



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE SECADO DE QUINUA POR  
MEDIO DE UNA MÁQUINA PARA LA ASOCIACIÓN DE  
EMPREENDEDORES NUTRIANDINA ASOALIENU**

**RIVERA PALMA, DARWIN GEOVANNY**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**TIPO: PROPUESTA TECNOLÓGICA**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2018**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TRABAJO  
DE TITULACIÓN**

---

2017-05-20

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

**RIVERA PALMA DARWIN GEOVANNY**

Titulado:

**“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE SECADO DE QUINUA POR MEDIO DE  
UNA MÁQUINA PARA LA ASOCIACIÓN DE EMPRENEDORES  
NUTRIANDINA ASOALIENU”**

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

**INGENIERIO INDUSTRIAL**

---

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

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Eduardo Francisco García Cabezas  
**TUTOR**

---

Ing. Jhonny Marcelo Orozco Ramos  
**ASESOR**

---

## CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** RIVERA PALMA DARWIN GEOVANNY

**TRABAJO DE TITULACIÓN:** “OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE SECADO  
DE QUINUA POR MEDIO DE UNA MÁQUINA PARA LA ASOCIACIÓN DE  
EMPRENDEDORES NUTRIANDINA ASOALIENU”

**Fecha de Examinación:** 2018-06-01

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Ángel Guamán Mendoza <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Eduardo García Cabezas <b>TUTOR</b>			
Ing. Jhonny Orozco Ramos <b>ASESOR</b>			

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

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

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

---

Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza  
**PRESIDENTE TRIB. DEFENSA**

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El Trabajo de Titulación que presento, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

Rivera Palma Darwin Geovanny

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Darwin Geovanny Rivera Palma, 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 académicas de los contenidos de este trabajo de titulación.

---

Darwin Geovanny Rivera Palma

C.I. 230007929-6

## **DEDICATORIA**

Mi trabajo de titulación se lo dedico a dios que por su incondicional amor se logra todo lo planteado. A mi padre y familia quienes me han apoyado de forma constante a lo largo de mi vida estudiantil. Mis amigos y compañeros de estudios que han sido una segunda familia durante mi estancia en la ESPOCH. Todos ellos han contribuido a que culmine mi carrera exitosamente, por eso les agradezco de todo corazón que estén a mi lado.

**DARWIN GEOVANNY RIVERA PALMA**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme salud y vida para poder culminar mi trabajo de titulación, junto a él se logra todo lo planteado, y poder crecer como persona y profesional. Los que caminan de la mano del señor nunca están solos.

A mi padre y familia que gracias a su sacrificio me dieron su apoyo incondicional para poder terminar un logro más a mi vida. Que han contribuido poco a poco a forjar la persona que soy ahora, siendo los pilares fundamentales de mi vida.

A mis docentes de la ESPOCH por todo el conocimiento aportado a mi formación profesional y trabajo de titulación. Sin ellos no hubiera llegado tan lejos profesionalmente.

**DARWIN GEOVANNY RIVERA PALMA**

## CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	xvi
<b>ABSTRACT</b> .....	xvii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>ANTECEDENTES</b> .....	1
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	2
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	2
<b>JUSTIFICACIÓN TEÓRICA</b> .....	2
<b>JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA</b> .....	2
<b>JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA</b> .....	2
<b>OBJETIVOS</b> .....	3
<b>Objetivo general</b> .....	3
<b>Objetivos específicos</b> .....	3
<b>CAPITULO I</b> .....	4
<b>1. MARCO METODOLÓGICO</b> .....	4
<b>1.1 Quinua</b> .....	4
<b>1.2 Historia sobre la quinua</b> .....	5
<i>1.2.1 Valor nutritivo que tiene la quinua</i> .....	6
<i>1.2.3 Variedad</i> .....	9
<b>1.3 Teoría de secado de la quinua</b> .....	10
<i>1.3.1 Cantidad de humedad</i> .....	11
<i>1.3.2 Contenido de agua</i> .....	11
<i>1.3.3 Curva de secado respecto al tiempo de secado</i> .....	12
<b>1.4 Los procesos que se va tener de secado</b> .....	13
<i>1.4.1 Proceso de secado que tiene cualquier producto</i> .....	14
<i>1.4.1.1 Temperatura del aire</i> .....	14
<i>1.4.1.2 Humedad del aire</i> .....	15
<i>1.4.1.3 Velocidad de secado del aire</i> .....	15

1.4.1.4 <i>Tiempo que se va tener de secado</i> .....	16
1.4.1.5 <i>Secado de granos</i> .....	16
<b>1.5 Mecanismo de secado</b> .....	16
<b>1.5.1 Flujo capilar</b> .....	16
<b>1.5.2 Difusión del vapor</b> .....	16
<b>1.6 Operación de secado</b> .....	17
<b>1.7 Energía solar</b> .....	17
<i>1.7.1 Uso de la energía</i> .....	17
<i>1.7.2 Constante del sol</i> .....	18
<i>1.7.3 Formas y medidas de la radiación</i> .....	18
<b>1.8 Clasificación de secadores</b> .....	18
<i>1.8.1 Secadores Directos</i> .....	18
<i>1.8.2 Secadores indirectos</i> .....	19
<b>1.9 Los secadores se clasifican según la transferencia de calor</b> .....	19
<i>1.9.1 Transferencia de calor secadores directos.</i> .....	19
<i>1.9.2 Transferencia de calor secadores indirectos.</i> .....	20
<i>1.9.3 Transferencia de calor secadores diversos.</i> .....	20
<b>CAPITULO II</b> .....	21
<b>2. DISEÑO</b> .....	21
<b>2.1. Ponderación de aspas</b> .....	21
<i>2.1.1 Eje de transmisión</i> .....	21
<i>2.1.2 Diseño de paletas</i> .....	23
<i>2.1.3 Movimiento del eje de transmisión</i> .....	24
<b>2.2 Selección de los elementos de máquinas</b> .....	24
<i>2.2.1 Cálculo de la potencia total de trabajo</i> .....	24
<i>2.2.1.1 Cálculo del momento de inercia del sistema motriz</i> .....	24
<i>2.2.1.1 Cálculo de la potencia del sistema motriz.</i> .....	25
<i>2.2.2 Selección del motor</i> .....	28
<b>2.3 Análisis de las partes de la secadora circular</b> .....	29

2.3.1 Estructura fija .....	29
2.3.2 Diseño de la máquina secadora de quinua.....	30
2.3.3 Placa exterior .....	31
2.3.4 Placa interior .....	32
2.3.5 Recubrimiento exterior del piso .....	33
2.3.6 Tapiz.....	34
2.3.7 Protector de transmisión .....	35
2.2 Construcción del modelo .....	41
2.2.1 Estructura móvil.....	41
2.2.1 Estructura fija .....	42
2.2.3 Construcción del modelo prototipo .....	46
2.3 Proceso de secado experimental.....	47
2.3.1 Secador tipo bandeja circular para quinua.....	47
2.3.2 Secador solar .....	48
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>49</b>
<b>3 MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>49</b>
3.1 Elementos de máquinas seleccionados .....	49
3.1.1 Selección del motor .....	49
3.2 Construcción del modelo prototipo .....	50
3.3 Comparación del secado de quinua .....	50
3.3.1 Propiedad que tiene la quinua .....	50
3.3.2 Resultado del Secador tipo bandeja circular para quinua .....	51
3.3.3 Resultado del secador solar .....	53
3.3.4 Resultado del secador de sumaklife .....	55
3.3.5 Resultado del Secador de camari.....	56
<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>59</b>
<b>4 COSTOS .....</b>	<b>59</b>
4.1 Costos directos.....	59
4.1.1 Costos eléctricos .....	59

<i>4.1.2 Costos mecánicos</i> .....	59
<i>4.1.3 Costo de mano de obra</i> .....	60
<i>4.1.4 Costo de transporte de material</i> .....	60
<i>4.1.5 Costo directo total</i> .....	61
<b>4.2 Costos indirectos</b> .....	61
<b>4.3 Costo total</b> .....	61
<b>CONCLUSIONES</b> .....	62
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	63
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b> Pronósticos de quinua.....	5
<b>Tabla 2-1:</b> Clasificación de la quinua .....	7
<b>Tabla 3-1:</b> Variedad Nutricional del INIAP.....	7
<b>Tabla 4-1:</b> Composición obtenida con la Quinua:.....	8
<b>Tabla 5-1:</b> En Ecuador se tiene variedades de Quinua.....	9
<b>Tabla 1-2:</b> Escala de calificación .....	21
<b>Tabla 2-2:</b> Ponderación del eje de transmisión .....	21
<b>Tabla 3-2:</b> Ponderación de las paletas .....	23
<b>Tabla 4-2:</b> Factor de servicio para la máquina.....	28
<b>Tabla 5-2:</b> Ponderación del modelo del motor .....	29
<b>Tabla 6-2:</b> Ponderación del tubo .....	29
<b>Tabla 7-2:</b> Ponderación del diseño del secador.....	31
<b>Tabla 8-2:</b> Toma de la temperatura del caldero .....	36
<b>Tabla 9-2:</b> Datos para la interpolación.....	37
<b>Tabla 10-2:</b> Vapor de agua sobrecalentada .....	38
<b>Tabla 11-2:</b> Datos para la interpolación.....	38
<b>Tabla 12-2:</b> Vapor de agua sobrecalentada .....	40
<b>Tabla 13-2:</b> Secado de quinua.....	48
<b>Tabla 1-3:</b> Secado de quinua.....	49
<b>Tabla 2-3:</b> Propiedad que tiene la quinua.....	50
<b>Tabla 3-3:</b> Diagrama de procesos para el secado de quinua .....	51
<b>Tabla 4-3:</b> Conteo del diagrama de procesos del secado de quinua.....	51
<b>Tabla 5-3:</b> Secado de quinua en el Secador tipo bandeja circular para quinua.....	52
<b>Tabla 6-3:</b> Diagrama de procesos para el secado de quinua .....	53
<b>Tabla 7-3:</b> Conteo del diagrama de procesos del secado de quinua.....	53
<b>Tabla 8-3:</b> Secador solar .....	54
<b>Tabla 9-3:</b> Secado de SUMAKLIFE.....	55
<b>Tabla 10-3:</b> Secado de CAMARI.....	56
<b>Tabla 1-4:</b> Costos eléctricos.....	59
<b>Tabla 2-4:</b> Costos mecánicos .....	59
<b>Tabla 3-4:</b> Costo de mano de obra .....	60
<b>Tabla 4-4:</b> Costo de transporte de material .....	60
<b>Tabla 5-4:</b> Costo directo total.....	61
<b>Tabla 6-4:</b> Costos indirectos .....	61
<b>Tabla 7-4:</b> Costo total.....	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b> Principales zonas productoras.....	4
<b>Figura 2-1:</b> Tipos de Quinoa (blanca y colorada) .....	6
<b>Figura 3-1:</b> secado de un producto.....	14
<b>Figura 1-2:</b> Eje de transmisión.....	22
<b>Figura 2-2:</b> Eje de transmisión con paletas tipo L .....	23
<b>Figura 3-2:</b> Sistemas de coordenadas del conjunto móvil .....	24
<b>Figura 4-2:</b> Momento de Inercia del sistema motriz.....	25
<b>Figura 5-2:</b> Estructura fija.....	30
<b>Figura 6-2:</b> Placa exterior .....	31
<b>Figura 7-2:</b> Placa interior .....	32
<b>Figura 8-2:</b> Recubrimiento exterior del piso.....	33
<b>Figura 9-2:</b> Tapiz .....	34
<b>Figura 10-2:</b> Protector de transmisión .....	35
<b>Figura 11-2:</b> Estructura móvil.....	42
<b>Figura 12-2:</b> Estructura fija.....	43
<b>Figura 13-2:</b> Estructura fija.....	43
<b>Figura 14-2:</b> Estructura fija.....	44
<b>Figura 15-2:</b> Ponemos los rodamientos .....	44
<b>Figura 16-2:</b> Malla principal del producto.....	45
<b>Figura 17-2:</b> Soldamos un faldón.....	45
<b>Figura 18-2:</b> Ensamblado de la estructura móvil a la fija .....	45
<b>Figura 19-2:</b> Ensamblado del eje de transmisión.....	46
<b>Figura 20-2:</b> Maquina completa.....	46
<b>Figura 21-2:</b> Modelo prototipo .....	47
<b>Figura 1-3:</b> Modelo prototipo .....	50

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Grafico 1-3:</b> Curva % Humedad base húmeda vs Tiempo (secador circular).....	52
<b>Grafico 2-3:</b> Curva % Humedad base húmeda vs Tiempo (secador solar) .....	54
<b>Grafico 3-3:</b> Curva % Humedad base húmeda vs Tiempo (SUMAKLIFE) .....	56
<b>Grafico 4-3:</b> Curva % Humedad base húmeda vs Tiempo (CAMARI) .....	57
<b>Grafico 5-3:</b> Comparación de las curvas de secado .....	58

## **LISTADO DE ANEXOS**

**Anexo A:** Máquina secadora de quinua.

**Anexo B:** Ensamblaje máquina secadora.

**Anexo C:** Cuerpo secadora.

**Anexo D:** Eje de transmisión.

**Anexo E:** Estructura fija.

**Anexo F:** Estructura móvil.

**Anexo G:** Cuerpo.

**Anexo H:** Placa exterior.

**Anexo I:** Placa interior.

**Anexo J:** Recubrimiento exterior del piso.

**Anexo K:** Protector de transmisión.

**Anexo L:** Ensamblaje del tapiz.

**Anexo M:** CATÁLOGO LENTAX

## 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 requerida para vencer la inercia del sistema móvil
W	watts
<i>MT</i>	Momento Torsor
N	newton
<i>wsm</i>	Velocidad de rotación promedio de trabajo
rad	radianes
s	segundos
rev	revoluciones
min	minuto
<i>Ix</i>	Momento de inercia
m <sup>2</sup>	metros cuadrados
<i>αsm</i>	Aceleración angular
s <sup>2</sup>	segundos cuadrados
v	velocidad
v <sub>o</sub>	velocidad inicial
a	aceleración
r	radio
T	torque
F	fuerza
d	distancia
m	masa
g	gravedad
M	momento torsor total
hr	horas
F <sub>s</sub>	factor de servicio

V	voltios
rpm	revoluciones por minuto
mm	milímetros
in	pulgadas

## RESUMEN

En el presente trabajo de titulación se describe la optimización del proceso de secado de quinua por medio de una máquina para la asociación de emprendedores nutriandina ASOALIENU. Mediante un análisis de cómo trabaja la empresa, se determinó métodos de secado de la quinua. Para la optimización del secado se analizó diferentes tipos de maquinaria para ver cual se acopla más al secado de requerimientos de producción y la capacidad que necesita la empresa, y se determinó la mejor opción para la construcción de la maquinaria. Se hizo una ponderación de los materiales para determinar cuál es el material más adecuado y se determinó que es el acero AISI 304. Se realizó en SolidWorks el cálculo de momento de inercia en el eje z y se necesitó un motor de 2Hp para vencer la inercia de todos los elementos giratorios, se efectuó el cálculo de temperatura que llega al interior de la secadora tipo bandeja circular para quinua. Se efectuó la construcción de la secadora tipo bandeja circular para quinua y luego se realizó pruebas de funcionamiento para determinar la capacidad de producción, y se determinó que la capacidad de producción es de (5qq/h y 7qq/h). Se realizó una comparación de secado de quinua del secador circular tipo bandeja con el secador solar, sumaklife y camari y se pudo determinar que la máquina que construimos tenemos un 12,18% de humedad base húmeda y se determinó que con el secador tipo bandeja circular la quinua seca se obtiene en 85 minutos y en el secador solar se obtiene seca la quinua en 185 minutos y se recomienda encender la máquina secadora de quinua 3 minutos antes para que se estabilice y luego poner la quinua húmeda.

**Palabras clave:** <TECNOLOGIAS Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <INGENIERÍA INDUSTRIAL>. <SECADO DE AIRE CALIENTE FORSADO>, <DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA (DAC)>, <SOLIDWORKS >, <PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO>.

