



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERA EN MECATRÓNICA**

**TEMA:**

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

**AUTORA: JENIFFER PAMELA POZO ENRÍQUEZ**

**DIRECTOR: ING. GUSTAVO MOSQUERA**

**IBARRA – ECUADOR**

**2016**





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN  
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	1003315171		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	JENIFFER PAMELA POZO ENRÍQUEZ		
<b>DIRECCIÓN:</b>	CALLE EL NARANJA 3-78 (IBARRA)		
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:jpozoe@utn.edu.ec">jpozoe@utn.edu.ec</a>		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	06-2-542-249	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0994569744

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TÍTULO:</b>	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TOSTADOR POR RESISTENCIAS ELÉCTRICAS PARA LA ELABORACIÓN DE CAFÉ DE QUINUA CON CAPACIDAD DE 25 LIBRAS
<b>AUTOR:</b>	JENIFFER PAMELA POZO ENRÍQUEZ
<b>FECHA:</b>	2016/05/13
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
<b>PROGRAMA:</b>	<input type="checkbox"/> <b>PREGRADO</b> <input type="checkbox"/> <b>POSGRADO</b>
<b>TITULO POR EL QUE OPTA:</b>	INGENIERO EN MECATRÓNICA
<b>ASESOR /DIRECTOR:</b>	ING. GUSTAVO MOSQUERA

## **2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD**

Yo, JENIFFER PAMELA POZO ENRÍQUEZ, con cédula de identidad Nro. 100331517-1, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## **3. CONSTANCIAS**

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 13 días del mes de mayo de 2016

**EL AUTOR:**



Jeniffer Pamela Pozo Enríquez



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL**  
**TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD**  
**TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, JENIFFER PAMELA POZO ENRÍQUEZ, con cédula de identidad Nro. 100331517-1, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TOSTADOR POR RESISTENCIAS ELÉCTRICAS PARA LA ELABORACIÓN DE CAFÉ DE QUINUA CON CAPACIDAD DE 25 LIBRAS, que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera en Mecatrónica en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 13 días del mes de mayo de 2016

A handwritten signature in blue ink, reading "JENIFFER POZO", is enclosed within a blue oval. Below the signature is a horizontal dotted line.

Jeniffer Pamela Pozo Enríquez  
100331517-1



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CERTIFICADO DEL ASESOR**

La Señorita Jeniffer Pamela Pozo Enríquez ha trabajado en su totalidad en el desarrollo del proyecto de tesis "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TOSTADOR POR RESISTENCIAS ELÉCTRICAS PARA LA ELABORACIÓN DE CAFÉ DE QUINUA CON CAPACIDAD DE 25 LIBRAS" previo a la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica, trabajo que lo realizó con interés profesional y responsabilidad, es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "GUSTAVO MOSQUERA", is written over a horizontal dotted line.

ING. GUSTAVO MOSQUERA

DIRECTOR DEL PROYECTO



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**DECLARACIÓN**

Yo, JENIFFER PAMELA POZO ENRÍQUEZ, con cédula de identidad 100331517-1, declaro bajo juramento que este trabajo es de autoría propia, ya que no ha sido presentado para ningún trabajo de grado o calificación profesional; certifico la veracidad de las referencias bibliográficas que se incluyen en el presente trabajo.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte – Ibarra, según establecido por la ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la Normativa Institucional vigente.

A handwritten signature in blue ink, reading "JENIFFER POZO", is enclosed within a blue oval scribble. Below the signature is a horizontal dotted line.

Jeniffer Pamela Pozo Enríquez

100331517-1

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por protegerme durante toda mi vida, por darme fortalezas para superar las adversidades, por permitirme llegar a este momento tan anhelado y sobre todo le agradezco por haberme regalado una familia maravillosa.

Además, agradezco al Ing. Gustavo Mosquera, director de tesis, por la sabiduría que me ha transmitido durante mi formación profesional, por brindarme tanto su tiempo como su confianza; sobre todo le agradezco por su apoyo incondicional y su enorme paciencia.

Jeniffer Pamela Pozo Enríquez

## DEDICATORIA

Dedico la presente tesis a Dios y a mi familia quienes por ellos soy lo que ahora soy, los cuales supieron guiarme por el buen camino, darme ánimo para seguir y nunca renunciar a mis metas.

A mi madre Azucena Enríquez, que me ha acompañado durante toda mi vida y en mi trayecto estudiantil, por demostrarme siempre su amor, brindarme su apoyo incondicional, corregir mis fallas, por enseñarme a no darme por vencida ante nada y sobre todo por su gran esfuerzo para regalarme esta gran herencia que es mi educación. Eres la mejor madre, te quiero mucho.

A mis abuelitos Carlos y Luz, a quienes admiro y respeto, gracias por su protección, amor sincero, su gran paciencia, por compartir su enorme sabiduría durante mi crecimiento y sobre todo por inculcarme valores y principios, todo esto para ser de mí una gran persona.

A mi tía Natalia, un gran ejemplo de perseverancia, por desear lo mejor en cada paso que doy en las sendas de la vida, por sus valiosos consejos, por ayudarme a construir y forjar la persona que ahora soy, por estar presente a la hora que la necesitaba; además agradezco por depositar su confianza en mí y darme su cariño.

A mi hermano Anthony, el hermano que siempre anhele, por estar siempre a mi lado, quererme, escucharme, con el cual he compartido momentos de alegrías y tristezas, me alegra ser parte de sus locuras y de su vida; espero ser un ejemplo de dedicación y perseverancia.

A mi novio Lenin, por compartir conmigo sus amplios conocimientos sus enormes alegrías y pocas tristezas, por poner mis necesidades antes que las suyas, por

VIII

alentarme con sus palabras, acompañarme durante este arduo camino de estudio, por su paciencia y por creer en mí, sobre todo me entusiasma saber que puedo contar siempre con él y haber logrado nuestro gran objetivo juntos.

Gracias a todas las personas que me ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

***“Hay una fuerza más poderosa que el vapor, la electricidad y la energía atómica: LA VOLUNTAD” (Albert Einstein)***

Jeniffer Pamela Pozo Enríquez

## 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.

## ABSTRACT

This work demonstrates the process of research conducted for the design and implementation of one machine quinoa coffee roaster, and check the performance of it with the aim of improving the process of toasting of the product, which is achieved to obtain a more homogeneous quinoa coffee.

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

The machine allows to increase the quality of the product and also helps lower the effort invested to make the handmade process, for this reason is designed a machine with a capacity of 25 pounds, with a time of 45 minutes Browning, and in conjunction with the system of control developed by Mr Lenin Pozo is achieved to implement a machine toaster automated to keep the temperature optima of particular roast at 180 ° C.

Materials used have characteristics conducive to be in contact with food, for this reason is used stainless steel AISI 304 for toasting Chambers and warming. Power transmission system uses the method of band pulley by its benefits, ease of deployment and maintenance with a drive motor from ¼ HP, which allows to obtain a speed 10 RPM roasting Chamber.

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

## ÍNDICE GENERAL

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE .....	I
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE .....	III
CERTIFICADO DEL ASESOR .....	IV
DECLARACIÓN .....	V
AGRADECIMIENTO .....	VI
DEDICATORIA .....	VII
RESUMEN .....	IX
ABSTRACT .....	X
ÍNDICE GENERAL .....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XIV
ÍNDICE DE TABLAS .....	XVI
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	XVIII
CAPITULO 1 .....	1
GENERALIDADES DEL CAFÉ DE QUINUA Y MÁQUINAS DE TOSTADO .....	1
1.1. OBJETIVOS .....	1
1.1.1. OBJETIVO GENERAL .....	1
1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.3. INTRODUCCIÓN .....	3
1.4. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE CAFÉ DE QUINUA .....	4
1.4.1. QUINUA .....	4
1.4.2. HARINA DE QUINUA .....	9
1.4.3. HARINA DE TRIGO .....	10
1.4.4. HARINA DE HABA .....	11
1.5. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL CAFÉ DE QUINUA .....	13
1.5.1. DESCRIPCIÓN E IMPORTANCIA DEL TOSTADO .....	14
1.6. PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO PARA LA MÁQUINA TOSTADORA .....	16
1.6.1. RESTRICCIONES Y LIMITACIONES .....	16
1.6.2. ESPECIFICACIONES .....	17
1.7. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA MÁQUINA TOSTADORA .....	19

1.7.1. ALTERNATIVA 1: TOSTADOR ROTATIVO HORIZONTAL POR TANDADAS .....	19
1.7.2. ALTERNATIVA 2: TOSTADOR ROTATIVO HORIZONTAL CONTINUO.....	21
1.7.3. ALTERNATIVA 3: TOSTADOR VERTICAL CON AGITACIÓN POR PALETAS.....	22
1.7.4. CRITERIOS DE SELECCIÓN.....	26
1.8. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA.....	29
1.9. MÉTODOS DE CALENTAMIENTO .....	31
1.9.1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL GLP .....	31
1.9.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS RESISTENCIAS ELÉCTRICAS .....	32
1.9.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA.....	33
CAPITULO 2.....	35
2. DISEÑO DE LA MÁQUINA TOSTADORA.....	35
2.1. DISEÑO DE LA CÁMARA DE TOSTADO.....	36
2.1.1. SELECCIÓN DEL MATERIAL DE LA CÁMARA DE TOSTADO.....	39
2.1.2. CALCULO DEL ESPESOR de la cámara de tostado .....	41
2.2. AISLANTE TÉRMICO.....	46
2.2.1. SELECCIÓN DEL TIPO DE AISLANTE.....	47
2.2.2. CÁLCULO DE ESPESOR DEL AISLANTE TÉRMICO .....	48
2.2.3. GRADO DEL AISLANTE TÉRMICO .....	52
2.3. DISEÑO DEL SISTEMA MOTRIZ .....	54
2.3.1. SELECCIÓN DEL MOTOR.....	54
2.3.2. SISTEMA DE TRASMISIÓN.....	64
2.3.3. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA reductor de velocidad.....	65
2.3.4. SELECCIÓN REDUCTOR DE VELOCIDAD .....	66
2.3.5. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA BANDA- POLEA .....	68
2.3.6. DIMENSIONAMIENTO DEL ESPESOR DE LA PLACA DE REFUERZO .....	78
2.3.7. DIMENSIONAMIENTO DEL EJE DE TRASMISIÓN DE LA CÁMARA DE TOSTADO .....	88
2.3.8. SELECCIÓN DE RODAMIENTOS.....	103
2.4. CÁLCULO DEL BASTIDOR .....	106

2.4.1. CÁLCULO DEL TRAVESAÑO DEL BASTIDOR.....	106
2.4.2. ANÁLISIS DE PANDEO DE LA COLUMNA DEL BASTIDOR .....	112
2.5. CÁLCULO DEL PASADOR PARA SISTEMA DE EXTRACCIÓN .....	118
CAPITULO 3 .....	124
3. CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA.....	124
3.1. INTRODUCCIÓN .....	124
3.2. CONSTRUCCIÓN DE LA CÁMARA DE TOSTADO .....	127
3.3. CONSTRUCCIÓN DE LA CÁMARA DE CALENTAMIENTO .....	129
3.4. CONSTRUCCIÓN DEL BASTIDOR.....	131
3.5. INSTALACIÓN DEL SISTEMA MOTRIZ .....	134
3.6. COSTOS .....	136
3.7. FACTIBILIDAD .....	138
CAPITULO 4 .....	140
4. PRUEBAS DE LA MÁQUINA TOSTADORA .....	140
4.1. INTRODUCCIÓN .....	140
4.1.1. VELOCIDAD DE ROTACIÓN .....	140
4.1.2. TEMPERATURA EN LA CUBIERTA EXTERNA .....	141
4.1.3. TEMPERATURA EN LA CÁMARA DE CALENTAMIENTO.....	142
4.1.4. CALIDAD DE TUESTE .....	142
4.1.5. TIEMPO DE EXTRACCIÓN .....	143
4.1.6. MANTENIMIENTO.....	144
CAPITULO 5 .....	148
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	148
5.1. CONCLUSIONES.....	148
5.2. RECOMENDACIONES .....	150
BIBLIOGRAFÍA .....	152
ANEXOS .....	158

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Constitución del café de quinua .....	4
Figura 1.2: Planta de quinua ( <i>Chenopodium quinua</i> Willd.) .....	5
Figura 1. 3: Harina de quinua .....	9
Figura 1. 4: Proceso para la obtención de harina .....	10
Figura 1. 5: Harina de trigo .....	10
Figura 1. 6: Harina de haba .....	11
Figura 1. 7: Composición de la harina de haba .....	12
Figura 1. 8: Diagrama de flujo del proceso del café de quinua.....	13
Figura 1. 9: Tueste del café de quinua .....	15
Figura 1. 10: Café de quinua .....	15
Figura 1. 11: Café de quinua quemado .....	16
Figura 1. 12: Porcentaje de remoción de bacterias en diferentes materiales	18
Figura 1. 13: Máquina tostadora rotatoria por el método de tandadas .....	20
Figura 1. 14: Máquina tostadora rotativa horizontal continua .....	22
Figura 1. 15: Máquina tostadora vertical con agitación por paletas.....	23
Figura 2. 1: Diagrama de las partes de la máquina tostadora .....	35
Figura2. 2: Volumen del café de quinua en la cámara de tostado.....	38
Figura2. 3: Dimensiones de la cámara de tostado .....	39
Figura2. 4: Diagrama de cuerpo libre de la cámara de tostado .....	43
Figura2. 5: Propiedades geométricas de la sección circular hueca.....	45
Figura2. 6: Transferencia de calor en la pared lateral .....	48
Figura 2. 7: Ubicación de $\beta$ en la cámara de tostado.....	57
Figura2. 8: Relación entre volumen y diámetro para un cilindro horizontal ..	59
Figura 2. 9: Sistema de reducción de velocidad por banda-polea .....	68
Figura2. 10: Tipos de bandas .....	71
Figura 2. 11: Configuración del sistema de poleas.....	73
Figura2. 12: Gráfica de secciones transversales de bandas clásicas .....	74
Figura2. 13: Fuerzas y momentos sobre la placa de refuerzo.....	78
Figura2. 14: Diagrama de cuerpo libre de la barra A.....	79
Figura2. 15: Diagrama de cuerpo libre de la barra C.....	79
Figura2. 16: Modo de carga combinada fluctuante proporcional en desfase .....	82

Figura2. 17: Modo de carga combinada totalmente proporcional.....	82
Figura2. 18: Segmentación del eje de transmisión.....	89
Figura2. 19: Diagrama de cuerpo libre del eje de transmisión .....	89
Figura2. 20: Diagrama de fuerza cortante del eje de transmisión .....	93
Figura2. 21: Diagrama de momento flector del eje de transmisión .....	93
Figura2. 22: Diagrama de momento torsor del eje de transmisión .....	93
Figura2. 23: Estado de los esfuerzos .....	94
Figura2. 24: Diagrama de cuerpo libre de la viga del bastidor .....	107
Figura2. 25: Diagrama de fuerza cortante del bastidor .....	109
Figura2. 26: Diagrama de momento flector del bastidor.....	110
Figura2. 27: Fuerzas que actúan en la columna .....	113
Figura2. 28: Ubicación del travesaño en el bastidor.....	114
Figura2. 29: Valor de la constante de extremo.....	115
Figura2. 30: Pasador bocín .....	118
Figura2. 31: Componentes del peso en el pasador.....	119
Figura 3. 1: Simulación de la máquina tostadora de café de quinua .....	124
Figura 3. 2: Proceso de Construcción .....	125
Figura 3. 3: Diagrama de las etapas de construcción de la cámara de tostado.....	127
Figura 3. 4: Construcción de la cámara de tostado .....	128
Figura 3. 5: Diagrama de las etapas de construcción de la cámara de calentamiento .....	129
Figura 3. 6: Construcción de la cámara de calentamiento .....	131
Figura 3. 7: Diagrama de las etapas de construcción del bastidor .....	132
Figura 3. 8: Construcción del bastidor.....	133
Figura 3. 9: Mecanismo pasador-bocín .....	133
Figura 3.10: Soldadura del bastidor .....	134
Figura 3. 11: Sistema motriz.....	134
Figura 3. 12: Sistema de extracción .....	135
Figura 3. 13:Montaje de la guarda de protección de poleas.....	136
Figura 4. 1: Grasa lubricante de grado alimenticio .....	145

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1: Producción de quinua en las provincias de Ecuador .....	6
Tabla 1. 2: Contenido nutritivo de la quinua y otros productos .....	6
Tabla 1. 3: Contenido de aminoácidos de la quinua y otros cereales.....	7
Tabla 1. 4: Contenido de minerales de la quinua. ....	7
Tabla 1. 5: Composición química de la harina de trigo por cada 100g .....	11
Tabla 1. 6: Composición química de la harina de haba.....	12
Tabla 1. 7: Comparativa de las características de las alternativas .....	25
Tabla 1. 8: Código de las alternativas .....	29
Tabla 1. 9: Criterios de evaluación con su respectiva ponderación.....	30
Tabla 1. 10: Calificación de las alternativas.....	30
Tabla 1. 11: Normalización de las alternativas .....	31
Tabla 1. 12: Resultado de las alternativas.....	31
Tabla 2. 1: Tabla de densidades de la materia prima para la elaboración de café de quinua.....	37
Tabla 2. 2: Propiedades generales de los aceros inoxidable.....	40
Tabla 2. 3: Propiedades mecánicas del acero AISI 304 en plancha.....	40
Tabla 2. 4: Tipos de aislantes térmicos usados en la industria.....	47
Tabla 2. 5: Grados de aislamiento térmico en la industria. ....	52
Tabla 2. 6: Características técnicas del eje de transmisión AISI 304 .....	55
Tabla 2. 7: Características de motor WEG de ¼ HP .....	64
Tabla 2. 8: Características de los sistemas de transmisión .....	65
Tabla 2. 9:Tabla de características para la selección del reductor de velocidad. ....	67
Tabla 2. 10: Características de los tipos de bandas .....	72
Tabla 2. 11: Factores de servicio para bandas en V .....	74
Tabla 2. 12: Diámetros de las poleas .....	75
Tabla 2. 13: Bandas Seleccionadas .....	78
Tabla 2. 14: Parámetros a y b .....	85
Tabla 2. 15: Factores de confiabilidad .....	86
Tabla 2. 16: Parámetro para factor de temperatura.....	86
Tabla 2. 17: Propiedades mecánicas de eje en AISI 304 .....	100
Tabla 2. 18: Factores de confiabilidad.....	101

Tabla 2. 19: Parámetro para factor de temperatura .....	101
Tabla 2. 20: Factor de seguridad estática $f_s$ .....	105
Tabla 2. 21: Datos técnicos rodamiento UC208-24 .....	106
Tabla 2. 22: Coeficiente de seguridad.....	110
Tabla 2. 23: Propiedades mecánicas de los miembros estructurales (ASTM A500/A500M grados A y B).....	110
Tabla 3. 1: Designación de códigos de operaciones .....	126
Tabla 3. 2: Simbología empleada.....	126
Tabla 3. 3: Costo de materiales utilizados.....	137
Tabla 3. 4: Costo de fabricación.....	138
Tabla 3. 5: Factibilidad del proyecto.....	138
Tabla 4. 1: Resultados de prueba de velocidad .....	140
Tabla 4. 2: Resultados prueba de temperatura .....	141
Tabla 4.3: Resultado de la prueba de temperatura en la cámara de calentamiento .....	142
Tabla 4. 4: Resultado del tostado.....	143
Tabla 4. 5: Prueba del tiempo de extracción .....	144

