálculo del torque que se produce en las aspas el agitador tomamos en cuenta la masa de quinua la cual produce un torque debido a la oposición que ofrece el producto al ser movido por las aspas del agitador.

La masa de quinua que entra en la lavadora es de 5 quintales lo que transformado a kilogramos es una masa de 226,76 kg.

La distancia máxima donde se produce el mayor torque es de 0,4 m.

Entonces el torque es:

$$T=F*d$$

Dónde:

T= Torque producido en el aspa [N.m]

F= Peso de la mezcla [N]

d=distancia medido desde el eje [m]

La fuerza es el peso del agua ya que debe entran en funcionamiento antes de agregar la quinua:

$$F=W= (mq) *g$$

Dónde:

mq = Masa de quinua [kg]

g = Gravedad [m/s²]

$$F=W= (226, 76) \text{ kg} \times 9, 8 \text{ m/s}^2$$

$$F=W=2216, 37 \text{ N}$$

Entonces el torque es:

$$T=2216,37 \text{ N} \times 0,35 \text{ m}$$

$$T=775,73 \text{ N.m}$$

Por lo tanto, reemplazando los valores obtenidos de par motor, torque en las aspas del agitador y la velocidad de rotación promedio de trabajo en la ecuación de potencia requerida para vencer la inercia de todos los elementos giratorios se tiene:

$$PI=MT*ws_m$$

$$PI= (0,35 \text{ N.m} + 775,73 \text{ N.m}) *2,09 \text{ rad/s}$$

$$PI= 1622,00 \text{ W}$$

e) **POTENCIA PARA EL MEZCLADO DE AGUA Y QUINUA.**

Para calcular la potencia que se requiere en el sistema de agitación se utiliza la siguiente ecuación.

$$P_A = N_p * \rho_{mezcla} * w_{sm}^3 * D^5$$

Dónde:

P_A = Potencia de agitación

N_p = Numero de potencia para 2 aspas

ρ_{mezcla} = Densidad de la mezcla

w_{sm} = velocidad de rotación del agitador y sistema móvil

D' = Diámetro del impulsor = 0,7 m

Tipo de impulsor	$\frac{D_t}{D'}$	$\frac{z_1}{D'}$	$\frac{z_j}{D'}$	Desviadores		No.
				No.	w/D	
Véase # 1	3	2.7-3.9	0.75-1.3	4	0.17	1
Véase # 1	3	2.7-3.9	0.75-1.3	4	0.10	2
Véase # 1	3	2.7-3.9	0.75-1.3	4	0.04	4
Mismo que # 1, 2 aspas curvas	3	2.7-3.9	0.75-1.3	4	0.10	3
Propulsor marino 3 aspas, separación	3	2.7-3.9	0.75-1.3	4	0.10	5
Véase # 2	3	2.7-3.9	0.75-1.3	4	0.10	6
Mismo que 5 pero Separación = $2D'$	3	2.7-3.9	0.75-1.3	4	0.10	7
Véase # 1*	3	2.7-3.9	0.75-1.3	0	0.04	8

Figura 3-2: Dimensiones recomendadas para dimensionar agitadores.

Fuente: (FOUST, 2006 pág. 574)

Para determinar el valor del número de potencia N_p se requiere previamente calcular el número de Reynolds.

$$N_{RE} = \frac{w_{sm} * \rho_{mezcla} * D'^2}{\mu_{mezcla}}$$

Dónde:

N_{RE} = Número de Reynolds

μ_{mezcla} = Viscosidad dinámica

Para obtener el número de Reynolds se calcula la densidad de la mezcla.

$$\rho_{mezcla} = \frac{m_{agua} + m_{quinoa}}{V_{agua} + V_{quinoa}}$$

El volumen de agua que se agrega a la mezcla es de 300 litros, lo cual es una masa de 300 kg.

La masa de quinua es de 5 quintales lo cual es un volumen de 0,2 m³

La densidad de la mezcla es:

$$\rho_{mezcla} = \frac{300 \text{ kg} + 226,76 \text{ kg}}{0,3 \text{ m}^3 + 0,2 \text{ m}^3}$$

$$\rho_{mezcla} = 1053,52 \text{ kg/m}^3$$

La viscosidad dinámica de la mezcla es 2,6 Pa.s por ser una mezcla densa y provoca una fuerte oposición al movimiento durante la agitación.

Entonces el número de Reynolds es:

$$N_{RE} = \frac{0,33 \frac{rev}{s} * 1053,52 \text{ kg/m}^3 * (0,7 \text{ m})^2}{2,6 \text{ Pa.s}}$$

$$N_{RE} = 85,57$$

El número que se obtiene en el cálculo indica que el flujo es laminar, lo cual es evidente debido a la velocidad de giro es baja y la viscosidad de la mezcla.

En la siguiente tabla obtenemos el número de potencia para dos aspas la cual es el punto en donde se cruzan: el número de Reynolds que es 85,57 con la curva número seis, que es el número de curva recomendada para dos aspas, que es modelo que se ha diseñado nuestra lavadora de quinua.

A continuación, se procede con el cálculo del número de potencia para dos aspas:

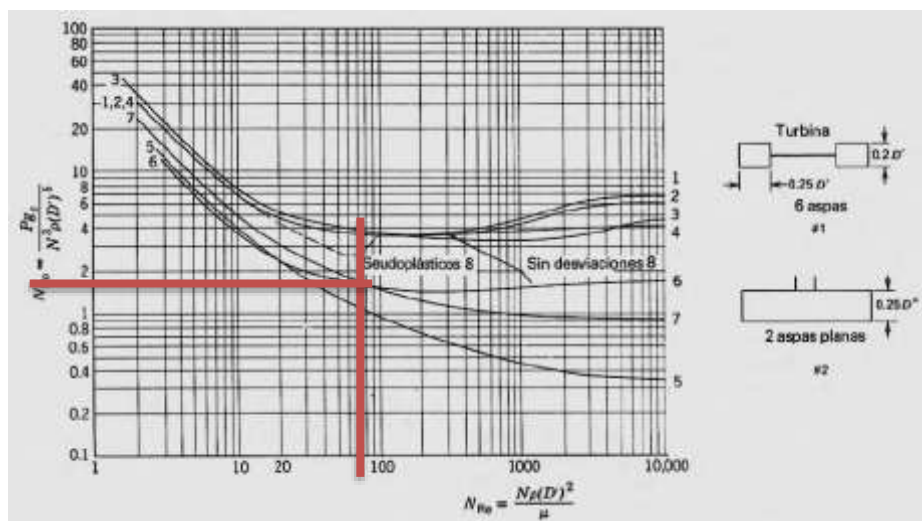


Figura 3-3 Curvas para el número de potencia.

Fuente: (FOUST, 2006 pág. 574)

Con la figura anterior se obtiene el número de potencia para dos aspas lo cual nos da como resultado de 1,9.

Con los datos calculados se procede al cálculo de la potencia para la agitación.

$$P_A = N_p * \rho_{mezcla} * w_{sm}^3 * D^5$$

$$P_A = 1,9 * 1053,52 \text{ kg/m}^3 * (0,33\text{rev/s})^3 * (0,7 \text{ m})^5$$

$$P_A = 23,57 \text{ W}$$

f) POTENCIA DEL SISTEMA

Luego de haber obtenido los resultados anteriores se determina la potencia del sistema que es igual a la suma de la potencia de agitación de la mezcla y la potencia para vencer la inercia del conjunto motriz.

$$P_{Sis} = P_A + P_I$$

$$P_{Sis} = 23,57 \text{ W} + 1622,00 \text{ W}$$

$$P_{Sis} = 1645,57 \text{ W} = 2,2 \text{ HP}$$

3.2.2 Selección del Motor.

Se selecciona un motorreductor debido a la condición de trabajo por ser una velocidad baja.

La potencia total requerida del sistema se debe multiplicar por un factor (de servicio o seguridad), el cual depende del tipo de motor que se utilice y la duración del tiempo total de operación por día.

En la siguiente tabla se selecciona el factor de servicio con los siguientes datos, el tipo de motor para la lavadora de quinua es un motor eléctrico, con un tiempo total de operación de 2 horas intermitentes al día y un choque uniforme.

Tabla 3-3 Factor de servicio según el tiempo de operación.

Duración del servicio Tiempo total de operación por día	Clasificación de carga Máquina movida								
	Con Motor Eléctrico			Con Motor de Combustión (un cilindro)			Con Motor de Combustión (multicilindro)		
	Uniforme	Choque moderado	Choque pesado	Uniforme	Choque moderado	Choque pesado	Uniforme	Choque moderado	Choque pesado
Ocasionales ½ hr.	0,80	0,90	1,00	1,00	1,25	1,50	0,90	1,00	1,25
Intermitente 2 hrs.	0,90	1,00	1,25	1,25	1,50	1,75	1,00	1,25	1,50
Hasta 10 hrs	1,00	1,25	1,50	1,50	1,75	2,00	1,25	1,50	1,75
Hasta 24 hrs	1,25	1,50	1,75	1,75	2,00	2,25	1,50	1,75	2,00

Fuente: (FOUST, 2006 pág. 574)

Con la siguiente fórmula se obtiene la potencia requerida:

$$Pr = PI \times Fs$$

Dónde:

$Fs = 0,90$ con choque uniforme hasta 2 horas.

$$Pr = PI \times Fs$$

$$Pr = 2,2 \text{ HP} \times 0,90$$

$$Pr = 1,98 \text{ HP}$$

Con el valor calculado de la potencia requerida se selecciona en el CATÁLOGO LENTAX un motorreductor de 2 HP, modelo C2T3 el cual cumple con las características necesarias para el trabajo requerido.

- Potencia 2 HP
- Trifásico de 220 V
- 15 rpm

Potencia Entrada kW	Velocidad Entrada aprox. (RPM)	Velocidad Salida aprox. (RPM)	Relación ϕ	MODELO	Factor de Seguridad (fz)	Momento Útil (Nm)	Potencia Entrada kW	Velocidad Entrada aprox. (RPM)	Velocidad Salida aprox. (RPM)	Relación ϕ	MODELO	Factor de Seguridad (fz)	Momento Útil (Nm)	
		39.0	35.88	COT3	1.50	1.50			5.5	172.13	C4T3	2.00 /6	1.15	2505
		42.0	33.36	COT3	1.50	1.55								
		45.0	30.91	COT3	1.50	1.75		1400	6.4	219.32	C4T3	2.00	1.30	2143
		58.0	23.96	COT2	1.50	1.60			7.7	182.77	C4T3	2.00	1.65	1786
		60.0	23.21	COT2	1.50	2.05			8.1	172.13	C4T3	2.00	1.70	1682
		72.0	19.32	COT2	1.50	2.45			9.8	143.44	C4T3	2.00	2.15	1402
		74.0	18.81	COT2	1.50	2.55			10.0	139.83	C4T3	2.00	2.20	1366
		85.0	16.36	COT2	1.50	2.75			12.0	116.53	C4T3	2.00	2.60	1139
		99.0	14.04	COT2	1.50	3.10			14.0	98.50	C4T3	2.00	2.95	962
		109.0	12.73	COT2	1.50	3.40			15.0	96.12	C4T3	2.00	3.10	939
		114.0	12.17	COT2	1.50	3.45			15.0	90.53	C4T3	2.00	3.15	885
		128.0	10.78	COT2	1.50	3.50			17.0	82.08	C4T3	2.00	3.70	802
		150.0	9.25	COT2	1.50	3.95			19.0	73.54	C4T3	2.00	3.90	719
		56.0	24.65	C00T3	1.50	1.05		940	7.9	118.75	C3T3	2.00 /6	0.95	1728
		60.0	22.95	C00T2	1.50	1.20		1400	8.0	166.30	C3T3	2.00	1.05	1625
		73.0	18.99	C00T2	1.50	1.40			9.0	152.42	C3T3	2.00	1.10	1489
		87.0	15.97	C00T2	1.50	1.70			10.0	133.73	C3T3	2.00	1.30	1307
		102.0	13.60	C00T2	1.50	2.00			11.0	129.57	C3T3	2.00	1.30	1266
		110.0	12.56	C00T2	1.50	2.15			11.0	122.57	C3T3	2.00	1.40	1198
		118.0	11.69	C00T2	1.50	2.35			12.0	118.75	C3T3	2.00	1.45	1160
		131.0	10.56	C00T2	1.50	2.45			13.0	104.43	C3T3	2.00	1.65	1020
		154.0	9.00	C00T2	1.50	2.50			15.0	96.46	C3T3	2.00	1.75	942
		179.0	7.73	C00T2	1.50	2.90			16.0	88.40	C3T3	2.00	1.95	864
920	151.0	6.08	HR	1.50 /6	3.35	70			18.0	78.96	C3T3	2.00	2.15	772
690	101.0	6.85	TR	1.50 /8	1.25	105			19.0	72.26	C3T3	2.00	2.35	706
	128.0	5.38	TR	1.50 /8	1.60	82			21.0	66.23	C3T3	2.00	2.60	647
	158.0	4.37	TR	1.50 /8	2.00	67			25.0	55.51	C3T3	2.00	3.10	542
	190.0	3.64	TR	1.50 /8	2.40	56			28.0	49.97	C3T3	2.00	3.40	488
920	134.0	6.85	TR	1.50 /6	1.70	79			31.0	45.80	C3T3	2.00	3.75	447
	171.0	5.38	TR	1.50 /6	2.15	62			14.0	100.41	C2T3	2.00	0.95	981
1385	202.0	6.85	TR	1.50	2.55	52			15.0	92.04	C2T3	2.00	1.15	899
	258.0	5.38	TR	1.50	3.25	41			17.0	82.97	C2T3	2.00	1.20	811
	317.0	4.37	TR	1.50	4.00	33			18.0	78.52	C2T3	2.00	1.40	767
920	437.0	2.11	FR	1.50 /6	1.45	24			20.0	68.75	C2T3	2.00	1.45	672
	509.0	1.81	FR	1.50 /6	1.65	21			22.0	63.55	C2T3	2.00	1.55	621
									24.0	57.94	C2T3	2.00	1.90	566
									27.0	52.66	C2T3	2.00	2.05	515
									29.0	47.47	C2T3	2.00	2.35	464
									33.0	42.61	C2T3	2.00	2.65	416
									37.0	37.88	C2T3	2.00	2.85	370

Figura 3-4: Catálogo LENTAX

3.2.3 Recirculación, lavado y expulsión de la mezcla.

El cálculo de la bomba a seleccionarse se realiza con el objetivo de ayudar al sistema de agitación para que el proceso de lavado de los 5 quintales de quinua sea de una manera adecuada.