## ABSTRACT

In this graduation work the optimization of quinoa drying process was described through a machine for ASOALIENU entrepreneurs association nutriandina. By means of an analysis of how the company Works, the methods for drying quinoa were determined. For the optimisation of the drying different machinery types were analyzed to detect which is attached to the drying of production requirements and the capacity the company needs. The best option was the construction of machinery. A weighting of the materials was made in order to determine which is the most appropriate material. AISI 304 Stainless Steel was decided as the best option. The calculating moment of inertia in the z axis was conducted in Solid Works and a 2HP motor was needed to overcome the inertia of all rotating elements. The calculation of temperature that reaches the inside of the dryer tray type circular for quinoa was done too. The construction of the dryer, circular type tray for quinoa was executed and then performance tests to determine the production capacity. It was determined that the production capacity is (5qq/h and 7qq/h). A comparison between sumaklifey and camari, the quinoa drying dryer, circular type tray, with the solar dryer was made and it was possible to determine that the machine, we built, gets a 12,18% of moisture basis moist and with the circular type tray dryer, quinoa dry is obtained in 85 minutes. With the solar dryer quinoa dry is got in 185 minutes. It is recommended to turn on the quinoa dryer machine 3 minutes before to stabilize and the put wet quinoa.

**Keywords:** <TECHNOLOGIES AND ENGINEERING SCIENCES>, <INDUSTRIAL ENGINEERING>, <FORCED HOT AIR DRYING>, <COMPUTER AIDED DESIGN (CAD)>, <SOLIDWORKS>, <OPERATION TESTS>

## **INTRODUCCIÓN**

### **ANTECEDENTES**

La quinua representa un elemento muy importante por sus propiedades nutritivas de alta calidad y aún más cuando está empezando a formar parte de un grupo de alimentos de uso masivo e inclusive de exportación, la aplicación del proceso de secado manual o por medio de una máquina permite determinar en cuanto tiempo se va a secar la quinua con un control de calidad de la quinua.

Después de una segunda guerra mundial se hicieron comunes las grandes unidades de secado de granos, el aumento de la demanda de secado del grano se desarrolló métodos mecánicos de cosecha. La tecnología del secado ha sufrido varias transformaciones en la calidad y velocidad de producción al inicio de la revolución industrial (1790). En la actualidad encontramos diversos tipos de secadores de grano en forma, tamaño para una gran variedad de alimentos entre los cuales mencionamos algunos tipos de secadores como: secador de bandejas, secadores indirectos al vacío con anaqueles, secadores continuos de túnel, secadores rotatorios, secadores de tambor rotatorio.

En Ecuador el programa de cultivos Andinos del INIAP, inicio las primeras investigaciones a partir de 1983 con la recolección y evaluación de germoplasma nativo, el cultivo de quinua y amaranto en la provincia de Chimborazo especialmente en Riobamba y sus alrededores ha registrado un crecimiento.

Se depende mucho del tiempo de secado de la quinua porque ahí influirán varios factores de secado como por ejemplo variedad, volumen, velocidad de aire, cantidad de quinua que se va a secar, temperatura del aire y el secador tipo bandeja circular.

El producto terminado debe tener una humedad que va desde 20 al 35% de humedad en base húmeda.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Mejorar el secado de quinua dentro de los parámetros de comercialización interna del país.

## **JUSTIFICACIÓN**

### **JUSTIFICACIÓN TEÓRICA**

Con la finalidad de conservar la quinua se pretende dar mayor eficiencia al proceso de secado de quinua para conservar el producto considerando factores tales como velocidad, tamaño del grano a secar, temperatura del aire, etc. Se realiza la implementación de una máquina que ayude en el proceso productivo.

### **JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA**

Mediante la optimización del proceso de secado de la quinua por medio de una máquina, permite una ayuda muy importante para los agricultores de la asociación ASOALIENU, la misma que se puede asegurar un mayor ingreso económico por ende el beneficio social que se prevé lograr.

### **JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA**

La información que se podrá obtener mediante la implementación de una máquina secadora de quinua, contribuirá con la asociación de emprendedores nutriandina ya sea para fortalecer el conocimiento en calidad del producto y mejorar los tiempos de secado los que servirán para controlar los periodos de trabajo.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

- Optimizar el proceso de secado de quinua por medio de una máquina para la asociación de emprendedores nutriandina ASOALIENU.

### **Objetivos específicos**

- Determinar qué características y parámetros se necesita para el secado del grano de quinua.
- Analizar el secado de la quinua por el método manual y con el método de aire caliente forzado.
- Realizar una comparación para determinar cuál es el método más adecuado para el secado de quinua.

## CAPITULO I

### 1. MARCO METODOLÓGICO

#### 1.1 Quinoa

La quinoa (*Chenopodium quinoa willd*) una planta que alcanza de 1 a 3 metros y sus hojas son anchas y también se lo conoce como pseudocereal, es nativa de los lugares de región andina y se la siembra en Ecuador en algunas provincias de las principales zonas productoras Imbabura, Carchi, Chimborazo, Pichincha y Cotopaxi, otros, y se cultiva a 2300 metros y 3700 metros, sobre el nivel del mar. (Peralta, 2009).



**Figura 1-1:** Principales zonas productoras

**Elaborado por:** Cristhian Sánchez, 2012

**Tabla 1-1:** Pronósticos de quinua

<b>Provincias</b>	<b>Toneladas (t/ha)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
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
<b>Total</b>	<b>12,707</b>	<b>100</b>

Realizado por: Darwin Rivera, 2018

Fuente: Autor

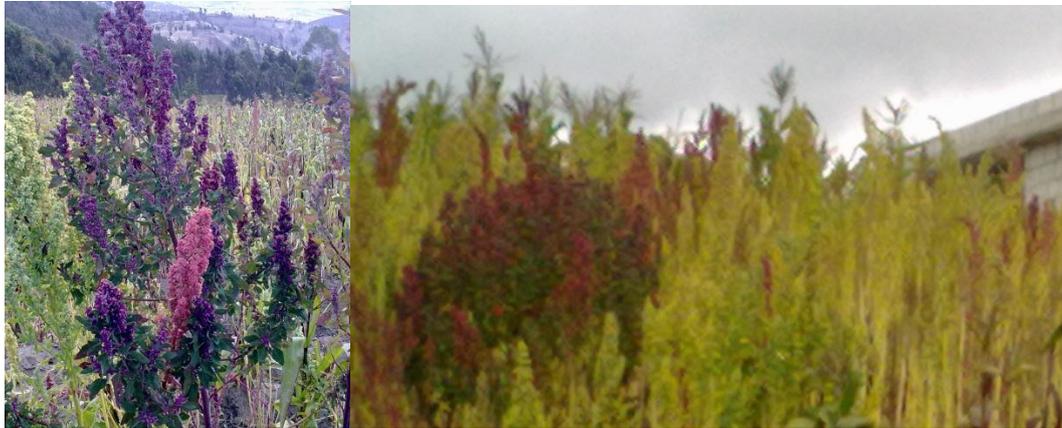
## **1.2 Historia sobre la quinua**

“Se lo cultiva desde la antigüedad en los Andes, en 1970 un historiador nos indicó que al norte de un país se cultivaba quinua, se encontró ahí granos de quinua que habían desde la antigüedad años atrás, un historiador de origen peruano nos indicó que la quinua es antigua desde 5000 años a.c. en forma global podemos decir que hay varios lugares donde nosotros podemos encontrar granos de quinua y se analizan con el carbono 4 (C.4) y dicen que desde la antigüedad hay granos de quinua. Nos indican que hay una particularidad que cuando el grano de quinua o la semilla más antigüedad tenga se tiene la posibilidad de encontrar semillas de quinuas silvestres, para un proceso de secado o selección se ha hecho en varios siglos para poder tener una variedad. (León Hanco, 2003)

La quinua es de un origen andino o zona andina de todos los lugares altiplanos, se han caracterizado por tener una gran variedad de especies silvestres u una gran variedad genética, en estos tiempos se tiene una gran variedad de plantas de quinua: a nivel de mar, solares, quinua de valles, subtropicales y altiplánicas. (Peralta, 2009)

En Ecuador ha dicho (Estrella, 1998) que es una planta herbácea y que tiene algunas cualidades como medicinales y alimenticias, que en la antigüedad lo cultivaban los cañarís por el siglo XVI, tras la conquista de los españoles a los pueblos aborígenes en 1549 dijeron que la quinua se la vendiera en los tambos.

Vásquez de Espinoza había hecho un recorrido por el Ecuador en 1619 nos dice que en Chimbo “se encontró quinua una yerba muy parecida a la de España, tiene una semilla menuda, como mostaza, pero de color blanco se hace comida del grano de quinua”. (Peralta, 2009)



**Figura 2-1:** Tipos de Quinua (blanca y colorada)

**Elaborado por:** Ladislao Cabrera, 2009

Por el siglo XVIII, descubren que se encontraron dos tipos de quinua, según Juan de Velasco ha distinguido la quinua por su forma: a) Blanca tiene un grano menudo, chato, redondo, sin piel; esta planta se la cultiva en tierras frías “se la come y tiene un buen gusto fresco”, y b) Colorada tiene un grano muy menudo, redondo y cuyo uso de este grano de quinua es comerla tostada, se revienta, se esponja mucho y es de un exquisito gusto”. En los presentes tiempos se lo cultiva en algunas áreas la quinua como en Imbabura, Chimborazo, Azuay Tungurahua y Cañar. Según INIAP la quinua se la está promoviendo para que la cultiven y en este tiempo la quinua aumento el consumo y la producción. (Peralta, 2009)

### ***1.2.1 Valor nutritivo que tiene la quinua***

Según ERPE (Escuelas Radiofónicas Populares Ecuatorianas) que está ubicado en Riobamba, Chimborazo, Ecuador está impulsando a l grano de quinua para la producción certificada para que tengan un producto de calidad, como un una gran cantidad de pequeños productores, la cosecha tiene como finalidad ser exportada. (ERPE, y otros, 2000)

La quinua tiene un excepcional valor nutritivo, con proteínas de alto valor biológico y excelente balance de aminoácidos esenciales, la vitamina la tiene en el núcleo del grano, y no en la cáscara, en cereales como: el arroz o el trigo. (Suquilanda Valdivieso, 2007)

La quinua, ofrece la mayor cantidad de aminoácidos esenciales que cualquiera de los más importantes cereales del mundo, es decir los 10 aminoácidos esenciales que el hombre necesita, destacando entre estas la lisina que es uno de los más escasos en los alimentos de origen vegetal y que está presente en el cerebro humano. (Suquilanda Valdivieso, 2007)

La quinua, comparada con otros granos y hortalizas, es muy alta en proteínas, calcio, zinc y hierro los que son considerados minerales esenciales para la salud humana. Lo cual muestran a la quinua como un alimento ideal, Las semillas germinadas son también un alimento exquisito y muy nutritivo. La misma que proporciona nutrientes igual o más que muchos de los alimentos del reino vegetales. (Suquilanda Valdivieso, 2007)

(Álvarez, y otros, 1977) “la quinua tiene un amplio campo en el valor nutricional y tiene un alto porcentaje en calcio y proteínas. Se sabe que la quinua en el valor nutritivo es según el aporte que tiene las proteínas al organismo del ser humano. Las variedades de productos de quinua están contribuyendo a la dieta alimenticia de la familia, la quinua fue un alimento nutricional para las culturas americanas.” En la Tabla 2-1 se puede observar la clasificación de la quinua.

**Tabla 2-1:** Clasificación de la quinua

Reyno:	Vegetal
División:	Feneróganas
Clase:	Dicotiledóneas
Subclase:	Angiospermas
Orden:	Centrospermales
Familia:	Chenopodiáceas
Género:	Chenopodium
Sección	Chenopodia
Subsección	Cellulata
Especie:	Chenopodium quínoa willdenow

Fuente: Miranda, R. (2007)

En la Tabla 3-1 se puede observar el valor nutricional de la quinua que lo hizo el INIAP del Ecuador.

**Tabla 3-1:** Variedad Nutricional del INIAP

VALOR NUTRICIONAL	VALOR DE AMINOACIDOS mg/g	VALOR DE GRASOS %	ÁCIDOS
-------------------	---------------------------	-------------------	--------

Energía (Kcal/100g)	453.08	Ácido aspártico	11.8	Caprino C10:0	--
Humedad (%)	13.7	Serina	5.8	Láurico C12:0	--
Proteína (%)	13.9	Ácido glutámico	21.4	Mirístico C14:0	Trazas
Grasa (%)	4.95	Prolina	4.6	Palmítico C16:0	11.49
Carbohidratos (%)	66.73	Treonina*	5.1	Estéarico C18:0	Trazas
Fibra (%)	8.61	Alanina	6.5	Linoleico C18:2	56.8
Calcio (%)	0.18	Valina*	6.4	Linolénico C18:3	4.7
Fósforo (%)	0.59	Metionina*	1.5		
Magnesio (%)	0.16	Isoleucina*	5.2		
Potasio (%)	0.95	Leucina*	8.6		
		Arginina	8.0		
		Tirosina	4.4		
		Histidina	3.9		
		cisteína	1.5		

Fuente: Vaca, D (2008)

Aminoácidos esenciales

Laboratorio de nutrición y calidad INIAP, 2006

Es un alimento que tiene una composición química muy buen para la alimentación que es la quinua, Tabla 4-1 se tiene que la quinua en uno de los principales alimentos que son incorporado en las dietas nos indica, es un alimento valorado por su naturaleza química. La quinua sufre transformaciones al ser consumido este alimento en el ámbito nutricional y alimentario la quinua es una fuente natural de proteínas vegetal y un alto valor nutritivo. La quinua se convierte en un alimento ideal para los niños y los mayores. (Peralta, y otros, 2012)

**Tabla 4-1:** Composición obtenida con la Quinua:

Calorías (Kcal)	352
Humedad (%)	9 – 13
Carbohidratos (g)	53 – 75
Fibra (g)	2 – 5
Grasa total (g)	5 – 7
Proteínas (%)	16 – 24
Saponinas (%)	0.07

Fuente: Moreira. (1976)

### 1.2.2 Variedades

En los países que se cultivan quinua se tiene diferentes variedades de quinua, en Ecuador encontramos variedades (Tabla 5-1).

**Tabla 5-1:** En Ecuador se tiene variedades de Quinua

VARIEDAD	ALTURA PLANTA	FLORECE	COSECHA	COLOR	SAPONINA	RENDIM. Kg/ha
TUNKAHUAN	150	109	180	Blanco	(0.07%)	2000
PATA DE VENADO	75	73	150	Blanco crema	(0.06%)	1400

Fuente: (Peralta, 2009)

### 1.2.3 Variedad

La quinua tiene muchos usos de preparación como en sopas también a los granos de quinua se lo pueden tostar para producir harina; se lo puede usar en cereales, pastas, también con la quinua se puede hacer cerveza o chicha. (Corvalan, y otros, 1992)

#### ***Lo que se puede hacer con la quinua:***

**Grano de Quinua:** Después de lo que se hace el escarificado y lavado se está eliminado del grano de quinua la saponina que tiene el producto y tiene proteína en un 16% que no contiene gluten, se lo puede comer como arroz, se lo puede usar en sopas también en platos de entada. (Corvalan, y otros, 1992)

**Se hace Pasta de quinua:** se puede hacer fideos de pasta mezclando con harina de trigo, para obtener una textura buena con un gusto delicioso y se está introduciendo en la industria alimenticia. (Corvalan, y otros, 1992)

**Harina cruda de quinua:** Se puede utilizar para la elaboración de algunos productos por su valor nutricional que tiene la quinua se puede utilizar en galletería, panificación y otros. (Corvalan, y otros, 1992)

**Harina tostada de quinua:** La quinua deber ser cocinada para luego molerla, la harina se puede mezclar con agua caliente, leche o agua fría y luego se endulza con cualquier endulzante y al gusto que desee. (Corvalan, y otros, 1992)

**Hojuelas de quinua:** Para obtener hojuelas de quinua se procesa, este productos se puede consumir poniendo leche a las hojuelas o hacer sopas de acuerdo al gusto de cada persona. (Corvalan, y otros, 1992)

### 1.3 Teoría de secado de la quinua

La teoría de secado de la quinua consiste en disminuir la humedad que contiene cualquier producto y el producto final debe presentar diferente porcentaje de humedad con la del inicial. Uno de los métodos más antiguos para la conservación de un producto es la deshidratación a un producto cualquiera. (Corvalan, y otros, 1992)

Un tipo de secado más utilizado es el secado térmico es para secar productos, este proceso es de transferir energía y masa para que cualquier producto se seque y tener un producto de calidad. (Corvalan, y otros, 1992)

- Se transfiere calor, desde la maquina al producto.
- Se transfiere masa, aquí se trata de llevar desde el interior del grano la humedad hacia la superficie y para su posterior evaporación.

