



# DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TOSTADOR POR RESISTENCIAS ELÉCTRICAS PARA LA ELABORACIÓN DE CAFÉ DE QUINUA CON CAPACIDAD DE 25 LIBRAS”.

## ARTÍCULO CIENTÍFICO

Pozo Enríquez Jeniffer Pamela<sup>1</sup>, Ing. Gustavo Mosquera<sup>2</sup>

Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica del Norte, Ibarra-Ecuador

jppozoe@utn.edu.ec, gmosquera@utn.edu.ec

**Resumen.** – En este trabajo se muestra el proceso de investigación realizado para el diseño e implementación de una máquina tostadora de café de quinua, y comprobar el desempeño de la misma con el objetivo de mejorar el proceso de tostado del producto, con lo que se logra obtener un café de quinua más homogéneo.

La investigación se enfoca en determinar un modelo de máquina óptimo para el tipo de producto que se está procesando con las condiciones y requerimientos propicios, y el resultado muestra que el modelo de tostadora por tandadas permite mejorar la calidad de proceso de tueste del café de quinua con el uso de los materiales adecuados para la manipulación de alimentos.

La máquina permite aumentar la calidad del producto y también ayuda aminorar el esfuerzo que se invierte al realizar el proceso de manera artesanal, por tal motivo se diseña una máquina con una capacidad de 25 libras, con un tiempo de tueste de 45 minutos, y en conjunto con el sistema de control desarrollado por el Sr. Lenin Pozo se logra implementar una máquina tostadora automatizada para mantener la temperatura óptima de tueste determinada en 180 ° C.

Los materiales que se usa tiene las características idóneas para estar en contacto con los alimentos,

por este motivo se utiliza acero inoxidable AISI 304 para las cámaras de tostado y calentamiento. En el sistema de transmisión de potencia se utiliza el método de banda polea por sus ventajas, facilidad de implementación y mantenimiento con un motor impulsor de ¼ HP, que permite obtener una velocidad en la cámara de tostado de 10 RPM.

Este proyecto constituye como un aporte de investigación para nuevos trabajos y también se establece como una alternativa para el mejoramiento del proceso de tostado de café de quinua.

### Palabras Claves

Tostador por resistencias, café de quinua, sistema de transmisión, aislante térmico, diseño mecánico.

## 1. INTRODUCCIÓN

Según PRO ECUADOR (2013), el consumo interno de café es de 150.000 sacos de 60 kilos. El 73% de los ecuatorianos consideran al café como un producto básico de la dieta diaria, con un consumo de entre dos a seis tazas diarias, esto se traduce según la Organización Internacional de Café (ICO) en un consumo per capital de 0.66 kilos/año.

En el Ecuador se promueve el consumo de productos autóctonos y saludables, que permitan rescatar la

elaboración de alimentos tradicionales, uno de estos es la quinua; con la cual se prepara diversos productos y subproductos, entre ellos el café a base de quinua.

La maquinaria alimenticia permite replicar el producto, pero sin alterar las características de sabor, aroma y textura realizadas de forma artesanal; con esto se logra aumentar la productividad y la rentabilidad, asegurando así una productividad continua, segura e higiénica, beneficiando tanto a las familias como a la pequeña y mediana industria.

## 1.1 Generalidades del café de quinua y máquinas de tostado

Las máquinas tostadoras facilitan el tostado del café de quinua, a través de ella se logra obtener un tueste homogéneo en menor tiempo y se minimizan los esfuerzos físicos al trabajador.

### 1.1.1 Características generales de café de quinua

Para la elaboración del café de quinua se utiliza una mezcla de harinas constituidas por harina de quinua, de trigo y de haba, la Figura 1 muestra las proporciones de cada una de las harinas, por tal razón el mayor aporte nutricional está basado en la quinua.

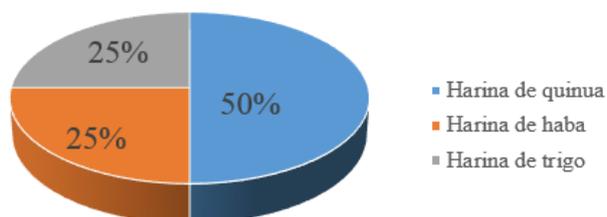


Figura 1: Constitución del café de quinua

### 1.1.2 Parámetros de funcionamiento para la máquina tostadora

Para determinar un modelo óptimo de la máquina tostadora se debe conocer los siguientes parámetros:

#### a) Salubridad

El código de prácticas para la manipulación de alimentos establece que el material que se encuentra en contacto con el alimento debe ser de superficie lisa y sin grietas, libre de sustancias tóxicas. Además, no debe aportar sabores ni olores y debe ser fácil de limpiar y desinfectar. (INEN, 2009)

La facilidad de limpieza es un factor importante; porque el estado de higiene de la maquinaria puede influir en las características del producto alimenticio procesado. Entre más regular sea la superficie del material menor será el desarrollo de colonias de bacterias.

#### b) Presentación requerida

El café de quinua debe poseer color café oscuro lo que indica el tueste óptimo del producto.

#### c) Capacidad de tostado

La tostadora debe tener la capacidad de tostar 25 lb de café de quinua, con un tiempo de operación de 45 minutos.

## 1.2 Estudio de alternativas para máquina tostadora

Se estudia las características, ventajas y desventajas de los modelos de máquinas tostadoras, con estos parámetros se selecciona una alternativa eficiente y económica para lograr un tostado homogéneo. En el estudio se establece las siguientes alternativas:

### 1.2.1 Tostador rotativo horizontal por tandadas

El sistema por tandeadas consiste en ingresar el producto una sola vez por cada ciclo de tostado, por tal motivo es utilizada por la pequeña y mediana industria porque la capacidad de tueste va desde los 5kg hasta los 600kg. La Figura 2, muestra el esquema de la máquina rotatoria por tandadas.