El sistema de bombeo de la mezcla agua quinua consta de: una tubería de succión, una bomba, una tubería de descarga y accesorios como todo sistema posee. La mezcla es transportada a otro depósito abierto.

a) DATOS QUE POSEE EL SISTEMA

Como se ha venido hablando anteriormente la mezcla a bombear es: agua con quinua la cual se tiene algunos datos como densidad, viscosidad dinámica y otras que serán necesarias emplear el siguiente cálculo. En la figura 5 se muestra un diagrama representativo del sistema de bombeo de la mezcla.

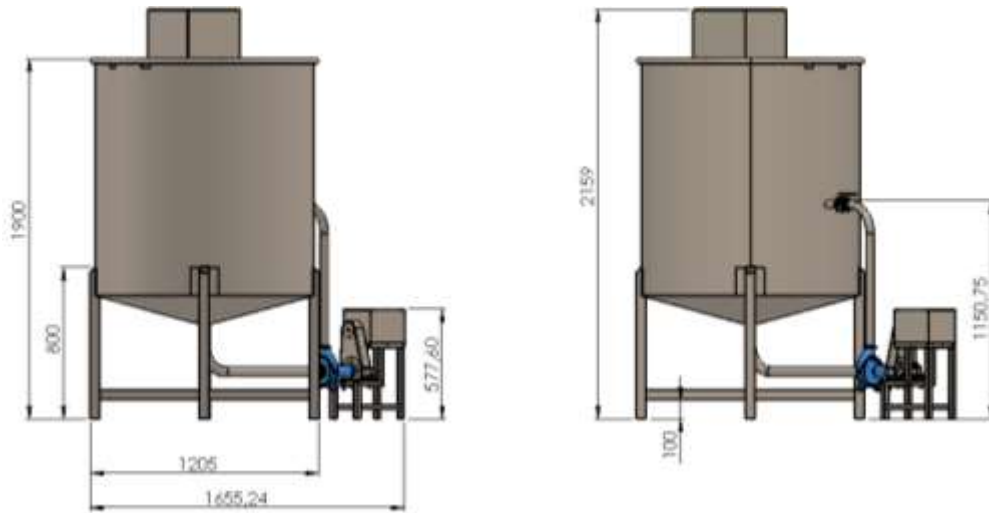


Figura 3-5: Diagrama de recirculación y bombeo. (Normalizado)
Realizado por: Juan Villarroel.

Los datos del sistema son:

Fluido a bombear: mezcla de quinua y agua

Densidad: 1053,52 kg/m³

Viscosidad dinámica: 2,6 Pa.s

Viscosidad cinemática: 0,00246 m²/s

Temperatura: 15 °C

Altura de implantación del sistema: Riobamba 2764 msnm

El caudal del sistema es:

$$Q_m = \frac{V}{t}$$

Dónde:

Q_m = Caudal de la mezcla

V = Volumen a bombear

t = tiempo de bombeo

Entonces:

$$Q_m = \frac{300 \text{ lt}}{2 \text{ min}} = 0,0025 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 40 \text{ gpm}$$

b) SELECCIÓN DE DIÁMETROS Y MATERIAL

Como el tipo de sustancia a transportar es agua y quinua lo cual se convierte en alimento para el consumo humano el material a emplear es acero inoxidable AISI 304.

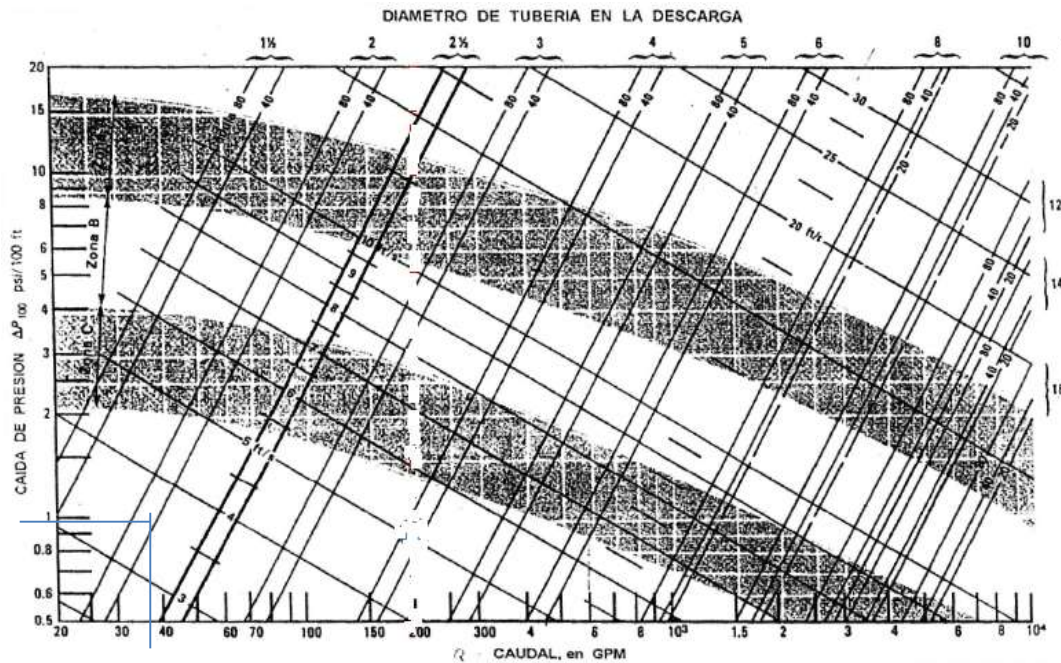


Figura 3-6: Diagrama de tubería de descarga.

Fuente: (FOUST, 2006 pág. 574)

Los diámetros para la succión y descarga en función del caudal son de:

Diámetro de succión: 2 pulgadas

Diámetro de descarga: 2pulgadas

Longitud de succión: 800 mm

Longitud de la descarga: 1800 mm

c) CÁLCULO DEL TDH

Para el cálculo del TDH se utiliza la siguiente figura:

$$TDH=H=hs+hd$$

Dónde:

hs= cabeza dinámica de succión

hd= cabeza dinámica de descarga

d) TRAMO DE SUCCIÓN

Para el cálculo del h_s se utiliza la siguiente expresión por ser un problema de cabeza estática de succión:

$$h_s = -h_{es} + h_{vs} + H_{rs} \pm h_{pms}$$

Dónde:

h_{es} = columna estática de succión

h_{vs} = columna de velocidad en succión

H_{rs} = pérdida de energía en succión

h_{pms} = cabeza de presión en succión

- e) **COLUMNA ESTÁTICA DE SUCCIÓN.** La columna estática de succión del diagrama de bombeo y recirculación se aprecia que es de:

$$h_{es} = 700 \text{ mm} = 0,7 \text{ m}$$

- f) **COLUMNA DE VELOCIDAD EN SUCCIÓN.** Se calcula con la siguiente expresión:

$$h_{vs} = \frac{v_s^2}{2g}$$

Dónde:

v_s = velocidad de la mezcla en succión

g = gravedad=9,8 m/s²

La velocidad se calcula en función del área y caudal.

$$v_s = \frac{Q}{A}$$

$$v_s = \frac{0,0025 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi(0,0508 \text{ m})^2/4}$$

$$v_s = 1,2 \text{ m/s}$$

Entonces la columna de velocidad en la succión es:

$$h_{vs} = \frac{(1,2 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})}$$

$$h_{vs} = 0,07 \text{ m}$$

g) **PÉRDIDA DE ENERGÍA EN SUCCIÓN.** La pérdida de energía en succión se calcula con la siguiente expresión:

$$H_{rs} = \frac{v_s^2}{2g} \left(\lambda \frac{L_s}{\phi_s} + \sum km \right)$$

Dónde:

λ = coeficiente de fricción

L_s = longitud de tubería de succión

ϕ_s = Diámetro de succión

km = coeficiente de fricción de accesorios

Para calcular las pérdidas de energía en la succión primero se realiza el cálculo del número de Reynolds para así obtener el coeficiente de fricción y luego las respectivas pérdidas.

$$Re = \frac{v_s * \phi_s}{\dot{\nu}}$$

Dónde:

Re= numero de Reynolds

$\dot{\nu}$ = Viscosidad cinemática

$$Re = \frac{1,2 \text{ m/s} * 0,0508 \text{ m}}{0,00246 \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Re = 24,7$$

Se procede a calcular la rugosidad del material en este caso es Acero Inoxidable entonces tomamos un valor de 0,002.

$$\frac{f}{\phi_s} = \frac{0,002 \text{ mm}}{50,8 \text{ mm}} = 0,0000393$$

Entonces el coeficiente de fricción es:

$$\lambda = 0.011$$

El coeficiente de pérdidas en accesorios en la succión es 1,4 por tener un codo a 90° y una válvula de apertura y cierre.

Entonces la pérdida de energía es:

$$H_{rs} = \frac{(1,2 \frac{m}{s})^2}{2(9,8 \frac{m}{s^2})} \left(0,11 * \frac{0,8 \text{ m}}{0,0508 \text{ m}} + 1,4 \right)$$

$$H_{rs} = 0,2 \text{ m}$$

h) **CABEZA DE PRESIÓN EN SUCCIÓN.** La cabeza de presión es 0 por ser un recipiente abierto a la atmosfera.

i) CABEZA DINÁMICA DE SUCCIÓN

Entonces la cabeza dinámica de succión es:

$$h_s = -0,7 \text{ m} + 0,07 \text{ m} + 0,2 \text{ m} \pm 0 \text{ m}$$

$$h_s = -0,43 \text{ m}$$

j) TRAMO DE DESCARGA.

Para el cálculo del h_d se utiliza la siguiente expresión:

$$h_d = h_{ed} + h_{vd} + H_{rd} \pm h_{pmd}$$

Dónde:

h_{ed} = columna estática de descarga

h_{vd} = columna de velocidad en la descarga

H_{rd} = pérdida de energía en la descarga

h_{pmd} = cabeza de presión en la descarga

k) COLUMNA ESTÁTICA DE DESCARGA. La columna estática de descarga del diagrama de bombeo y recirculación se aprecia que es de:

l) COLUMNA DE VELOCIDAD EN LA DESCARGA. Al igual como en la succión se calcula con la misma expresión:

$$h_{vd} = \frac{vd^2}{2g}$$

Dónde:

vd = velocidad de la mezcla en succión

g = gravedad=9,8 m/s²

Como la tubería de descarga y succión son las mismas al igual que el caudal la velocidad en la descarga es la misma

$$vd = 1,2 \text{ m/s}$$

Entonces la columna de velocidad en la descarga es:

$$h_{vd} = \frac{(1,2 \frac{m}{s})^2}{2(9,8 \frac{m}{s^2})}$$

$$h_{vd} = 0,07 \text{ m}$$

m) PÉRDIDA DE ENERGÍA EN LA DESCARGA. La pérdida de energía en la descarga se calcula con la siguiente expresión:

$$H_{rd} = \frac{vd^2}{2g} \left(\lambda \frac{Ld}{\phi d} + \sum km \right)$$

Dónde:

λ = coeficiente de fricción

Ld = longitud de tubería de descarga

ϕs = Diámetro de tubería de descarga

km = coeficiente de fricción de accesorios

Para calcular las pérdidas de energía en la descarga se determina el número de Reynolds para así obtener el coeficiente de fricción y luego las respectivas pérdidas al igual que en la succión.

$$Re = \frac{vd * \phi d}{\dot{\nu}}$$

Dónde:

Re = numero de Reynolds

$\dot{\nu}$ = Viscosidad cinemática

$$Re = \frac{1,2 \text{ m/s} * 0,0508 \text{ m}}{0,00246 \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Re = 24,7$$

Se procede a calcular la rugosidad del material en este caso es Acero Inoxidable entonces tomamos un valor de 0,002.

$$\frac{f}{\phi s} = \frac{0,002 \text{ mm}}{50,8 \text{ mm}} = 0,0000393$$

Entonces el coeficiente de fricción es:

$$\lambda = 0.011$$

El coeficiente de pérdidas en accesorios en la succión es 3,2 por tener un codo a 90° y una válvula de apertura y cierre y una T.