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 2. 1: Volumen del café de quinua .....	36
Ecuación 2. 2: Volumen.....	38
Ecuación 2. 3: Volumen real.....	38
Ecuación 2. 4 : Aceleración centrípeta .....	41
Ecuación 2. 5: Fuerza dinámica .....	41
Ecuación 2. 6: Carga estática generada por el café de quinua .....	42
Ecuación 2. 7: Fuerza total ejercida en la cámara de tostado .....	42
Ecuación 2. 8: Carga distribuida.....	43
Ecuación 2. 9: Momento de flexión.....	44
Ecuación 2. 10: Espesor del cilindro.....	46
Ecuación 2. 11: Resistencia total para el calor perdido .....	48
Ecuación 2. 12: Resistencia por conducción .....	49
Ecuación 2. 13: Calor perdido .....	50
Ecuación 2. 14: Momento torsor.....	54
Ecuación 2. 15: Inercia total de la cámara de tostado .....	55
Ecuación 2. 16: Inercia del eje de transmisión .....	56
Ecuación 2. 17: Inercia de la cámara de tostado.....	56
Ecuación 2. 18: Ángulo $\beta$ .....	58
Ecuación 2. 19: Volumen de un cilindro horizontal .....	58
Ecuación 2. 20: Momento polar de inercia .....	60
Ecuación 2. 21: Inercia de la masa del café de quinua .....	61
Ecuación 2. 22: Momento opuesto .....	62
Ecuación 2. 23: Momento torsor.....	62
Ecuación 2. 24: Potencia del motor .....	63
Ecuación 2. 25: Relación de transmisión.....	65
Ecuación 2. 26: Potencia del reductor de velocidad .....	67
Ecuación 2. 27: Relación de transmisión de velocidad.....	68
Ecuación 2. 28: Potencia corregida .....	73
Ecuación 2. 29: Distancia entre centros mínima.....	75
Ecuación 2. 30: Condición de intervalo de distancias nominales .....	76
Ecuación 2. 31: Longitud de la banda .....	77
Ecuación 2. 32: Esfuerzo normal axial .....	79

Ecuación 2. 33: Esfuerzo normal por flexión .....	80
Ecuación 2. 34: Esfuerzo cortante torsional .....	80
Ecuación 2. 35: Esfuerzo de tensión .....	83
Ecuación 2. 36: Esfuerzo cortante.....	83
Ecuación 2. 37: Esfuerzo de Von Mises equivalente.....	84
Ecuación 2. 38: Limite de resistencia a la fatiga.....	84
Ecuación 2. 39: Limite de resistencia de la muestra .....	84
Ecuación 2. 40: Factor de superficie .....	85
Ecuación 2. 41: Factor de tamaño.....	86
Ecuación 2. 42: Factor de temperatura .....	86
Ecuación 2. 43: Factor de concentración de esfuerzo a la fatiga .....	87
Ecuación 2. 44: Teoría de falla de Goodman .....	87
Ecuación 2. 45: Momento torsor.....	90
Ecuación 2. 46: Tensión de la banda .....	90
Ecuación 2. 47: Sumatoria de fuerzas en el eje .....	91
Ecuación 2. 48: Sumatoria de momentos en A .....	91
Ecuación 2. 49: Esfuerzo Normal en x, y del eje .....	95
Ecuación 2. 50: Esfuerzo Cortante en xy del eje.....	95
Ecuación 2. 51: Esfuerzo principal $\sigma_1$ .....	96
Ecuación 2. 52: Esfuerzo principal $\sigma_3$ .....	96
Ecuación 2. 53: Esfuerzo de Von Mises .....	96
Ecuación 2. 54: Energía de distorsión.....	97
Ecuación 2. 55: Esfuerzos de tensión .....	98
Ecuación 2. 56: Esfuerzo Cortante.....	98
Ecuación 2. 57: Esfuerzo de Von Mises equivalente medio .....	99
Ecuación 2. 58: Esfuerzo de Von Mises equivalente alternante.....	99
Ecuación 2. 59: Límite de resistencia a la fatiga .....	99
Ecuación 2. 60: Límite de resistencia ala muesca.....	100
Ecuación 2. 61: Factor de superficie .....	100
Ecuación 2. 62: Factor de superficie $d < 51\text{mm}$ .....	100
Ecuación 2. 63: Factor de concentración de esfuerzos.....	102
Ecuación 2. 64: Factor de seguridad de fatiga de Goodman .....	103
Ecuación 2. 65: Carga estática equivalente .....	104
Ecuación 2. 66: Capacidad de carga estática .....	104

Ecuación 2. 67: Carga aplicada en un travesaño .....	107
Ecuación 2. 68: Carga distribuida en un travesaño .....	108
Ecuación 2. 69: Esfuerzo de diseño .....	111
Ecuación 2. 70: Módulo de sección .....	111
Ecuación 2. 71: Relación de esbeltez real.....	114
Ecuación 2. 72: Constante de columna .....	116
Ecuación 2. 73: Carga Critica de la columna.....	116
Ecuación 2. 74: Factor de seguridad de la columna.....	117
Ecuación 2. 75: Componente en 'y' del peso.....	119
Ecuación 2. 76: Componente en 'x' del peso.....	119
Ecuación 2. 77: Esfuerzo de tensión por flexión.....	120
Ecuación 2. 78: Momento flector .....	120
Ecuación 2. 79: Esfuerzo permisible .....	121

# **CAPITULO I**

## **GENERALIDADES DEL CAFÉ DE QUINUA Y**

### **MÁQUINAS DE TOSTADO**

#### **1.1. OBJETIVOS**

##### **1.1.1. OBJETIVO GENERAL**

Diseñar e implementar un tostador por resistencias eléctricas, de 25 libras de capacidad, para mejorar la homogeneidad del tostado del café de quinua.

##### **1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Establecer los parámetros de un modelo óptimo de máquina para el tostado de café de quinua utilizando calentamiento por resistencias eléctricas.
- Construir un tostador por resistencias eléctricas bajo los parámetros de funcionamiento establecidos.
- Realizar calibración y pruebas de funcionamiento de la máquina, para que cumpla con los requerimientos..

#### **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En los últimos años en el Ecuador, se ha promovido el consumo de productos saludables, por lo que en la provincia de Imbabura se elabora de manera artesanal un sustituto de café a base de harinas de trigo, haba y quinua, este proceso requiere de esfuerzo físico y tiempo. El café a base de quinua permita experimentar un sabor muy cercano al café tradicional, el cual se convierte en una alternativa para las personas que gustan de este y no pueden consumirlo por motivos de salud.

Para su elaboración es necesario que la quinua pase por diferentes etapas, desde su cultivo hasta su procesado, todos de forma manual, donde el tostado de la harina es el punto más crítico por tener influencia en el sabor final del café.

En el proceso de tostado se emplea un recipiente que contiene una mezcla de harinas que es calentado por medio de la quema de leña, en este punto se desprende gran cantidad de humo lo que afecta directamente a la salud de la persona que realiza este proceso. Para mantener el calor se ingresa constantemente la leña exponiendo al trabajador a la llama. La estufa está construida de forma artesanal con ladrillo y barro; esto no permite que exista una buena distribución de calor hacia el recipiente, por lo cual existe pérdidas en el proceso; por tal motivo la mezcla de harinas no se tuesta de manera homogénea; para que la mezcla no se pegue ni se queme se la agita constantemente empleando una cuchara de palo.

El tamaño de la cuchara impide que sea una agitación uniforme dificultando así este proceso y exponiendo a la persona al calor existente en el recipiente, provocando un cansancio físico. El recipiente al no enfriarse rápidamente genera la necesidad de continuar agitando la mezcla para que esta no se queme. La falta de homogeneidad de tostado provoca que el producto no tenga un sabor ni aroma uniforme, implicando una pérdida económica.

### 1.3. 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. (COFENAC, 2011).

Para algunas personas la quinua es un alimento nuevo, que está disponible desde hace poco en supermercados, como un sustituto de otros granos consumidos con mayor frecuencia, debido al alto valor nutritivo que esta posee. La quinua ha sido cultivada desde hace mucho tiempo atrás por los pueblos nativos y ocupaba un lugar predominante en la cocina diaria. (Cazar, Alava & Romero, 2004)

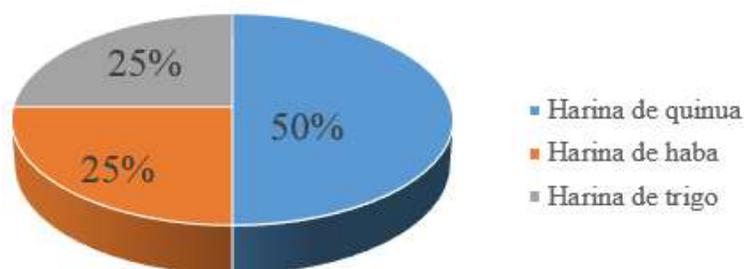
En el Ecuador se promueve el consumo de productos autóctonos y saludables, que permitan rescatar la elaboración de alimentos tradicionales, uno de estos es la quinua; con la cual se prepara diversos productos y subproductos, entre ellos el café a base de quinua. (Falcones, Guambo & Orellana, 2011)

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. (Industria alimenticia, s.f)

## 1.4. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE CAFÉ DE QUINUA

Hoy en día se busca mantener un estilo de vida sano, con una alimentación nutritiva y balanceada, por este motivo se recurre a la comida basada en alimentos de los pueblos ancestrales, como es el 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 1.1** muestra las proporciones de cada una de las harinas, por tal razón el mayor aporte nutricional está basado en la quinua.



**Figura 1.1: Constitución del café de quinua**

### 1.4.1. QUINUA

La quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), llamada también “el grano de oro”, es una planta herbácea anual que alcanza una altura de uno a dos metros; caracterizada por tener hojas anchas y polimorfas; el tallo central comprende hojas lobuladas y quebradizas; las flores son pequeñas y carecen de pétalos. Como se muestra en la **Figura 1.2**. (Cazar, Alava & Romero, 2004)



**Figura 1.2: Planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd.)**

Su cultivo se da en la zona de la sierra ecuatoriana, entre los meses de noviembre a febrero. La altitud y el lapso del cultivo depende de la clase de quinua; esta planta se desarrolla en una altitud de 2400 a 3400 m.s.n.m., para INIAP Tunkahuan y de 3000 a 3800 m.s.n.m. para INIAP pata de venado; con una duración de 150 a 170 y de 130 a 150 días respectivamente. (Peralta, 2009)

Para que esta planta se desarrolle adecuadamente necesita una temperatura que va desde los 7 a 17° C. Además, necesita que el suelo sea: franco, franco arenoso o negro andino, con un pH de 5.5 a 8.0. (Peralta, 2009).

Según Jacobsen (2003) la quinua tiene un cultivo que data de hace 7000 años atrás por diversas culturas, entre ellas la Tiahuanacota y la Incaica. Por esto se considera que es el grano más antiguo de la región Andina. La NASA considera a la quinua como un alimento excepcionalmente completo y balanceado, muy útil para ser utilizado por los astronautas. (FAO, 2011)

Según datos del Banco Central del Ecuador, actualmente el país ocupa el tercer lugar en la lista de los mayores productores y exportadores de quinua; con una exportación en el 2013 de 2000TM/año, con un 25% de aumento con relación al 2012.

El MAGAP determina que las provincias con mayor producción de quinua son Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Chimborazo y Loja; como se muestra en la **Tabla 1.1**.

**Tabla 1. 1: Producción de quinua en las provincias de Ecuador**

Provincia	Área Sembrada por provincia (%)	Área total de siembra (ha) aprox.	ACTUAL	SIEMBRA	
				2013	2014
CARCHI	24 %	2.400	470	1500	2.000
IMBABURA	10 %	1.200	250	750	1.500
PICHINCHA	10 %	1.200	70	500	1.200
COTOPAXI	5 %	700	150	500	582
TUNGURAHUA	2 %	200	40	750	873
CHIMBORAZO	40 %	3000	817	2.730	3.179
BOLIVAR	2 %	400	20	100	117
CAÑAR	2 %	300	20	300	349
AZUAY	3 %	400	16	50	100
LOJA	2 %	200	0	50	100
Total superficie intervenida		10.000	1853	7230	10.000

Fuente: (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, s.f.)

#### 1.4.1.1. Propiedades nutricionales

Este cereal se caracteriza por su contenido de proteínas con un valor de 13.81% al 21.9% dependiendo del tipo de quinua, por esto es considerada como el alimento más completo. La **Tabla 1.2** muestra la superioridad en características nutritivas de la quinua frente a otros cereales.

**Tabla 1. 2: Contenido nutritivo de la quinua y otros productos**

ELEMENTO	Quinua	Arroz	Cebada	Maíz	Trigo
Proteínas %	16,3	7,6	10,8	10,2	14,2
Grasa %	4,7	2,2	1,9	1,7	2,3
Carbohidratos totales	76,2	80,4	80,7	81,1	78,4
Fibra cruda %	4,5	6,4	4,4	2,3	2,8
Cenizas %	2,8	3,4	2,2,	1,7	2,2
Energía (kcal/100g)	399	372	383	408	392

Fuente: (Romo, Rosero, Forero & Cerón, 2006)

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), han catalogado a la quinua como un alimento único, por estar compuesta de todos los aminoácidos esenciales para la vida del ser humano tales como: la lisina, metionina, la treonina y el triptófano. La **Tabla 1.3** evalúa el contenido de los aminoácidos de la quinua frente a otros cereales.

**Tabla 1. 3: Contenido de aminoácidos de la quinua y otros cereales**

AMINOÁCIDOS	Quinua (a)	Cañihua (a)	Kiwicha	Trigo (b)
Lisina	6,8	5,9	6,7	2,9
Metionina	2,1	1,6	2,3	1,5
Treonina	4,5	4,7	5,1	2,9
Triptófano	1,3	0,9	1,1	1,1

Fuente: Ayala (s.f.)

Además, cuenta con almidón, grasas, vitaminas y minerales como: calcio, magnesio, hierro, cobre y zinc. La **Tabla 1.4** presenta el alto contenido de minerales de la quinua. (Romo *et al*, 2006)

**Tabla 1. 4: Contenido de minerales de la quinua.**

Mineral	Quinua	Trigo	Arroz	Frijol
	mg/100 g alimento			
Calcio	148,7	50,0	27,6	119,1
Fósforo	383,7	380,0	284,5	367,4
Hierro	13,2	5,0	3,7	8,6
Potasio	926,7	500,0	212	1098,2
Magnesio	246,9	120,0	118	200,0
Sodio	12,2	10,0	12	10,3
Cobre	5,1	0,5	0,4	1,0
Manganeso	10,0	2,9	0	0,0
Zinc	4,4	3,1	5,1	0,0

Fuente: (Romo *et al*, 2006)

Según Ayala (s.f.) para mejorar la calidad de las proteínas y aumentar la cantidad de aminoácidos, la quinua debe ser mezclada con otros cereales, permitiendo el desarrollo de nuevos productos con valor agregado.

#### **1.4.1.2. Beneficios de la quinua**

La quinua posee diversos beneficios para la salud: ayuda en la prevención de los trastornos neuromusculares, aumenta la producción de energía muscular y reduce el daño hepático. Porque contiene un alto porcentaje de fibra dietética que actúa como un depurador del cuerpo, elimina toxinas que dañan el organismo. Además, la fibra favorece el tránsito intestinal, regula los niveles de colesterol, estimula el desarrollo de flora bacteriana y previene el cáncer de colon. (FAO, 2011)

Brkic & García (2013), afirman que el consumo periódico de quinua ayuda a la reconstrucción del intestino delgado, por el escaso gluten que contiene esta planta, convirtiéndola en una alternativa para las personas celíacas.

La quinua contiene fenilalanina que ayuda a estimular el cerebro, principal característica para su consumo. La treonina actúa como desintoxicante del hígado y facilita la absorción de otros nutrientes. El triptófano disminuye la depresión, estrés, ansiedad e insomnio. (Brkic & García, 2013)

#### **1.4.1.3. Usos de la quinua**

Según el MAGAP (s.f.), la quinua se representa como una alternativa para la matriz productiva, porque es un alimento nutritivo y que permite la oportunidad de diversificar la producción en el país, por sus numerosos subproductos como: café,

harinas, hojuelas, barras energéticas, granolas, fideos, leche, jugo, turrone, papillas infantiles, tortas, pan, empanadas, pie de quinua con piña, rosquetas de quinua con chocolate, bebidas malteadas.

#### 1.4.2. HARINA DE QUINUA

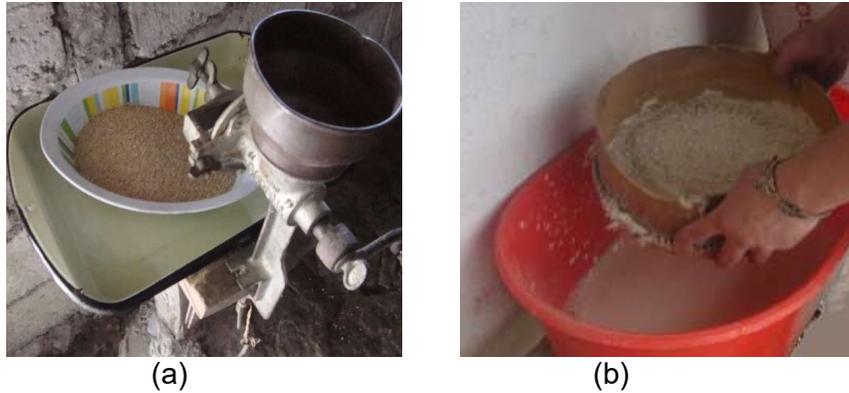
La transformación del grano permite un mejor aprovechamiento de sus cualidades nutritivas, mejorar la disponibilidad de nutrientes y facilita la preparación de distintos productos. Un subproducto importante es la harina de quinua como indica la **Figura 1.3**. (Villacres, Peralta, Egas & Mazón, 2011)



**Figura 1. 3: Harina de quinua**

Fuente: <http://www.greenquinoa.com>

La harina de quinua es el resultado de pasar los granos, previamente lavados y sin impurezas, por un proceso de molienda (a) y posterior tamizado (b). La harina de quinua mezclada con otras harinas mejora la calidad nutricional. La **Figura 1.4** muestra el proceso de conversión del grano de quinua.



**Figura 1. 4: Proceso para la obtención de harina**

Una de las aplicaciones de la harina de quinua es la preparación de un sustituto de café, denominado “café de quinua”. Para fortificar sus propiedades nutritivas y conseguir una textura ideal, es necesario mezclar con harina de trigo y harina de haba.