Figura 2: Máquina tostadora rotatoria por tandadas

### 1.2.2 Tostador rotativo horizontal continuo

Esta máquina tostadora utiliza un sistema continuamente alimentado, que consiste en colocar el producto varias veces en un mismo ciclo de trabajo. Para el proceso de tueste cuenta con un tornillo sinfín que permite llevar el producto a través de la cámara de tostado y así se logra que el café de quinua viaje desde la entrada hasta la salida, y en este trayecto se tueste. Este método es utilizado por las grandes industrias porque permite tostar grandes producciones de manera rápida. La Figura 3, muestra el esquema de la alternativa.

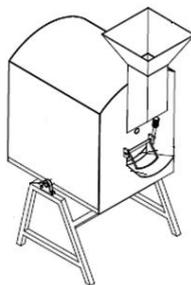


Figura 3: Máquina tostadora rotativa horizontal continua

### 1.2.3 Tostador vertical con agitación por paletas

El funcionamiento de esta tostadora inicia con el arranque del sistema motriz que hace girar el eje de las paletas, como se muestra en la Figura 4, donde cumplen con la función de remover el material a tostar, el calentamiento se lo realiza directamente debido al posicionamiento del cilindro de tueste, una vez realizado el tueste se procede a la extracción del material por medio de las paletas, que empuja el producto a la compuerta de descarga.

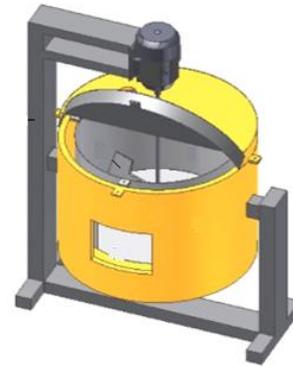


Figura 4: Máquina tostadora vertical con agitación por paletas

La mejor alternativa para la máquina tostadora de café de quinua, es la maquina tostadora rotatoria por tandadas, a través de este modelo se obtiene un tueste con mayor homogeneidad, es fácil de construir, ergonómica, económica y permite un fácil mantenimiento.

## 2. DESARROLLO

Una vez seleccionado el modelo de máquina óptima para el tostado de café de quinua se procede al dimensionamiento de las partes de la máquina.

En la Figura 5, se muestra la maquina tostadora de café de quinua una vez construida.



Figura 5: Máquina tostadora

## 2.1 Diseño de la máquina tostadora

En el diseño de la máquina es importante conocer las partes que la constituyen para tener claro el objetivo de este trabajo. Para comprender de mejor manera todo el conjunto denominado tostadora, se divide el sistema en partes, como muestra la Figura 6.

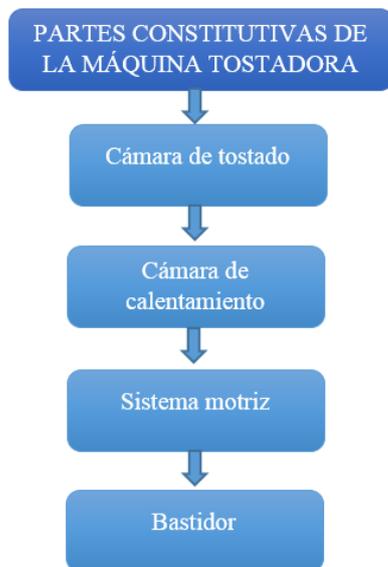


Figura 6: Diagrama de las partes de la máquina tostadora.

### 2.1.1 Cámara de tostado

Es un recipiente que contiene el café de quinua y es sometida al calor para tostar el producto. El diseño de la cámara tostadora tiene que cumplir con las normas técnicas y los estándares de salubridad.

Se determina que el café de quinua tiene que ocupar el 25% del volumen del recipiente, por lo cual se calcula las siguientes dimensiones del cilindro que se muestran en la Figura 7.

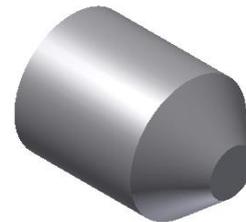
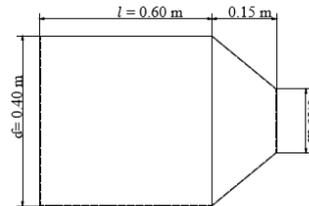


Figura 7: Dimensiones de la cámara de tostado

Esta cámara está constituida de acero inoxidable AISI 304 y para la selección del espesor de la lámina se analiza las fuerzas que se generan en el cilindro, el costo, la disponibilidad y la facilidad de conformado, con lo cual se elige un espesor de 1.5mm.

### 2.1.2 Cámara de calentamiento

Es el espacio que cubre a la cámara de tostado y contiene las resistencias eléctricas. Este elemento permite distribuir el calor por toda la cámara de tostado y se logra que el producto se tueste con homogeneidad, además cuenta con aislante térmico el cual evita pérdidas de calor hacia el exterior.

Para la selección del aislante se toma en cuenta la aplicación y el costo, el tipo de aislante que se selecciona es la lana de vidrio en forma de manta (Kaowool-1260) con un espesor de 30mm, por ser accesible, económica, ligera, flexible lo que facilita el corte e instalación.

### 2.1.3 Bastidor

En la Figura 8, se muestra el bastidor que sirve de soporte de la cámara de tostado, cámara de calentamiento y sistema motriz, para generar un solo conjunto de trabajo; además ayuda a la extracción del producto que se encuentra almacenado en la cámara de tostado.

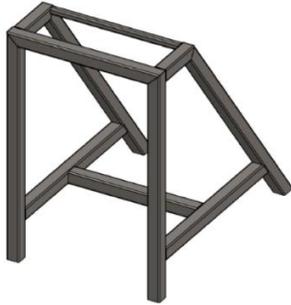


Figura 8: Estructura del bastidor

Para dimensionar el bastidor se analiza un travesaño y una columna, sobre el cual se aplica una fuerza de 261.504 N, con lo cual se obtiene un perfil estructural cuadrado de 40x2mm, lo que genera un factor de seguridad de 388.

### 2.1.4 Sistema motriz

Permite transferir la velocidad de giro hacia la cámara de tostado, permitiendo remover constantemente el producto, esto evita que el café de quinua se queme, como se observa en la Figura 9.