Entonces la pérdida de energía es:

$$H_{rs} = \frac{(1,2 \frac{m}{s})^2}{2(9,8 \frac{m}{s^2})} \left(0,11 * \frac{1,8 \text{ m}}{0,0508 \text{ m}} + 3,2 \right)$$

$$H_{rs} = 0,5 \text{ m}$$

n) CABEZA DE PRESIÓN EN LA DESCARGA. La cabeza de presión es 0 por ser un recipiente abierto a la atmosfera.

o) CABEZA DINÁMICA DE DESCARGA.

Entonces la cabeza dinámica de descarga es:

$$hd = 1,2 \text{ m} + 0,07 \text{ m} + 0,5 \text{ m} \pm 0 \text{ m}$$

$$hs = 1,77 \text{ m}$$

Entonces el TDH o la altura efectiva que desarrolla la bomba es:

$$\text{TDH} = -0,43 \text{ m} + 1,77 \text{ m}$$

$$\text{TDH} = 1,34 \text{ m}$$

p) CÁLCULO DEL (NPSH)d

La cabeza neta de succión positiva disponible es la energía que dispone la bomba en la succión debido al sistema instalado.

Como el sistema es de columna estática de succión utilizamos la siguiente formula.

$$(NPSH)d = \frac{P_B}{\gamma} + L_H - \left(\frac{V_P}{\gamma} + h_f \right)$$

Dónde:

$(NPSH)d$ = cabeza neta de succión positiva disponible

P_B = Presión barométrica absoluta = $1,013 \cdot 10^5$ Pa

L_H = columna estática de succión = 0,7 m

V_P = Presión de vapor del líquido a la máxima temperatura de bombeo = 31730.7 Pa

h_f = Pérdida de energía en la succión = 0,2 m

γ = Peso específico

Entonces el (NPSH)d es:

$$(NPSH)d = \frac{1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}}{1053,52 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} + 0,7 \text{ m} - \left(\frac{31730,7 \text{ Pa}}{1053,52 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} + 0,2 \text{ m} \right)$$

$$(NPSH)d = 7,2 \text{ m} = 23,3 \text{ ft}$$

3.2.4 Selección de la bomba.

En el catálogo de la Goulds se selecciona una bomba de acuerdo a la aplicación un líquido con sólidos poco abrasivos, corrosivo, mezcla alimenticia.

Con las ecuaciones siguientes obtenemos la altura, el caudal y el rendimiento corregido como que si se trabajara con agua para poder utilizar las curvas de los catálogos.

$$Q_{vis} = C_Q * Q_W$$

$$Q_W = \frac{40 \text{ gpm}}{0,9}$$

$$Q_W = 44,4 \text{ gpm} = 0,0028 \frac{m^3}{s}$$

$$H_{vis} = C_H * H_W$$

$$H_W = \frac{1,34 \text{ m}}{0,95}$$

$$H_W = 1,5 \text{ m}$$

Con los datos anteriores seleccionamos la bomba.

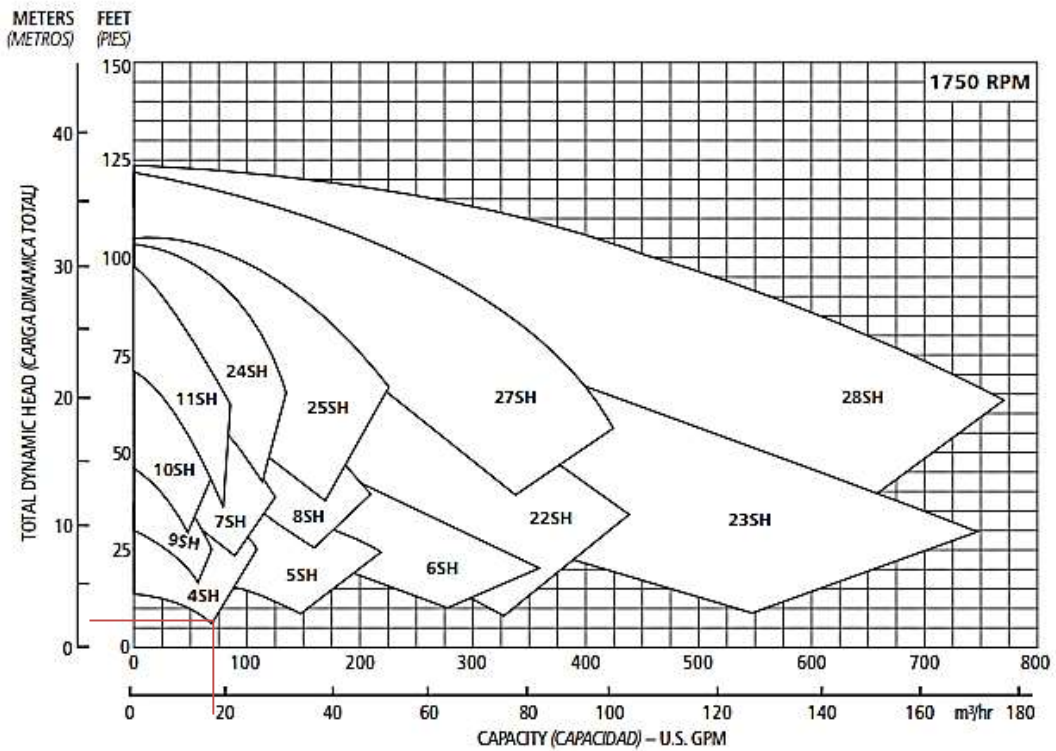


Figura 3-8: Diagrama de selección de bombas.

Según el esquema anterior el tipo de bomba es 4 SH

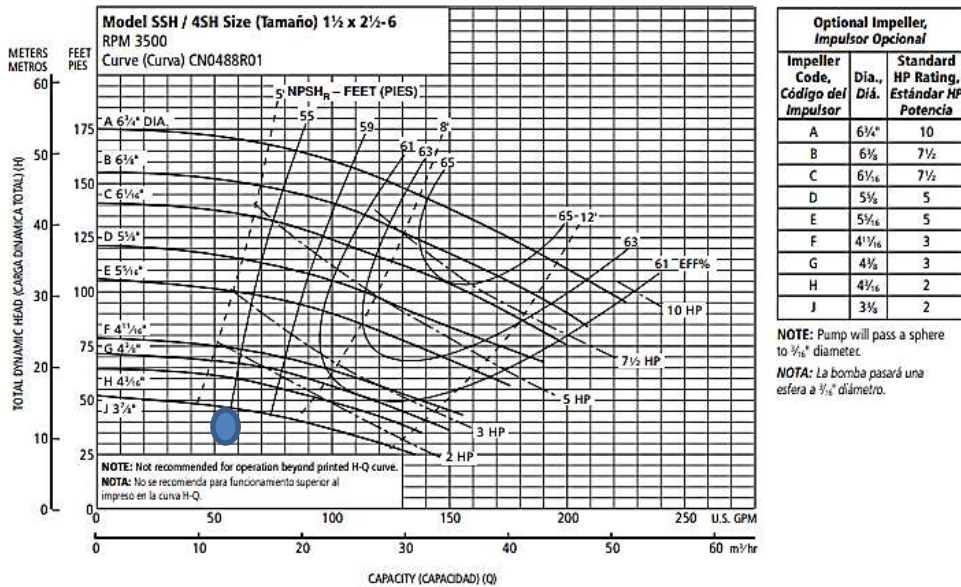


Figura 3-9: Características de la bomba 4SH.

La bomba seleccionada con los parámetros que nos da la figura anterior es:

Fabricante: GOULDS

Modelo: SSH/ 4SH (Tamaño) 1 1/2 x 2 1/2 - 6

Voltios: AC 220 / 240

RPM: 3500

nw: 55 %

(NPSH)r: 5,5 ft

HP: 1,5 ~ 2

Calculando el rendimiento corregido por viscosidad queda:

$$n_{vis} = C_E * n_W$$

$$n_{vis} = 0,9 * 55\%$$

$$n_{vis} = 50 \%$$

Se comprueba revisando el NPSH requerido por la bomba y el NPSH disponible:

$$(NPSH)d \geq (NPSH)r$$

$$23,3 \text{ ft} \geq 5,5 \text{ ft}$$

Entonces la bomba seleccionada trabajará muy bien a las condiciones de diseño e instalación y no habrá cavitación.

3.2.5 Sistema de transmisión de potencia.

Cabe destacar que el impulsor de la bomba seleccionada anteriormente trabajará separado del motor por transmisión de potencia por correa.

Teniendo como referencia que necesitamos un motor de 2 HP, que gire a 1710 rpm para luego hacer girar el impulsor a 1000 rpm, para ello realizamos el cálculo de transmisión de potencia por correa.

Para realizar el diseño de la transmisión de potencia se debe tomar en cuenta la relación de transmisión con el fin de determinar la velocidad de rotación efectiva de trabajo y seleccionar todos los elementos idóneos que conforman este sistema como es el tipo del perfil de correa y sus respectivas poleas, tomando en cuenta varios parámetros como las distancias entre centros mínima, ángulo de abrazamiento entre otras.

a) Cálculo de la relación de transmisión. La relación de transmisión se obtiene con la siguiente ecuación:

$$i = \frac{n_2}{n_1}$$

Dónde:

i = Relación de transmisión

n_1 = Velocidad angular de la polea conducida = 1000 rpm

n_2 = velocidad angular de la polea conductora = 1710 rpm

$$i = \frac{1710 \text{ rpm}}{1000 \text{ rpm}}$$

$$i = 1,7$$

b) Cálculo de la potencia de diseño. Debido a las formas particulares del funcionamiento de las maquinas motoras y conducidas hay que tomar en cuenta un factor de servicio (C_1) el cual aumenta la potencia a transmitir para obtener la potencia de diseño que considera las características de la máquina y el motor utilizado.

$$P_D = P_E * f_s$$

Dónde:

P_D = Potencia de diseño

f_s = Factor de servicio por funcionamiento (Ver anexo 0)

$$P_D = 2,2 \text{ HP} \times 0,9$$

$$P_D = 2 \text{ HP}$$

- c) **Selección de la correa.** Para seleccionar el perfil de la correa a utilizar se debe usar la potencia de diseño calculada y la velocidad del motor o eje rápido el cual gira a 1710 rpm.

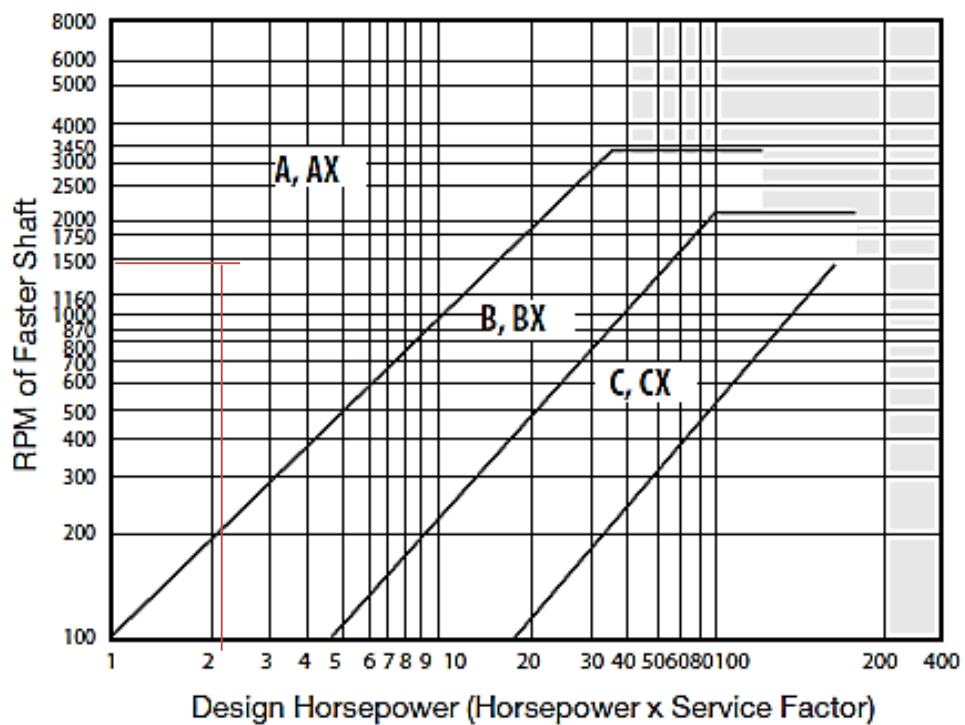


Figura 3-10: Grafica para seleccionar el tipo de correa.