#### 1.4.3. HARINA DE TRIGO



**Figura 1. 5: Harina de trigo**

Fuente: <http://www.productosecologicossinintermediarios.es>

La harina de trigo como se muestra en la **Figura 1.5** constituye en una gran parte de la dieta ecuatoriana por su valor nutritivo y proteínico. Esta beneficia al organismo y al sistema circulatorio por no contener colesterol, característica principal de este producto. Además, su alto contenido de fibra permite tratar el estreñimiento. La **Tabla 1.5** muestra el valor nutritivo que esta harina posee. (Aldaz, 2011)

**Tabla 1. 5: Composición química de la harina de trigo por cada 100g**

Contenido	Cantidad c/100 g
Agua	12,0 g
Energía	361 kcal
Grasa	1,5 g
Proteínas	10,8 g
Hidratos de carbono	75,1 g
Fibra	0,2 g
Fosforo	213 mg
Hierro	3,5 mg
Vitamina C	0 mg
Vitamina A	0 mg
Vitamina B1 (Tiamina)	0,39 mg
Vitamina B2 (Riboflavina)	0,14 mg
Vitamina B3 (Niacina)	0,0 mg

Fuente: (Aldaz, 2011)

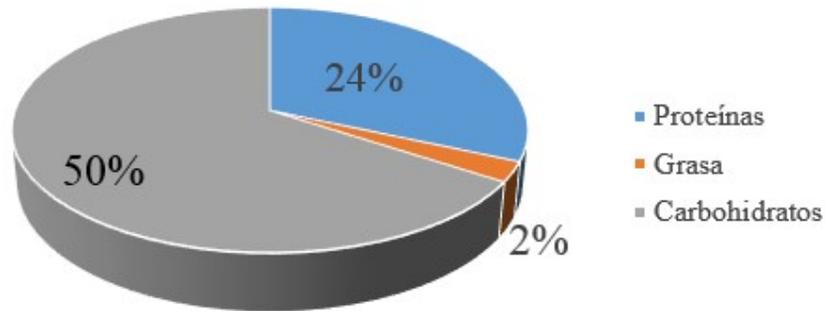
#### 1.4.4. HARINA DE HABA



**Figura 1. 6: Harina de haba**

Fuente: <http://www.cocina.es>

La harina de haba como se observa en la **Figura 1.6**, es un alimento tradicional en la sierra ecuatoriana por el abundante mineral de hierro que posee (1.9 mg/100 g). Las habas contienen niveles altos de proteína, hierro, fibra, vitaminas (A, B, C), potasio y 700 calorías. La **Figura 1.7** muestra el promedio de la composición de la harina de haba. (Ortega, 2006)



**Figura 1. 7: Composición de la harina de haba**

Según Herrera (2011) la harina de haba incorpora una serie de componentes químicas como se observa en la **Tabla 1.6**.

**Tabla 1. 6: Composición química de la harina de haba.**

COMPONENTES	UNIDADES	HARINA DE HABA
Energía	kcal	317,0
Agua	g	14,5
Proteína	g	19,4
Grasa	g	5,0
Hidratos de Carbono	g	55,0
Fibra	g	15,0
Potasio	mg	760,0
Magnesio	mg	160,0
Fósforo	mg	380,0
Hierro	mg	905,0
Vitamina B1	mg	0,4
Niacina	mg	5,4
Folatos	mcg	140,0

Fuente: (Herrera, 2011)

El consumo de harina de haba tiene múltiples ventajas entre ellas: ayuda a calmar los dolores causados por las hinchazones y sobre todo es una gran fuente de hierro recomendada para las personas que sufren de anemia. (Herrera, 2011)

## 1.5. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL CAFÉ DE QUINUA

Los ecuatorianos siempre acostumbran a tomar una buena taza de café y aún más si se trata de un café nutritivo, en donde la forma de tostar marca la diferencia.

El proceso de elaboración comprende de las siguientes etapas: mezcla de harinas, tostado, enfriado y empaquetado: como se muestra en la **Figura.1.8**.



**Figura 1. 8:** Diagrama de flujo del proceso del café de quinua.

- a) Mezcla. - La harina luego de ser tamizada, se mezcla en las proporciones de 50% quinua, 25% trigo y 25% de haba, para obtener 25 libras de café de quinua.
- b) Tostado. - Es la fase vital dentro de la cadena de elaboración porque influye en el producto final del café.
- c) Enfriado. - Después de retirar la mezcla del fogón, se debe continuar agitando para evitar que la harina se pegue al recipiente y se queme.
- d) Empaquetado. - Para conservar el aroma y el sabor del café se procede a empacar para luego ser almacenado y comercializado.

### **1.5.1. DESCRIPCIÓN E IMPORTANCIA DEL TOSTADO**

El tostado es la etapa más importante del proceso porque influye en el sabor y aroma, características especiales de un café. Este proceso se lo realiza de manera artesanal en la provincia de Imbabura.

Luego de la mezcla de harinas, se procede al tostado de las mismas en un recipiente que puede ser: olla de bronce o tiesto. Este es colocado en una estufa de leña que calienta a una temperatura de alrededor de los 200°C durante dos horas. En este tiempo se debe controlar que la mezcla no se pegue al recipiente para lo cual se agita constantemente con una cuchara de palo. Como se muestra en la **Figura 1.9**.



**Figura 1. 9: Tueste del café de quinua**

Cuando la harina toma un color café oscuro como se muestra en la **Figura 1.10**, se procede a retirar el recipiente de la estufa, sin dejar de agitar hasta que se enfríe en su totalidad, porque aún corre el riesgo de quemarse.



**Figura 1. 10: Café de quinua**

Cuando la mezcla se pega al recipiente esta se quema y pierde su sabor, aroma y propiedades nutritivas, por tales motivos el proceso de tueste es el que influye en el producto final del café de quinua. Como se muestra en la **Figura 1.11**.



**Figura 1. 11: Café de quinua quemado**

## **1.6. PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO PARA LA MÁQUINA TOSTADORA**

Para determinar un modelo óptimo de la máquina tostadora se debe conocer los requerimientos y parámetros de funcionamiento a los que será sometida. Tomando en cuenta el cumplimiento de normas técnicas.

### **1.6.1. RESTRICCIONES Y LIMITACIONES**

El medio de funcionamiento es un factor importante en el diseño de la máquina, porque se establece un modelo de máquina adecuado y los materiales que se deben emplear para lograr aumentar la fiabilidad.

a) Materiales: Las normas ISO 22000, establecen el uso de acero inoxidable en la construcción de maquinaria alimenticia, con el objetivo de evitar la creación de focos de contaminación por oxidación. Según los estándares NSF (51-1997) los materiales para los equipos de procesamiento de alimentos deben ser de un tipo de las series AISI 300 y AISI 400, estos materiales ayudan a mantener la maquinaria dentro de los estándares de salubridad.

e) Físicas: Para facilitar el transporte, instalación y operación, la máquina debe ser liviana y con una forma sencilla.

f) Tecnología: Para no encarecer el diseño de la máquina, esta debe contar con elementos disponibles en el mercado local y con un precio adecuado. Además, para eliminar los contratiempos en la manipulación que realiza el operario y evitar daños eléctricos o mecánicos, la operación de la máquina debe ser lo más simple posible.

g) Ambiente de trabajo: Para evitar la corrosión y el deterioro de la máquina, el lugar de trabajo debe ser cubierto, ventilado y sin humedad.

## **1.6.2. ESPECIFICACIONES**

Las especificaciones del producto son necesarias para guiar el desarrollo y diseño de la máquina tostadora porque son un parámetro técnico y funcional de la máquina, los parámetros más importantes a ser considerados son:

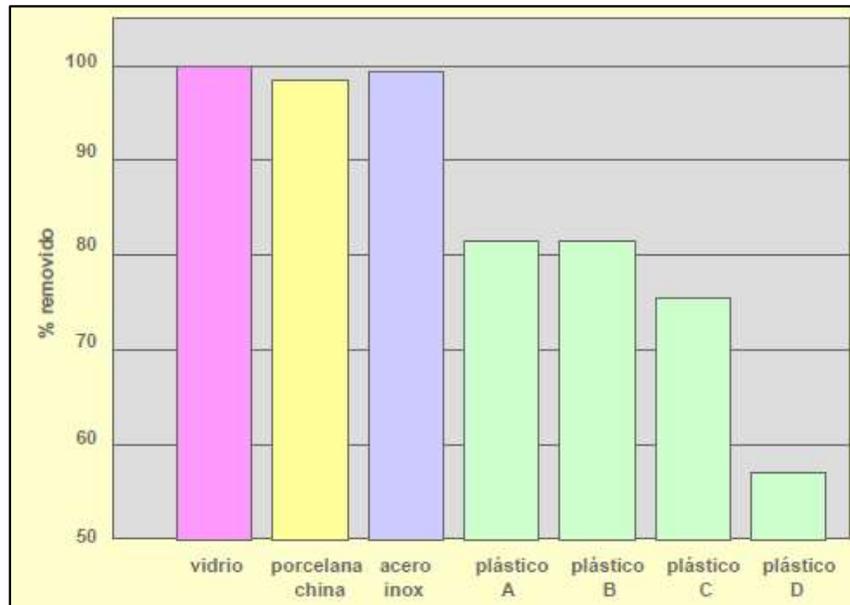
### **1.6.2.1. Parámetros Funcionales**

Para obtener un producto final de calidad se deben tomar en cuenta 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; la **Figura 1.12**, muestra la facilidad de remoción de microorganismos en las superficies de los distintos materiales.



**Figura 1. 12: Porcentaje de remoción de bacterias en diferentes materiales**

Fuente: (Carbó, 2009)

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.

## **1.7. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA MÁQUINA TOSTADORA**

En este capítulo 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. Tostador rotativo horizontal por tandadas.
2. Tostador rotativo horizontal continuo.
3. Tostador vertical con agitación por paletas.

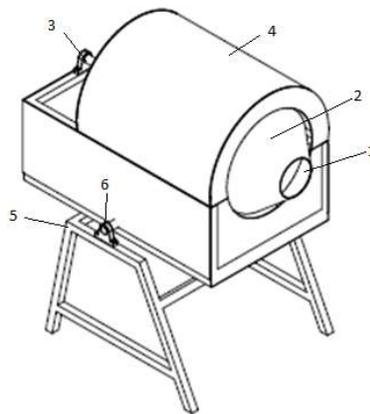
### **1.7.1. ALTERNATIVA 1: TOSTADOR ROTATIVO HORIZONTAL POR TANDADAS**

Este método adquiere su nombre porque tiene un cilindro dispuesto de manera horizontal, para lograr el movimiento rotatorio este se conecta con un eje, el cual es accionado por un sistema motriz (motor eléctrico). Dentro del cilindro se mezcla el producto y se obtiene un tostado más uniforme.

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. (Solá, s.f.).

### 1.7.1.1. Funcionamiento y partes

El proceso se inicia al colocar de forma manual la materia prima en el orificio del cilindro, esta masa se somete a una temperatura durante un tiempo establecido, para prevenir quemaduras la cámara es aislada térmicamente, al momento de terminar el tueste se inclina el cilindro rotativo extrayendo de esta forma el producto, finalizando así el proceso de tueste. La **Figura 1.13**, muestra el esquema de la máquina rotatoria por tandadas.



**Figura 1. 13: Máquina tostadora rotatoria por el método de tandadas**

Donde :

1. Orificio de entrada del producto
2. Cilindro rotatorio para tueste
3. Sistema motriz
4. Camara de aislamiento termico
5. Bastidor
6. Eje de soporte para sistema de extracción

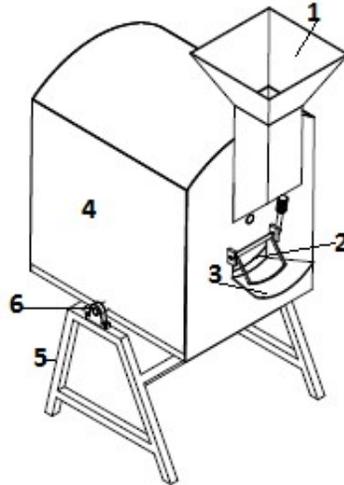
## **1.7.2. ALTERNATIVA 2: TOSTADOR ROTATIVO HORIZONTAL CONTINUO**

Este modelo de tostador consta de un tambor rotatorio dispuesto de forma horizontal, donde el movimiento se genera a través de un sistema motriz colocado en la parte posterior de la cámara de tostado. El cilindro interno realiza la función de tueste con una temperatura y un tiempo establecido.

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. (Solá, s.f.)

### **1.7.2.1. Funcionamiento y partes**

La primera fase del funcionamiento del tostador es colocar el producto en la tolva que da la dirección a la carga y permite ubicarlo en el tornillo sinfín, este desplaza el material en la cámara de tostado y con el calor suministrado al cilindro se logra el tueste deseado, conforme el proceso avanza el producto es expulsado por la compuerta de descarga. La **Figura 1.14**, muestra el esquema de la alternativa.



**Figura 1. 14: Máquina tostadora rotativa horizontal continua**

Donde :

1. Tolva
2. Camara tostador
3. Compuerta de descarga
4. Camara de aislamiento termico
5. Bastidor
6. Eje de soporte para sistema de extracción

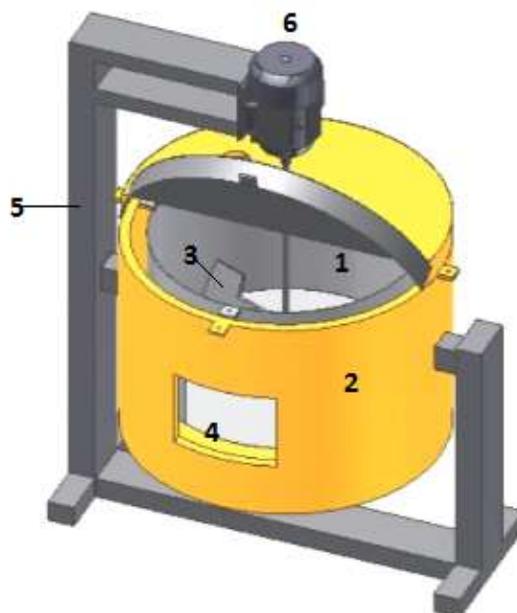
### **1.7.3. ALTERNATIVA 3: TOSTADOR VERTICAL CON AGITACIÓN POR PALETAS**

Esta máquina consta de dos cilindros, un interno y un externo dispuestos verticalmente, donde el primero cumple con la función de cámara de tostado, mientras que el segundo mantiene el calor y evita quemaduras al operario. Las etapas de remoción y extracción del producto se realizan a través del sistema de agitación por medio de paletas, para cumplir con la fase de tueste se calienta el

recipiente interno, donde el sistema de calentamiento se encuentra ubicado en la parte inferior del cilindro interno. (Solá, s.f.)

### 1.7.3.1. Funcionamiento y partes

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 1.15**, 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 1. 15: Máquina tostadora vertical con agitación por paletas**

Donde :

1. Camara de tostado
2. Camara de aislamiento térmico
3. Sistema de agitación por paletas
4. Compuerta de descarga
5. Bastidor
6. Sistema motriz

La **Tabla 1.7**, muestra una comparación entre las alternativas estudiadas. Las características que se evalúan son importantes porque permiten conocer las ventajas de cada uno de los métodos para máquina tostadora.

Tabla 1. 7: Comparativa de las características de las alternativas

CRITEROS	ALTERNATIVAS PARA TOSTADORAS		
	ROTATIVO HORIZONTAL POR TANDADAS	ROTATIVO HORIZONTAL CONTINUO	VERTICAL POR PALETAS
CALIDAD DE TUESTE	Tueste homogéneo, porque el giro del cilindro tostador hace que el producto se agite internamente. El espacio en la cámara de tostado permite una distribución uniforme y da mayor libertad de movimiento al producto.	Tueste con menor uniformidad, porque el calor no se distribuye uniformemente para todo el producto.	Tueste no uniforme, porque el producto se encuentra comprimido en la cámara de tueste restringiendo el libre movimiento del material. Se produce pequeñas quemaduras en el producto porque el sistema de agitación no permite remover todo el material en la parte inferior.
CONSTRUCCIÓN	Construcción fácil, porque utiliza materiales disponibles en el mercado local y no necesitan herramientas especiales para la construcción.	Construcción compleja. Para la agitación y extracción del material se emplea paletas helicoidales, dificultando la fabricación, porque se usa herramientas especiales y personal especializado.	Construcción moderada, porque para la fabricación de las paletas se utiliza herramientas no tan complejas por el diseño que estas tienen.
ERGONOMÍA	Facilita el trabajo al operario, porque no necesita permanecer de pie durante el tiempo que dura el proceso, además solo se debe ingresar una sola vez el producto por cada ciclo.	El operario necesita estar en constante movimiento supervisando, ingresando y extrayendo el producto, por tratarse de un proceso continuo.	Esta alternativa permite disminuir el esfuerzo y el tiempo que el operario tiene que permanecer de pie para realizar el proceso.
OPERACIÓN	Operación fácil, porque no necesitan procedimientos ni instrucciones complejas para el manejo de la máquina		
SEGURIDAD	Alto nivel de seguridad, porque los elementos no están en contacto con el operario		
MANTENIMIENTO	Fácil mantenimiento, porque el diseño de la máquina permite realizar un mantenimiento preventivo y programado, además existe la disponibilidad de repuestos y se puede realizar una limpieza con facilidad.	El mantenimiento es más complejo, porque se necesita utilizar herramientas que remuevan el material alojado en las paletas helicoidales, dificultando la limpieza. Los procedimientos de mantenimiento pueden complicarse por la dificultad de acceder a todos los elementos.	Fácil mantenimiento, porque la máquina está constituida de una cubierta superior móvil que permite una fácil limpieza y permite la accesibilidad a los elementos mecánicos.
TIEMPO DE PRODUCCIÓN	Es utilizada en pequeñas y medianas industrias, porque el tiempo de tueste es lento	Es utilizada en las grandes industrias, porque tuesta grandes cantidades, en menor tiempo	Es utilizada en la pequeña industria porque tuesta pequeñas cantidades de producto y su tiempo de producción es lento.
EFICIENCIA TÉRMICA	Mayor concentración de calor, por tener una doble cámara de calor, durante el proceso está cerrada herméticamente que ayuda a concentrar y a distribuir el calor uniformemente.	Menor concentración de calor, en este la compuerta se encuentra abierta durante el proceso, causando mayor consumo de energía por ser la extracción del producto continua, y causa mayor consumo de energía.	Mayor concentración de calor, porque el sistema de calentamiento se encuentra directamente en la base del recipiente.
FLEXIBILIDAD DE AUTOMATIZACIÓN	Es fácil de adaptar un sistema automático por las características del proceso.	La automatización de este modelo de máquina es más compleja por el tipo de proceso y por las condiciones de la máquina.	Es viable la adaptación de un sistema de control automático.
COSTOS	Los costos de la fabricación y operación son menores, porque los elementos son simples y están disponibles en el mercado local.	Tiene un alto costo, porque necesita procedimientos de fabricación más complejos y se requiere de maquinaria especial para realizar las paletas helicoidales.	Costo moderado. El método de fabricación es menos complejo para la construcción de las paletas, por la forma que estas tienen.

#### **1.7.4. CRITERIOS DE SELECCIÓN**

Los criterios de selección permiten determinar la mejor alternativa basados en las características de cada máquina estudiada. Para poder calificar y posteriormente seleccionar la alternativa que cumpla con el objetivo de este proyecto se establece los siguientes criterios de selección:

- Mayor homogeneidad de tueste
- Facilidad de construcción y montaje
- Fácil mantenimiento
- Fácil operación
- Seguridad
- Ergonomía
- Costos
- Plazos

##### **1.7.4.1. Calidad de tueste**

Está basada en la homogeneidad de tueste que las alternativas proporcionan al producto, este factor es muy importante porque determina la calidad final del café de quinua. Al ser homogéneo el tueste todo el producto posee las mismas características de aroma y sabor, lo que implica reducir las pérdidas del producto por falta o exceso de tueste.