Cuando existen procesos simultáneos puede existir otras complicaciones en el proceso de secado del producto pueden existir diferentes condiciones físicas del producto esto se puede ir modificando mientras se evapora el contenido de humedad del producto. Cuando en un producto cualquiera la humedad está ubicada en la superficie solo se lo haría por evaporación superficial. Cuando la humedad está en el interior del producto es necesario que la humedad se transfiera a la superficie del mismo para su posterior evaporación de la humedad. (Corvalan, y otros, 1992)

Se pueden presentar objetivos en los procesos de secado del producto y detallamos algunos los cuales son:

- Se puede un proceso facilitar
- Se puede conseguir una buena utilización de un producto.
- Se puede conservar los alimentos.
- Se mejora el rendimiento del equipo.
- Se reduce costos.
- Se puede aprovechar los subproductos.

### ***1.3.1 Cantidad de humedad***

El agua que se puede evaporar e un producto se puede expresar con respecto a su masa total o a su masa seca del producto. (Siguencia Ávila, 2013)

Uno de los principales factores de influencia es la cinética de secado de un producto que afecta al secado del producto, que tiene el contenido de humedad. (Siguencia Ávila, 2013)

Pueden existir algunos métodos para poder saber cuánto de humedad tiene el producto. Uno de los métodos es el método indirecto utilizan la dependencia de un producto como por ejemplo la conductividad eléctrica y teniendo en cuenta la humedad que tiene, y se puede medir con un equipo cuanto de humedad tiene el producto. Para la determinación directa de la humedad que tiene toca medir la masa de un producto y también se mide la masa seca de un producto después de eliminar la humedad que tiene a una temperatura que tiene de 120°C hasta llegar a la humedad que se necesita. El método que utiliza para el secado presenta algunas dificultades para eliminar el contenido de humedad. (Siguencia Ávila, 2013)

Que la quinua o el grano tiene diferentes niveles de humedad que puede experimentar que puede ser atacado por microorganismos o por insectos en el almacenamiento del producto final, en el secado pueden distinguir los estados en que el grano tiene humedad. (Siguencia Ávila, 2013)

La humedad puede estar en el interior o exterior del grano, la humedad debe estar en equilibrio de un sólido con el aire. La humedad debe tener un límite que el producto o el grano debe contener la humedad de una sustancia que está en contacto con el aire y también con la temperatura que puede tener. (Tojo Barreiro, 1970)

Según (Dávila Nara, 2004), que la humedad tiene un contenido crítico y en secado pueden presentarse diferentes cambios ya que puede afectar en la velocidad de secado del grano de quinua y en la creciente de secado.

### ***1.3.2 Contenido de agua***

Cada producto que contiene agua puede estar de diferente forma que se puede presentar, en algunos casos no es necesario extraer toda el agua del producto y en otros casos el agua está ligada con el producto. En la naturaleza se puede distinguir la materia seca del agua. (Kneule, 1982)

- Líquido adherente: está cubriendo con una capa el exterior de la superficie

- Líquido capilar: está retenido en el interior del producto o del grano de la materia porosa del producto.
- Líquido hinchado: está en la base del grano o del producto.

El agua tiene una actividad muy importante en cualquier material y se puede tener cualquier grado de libertad cualquier producto puede intercambiar agua con el ambiente hasta que estece en equilibrio entre el agua y el medio ambiente, la humedad es relativa con el aire y puede estar en cualquier producto, la humedad puede estar en equilibrio entre el agua y el medio ambiente en contacto con el agua libre. (Moreno, 2001)

### *1.3.3 Curva de secado respecto al tiempo de secado*

Este proceso del producto puede contener diferentes fases de secado.

- Primera etapa: en este periodo en el proceso de secado la velocidad aumenta de secado en un corto periodo para que el grano o el producto se calienten con un calentamiento inicial del producto. (Moreno, 2001)
- Segunda etapa: en esta etapa el secado tiene un lugar muy importante porque primero se va a evaporar la humedad de la superficie del grano y va a permanecer a una velocidad constante, para la extracción de la humedad del interior del grano de quinua la humedad saldrá primero a la superficie del grano o del producto para luego evaporar la humedad y la temperatura en esta etapa va a aumentar. (Moreno, 2001)
- Tercera etapa: en esta etapa el grano o el producto ya va a estar seco y va a tener un decrecimiento de temperatura y la velocidad va a decrecer y la resistencia del grano se hace más resistente porque ya va a estar seco con los parámetros que debe tener el grano o el producto con porcentaje mínimo de humedad y en este periodo la humedad interna del grano o del producto va a ser adecuada y va a depender de la difusión de la humedad del interior del grano o de cualquier producto hacia la superficie del mismo. Para posteriormente su evaporación del grano o del producto. (Moreno, 2001)

En algunos alimentos agrícolas la humedad que tiene cualquier producto está atrapada dentro del producto o un grano que no permite la extracción de toda el agua o humedad hasta llegar a cero o igualarlo y siempre va a quedar con un porcentaje de humedad. (Moreno, 2001)

El tiempo de secado varía de acuerdo con qué tipo de secador va a secar los grano o cualquier producto que se va a secar y los periodos de secado no van a ser los mismos o iguales en todas

las máquinas que se va a secar, cuando se va a disminuir la humedad de un producto o evaporarla el agua que tiene y por lo tanto según la cantidad de humedad que tiene el producto o el grano va a ser el tiempo de secado y cuando la temperatura va aumentando para secar el producto va ir aumentando la transferencia de calor que se necesita para evaporar la humedad del grano o del producto. (Moreno, 2001)

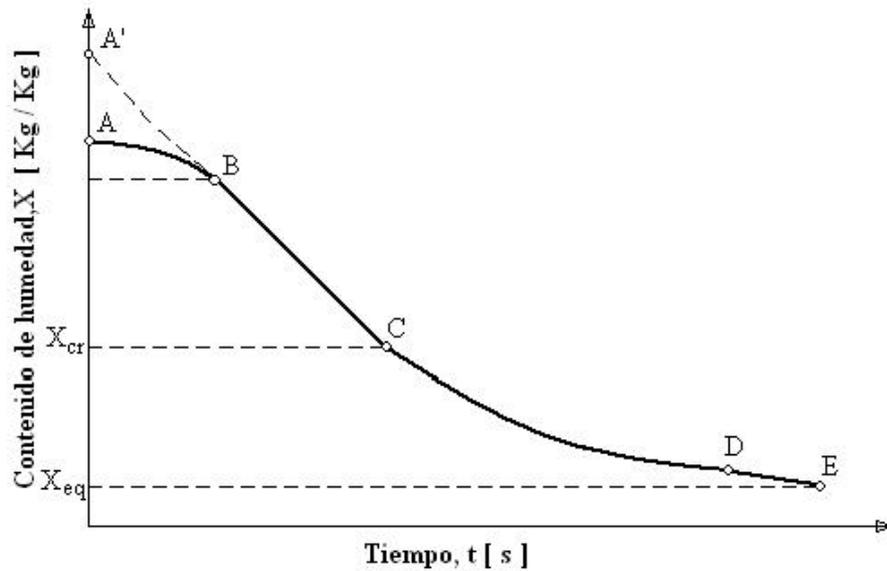
#### **1.4 Los procesos que se va tener de secado**

Para eliminar el agua o el contenido de humedad que tiene un producto alimenticio se necesitan dos procesos.

1. Primero se va a transferir de cualquier producto la humedad interna del grano hacia la superficie del mismo para luego evaporar la humedad y va a presentar un movimiento de la humedad con respecto a la naturaleza física. (Mujumdar, 2000)
2. En este subproceso tiene como finalidad transferir la energía en forma de calor al ambiente que rodea al producto o el grano y luego se va a evaporar la humedad de la superficie de un producto cualquiera y este subproceso tiene como finalidad tener en cuenta el tipo de secador, la temperatura. (Mujumdar, 2000)

El producto que se va a secar va a tener subprocesos que van a tener que ver con la velocidad de secado del producto, y estos subprocesos van estar simultáneamente durante todo el secado y el tiempo de secado va a ser de acuerdo como vaya perdiendo la humedad. (Mujumdar, 2000)

En la figura 3-1 podemos observar la curva que se va tener durante el secado desde el inicio del secado hasta que el producto este seco y podemos observar las diferentes etapas que va a tener el secado del producto desde cuando se empieza a calentar hasta cuando se está enfriando el producto y podemos observar cómo va perdiendo la humedad el producto. (Mujumdar, 2000)



**Figura 3-1:** secado de un producto

Fuente: (Mujumdar, 2000)

En un producto cuando la humedad que debe tener esta en un punto crítico nos dice que la humedad ya ha sido evaporada. (Mujumdar, 2000)

Un producto debe tener una humedad final y cuando eso pasa es que ha pasado por un tiempo de secado del producto y todas las condiciones que se necesitan para el proceso de secado, una de las restricciones es la temperatura la que lleva el proceso de secado del producto puede hacer que el producto tenga una decoloración o ser manchado. (Mujumdar, 2000)

“El producto cuando está en la temperatura máxima va estar fijada por la sensibilidad térmica de cualquier alimento puede tener un tiempo de secado del producto y de acuerdo al grano es la duración del tiempo de secado” (Mujumdar, 2000)

A un proceso se le considera óptimo cuando en el tiempo de secado de un producto tiene un tiempo mínimo de secado y ahí se ve que tan eficiente es el secador que se emplea para secar un producto cualquiera. (Mujumdar, 2000)

### ***1.4.1 Proceso de secado que tiene cualquier producto***

#### ***1.4.1.1 Temperatura del aire***

Esta tiene un papel muy importante para el secado de un producto en los procesos de secado, cuando la temperatura va aumentando el tiempo de secado va reduciendo porque va eliminando el agua o la humedad que tiene el producto y cuando elimina la humedad debe dejar con los límites que debe tener el producto y esto va a depender de acuerdo al tipo de producto que se va a secar y debe cumplir con las normas que tiene el producto. (Perry , y otros, 1984)

**Temperatura de bulbo seco:** Es la temperatura que va a tener el producto en el medio ambiente y se lo puede medir con un termómetro de mercurio. (Perry , y otros, 1984)

**Temperatura superficial:** De un producto que se puso a secar se va a medir que temperatura tiene en la superficie y se mide con el sensor infrarrojo. (Perry , y otros, 1984)

**Temperatura de bulbo húmedo:** El producto va a estar con una temperatura adecuada en la superficie de la humedad del producto, cuando tenemos una velocidad que transfiere calor por convección al producto. (Perry , y otros, 1984)

#### *1.4.1.2 Humedad del aire*

La cantidad de vapor o de agua que contiene un producto cualquiera en ese momento y la humedad va a ir disminuyendo de acuerdo al aumento de temperatura que va a tener y el vapor que va a salir va a ser vapor de agua saturada. La humedad se expresa en porcentaje (%) y la humedad va ir disminuyendo con forme va subiendo la temperatura o pasa el tiempo del proceso de secado de un producto. (Perry , y otros, 1984)

#### *1.4.1.3 Velocidad de secado del aire*

En un proceso de secado es fundamental la velocidad de secado que va a tener el producto porque con la velocidad que va a ir se va a transmitir la temperatura para secar el producto y va a facilitar la evaporación de la humedad del producto. (Perry , y otros, 1984)

En el secado tiene una importancia la capa del producto a secar y con qué velocidad va a ir, y depende mucho de la capa que va a tener el producto porque si el producto tiene una capa fina más rápido se va a evaporar la humedad y toca saber cómo va a fluir la corriente del aire para saber cómo va a ir secando el producto que se puso a secar y para el secado es mejor tener un flujo turbulento que laminar. (Perry , y otros, 1984)

#### *1.4.1.4 Tiempo que se va tener de secado*

Un producto a secar va a depender mucho del tiempo que se va poner a secar porque de eso depende la construcción de la máquina o del material que se va a construir para que tenga un secado eficiente. (Delgado, y otros, 2005)

El tiempo de secado de un producto se debe tener en cuenta en cuantas etapas se va a secar el producto para tener una buena eficiencia de secado. (Delgado, y otros, 2005)

#### *1.4.1.5 Secado de granos*

Cuando se va a secar granos toca tener en cuenta cómo podemos lograr que el grano tenga sus características el mayor tiempo que sea posible.

- Eliminar la humedad que tiene el grano
- Hacer que las semillas secas no germinen.
- Tener una excelente calidad del grano seco y tener una humedad que este dentro de los parámetros de comercialización. (Delgado, y otros, 2005)

### **1.5 Mecanismo de secado**

Pueden existir diferentes métodos de secado de un producto para poderlo conservar y pueden tener una transferencia de humedad en los materiales. (Treybal, 2002)

#### **1.5.1 Flujo capilar**

En un grano va a tener humedad en los intersticios de cualquier sólido, que va estar liquido en la superficie y también va a tener humedad en otras partes de un producto y va a estar la humedad va estar de forma libre. (Pérez, 2000)

#### **1.5.2 Difusión del vapor**

En un producto tiene diferente etapas que van a secar a un producto o un grano y están gobernadas por fenómenos de capilaridad en el proceso la difusión lo controla y lo lleva a cabo en el interior de un producto también eta en los poros, capilares y en algunos espacios que va a ocupar el vapor

el cual va a ser transmitido al exterior del mismo hasta que los capilares se vacíen del producto. (Pérez, 2000)

## **1.6 Operación de secado**

El secado consiste en sacar el agua o la humedad de un producto y el secado puede clasificarse por lote o continuas, el secado por lotes es donde ponemos una cierta cantidad de producto o grano húmedo a la cual va a estar expuesto a la corriente de gas que está fluyendo continuamente, y con lo cual se va a evaporar la humedad del producto. Hay que tener en cuenta que el secado por lotes es cara y nos toca limitar a ser operaciones de pequeña escala y cuando se va a secar el costo será poco alterado. (Treybal, 2002)

En el secado continuo el producto se va a secar y el gas va a pasar continuamente a través de la máquina. Estos tipos de secadores están operando en estado estacionario, y con el secado continuo podemos tener ciertas ventajas: respecto a la maquinaria o el equipo se va a requerir poco espacio respecto a la cantidad de producto, el producto va a estar con una humedad uniforme, y el costo de una unidad secada va a ser pequeña. (Pérez, 2000)

## **1.7 Energía solar**

**Radiación** son radiaciones que el sol está emitiendo directamente y esta se refleja en la superficie de cualquier producto. (Guevara Vásquez, 2003)

La radiación se la puede medir con parámetros físicos:

**Insolación:** es la energía que se va a medir diariamente. (Guevara Vásquez, 2003)

**Radiación térmica:** Potencia instantánea sobre superficie horizontal de un producto. (Guevara Vásquez, 2003).

### **1.7.1 Uso de la energía**

La energía se puede utilizar de diferentes formas para secar cualquier producto, para calentar agua, como energía eléctrica, etc. (Guevara Vásquez, 2003)

Para cumplir con uno de estos usos se tienen equipos captadores de energía como son los colectores solares, celdas fotovoltaicas, dentro de los colectores tenemos los planos que se los denomina de baja temperatura que trabajan a unos 100 °C y los colectores focales que son de temperaturas altas de unos 3500 °C. (Guevara Vásquez, 2003)

### ***1.7.2 Constante del sol***

Para la constante solar es la cantidad de energía que recibe cualquier producto que está presentada en forma de radiación solar que incide en la superficie de un producto y se la mide en la superficie externa de la atmósfera terrestre. (Guevara Vásquez, 2003)

### ***1.7.3 Formas y medidas de la radiación***

Se denomina  $\lambda$  a las radiaciones que está emitiendo el sol, tenemos dos tipos de radiación la directa y la difusa por absorción la cual permite la evaporación del agua o la humedad de un producto que es mayor a 3.0  $\mu$ ; y la radiación se filtra a través de la capa de ozono y tenemos una radiación menor a 0.3  $\mu$ , es decir:  $0.3 \mu \leq \lambda \leq 3.0 \mu$ . (Guevara Vásquez, 2003)

## **1.8 Clasificación de secadores**

Según (Pontiles de Hernandez) el secado se refiere a la evaporación del contenido de agua que tiene un producto para su posterior evaporación en un proceso de secado el término secado se utiliza para otros líquidos.