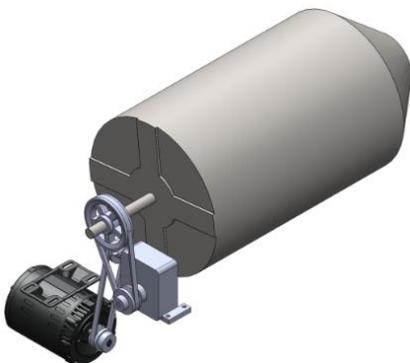


Figura 9: Sistema motriz

Para remover el producto constantemente y evitar que se queme, la cámara de tostado tiene que rotar a una velocidad de 10rpm, por lo cual se selecciona un

motor de ¼ HP, un sistema de transmisión banda-polea, un reductor de velocidad de ¼ HP con una relación de transmisión de 40:1.

## 3. PRUEBAS DE LA MÁQUINA TOSTADORA

Las pruebas permiten determinar la funcionalidad de la máquina tostadora de café de quinua, además ayuda a cotejar los resultados teóricos con los prácticos, con lo cual se puede determinar la eficacia del diseño.

### 3.1 Velocidad de rotación

Para poder demostrar la eficacia de los cálculos en el diseño del sistema motriz se mide la velocidad que tiene la cámara de tostado, para realizar esta prueba se utiliza un cronometro y se ubica una marca tanto en la cubierta externa como en la cámara de tostado y se cuenta el número de veces que estas marcas se alinean, con lo que se obtiene la velocidad de giro. En la Tabla 1 se muestra los resultados obtenidos.

Tabla 1: Resultados de prueba de velocidad

Nro PRUEBA	TIEMPO DE PRUEBA (min)	VELOCIDAD DE GIRO (RPM)
1	5	51
2	10	100
3	15	153
4	20	199
5	25	250
<b>TOTAL</b>	<b>75</b>	<b>753</b>
<b>VELOCIDAD PROMEDIO</b>		<b>10,04</b>

Como se muestra en los resultados la velocidad de la cámara de tostado es 10 RPM y se mantiene constante en el tiempo, con lo que se verifica que el sistema motriz diseñado cumple con los requerimientos propuestos.

### 3.2 Temperatura en la cubierta externa

Al determinar la temperatura de la cubierta externa se puede comprobar si el aislamiento térmico cumple con su función, para esta prueba se toma en cuenta dos puntos de medición: cubierta externa y manijas. Como instrumentos se utiliza un termómetro infrarrojo, en la Tabla 2 se muestra los resultados.

Tabla 2: Resultados prueba de temperatura

Nro PRUEBA	TIEMPO AL TOMAR PRUEBA (min)	TEMPERATURA (°C)	
		CUBIERTA EXTERNA	MANIJAS
1	45	47	24
2	45	49	21
3	45	50	22
4	45	45	24
5	45	45	24
<b>TEMPERATURA PROMEDIO</b>		<b>47,2</b>	<b>23</b>

Como se observa en los resultados la temperatura promedio en la cubierta externa es de 47°C, con lo cual se asegura que el operador no sufra lesiones por quemaduras y en las manijas se mantiene una temperatura promedio de 23°C, con lo que se puede manipular la máquina para la extracción del producto sin ningún riesgo.

### 3.3 Temperatura en la cámara de calentamiento

La temperatura en la cámara de calentamiento permite analizar si el aislante térmico cumple con la función de mantener la temperatura dentro de la esta cámara. En la Tabla 3, se muestra los resultados de esta prueba.

Tabla 3: Resultado de la prueba de temperatura en la cámara de calentamiento

Nro PRUEBA	TIEMPO AL TOMAR PRUEBA (min)	TEMPERATURA (°C)
1	45	350
2	45	345
3	45	328
4	45	341
5	45	355
<b>TEMPERATURA PROMEDIO</b>		<b>343,8</b>

La temperatura promedio a la que se encuentra la cámara de calentamiento es de 343,8 °C, con lo que se puede verificar que el aislante térmico utilizado si permite concentrar el calor dentro de la cámara, porque en los cálculos se obtiene que el calor generado para el calentamiento tiene que ser de 310°C, y la cámara si proporciona dicho calor al no existir perdidas hacia el exterior.

### 3.4 Calidad de tueste

La calidad de tueste de las 25 libras de café de quinua se refiere a cómo sale el producto posterior al proceso de tostado, en este caso falta de tueste significa que el café de quinua no tiene ni el color ni el aroma característico del producto, el tueste optimo es la presencia de un buen aroma y un color café oscuro mientras que al pasarse del punto de tueste lo que se obtiene es un producto quemado, amargo y sin un buen aroma, en la Tabla 4 se muestra los resultados.

Tabla 4: Resultado del tostado

Nro PRUEBA	TIEMPO DE TUESTE (min)	TEMPERATURA (°C)	CALIDAD DEL TUESTE
1	15	180	FALTA DE TUESTE
2	15	180	FALTA DE TUESTE
3	15	180	FALTA DE TUESTE
4	15	180	FALTA DE TUESTE
5	15	180	FALTA DE TUESTE
6	30	180	TUESTE ÓPTIMO
7	30	180	TUESTE ÓPTIMO
8	30	180	TUESTE ÓPTIMO
9	30	180	TUESTE ÓPTIMO
10	30	180	TUESTE ÓPTIMO
11	45	180	PASADO DE TUESTE
12	45	180	PASADO DE TUESTE
13	45	180	PASADO DE TUESTE
14	45	180	PASADO DE TUESTE
15	45	180	PASADO DE TUESTE

Los resultados demuestran que con una temperatura de 180°C y con un tiempo de tostado de 30 minutos se obtiene un café de quinua con una buena

presentación y con su aroma y sabor característico, con lo cual se determina que el tiempo y temperatura óptima para el proceso de tostado es de 45 minutos y 180°C respectivamente para 25 libras de producto, debido a que la máquina es precalentada durante 15 minutos hasta alcanzar la temperatura adecuada.

#### 4.5 Tiempo de extracción

Para determinar el tiempo de extracción se utiliza un cronometro, con lo que se registra el tiempo desde que la máquina es inclinada para la extracción de 25 libras de producto, en la Tabla 5 se observa lo resultados para esta prueba.