Las Norma Técnicas Ecuatorianas INEN (1123:2006) indican que el café debe ser catado bajo los siguientes parámetros: fragancia, aroma, acidez y sabor. Estos están directamente relacionados con el proceso de tueste. El proceso de catación sirve para determinar la calidad del café.

- Fragancia: es la intensidad del olor de café sin haber agregado agua. Las fragancias pueden ser: florales, afrutadas, herbáceas y vegetales. Esta depende de la materia prima utilizada.
- Aroma: es el olor que tiene el café luego de agregarse agua. Según la Federación Española de Café (FEC), determina que los aromas pueden ser clasificados en: frutos secos, achocolatados, acaramelados, jarabes y cereales. Este factor depende del proceso de tueste al que es sometida la materia prima.
- Acidez: cuando el café entra en contacto con la boca, la acidez produce una sensación de sequedad especialmente en los bordes de la lengua y parte posterior del paladar. La acidez tiene que ser cítrica, pero no debe llegar al punto de ácido desagradable. El proceso de tueste es importante porque cuando este se excede pierde acidez, este factor además permite determinar la vida del sabor del café.
- Sabor: es la relación que existe entre la acidez, aroma y cuerpo del café. El sabor puede ser: dulce, salado, ácido y amargo. (Federación Española del Café, s.f.)

#### **1.7.4.2. Facilidad de construcción y montaje**

En la construcción se debe utilizar componentes y piezas disponibles en el mercado local que permitan reducir la dificultad de la construcción y eliminar contratiempos por la fabricación o adquisición de mecanismos complejos. El montaje debe ser sencillo para evitar el uso de maquinaria o herramientas especiales.

#### **1.7.4.3. Fácil operación**

La operación de la máquina debe ser fácil y entendible para que el operario pueda manejarla sin ninguna dificultad, para esto se debe evitar procedimientos complejos que puedan representar una mayor capacitación al operario.

#### **1.7.4.4. Seguridad**

Para que la máquina cuente con un alto nivel de seguridad, los elementos no deben estar en contacto directo con el operario, lo que reduce el riesgo de accidentes por mala manipulación.

#### **1.7.4.5. Fácil mantenimiento**

Las piezas o elementos constitutivos de la máquina que requieren mantenimiento, tienen que ser de fácil acceso, además no tienen que requerir de procedimientos complejos o insumos exclusivos.

#### **1.7.4.6. Ergonomía**

El diseño de la máquina debe facilitar el trabajo al operador y disminuir el esfuerzo físico que se requiere para este proceso. Para lograr esto se debe permitir el ingreso y extracción del producto de manera fácil y segura.

#### **1.7.4.7. Costo**

La máquina no debe poseer elementos que necesitan procedimientos y herramientas que impliquen un costo extra ya sea por importación o que requieran una adaptación posterior. Para mantener un costo aceptable la construcción tiene que ser sencilla y permitir un mantenimiento adecuado.

#### 1.7.4.8. Plazos

La construcción de la máquina tiene que estar dentro del plazo previsto para la realización de este proyecto.

### 1.8. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA

A cada alternativa se le codifica para que pueda ser identificada posteriormente, como se muestra en la **Tabla 1.8**.

**Tabla 1. 8: Código de las alternativas**

CÓDIGO	ALTERNATIVA
A1	Tostador rotativo horizontal por tandadas.
A2	Tostador rotativo horizontal continuo
A3	Tostador vertical con agitacion por paletas

Para la selección de la alternativa se toma en cuenta la valoración de cada uno de los criterios propuestos, como se muestra en la **Tabla 1.9**. La alternativa que obtenga mayor puntuación será la seleccionada porque posee los requerimientos necesarios para este proyecto.

**Tabla 1. 9: Criterios de evaluación con su respectiva ponderación**

CRITERIO	CÓDIGO	PONDERACIÓN
Calidad de tueste	A	25%
Fácil construcción y montaje	B	10%
Fácil operación	C	15%
Seguridad	D	15%
Fácil mantenimiento	E	10%
Ergonomía	F	10%
Costo	G	10%
Plazos	H	5%
<b>TOTAL</b>		<b>100%</b>

Para la calificación de cada una de las alternativas se toma en cuenta sus características, ventajas y desventajas al momento de ser implementada para el proyecto propuesto. La **Tabla 1.10** muestra la valoración de cada uno de los criterios para las tres alternativas anteriormente codificadas (A1, A2, A3). La calificación es de 1 a 10, donde 1 es malo y 10 bueno.

**Tabla 1. 10: Calificación de las alternativas**

ALTERNATIVA	CRITERIOS							
	A	B	C	D	E	F	G	H
A1	9	8	8	9	7	8	8	7
A2	7	8	7	9	6	8	7	7
A3	8	6	8	8	8	8	5	6
<b>TOTAL</b>	<b>24</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>26</b>	<b>21</b>	<b>24</b>	<b>20</b>	<b>20</b>

Con las calificaciones de cada parámetro se determina el valor normalizado del mismo, con lo cual se puede obtener el valor ponderado de cada una de las alternativas, en la **Tabla 1.11** se muestra los resultados.

**Tabla 1. 11: Normalización de las alternativas**

ALTERNATIVA	CRITERIOS							
	A	B	C	D	E	F	G	H
A1	0,38	0,36	0,35	0,35	0,33	0,33	0,4	0,35
A2	0,29	0,36	0,30	0,35	0,29	0,33	0,35	0,35
A3	0,33	0,27	0,35	0,31	0,38	0,33	0,25	0,3
TOTAL	1	1	1	1	1	1	1	1

La mejor alternativa para la máquina tostadora de café de quinua, como se muestra en la **Tabla 1.12**, es la alternativa A que corresponde a la tostadora rotativa horizontal por tandadas.

**Tabla 1. 12: Resultado de las alternativas**

ALTERNATIVA	CODIGO	RSULTADO
Tostador rotativo horizontal por tandadas.	A1	0,36
Tostador rotativo horizontal continuo	A2	0,33
Tostador vertical con agitacion por paletas	A3	0,32
TOTAL		1,00

## 1.9. MÉTODOS DE CALENTAMIENTO

El gas licuado de petróleo (GLP), termo resistencias y la inducción electromagnética, son los métodos de calentamiento más utilizados en el sector industrial y doméstico, por sus características y prestaciones para las diversas aplicaciones. Un factor importante al momento de seleccionar un sistema térmico es la eficiencia que las alternativas de calentamiento brindan. Otro parámetro importante es la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, lo que permite que el sistema térmico sea amigable con el ambiente.

### 1.9.1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL GLP

El uso del GLP tiene las siguientes ventajas:

- Posee gran poder calorífico
- No tiene inconvenientes con los materiales del recipiente, utiliza toda clase de utensilios de cocina

Este sistema de calentamiento cuenta con las siguientes desventajas:

- Riesgo de quemadura, porque es un sistema de llama abierta, lo que provoca el calentamiento de todo el equipo.
- Puede provocar incendios, por ser un producto inflamable a condiciones ambiente.
- Presenta un riesgo a la salud porque puede provocar intoxicaciones y asfixia, por tener compuestos tóxicos.
- Es una fuente de energía no renovable, por ser de procedencia fósil.
- Es contaminante para el ambiente por el desprendimiento de gases de efecto invernadero en el proceso de fabricación y de combustión.

### **1.9.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS RESISTENCIAS ELÉCTRICAS**

El sistema de calentamiento por resistencia eléctrica presenta las siguientes ventajas:

- Fáciles de construir y reparar, por tener una tecnología elemental.
- Utiliza toda clase de recipientes de cocción.

Las principales desventajas de este sistema de calentamiento son:

- Riesgo de quemaduras, porque disipan calor y no cuentan con un sistema de protección.
- Riesgos de Shock eléctrico, por no poseer conexión a tierra.

### **1.9.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA**

Las principales ventajas que respaldan a este método como una alternativa en los sistemas térmicos son:

- No existe riesgos de quemadura en la bobina, porque esta permanece fría y además no hay la presencia de una llama abierta.
- No hay el peligro de shock eléctrico, porque el recipiente de calentamiento no conduce electricidad.
- Fácil limpieza. Este sistema no combustiona materiales orgánicos o no ferromagnéticos.
- No existe emisiones de gases efecto invernadero, porque no utiliza combustibles fósiles y convierte al sistema en un método amigable con el ambiente.

Este sistema de calentamiento tiene las siguientes desventajas:

- No se pueden utilizar todos los recipientes convencionales, porque el material necesario para la inducción electromagnética tiene que ser ferromagnético.
- Necesita del suministro de energía eléctrica para su funcionamiento, en caso de no contar con este servicio el proceso de cocción se detendría.
- Tiene un costo relativamente alto, en comparación a los anteriores métodos de calentamiento.
-

El mejor método de calentamiento para la máquina tostadora de café de quinua es mediante resistencias eléctricas, porque se encuentran con mayor disponibilidad en el mercado local, económicas, aptas para toda clase de recipientes de cocción, fácil instalación y mantenimiento.

## CAPITULO II

### DISEÑO DE LA MÁQUINA TOSTADORA

El proceso de diseño de la máquina ayuda a optimizar su funcionamiento, porque permite conocer las características de cada una de las partes de la máquina y los requisitos necesarios para que en conjunto realicen un trabajo más eficiente, prolongando su vida útil.

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 2.1**.



**Figura 2. 1: Diagrama de las partes de la máquina tostadora**

- a) 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.
- b) 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.
- c) Bastidor: 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.
- d) Sistema motriz: permite transferir el movimiento circular de un motor hacia la cámara de tostado, para tostar el producto de manera uniforme y también evita que el café de quinua se quemé.

## 2.1. DISEÑO DE LA CÁMARA DE TOSTADO

La harina ocupa un volumen determinado en el cilindro de tueste, para determinar este volumen se relaciona la masa de la harina con la densidad de la misma, para esto se utiliza la ***Ecuación 2.1***.

### **Ecuación 2. 1: Volumen del café de quinua**

$$V = \frac{m}{\delta}$$

Donde:

m: masa de la harina, 12[kg]

$\delta$ : densidad de la harina,  $600 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$

V: volumen nominal,  $[\text{m}^3]$

La masa se considera 12kg que es la capacidad requerida para la máquina y la densidad para el café de quinua se toma en base a la densidad de harina de quinua, como se muestra en la **Tabla 2.1**.

**Tabla 2. 1: Tabla de densidades de la materia prima para la elaboración de café de quinua**

PRODUCTO	DENSIDAD [TM/m <sup>3</sup> ]
Harina de quinua	0,60
Harina de haba	0,67
Harina de trigo	0,66

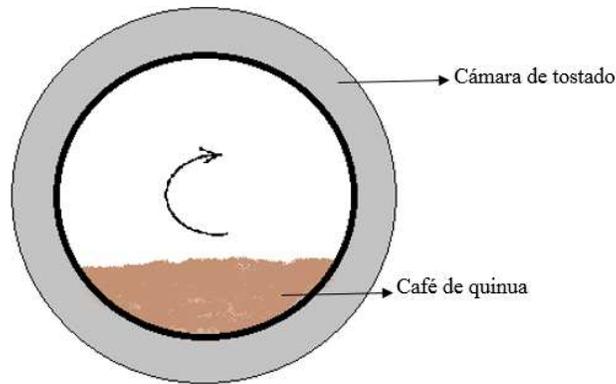
Fuente: <http://www.stemm.com>

Se reemplaza los valores en la Ecuación 2.1 y se obtiene:

$$V = \frac{12 \text{ kg}}{600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$V = 0.020\text{m}^3$$

El volumen que ocupa las 25 lb de café de quinua corresponde a  $0.02 \text{ m}^3$ , el producto tiene que ser la cuarta parte del volumen del recipiente, como se muestra en la **Figura 2.2**, esto permite a la materia prima moverse con mayor libertad, con lo cual se evita apelmazamientos, quemaduras en el café de quinua y pérdidas de producción. La **Ecuación 2.2** permite obtener el volumen real que ocupa el producto en la cámara de tostado.



**Figura2. 2: Volumen del café de quinua en la cámara de tostado**

**Ecuación 2. 2: Volumen**

$$V_{real} = 4 * V$$

$$V_{real} = 4 * 0.020\text{m}^3$$

$$V_{real} = 0.080 \text{ m}^3$$

Con el volumen real se determina las dimensiones de la cámara de tostado, para esto se utiliza la **Ecuación 2.3**, donde se asume el valor del radio de 0.2m.

**Ecuación 2. 3: Volumen real**

$$V_{real} = \pi * r^2 * l$$

Donde:

r: radio de la cámara de tostado, [m]

l: longitud de la cámara de tostado, [m]

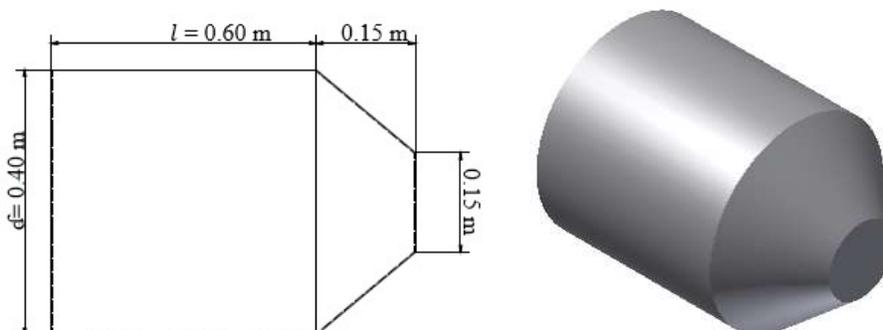
$V_{real}$ : volumen real que ocupa el café de quinua en la cámara de tostado, [ $\text{m}^3$ ]

Se despeja  $l$  de la Ecuación.2.3 y se reemplaza los valores:

$$l = \frac{0.080}{\pi * (0.2)^2}$$

$$l = 0.636 \text{ m}$$

Las dimensiones de la cámara de tostado están relacionadas con la cantidad de producto a tostar, como se muestra en la **Figura 2.3**.



**Figura2. 3: Dimensiones de la cámara de tostado**

Donde:

$d$ : diámetro externo de la cámara de tostado, 0.4 [ m ]

$l$ : longitud de la cámara de tostado, 0.60 [ m ]

### 2.1.1. SELECCIÓN DEL MATERIAL DE LA CÁMARA DE TOSTADO

De acuerdo a la norma UNE-EN 1672-2, los equipos en los que se procesan y manipulan los alimentos deben estar contruidos de acero inoxidable con el objetivo de garantizar un producto inocuo, saludable y sano, con lo que se evita la degradación del material en su composición química. La **Tabla 2.2**, permite seleccionar el mejor tipo de acero inoxidable a través de las propiedades que presentan cada una de estas. (Carbó, 2009).

**Tabla 2. 2: Propiedades generales de los aceros inoxidables**

Tipo	Resistencia a la corrosión	Dureza	Magnéticos	Endurecibles por tratamiento térmico	Soldabilidad
<b>Martensíticos</b>	Baja	Alta	SI	SI	Pobre
<b>Ferríticos</b>	Buena	Media baja	SI	NO	Limitada
<b>Austeníticos</b>	Excelente	Alta	NO	NO	Excelente

Fuente: <http://www.bonnet.es/clasificacionaceroinox.pdf>

El tipo de acero inoxidable que se eligió para fabricar la máquina tostadora de café de quinua es de tipo austeníticos, porque este tipo de acero se caracteriza por su elevada resistencia a la corrosión, mayor dureza, mayor resistencia eléctrica, sobresaliente maleabilidad y ductilidad, además permite obtener una excelente soldabilidad. (JN Aceros, 2010).

Dentro de la familia de los austeníticos se elige el acero inoxidable AISI 304, porque posee una buena resistencia a la corrosión, fácil limpieza debido a su superficie plana, soporta temperaturas elevadas (800 a 900 ° C), buen aspecto superficial, además son fáciles de doblarlos y conformarlos. (CENDI, s.f.).

A través de la **Tabla 2.3** se puede conocer detalladamente las propiedades físicas, eléctricas y mecánicas que posee el acero inoxidable AISI 304, además se adjunta otras características en el **ANEXO III**.

**Tabla 2. 3: Propiedades mecánicas del acero AISI 304 en plancha**

PROPIEDADES MECÁNICAS						
RESISTENCIA MECÁNICA		PUNTO DE FLUENCIA		Elongación % Min.	PRUEBAS DE DUREZA (MAX)	
Kg/mm <sup>2</sup>	Psi	Kg/mm <sup>2</sup>	Psi		ROCKWELL B	VICKERS
49	69500	18	25500	40	81,7	160

Fuente: (DIPAC, s.f.)

El material seleccionado posee las siguientes propiedades mecánicas:

$$S_y = 18 \frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2} = 176.4 \text{MPa}$$

$$S_{ut} = 49 \frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2} = 480.2 \text{MPa}$$

Donde:

$S_y$ : resistencia a la fluencia, [MPa]

$S_{ut}$ : resistencia última a la fractura, [MPa]

### 2.1.2. CALCULO DEL ESPESOR DE LA CÁMARA DE TOSTADO

La cámara de tostado gira a una velocidad de 10 rpm, y se analiza al recipiente de forma dinámicamente, con el objetivo de determinar la fuerza que ejerce el café de quinua en el recipiente, para esto se debe encontrar la aceleración centrípeta, mediante la **Ecuación 2.4**.

#### Ecuación 2. 4 : Aceleración centrípeta

$$a_c = w^2 * r$$

Donde:

$w$ : velocidad angular, 10 rpm =  $1.05 \left[ \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$

$r$ : radio de la cámara de tostado; 0.2[m]

$$a_c = 0.2205 \text{ m/s}^2$$

Una vez establecida la aceleración centrípeta, se procede a determinar la fuerza dinámica que ejerce el café de quinua en la cámara de tostado, a través de la **Ecuación 2.5**.

#### Ecuación 2. 5: Fuerza dinámica

$$F_d = m * a_c$$

Donde:

$F_d$ : fuerza dinámica que realiza el café de quinua en la cámara de tostado, [N]

m: masa del café de quinua, 12[kg]

$a_c$ : aceleración centrípeta, 0.2205[m/s<sup>2</sup>]

$$F_d = 2.646 \text{ N}$$

Se procede a evaluar la cámara de tostado de forma estática, mediante la **Ecuación 2.6** se puede determinar el valor de la fuerza.

#### **Ecuación 2. 6: Carga estática generada por el café de quinua**

$$F_e = 9.81(m/s^2) * m$$

Donde:

$F_e$ : Fuerza generada por el café de quinua, [N]

m: peso del café de quinua, 12kg

$$F_e = 117.72 \text{ N}$$

La fuerza total ejercida en la cámara de tostado se calcula con la **Ecuación 2.7**.

#### **Ecuación 2. 7: Fuerza total ejercida en la cámara de tostado**

$$F_T = F_{dinámica} + F_{estática}$$

Donde:

$F_T$ : Fuerza total ejercida en la cámara de tostado, [N]

$F_{dinámica}$ : Fuerza dinámica ejercida por el café de quinua, 2.646[N]

$F_e$ : Fuerza generada por el café de quinua, 117.72[N]

$$F_t = (117.72 + 2.646)N$$

$$F_t = 120.366 N$$

Con la **Ecuación 2.8** se calcula la carga distribuida en la cámara de tostado.