Los secadores son utilizados para separar el agua o la humedad de un producto mediante la evaporación, se utiliza fundamentalmente en un producto o grano para reducir o eliminar la humedad que tiene. (Pontiles de Hernandez)

### ***1.8.1 Secadores Directos***

El secador directo tiene una transferencia de calor que va tener por contacto directo entre el producto o el grano húmedo con el gas caliente que tiene la máquina. Se va a evaporizar por el contacto que va a tener con el gas caliente. (Pontiles de Hernandez)

Tenemos algunas características del secador:

- La temperatura va a variar de acuerdo a cada máquina.
- Se va tener un aprovechamiento para evaporar la humedad por estar en contacto directo entre el producto y el gas caliente.
- Se va a tener una mejor eficiencia de la temperatura para el secado del producto. (Pontiles de Hernandez)

### ***1.8.2 Secadores indirectos***

En el secador indirecto la transferencia de calor del solido húmedo se va a transferir a través de una pared de retención, y el líquido vaporizado se va a separar independientemente del medio de calentamiento. También debemos tener en cuenta la velocidad con la que se va a secar y del contacto que va a tener el producto húmedo y la superficie caliente de la pared. (Pontiles de Hernandez).

Tenemos algunas características del secador indirecto porque son diferentes al secador directo en la trasmisión de calor.

- Se transfiere el calor por conducción al material húmedo y a través de una pared de retención.
- Respecto a la temperatura puede variar en los distintos niveles que tiene y los secadores indirectos son calentados con productos de combustión.
- Se pueden utilizar con fluidos de condensación para el calentamiento. (Pontiles de Hernandez)

## **1.9 Los secadores se clasifican según la transferencia de calor**

La clasificación se puede aplicar desde el punto de vista de secado.

### ***1.9.1 Transferencia de calor secadores directos.***

- a) Secadores directos continuos
  - Secadores de material dosificado en capas
  - Secador de bandejas
  - Secadores transportador neumático
  - Secadores de rotatorios

Secadores de circulación directa.

- b) Secadores directos por lotes
  - Secador de circulación directa
  - Secador de bandeja y compartimiento
  - Secador de lecho fluido. (Pontiles de Hernandez)

### ***1.9.2 Transferencia de calor secadores indirectos.***

- a) Continuos
  - Secadores de cilindro
  - Secadores de tambor
- b) Por lotes
  - Secadores de artesa agitadas
  - Secadores por congelación
  - Secadores rotatorios al vacío (Pontiles de Hernandez)

### ***1.9.3 Transferencia de calor secadores diversos.***

Secadores dieléctricos  
Secadores solares  
Secadores infrarrojos (Pontiles de Hernandez)

## CAPITULO II

### 2. DISEÑO

#### 2.1. Ponderación de aspas

**Tabla 1-2:** *Escala de calificación*

Calificación	Concepto
5	Excelente
4	Muy bueno
3	Bueno
2	Poco bueno
1	Regular

Realizado por: Darwin Rivera, 2018

Fuente: Autor

##### 2.1.1 Eje de transmisión

Se hizo una pondera con tres tipos de materiales diferentes como son el aluminio, nilón y AISI 304 y ponemos algunas características y las calificamos de acuerdo a la característica y luego de haber calificado sumamos para ver cual tiene la calificación más alta para saber cuál material se va a escoger.

**Tabla 2-2:** Ponderación del eje de transmisión

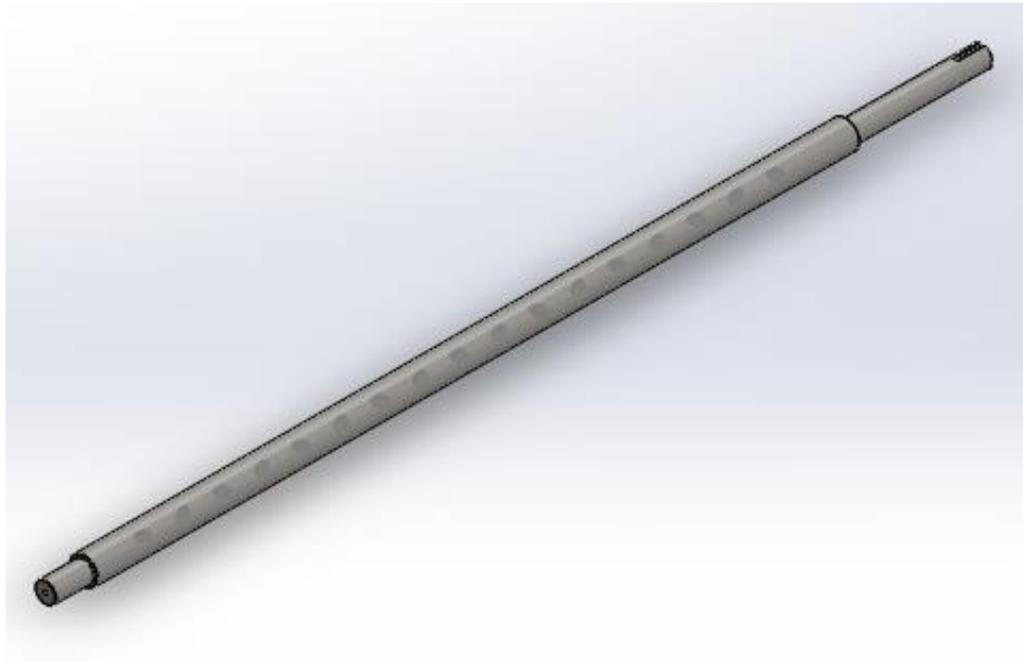
Características	Aluminio	Nilón	AISI 304
Es altamente resistente a la corrosión	2	3	5
El punto de fusión es alto esta entre (1400-1455) °C.	4	3	5
Tiene resistencia a la tracción.	2	2	5
Tiene coeficiente de expansión térmica.	3	4	5
Es adecuado para alimentos	2	1	5
Su precio es alto	4	5	3
Es un metal ligero	5	4	3

El material es blando	4	3	2
Es maleable	5	4	3
<b>Suma</b>	<b>31</b>	<b>29</b>	<b>36</b>

**Realizado por:** Darwin Rivera, 2018

**Fuente:** Autor

Se escogió al acero inoxidable AISI 304 por la calificación más alta, porque este grado de acero inoxidable tiene una buena resistencia a la corrosión. Soporta corrosión de los ácidos más oxidantes y por ello a menudo es utilizado en la industria alimenticia porque va estar en contacto directo con los alimentos. Se escogió ese material porque tiene un coeficiente de expansión y es resistente a la tracción y su punto de fusión es alto comparado con los otros materiales. Y también es adecuado porque se va a trabajar con alimento y es recomendable trabajar con el acero inoxidable AISI 304.



**Figura 1-2:** Eje de transmisión

**Realizado por:** Darwin Rivera, 2018

**Fuente:** Autor

Se seleccionó este diseño porque se tiene una movilidad correcta en el secado de la quinua y da un movimiento suave para que la quinua no se parta o no se haga pedazos se hizo la selección de ese diseño porque es el más correcto para el secador tipo bandeja circular para quinua porque con este se va dar movimiento a las paletas suave para dar movimiento a la quinua para que se seque adecuadamente y en eje las paletas van a estar distribuidas de forma adecuada para que no se

topen entre paletas y le den un movimiento uniforme durante todo el secado de la quinua y en el eje van a estar las paletas.

### 2.1.2 Diseño de paletas

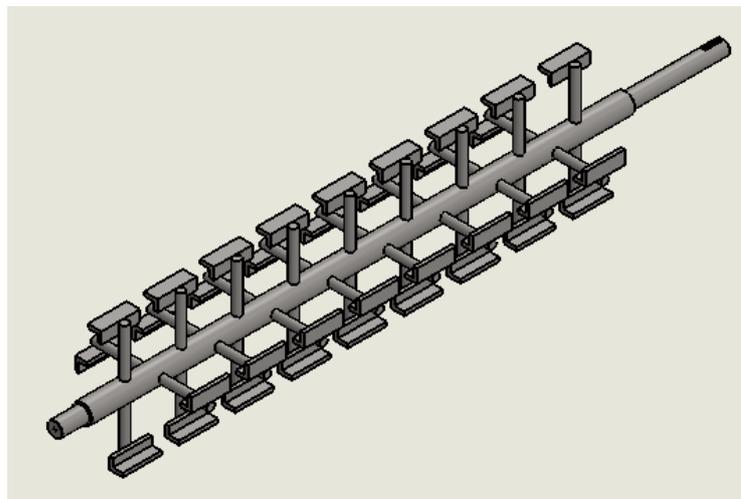
**Tabla 3-2:** Ponderación de las paletas

Características	Paletas normales	Paletas cangilones	Paletas L
Separados con mínima distancia	4	5	3
Alta fluidez	4	4	5
Se adaptan perfectamente al material	3	3	5
Permiten un flujo uniforme	4	4	5
Son para manejo de alimentos	4	3	4
Tienen una distancia adecuada entre crestas	4	4	5
<b>Suma</b>	<b>23</b>	<b>23</b>	<b>27</b>

Realizado por: Darwin Rivera, 2018

Fuente: Autor

Para el diseño de paletas se escogió la paleta tipo L por la calificación más alta. Porque con ese diseño se hará que la quinua se seque adecuadamente y contenga el porcentaje de humedad que esta entre el 20 y 35% de humedad y, permite un secado uniforme y la distancia entre crestas es la adecuada.



**Figura 2-2:** Eje de transmisión con paletas tipo L

Realizado por: Darwin Rivera, 2018

Fuente: Autor

Se escogió ese diseño porque es el adecuado para el desplazamiento de la quinua y porque tiene una distancia que es correcta de entre crestas que eso permite un secado uniforme y porque el eje de transmisión con las paletas tipo L giran horario para un mejor desplazamiento de la quinua.

### ***2.1.3 Movimiento del eje de transmisión***

El movimiento de las aspas será en sentido inverso para que empuje a la quinua y hacer que se seque uniformemente toda la quinua.

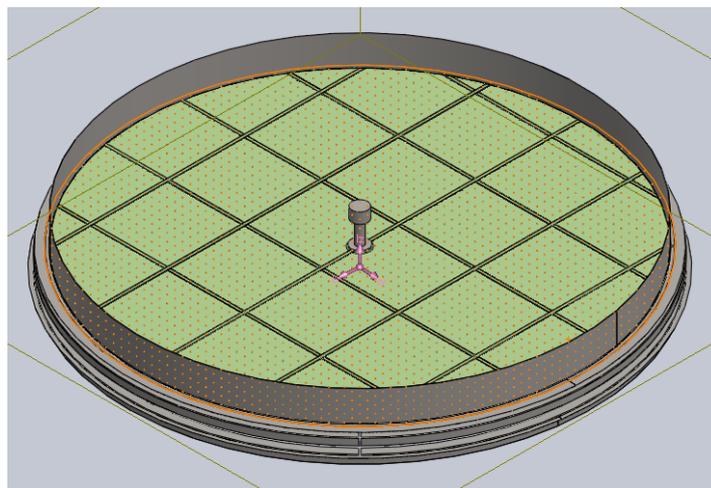
## **2.2 Selección de los elementos de máquinas**

### ***2.2.1 Cálculo de la potencia total de trabajo***

Con el fin de determinar una potencia de trabajo adecuada para el buen funcionamiento de la máquina secadora de quinua se debe considerar primeramente la potencia para vencer la inercia total del sistema motriz.

#### ***2.2.1.1 Cálculo del momento de inercia del sistema motriz***

El momento de inercia de todo el conjunto móvil se obtiene mediante utilizando el software SolidWorks 2016, por ser una geometría compleja el cual se muestra en la siguiente figura.

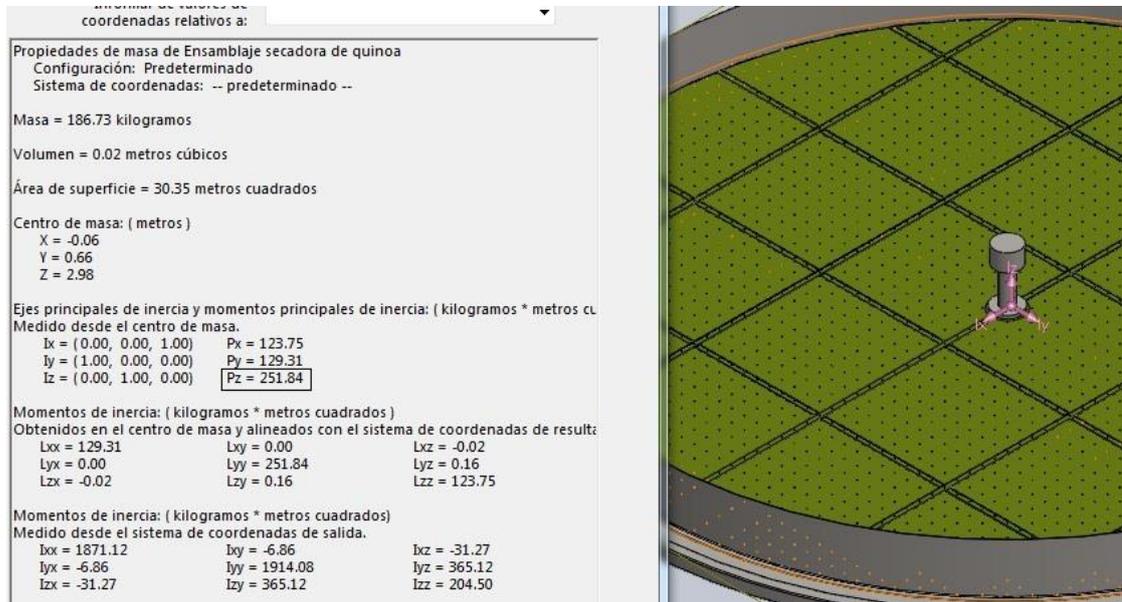


**Figura 3-2:** Sistemas de coordenadas del conjunto móvil

**Realizado por:** Darwin Rivera, 2018

**Fuente:** Autor

La figura anterior muestra el sistema de coordenadas que implanta el software al conjunto móvil y a través de la cual nos presenta como resultado un valor de momento de inercia de 251,84 kg·m<sup>2</sup>, como se puede ver en la siguiente figura.



**Figura 4-2:** Momento de Inercia del sistema motriz

**Realizado por:** Darwin Rivera, 2018

**Fuente:** Autor

### 2.2.1.1 Cálculo de la potencia del sistema motriz.

Para determinar la potencia que se necesita para vencer la inercia de todos los elementos rotativos de la máquina secadora de quinua se utilizará la siguiente ecuación:

$$PI = M * wsm \quad (1)$$

Dónde:

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

MT= Momento Torsor [N.m]

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

La velocidad de rotación promedio de trabajo para un buen secado de la quinua durante es:

$$wsm = 2 \text{ rev/ min} = 0,209 \text{ rad/s}$$

Para el cálculo del par motor también se puede determinar mediante la siguiente expresión:

$$MT = Ix * \alpha sm \quad (2)$$

Dónde:

$Ix$  = Momento de inercia [kg.m<sup>2</sup>]

$\alpha sm$  = Aceleración angular [rad/s<sup>2</sup>]

Para encontrar la aceleración que necesitamos debemos tener en cuenta el tiempo para estabilizar el motor, el tiempo que debemos tener en cuenta es de 3 segundos en adelante y una velocidad que este dé (1 -3,6) m/s.

Se tiene los datos siguientes:

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

$$v = 2 \frac{m}{s}$$

Con la ecuación de cinemática obtenemos:

$$v = v_o + at \quad (3)$$

$$a = v/t$$

$$a = \frac{2m/s}{3s}$$

$$a = 0,66 \text{ m/s}^2$$

La aceleración angular se determina mediante la siguiente relación:

$$\alpha = a/r \quad (4)$$

$$r = 1,425 \text{ m}$$

$$r = 0,47 \text{ rad/s}^2$$

Entonces el momento del sistema móvil queda:

$$MT = Ix * \alpha sm \quad (5)$$

$$MT = 251,84 \text{ Kg. m}^2 * 0,47 \text{ rad/s}^2$$

$$MT = 118,36 \text{ N. m}$$

Ahora el torque que se produce para mover la masa de quinua húmeda en la máquina es:

$$T = F. d \quad (6)$$

Donde la fuerza es:

$$F = m. g \quad (7)$$

Donde la masa es la cantidad de producto a secar, la cual es aproximadamente 7 quintales, entonces:

$$F = 317,51 \text{ kg} * 9,8 \text{ m/s}^2 \quad (8)$$

$$F = 3111,598 \text{ N}$$

Utilizando la ecuación de torque queda:

$$T = F. d \quad (9)$$

$$T = 3111,598 \text{ N} * 1,425$$

$$T = 4434,02 \text{ N. m}$$

El momento torsor total es:

$$M = T + M_T \quad (10)$$

$$M = 118,36 \text{ N. m} + 4434,02 \text{ N. m}$$

$$M = 4552,38 \text{ N. m}$$

Por lo tanto reemplazando los valores correspondientes en la ecuación de potencia requerida del sistema para vencer la inercia de todos los elementos giratorios y el producto a secar es:

$$PI = M * \omega \quad (11)$$

$$PI = 4552,38 \text{ N. m} * \left(0,209 \frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)$$

$$PI = 951,44 \text{ W}$$

$$PI = 1,27 \text{ HP}$$

### 2.2.2 Selección del motor

La potencia total requerida es necesario multiplicar el factor de servicio, del cual vamos a tener de acuerdo a las características y condiciones de uso.