Fuente: (MARTIN)

Se recomienda con esa potencia y velocidad utilizar correas de sección tipo A. (Ver anexo P)

- d) **Selección de la polea conductora y conducida.** Una vez que se ha determinado la relación de transmisión, esta debe darse en los diámetros de las poleas a utilizar.

$$i = \frac{D_p}{d_p}$$

Dónde:

D_p = Diámetro de la polea conducida

d_p = Diámetro de la polea conductora (polea del motor)

Se recomienda utilizar estos valores siguientes como mínimo:

Tabla 3-5: Diámetro mínimo de poleas recomendadas.

Sección	A	B	C	D	E
Diámetro primitivo mínimo (mm)	63	100	160	280	400

Realizado por: Juan Villarroel

Se utiliza una polea conductora de 3 in de diámetro:

$$D_p = i * d_p$$

$$D_p = 1,7 * 3 \text{ in}$$

$$D_p = 5,2 \text{ in}$$

Se selecciona un par de poleas de 3 pulgadas y 6 pulgadas, existentes en el mercado.

- e) **Cálculo de la distancia entre ejes.** Como la relación de transmisión es de 1,7 se recomienda utilizar el siguiente criterio:

$$C_T \geq \frac{(i + 1) * d_p}{2} + d_p$$

$$C_T \geq \frac{(1,7 + 1) * 3 \text{ in}}{2} + 3 \text{ in}$$

$$C_T \geq 7,1 \text{ in} = 180,3 \text{ mm}$$

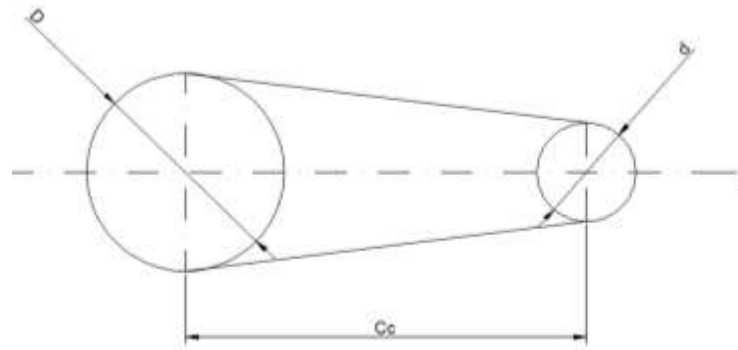


Figura 3-11: Representación del sistema de transmisión.
 Realizado por: Juan Villarroel

Entonces con este criterio se utiliza una distancia entre centros de 8 pulgadas o 203mm.

f) **Longitud primitiva de la banda.** Para determinar la longitud primitiva de la banda se utiliza la siguiente ecuación.

$$L = (2 \times C_T) + [(1,57)(D_p + d_p)] + \frac{(D_p - d_p)^2}{4 \times C_T}$$

Dónde:

L = Longitud de la banda

C_T = Distancia entre ejes = 205 mm

$$L = \frac{(2 \times 205) + [(1,57)(152,4 + 76,2)] + (152,4 - 76,2)^2}{4 \times 205}$$

$$L = 775,98 \text{ mm}$$

Tomando en cuenta que las poleas seleccionadas son de 3 y 6 pulgadas de diámetro para obtener la velocidad de trabajo de 1000 rpm en la polea conducida, se determina la longitud normalizada de la banda.

Mediante el Anexo P se selecciona una banda de A 30 con una longitud primitiva de $L_n = 797 \text{ mm}$ de marca Mitsubishi.

Con la longitud de la correa calculada y seleccionada de catálogo L_n se procede al recálculo de la distancia definitiva entre centros utilizando la siguiente fórmula:

$$C_c = C_T \pm \left| \frac{L - L_n}{2} \right|$$

Dónde:

$C_c =$ Distancia entre centros corregidos

$L_n =$ Longitud normalizada de la correa

Se toma en cuenta el siguiente criterio:

Signo (+) cuando $L < L_n$

Signo (-) cuando $L > L_n$

$$C_c = 205 + \left| \frac{775.98 \text{ mm} - 797 \text{ mm}}{2} \right|$$

$$C_c = 215,51 \text{ mm}$$

g) Cálculo de la cantidad de correas necesarias. Para el cálculo del número de correas necesarias para el correcto funcionamiento del sistema se utiliza la siguiente ecuación:

$$Z = \frac{P_D}{C_2 \times C_3 \times P_C}$$

Dónde:

$Z =$ Número de correas necesarias, se aproxima al entero positivo.

$C_3 =$ Factor de corrección que considera el arco de contacto entre la correa y las poleas.

$C_2 =$ Factor de corrección que considera la longitud de la correa (Ver anexo Q).

$P_C =$ Potencia que transmite una correa.

$P_D =$ Potencia de diseño.

Para hallar la potencia transmitida por la correa P_1 hay que tomar en cuenta la relación de transmisión, la velocidad del motor o eje rápido y la sección de la correa usada. En el Anexo Q, catalogo Martin se obtiene la potencia que trasmite una correa mediante una extrapolación.

$$P_C = 2,01 \text{ HP}$$

De la misma forma el catalogo Martin nos muestra el factor de corrección $C_2 \times C_3$ el cual considera la longitud de la correa y el arco de contacto, se obtiene del Anexo Q.

$$C_2 \times C_3 = 0,57$$

Reemplazando los valores en la ecuación de cantidad de correas necesarias se tiene:

$$Z = \frac{2 \text{ HP}}{0,57 * 2,01 \text{ HP}}$$

$$Z = 1,1$$

La cantidad de correas que el sistema necesita para su correcto funcionamiento es de 1,1 lo cual se considera la utilización de 1 correa.

h) Velocidad de la banda. Esta velocidad debe cumplir con el requerimiento técnico de no ser mayor a la velocidad máxima, que para un perfil normal de correa es igual a $v_{max} = 30 \text{ m/s}$, se obtiene la velocidad de banda de la siguiente ecuación:

$$v_B = \frac{n1 * \pi * d_p}{6000} \leq v_{max}$$

Dónde:

v_B = Velocidad de la banda

$n1$ = Velocidad de giro = 24,08 rad/s

$$v_B = \frac{104,72 \text{ rad/s} * \pi * 76,2 \text{ mm}}{6000}$$

$$v_B = 4,17 \text{ m/s}$$

La velocidad máxima para un perfil normal de correa se tiene que:

$$v_{max} = 30 \text{ m/s}$$

Entonces cumple con la recomendación:

$$v_B \leq v_{max}$$

- i) **Ciclos de flexión por segundo.** Es muy necesario verificar que las correas no superen un determinado ciclo de flexión por segundo, puesto que si es muy elevado la misma tiende a calentarse y esto afecta directamente a la vida útil de la correa. Los ciclos de flexión se calculan mediante la siguiente ecuación:

$$i_f = 1000 * N * \frac{v_B}{Ln}$$

Dónde:

i_f = Ciclos de flexión por segundo.

$$i_f = 1000 * 2 * \frac{4,17 \frac{m}{s}}{797 \text{ mm}}$$

$$i_f = 10 \text{ s}^{-1}$$

El número de ciclos de flexión por segundo recomendado para correa con perfil normal es de 30 s^{-1} o menor, por lo expuesto anteriormente se puede apreciar que la correa seleccionada cumple este parámetro.

- j) **Ángulos de abrazamiento.** Los ángulos de abrazamiento de las poleas se determinan mediante las siguientes ecuaciones.

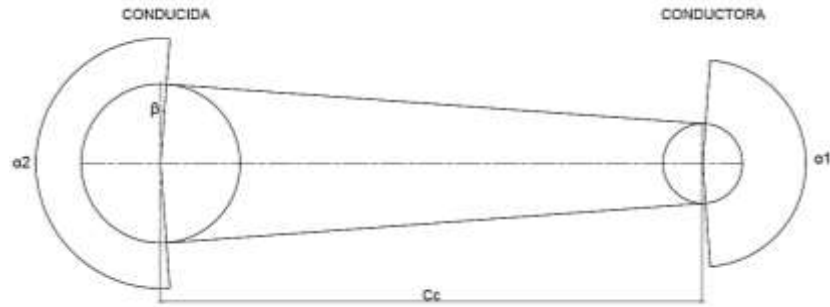


Figura 3-12: Representación de los ángulos de abrazamiento.
 Realizado por: Juan Villarroel

$$\alpha_1 = 180 - 57 * \frac{D_p - d_p}{C_c}$$

Dónde:

α_1 = Ángulo de abrazamiento de la polea pequeña

$$\alpha_1 = 180 - 57 * \frac{152,4 - 76,2}{215,51}$$

$$\alpha_1 = 159,85^\circ$$

$$\alpha_2 = 180 + 57 * \frac{D_p - d_p}{C_c}$$

Dónde:

α_2 = Ángulo de abrazamiento de la polea grande

$$\alpha_2 = 180 + 57 * \frac{152,4 - 76,2}{215,51}$$

$$\alpha_2 = 200,15^\circ$$

Los ángulos de abrazamiento son muy importantes para llevar a cabo una buena transmisión sin correr riesgo de deslizamiento, los ángulos no deben ser menores a 120°.

k) Tensiones producidas en la polea. La relación de tensiones tomando en cuenta la fuerza centrífuga para bandas trapezoidales esta dada por medio de la siguiente ecuación:

$$\frac{T_1 - T_c}{T_2 - T_c} = e^{\frac{f \cdot \theta}{\sin(\alpha/2)}}$$

Dónde:

T_1 = Tensión ejercida en el lado tirante

T_2 = Tensión ejercida en el lado flojo

T_c = Fuerza centrífuga

f = Factor de fricción = 0,5123

θ = Valor angular en radianes del lado conducido que se encuentra en contacto

α = Valor angular en grados de la garganta de la correa. Del Anexo P se tiene 40°

El ángulo de contacto en el lado conducido en rad es:

$$\theta = 200,15^\circ * \frac{2\pi \text{ rad}}{360^\circ}$$

$$\theta = 3,49 \text{ rad}$$

Ahora la fuerza centrífuga se define con la siguiente ecuación:

$$T_c = \rho_B * v_B^2$$

Dónde:

ρ_B = Densidad lineal. Del anexo R se tiene 0,11 kg/m

v_B = Velocidad de lineal de la correa en m/s

$$T_c = 0,11 \text{ kg/m} * (4,17 \text{ m/s})^2$$

$$T_c = 1,91 \text{ N}$$

Ahora con todos los valores obtenidos remplazamos en la ecuación del literal k)

$$\frac{T_1 - 1,91 \text{ N}}{T_2 - 1,91 \text{ N}} = e^{\frac{0,5123 * 3,49 \text{ rad}}{\sin(40/2)}}$$

$$\frac{T_1 - 1,91 \text{ N}}{T_2 - 1,91 \text{ N}} = e^{5,22}$$

La potencia que se genera en el sistema de transmisión se calcula con la siguiente ecuación:

$$P_E = (T_1 - T_2) * V$$

Dónde:

V = Velocidad de la banda en m/s

P_E = Potencia de diseño en watts

$$T_1 - T_2 = \frac{1491,4 \text{ watts}}{4,17 \text{ m/s}}$$

$$T_1 - T_2 = 357,65 \text{ N}$$

Ahora remplazando en la ecuación y se tiene

$$\frac{T_1 - 1,91 \text{ N}}{T_2 - 1,91 \text{ N}} = e^{5,22}$$

$$\frac{T_1 - 1,91 \text{ N}}{T_1 - 357,65 \text{ N} - 1,91 \text{ N}} = e^{5,22}$$

$$\frac{T_1 - 1,91 N}{T_1 - 359,56 N} = 184,93$$

$$T_1 = 361,51 N$$

$$T_2 = 3,86 N$$

3.3 Construcción del Equipo.

3.3.1 Equipos utilizados en la construcción.

En la fase de construcción de la lavadora de quinua se utilizó varios equipos para las diferentes operaciones que a continuación se detallan.

Tabla 3-6: Equipos utilizados para la construcción.

Código	Equipo.
E 1	Soldadora de Alta Frecuencia TIG
E 2	Soldadora de Arco Eléctrico
E 3	Torno
E 4	Baroladora
E 5	Cortadora por Plasma
E 6	Plegadora
E 7	Taladradora de Pedestal
E 8	Esmeril

Realizado por: Juan Villarroel 2018

3.3.2 Componentes de la lavadora de quinua.

En la construcción de la lavadora de quinua se considera como esenciales para cumplir con las especificaciones técnicas.

- Aprovechar al máximo posible los materiales adquiridos.
- Las dimensiones y materiales se indican en los respectivos planos.

A continuación, se presenta una tabla con los elementos componentes de la lavadora de quinua.

Tabla 3-7: Componentes de la lavadora de quinua.