**Ecuación 2. 8: Carga distribuida**

$$f_t = \frac{F_T}{l}$$

Donde:

$f_t$ : Carga distribuida ejercida por el cafe de quinua,  $\left[\frac{N}{m}\right]$

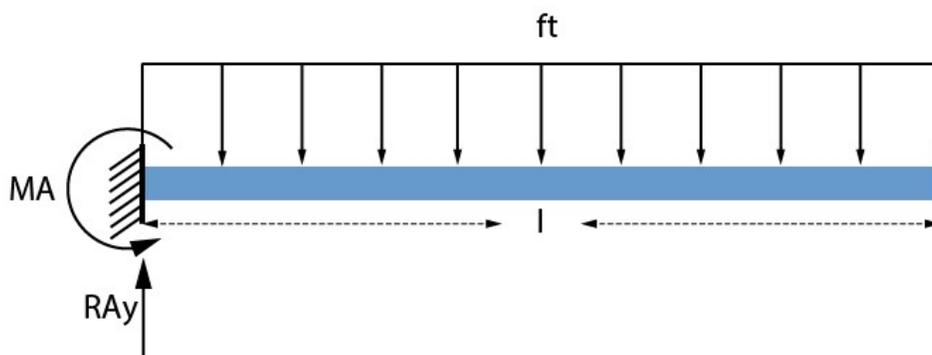
$F_T$ : Fuerza total ejercida en la cámara de tostado, 120.366[N]

$l$ : longitud de la cámara de tostado, 0.6[m]

$$f_t = \frac{120.366 N}{0.6m}$$

$$f_t = 200.61 \frac{N}{m}$$

A través del diagrama de cuerpo libre, que se observa en **Figura 2.4** se puede determinar las fuerzas de reacción en la cámara de tostado:



**Figura2. 4: Diagrama de cuerpo libre de la cámara de tostado**

Donde:

$R_{Ay}$  : reaccion en el extremo empotrado, [N]

$M_A$  : momento en el extremo empotrado, [Nm]

$f_t$ : carga distribuida generada en la cámara de tostado,  $200.61 \left[ \frac{N}{m} \right]$

$l$ : longitud de la cámara de tostado,  $0.60[m]$

Con la Figura 2.4, se pueden determinar las siguientes reacciones y momentos:

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_{Ay} - f_t * l = 0$$

$$R_{Ay} = 120.366 N$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$M_A - f_t * l * \left( \frac{l}{2} \right) = 0$$

$$M_A = 36.1098 Nm$$

Con estos datos se analiza al cilindro como un tubo de pared delgada, con el objeto de encontrar el módulo resistente de la sección analizada con la **Ecuación 2.9**. (Shigley, 2008)

### **Ecuación 2. 9: Momento de flexión**

$$M = Z * R$$

Donde:

M: Momento de flexión generada por la carga distribuida,  $36.1098[Nm]$

Z: Módulo resistente de la sección,  $[m^3]$

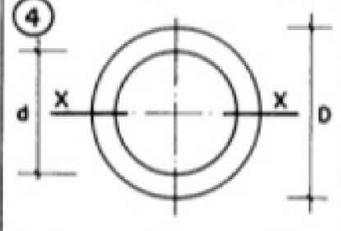
R: Resistencia última del material ( $S_{ut}$ ),  $480200000 \left[ \frac{N}{m^2} \right]$

$$36.1098Nm = Z * 49x10^6 \frac{N}{m^2}$$

$$Z = \frac{36.1098Nm}{480.2x10^6 \frac{N}{m^2}}$$

$$Z = 7.519x10^{-8}m^3$$

Para determinar el espesor del cilindro es necesario emplear la ecuación del módulo Z ( $W_{XE}$ ), que para el caso de la sección circular se muestra en la **Figura 2.5**.

SECCION	$W_{XP}$	$W_{XE}$
	$\frac{D^3 - d^3}{6}$	$\frac{\pi (D^4 - d^4)}{32 D}$

**Figura2. 5: Propiedades geométricas de la sección circular hueca**

Fuente: (Arnal & Epelboim, s.f.)

Entonces se reemplaza y se determina el diámetro interno (d) para el cilindro:

$$Z = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32D}$$

Donde:

Z: Módulo Resistente de la sección circular hueca,  $7.369x10^{-7}[m^3]$

D: Diámetro extremo del cilindro, 0.40[m]

d: Diámetro extremo del cilindro, [m]

$$d = \sqrt[4]{D^4 - \frac{32 * Z * D}{\pi}}$$

$$d = \sqrt[4]{(0.4)^4 - \frac{32 * 7.519 \times 10^{-8} * 0.4}{\pi}}$$

$$d = 0.3999988033 \text{ m}$$

Para determinar el espesor del cilindro se utiliza la **Ecuación 2.10**:

### **Ecuación 2. 10: Espesor del cilindro**

$$e = \frac{D - d}{2}$$

Donde:

e = Espesor del cilindro, [m]

$$e = \frac{0.4 - 0.3999882714}{2} m$$

$$e = 5.98 \times 10^{-7} m$$

$$e = 5.98 \times 10^{-4} mm$$

El espesor que se determina de los cálculos es menor a una décima de milímetro, por lo cual se elige un espesor de 1.5 mm de acero inoxidable AISI 304 por la disponibilidad en el mercado local.

## **2.2. AISLANTE TÉRMICO**

Los parámetros para determinar el adecuado aislante térmico para la máquina tostadora de café de quinua son: el tipo de aislante requerido, las propiedades de los materiales que se emplea, la temperatura de proceso y por ultimo las dimensiones de la máquina aislar (Limone, 2012).

### 2.2.1. SELECCIÓN DEL TIPO DE AISLANTE

El aislante térmico es un requisito fundamental, cuando se trabaja con máquinas tostadoras debido a que estas generan calor hacia al exterior, lo que ocasiona pérdidas energéticas y riesgos dentro del ambiente de trabajo.

En el mercado existe una gama de aislantes térmicos, el tipo de aislante que se va a utilizar depende tanto de la aplicación como del precio; en la **Tabla 2.4** se detalla los principales tipos de aislantes térmicos con sus respectivas características.

**Tabla 2. 4: Tipos de aislantes térmicos usados en la industria**

TIPO DE AISLANTE	MATERIAL	GRADO DE INFLAMACIÓN	PESO	T. MÁXIMA	C.TÉRMICA w/(m*k)	INSTALACIÓN	EFICIENCIA	COSTO
Lana de vidrio	vidrio fundido	incombustible	liviano	500°C	0,040 a 0,060	fácil	alta	bajo
Lana de roca	rocas basálticas	incombustible	pesado	1000°C	0,030 a 0,050	complicado	alta	alto
Poliestireno	espumado de polímeros plásticos	combustible	liviano	85°C	0,025 a 0,035	complicado	baja	bajo
Poliuretano	espumado de polímeros plásticos	combustible	liviano	100°C	0,030 a 0,040	complicado	alta	bajo

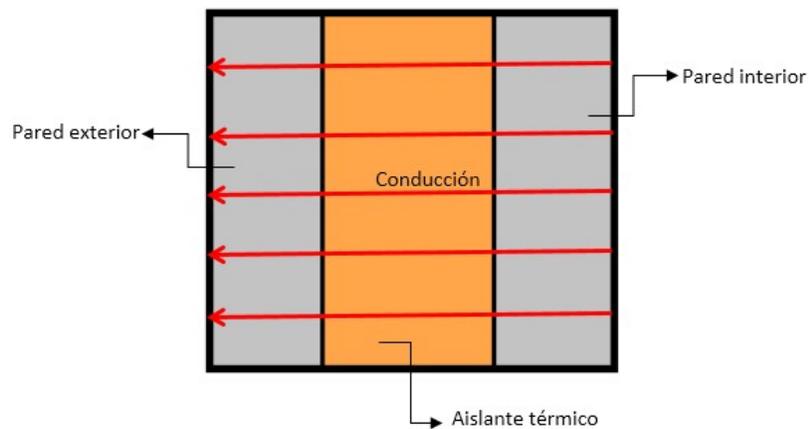
Fuente: (Isover, s.f)

El tipo de aislante que se selecciona para la máquina tostadora de café de quinua es la lana de vidrio en forma de manta, porque esta posee una conductividad térmica baja, es accesible, económica, ligera, flexible y no es inflamable.

### 2.2.2. CÁLCULO DE ESPESOR DEL AISLANTE TÉRMICO

La cubierta inferior de la máquina tostadora se calienta por medio de convección, porque dentro de la cámara de calentamiento el aire llega a una temperatura de 310.38°C, según los cálculos de Pozo (2016), este calor se transmite hacia la cubierta superior, lo que provoca la disipación de energía calorífica al ambiente externo.

Para poder determinar el aislante, es necesario analizar la pérdida de calor que se generan en las paredes de la máquina tostadora de café de quinua, según Pozo (2016), el calor perdido es 400W. Para el cálculo se analiza la superficie frontal de una pared, constituida por una capa de acero inoxidable exterior, una capa de aislante y una capa de acero inoxidable interior, lo que ocasiona la transmisión de calor de una capa a otra, como se observa en la **Figura 2.6**.



**Figura2. 6: Transferencia de calor en la pared lateral**

Mediante la **Ecuación 2.11** se puede determinar la resistencia total que existe en la pared de la máquina tostadora

**Ecuación 2. 11: Resistencia total para el calor perdido**

$$R_T = R_a + R_b + R_c$$

Donde:

$R_T$ : resistencia térmica total,  $[\frac{m^2 \circ C}{W}]$

$R_a$  = resistencia por conducción en la pared exterior,  $[\frac{m^2 \circ C}{W}]$

$R_b$  = resistencia por conducción en el aislante térmico,  $[\frac{m^2 \circ C}{W}]$

$R_c$  = resistencia por conducción en la pared interior,  $[\frac{m^2 \circ C}{W}]$

Para determinar el valor de la resistencia de cada uno de los elementos se tiene la

**Ecuación 2.12.**

### **Ecuación 2. 12: Resistencia por conducción**

$$R_x = \frac{e_x}{k_x}$$

Donde:

$R_x$ : resistencia térmica,  $[\frac{m^2 \circ C}{W}]$

$e_x$ : espesor de las capas [ m ]

$k_x$ : conductividad térmica del material,  $[\frac{W}{m^2 \circ C}]$

Se sabe que el espesor de la pared es 0.0015m, la conductividad térmica para el acero inoxidable AISI 304 es  $21[\frac{W}{m \circ C}]$  y la conductividad de la lana de vidrio es

$0.046[\frac{W}{m \circ C}]^3$

Se reemplazan y se obtiene:

$$R_a = \frac{0.0015 \text{ m}}{21 \left[ \frac{W}{m^{\circ}C} \right]}$$

$$R_a = 7.142 \times 10^{-5} \frac{m^2 \text{ } ^{\circ}C}{W}$$

$$R_b = \frac{x}{0.046 \left[ \frac{W}{m^{\circ}C} \right]}$$

$$R_c = \frac{0.0015 \text{ m}}{21 \left[ \frac{W}{m^{\circ}C} \right]}$$

$$R_c = 7.142 \times 10^{-5} \frac{m^2 \text{ } ^{\circ}C}{W}$$

Se reemplazan los valores en la Ecuación 2.11 y se obtiene:

$$R_T = \frac{6.57064 \times 10^{-6} + x}{0.046} \left[ \frac{m^2 \text{ } ^{\circ}C}{W} \right]$$

Se utiliza la **Ecuación 2.13** que permite determinar la cantidad de calor perdido, para poder obtener el espesor del aislante térmico.

**Ecuación 2. 13: Calor perdido**

$$q_{perdido} = \frac{(T_1 - T_{\infty})}{R_T}$$

Donde:

$q_{perdido}$ : calor perdido en los alrededores de la máquina, 400[W]

$T_1$ : temperatura dentro de la cámara de calentamiento, 310.38[°C]

$T_{\infty}$ : temperatura exterior de la cámara de calentamiento, 50[°C]

$R_T$ : resistencia térmica total,  $\frac{6.57064 \times 10^{-6} + x}{0.046} \left[ \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W} \right]$

Se reemplaza y se despeja  $x$  que es el espesor del aislante térmico:

$$400 \text{ W} = \frac{(310.38 - 50)^\circ C}{\frac{6.57064 * 10^{-6} + x}{0.046}}$$

$$x = 0.029 \text{ m} = 2.9 \text{ cm}$$

Se reemplazan los valores en la ecuación 2.11 y se obtiene:

$$R_T = 0.630 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$$

### 2.2.3. GRADO DEL AISLANTE TÉRMICO

Entre mayor sea el espesor del aislante, menor pérdidas energéticas se obtienen, pero también se tiene que tomar en cuenta que entre mayor es el espesor mayor es el costo, para facilitar la selección del espesor óptimo –económico, la industria del aislante ha dividido en tres tipos de grados de aislamiento térmico como se muestra en la **Tabla 2.5**. EL primer grado corresponde a una capa muy delgada, la cual está dirigida a la prevención de lesiones en los trabajadores; el segundo grado posee un grosor intermedio y se enfoca principalmente a la reducción de pérdidas de calor; el tercer grado es de capa gruesa, el cual cumple con el objetivo de reducir al máximo las pérdidas de calor como la de proteger el medio ambiente. (Limone, 2012).

**Tabla 2. 5: Grados de aislamiento térmico en la industria.**

GRADO DE AISLAMIENTO	GROSOR [m]
PRIMERO	0,002 a 0,020
SEGUNDO	0,015 a 0,030
TERCERO	0,030a 0,050

Fuente: (Limone, 2012)

El grosor de aislante seleccionado es de segundo grado, porque mantiene el calor dentro de la cámara de calentamiento, logrando minimizar tanto pérdidas energéticas como económicas, además protege al operario de quemaduras, evitando así accidentes laborales.

### 2.2.3.1. Manta de lana de vidrio

Una vez determinado el tipo de aislante y el espesor adecuado, se selecciona la manta Kaowool 1260, porque se encuentra en el mercado nacional y cumple con el segundo grado de aislamiento y se dispone en el espesor de 3 cm según los cálculos, posee una gran flexible lo que facilita el corte e instalación, debido a su composición química se obtiene una manta con buena resistencia mecánica, es altamente refractaria y desinfectada lo que evita la propagación de hongos y bacterias, siendo un punto muy crítico en la industria alimenticia.(Thermal Ceramics, s.f.)

La manta Kaowool 1260 es un aislante térmico compuesto principalmente de alúmina en un 47% y sílice en un 53%, esta manta posee las siguientes ventajas: (Thermal Ceramics, s.f)

- Buena resistencia al desgarro.
- Muy baja conductividad térmica y energía térmica almacenada.
- Alta flexibilidad, facilitando el corte e instalación.
- Espesor constante uniforme.
- Resistente al choque térmico.

En el **ANEXO IV**, se muestra detalladamente las características que posee la manta Kaowool 1260.

### 2.3. DISEÑO DEL SISTEMA MOTRIZ

El sistema motriz cumple con la función de transmitir el movimiento giratorio hacia la cámara de tostado, con lo que se logra que el café de quinua se remueva constantemente, lo cual evita que el producto se estanque y luego se queme.

Para poder realizar este movimiento se emplea un conjunto de elementos constituidos de un motor, poleas, bandas y un reductor de velocidad.

#### 2.3.1. SELECCIÓN DEL MOTOR

Para generar el movimiento se emplea un motor, el cual está acoplado a un conjunto de polea-banda, obteniendo una velocidad de giro adecuada; para poder seleccionar el motor apropiado es necesario conocer la inercia que tiene que vencer el motor, para poder mover la cámara de tostado.

La **Ecuación 2.14**, permite determinar el momento torsor de la cámara de tostado.

#### **Ecuación 2. 14: Momento torsor**

$$M_T = \Sigma I * \alpha + M_o$$

Donde:

$M_T$ : momento torsor que realiza el motor al eje, [Nm]

$\Sigma I$ : inercia total de la cámara de tostado, [kg \* m<sup>2</sup>]

$\alpha$ : aceleración angular,  $1.05[\frac{\text{rad}}{\text{s}^2}]$

$M_o$ : momento opuesto causado por el deslizamiento del café de quinua, [Nm]

Para obtener la inercia de todas las masas, es necesario determinar la inercia de cada uno de los elementos que conforman la cámara de tostado. Para esto se utiliza la **Ecuación 2.15**.

**Ecuación 2. 15: Inercia total de la cámara de tostado**

$$\sum I = I_{\text{eje}} + I_{\text{ct}} + I_{\text{cq}}$$

Donde:

$\sum I$ : inercia total de la cámara de tostado, [kg \* m<sup>2</sup>]

$I_{\text{eje}}$ : inercia del eje motriz, [kg \* m<sup>2</sup>]

$I_{\text{ct}}$ : inercia del cámara de tostado, [kg \* m<sup>2</sup>]

$I_{\text{cq}}$ : inercia de la masa de café de quinua, [kg \* m<sup>2</sup>]

**2.3.1.1. Inercia del eje motriz**

Para determinar la inercia del eje de la cámara de tostado se asume un diámetro de 1 1/2 pulgada, es decir 38.1 mm, de acero de transmisión AISI 304, que posee las propiedades que se muestran en la **Tabla 2.6**; en el **ANEXO V** se muestran otras características del material.

**Tabla 2. 6: Características técnicas del eje de transmisión AISI 304**

Propiedades Mecánicas			
Resistencia Mecánica (N/mm <sup>2</sup> )	Punto de Fluencia (N/mm <sup>2</sup> )	Elongación %Min.	Dureza ROKWELL B
520	220	20	249 - 278

Fuente: (Dipac, sf)

La **Ecuación 2.16**, permite determinar la inercia de eje de trasmisión de la cámara de tostado.

**Ecuación 2. 16: Inercia del eje de trasmisión**

$$I_{\text{eje}} = \frac{\pi * d_{\text{eje}}^4 * L_{\text{eje}} * \rho}{32}$$

Donde:

$I_{\text{eje}}$ : inercia del eje de trasmisión , [kg \* m<sup>2</sup>]

$d_{\text{eje}}$  : diámetro asumido para el eje, 38.1x10<sup>-3</sup>[m]

$L_{\text{eje}}$ : longitud del eje, 0.20[m]

$\rho_{\text{acero}}$ : densidad de acero AISI 304, 7900 [ $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ]

El valor de la inercia del eje, se obtiene reemplazando los valores en la Ecuación 2.12.

$$I_{\text{eje}} = \frac{\pi * (0.0381\text{m})^4 * (0.20\text{m}) * \left(7900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)}{32}$$

$$I_{\text{eje}} = 3.268 \times 10^{-4} \text{ kg} * \text{m}^2$$

**2.3.1.2. Inercia de la cámara de tostado**

La **Ecuación 2.17**, permite determinar el valor de inercia de la cámara de tostado, donde se considera a esta cámara como tubo circular.