En la tabla presentamos el factor de servicio, para lo que la máquina va a trabajar de 10 horas en adelante, y que va a funcionar con un motor eléctrico.

**Tabla 4-2:** Factor de servicio para la máquina

Duración del servicio	Máquina movida		
	motor eléctrico		
	Uniforme	Choque moderado	Choque pesado
Ocasionales ½ hr.	0,80	0,90	1,00
Intermitente 2 hrs.	0,90	1,00	1,25
Hasta 10 hrs.	1,00	1,25	1,50
Hasta 24 hrs.	1,25	1,50	1,75

Realizado por: Darwin Rivera, 2018

Fuente: British Standard. BS 3790: Specification for belt drives - Endless wedge belts, endless V-belts, banded wedge belts, banded V-belts and their corresponding pulleys. London, UK: 2006.

Dónde:

Fs. = 1,25

Se procede a calcular la potencia requerida total:

$$Prequerida = PI * Fs \quad (12)$$

$$Prequerida = 1,27 \text{ HP} * 1,25$$

$$Prequerida = 1,59 \text{ HP}$$

Con lo que calculamos según la potencia que se necesita para la máquina se va al catálogo LENTAX y seleccionamos un motor reductor de 2 HP, C5HR200 el cual necesitamos.

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

Todas las especificaciones del motor seleccionado, se la puede encontrar en el anexo M.

**Tabla 5-2:** Ponderación del modelo del motor

<b>Características</b>	<b>Motor C5HR200</b>	<b>Motor síncrono</b>	<b>Motor colector</b>
Potencia 2 HP	5	3	2
Revoluciones 2 rpm	5	3	3
Trifásico 220 V	5	5	5
Regulación de velocidad	3	5	2
Reducen la velocidad	5	3	3
<b>Suma</b>	<b>23</b>	<b>19</b>	<b>15</b>

Realizado por: Darwin Rivera, 2018

Fuente: Autor

Se escogió este tipo de motor C5HR200 por la puntuación más alta y porque el motor eléctrico es un dispositivo que funciona con corriente alterna y que se encarga de convertir la energía eléctrica en mecánica. Y cabe citar su limpieza, economía, comodidad y seguridad de funcionamiento. Y también se escogió porque es un motor reductor y su velocidad de salida que da al eje de transmisión es de 2 rpm.

## 2.3 Análisis de las partes de la secadora circular

### 2.3.1 Estructura fija

Se hizo una pondera con tres tipos de materiales diferentes como son el tubo cuadrado AISI 304, tubo cuadrado galvanizado y tubo cuadrado de aluminio y ponemos algunas características y las calificamos de acuerdo a la característica y luego de haber calificado sumamos para ver cual tiene la calificación más alta para saber cuál material se va a escoger.

**Tabla 6-2:** Ponderación del tubo

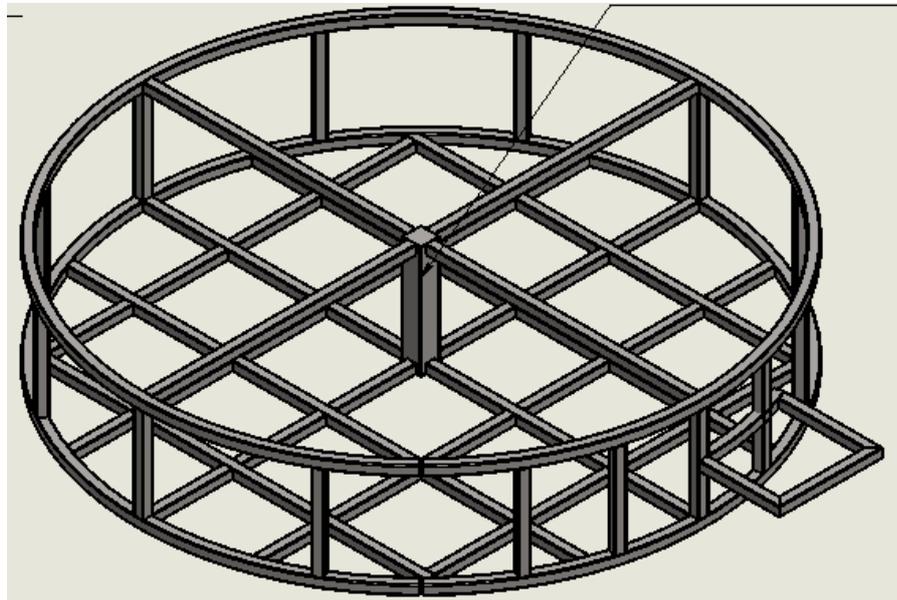
<b>Cracteristicas</b>	<b>Tubo cuadrado AISI304</b>	<b>Tubo cuadrado galvanizado</b>	<b>Tubo cuadrado de aluminio</b>
Excelente resistencia al a corrosión	5	3	3
Excelente soldabilidad	5	4	4
Resistencia a la tracción	4	3	3

Alargamiento	5	3	3
Se utiliza en la industria alimenticia	5	2	2
Dureza	4	4	2
Limite de fluencia	4	3	3
<b>Suma</b>	<b>32</b>	<b>22</b>	<b>20</b>

Realizado por: Darwin Rivera, 2018

Fuente: Autor

Se escogió este material porque tiene la puntuacion más alta y porque es resistente a la corrosión a temperaturas altas en servicio continuo y tienen un coeficiente de expansión muy alto, y tambien tiene excelente soltabilidad y se utiliza para la industria alimenticia.



**Figura 5-2:** Estructura fija

Realizado por: Darwin Rivera, 2018

Fuente: Autor.

Una vez que cortamos él tubo de acuerdo a las medidas mandamos a valorar el tubo pero los tubos deben ser regulizadores.

### ***2.3.2 Diseño de la máquina secadora de quinua***

Se hizo una pondera con tres tipos de materiales diferentes como son el secador cuadrado, secador tipo bandeja y secador de columnas y ponemos algunas características y las calificamos de acuerdo a la característica y luego de haber calificado sumamos para ver cual tiene la calificación más alta para saber cuál material se va a escoger

**Tabla 7-2:** Ponderación del diseño del secador

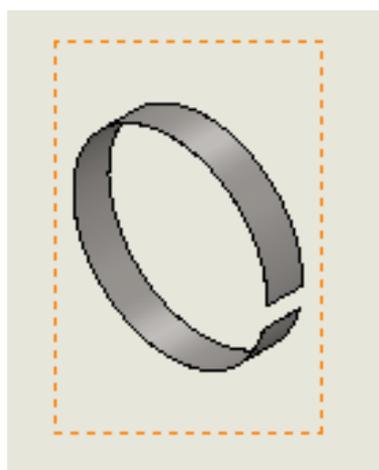
<b>Características</b>	<b>Secador cuadrado</b>	<b>Secador tipo bandeja</b>	<b>Secadora de columnas</b>
Optimizan espacio	3	5	4
Más manejable	4	5	3
Flujo continuo	5	5	5
Uniformidad de secado	4	5	4
Capacidad de secado	4	4	4
Caudal del aire	4	5	3
Potencia requerida	4	5	3
Eficiencia de secado	4	5	4
<b>Suma</b>	<b>32</b>	<b>39</b>	<b>30</b>

Realizado por: Darwin Rivera, 2018

Fuente: Autor

Se escogió el diseño del secador tipo bandeja que es el puntaje más alto porque optimizamos espacio y ocupamos todo el espacio con el tapiz y porque va a tener un sacado uniforme y el caudal de aire va a ser correcto porque va a cubrir todo el interior del secador tipo bandeja circular y la potencia requerida para la maquina es de 2 HP.

### 2.3.3 Placa exterior



**Figura 6-2:** Placa exterior

Realizado por: Darwin Rivera, 2018

Fuente: Autor

Cortamos la plancha de acero inoxidable y mandamos a valorar la plancha de acero.

Se utilizó lamina de acero inoxidable, equipamiento para el procesamiento de alimentos, el acero inoxidable tipo 304 es uno de los grados más comúnmente utilizados.

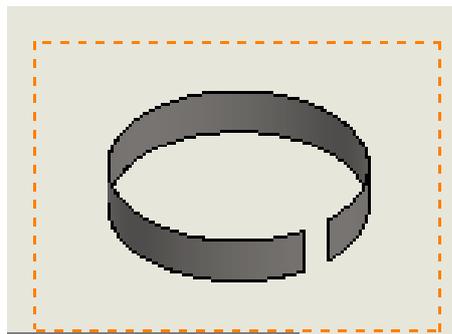
El material puede presentar diferentes características en la industria alimenticia:

- Resistencia alta a la corrosión.
- Superficie compacta.
- Resistencia a variaciones térmicas.
- Óptica capacidad de limpieza. (2002)

La maquinaria que va estar en contacto con los alimentos debe seguir los siguientes requerimientos

- Para construir cualquier tipo de maquinaria que va a producir alimentos debe construirse con el AISI 304
- Cuando se va a manipular el producto alimenticio no se puede utilizar elementos que contenga hierro esmaltado.
- Si se va a utilizar plásticos que estén cubiertos por resina deben ser resistentes al calor que van a soportar y no deben de ser tóxicos porque pueden pasar al producto. (2002)

#### **2.3.4 Placa interior**



**Figura 7-2:** Placa interior

**Realizado por:** Darwin Rivera, 2018

**Fuente:** Autor

Cortamos la plancha de acero inoxidable y mandamos a valorar la plancha de acero.

Se utilizó lamina de acero inoxidable, equipamiento para el procesamiento de alimentos, el acero inoxidable tipo 304 es uno de los grados más comúnmente utilizados.

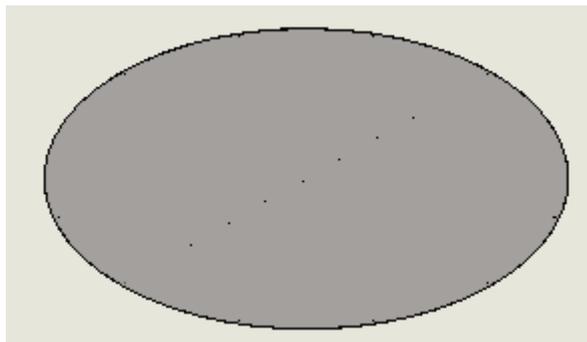
El material puede presentar diferentes características en la industria alimenticia:

- Resistencia alta a la corrosión.
- Superficie compacta.
- Resistencia a variaciones térmicas.
- Óptica capacidad de limpieza. (2002)

La maquinaria que va estar en contacto con los alimentos debe seguir los siguientes requerimientos

- Para construir cualquier tipo de maquinaria que va a producir alimentos debe construirse con el AISI 304
- Cuando se va a manipular el producto alimenticio no se puede utilizar elementos que contenga hierro esmaltado.
- Si se va a utilizar plásticos que estén cubiertos por resina deben ser resistentes al calor que van a soportar y no deben de ser tóxicos porque pueden pasar al producto. (2002)

### ***2.3.5 Recubrimiento exterior del piso***



**Figura 8-2:** Recubrimiento exterior del piso

**Realizado por:** Darwin Rivera, 2018

**Fuente:** Autor

Se utilizó lamina de acero inoxidable, equipamiento para el procesamiento de alimentos, el acero inoxidable tipo 304 es uno de los grados más comúnmente utilizados.

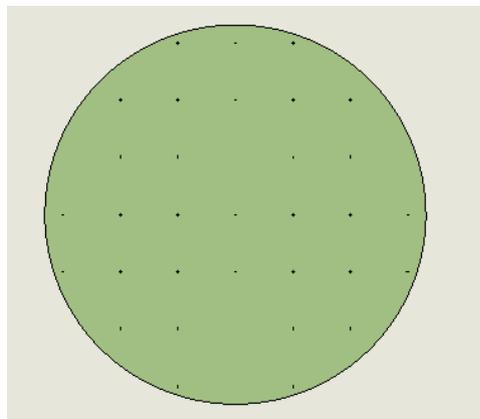
El material puede presentar diferentes características en la industria alimenticia:

- Resistencia alta a la corrosión.
- Superficie compacta.
- Resistencia a variaciones térmicas.
- Óptima capacidad de limpieza. (2002)

La maquinaria que va a estar en contacto con los alimentos debe seguir los siguientes requerimientos

- Para construir cualquier tipo de maquinaria que va a producir alimentos debe construirse con el AISI 304
- Cuando se va a manipular el producto alimenticio no se puede utilizar elementos que contenga hierro esmaltado.
- Si se va a utilizar plásticos que estén cubiertos por resina deben ser resistentes al calor que van a soportar y no deben de ser tóxicos porque pueden pasar al producto. (2002)

### 2.3.6 Tapiz



**Figura 9-2:** Tapiz

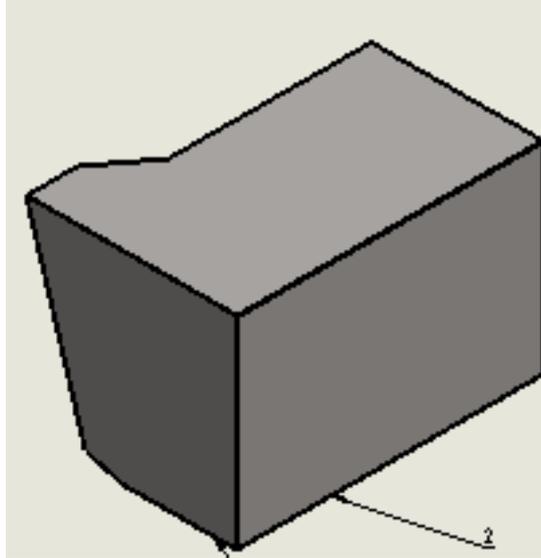
**Realizado por:** Darwin Rivera, 2018

**Fuente:** Autor

Se escogió esta lámina de perforada porque la que es para clasificar alimentos y es la adecuada para que no pase los granos de quinua al interior de la secadora.

### 2.3.7 Protector de transmisión

El protector está cortado por tapas y soldado.



**Figura 10-2:** Protector de transmisión

**Realizado por:** Darwin Rivera, 2018

**Fuente:** Autor

Se utilizó lámina de acero inoxidable, equipamiento para el procesamiento de alimentos, el acero inoxidable tipo 304 es uno de los grados más comúnmente utilizados.

El material puede presentar diferentes características en la industria alimenticia:

- Resistencia alta a la corrosión.
- Superficie compacta.
- Resistencia a variaciones térmicas.
- Óptica capacidad de limpieza. (2002)

La maquinaria que va estar en contacto con los alimentos debe seguir los siguientes requerimientos

- Para construir cualquier tipo de maquinaria que va a producir alimentos debe construirse con el AISI 304
- Cuando se va a manipular el producto alimenticio no se puede utilizar elementos que contenga hierro esmaltado.

- Si se va a utilizar plásticos que estén cubiertos por resina deben ser resistentes al calor que van a soportar y no deben de ser tóxicos porque pueden pasar al producto. (2002)

## Caldero

Una caldera es un recipiente metálico, cerrado, destinado a producir vapor, mediante la acción del calor a una temperatura superior a la del ambiente y una presión mayor que la atmosfera. En este caso la caldera vamos a utilizar para producir vapor para secar la quinua que está húmeda el caldero nos va a proporcionar el vapor caliente para el secado de quinua y la temperatura va ir aumentando con forme pase las horas.