Sistema	Elemento	Cantidad	Descripción	Material/Modelo	Especificación
Sistema Estructural	Estructura	1	Tubo cuadrado	Acero Inoxidable AISI304	1 in x 1 in x 2 mm
	Cuerpo	1	Plancha	Acero Inoxidable AISI304	2400 mm x 1220 mm x 2 mm
	Anillo Superior	1	Tubo redondo	Acero Inoxidable AISI304	1 in x 6000 mm x 2mm
	Cono	1	Plancha	Acero Inoxidable AISI304	2400 mm x 1220 mm x 2 mm
	Placa para Estructura	1	Plancha	Acero Inoxidable AISI304	2400 mm x 1220 mm x 2 mm
	Puente Soporte	1	Plancha	Acero Inoxidable AISI304	2400 mm x 1220 mm x 2 mm
	Protector de Polea y Banda	1	Plancha	Acero Inoxidable AISI304	2400 mm x 1220 mm x 2 mm
	Cubre Motor	1	Plancha	Acero Inoxidable AISI304	2400 mm x 1220 mm x 2 mm
	Tapa Cubre Motor	1	Plancha	Acero Inoxidable AISI304	2400 mm x 1220 mm x 2 mm
	Base para Motor	1	Plancha	Acero Inoxidable AISI304	2400 mm x 1220 mm x 2 mm
Sistema Motriz	Eje Motriz	1	Eje	Acero Inoxidable AISI304	Diámetro 1 in
	Bocín de Eje	1	Normalizado	Acero Inoxidable AISI304	Diámetro 2,5 in x 70 mm
	Rodamiento	1	CMB UCP 205-16	Fundición de Acero	Diámetro 2in
	Paletas Internas	2	Platina	Acero Inoxidable AISI304	1.5 in x 3mm x 6000 mm
	Chumaceras Eje Motriz	2	Normalizado	Acero Inoxidable AISI304	Diámetro 1 in
	Motor	1	WEG	Normalizado	2 HP
	Banda	1	Normalizado	Caucho	A30
Sistema de Bombeo y Recirculación	Estructura para Bomba	1	Tubo cuadrado	Acero Inoxidable AISI304	1 in x 1 in x 2 mm
	Tubería de Succión, Circulación y Descarga	1	Tubo redondo	Acero Inoxidable AISI304	3 in x 6000 mm x 2mm
	Placa de Soporte de Motor	1	Plancha	Acero Inoxidable AISI304	2400 mm x 1220 mm x 2 mm
	Motor	1	Normalizado	Fundición de Acero	Motor Trifásico WEG 2 HP

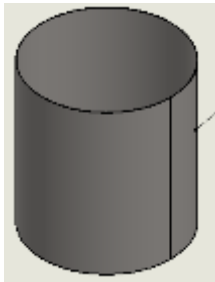

	Chumacera	1	Normalizada	Acero Inoxidable AISI304	Diámetro 1 in
	Bomba	1	Normalizada	Fundición de Acero	Bomba HS Hidrosólidos
	Eje Para Bomba	1	Eje	Acero Inoxidable AISI304	Diámetro 1 in long. 280 mm
	Válvula Esférica	1	Normalizada	Acero Inoxidable AISI304	Diámetro 2 in
	Cubre Motor de Bomba	1	Plancha	Acero Inoxidable AISI304	2400 mm x 1220 mm x 2 mm
	Polea Conductora	1	Normalizada	Fundición de Aluminio	1 canal 3 in
	Polea Conducida	1	Normalizada	Fundición de Aluminio	1 canal 6 in
	Banda Trapezoidal	1	Normalizado	Caucho	A30
	Protector de Polea y Banda	1	Plancha	Acero Inoxidable AISI304	2400 mm x 1220 mm x 2 mm
	Eje de Perilla de Válvula	1	Eje	Acero Inoxidable AISI304	Diámetro 5 in
	Perilla de Válvula	1	Platina	Acero Inoxidable AISI304	10 mm
Sistema Eléctrico	Eje Motriz	1	Plancha	Acero Inoxidable AISI304	2400 mm x 1220 mm x 2 mm
	Pulsador	1	Normalizado	Mixto	Pulsador NA/NC
	Luz Piloto	1	Normalizado	Plástico	Color Rojo

Realizado por: Juan Villarroel 2018

3.3.3 Proceso de construcción.

3.3.1.1 Tanque de la lavadora de quinua.



Tabla 3-8: Tanque de lavadora de quinua.

Tanque de la Lavadora de Quinua.	
<p>Diseño</p> 	<p>Construcción</p> 
<p>Tanque o cuerpo de la lavadora de quinua, para su construcción se utilizó dos planchas de acero inoxidable de 0,2 mm de espesor soldadas mediante una soldadora de alta frecuencia tipo TIG y realizada en un proceso de barolado.</p>	

Realizado por: Juan Villarroel 2018


3.3.1.2 Estructura de la lavadora de quinua.

Tabla 3-9: Estructura de la lavadora de quinua

Estructura	
<p>Diseño</p> 	<p>Construcción</p> 
<p>La estructura está construida en tubo de acero inoxidable de 1 pulgada × 1 pulgada × 2 mm de espesor. Debido a que la estructura va a aguantar un peso de 640 kg se decidió realizar el estudio de cargas estáticas mediante el software SOLIDWORKS.</p>	

Realizado por: Juan Villarroel 2018

Tabla 3-10: Propiedades del material (Acero Inoxidable AISI).

Referencia de modelo	Propiedades
	<p>Nombre: AISI 304</p>
	<p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p>
	<p>Criterio de error predeterminado: Desconocido</p>
	<p>Límite elástico: 2.06807e+008 N/m²</p>
	<p>Límite de tracción: 5.17017e+008 N/m²</p>
	<p>Módulo elástico: 1.9e+011 N/m²</p>
	<p>Coefficiente de Poisson: 0.29</p>
	<p>Densidad: 8000 kg/m³</p>
	<p>Módulo cortante: 7.5e+010 N/m²</p>
	<p>Coefficiente de dilatación térmica: 1.8e-005 /Kelvin</p>

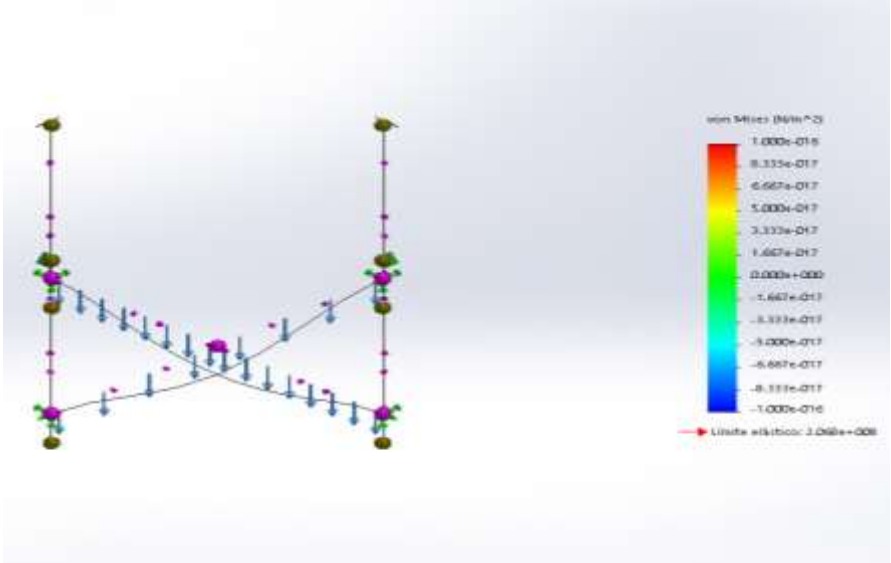
Realizado por: Juan Villarroel 2018

Tabla 3-11: Mallado de estructura de la lavadora de quinua.

Número total de nodos	9577
Número total de elementos	4584
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:08
Nombre de computadora:	
	

Realizado por: Juan Villarroel 2018

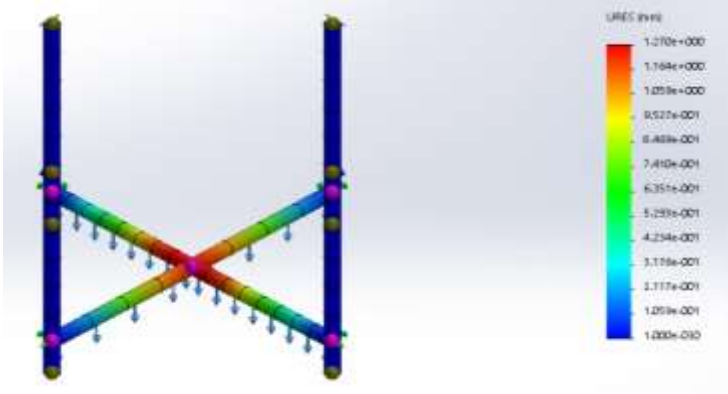
Tabla 3-12: Análisis estático de tensiones en la estructura.

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	0.000e+000N/m ² Nodo: 1	0.000e+000N/m ² Nodo: 1
			

Realizado por: Juan Villarroel 2018

Tabla 3-13: Análisis estático de desplazamientos.

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.000e+000mm Nodo: 1	1.270e+000mm Nodo: 9489

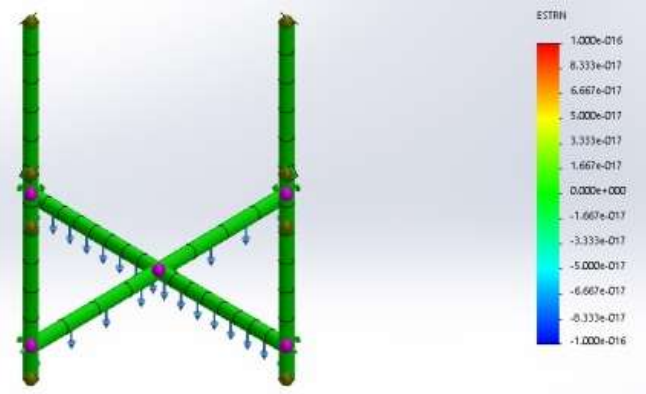


ESTRUCTURA DE LAVADORA-Análisis estático 1-Desplazamientos-Desplazamientos1

Realizado por: Juan Villarroel 2018

Tabla 3-14: Análisis estructural deformaciones unitarias.

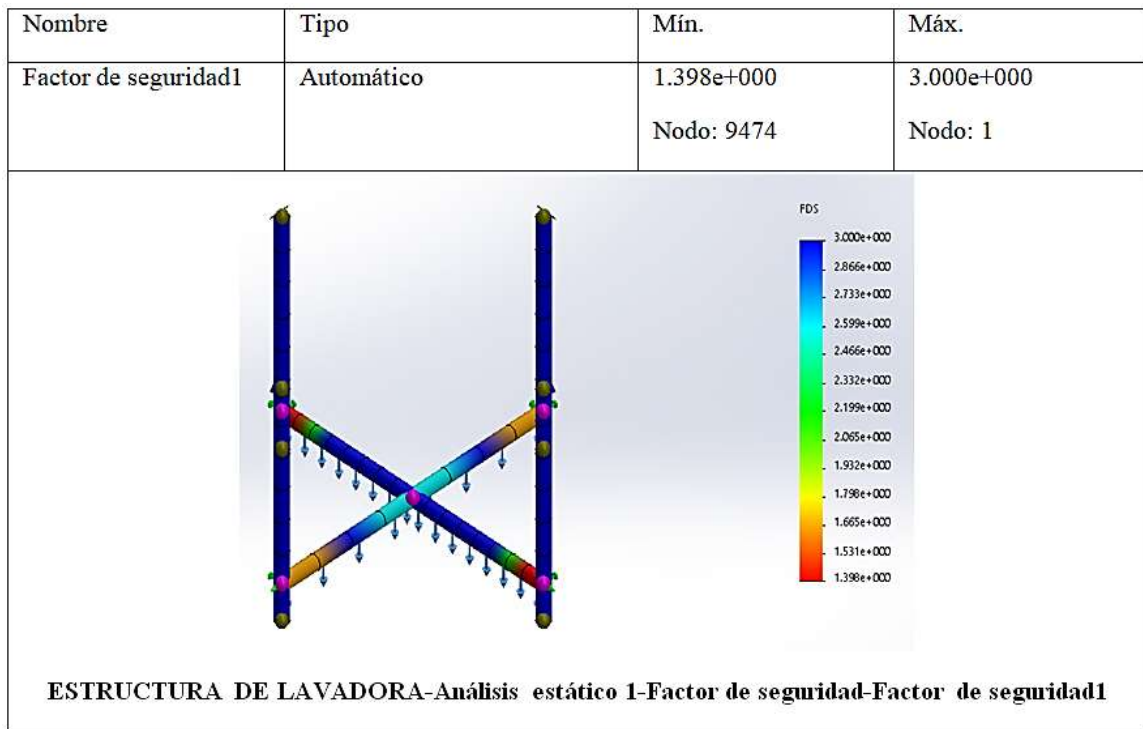
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	0.000e+000 Elemento: 1	0.000e+000 Elemento: 1



ESTRUCTURA DE LAVADORA-Análisis estático 1-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1

Realizado por: Juan Villarroel 2018

Tabla 3-15: Análisis estructural factor de seguridad.