**Ecuación 2. 17: Inercia de la cámara de tostado**

$$I_{\text{ct}} = \frac{\pi * l * \rho_{\text{ai}} * (D_{\text{ext}}^4 - D_{\text{int}}^4)}{64}$$

Donde:

$I_{ct}$ : inercia del cámara de tostado,  $[\text{kg} * \text{m}^2]$

$l$ : longitud de la cámara de tostado,  $0.60[\text{m}]$

$\rho_{ai}$ : densidad del acero inoxidable AISI 304,  $7900[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}]$

$D_{ext}$ : diámetro externo de la cámara de tostado,  $0.4[\text{m}]$

$D_{int}$ : diámetro interno de la cámara de tostado,  $0.397[\text{m}]$

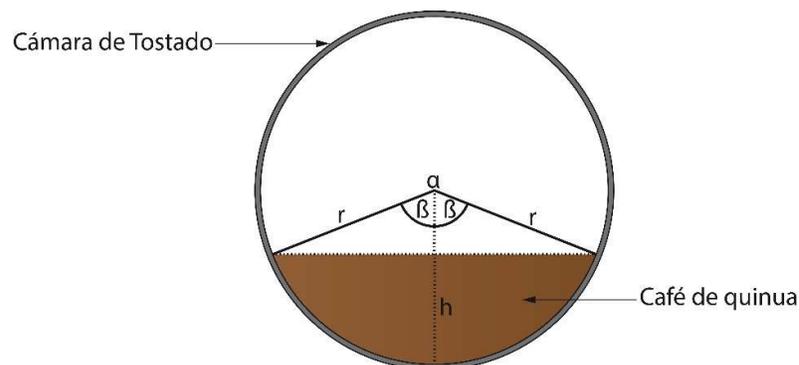
Para determinar el valor de inercia de la cámara de tostado, se reemplazan los valores en la Ecuación 2.17.

$$I_{ct} = \frac{\pi * (0.60\text{m}) * \left(\frac{7900 \text{ kg}}{\text{m}^3}\right) * [(0.4\text{m})^4 - (0.397\text{m})^4]}{64}$$

$$I_{ct} = 0.176 \text{ kg} * \text{m}^2$$

### 2.3.1.3. Inercia de la masa de café de quinua

El motor emplea mayor potencia al momento de vencer la inercia que tiene el café de quinua en estado de reposo, el cual se encuentra alojado en la parte inferior de la cámara de tostado, como se muestra en la **Figura 2.7**.



**Figura 2. 7: Ubicación de  $\beta$  en la cámara de tostado**

Para poder obtener el momento polar de inercia, es necesario conocer el valor del ángulo  $\beta$  del segmento circular correspondiente a la porción ocupada por el café de quinua. Para esto se utiliza la **Ecuación 2. 18**.

**Ecuación 2. 18: Ángulo  $\beta$**

$$\beta = \frac{\alpha}{2}$$

$$\beta = \frac{2 * \cos^{-1}(1 - \frac{h}{r})}{2}$$

Donde:

$\beta$ : Ángulo Beta

h: altura que ocupa el café de quinua dentro de la cámara de tostado, [m]

r: radio de la cámara de tostado, 0.20[m]

Para determinar la altura que ocupa el café de quinua en la cámara de tostado al conocer que el volumen del café es el 25% del volumen del cilindro, por tal motivo se utiliza la **Figura 2.8** que permite determinar el porcentaje del diámetro que ocupa el 25% de volumen. La grafica se obtiene a partir de la **Ecuación 2.19**.

**Ecuación 2. 19: Volumen de un cilindro horizontal**

$$V = l * [r^2 * \arccos\left(\frac{r-h}{r}\right) - (r-h)\sqrt{2rh-h^2}]$$

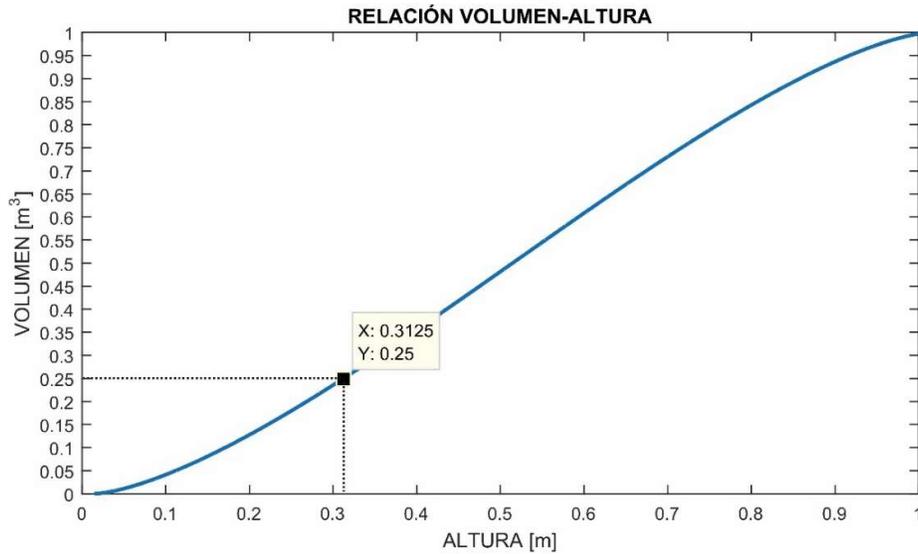
Donde:

V: volumen de un cilindro horizontal, [m<sup>3</sup>]

l: longitud del cilindro, [m]

r: radio del cilindro, [m]

$h$ : altura que ocupa el volumen en el cilindro, [m]



**Figura2. 8: Relación entre volumen y diámetro para un cilindro horizontal**

Al conocer que la cuarta parte del volumen total ocupa una altura correspondiente 31.25% del diámetro de la cámara de tostado ( $D=0.40$  m), con lo cual se determina el valor de la altura ( $h$ ).

$$h = 0.3125 * D$$

$$h = 0.125 \text{ m}$$

con este valor se reemplaza y se obtiene el ángulo  $\beta$ :

$$\beta = \cos^{-1}\left(1 - \frac{0.125 \text{ m}}{0.20 \text{ m}}\right)$$

$$\beta = 67.975^\circ$$

$$\beta = 1.19 \text{ rad}$$

La **Ecuación 2.20**, permite calcular el momento polar de inercia.

**Ecuación 2. 20: Momento polar de inercia**

$$I_P = I_x + I_y$$

$$I_x = \frac{r^4}{4} (\beta - \text{sen}\beta * \text{cos}\beta + \text{sen}^3\beta * \text{cos}\beta)$$

$$I_y = \frac{r^4}{12} (3\beta - 3\text{sen}\beta * \text{cos}\beta - 2\text{sen}^3\beta * \text{cos}\beta)$$

$$r = \frac{D}{2}$$

Donde:

$I_p$ : momento polar de inercia, [m<sup>4</sup>]

$I_x$ : momento polar de inercia en x, [m<sup>4</sup>]

$I_y$ : momento polar de inercia en y, [m<sup>4</sup>]

$$I_x = \frac{(0.2)^4}{4} [1.19 - \text{sen}(1.19) * \text{cos}(1.19) + \text{sen}^3(1.19) * \text{cos}(1.19)]$$

$$I_x = 4.569 * 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$I_y = \frac{(0.2)^4}{12} [3 * 1.19 - 3\text{sen}(1.19) * \text{cos}(1.19) - 2\text{sen}^3(1.19) * \text{cos}(1.19)]$$

$$I_y = 2.586 * 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$I_p = (4.569 * 10^{-4}) + (2.586 * 10^{-4})$$

$$I_p = 7.155 * 10^{-4} m^4$$

Una vez obtenido el valor del momento polar de inercia, se procede a calcular la inercia que tiene la masa del café de quinua, a través de la **Ecuación 2.21**.

**Ecuación 2. 21: Inercia de la masa del café de quinua**

$$I_{cq} = \rho_{cq} * l * I_p$$

Donde:

$I_{cq}$ : inercia de la masa de café de quinua, [kg \* m<sup>2</sup>]

$\rho_{cq}$ : densidad del café de quinua, 660[kg/m<sup>3</sup>]

$l$ : longitud de la cámara de tostado, 0.60 [m]

$I_p$ : momento polar de inercia de la masa,  $7.155 * 10^{-4}$  [m<sup>4</sup>]

$$I_{cq} = \frac{660 \text{ kg}}{m^3} * 0.60 \text{ m} * (7.155 * 10^{-4} m^4)$$

$$I_{cq} = 0.283 \text{ kg} * m^2$$

Una vez obtenido los valores de las inercias del eje, de la cámara de tostado y del café de quinua, se reemplaza en la Ecuación 2.15.

$$\sum I = (3.268 \times 10^{-4} \text{ kg} * m^2) + (0.176 \text{ kg} * m^2) + (0.257 \text{ kg} * m^2)$$

$$\sum I = 0.433 \text{ kg} * m^2$$

Mediante la observación se puede determinar, en el momento que la cámara de tostado empieza a rotar, el café de quinua se desplaza hasta alcanzar un ángulo aproximado de  $60^\circ$ , que provoca que el centro de gravedad se desplace del eje de la cámara de tostado, lo que ocasiona momentos de torsión opuestos al motor.

La **Ecuación 2.22** Permite determinar el momento opuesto causado por el desplazamiento de café de quinua.

### **Ecuación 2. 22: Momento opuesto**

$$M_o = m * g * r_{int}$$

Donde:

$M_o$ : momento opuesto, [Nm]

m: masa del café de quinua, 12[kg]

g: gravedad, 9.8 [m/s<sup>2</sup>]

$r_{int}$ : radio interno de la cámara de tostado, 0.1985[m]

$$M_o = 12kg * \frac{9.8m}{s^2} * 0.1985m$$

$$M_o = 23.284 Nm$$

Una vez obtenido el momento opuesto, se calcula el valor del momento torsor, a través de la **Ecuación 2.23**:

### **Ecuación 2. 23: Momento torsor**

$$M_T = \sum I * \alpha + M_o$$

Donde:

$M_T$ : momento torsor que realiza el motor al eje, [Nm]

$\Sigma I$ : inercia total de la cámara de tostado, 0.433 [kg \* m<sup>2</sup>]

$\alpha$ : aceleración angular, 1.05 [ $\frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$ ]

$M_o$ : momento opuesto causado por el deslizamiento del café de quinua, 23.284[Nm]

$$M_T = (0.433 \text{ kg} * \text{m}^2) * \left(\frac{1.05 \text{ rad}}{\text{s}}\right) + (23.343 \text{ Nm})$$

$$M_T = 23.797 \text{ Nm}$$

Para determinar la potencia del motor, se emplea la **Ecuación 2.24**:

#### **Ecuación 2. 24: Potencia del motor**

$$P_{pot} = M_T * n_2$$

Donde:

$P_{pot}$ : potencia del motor, [W]

$M_T$ : momento torsor que realiza el motor al eje, 23.797[Nm]

$n_2$ : velocidad angular de la cámara de tostado, 10 [rpm] =  $\frac{1.05 \text{ rad}}{\text{s}}$

$$P_{pot} = 23.797 \text{ Nm} * 1.05 \text{ rad/s}$$

$$P_{pot} = 24.986 \text{ W} = 0.033 \text{ HP}$$

Se selecciona un motor de 0.25 HP, porque es un motor eléctrico de uso general y más próximo al valor calculado que se encuentra disponible en el mercado local y tiene buenas prestaciones de funcionamiento.

Para facilitar la instalación y conocer las condiciones bajo las cuales opera el motor, es necesario tener presente tanto las características eléctricas como mecánicas y se logra así prolongar la vida útil y dar un correcto mantenimiento; en la **Tabla 2.7** se muestran las características eléctricas que posee el motor WEG, en el **ANEXO VI** se adjunta otras características.

**Tabla 2. 7: Características de motor WEG de ¼ HP**

MOTOR WEG 1/4 HP	
POTENCIA	0,25 HP 0,187 KW
FACTOR DE SERVICIO	1,35
POLOS	4
ARMAZÓN	NEMA 56
TENSIÓN	127/220 V
RPM	1745 $min^{-1}$
CORRIENTE NOMINAL	5.50/2.50 A
CORRIENTE A FACTOR DE SERVICIO	5.80/2.80 A
EFICIENCIA NOMINAL	50,50 %
FACTOR DE POTENCIA	0,52 pu

Fuente: [www.weg.net](http://www.weg.net)

### 2.3.2. SISTEMA DE TRASMISIÓN

Para poder transferir tanto la velocidad como la potencia del motor hacia el eje de transmisión de la cámara de tostado, es necesario implementar un sistema de transmisión, con lo cual se logra disminuir la velocidad que entrega el motor. Este tipo de transmisión puede ser por banda, cadena o engranes. En la **Tabla 2.8**, se muestra las características de cada tipo de transmisión.

**Tabla 2. 8: Características de los sistemas de transmisión**

TIPO DE TRASMISIÓN	ENGRANES	CADENAS	BANDAS
ACCESIBILIDAD	Difícil	Intermedio	Fácil
COSTO	Elevado	Moderado	Económico
DISPONIBILIDAD	Difícil	Fácil	Fácil
MANTENIMIENTO	Constante	Periódico	Poco
TRASMISIÓN DE POTENCIA	Mayor capacidad	Elevada capacidad	Menor capacidad
DESLIZAMIENTO	No	No	Si
RENDIMIENTO	Elevado	Alto	Moderado
NECESITA LUBRICACIÓN	Si	Si	No
MONTAJE	Difícil	Fácil	Fácil
PESO	Pesado	Moderado	Ligero
RUIDO DURANTE EL FUNCIONAMIENTO	Si	Si	No
PERDIDA DE TRASMISIÓN	Poco	Moderado	Bastante
OTROS	Baja resistencia al polvo	Baja resistencia al polvo	Mayor resistencia al polvo

Se selecciona un sistema de transmisión banda y patea, porque se encuentra con mayor accesibilidad en el mercado local, es económico, ligero, no necesita un mantenimiento constante porque no requieren lubricación, fácil de acoplar y desacoplar

### 2.3.3. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA REDUCTOR DE VELOCIDAD

Para lograr una distribución y un tostado uniforme a lo largo de un tiempo determinado, es necesario que cámara de tostado rote a una velocidad constante de 10 rpm, lo que evita que el producto se queme, para lograr esto se requiere reduce la velocidad del motor de 1720 rpm a 10 rpm. Para el dimensionamiento del sistema reductor de velocidad es necesario conocer la potencia, velocidad de entrada y velocidad de salida que tiene el motor, como se muestra en la **Ecuación**

**2.25.**

#### Ecuación 2. 25: Relación de transmisión

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

Donde:

$i$ : relación de transmisión

$n_1$ : velocidad de entrada, 1720 [rpm]

$n_2$ : velocidad de salida, 10 [rpm]

$P_{pot}$ : potencia del motor, 0.25 [HP]

$$i = \frac{1720}{10}$$

$$i = 172$$

La relación de velocidad es demasiada alta, por este motivo se debe colocar un reductor de velocidad, para obtener una relación baja y lograr la velocidad deseada.

#### 2.3.4. SELECCIÓN REDUCTOR DE VELOCIDAD

Para la selección del reductor de velocidad, se debe tomar en cuenta el tipo de motor sea este eléctrico, de combustión o cualquier otro; las horas diarias de trabajo; la velocidad de entrada y salida del reductor y por último el par de torsión requerido.

El primer paso para la selección del reductor de velocidad es el factor de servicio, este indica el grado de protección con el que trabaja el reductor, el cual depende directamente del tiempo de operación de la máquina tostadora. (Acosta, 2010).

El tiempo de operación de la máquina tostadora de café de quinua es de unas ocho horas diarias, con el uso de un motor eléctrico de 0.25 HP, a una velocidad constante de 10 rpm, con una carga ligera de 12 kg; por este motivo el factor de servicio del reductor de velocidad es de 1; como se muestra en la **Tabla 2.9**.

**Tabla 2. 9:Tabla de características para la selección del reductor de velocidad.**

Duración del servicio Tiempo total de operación por día	Clasificación de carga Máquina movida								
	Con motor eléctrico			Con motor Combustion ()			Con motor Combustion ()		
	Uniforme	Choque moderado	Choque pesado	Uniforme	Choque moderado	Choque pesado	Uniforme	Choque moderado	Choque pesado
Ocasionales 1/2 hr	0,8	0,9	1,00	1	1,25	1,5	0,9	1	1,25
Intermitentes 2 hrs	0,9	1,00	1,25	1,25	1,5	1,75	1	1,25	1,5
Hasta 10hrs	1,00	1,25	1,50	1,5	1,75	2	1,25	1,5	1,75
Hasta 24hrs	1,25	1,5	1,75	1,75	2	2,25	1,5	1,75	2

Fuente: <http://www.raisaslp.com.mx>

La potencia requerida del reductor se obtiene a través de la **Ecuación 2.26**.

### Ecuación 2. 26: Potencia del reductor de velocidad

$$P_{redu.} = F.S * P_{pot}$$

Donde:

$P_{redu.}$  = potencia del reductor, [HP]

F. S: factor de servicio del reductor de velocidad, 1

$P_{pot}$ : potencia del motor, 0.25 HP

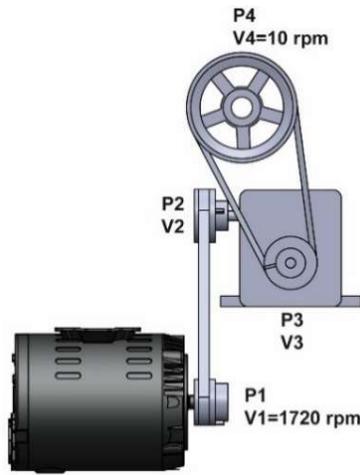
$$P_{redu.} = 1 * 0.25HP$$

$$P_{redu.} = 0.25HP$$

En el mercado local se dispone de reductores con una relación de transmisión de 40:1; pero se tiene que recordar que la velocidad adecuada que debe tener la cámara de tostado es de 10 rpm, por este motivo se aprovecha el uso obligatorio de poleas para la transmisión entre el motor y la entrada del reductor, con lo cual se puede disminuir la velocidad y así obtener una relación de transmisión más baja.

### 2.3.5. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA BANDA- POLEA

Con el uso de las bandas y poleas se puede disminuir la velocidad, lo que permite obtener la velocidad deseada y asegurar el funcionamiento óptimo de la máquina bajos los requerimientos planteados. En la **Figura 2.9** se muestra todo el sistema de reducción de velocidad por banda-polea empleado.



**Figura 2. 9: Sistema de reducción de velocidad por banda-polea**

Entonces se debe determinar los diámetros de las poleas utilizadas, para esto se utiliza la **Ecuación 2.27** de la relación de transmisión de velocidad.

#### **Ecuación 2. 27: Relación de transmisión de velocidad**

$$i_x = \frac{D_{PCd}}{D_{PCr}} = \frac{N_{PCr}}{N_{PCd}}$$

Donde:

$i_x$ : relación de velocidad

$D_{PCd}$ : Diámetro de la polea conducida, [in]

$D_{PCr}$ : Diámetro de la polea conductora, [in]

$N_{PCd}$ : Velocidad de la polea conducida, [rpm]

$N_{PCr}$ : Velocidad de la polea conductora, [rpm]

Para el dimensionamiento del sistema de transmisión se considera que el diámetro de las poleas conductoras (P1 y P3) es de 5.08 cm (2 in) porque es la más pequeña que se tiene disponible en el mercado local.