## Procedimiento

- Se enciende el caldero
- Después de 20 minutos se toma el primer dato de la presión del caldero y que temperatura produce; y se continúa cada 5 minutos.

**Tabla 8-2:** Toma de la temperatura del caldero

Tiempo (min)	Temperatura (°C)
0	20
35	40
40	55
45	71
50	84
55	100
60	120

**Realizado por:** Darwin Rivera, 2018

**Fuente:** Autor

Por medio de la turbina se va enviar el vapor caliente al interior de la secadora y va a chocar en un punto y ahí el vapor se esparce por todo el interior de la máquina de secado y el vapor va a estar en contacto directo en grano de quinua.

## Transferencia de vapor de la caldera a la maquina

En esta parte vamos a calcular a que temperatura llega el vapor a la máquina desde la caldera al interior de la secadora de quinua.

Presión = 1 bar

Temperatura ( $T_1$ ) = 120°C

Entalpía ( $h_1$ ) = 2695.96

Velocidad  $v_1$  = 49,5 m/s

Velocidad  $v_2$  = 50 m/s

Para encontrar la entalpía hacemos una interpolación para encontrar que entalpía tiene la temperatura de 120°C

**Tabla 9-2:** Datos para la interpolación

T	h
°C	kJ/kg
100	2675,8
120	x
150	2776,6

Realizado por: Darwin Rivera, 2018

Fuente: Autor

Hacemos la interpolación

$$h = h_1 + \left[ \left( \frac{T - T_1}{T_2 - T_1} \right) (h_2 - h_1) \right] \quad (13)$$

$$h = 2675,8 \frac{kJ}{kg} + \left[ \left( \frac{120^\circ C - 100^\circ C}{150^\circ C - 100^\circ C} \right) \left( 2776,6 \frac{kJ}{kg} - 2675,8 \frac{kJ}{kg} \right) \right]$$

$$h = 2716,12 \frac{kJ}{kg}$$

Encontrada la entalpía procedemos a calcular la entalpía en el punto de salida de vapor.

$$h_1 + \frac{1}{2}(v_1)^2 = h_2 + \frac{1}{2}(v_2)^2 \quad (14)$$

$$h_1 + \frac{1}{2} \left( 49,5 \frac{m}{s} \right)^2 = h_2 + \frac{1}{2} \left( 50 \frac{m}{s} \right)^2$$

$$h_2 = 2716,12 \frac{kJ}{kg} + \frac{1}{2} \left( 49,5 \frac{m}{s} \right)^2 - \frac{1}{2} \left( 50 \frac{m}{s} \right)^2$$

$$h_2 = 2691,245 \frac{kJ}{kg}$$

Con esta entalpía encontrada procedemos a ver en la de vapor de agua sobrecalentada para poder saber a qué temperatura está en contacto con el grano de quinua.

**Tabla 10-2:** Vapor de agua sobrecalentada

T	v	u	h	s
°C	m <sup>3</sup> /kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg *K
P= 0,10 MPa (99,61°C)				
Sat. <sup>t</sup>	1,6941	2505,6	2675,0	7,3589
50				
100	1,6959	2506,2	2675,8	7,3611
150	1,9367	2582,9	2776,6	7,6148
200	2,1724	2658,2	2875,5	7,8356
250	2,4062	2733,9	2974,5	8,0346
300	2,6389	2810,7	3074,5	8,2172
400	3,1027	2968,3	3278,6	8,5452
500	3,5655	3132,2	3488,7	8,8362
600	4,0279	3302,8	3705,6	9,0999
700	4,4900	3480,4	3929,4	9,3424
800	4,9519	3665,0	4160,2	9,5682
900	5,4137	3856,7	4398,0	9,7800
1000	5,8755	4055,0	4642,6	9,9800
1100	6,3372	4259,8	4893,6	10,1698
1200	6,7988	4470,7	5150,6	10,3504
1300	7,2605	4687,2	5413,3	10,5229

Realizado por: Darwin Rivera, 2018

Fuente: Autor

Como no hay esa entalpía interpolamos hasta encontrar esa entalpía para saber que temperatura tiene.

**Tabla 11-2:** Datos para la interpolación

T	h
°C	kJ/kg
100	2675,8
110	x
150	2776,6

Realizado por: Darwin Rivera, 2018

Fuente: Autor

Hacemos la interpolación

$$h = h_1 + \left[ \left( \frac{T - T_1}{T_2 - T_1} \right) (h_2 - h_1) \right] \quad (15)$$
$$h = 2675,8 \frac{kJ}{kg} + \left[ \left( \frac{110^\circ C - 100^\circ C}{150^\circ C - 100^\circ C} \right) \left( 2776,6 \frac{kJ}{kg} - 2675,8 \frac{kJ}{kg} \right) \right]$$
$$h = 2695,96 \frac{kJ}{kg}$$

$$T_2 = 110^\circ C$$

Con la interpolación que hicimos vemos que con la entalpía  $2691,245 \frac{kJ}{kg}$  vemos que posee una temperatura de  $110^\circ C$  esa temperatura es la que llega al interior de la máquina secadora de quinua.

### Transferencia de calor que tiene la quinua

En esta parte vamos a calcular a que temperatura sale el vapor para ponerse en contacto con el grano de quinua:

Presión = 1 bar

Temperatura ( $T_1$ ) =  $110^\circ C$

Entalpía ( $h_1$ ) = 2695.96

Velocidad  $v_1 = 50$  m/s

Velocidad  $v_2 = 50.5$  m/s

Encontrada la entalpía procedemos a calcular la entalpía en el punto de salida de vapor.

$$h_1 + \frac{1}{2}(v_1)^2 = h_2 + \frac{1}{2}(v_2)^2 \quad (16)$$
$$h_1 + \frac{1}{2} \left( 50 \frac{m}{s} \right)^2 = h_2 + \frac{1}{2} \left( 50,5 \frac{m}{s} \right)^2$$
$$h_2 = 2695,96 \frac{kJ}{kg} + \frac{1}{2} \left( 50 \frac{m}{s} \right)^2 - \frac{1}{2} \left( 50,5 \frac{m}{s} \right)^2$$
$$h_2 = 2669,875 \frac{kJ}{kg}$$

Con esta entalpía encontrada procedemos a ver en la de vapor de agua sobrecalentada para poder saber a qué temperatura está en contacto con el grano de quinua.

**Tabla 12-2:** Vapor de agua sobrecalentada

T	v	u	h	s
°C	m <sup>3</sup> /kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg *K
P= 0,10 MPa (99,61°C)				
Sat. <sup>t</sup>	1,6941	2505,6	2675,0	7,3589
50				
100	1,6959	2506,2	2675,8	7,3611
150	1,9367	2582,9	2776,6	7,6148
200	2,1724	2658,2	2875,5	7,8356
250	2,4062	2733,9	2974,5	8,0346
300	2,6389	2810,7	3074,5	8,2172
400	3,1027	2968,3	3278,6	8,5452
500	3,5655	3132,2	3488,7	8,8362
600	4,0279	3302,8	3705,6	9,0999
700	4,4900	3480,4	3929,4	9,3424
800	4,9519	3665,0	4160,2	9,5682
900	5,4137	3856,7	4398,0	9,7800
1000	5,8755	4055,0	4642,6	9,9800
1100	6,3372	4259,8	4893,6	10,1698
1200	6,7988	4470,7	5150,6	10,3504
1300	7,2605	4687,2	5413,3	10,5229

Realizado por: Darwin Rivera, 2018

Fuente: Autor

$$T_2 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$$

Vemos en la tabla de vapor de agua sobrecalentado con la entalpía  $2669,875 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$  y vemos que posee una temperatura de  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  esa temperatura es la que está en contacto con la quinua.

### Transferencia de calor por conducción

$$\frac{Q}{\Delta t} = \frac{kA}{x} (T_1 - T_2) \quad (17)$$

Donde:

$\frac{Q}{\Delta t}$  Es el calor transmitido por unidad de tiempo

K (o  $\lambda$ ) es la conductividad térmica

A es el área de la superficie de contacto

$(T_1 - T_2)$  es la diferencia de temperatura

x es el espesor del material

$$\frac{Q}{\Delta t} = \frac{kA}{x} (T_1 - T_2) \quad (18)$$
$$\frac{Q}{\Delta t} = \frac{(15 * 0,3087)(3m)}{0,001 m} (110^\circ C - 100^\circ C)$$
$$\frac{Q}{\Delta t} = 138915 \frac{w}{m}$$

## 2.2 Construcción del modelo

En esta etapa se describe de cómo se fue construyendo el secador circular con el objetivo de diseñar el modelo prototipo de selección de elementos de máquinas que mejor se adaptó.

### 2.2.1 Estructura móvil

Mandar a valorar los tubos 1 anillo

Unir los tubos que queden iguales valorados

Tubos regulizadores para que la estructura se ponga dura

Centrar un tubo en el eje principal en centro de la estructura

Tejer el piso con tubo

### Para la construcción de la estructura móvil

Tubo cuadrado de acero AISI 304 50x50x2

Tubo cuadrado de acero AISI 304 25x25x1,5mm

Tubo cuadrado de acero AISI 304 d=3in x 2mm

Radio 1500mm



**Figura 11-2:** Estructura móvil

**Realizado por:** Darwin Rivera, 2018

**Fuente:** Autor

### ***2.2.1 Estructura fija***

Mandar a valorar los tubos 2 anillos

Unir los tubos que queden iguales valorados

Tubos reguladores para que la estructura se ponga dura

Centrar un tubo en el eje principal en centro de la estructura

Tejer el piso con tubo de 2 pulgadas 2x2x2mm

Damos la vuelta y ponemos una malla para poder forrar con lana de vidrio para que no pase la temperatura al piso

Forrar por encima con una plancha de acero inoxidable pre pulida

Poner los parantes para poder fijar el otro anillo de encima

Poner la plancha

Forrar con lana de vidrio

El otro forro que esta por fuera forramos con lana de vidrio

### **Para la construcción de la estructura móvil**

Tubo cuadrado de acero AISI 304 50x50x2

Tubo cuadrado de acero AISI 304 100x100x2

Tubo cuadrado de acero AISI 304 d=3in x 2mm

Lana de vidrio

Plancha de acero inoxidable

Radio 1500mm

Altura 600



**Figura 12-2:** Estructura fija

Realizado por: Darwin Rivera, 2018

Fuente: Autor



**Figura 13-2:** Estructura fija

Realizado por: Darwin Rivera, 2018

Fuente: Autor



**Figura 14-2:** Estructura fija

**Realizado por:** Darwin Rivera, 2018

**Fuente:** Autor

Poner la rueda principal la que va a girar

Poner un anillo de acero inoxidable en un tubo 1 1/4x1.5

Tejemos

Poner las varillas para unas ruedas de caucho para que camine y lo vaya aguantando

Poner los rodamientos principales

La rueda principal del centro lleva un rodamiento torneado en acero inoxidable

Poner la malla principal para el producto una malla de acero inoxidable

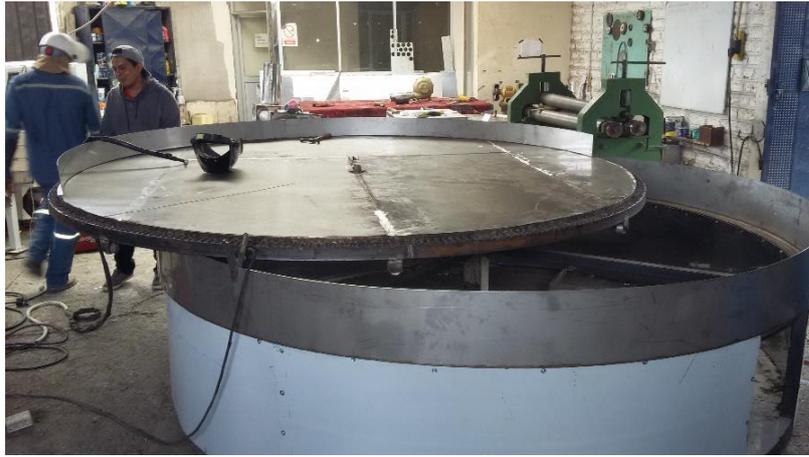
Poner un faldón para que la quinua no se salga



**Figura 15-2:** Ponemos los rodamientos

**Realizado por:** Darwin Rivera, 2018

**Fuente:** Autor



**Figura 16-2:** Malla principal del producto

**Realizado por:** Darwin Rivera, 2018

**Fuente:** Autor



**Figura 17-2:** Soldamos un faldón

**Realizado por:** Darwin Rivera, 2018

**Fuente:** Autor



**Figura 18-2:** Ensamblado de la estructura móvil a la fija

**Realizado por:** Darwin Rivera, 2018

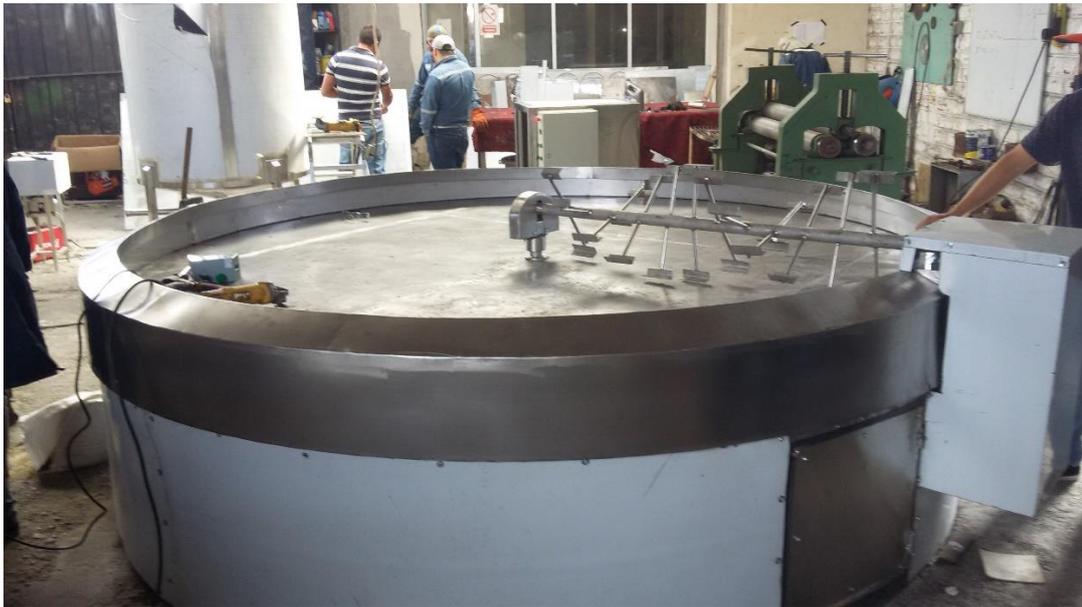
**Fuente:** Autor



**Figura 19-2:** Ensamblado del eje de transmisión

**Realizado por:** Darwin Rivera, 2018

**Fuente:** Autor



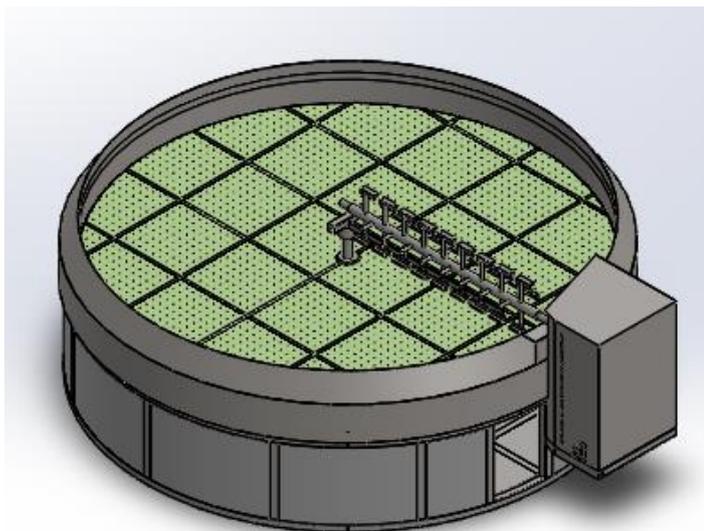
**Figura 20-2:** Maquina completa

**Realizado por:** Darwin Rivera, 2018

**Fuente:** Autor

### ***2.2.3 Construcción del modelo prototipo***

Para el diseño del prototipo se tuvo en cuenta cuanto va a ser la capacidad de producción. En función de esto se realizó el diseño del modelo prototipo para la producción.