Tabla 5: Prueba del tiempo de extracción

Nro PRUEBA	TIEMPO DE EXTRACCIÓN (seg)
1	58
2	65
3	57
4	60
5	65
<b>TIEMPO PROMEDIO</b>	<b>61</b>

Se obtiene un tiempo de extracción aproximado de 1 minuto, con lo cual se demuestra que es eficaz el diseño del mecanismo para que la máquina se incline y se pueda extraer el producto de la cámara de tostado.

#### 4. CONCLUSIONES

- Con el diseño y construcción de la máquina tostadora con el método de tostado por tandadas se logra homogeneizar el proceso de tueste de 25 libras de café de quinua y se evita tanto el apelmazamiento como quemaduras.
- Los parámetros óptimos para el tostado de café de quinua son: velocidad de agitación de 10rpm, temperatura de trabajo de 180°C y un tiempo de 45 minutos para 25 libras,

con lo cual se mejora el proceso de tostado de forma artesanal.

- Para obtener un producto homogéneo y evitar las pérdidas por quemaduras, la velocidad de tueste es de 10 rpm, que es obtenida por medio de la combinación de sistemas banda-polea y un reductor de velocidad. Además, el diseño del bastidor con una inclinación de 50°, facilita la extracción del producto contenido en la cámara de tostado con un tiempo de un minuto y disminuye el esfuerzo al operario al momento de realizar este procedimiento.
- La máquina está construida de acero inoxidable AISI 304, con lo que se cumple la norma UNE-EN 1672-2 y se asegura un producto inocuo, saludable y sano.
- El aislamiento térmico de la máquina tostadora disminuye las pérdidas de calor y ayuda a concentrar una temperatura máxima de 343.8°C en la cámara de calentamiento, con lo cual se asegura el proceso de tostado dentro de la cámara de calentamiento.
- El producto que se obtiene de la máquina tostadora presenta buenas características de aroma, color y sabor, esto se debe a que la máquina funciona bajo los parámetros óptimos de tostado.
- La máquina tostadora es de fácil operación y no requiere de grandes esfuerzos ni supervisiones rigurosas por parte del operario, debido al diseño y material de fabricación.
- La máquina tiene la capacidad para tostar menor cantidad de lo establecido en un menor tiempo y con una buena calidad de tueste.

## 5. RECOMENDACIONES

- Leer atentamente y con detenimiento el manual de usuario y mantenimiento, para una correcta instalación y manipulación de la máquina tostadora, lo que asegura un correcto funcionamiento de la máquina.
- Para realizar un correcto mantenimiento de la máquina, esta tiene que estar completamente fría y desconectada de la red eléctrica.
- Para iniciar el proceso de tueste, se debe realizar una inspección a todos los elementos que conforman la máquina tostadora, para determinar posibles fallas antes de la puesta en marcha.
- Se recomienda no verter aceites, ni sustancias tóxicas como hidrocarburos dentro de la cámara de tostado.
- Después de cada ciclo de trabajo se recomienda realizar la limpieza de la máquina de tostado que debe estar totalmente fría.
- Para obtener un buen resultado estético de la máquina y conseguir las dimensiones correctas, se recomienda realizar plantillas de las piezas y cortarlas a través de la técnica de corte por plasma, con lo que se evita la creación de focos de contaminación.
- Para la manipulación de la máquina tostadora, se debe utilizar la vestimenta y herramientas apropiadas.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Pozo Benavides, L. G. (2016). Implementación de un sistema de control de perfil de calentamiento y agitación para un tostador por resistencias eléctricas con capacidad de 25 libras de café de quinua (Tesis

inédita de ingeniería). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.

PRO ECUADOR. (2013). ANÁLISIS SECTORIAL DE CAFÉ. Recuperado de [http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2013/05/PROEC\\_AS2013\\_CAFE.pdf](http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2013/05/PROEC_AS2013_CAFE.pdf)

Consejo Cafetalero Nacional COFENAC. (2011). El Sector Cafetalero Ecuatoriano: Diagnostico. Recuperado de <http://www.cofenac.org/wp-content/uploads/2010/09/Diagn%C3%B3stico-Sector-Caf%C3%A9-Ecu2011.pdf>

Cazar, P., Alava, H., & Romero, M. (2004). Producción y comercialización de quinua en el Ecuador (Tesis inédita de ingeniería). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (2011). La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/017/aq287s/aq287s.pdf>

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca MAGAP. (s.f.). Proyecto: "Fomento a la Producción de Quinua en la Sierra Ecuatoriana". Recuperado de <http://www.uasb.edu.ec/UserFiles/385/File/Guillermo%20Tapia.pdf>

Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. (2009). Código de Práctica para Manipulación de Alimentos. Recuperado de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.cpe.001.1987.pdf>

Carbó, H. (2009). Boletín Técnico N° 10. Recuperado de

[http://www.aceroscuyo.com.ar/boletines\\_tecnicos/13.pdf](http://www.aceroscuyo.com.ar/boletines_tecnicos/13.pdf)

Centra Nacional para el Desarrollo del Acero Inoxidable (CENDI). (s.f.). Clasificación y características del acero inoxidable. Recuperado de [http://www.iminox.org.mx/downloads/publicaciones/manual\\_caracteristicas\\_y\\_clasificacion.pdf](http://www.iminox.org.mx/downloads/publicaciones/manual_caracteristicas_y_clasificacion.pdf)

Shigley. (2008). Diseño en ingeniería mecánica. (8va ed.). México: McGraw-Hill Interamericana

Limone, C. (2012). Diseño e instalación de aislante térmico en tuberías y equipos (Tesis inédita de ingeniería). Universidad Simón Bolívar, Sartenejas, Venezuela.