Para determinar el diámetro de la polea P2 se asume una relación de velocidad ( $i_1$ ) de 1.5 para que la polea conducida tenga un tamaño reducido, pero a la vez ayude a reducir la velocidad en la entrada del reductor mecánico. Con la Ecuación 2.27 se despeja el diámetro de la polea conducida, y se obtiene.

$$D_{P2} = i_1 * D_{P1}$$

El diámetro de P2 es de:

$$D_{P2} = 1.5 * 2 \text{ in}$$

$$D_{P2} = 3 \text{ in}$$

Con estos datos se obtiene la velocidad en la polea P2 y la polea P3, que se requiere para determinar el diámetro de la polea P4. Para esto se despeja la velocidad de la polea conducida para P2 y la velocidad de la polea conductora para P3 de la Ecuación 2.27 además se considera la relación de transmisión  $i_1$  de 1.5 y la relación  $i_2$  de 40.

$$N_{P2} = \frac{N_{P1}}{i_1}$$

$$N_{P2} = \frac{1720 \text{ rpm}}{1.5}$$

$$N_{P2} = 1146.6 \text{ rpm}$$

$$N_{P3} = \frac{N_{P2}}{i_2}$$

$$N_{P2} = \frac{1146.6 \text{ rpm}}{40}$$

$$N_{P2} = 28.6 \text{ rpm}$$

Con la velocidad  $N_{P2}$  se obtiene la relación de velocidad  $i_3$  que se requiere para obtener la velocidad de 10 rpm en la polea P4 y en el eje. Para esto se utiliza la Ecuación 2.27.

$$i_3 = \frac{N_{P3}}{N_{P4}}$$

$$i_3 = \frac{28.6 \text{ rpm}}{10 \text{ rpm}}$$

$$i_3 = 2.86 \text{ rpm}$$

Con esta relación se determina el diámetro de la polea P4, para esto se despeja de la Ecuación 2.27 el diámetro de la polea conducida.

$$D_{P4} = i_3 * D_{P3}$$

El diámetro de P4 es de:

$$D_{P4} = 2.86 * 2 \text{ in}$$

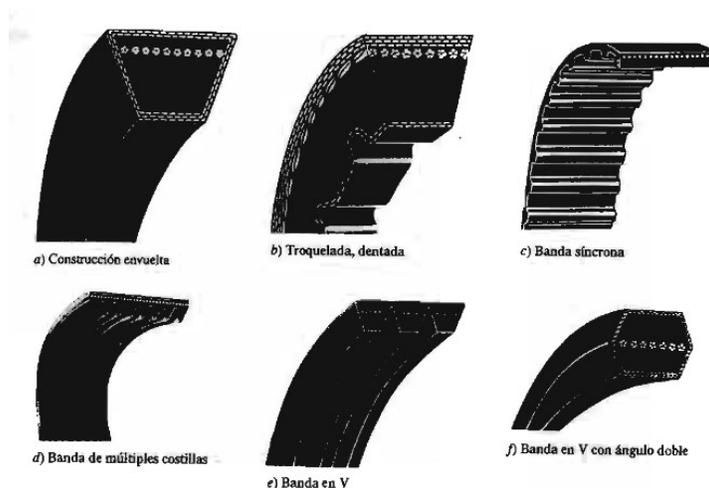
$$D_{P2} = 5.72 \text{ in}$$

$$D_{P2} \cong 6 \text{ in}$$

### 2.3.5.1. Selección de la banda

La función de la banda es transmitir la potencia desde el eje del reductor al eje de la cámara de tueste, con esto se logra transmitir el movimiento circular generado por el motor entre dos ejes paralelos. Con el sistema de transmisión banda polea se puede disminuir las revoluciones.

En la **Figura 2.10** se observa los tipos de bandas más utilizadas, entre ellas están las bandas planas, acanaladas, bandas en V.



**Figura2. 10: Tipos de bandas**

Fuente: (Mott,2006)

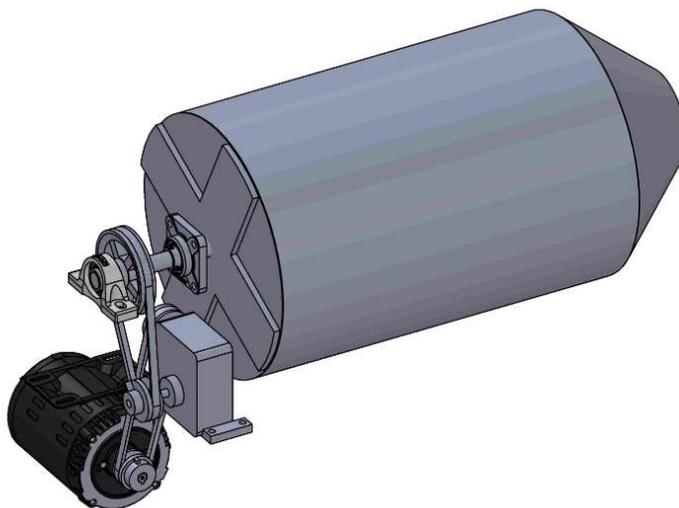
Para poder seleccionar el tipo de banda se tiene que conocer las características y ventajas que ofrece cada tipo de banda, la **Tabla 2.10** muestra las características de cada una de ellas, lo que ayuda a visualizar con claridad que banda sirve para la aplicación que se está implementado.

**Tabla 2. 10: Características de los tipos de bandas**

TIPO DE BANDA	PLANA	DENTADA	TRAPEZOIDAL
FACILIDAD DE MONTAJE	Si	No	No
TRASMISIÓN	Simple	Simple	Múltiple
COSTO	Económico	Elevado	Moderado
RENDIMIENTO	97-98%	98-99%	96-97%
TENSIÓN DE MONTAJE	Mayor	Menor	Menor
LONGITUD DE CORREA	libre	Dependiente	Normalizada
RELACIÓN DE VELOCIDAD	Alta	Menor	Menor
FLEXIBILIDAD	Alta	Baja	Baja
DESLIZAMIENTO	Si	No	Si
SINCRONISMO	No	Si	No
DESALINEACIÓN	Menor	Menor	Alto

Se selecciona una banda tipo V, porque son las más utilizadas en la industria, debido a su forma trapezoidal lo que permite que se acuje firmemente en la ranura, incrementando la fricción y transmitiendo grandes pares torsionales sin que exista grandes desplazamientos.

La banda en V es colocada en dos poleas acanaladas, en donde la polea de diámetro menor es montada en el eje de alta velocidad, en este caso en el eje del reductor, mientras que la polea de diámetro mayor se montada en el eje de transmisión de la cámara de tostado; para obtener una transmisión que permita reducir el número de revoluciones, como se observa en la **Figura 2.11**.



**Figura 2. 11: Configuración del sistema de poleas**

El primer paso para seleccionar la banda que se tiene que utilizar para la transmisión de movimiento es determinar la sección transversal normalizada, esto ayuda a que la banda seleccionada se pueda ubicar dentro de los elementos existentes en el mercado local, además se puede adquirir las poleas normalizadas. Para este objetivo se utiliza **Ecuación 2.28**, que permite determinar la potencia corregida.

**Ecuación 2. 28: Potencia corregida**

$$P_{\text{corregida}} = F * P_{\text{motor}}$$

Donde:

$P_{\text{corregida}}$ : potencia corregida, [HP]

F: factor de corrección

$P_{\text{motor}}$ : Potencia real entregada por el motor, 0.25[HP]

El factor de corrección está en base a la potencia del motor, tipo de motor y la carga impulsada, para determinar este factor F se utiliza la **Tabla 2.11**.

**Tabla 2. 11: Factores de servicio para bandas en V**

Tipo de máquina impulsada	Tipo de impulsor					
	Motores de CA: par torsional normal <sup>a</sup> Motores de CD: bobinado en derivación Motores de combustión: múltiples cilindros			Motores de CA: Alto par torsional <sup>b</sup> Motores de CD: bobinado en serie, bobinado compuesto Motores de combustión: 4 cilindros o menos		
	<6 h por día	6-15 h por día	>15 h por día	<6 h por día	6-15 h por día	>15 h por día
Agitadores, sopladores, ventiladores, bombas centrífugas, transportadores ligeros	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
Generadores, máquinas herramienta, mezcladores, transportadores de grava	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
Elevadores de cangilones, máquinas textiles, molinos de martillos, transportadores pesados	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
Trituradoras, molinos de bolas, malacates, extrusoras de hule	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8
Toda máquina que se pueda ahogar	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

<sup>a</sup>Síncronos, fase dividida, trifásicos con par de torsión de arranque o par de torsión al paro máximo menor que 175% de par torsional con carga total.  
<sup>b</sup>Monofásicos, trifásicos con par de torsión de arranque o par de torsión al paro máximo menor que 175% de par torsional con carga total.

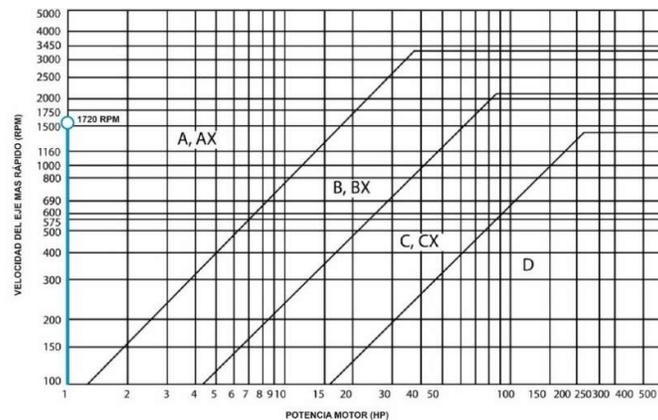
Fuente: (Mott, 2006)

Se elige un factor de corrección de 1.1 para una máquina de uso continuo, con el factor de corrección se reemplaza en la Ecuación 2.28 y se calcula la potencia.

$$P_{\text{corregida}} = 1.1 * 0.25 \text{ HP}$$

$$P_{\text{corregida}} = 0.275 \text{ HP}$$

Con la potencia corregida ( $P_{\text{corregida}}$ ) y la **Figura 2.12** se elige la sección transversal de la banda. La línea azul muestra en donde se ubica la potencia corregida y la velocidad del eje más rápido, que es el del motor con una velocidad de 1720 RPM.



**Figura2. 12: Gráfica de secciones transversales de bandas clásicas**

Fuente: (Martin, s.f.)

Con los datos de la gráfica se selecciona una banda clásica de sección transversal tipo A, este tipo de bandas son utilizadas en motores con velocidad desde 720 RPM hasta 1800 RPM y con potencias menores a 1 ½ HP.

Para la selección la longitud de cada una de las bandas se debe determinar la distancia entre centros. Para calcular la distancia entre centros mínima se utiliza la **Ecuación 2.29**. (Mott, 2006)

**Ecuación 2. 29: Distancia entre centros mínima**

$$D_{cc} = \frac{D_{mayor} + 3D_{menor}}{2}$$

Donde:

$D_{cc}$ : distancia entre centros, [mm]

$D_{mayor}$ : diámetro de la polea mayor, [mm]

$D_{menor}$ : diámetro de la polea menor, [mm]

$$D_{cc} = \frac{D_{mayor} + 3 * D_{menor}}{2}$$

Los diámetros de las poleas se muestran en la **Tabla 2.12**.

**Tabla 2. 12: Diámetros de las poleas**

BANDA	POLEA	DIÁMETRO
1	1	2in (50,8mm)
	2	3in (76,2mm)
2	3	2in (50,8mm)
	4	6im (152,4mm)

Con estos datos se reemplaza y se obtiene:

$$D_{CC_1} = \frac{D_{P_2} + 3 * D_{P_1}}{2}$$

$$D_{CC_1} = \frac{76.2 + 3 * 50.8}{2}$$

$$D_{CC_1} = 114.3 \text{ mm}$$

$$D_{CC_2} = \frac{D_{P_4} + 3 * D_{P_3}}{2}$$

$$D_{CC_2} = \frac{152.4 + 3 * 50.8}{2}$$

$$D_{CC_2} = 152.4 \text{ mm}$$

Con el espacio disponible en la estructura se elige las siguientes distancias entre centros que sobrepasan el diámetro mínimo:

$$D_{CC_1} = 195 \text{ mm}$$

$$D_{CC_2} = 220 \text{ mm}$$

Para que estos valores estén dentro del rango normal de la distancia entre centros deben cumplir con la condición de intervalo de distancias nominales propuesta por Mott (2006) y que se muestra en la **Ecuación 2.30**.

**Ecuación 2. 30: Condición de intervalo de distancias nominales**

$$D_{mayor} < D_{CCx} < 3 * (D_{mayor} + D_{menor})$$

Con esto se comprueba los datos obtenidos, para la Banda 1:

$$114.3 < 195 < 3 * (114.3 + 50.8)$$

$$114.3 \text{ mm} < 195 \text{ mm} < 495.3 \text{ mm}$$

Y para la Banda 2:

$$152.4 < 200 < 3 * (152.4 + 50.8)$$

$$152.4 \text{ mm} < 200 \text{ mm} < 609.6 \text{ mm}$$

Una vez determinada la distancia entre centros y comprobada la condición de distancia se calcula la longitud de las bandas con la **Ecuación 2.31**. (Mott, 2006).

### **Ecuación 2. 31: Longitud de la banda**

$$L_B = 2 * D_{CCx} + 1.57 * (D_{mayor} + D_{menor}) + \frac{(D_{mayor} - D_{menor})^2}{4 * D_{CCx}}$$

Donde:

$L_B$  = longitud de cada banda, [mm]

$D_{CCx}$ : distancia entre centros de cada juego de poleas, [mm]

Entonces para cada juego de poleas se tiene que determinar la longitud de la banda.

$$L_{B1} = 2 * 195 + 1.57 * (114.2 + 50.8) + \frac{(114.2 - 50.8)^2}{4 * 195}$$

$$L_{B1} = 654.376 \text{ mm}$$

$$L_{B2} = 2 * 200 + 1.57 * (152.4 + 50.8) + \frac{(152.4 - 50.8)^2}{4 * 200}$$

$$L_{B2} = 731.927 \text{ mm}$$

Se elige las bandas de acuerdo a los valores calculados y el más cercano, se selecciona las siguientes bandas que se muestran en la **Tabla 2.13**. Además, se adjunta la tabla de selección de bandas en el **ANEXO VII**

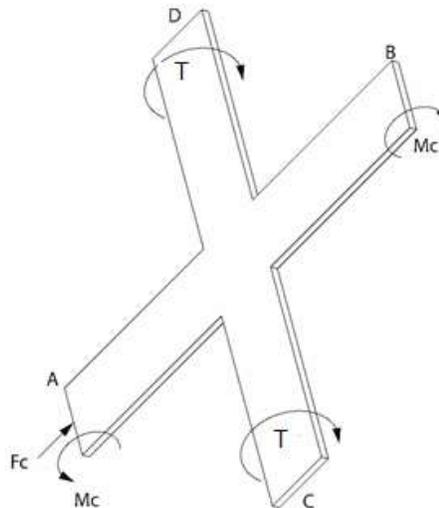
**Tabla 2. 13: Bandas Seleccionadas**

BANDA	BANDA ISO REFERENCIAL	LONGITUD REAL
1	A24	660 mm
2	A27	736 mm

Fuente: (Gates Industrial, 2004)

### 2.3.6. DIMENSIONAMIENTO DEL ESPESOR DE LA PLACA DE REFUERZO

La placa de refuerzo permite conectar el cilindro tostador con el eje, para el dimensionamiento de este elemento se tiene que realizar un análisis estático y un análisis a la fatiga porque gira juntos con la cámara de tostado. En la **Figura 2.13** se muestra la fuerza y momentos que se tiene en la placa de refuerzo.



**Figura2. 13: Fuerzas y momentos sobre la placa de refuerzo**

### 2.3.6.1. Diseño estático de la placa de refuerzo

Para facilitar el cálculo de la placa de refuerzo se analiza por separado una barra horizontal y una barra vertical, en la barra "A" actúa una fuerza y un momento debido a cámara de tostado, como se muestra en la **Figura 2.14**; mientras que la barra "C" está sometida a un par torsor, como se observa en la **Figura 2.15**.



**Figura2. 14: Diagrama de cuerpo libre de la barra A**



**Figura2. 15: Diagrama de cuerpo libre de la barra C**

Donde:

FA: fuerza ejercida por la carga en la cámara de tostado, 120.366 [N]

MA: momento generado por la carga en la cámara de tostado, 36.1098[Nm]

T: par torsor generado en la placa de refuerzo, [Nm]

La **Ecuación 2.32** y **Ecuación 2.33**, permite determinar el esfuerzo normal axial y el esfuerzo flexionante, generados en la viga "A".

#### **Ecuación 2. 32: Esfuerzo normal axial**

$$\sigma = \frac{F_A}{A}$$

Donde:

$\sigma$ : esfuerzo normal, [MPa]

A: área sobre la que se aplica la fuerza, [m<sup>2</sup>]

$$\sigma = \frac{120.366 \text{ N}}{0.1 \text{ m} * e}$$

$$\sigma = \frac{1203.66}{e}$$

### **Ecuación 2. 33: Esfuerzo normal por flexión**

$$\sigma = \frac{M * c}{I}$$

Donde:

$\sigma$ : esfuerzo normal por flexión, [MPa]

MA: momento generado por la carga en la cámara de tostado, 36.1098[Nm]

c: distancia del eje neutro a la fibra mas alejada de la seccion transversal,  $\frac{e}{2}$

I: momento de inercia del area transversal con respecto al eje neutro,  $\frac{e^3 * b}{12}$

$$\sigma_x = \frac{\frac{36.1098 * e}{2}}{\frac{e^3 * b}{12}}$$

$$\sigma_x = \frac{2166.588}{e^2}$$

Según Shigley (2006), el esfuerzo cortante máximo para una barra de sección transversal rectangular b\*e, ocurre en la parte media del lado mayor b; la **Ecuación 2.34**, permite determinar el esfuerzo cortante, generado en la barra “C”.

### **Ecuación 2. 34: Esfuerzo cortante torsional**

$$\tau_{xy} = \frac{T}{\alpha * b * e^2}$$

Donde:

$\tau_{xy}$ : esfuerzo cortante torsional, [MPa]

$T$ : par torsor generado en la barra "C", 36.1098[Nm]

$\alpha$ : factor en función de la relación b/e, 0.333

$b$ : lado mayor de la barra "C", 0.1[m]

$e$ : lado menor de la barra "C", [m]

$$\tau_{max} = \frac{36.1098}{0.333 * (0.1) * e^2}$$

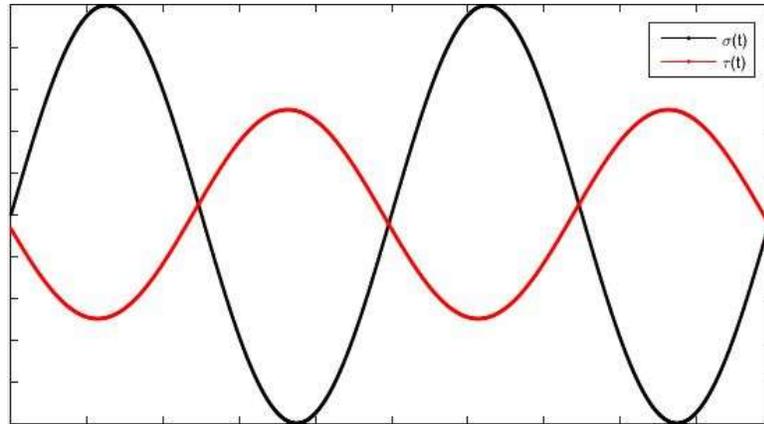
$$\tau_{max} = \frac{1084.378}{e^2}$$

### 2.3.6.2. Diseño de la placa de refuerzo sometida a fatiga

Para analizar la placa de refuerzo, se tiene que someter a fatiga, siendo necesario examinar el comportamiento de los esfuerzos en un punto crítico, en este caso a 45°; pero este comportamiento no se puede predecir para este punto debido a la complejidad de los esfuerzos que se combinan en la placa de refuerzo.