**Figura 21-2:** Modelo prototipo

**Realizado por:** Darwin Rivera, 2018

**Fuente:** Autor

### **2.3 Proceso de secado experimental**

Se va a hacer una comparación del secado de quinua, en el secador tipo bandeja circular para quinua y secador solar.

#### ***2.3.1 Secador tipo bandeja circular para quinua.***

La muestra se va acondicionar hasta alcanzar humedad variable cuando se pone en el secador tipo bandeja circular para quinua, se determinara la humedad inicial del secado en una muestra de 5g a 100°C y se pesara en la balanza Mettler Toledo ME204, y las muestras serán sometidas en el secador circular a diferentes temperaturas de 60°C, los tiempos serán diferentes para cada caso hasta obtener una humedad media (aproximadamente entre 20 y 35%). (Mena Reinoso, 2015)

Se realizarán las curvas correspondientes de las muestras con los tiempos y temperaturas, para ver cómo se comporta la curva de secado de quinua, se determina en cada caso la pérdida de humedad en base húmeda.

En el secador tipo bandeja circular para quinua se va a secar la quinua durante 60 minutos para ver en qué % de humedad base húmeda llega a tener en la máquina que se construirá.

### 2.3.2 Secador solar

La muestra se va acondicionar hasta alcanzar humedades finales variables en base húmeda, se determina la humedad inicial del secado en una muestra de 5g a 100°C y se pesara en la balanza Mettler Toledo ME204, y las muestras serán sometidas en el secado de temperaturas variables en dos días diferentes, se mide el tiempo necesario de las muestras para que alcancen la humedad media (aproximadamente entre 20 y 35%). (Mena Reinoso, 2015)

Se realizaran las curvas correspondientes de las muestras con los tiempos y temperaturas, para ver cómo se comporta la curva de secado de quinua en cada caso, se determina en cada caso la perdida de humedad en base húmeda y seca.

Para el secador solar la temperatura se va a usar la que del día a día para secar la quinua y ver en el tiempo que tenemos programado y llega a ese % de humedad base húmeda que teníamos determinado y que se seque con los estándares o parámetros de comercialización internos del país.

**Tabla 13-2:** Secado de quinua

Variable	Secador tipo bandeja circular para quinua		Secador solar	
	Nivel	Valor	Nivel	Valor
Variedad	1	ASOALIENU	1	ASOALIENU
% Humedad inicial	1	varia	1	varia
Tiempo	Diferente	Según tenga	Diferente	Según tenga

Realizado por: Darwin Rivera, 2018

Fuente: (Mena Reinoso, 2015)

## CAPITULO III

### 3 MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 3.1 Elementos de máquinas seleccionados

##### 3.1.1 Selección del motor

**Tabla 1-3:** Secado de quinua

<b>Selección del motor</b>	Cálculo de momento de inercia	$I_x=251,84 \text{ kg.m}^2$		
	Cálculo de la potencia del sistema motriz	velocidad de rotación promedio		$\omega_m=0,209 \text{ rad/s}$
		tiempo		$t=3 \text{ seg}$
		velocidad		$v=2 \text{ m/s}$
		aceleración		$a= 0,66 \text{ m/s}^2$
		radio		$1,425 \text{ m}$
		aceleración angular		$\alpha=0,47 \text{ rad/s}^2$
		momento torsor		$M_T=118,36 \text{ N.m}$
		masa		$317,51 \text{ kg}$
		gravedad		$g= 9,8 \text{ m/s}^2$
		fuerza		$3111,598 \text{ N}$
		torque		$T= 4434,02 \text{ N.m}$
		momento torsor total		$M=4552,38 \text{ N.m}$
	potencia requerida		$P_I=1,27 \text{ HP}$	
selección del motor	factor de servicio		$F_s= 1,25$	
	potencia requerida		$P_{requerida}=1,59 \text{ HP}$	

**Realizado por:** Darwin Rivera, 2018

**Fuente:** Autor

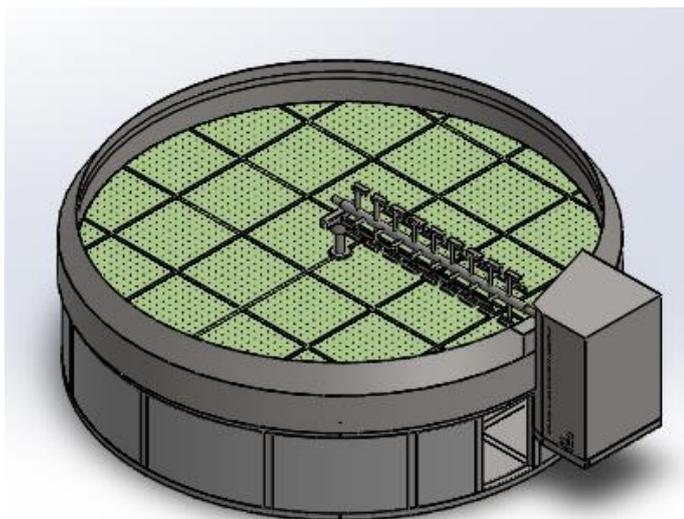
Con lo que calculamos según la potencia que se necesita para la máquina se va al catálogo LENTAX y seleccionamos un motor reductor de 2 HP, C5HR200 el cual necesitamos.

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

Todas las especificaciones del motor seleccionado, se la puede encontrar en el anexo M.

### 3.2 Construcción del modelo prototipo

Se evidenció a través del simulador de SolidWorks la simulación y la máquina si soportaba las cargas para poder operar en la producción de secado de quinua y si soporta la carga que se pretende secar en la máquina y la capacidad máxima de secado de quinua será 7 quintales de quinua.



**Figura 1-3:** Modelo prototipo

**Realizado por:** Darwin Rivera, 2018

**Fuente:** Autor

### 3.3 Comparación del secado de quinua

#### 3.4.3.1 Propiedad que tiene la quinua

En la tabla se puede observar las propiedades de la quinua.

**Tabla 2-3:** Propiedad que tiene la quinua.

<b>Tipo</b>	<b>Espesor (m)</b>	<b><math>d_{promedio}</math> (m)</b>	<b>Densidad real (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Densidad aparente (kg/m<sup>3</sup>)</b>
ASOALIENU	0,001	0,00180	1380	1226,95

**Realizado por:** Darwin Rivera, 2018

**Fuente:** (Mena Reinoso, 2015)

### 3.3.2 Resultado del Secador tipo bandeja circular para quinua

Se realizó con una muestra de quinua correspondiente a ASOALIENU. En la tabla se presenta los resultados simplificados.

Se realizó el diagrama de procesos del secado de quinua en el secador tipo bandeja circular para quinua para 5 quintales de quinua desde el transporte de la quinua hasta la puesta a secar y el sacado de quinua.

**Tabla 3-3:** Diagrama de procesos para el secado de quinua

#	Símbolo	Actividad	Tiempo (min)
1		Se transportó la quinua de la centrifuga al secador tipo bandeja para quinua	1
2		Se puso la quinua mojada en el secador tipo bandeja para quinua	10
3		Se mueve la quinua cada 15 minutos	60
4		Se deja que enfrié la quinua en el secador tipo bandeja para quinua.	10
5		Sacamos la quinua seca del sacador tipo bandeja para quinua.	4

Realizado por: Darwin Rivera, 2018

Fuente: Autor

**Tabla 4-3:** Conteo del diagrama de procesos del secado de quinua

Descripción	Numero	Minutos
Operaciones	3	74
Transporte	1	1
Demoras	1	10
<b>Total tareas y actividades</b>	<b>5</b>	<b>85</b>

Realizado por: Darwin Rivera, 2018

Fuente: Autor

Con este diagrama se puede observar como es el proceso de secado de la quinua desde el inicio al final del secado y cuanto se va a demorar la quinua en secar hasta alcanzar la humedad correspondiente o que estén con los parámetros de comercialización interna del país o externa para poder exportar la quinua.

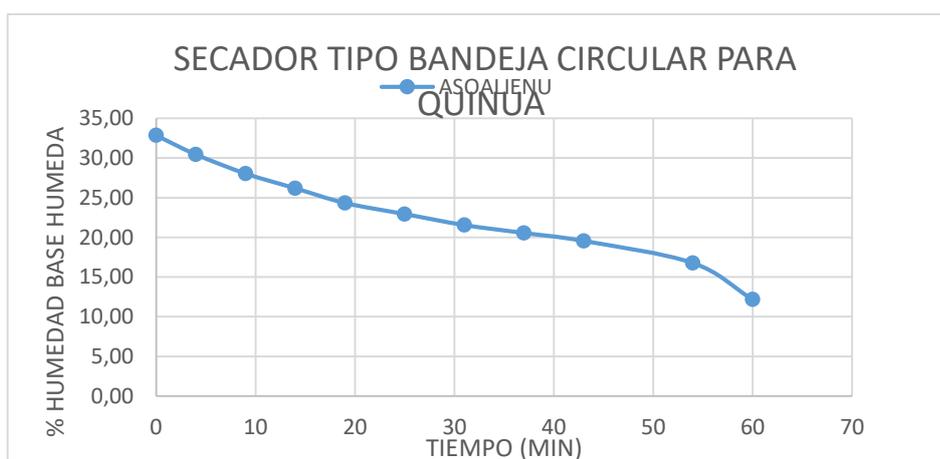
**Tabla 5-3:** Secado de quinua en el Secador tipo bandeja circular para quinua.

Secado de quinua		ASOALIENU
Quinua		Sector: Chimborazo
Peso		0,00283 g
Tiempo (min)	Peso (g)	% Humedad base húmeda
0	31,00	32,86
4	30,12	30,46
9	29,23	28,05
14	28,40	26,20
19	27,56	24,34
25	27,27	22,95
31	26,98	21,56
37	26,48	20,56
43	25,98	19,56
54	25,02	16,78
60	24,89	12,18

Realizado por: Darwin Rivera, 2018

Fuente: Autor

### Grafico del secado de la quinua



**Grafico 1-3:** Curva % Humedad base húmeda vs Tiempo (secador circular)

Realizado por: Darwin Rivera, 2018

Fuente: Autor

En la grafico 1-3 se aplicó un tipo de quinua, la humedad va disminuyendo conforme el tiempo va aumentado, se aprecia que tienen un comportamiento similar y teniendo humedades iniciales diferentes.

### 3.3.3 Resultado del secador solar

Se realizó con una muestra de quinua correspondiente a ASOALIENU en un día la cual tuvo una radiación solar de 4,64 (kwh/m<sup>2</sup>). En la tabla se presenta los resultados simplificados.

Se realizó el diagrama de procesos del secado de quinua en el secador solar para 5 quintales de quinua desde el transporte de la quinua hasta la puesta a secar y el sacado de quinua para ver que humedad alcanza en el tiempo de 60 minutos.

**Tabla 6-3:** Diagrama de procesos para el secado de quinua

#	Símbolo	Actividad	Tiempo (min)
1		Se transportó la quinua mojada al lugar de secado donde se va a poner	10
2		Se puso la quinua mojada en el lugar de secado que es bajo el sol.	20
3		Se mueve la quinua cada 15 minutos	120
4		Se deja que enfrié la quinua en el secador tipo bandeja para quinua.	20
5		Sacamos la quinua seca del sacador tipo bandeja para quinua.	15

Realizado por: Darwin Rivera, 2018

Fuente: Autor

**Tabla 7-3:** Conteo del diagrama de procesos del secado de quinua

Descripción	Numero	Minutos
Operaciones	3	155
Transporte	1	10
Demoras	1	20
<b>Total tareas y actividades</b>	<b>5</b>	<b>185</b>

Realizado por: Darwin Rivera, 2018

Fuente: Autor

Con este diagrama se puede observar como es el proceso de secado de la quinua desde el inicio al final del secado y cuanto se demora.

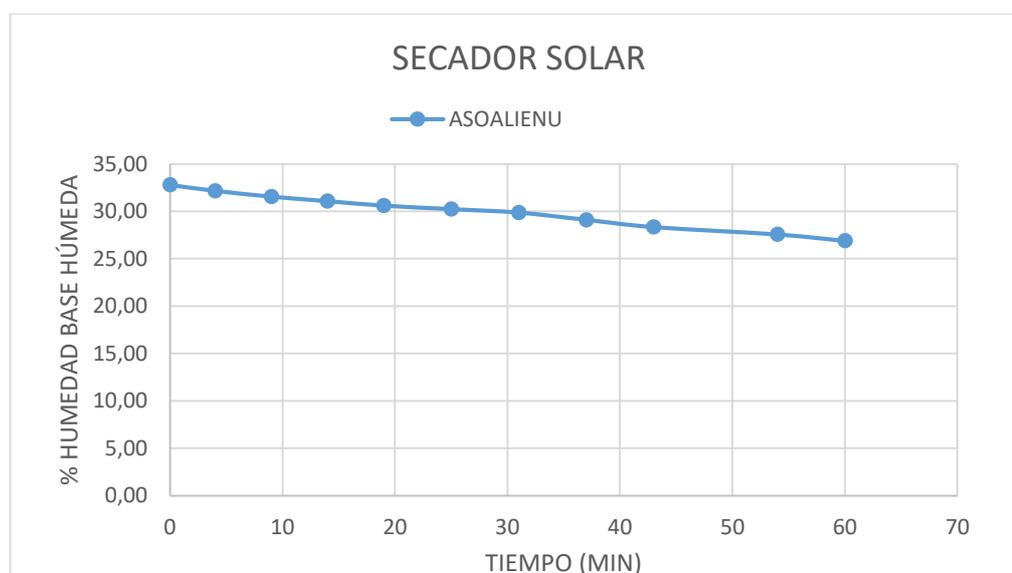
**Tabla 8-3:** Secador solar

Secado de quinua		ASOALIENU
Quinua	Sector: Chimborazo	
Peso de 1 grano		0,00283 g
Tiempo (min)	Peso (g)	% Humedad base húmeda
0	31,00	32,78
4	30,69	32,17
9	30,38	31,55
14	30,22	31,08
19	30,05	30,60
25	29,91	30,24
31	29,76	29,87
37	29,47	29,11
43	29,18	28,34
54	28,98	27,56
60	28,65	26,89

Realizado por: Darwin Rivera, 2018

Fuente: Autor

**Grafico del secado de la quinua**



**Grafico 2-3:** Curva % Humedad base húmeda vs Tiempo (secador solar)

Realizado por: Darwin Rivera, 2018

Fuente: Autor

En la gráfico N° 2-3 se aprecia la pérdida de humedad conforme va pasando los minutos en el día y el día el % de humedad no disminuye muy rápido y en el Secador tipo bandeja circular para quinua el % de humedad disminuye más rápido. Se puede observar que la pendiente es más alta del día comparada con la pendiente del Secador tipo bandeja circular para quinua que es más baja.

### 3.3.4 Resultado del secador de sumaklife

Se realizó con una muestra de quinua correspondiente a SUMAKLIFE. En la tabla se presenta los resultados simplificados.