Isover. (s.f.). MANUAL DE AISLAMIENTO EN LA INDUSTRIA. Recuperado de [file:///C:/Users/PORTATIL/Downloads/manual-aislamiento-industria%20\(8\).pdf](file:///C:/Users/PORTATIL/Downloads/manual-aislamiento-industria%20(8).pdf)

Thermal Ceramics. (s.f.). INFORMACIÓN TÉCNICA MANTA KAOWOOL HP 12060. Recuperado de <http://www.carbosanluis.com.ar/hojas-tecnicas/Fibra%20Aislantes/Kaowool%20HP%20-%20rev%2004.pdf>

Mott, R. (2006). Diseño de elementos de máquinas. (4ta ed.). México: PEARSON EDUCACIÓN

Arellano, D., Cárdenas, D., Elizalde, H., Ramírez, R., & Probst, O. (2012). Biaxial tensile strength characterization of textile composite materials. Recuperado de <http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/38394.pdf>

Martin. (s.f.). Transmisión por Bandas. Recuperado de [http://www.martinsprocket.com/docs/default-source/catalog-sheaves/poleas-para-banda-v-de-martin-\(martin-v-belt-sheaves\).pdf?sfvrsn=9](http://www.martinsprocket.com/docs/default-source/catalog-sheaves/poleas-para-banda-v-de-martin-(martin-v-belt-sheaves).pdf?sfvrsn=9)

Gates Industrial. (2000). Master de Bandas Industriales: Transmisión de Potencia. Recuperado de

<http://www.ipitequipos.com/catalogos/GATES/GATES%20Bandas%20Industriales.pdf>

Gates Industrial. (2004). V-Belt Drive Design Manual. Recuperado de

[http://industrialbeltdrives.com/wp-content/uploads/2012/05/20070\\_V-BELT\\_DDMANUAL\\_ENGLISH.pdf](http://industrialbeltdrives.com/wp-content/uploads/2012/05/20070_V-BELT_DDMANUAL_ENGLISH.pdf)

FAG. (2000). Rodamientos de bolas, Rodamientos de rodillos, Soportes, Accesorios. Recuperado de <http://www.rodamientosbulnes.com/doc/es-c-fag.pdf>

## 7. BIOGRAFÍA



**Jeniffer Pamela Pozo Enríquez** nacida en la ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura, el 18 de diciembre de 1989. Realizo sus estudios secundarios en el Colegio “Nacional de Señoritas Ibarra”. Egresada de la Carrera de Ingeniería

en Mecatrónica de la Universidad Técnica del Norte de la ciudad de Ibarra



# DESIGN AND CONSTRUCTION OF A TOASTER FOR ELECTRIC HEATERS TO PRODUCE QUINOA COFFEE WITH A CAPACITY OF 25 POUNDS

## SCIENTIFIC ARTICLE

Pozo Enríquez Jeniffer Pamela, Ing. Gustavo Mosquera

Faculty of Engineering of Applied Science, Technical University of the North, Ibarra-Ecuador

jppoze@utn.edu.ec, gmosquera@utn.edu.ec

*Summary.* - In this paper the research process for the design and implementation of a toaster coffee machine quinoa shown, and check the performance of it with the aim of improving the roasting process the product, which is possible to obtain quinoa coffee more homogeneous.

*The research focuses on determining a model of optimal machine for the type of product being processed with the conditions and conducive requirements, and the result shows that the model toaster by tandadas to improve the quality of process of roasting coffee quinoa with the use of materials suitable for handling food.*

*The machine allows to increase product quality and also helps reduce the effort invested to make the process of artisan way, for this reason a machine with a capacity of 25 lbs is designed with a roasting time of 45 minutes, and together with the control system developed by Mr. Lenin Pozo is achieved implement an automated machine toaster to maintain the optimum temperature determined roasting at 180 ° C.*

*The materials used have the ideal characteristics for contact with food, for this reason AISI 304 stainless steel is used for roasting and heating chambers. In the system of power transmission belt pulley method is used for its advantages, ease of deployment and maintenance with ¼ HP*

*drive motor, which allows a speed in the roasting chamber 10 RPM.*

*This project is research as a contribution for new jobs and also set as an alternative to improve the process of coffee roasting quinoa.*

## Keywords

Resistors toaster, coffee quinoa, transmission system, thermal insulation, mechanical design.

## 1. INTRODUCTION

According PRO ECUADOR (2013), domestic consumption of coffee is 150,000 bags of 60 kilograms. 73% of Ecuadorians consider coffee as a commodity of the daily diet, with consumption of between two to six cups daily, this translates according to the International Coffee Organization (ICO) in consumption per capita of 0.66 kilograms / year.

In Ecuador the consumption of local and healthy products that allow rescue the preparation of traditional foods, one of these is the quinoa is promoted; with which various products and by-products, including quinoa coffee is prepared.

Food machinery can replicate the product, but without altering the characteristics of taste, fragrancancy and texture made by hand; This is

achieved with increased productivity and profitability, thus ensuring a continuous, safe and sanitary productivity, benefiting both families and small and medium industry.

## 1.1 Generalities of quinoa coffee and toaster machines

Toasters machines provide coffee roasting quinoa, through it is possible to obtain a homogeneous roasting in less time and physical efforts to minimize worker.

### 1.1.1 General characteristics of quinoa coffee

For the preparation of quinoa coffee, a mixture of flour consisting of quinoa flour, wheat and bean used, Figure 1 shows the proportions of each flour, for this reason the greatest nutritional contribution is based on quinoa.

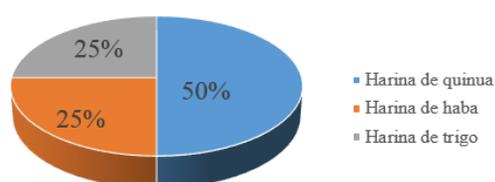


Figure 1: Quinoa coffee constitution

### 1.1.2 Operating parameters for the roaster

To determine an optimal model of the roaster must meet the following parameters:

- a) Health

The code of practice for food handling states that the material is in contact with food must be smooth surface without cracks, free of toxic substances. Also, do not bring flavors or odors and should be easy to clean and disinfect. (INEN, 2009)

Cleanability is an important factor; because the state of health of the machinery can influence the characteristics of the processed food product. The more regular the lower surface of the material will be the development of bacterial colonies.

- b) Presentation required

Quinoa coffee must have dark brown indicating the optimal roasting of the product.

- c) Capacity toasted

The toaster must have the ability to roast coffee 25 lb quinoa, with an operating time of 45 minutes.