Realizado por: Juan Villarroel 2018

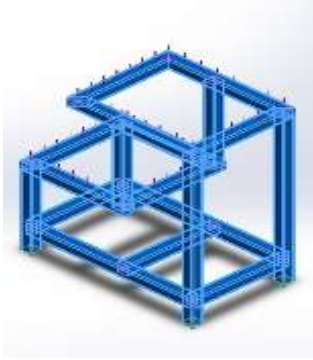
3.3.1.3 Estructura para bomba.

Tabla 3-16: Estructura para Bomba.

Estructura para Bomba.	
<p>Diseño</p>	<p>Construcción</p>
<p>La estructura está construida en tubo de acero inoxidable de 1 pulgada × 1 pulgada × 2 mm de espesor. Debido a que la estructura va a aguantar un peso de 8.05 kg se decidió realizar el estudio de cargas estáticas mediante el software SOLIDWORKS.</p>	


Realizado por: Juan Villarroel 2018

Tabla 3-17: Propiedades del material acero inoxidable AISI 304

Referencia de modelo	Propiedades
	Nombre: AISI 304
	Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal
	Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.
	Límite elástico: 2.06807e+008 N/m ²
	Límite de tracción: 5.17017e+008 N/m ²
	Módulo elástico: 1.9e+011 N/m ²
	Coefficiente de Poisson: 0.29
	Densidad: 8000 kg/m ³
	Módulo cortante: 7.5e+010 N/m ²
	Coefficiente de dilatación térmica: 1.8e-005 /Kelvin

Realizado por: Juan Villarroel 2018

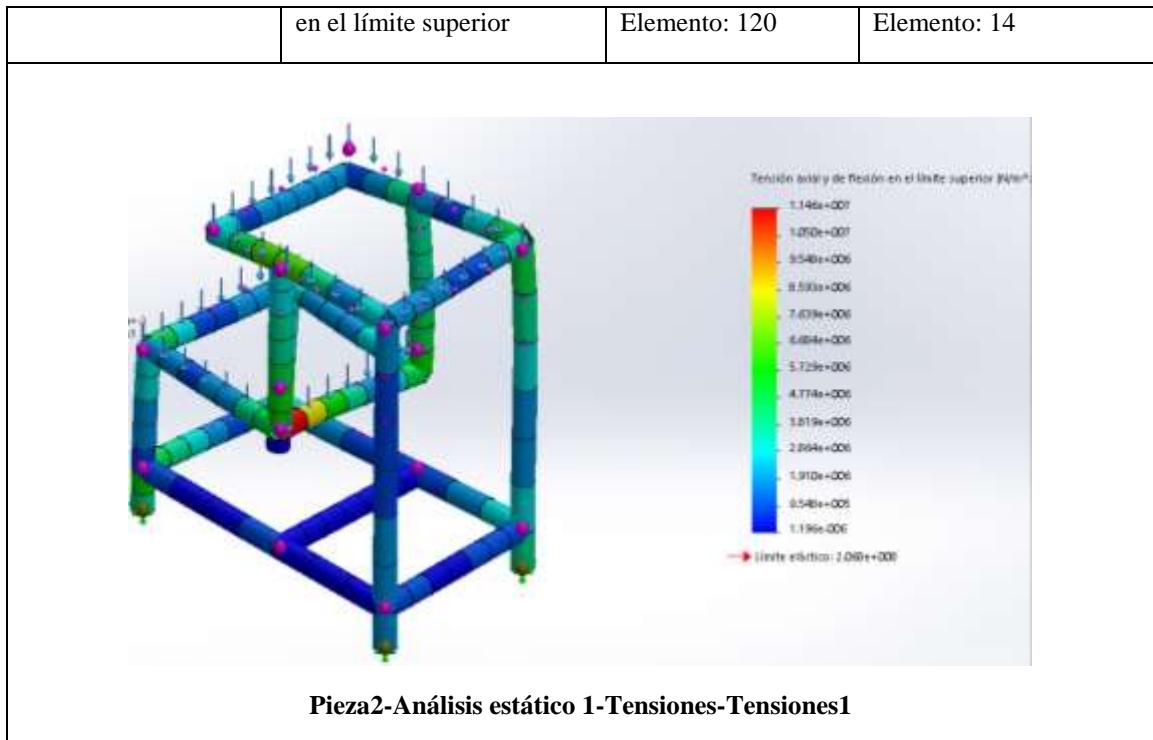
Tabla 3-18: Mallado de estructura para bomba.

Número total de nodos	259
Número total de elementos	133
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:05
Nombre de computadora:	
	

Realizado por: Juan Villarroel 2018

Tabla 3-19: Análisis estático de tensiones.

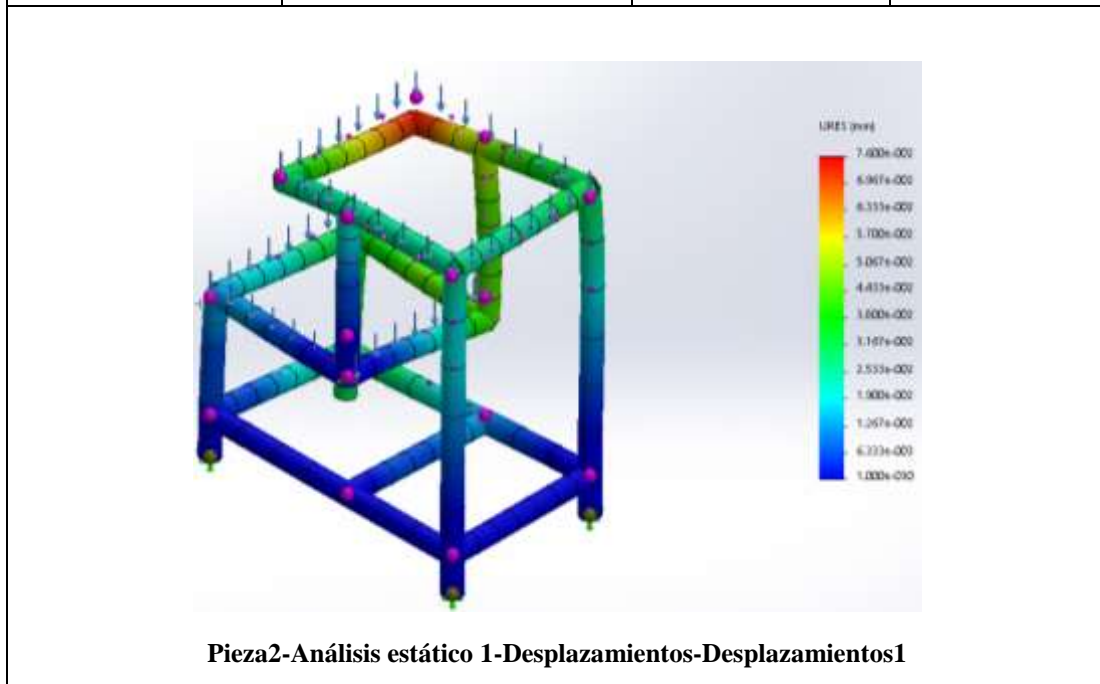
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	Tensión axial y de flexión	1.196e-006N/m ²	1.146e+007N/m ²



Realizado por: Juan Villarroel 2018

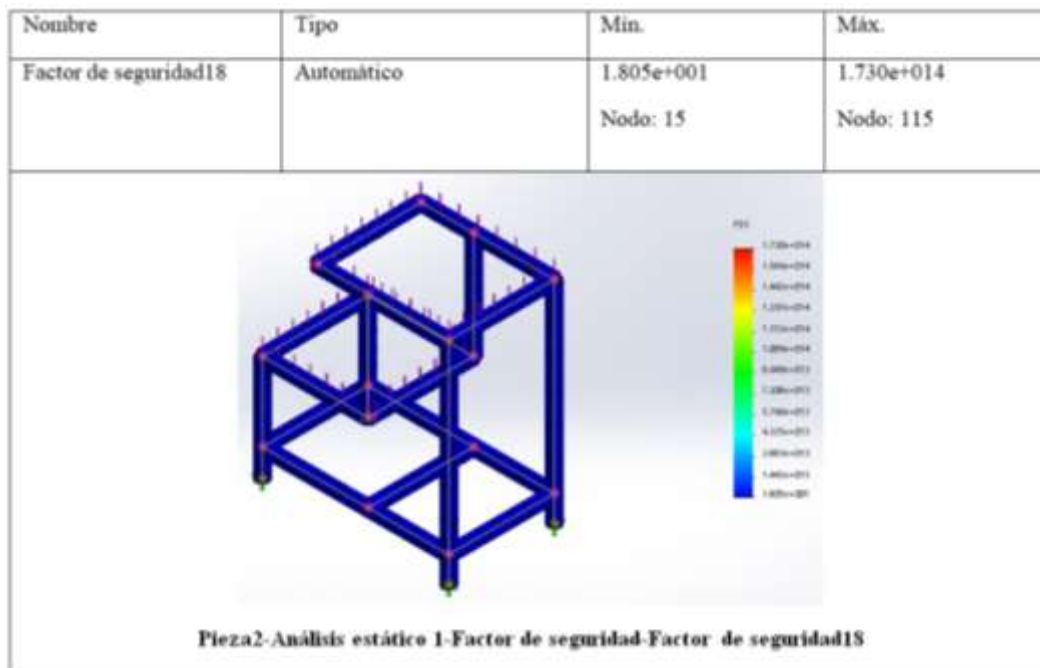
Tabla 3-20: Análisis estático de desplazamientos.

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.000e+000mm Nodo: 16	7.600e-002mm Nodo: 1



Realizado por: Juan Villarroel 2018

Tabla 3-21: Análisis estático factor de seguridad.



Realizado por: Juan Villarroel 2018

3.4 Sistema Eléctrico.

El sistema de la maquina escarificadora está conformado por el diagrama básico de control de un motor trifásico:

- Diagrama del circuito de control y mando.
- Diagrama del circuito de potencia.

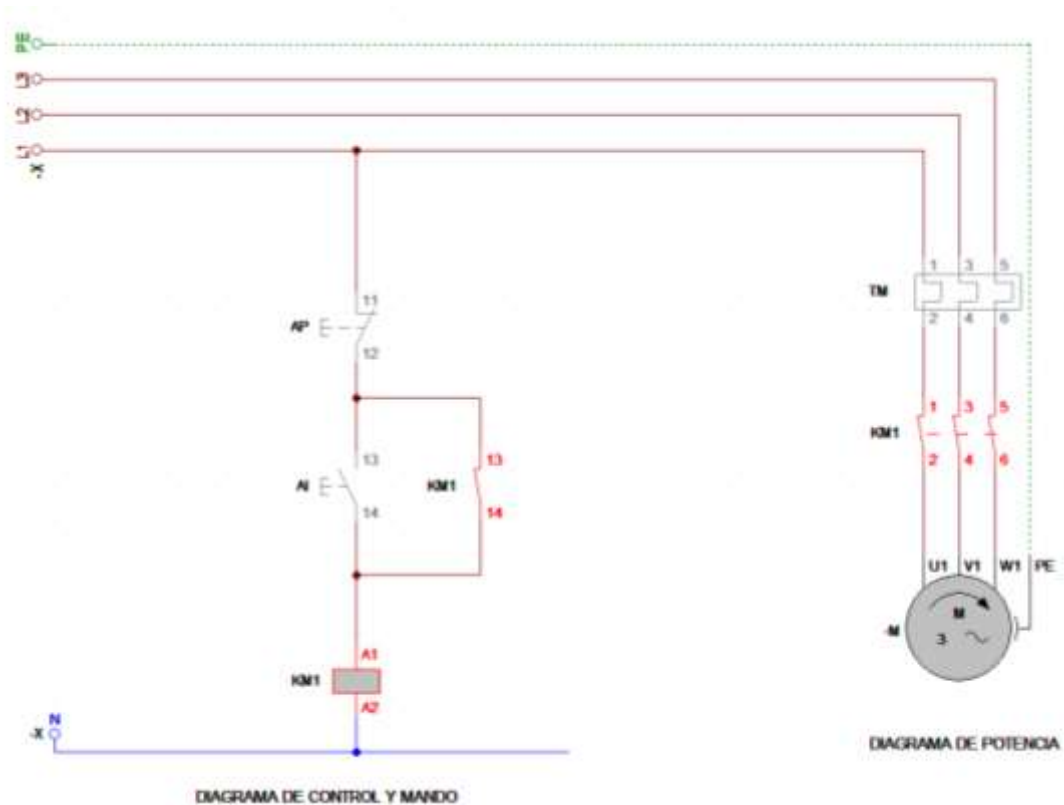


Figura 3-13 Diagrama de Control, mando y potencia.