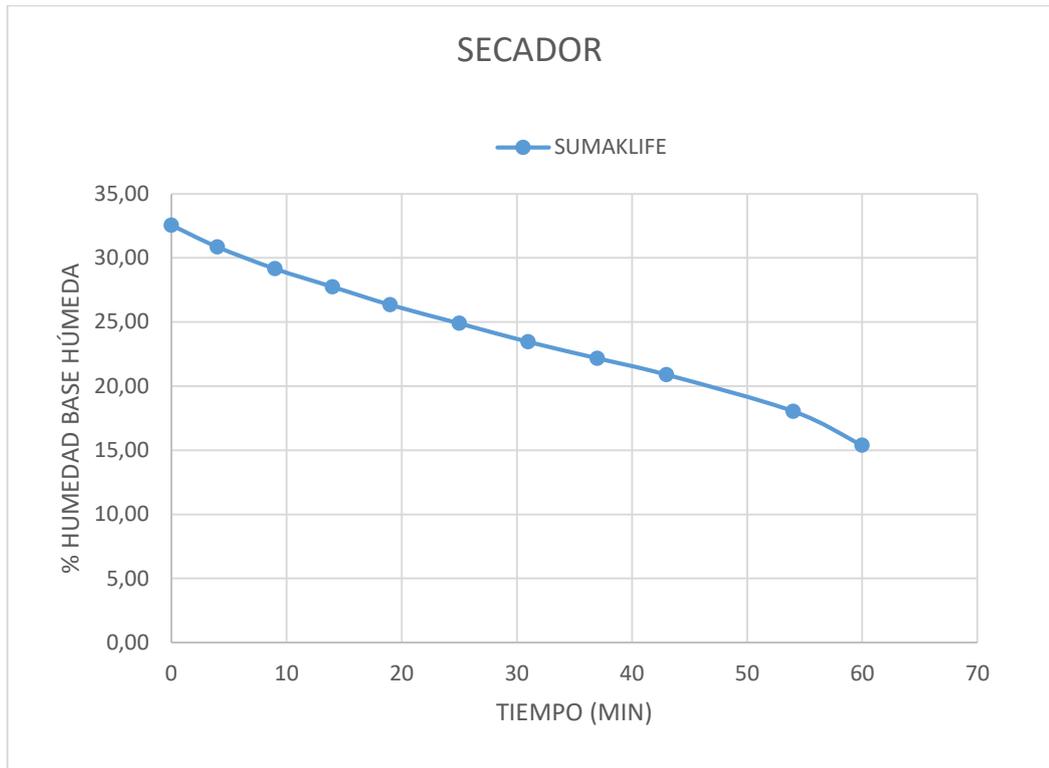
**Tabla 9-3:** Secado de SUMAKLIFE

Secado de quinua		SUMAKLIFE
Quinua	Sector Guamote - Colta -Guano	
Peso de 1 grano		0,00253 g
Tiempo (min)	Peso (g)	% Humedad base húmeda
0	30,76	32,56
4	30,21	30,86
9	29,65	29,15
14	29,11	27,75
19	28,56	26,34
25	28,01	24,90
31	27,45	23,45
37	27,12	22,17
43	26,78	20,89
54	25,98	18,04
60	24,46	15,38

**Realizado por:** Darwin Rivera, 2018

**Fuente:** Autor

### Grafico del secado de la quinua



**Grafico 3-3:** Curva % Humedad base húmeda vs Tiempo (SUMAKLIFE)

Realizado por: Darwin Rivera, 2018

Fuente: Autor

#### 3.3.5 Resultado del Secador de camari

Se realizó con una muestra de quinua correspondiente a CAMARI. En la tabla se presenta los resultados simplificados.

**Tabla 10-3:** Secado de CAMARI

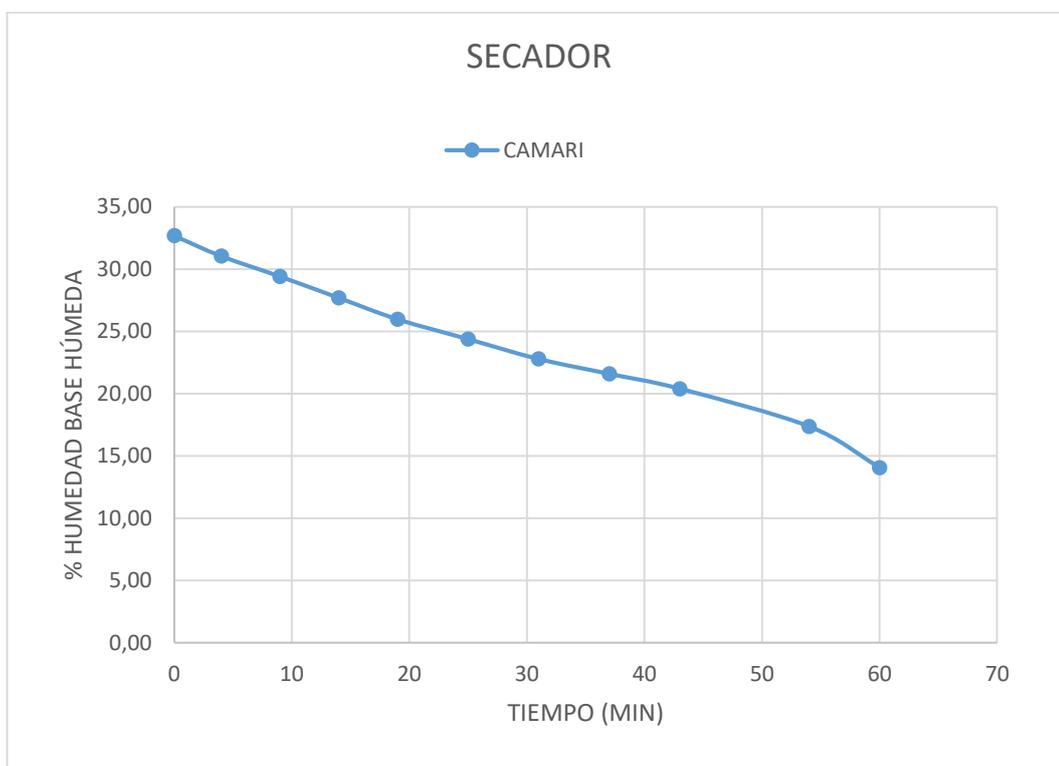
Secado de quinua		CAMARI
Quinua	Sector: Chimborazo	
Peso de 1 grano		0,00283 g
Tiempo (min)	Peso (g)	% Humedad base húmeda
0	31,05	32,68
4	30,04	31,05
9	29,02	29,41

14	28,50	27,69
19	27,98	25,97
25	27,38	24,38
31	26,78	22,78
37	26,29	21,59
43	25,79	20,39
54	25,09	17,36
60	24,43	14,05

Realizado por: Darwin Rivera, 2018

Fuente: Autor

### Grafico del secado de la quinua

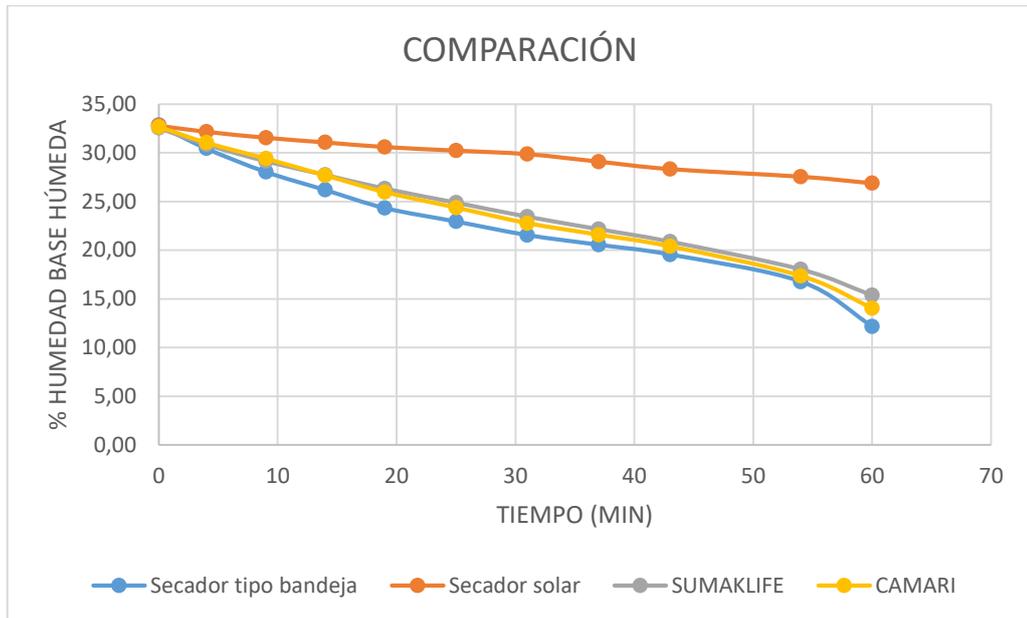


**Grafico 4-3:** Curva % Humedad base húmeda vs Tiempo (CAMARI)

Realizado por: Darwin Rivera, 2018

Fuente: Autor

### Curva de secado de cuatro tipos de secado



**Grafico 5-3:** Comparación de las curvas de secado

**Realizado por:** Darwin Rivera, 2018

**Fuente:** Autor

## CAPITULO IV

### 4 COSTOS

Se realizara un análisis de los costos que intervino en la construcción del prototipo o de la maquina secadora de quinua

#### 4.1 Costos directos

##### 4.1.1 Costos eléctricos

**Tabla 1-4:** Costos eléctricos

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>V. unitario(USD)</b>	<b>V. Total(USD)</b>
1	Motor reductor trifásico	210,00	210,00
		Total	210,00

Realizado por: Darwin Rivera, 2018

Fuente: Autor

##### 4.1.2 Costos mecánicos

**Tabla 2-4:** Costos mecánicos

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>V. unitario(USD)</b>	<b>V. Total(USD)</b>
10	Tubo cuadrado de acero AISI 304 50x50x2	86,91	869,1
6	Tubo cuadrado de acero AISI 304 25x25x1,5	31,92	191,52
1	Tubo de acero AISI 304 d=3in x 2mm	121,99	60,99
1	Tubo de acero AISI 304 d=2in	65,85	32,92
1	Tubo cuadrado de acero AISI 304 100x100x2	171,83	85,91
1	Eje de acero AISI 304 d=1.5in	36,92	36,92
1	Eje de acero AISI 304 d=1in	36,92	36,92

10	Lamina de acero AISI 304 e=1.5mm	102,38	1023.8
3	Lamina de acero AISI 304 e=3mm	102,38	307,14
11	Fibra de vidrio grande	80	935
1	Fibra de vidrio pequeña	10	10
2	Lamina de acero Inox. Perforada	100	200
2	Chumacera	6	12
1	Piñón conducido	12,50	12,50
1	Piñón conductor	12,50	12,50
1	Cadena	30	30
		Total	3857,22

Realizado por: Darwin Rivera, 2018

Fuente: Autor

#### 4.1.3 Costo de mano de obra

**Tabla 3-4:** Costo de mano de obra

Cantidad	Descripción	V. unitario(USD)	V. Total(USD)
2	Soldador	200	400
1	Mecánico industrial	250	250
1	Tornero	100	100
7	Baro lado	10	70
		Total	820

Realizado por: Darwin Rivera, 2018

Fuente: Autor

#### 4.1.4 Costo de transporte de material

**Tabla 4-4:** Costo de transporte de material

Cantidad	Descripción	V. unitario(USD)	V. Total(USD)
2	Flete del tubo cuadrado y eje de acero	30	60
2	Flete acero inoxidable y	50	60
1	Flete de fibra de vidrio y tapiz	30	30
		Total	150

Realizado por: Darwin Rivera, 2018

Fuente: Autor

#### 4.1.5 Costo directo total

**Tabla 5-4:** Costo directo total

<b>Descripción</b>	<b>V. Total</b>
Costos eléctricos	210
Costos mecánicos	3857,22
Costo de mano de obra	820
Costo de transporte del material	150
Costo directo total	5037,22

Realizado por: Darwin Rivera, 2018

Fuente: Autor

#### 4.2 Costos indirectos

**Tabla 6-4:** Costos indirectos

<b>N<sup>a</sup></b>	<b>Descripción</b>	<b>V. unitario(USD)</b>	<b>V. Total(USD)</b>
1	Ingenieriles (supervisión y diseño)	150	150
4	Imprevistos	200	200
		Total	350

Realizado por: Darwin Rivera, 2018

Fuente: Autor

#### 4.3 Costo total

**Tabla 7-4:** Costo total

<b>N<sup>a</sup></b>	<b>Descripción</b>	<b>V. unitario(USD)</b>	<b>V. Total(USD)</b>
1	Costos directos totales	5037,22	5037,22
2	Costos indirectos totales	350	350
		Costo Total	5,387,22

Realizado por: Darwin Rivera, 2018

Fuente: Autor

## **CONCLUSIONES**

Para vencer el momento torsor total de 4552,38 *N. m* y la inercia de todos los elementos giratorios se necesita un motor de 2HP para que el grano se mueva adecuadamente.

Se determinó que en el secador circular tipo bandeja en 60 minutos se tiene 12,18 % de humedad y en el secador solar en 60 minutos se tiene 26,89 % de humedad de la quinua.

Se determinó que con el secador tipo bandeja circular la quinua seca se obtiene en 85 minutos y en el secador solar se obtiene seca la quinua en 185 minutos para que el producto este terminado.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda encender la máquina secadora de quinua 3 minutos antes para que se estabilice y luego poner la quinua húmeda.

Utilizar los EPP (Equipos de protección personal) para la seguridad de cada trabajador que va a estar en la máquina.

Hacer mantenimiento preventivo a la máquina este en óptimas condiciones de funcionamiento durante el trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

**Álvarez, M y Otros. 1977.** *Curso de quinua. Lima -Perú: Ministerio de alimentación.* 1977.

**Corvalan, R, y otros. 1992.** *Ingeniería del secador solar.* s.l. : CYTED-D, 1992.

**Dávila Nara, Juan Rodrigo. 2004.** *Estudio Experimental del Efecto de la Porosidad de Partículas sobre el Proceso de Secado en un Lecho Fluidizado a Vacío Empleando Aire.* Universidad de las Américas Puebla : s.n., 2004.

**Delgado, Emérita, Peralta, J y Barriga, Alfredo. 2005.** *Secadores solares - Términos para granos y frutas utilizarlo en zonas remotas.* Universidad del Litoral (ESPOL). Guayaquil-Ecuador : s.n., 2005.

**ERPE y Raffauf, M. 2000.** *Quinua orgánica.* Riobamba, Ecuador : s.n., 2000.

**Estrella, Eduardo. 1998.** *El Pan de América: etnohistoria de los alimentos aborígenes.* Quito, Ecuador : Tercera Edición transcrita y corregida de la 1ra. Impresión madrileña 1986. FUNDACYT, 1998.

**Guevara Vásquez, Sixto. 2003.** *Teoría para el diseño de calentadores solares de agua.* Lima : s.n., 2003.

**2002.** jnaceros. *jnaceros.* [En línea] Febrero de 2002. <http://www.jnaceros.com.pe/blog/acero-inoxidable-introduccion/industria-alimentaria/>.

**Kneule, Friedrich. 1982.** *El secado.* Urmo, S.A. . s.l. : Bilbao, 1982.

**León Hanco, Juvenal Martín. 2003.** *Cultivo de la quinua en Puno-Peru descripción, manejo y producción.* PUNO-PERU : s.n., 2003.

**Mena Reinoso, Angel Patricio. 2015.** *Tesis " Analisis estadístico exploratorio de dos tipos de secadora de quinua" .* Riobamba- Ecuador : s.n., 2015.

**Moreno, Gamaliel M. 2001.** *"Manual de Construcción y Operación de Una Secadora Solar"*. Seminario de Proyectos R Ingeniería en Energía, UAM-L. 2001.

**Mujumdar, Arun. 2000.** *Mujumdar's Practical Guide to Industrial Drying: Principles, Equipment and New Developments*. s.l. : Sakamon Devahastin, 2000.

**Peralta, Eduardo. 2009.** *La quinua en Ecuador " Estado del arte"*. Quito : s.n., 2009.

**Peralta, Eduardo, y otros. 2012.** Manual agrícola de granos andinos: Chocho, Quinua, Amaranto y Ataco. Cultivos, variedades y costos de producción. *Tercera edición, Publicaciones miscelánea No. 69. Programa Nacional de Leguminosas y granos Andinos. Estación experimental santa Catalina INIAP.* Quito- Ecuador : s.n., 2012, págs. 1-68.

**Pérez, C. 2000.** *Estudio del proceso de Secado de trigo en un sistema de lecho vibrofluidizado*. México Universidad Autónoma Metropolitana : s.n., 2000.

**Perry , Robert y Chilton, Cecil. 1984.** *Manual del Ingeniero Químico*. s.l. : Mc Graw Hill, 1984.

**Pontiles de Hernandez, Zoila.** *Universidad nacional experimental Francisco de Miranda, equipos e instalaciones industriales.* s.l. : <https://emiiunefmzp.files.wordpress.com/2010/10/secadores-mio32.doc>.

**Siguencia Ávila, Jorge Marcelo. 2013.** *Tesis "Evaluación de un secador solar inclinado con Absorbedor de Zeolita para granos de Cacao*. Universidad de Cuenca-Ecuador : s.n., 2013.

**Suquilanda Valdivieso, Manuel. 2007.** Producción orgánica de cultivos andinos. *Manual Técnico. UNOCANC.* 2007, págs. 100-114.

**Tojo Barreiro, Gabriel. 1970.** *Problemas de ingeniería química; Tomo II.* 1970.

**Treybal, Robert. 2002.** *Operaciones de transferencia de masa.* México : Mc Graw Hill, 2002.