## 1.2 Study of alternatives for roasting machine

The characteristics, advantages and disadvantages of toasters machine models is studied with these parameters an efficient and economical alternative is selected to achieve a homogeneous tan. The study states the following alternatives:

### 1.2.1 Horizontal rotary batch toaster

Tandadas the system is to enter the product once for each toasting cycle for that reason is used by small and medium industry because roasting capacity ranges from 5kg to the 600kg. Figure 2 shows the scheme of the rotating machine tandadas.



Figure 2: Rotary batch roaster

### 1.2.2 Continuous horizontal rotary toaster

This toaster machine uses a continuously fed system, which involves placing the product several times in the same cycle. For the roasting process has a worm that can bring the product through the roasting chamber and thus makes the coffee quinoa trip from input to output, and in this way is roasting. This method is used by large industries because it allows roasting big productions quickly. Figure 3 shows the alternative scheme.

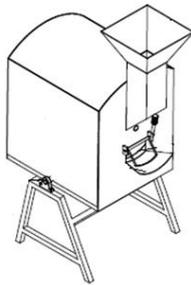


Figure 3: Horizontal continuous rotary machine toaster

### 1.2.3 Vertical roaster with stirring paddles

The operation of this toaster starts with the starting of the drive system that rotates the shaft of the blades, as shown in Figure 4, which fulfill the function of removing the toasting material, the heating is performed directly due to the positioning the roasting cylinder, once made

roasting proceed to the extraction of the material through the blades, which pushes the product to the discharge gate.

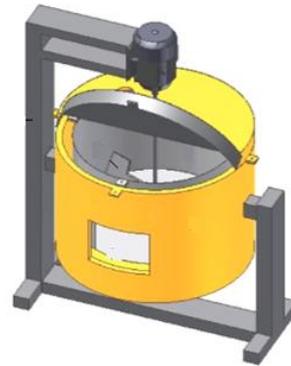


Figure 4: Vertical roaster with stirring paddles

The best alternative for coffee roaster machine quinoa, is the roaster rotating by tandadas through this model a roasting more homogeneity is obtained, it is easy to build, ergonomic, economical and allows easy maintenance.

## 2. DEVELOPMENT

After selecting the optimal model machine for coffee roasting quinoa it comes to sizing machine parts.

In Figure 5, the toaster coffee machine quinoa shown once built.



Figure 5: Toaster machine

## 2.1 Design of the roaster

In the design of the machine it is important to know the constituent parts to be clear about the objective of this work. To better understand the whole called toaster, the system is divided into parts, as shown in Figure 6.

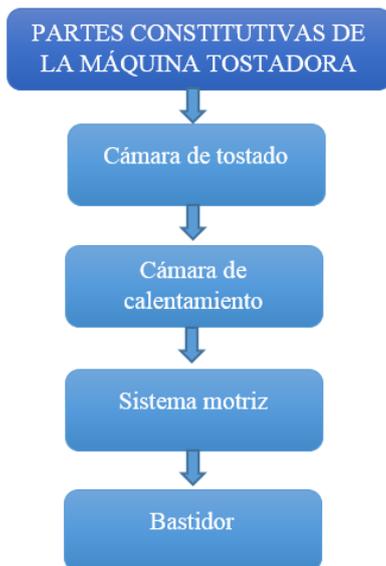


Figure 6: Diagram of the parts of the roaster.

### 2.1.1 Roasting chamber

It is a container containing coffee quinoa and is subjected to heat for toasting the product. The design of the toaster chamber must meet technical standards and health standards.

Coffee is determined that quinoa must occupy 25% of the volume of the container, whereby the following dimensions of the cylinder shown in Figure 7 is calculated.

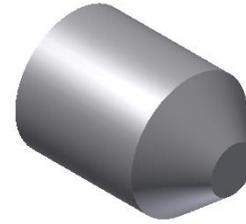
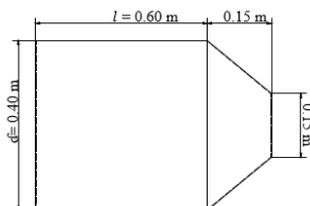


Figure 7: Dimensions roasting chamber

This camera is made of stainless steel AISI 304 and selecting the thickness of the sheet forces generated in the cylinder, the cost, availability and ease of forming is analyzed, whereby a thickness of 1.5mm is chosen.

### 2.1.2 Heating chamber

It is the space that covers the roasting chamber and contains the electrical resistance. This element allows to distribute the heat throughout the roasting chamber and is achieved that the product is toasted with homogeneity, also it has thermal insulation which prevents heat loss to the outside.

For the selection of the insulation is taken into account the implementation and cost, the type of insulation that is selected is glass wool shaped blanket (Kaowool-1260) with a thickness of 30 mm, being accessible, inexpensive, lightweight, Flexible facilitating cutting and installation.

### 2.1.3 Frame

In Figure 8, the frame that supports the roasting chamber, heating chamber and motor system is shown to generate a single set of work; also helps removal of the product that is stored in the roasting chamber.



Figure 8: Structure of the frame

Dimensioning the frame, a beam and a column, on which a force of 261,504 N, whereby a structural

40x2mm square profile is obtained, which generates a safety factor of 388 applies analyzed.

### 2.1.4 Drive system

It allows to transfer the rotational speed to the roasting chamber, allowing the product stir constantly, this prevents the burning coffee quinoa, as shown in Figure 9.

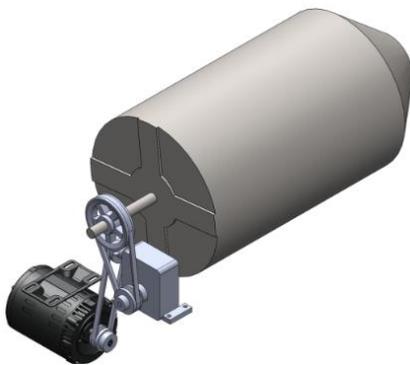


Figure 9: Drive system

To remove the product constantly and avoid burning the roasting chamber has to rotate at a speed of 10rpm, so engine ¼ HP, a system of transmission-belt pulley, a speed reducer ¼ is selected HP with a transmission ratio of 40: 1.