Realizado por: Juan Villarroel 2018

Dónde:

L1: Fase 110V

L2: Fase 110V.

L3: Fase 110V.

LP: Protección.

N: Neutro.

AP: Accionamiento de Parada

AI: Accionamiento de Inicio

KM1: Contactor

TM: Fusible Térmico

M: Motor

3.4.1 Circuito de control y mando.

Sirve para la puesta en marcha, se logra presionando el botón de arranque AI, esto permite que la corriente llegue a la bobina de Contactor KM1.

El Contactor KM1 alimentado cierra los contactos principales, en el circuito de potencia permite que la tensión llegue al motor y gire. También cierra el contacto auxiliar en

paralelo con el botón pulsador de arranque, cuando dejemos de presionar, permitirá al cerrarse que la bobina continúe alimentándose.

3.4.2 Circuito de potencia

El circuito de potencia es la parte de la controla el consumo de corriente del sistema.

Esta parte es la que se encarga de excitar los relés para activar un dispositivo a su salida, ya sea un motor de continua, una bombilla, etc.

Este tipo de circuito se caracteriza sobre todo por trabajar a tensiones superiores 230 V, 400 V y más, en corriente alterna principalmente.

Los circuitos de potencia se representan en los esquemas de potencia, donde se incluyen una serie de elementos. Entre los más representativos se encuentran:

- Fusibles.
- Interruptores tripolares.
- Contactores.
- Relés térmicos.
- *Motores*

3.4.3 Tiempos de las operaciones de construcción.

A continuación, detallamos los tiempos de construcción y montaje de los diferentes elementos que conforman la Lavadora de Quinua.

Tabla 3-22: Tiempos de operaciones de construcción.

Sistema	Elemento	Nº	Operaciones	Tiempo (h)
Sistema Estructural	Estructura	1	Dimensionado y Rayado	0.75
		2	Corte	1.25
		3	Pre Soldado	0.75
		4	Nivelado	0.35

		5	Soldado	1.5
		6	Pulido	0.75
	Cuerpo	7	Dimensionado y Rayado	0.75
		8	Corte Plasma	1.25
		9	Lijado	0.75
		10	Barolado	1.75
		11	Pre Soldado	0.75
		12	Nivelado	0.75
		13	Soldado	1.35
		14	Taladrado	0.35
		15	Montaje en la Estructura	4
		Anillo Superior	16	Dimensionado y Rayado
	17		Corte	0.25
	18		Doblado	0.25
	19		Pre Soldado	0.25
	20		Nivelado	0.5
	21		Soldado	0.5
	Cono	22	Dimensionado y Rayado	2
		23	Corte	1.5
		24	Doblado	1.5
		25	Pre Soldado	0.75
		26	Centrado	1
		27	Soldado	2
	Placa para Estructura	28	Dimensionado y Rayado	0.25
		29	Corte	0.5
		30	Lijado	0.3
		31	Pre Soldado	0.3
		32	Nivelado	0.25
		33	Soldado	0.5
	Puente Soporte	34	Dimensionado y Rayado	0.35
		35	Corte plasma	0.35
		36	Lijado	0.35
		37	Plegado	0.75

		38	Pre Soldado	0.35
		39	Centrado	0.25
		40	Soldado	0.75
		41	Taladrado	0.35
		42	Pulido	0.6
		43	Montaje	0.75
	Protector de Polea y Banda	44	Dimensionado y Rayado	0.75
		45	Corte plasma	0.75
		46	Lijado	0.7
		47	Plegado	0.7
		48	Pre Soldado	0.6
		49	Centrado	0.6
		50	Soldado	0.35
		51	Taladrado	0.75
		52	Pulido	0.25
		53	Montaje	0.25
	Cubre Motor (Costados)	54	Dimensionado y Rayado	0.35
		55	Corte	0.35
		56	Lijado	0.25
		57	Pre Soldado	0.35
58		Nivelado	0.35	
59		Soldado	0.35	
Tapa Cubre Motor	60	Dimensionado y Rayado	0.35	
	61	Corte	0.35	
	62	Lijado	0.25	
	63	Pre Soldado	0.35	
	64	Nivelado	0.35	
	65	Soldado	0.35	
Base para Motor	66	Dimensionado y Rayado	0.6	
	67	Corte Plasma	0.75	
	68	Lijado	0.35	
	69	Taladrado	0.6	
	70	Doblado	0.45	

		71	Pre Soldado	0.45
		72	Nivelado	0.35
		73	Soldado	1
		74	Pulido	0.45
Sistema Motriz	Eje Motriz	75	Dimensionado y Rayado	0.35
		76	Corte	0.25
		77	Torneado	0.25
		78	Taladrado	0.7
		79	Montaje de Elementos	1.55
	Bocín de Eje	80	Montaje	0.25
	Rodamiento	81	Montaje	0.25
	Paletas Internas	82	Dimensionado y Rayado	0.35
		83	Corte	0.35
		84	Taladrado	0.75
		85	Pre Soldado	0.45
		86	Centrado	0.35
		87	Soldado	0.25
		88	Pulido	0.25
		89	Montaje en el Eje Motriz	0.25
	Chumaceras Eje Motriz	90	Montaje	0.35
91		Lubricación	0.25	
Motor	92	Montaje	0.35	
Banda	93	Montaje	0.25	
Sistema de Bombeo y Recirculación	Estructura para Bomba	94	Dimensionado y Rayado	0.75
		95	Corte	1.25
		96	Pre Soldado	0.75
		97	Nivelado	0.35
		98	Soldado	1.5
		99	Pulido	0.75
	Tubería de Succión, Circulación y Descarga	100	Dimensionado y Rayado	1
		101	Corte	0.75
		102	Lijado	0.5
		103	Sacado de Rosca	0.75

		104	Ensamblado	0.65
		105	Nivelado	0.5
		106	Ajuste	0.5
		107	Pulido	1
	Placa de Soporte de Motor	108	Dimensionado y Rayado	0.6
		109	Corte Plasma	0.75
		110	Lijado	0.35
		111	Taladrado	0.6
		112	Doblado	0.45
		113	Pre Soldado	0.45
		114	Nivelado	0.35
		115	Soldado	1
		116	Pulido	0.45
	Motor	117	Montaje	0.35
	Chumacera	118	Montaje	0.35
		119	Lubricación	0.25
	Bomba	120	Montaje	0.5
	Eje Para Bomba	121	Dimensionado y Rayado	0.5
		122	Corte	0.25
		123	Ensamble	0.3
	Válvula Esférica	124	Ensamble	0.3
	Cubre Motor de Bomba	125	Dimensionado y Rayado	0.35
		126	Corte	0.35
		127	Lijado	0.25
		128	Pre Soldado	0.35
		129	Nivelado	0.35
		130	Soldado	0.35
	Polea Conductora	131	Montaje	0.33
	Polea Conducida	132	Montaje	0.33
	Banda Trapezoidal	133	Montaje	0.33
	Eje de Perilla de Válvula	134	Dimensionado y Rayado	0.33
		135	Corte	0.25
		136	Lijado	0.4

		137	Pulido	0.5
		138	Ensamble	0.25
	Perilla de Válvula	139	Dimensionado y Rayado	0.33
		140	Corte	0.25
		141	Lijado	0.4
		142	Pulido	0.5
		143	Ensamble	0.25
Sistema Eléctrico	Caja de Control	144	Ensamble	0.5
	Pulsador	145	Ensamble	0.4
	Luz Piloto	146	Ensamble	0.4
			Tiempo Total en Horas	83.95

Realizado por: Juan Villarroel 2018

3.5 Pruebas de Funcionamiento.

Las pruebas en la lavadora de quinua se las realizó con 500 libras de quinua.



Figura 3-14: Pesaje de quinua para pruebas.

Realizado por: Juan Villarroel 2018

Se transportó los sacos de quinua desde la bodega de almacenamiento hasta el área de lavado.



Figura 3-15: Quinoa en el área de lavado.
Realizado por: Juan Villarroel 2018

Se colocó la cantidad de agua adecuada para el volumen de quinua que se vaya a lavó.



Figura 3-16: Llenado de agua en la lavadora de quinua.
Realizado por: Juan Villarroel 2018

Se colocó la quinua en la lavadora.



Figura 3-17: Colocación de la quinua en la lavadora.
Realizado por: Juan Villarroel 2018

Cernido de las impurezas que salen a la superficie en el momento en que va a iniciar el lavado de quinua.



Figura 3-18: Cernir las impurezas antes del lavado.
Realizado por: Juan Villarroel 2018

Espera de 10 minutos de lavado de la quinua.



Figura 3-19: Lavado de quinua.

Realizado por: Juan Villarroel 2018

Por último, se evacuó la quinua lavada hacia el exterior.



Figura 3-20: Evacuación de la quinua lavada.

Realizado por: Juan Villarroel 2018

3.6 Análisis de Resultados de Lavado.

A continuación, se realiza la comparación de tiempos de lavado, de un proceso manual y un proceso semiautomático mediante la lavadora de quinua.

3.6.1 Tiempo de lavado manual.

Para la obtención de estos tiempos de lavado manual se realizó pruebas de lavado en cubetas plásticas de 20 litros, se optó por utilizar este tipo de recipientes debido a que las personas que realizan el proceso de lavado manual así lo realizan debido a la comodidad, la altura y la forma que estos recipientes tienen.

Tabla 3-23 Diagrama de proceso de lavado manual de quinua.

DIAGRAMA DE PROCESO					
MÉTODO MAUAL:	X		Fecha: 23-01-2019		
MÉTODO PROPUESTO:			Diagrama: DE PROCESO		
Lavado Manual de Quinua			Hecho por: Villarroel Pérez Juan Carlos		
El diagrama empieza en la bodega de materia prima y termina en el area de secado.					
Departamento: Área de producción.					
Distancia en (m)	Tiempo en (seg)	Nº	Simbolos del diagrama	Descripción del proceso	
		1	○ ⇒ □ D ▽ □	Materia prima (saco de quinua), almacenada en la Bodega.	
50	12	1	○ ⇒ □ D ▽ □	Trasporte del saco de quinua hasta la balanza.	
	23	1	● ⇒ □ D ▽ □	Pesado del saco de quinua.	
	3	2	● ⇒ □ D ▽ □	Bajar el saco de quinua de la balanza.	
	16	3	● ⇒ □ D ▽ □	Abrir el saco de quinua.	
	470	4	● ⇒ □ D ▽ □	(X10) Pesar 10 libras de quinua.	
100	150	2	○ ⇒ □ D ▽ □	(X10) Transporte de las 10 libras de quinua al area de lavado.	
	70	5	● ⇒ □ D ▽ □	(X10) Colocar las 10 libras de quinua en un balde de 20 litros.	
	520	6	● ⇒ □ D ▽ □	(X10) Colocar agua a temperatura ambiente en el balde con la quinua.	
	1800	1	○ ⇒ □ D ▽ □	Reposo de la mezcla de agua y quinua.	
	300	7	● ⇒ □ D ▽ □	Mover con las manos (lavar) la mezcla de agua y quinua	
	17	8	● ⇒ □ D ▽ □	Cernir la quinua.	
	8	9	● ⇒ □ D ▽ □	Desechar el agua con saponina.	
	12	10	● ⇒ □ D ▽ □	Colocar nuevamente la quinua en el balde.	
	52	11	● ⇒ □ D ▽ □	Colocar nuevamente agua en el balde con quinua.	
	300	12	● ⇒ □ D ▽ □	Mover con las manos (lavar) la mezcla de agua y quinua	
	17	13	● ⇒ □ D ▽ □	Cernir la quinua.	
	8	14	● ⇒ □ D ▽ □	Desechar el agua con saponina.	
	12	15	● ⇒ □ D ▽ □	Colocar nuevamente la quinua en el balde.	
	52	16	● ⇒ □ D ▽ □	Colocar nuevamente agua en el balde con quinua.	
	300	17	● ⇒ □ D ▽ □	Mover con las manos (lavar) la mezcla de agua y quinua	
	17	18	● ⇒ □ D ▽ □	Cernir la quinua.	
	60	1	○ ⇒ □ D ▽ □	Inspección del desamargo del grano de quinua.	
5	5	3	○ ⇒ □ D ▽ □	Transporte de la quinua al área de secado.	
155	4224		18 3 1 1 1 0		

NOTA: El tiempo total del Lavado Manual de Quinua es de 1hora 10 minutos y 24 segundos

Realizado por: Juan Villarroel 2018

Tabla 3-24 Resumen del diagrama de procesos





























































RESUMEN		
OPERACIÓN		18
TRANSPORTE		3
INSPECCION		1
DEMORA		1
ALMACENAJE		1
ACTIVIDAD CONVINADA		0
TOTAL		24
DISTANCIA RECORRIDA (m)		155

Realizado por: Juan Villarroel 2018

3.6.2 Tiempo de lavado mediante la lavadora de quinua.

Para la obtención de estos tiempos se realizó pruebas de lavado en la maquina lavadora, con una capacidad de 500 libras de quinua, con agua a temperatura ambiente.