## 3. TESTING OF THE MACHINE TOASTER

Testing will determine the functionality of the machine coffee roaster quinoa, also helps to compare the theoretical results with practical, which can determine the effectiveness of the design.

### 3.1 Rotation speed

To demonstrate the effectiveness of the calculations in the design of the drive system speed has the roasting chamber is measured for this test a timer is used and a mark is located on both the outer shell and the roasting chamber and the number of times that these marks are aligned, whereby the rotational speed is obtained is counted. Table 1 shows the results obtained.

Table 1: Speed Test Results

Nro PRUEBA	TIEMPO DE PRUEBA (min)	VELOCIDAD DE GIRO (RPM)
1	5	51
2	10	100
3	15	153
4	20	199
5	25	250
<b>TOTAL</b>	75	753
<b>VELOCIDAD PROMEDIO</b>		<b>10,04</b>

As shown in the results the speed of the roasting chamber is 10 RPM and remains constant in time, which

verifies that the drive system designed meets the proposed requirements.

### 3.2 Temperature in the outer

#### Shell

In determining the temperature of the outer shell can be checked if the thermal insulation fulfills its function, for this test is taken into account two measuring points and handles external cover. As

an infrared thermometer instruments used, Table 2 shows the results.

Table 2: Temperature Test Results

Nro PRUEBA	TIEMPO AL TOMAR PRUEBA (min)	TEMPERATURA (°C)	
		CUBIERTA EXTERNA	MANIJAS
1	45	47	24
2	45	49	21
3	45	50	22
4	45	45	24
5	45	45	24
TEMPERATURA PROMEDIO		47,2	23

As shown in the results the average temperature in the outer shell is 47 °C, which ensures that the operator does not suffer burn injuries and handles an average temperature of 23 is held "°C", thereby you can manipulate the machine for extraction of the product without risk.

### 3.3 Temperature in the heating chamber

The temperature in the heating chamber to analyze if the thermal insulation fulfills the function of keeping the temperature inside this chamber. In Table 3, the results of this test is shown.

Table 3: Test result temperature in the heating chamber

Nro PRUEBA	TIEMPO AL TOMAR PRUEBA (min)	TEMPERATURA (°C)
1	45	350
2	45	345
3	45	328
4	45	341
5	45	355
TEMPERATURA PROMEDIO		343,8

The average temperature at which is located the heating chamber is 343.8 "°C", which can ensure that the thermal insulator used if allowed concentrate heat within the chamber, in the calculations because it is obtained that the generated heat for heating has to be 310 "°C" and

if the camera provides the absence of such heat lost to the outside.

### 3.4 Quality Roasting

The quality of roasting 25 pounds of coffee quinoa refers to how goes the post-roasting process product, in this case lack of roasting means that coffee quinoa has neither the color nor the characteristic aroma of the product, optimal roasting is the presence of a good aroma and dark brown while being passed the point of roasting what you get is a burnt, bitter and without a good aroma, in Table 4 product results shown.

Table 4: Results from toasted

Nro PRUEBA	TIEMPO DE TUESTE (min)	TEMPERATURA (°C)	CALIDAD DEL TUESTE
1	15	180	FALTA DE TUESTE
2	15	180	FALTA DE TUESTE
3	15	180	FALTA DE TUESTE
4	15	180	FALTA DE TUESTE
5	15	180	FALTA DE TUESTE
6	30	180	TUESTE ÓPTIMO
7	30	180	TUESTE ÓPTIMO
8	30	180	TUESTE ÓPTIMO
9	30	180	TUESTE ÓPTIMO
10	30	180	TUESTE ÓPTIMO
11	45	180	PASADO DE TUESTE
12	45	180	PASADO DE TUESTE
13	45	180	PASADO DE TUESTE
14	45	180	PASADO DE TUESTE
15	45	180	PASADO DE TUESTE

The results show that with a temperature of 180 °C and a roasting time of 30 minutes, a coffee quinoa is obtained with a good presentation and its characteristic aroma and flavor, with which it is determined that the time and optimum temperature for the roasting process is 45 minutes 180 °C respectively to 25 pounds of product, because the machine is preheated for 15 minutes to reach the right temperature.

### 3.5 Extraction time

To determine the extraction time a stopwatch is used, so that the time recorded since the machine is tilted for removal of 25 pounds of product, in Table 5, the results for this test is observed.

Table 5: Testing extraction time

Nro PRUEBA	TIEMPO DE EXTRACCIÓN (seg)
1	58
2	65
3	57
4	60
5	65
<b>TIEMPO PROMEDIO</b>	<b>61</b>

It is obtained extraction time approximately 1 minute, which is shown to be effective mechanism design for the machine to tilt and the product can be removed from the roasting chamber.

#### 4. CONCLUSIONS

- With the design and construction of the roaster with the roasting method is achieved by tandadas homogenize the roasting process 25 pounds of coffee and quinoa as burns both caking is avoided.
- The optimal parameters for coffee roasting quinoa are stirring speed of 10rpm, temperature of 180 °C and a time of 45 minutes to 25 pounds, with which the roasting process is improved by hand.
- To obtain a homogeneous product and to avoid losses burns, speed is 10 rpm roasting, which is obtained through the combination of band-pulley and a speed reducer system. Furthermore, the design of the frame with an inclination of 50 °, facilitates removal of the product contained in the roasting chamber with a time of one minute and reduces operator effort when performing this procedure.
- The machine is constructed of stainless steel AISI 304, which meets the standard UNE-EN 1672-2 and iniquitous, healthy and wholesome product is ensured.

- The thermal insulation of the roasting machine decreases heat loss and helps to concentrate a maximum temperature of 343.8 °C in the heating chamber, whereby the roasting process within the heating chamber is ensured.

- The product obtained toaster machine has good characteristics of aroma, color and flavor, this is because the machine operates under the optimal parameters of roasting.

- The toaster machine is easy to operate and does not require great efforts and rigorous supervision by the operator, due to the design and manufacturing material.

- The machine has the capacity to toast fewer established in a shorter time and with good quality roasting.