Tabla 3-25 Diagrama de procesos de lavado mediante la lavadora de quinua.

Departamento: Área de producción.									
Distancia en (m)	Tiempo en (seg)	Nº	Simbolos del diagrama				Descripción del proceso		
		1							Materia prima (saco de quinua), almacenada en la Bodega.
50	120	1							(X5) Transporte del saco de quinua hasta la balanza.
	215	1							(X5) Pesado del saco de quinua.
100	150	2							(X5) Transporte del saco de quinua desde la balanza hasta el area de lavado.
	155	2							Colocar agua a temperatura ambiente en la lavadora de quinua.
	420	3							(X5) Colocar la quinua en la maquina lavadora.
	30	4							Cernir las impuresas de la superficie de la mezcla.
	15	4							Encender la Lavadora de Quinua
	600	5							Lavado de quinua.
	197	7							Descarga de la mezcla de quinua.
150	1902		7	2	0	0	1	0	

NOTA: El tiempo total del Lavado Manual de Quinua es de 31 minutos y 42 segundos

Realizado por: Juan Villarroel 2018

Tabla 3-26 Resumen del lavado mediante la lavadora de quinua.

RESUMEN	
OPERACIÓN	 7
TRANSPORTE	 2
INSPECCION	 0
DEMORA	 0
ALMACENAJE	 1
ACTIVIDAD CONVINADA	 0
TOTAL	
10	
Distancia Recorrida (m)	
150	
Tiempo Total (s)	
1902	

Realizado por: Juan Villarroel 2018

3.6.3 Análisis de resultados.

a) **Lavado manual:** Con el estudio e interpretación del diagrama de proceso manual podemos concluir que un saco de quinua de (100 libras aproximadamente) son lavadas en 1 hora, 10 minutos y 24 segundos.

Cabe recalcar que este tiempo está dividido en Tres partes:

- Un proceso inicial de preparación de la quinua para su lavado en donde el trabajo sería de una sola persona con un tiempo de 21 minutos.
- Un tiempo de espera o demora de 30 minutos para que el agua se encuentre en contacto con la quinua y así facilite su desaponificado.
- Y un proceso final o proceso de lavado para el cual se necesitaría de 10 personas con un tiempo de trabajo de 19 minutos y 24 segundos.

b) **Lavado en la máquina lavadora de quinua:** Con los resultados del proceso de lavado mediante la maquina llegamos a la conclusión que en un tiempo de 31 minutos y 42 segundos podemos lavar 5 sacos de quinua de (100 libras aproximadamente). Y se requiere de un solo operario que sea el encargado del trabajo en la máquina.

c) **Lavado manual de 500 libras de quinua:** Después de obtener los resultados del proceso de lavado manual, podemos concluir que para lavar manualmente la misma cantidad de quinua (500 libras aproximadamente) que con la máquina lavadora necesitaríamos de un tiempo de 5 horas y 52 minutos divididas de las siguientes formas:

Tabla 3-27: Tiempo necesario para lavar 500 libras de quinua manualmente.

Tiempos de lavado para 5 sacos de 100 libras aproximadamente.		
Proceso	Tiempo en minutos	Tiempo en horas
Preparación	105	1 h 45 min
Remojo	150	2 h 30 min
Lavado	97	1 h 37 min
Tiempo Total	1232	5 h 52 min

Realizado por: Juan Villarroel 2018

3.7 Análisis de porcentaje de Saponinas.

Mediante la aplicación de la Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria INEN 1672 se procede a determinar el porcentaje de saponinas en una muestra luego de haber sido procesada en la lavadora de quinua.

Se realizó el proceso de medición de 0.50 g de quinua.



Figura 3-21: Medición de muestra de quinua.
Realizado por: Juan Villarroel 2018

Se colocó en tubo de ensayo junto con $5,0\text{ cm}^3$ de agua destilada.



Figura 3-22: Mezcla con agua destilada.
Realizado por: Juan Villarroel 2018

La norma pide en su procedimiento que se agite fuertemente el tubo durante 30 segundos, para realizar este proceso de la mejor manera se efectuó este paso en la máquina centrifugadora del laboratorio de ciencias de la ESPOCH, a 5000 rpm y con un tiempo de centrifugado de 30 s.



Figura 3-23: Máquina centrifugadora de la ESPOCH.
Realizado por: Juan Villarroel 2018

Se dejó que el tubo repose durante 30 minutos.



Figura 3-24: Reposo dentro de la centrifugadora.
Realizado por: Juan Villarroel 2018

Este proceso de agitación y reposo se lo realiza por 3 veces con los tiempos ya establecidos.

Para finalizar se midió la altura de espuma en el tubo de ensayo.

La medición en el tubo de ensayo nos dio como resultado 0,5 cm de espuma.



Figura 3-25: Medido de la altura de espuma.
Realizado por: Juan Villarroel 2018

El contenido de saponinas se lo calcula mediante la siguiente fórmula:

$$P_s = \frac{(0,646 \times h) - 0,104}{m \times 10}$$

Dónde:

P_s = Contenido de saponinas de la quinua, en porcentaje

h = Altura de espuma en centímetros

m = masa de la muestra en gramos

Remplazando los valores tenemos:

$$P_s = \frac{(0,646 \times 0,5) - 0,104}{0,5 \times 10}$$

$$P_s = 0,0438$$

Con esto podemos concluir que nuestra lavadora de quinua cumple con su objetivo principal, ya que obtuvimos un porcentaje de saponinas menor al 0,12 % que es el requerimiento de los mercados internacionales, para el consumo humano.

CAPÍTULO IV

4 ESTUDIO DE COSTOS.

4.1 Costos Directos.

4.1.1 Costos eléctricos.

Tabla 4-1 Costos eléctricos

Cantidad	Descripción	V. unitario(USD)	V. Total (USD)
1	Motor Trifásico 2 Hp	250	250
1	Motoreductor	250	250
1	Contactador	15	15
1	Botón paro de emergencia	4	4
2	Pulsadores	2	4
1	Caja Metálica (control)	10	10
10	Cable para potencia(m)	2	20
4	Cable para control(m)	0,5	2
	Total		555

Realizado por: Juan Villarroel 2018

4.3.2 Costos mecánicos.

Tabla 4-2 Costos mecánicos

Cantidad	Descripción	V. unitario(USD)	V. Total (USD)
2	Chumaceras 1 1/2"	15	30
2	Eje 1 1/2"	120	120
1	Bomba GOULS 4SH	300	300
2	Correa Trapezoidal	15	30
2	Poleas de 3"	30	30
2	Poleas de 6"	10	10
6	Perno 1/8 "x1"	0,1	0,6
12	Arandela 1/2"	0,1	3,4
6	Perno 1/2"	0,15	1,5
12	Arandela presión 1/8"	0,1	1,6
6	Tubo rectangular de acero Inoxidable AISI 304	50	300

3	Plancha AISI 304 2mm.	150	450
1	Consumibles	250	250
		Total	1477

Realizado por: Juan Villarroel 2018

4.1.3 Costos de mano de obra.

Tabla 4-3 Costos de mano de obra.

Cantidad (Días)	Descripción	V. unitario(USD)	V. Total (USD)
6	Soldador	50	300
5	Mecánico industrial	70	280
6	Dos Ayudantes	25	300
		Total	880

Realizado por: Juan Villarroel 2018

4.1.4 Costos de transporte de material.

Tabla 4-4 Costos de transporte de material.

Cantidad	Descripción	V. unitario(USD)	V. Total (USD)
1	Flete acero inoxidable	25	25
1	Flete máquina	40	40
		Total	65

Realizado por: Juan Villarroel 2018

4.1.5 Costo directo total.

Tabla 4-5 Costo directo total.

Descripción	V. Total
Costos eléctricos	555
Costos mecánicos	1477
Costo mano de obra	880

Costo transporte material	65
Costo directo total	2977

Realizado por: Juan Villarroel 2018

4.2 Costos Indirectos.

Tabla 4-6 Costos indirectos

N ^a	Descripción	V. unitario(USD)	V. Total (USD)
1	Ingenieriles (supervisión y diseño)	100	100
2	Imprevistos	150	150
	Total		250

Realizado por: Juan Villarroel 2018

4.3 Costo Total.

Tabla 4-7 Costo Total

N ^a	Descripción	V. unitario(USD)	V. Total (USD)
1	Costos directos totales	2977	2977
2	Costos indirectos totales	250	250
	Costo Total		3227

Realizado por: Juan Villarroel 2018

CONCLUSIONES

- Mediante el análisis y la inspección a lugares en donde se realiza el proceso de lavado manual se pudo obtener los siguientes pasos secuenciales del mencionado proceso: reposo, lavado, cernido, cambio de agua, nuevamente lavado y la obtención de un grano de quinua limpio. Además del tiempo real de lavado de 5 horas y 52 minutos con un tamaño de muestra de 500 libras y las condiciones ambientales de temperatura en las que se realiza el proceso, que para la provincia de Chimborazo se tiene una media anual de temperatura de 8°C – 19°C.
- De acuerdo a los requerimientos presentados por la empresa ASOALIENU se diseñó, construyó e implementó la lavadora de quinua, para así cumplir con la optimización del proceso de desaponificado.
- Mediante la aplicación de la norma técnica de buenas prácticas de manufactura para alimentos procesados se seleccionó el Acero Inoxidable AISI 304 para la construcción de la lavadora de quinua, cumpliendo a cabalidad con las normas nacionales vigentes.
- Con los resultados del proceso de lavado mediante la máquina se obtuvo un tiempo de 31 minutos y 42 segundos con una capacidad de 500 libras de quinua. Y se requiere de un solo operario para realizar este proceso.
- Se aplicó la norma INEN 1672 para determinar así el contenido de saponinas en la quinua luego de haber sido procesada en la lavadora de quinua, teniendo un porcentaje de 0,0438 de saponina, valor muy por debajo del 0,12% que establecen los mercados europeos para su consumo.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda la utilización de agua a temperatura ambiente para realizar el lavado de la quinua.
- Se recomienda la utilización de un cernidero para desechar las impurezas que salen a la superficie cuando el proceso inicia.
- Enjaguar el tanque de la lavadora de quinua luego de realizar el proceso y lavarlo una vez al día.
- Inspeccionar los sistemas eléctricos y mecánicos con técnicos que tenga el conocimiento adecuado de los diferentes elementos utilizados cada dos meses.
- Se recomienda un mantenimiento predictivo trimestral de la máquina.

BIBLIOGRAFÍA

LEÓN HANCCO, Juvenal Martín. Cultivo de Quinoa en Puno-Perú (Descripción, manejo y producción). (Trabajo de titulación) (ingeniería). Universidad Nacional del Altiplano, Ciencias Agrarias.(Puno-Perú). 2003. pp. 3-4.

DMCREATIVE. *Maquinarias-innova*. [En línea] [Fecha de consulta: 23 de 11 de 2018]. Disponible en: [http://maquinarias-innova.com/data_grande1.php?&var_precio=US\\$%200.00&var_idcat=1879](http://maquinarias-innova.com/data_grande1.php?&var_precio=US$%200.00&var_idcat=1879).

Estrella, Eduardo. *El Pan de America: etnohistoria de los alimentos aborígenes en el Ecuador*. Quito-Ecuador : FUNDACYT, 1998. pp. 15-18

FAO. *Quinoa* [En línea] [Fecha de consulta: 10 de septiembre 2018]. Disponible en : <http://www.fao.org>.

Foust, Alan. *Principios de operaciones unitarias*. Segunda Edición. México: Continental, 2006. pp. 574.

Jacobsen, Sven-Erick & Sherwood, Stephen. *Cultivo de Granos Andinos en Ecuador. (Informe sobre los rubros, quinoa, chocho y amaranto)*. Quito, Ecuador. : Abaya-Yala., 2002, pp. 14.

Proinpa. *La quinoa, cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial*. (2011) (Bolivia) pp. 7.

Martin. *Catálogo de poleas y bandas*. (2010) pp.51

MDRT-BOLIVIA. *Informe Agroalimentario*. (2009) (Bolivia) pp. 1-7.

Peralta, E; et al. *Manual Agrícola de Granos Andinos: Chocho, Quinoa, Amaranto y Ataco. Cultivos, variedades y costos de producción*. Quito-Ecuador : Pulicación Miscelánea N°. 69., 2012, pp.20-25

Meyhuay, Magno. *"Quinoa Operaciones de Poscosecha"*. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, (1999) (Estados Unidos) pp. 15.

REGISTRO-OFICIAL. *Norma Técnica Sustitutiva de Buenas Prácticas de Manufactura para Alimentos Procesados*. Agencia Nacional de Regulación, Control y

Vigilancia Sanitaria., Ministerio de Salud Pública. Quito : Editora Nacional, 2015. pp. 7-8.

Vulcanotec. *Lavadoras de quinua.* [En línea] [Fecha de consulta: 23 de noviembre del 2018]. Disponible en: <https://vulcanotec.com/maquinas/lavadoras/lavadora-de-quinua/>.