#### 5. RECOMMENDATIONS

- Read carefully and thoroughly user manual and maintenance for proper installation and operation of the roaster, which ensures proper operation of the machine.
- For proper maintenance of the machine, this must be completely cold and disconnected from the mains.
- To start the roasting process, you must perform an inspection of all the elements of the roaster, to identify possible faults before commissioning.
- It is recommended not to spill oil or toxic substances such as hydrocarbons into the roasting chamber.
- After each work cycle is recommended cleaning toasting machine must be completely cold.

- To obtain a good aesthetic result of the machine and get the right size, it is recommended templates parts and cut through the plasma cutting technique, thereby creating pockets of contamination is avoided.
- For handling of the roaster, use appropriate tools and clothing.

## 6. REFERENCES

Pozo Benavides, L. G. (2016). Implementación de un sistema de control de perfil de calentamiento y agitación para un tostador por resistencias eléctricas con capacidad de 25 libras de café de quinua (Tesis inédita de ingeniería). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.

PRO ECUADOR. (2013). ANÁLISIS SECTORIAL DE CAFÉ. Recuperado de [http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2013/05/PROEC\\_AS2013\\_CAFE.pdf](http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2013/05/PROEC_AS2013_CAFE.pdf)

Consejo Cafetalero Nacional COFENAC. (2011). El Sector Cafetalero Ecuatoriano: Diagnostico. Recuperado de <http://www.cofenac.org/wp-content/uploads/2010/09/Diagn%C3%B3stico-Sector-Caf%C3%A9-Ecu2011.pdf>

Cazar, P., Alava, H., & Romero, M. (2004). Producción y comercialización de quinua en el Ecuador (Tesis inédita de ingeniería). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (2011). La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Recuperado de

<http://www.fao.org/docrep/017/aq287s/aq287s.pdf>

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca MAGAP. (s.f.). Proyecto: “Fomento a la Producción de Quinua en la Sierra Ecuatoriana”. Recuperado de <http://www.uasb.edu.ec/UserFiles/385/File/Guillermo%20Tapia.pdf>

Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. (2009). Código de Práctica para Manipulación de Alimentos. Recuperado de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.cpe.001.1987.pdf>

Carbó, H. (2009). Boletín Técnico N° 10. Recuperado de [http://www.aceroscuyo.com.ar/boletines\\_tecnicos/13.pdf](http://www.aceroscuyo.com.ar/boletines_tecnicos/13.pdf)

Centra Nacional para el Desarrollo del Acero Inoxidable (CENDI). (s.f.). Clasificación y características del acero inoxidable. Recuperado de [http://www.iminox.org.mx/downloads/publicaciones/manual\\_caracteristicas\\_y\\_clasificacion.pdf](http://www.iminox.org.mx/downloads/publicaciones/manual_caracteristicas_y_clasificacion.pdf)

Shigley. (2008). Diseño en ingeniería mecánica. (8va ed.). México: McGraw-Hill Interamericana

Limone, C. (2012). Diseño e instalación de aislante térmico en tuberías y equipos (Tesis inédita de ingeniería). Universidad Simón Bolívar, Sartenejas, Venezuela.

Isover. (s.f.). MANUAL DE AISLAMIENTO EN LA INDUSTRIA. Recuperado de [file:///C:/Users/PORTATIL/Downloads/manual-aislamiento-industria%20\(8\).pdf](file:///C:/Users/PORTATIL/Downloads/manual-aislamiento-industria%20(8).pdf)

Thermal Ceramics. (s.f.). INFORMACIÓN TÉCNICA MANTA KAOWOOL HP 12060.

Recuperado de  
[http://www.carbosanluis.com.ar/hojas-  
tecnicas/Fibra%20Aislantes/Kaowool%20HP%  
20-%20rev%2004.pdf](http://www.carbosanluis.com.ar/hojas-<br/>tecnicas/Fibra%20Aislantes/Kaowool%20HP%<br/>20-%20rev%2004.pdf)

Mott, R. (2006). Diseño de elementos de  
máquinas. (4ta ed.). México: PEARSON  
EDUCACIÓN

Arellano, D., Cárdenas, D., Elizalde, H.,  
Ramírez, R., & Probst, O. (2012). Biaxial tensile  
strength characterization of textile composite  
materials. Recuperado de  
<http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/38394.pdf>

Martin. (s.f.). Transmisión por Bandas.  
Recuperado de  
[http://www.martinsprocket.com/docs/default-  
source/catalog-sheaves/poleas-para-banda-v-de-  
martin-\(martin-v-belt-sheaves\).pdf?sfvrsn=9](http://www.martinsprocket.com/docs/default-<br/>source/catalog-sheaves/poleas-para-banda-v-de-<br/>martin-(martin-v-belt-sheaves).pdf?sfvrsn=9)

Gates Industrial. (2000). Master de Bandas  
Industriales: Transmisión de Potencia.  
Recuperado de  
[http://www.iptequpos.com/catalogos/GATES/  
GATES%20Bandas%20Industriales.pdf](http://www.iptequpos.com/catalogos/GATES/<br/>GATES%20Bandas%20Industriales.pdf)

Gates Industrial. (2004). V-Belt Drive Design  
Manual. Recuperado de  
[http://industrialbeltdrives.com/wp-  
content/uploads/2012/05/20070\\_V-  
BELT\\_DDMANUAL\\_ENGLISH.pdf](http://industrialbeltdrives.com/wp-<br/>content/uploads/2012/05/20070_V-<br/>BELT_DDMANUAL_ENGLISH.pdf)

FAG. (2000). Rodamientos de bolas,  
Rodamientos de rodillos, Soportes, Accesorios.  
Recuperado de  
[http://www.rodamientosbulnes.com/doc/es-c-  
fag.pdf](http://www.rodamientosbulnes.com/doc/es-c-<br/>fag.pdf)

## 7. BIOGRAPHY



**Jeniffer Pamela  
Enriquez Pozo**  
born in the city of  
Ibarra, Imbabura  
province, on 18  
December 1989.  
She did his  
secondary  
education at the  
“Nacional de  
Señoritas Ibarra”  
high school.

Graduate Career Mechatronics Engineering at  
the Technical University North of the city of  
Ibarra