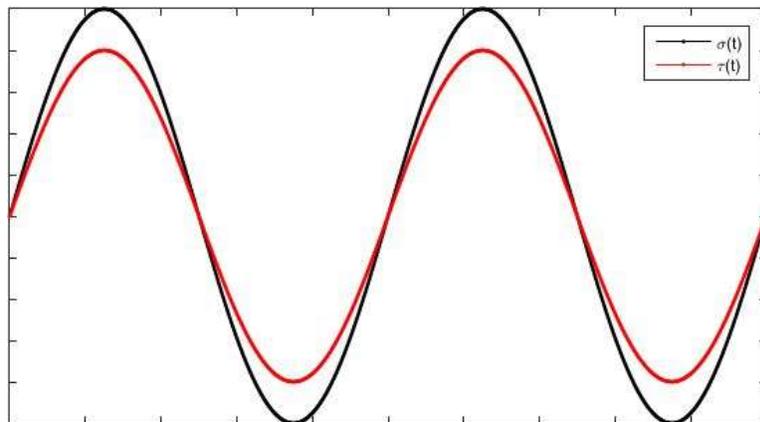
Según (Arellano, Cárdenas, Elizalde, Ramírez & Probst, 2012 ), el evaluar las cargas multiaxiales no es algo sencillo, para poder predecir el comportamiento de estas fuerzas a diferentes inclinaciones, la placa se la somete a un método experimental en donde se requiere un aparato capaz de aplicar cargas multiaxiales y un espécimen idóneo de interpretar estos datos; por lo general se colocan sensores en los puntos de intersección de la placa de refuerzo; estos equipos son costosos y generalmente solo están disponibles en grandes centros de investigación especializados.

Se analiza los esfuerzos, con los valores que se generan en las posiciones conocidas en este caso  $0^\circ$  y  $90^\circ$ , correspondientes a las placas "C" y "A"; donde el esfuerzo cortante está desfasado del esfuerzo normal, con lo que se tiene una carga combinada fluctuante proporcional en desfase, como se muestra en la **Figura 2.16**; lo que impide encontrar un esfuerzo combinado.



**Figura2. 16: Modo de carga combinada fluctuante proporcional en desfase**

Según Shigley (2008), cuando dos esfuerzos están desfasados la solución es suponer que las dos componentes alcanzan frecuentemente una condición de fase de manera que sus magnitudes sean aditivas, como se observa en la **Figura 2.17**.



**Figura2. 17: Modo de carga combinada totalmente proporcional**

La placa de refuerzo va ser evaluada en la condición más crítica, esto quiere decir que tanto el esfuerzo normal como el esfuerzo cortante sean máximos en un mismo punto, sobredimensionando a la placa para evitar cualquier deformación; por ser el enlace entre la cámara de tostado el eje de transmisión.

La **Ecuación 2.35** y **Ecuación 2.36**, permiten determinar el esfuerzo alternante y medio, respectivamente ocasionados en la placa de refuerzo al momento de la rotación.

**Ecuación 2. 35: Esfuerzo de tensión**

$$\sigma_a = \frac{2166.588}{e^2}$$

$$\sigma_m = 0$$

**Ecuación 2. 36: Esfuerzo cortante**

$$\tau_a = \frac{1084.378}{e^2}$$

$$\tau_m = 0$$

Donde:

$\sigma_a$ : esfuerzo de tensión alternante, [Pa]

$\sigma_m$ : esfuerzo de tensión medio, [Pa]

$\tau_a$ : esfuerzo cortante alternante, [Pa]

$\tau_m$ : esfuerzo cortante medio, [Pa]

$e$ : Espesor de la placa de refuerzo, [m]

Se utiliza el esfuerzo de Von Mises equivalente para esfuerzos con componentes alternantes; a través de las **Ecuación 2.37**.

**Ecuación 2. 37: Esfuerzo de Von Mises equivalente**

$$\sigma'_a = \sqrt{(\sigma_a)^2 + 3(\tau_a)^2}$$

$$\sigma'_a = \frac{5419.722}{e^2}$$

Para un diseño sometido a fatiga se tiene que tomar en cuenta ciertos aspectos que modifican la resistencia del material. Para determinar el límite de resistencia a la fatiga se utiliza la **Ecuación 2.38**. (Shigley, 2008)

**Ecuación 2. 38: Limite de resistencia a la fatiga**

$$S_e = \frac{K_a K_b K_c K_d S'_e}{K_f}$$

Donde:

$S_e$ : límite de resistencia a la fatiga en el punto crítico, [MPa]

$K_a$ : factor de superficie

$K_b$ : factor de tamaño

$K_c$ : factor de confiabilidad

$K_d$ : factor de temperatura

$K_f$ : factor de concentración de esfuerzos a la fatiga

$S'_e$ : límite de resistencia a la fatiga en viga

Para determinar el límite de resistencia a la fatiga de la muestra se usa la **Ecuación 2.39**. (Shigley, 2008)

**Ecuación 2. 39: Limite de resistencia de la muestra**

$$S'_e = 0.5S_{ut}$$

Donde:

$S_{ut}$ : resistencia última, 520 [MPa]

$$S'_e = 0.5 * 520 \text{ MPa}$$

$$S'_e = 260 \text{ MPa}$$

Para determinar el Factor de superficie se utiliza la **Ecuación 2.40**. (Shigley, 2008).

#### Ecuación 2. 40: Factor de superficie

$$K_a = aS_{ut}^b$$

Donde:

$a, b$ : parámetros para el factor de superficie

Los parámetros  $a$  y  $b$  dependen del acabado superficial que tiene el material, en este caso el eje de acero AISI 304 laminado en frío, en la **Tabla 2.14** se elige los valores para  $a$  y  $b$ .

**Tabla 2. 14: Parámetros  $a$  y  $b$**

Acabado superficial	Factor $a$		Exponente $b$
	$S_{ut}$ kpsi	$S_{ut}$ MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

Fuente: (Shigley, 2008)

De la tabla se toma los valores y se reemplaza en la Ecuación 2.39.

$$a = 4.51$$

$$b = -0.265$$

$$K_a = 4.51 * 520^{-0.265}$$

$$K_a = 0.86$$

El factor de tamaño se determina con la **Ecuación 2.41**. (Shigley, 2008)

**Ecuación 2. 41: Factor de tamaño**

$$K_b = 1.5$$

El factor de confiabilidad se obtiene a través de la **Tabla 2.15**, para una confiabilidad de 99%.

**Tabla 2. 15: Factores de confiabilidad**

Confiabilidad, %	Variación de transformación $z_o$	Factor de confiabilidad $k_e$
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

Fuente: (Shigley, 2008)

$$K_c = 0.814$$

Para el factor de temperatura se utiliza la **Ecuación 2.42**, donde el parámetro  $ST/S_{RT}$  se determina con el uso de la **Tabla 2.16**, para una temperatura de 350°C.

**Ecuación 2. 42: Factor de temperatura**

$$K_d = \frac{ST}{S_{RT}}$$

**Tabla 2. 16: Parámetro para factor de temperatura**

Temperatura, °C	$S_T/S_{RT}$	Temperatura, °F	$S_T/S_{RT}$
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1 000	0.698
550	0.672	1 100	0.567
600	0.549		

Fuente: (Shigley, 2008)

$$K_d = 0.943$$

El factor de concentración de esfuerzo a la fatiga se determina con la **Ecuación 2.43**.

**Ecuación 2. 43: Factor de concentración de esfuerzo a la fatiga**

$$K_f = 1 + q(K_t - 1)$$

Donde:

$K_f$ : factor de concentración de esfuerzo a la fatiga, 3

$q$ : sensibilidad a la muesca, 1

Se reemplaza y se obtiene:

$$K_f = 2.5$$

Con todos los factores determinados, se reemplaza en la Ecuación 2.38, se obtiene el valor del límite de resistencia a la fatiga.

$$S_e = 102.981 \text{ MPa}$$

Para determinar el espesor de la placa de refuerzo, se utiliza la teoría de falla de Goodman, a través de la **Ecuación 2.44**.

**Ecuación 2. 44: Teoría de falla de Goodman**

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{nf}$$

Se reemplaza y se obtiene:

$$\frac{\sigma_a}{S_e} = \frac{1}{nf}$$

$$\frac{5419.722}{e^2} = \frac{1}{102.981 * 10^6} = \frac{1}{2}$$

$$e^2 = \frac{2(5419.722)}{102.981 * 10^6}$$

$$e^2 = 1.052 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$e = 0.010 \text{ m}$$

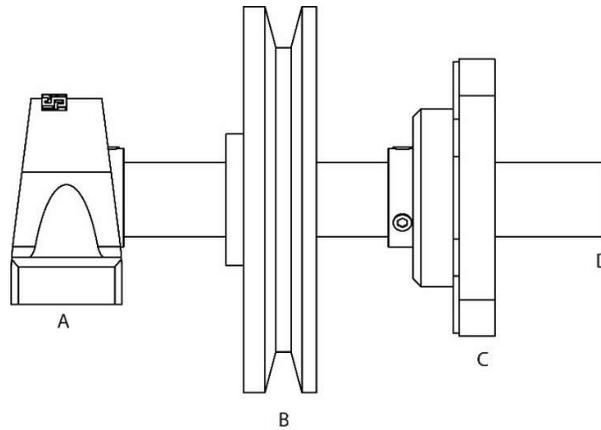
$$e = 10 \text{ mm}$$

Con el resultado del análisis de fatiga, se elige una placa de refuerzo AISI 304 con un espesor de 10mm.

### 2.3.7. DIMENSIONAMIENTO DEL EJE DE TRASMISIÓN DE LA CÁMARA DE TOSTADO

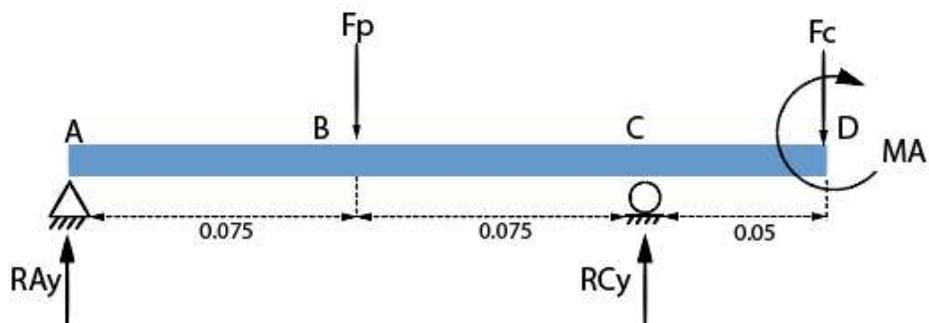
El eje de transmisión es el enlace entre el sistema motriz y la cámara de tostado, este permite generar un movimiento rotatorio en la cámara de tostado y de esta manera se logra que el producto se mezcle y se tueste de manera uniforme.

El eje de transmisión está sujeto a través de dos unidades de rodamiento (A y C), el movimiento se transmite por medio de la polea (B), como se muestra en la **Figura 2.18.**



**Figura2. 18: Disposición del eje de transmisión**

La **Figura 2.19**, muestra el diagrama de cuerpo libre de la cámara de tostado, con el cual se puede determinar las fuerzas que actúan sobre él.



**Figura2. 19: Diagrama de cuerpo libre del eje de transmisión**

Donde:

$R_A$ : Reacción sobre el rodamiento A, [N]

$R_C$ : Reacción sobre el rodamiento C, [N]

$F_p$ : Fuerza que ejerce la banda, [N]

$F_c$ : Fuerza ejercida por la carga en la cámara de tostado, 120.366 [N]

$M_c$ : Momento generado por la carga en la cámara de tostado, 36.1098[Nm]

Momento torsor que genera el motor de 0.25 HP seleccionado, se obtiene a través de la **Ecuación 2.45**.

**Ecuación 2. 45: Momento torsor**

$$W_t = \frac{P_{\text{pot}} * 745.699}{n_2}$$

Donde:

$W_t$ : momento torsor que genera el motor de 0.25 HP

$P_{\text{pot}}$ : potencia del motor, 0.25 HP

$n_2$ : velocidad angular de la cámara de tostado, 10rpm = 1.05rad/s

$$W_t = \frac{0.25 * 745.699}{1.05 \text{ rad/s}}$$

$$W_t = 177.547 \text{ Nm}$$

Para determinar la tensión transmitida por la banda, se obtiene a través de la **Ecuación 2.46**.

**Ecuación 2. 46: Tensión de la banda**

$$F_p = \frac{W_t}{\frac{D_4}{2}}$$

Donde:

$F_p$ : Fuerza que ejerce la banda, [N]

D4: diámetro de la polea , 6in = 0.1524 m

$W_t$ : momento torsor que genera el motor de 0.25 HP = 177.547 Nm

$$F_p = \frac{177.547 \text{ Nm}}{\frac{0.1524 \text{ m}}{2}}$$

$$F_p = 2330.013 \text{ N}$$

Con el diagrama de fuerzas se obtiene las fuerzas de reacción con la **Ecuación 2.47**.

**Ecuación 2. 47: Sumatoria de fuerzas en el eje**

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_{Ay} - F_{By} + R_{Cy} - F_c = 0$$

Con los valores determinados se reemplaza y se obtiene:

$$R_{Ay} - 2330.013 + R_{Cy} - 120.366 = 0$$

$$R_{Ay} + R_{Cy} = 2450.379$$

Como se tiene dos variables es necesario determinar dos ecuaciones, y con la **Ecuación 2.48** se puede obtener la otra ecuación.

**Ecuación 2. 48: Sumatoria de momentos en A**

$$\Sigma MA = 0$$

$$-F_{By}(0.075) + R_{Cy}(0.15) - F_c(0.2) - M_c = 0$$

Se reemplaza y se obtiene:

$$-2330.013(0.075) + RC_y(0.15) - 120.366(0.2) - 36.1098 = 0$$

$$RC_y = \frac{234.933}{0.15}$$

Con las dos ecuaciones determinadas se encuentra las reacciones en A y B

$$RC_y = 1566.22 \text{ N}$$

Con el valor de  $RC_y$  se calcula  $RA_y$  con lo que se obtiene el siguiente valor:

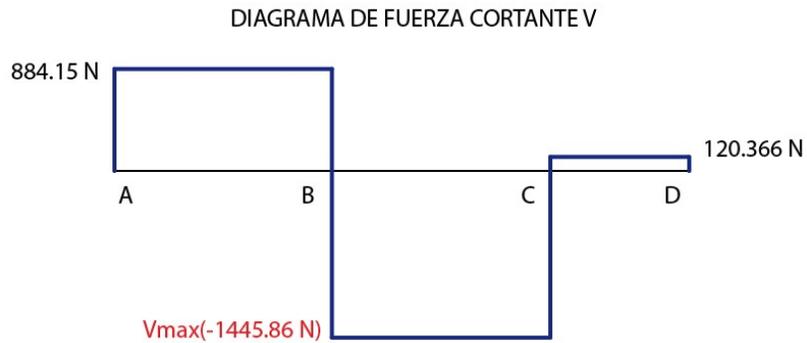
$$RA_y = 2450.379 - RC_y$$

$$RA_y = 2450.379 - 1566.22$$

$$RA_y = 884.15 \text{ N}$$

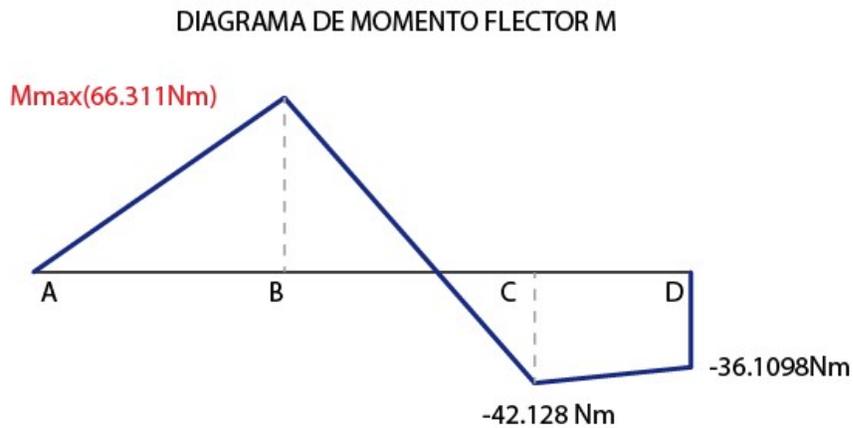
Una vez determinados todas las reacciones, fuerzas y los momentos que se generan en el eje de transmisión de la cámara de tostado, se grafica el diagrama de fuerza cortante, diagrama de momento flector y momento torsor, como se muestra en las **Figuras: 2.20 ,2.21 y 2.22** respectivamente. De estos valores se puede concluir el punto crítico del eje de transmisión.

El sistema motriz a través de la banda ejerce la mayor fuerza cortante en B del eje de transmisión, con un valor de 1445.86 [N].



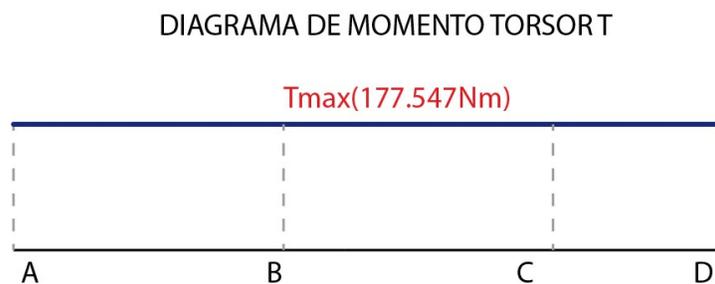
**Figura2. 20: Diagrama de fuerza cortante del eje de transmisión**

El momento flector máximo se encuentra en B con un valor de 66.311Nm.



**Figura2. 21: Diagrama de momento flector del eje de transmisión**

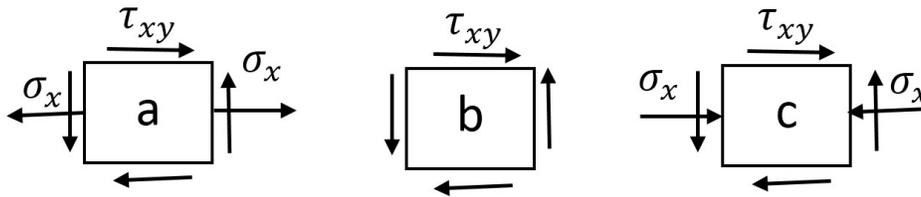
El momento torsor máximo es 177.547 Nm como se observa en la Figura 2.22.



**Figura2. 22: Diagrama de momento torsor del eje de transmisión**

Como se puede observar en los gráficos los valores máximos están situados en el punto B, de la sección AB, por tal motivo se concluye que este punto es el crítico del eje de transmisión.

Dentro de la superficie "BB" se ubican tres puntos colineales, los cuales permiten analizar y determinar los esfuerzos planos para cada uno de los puntos como se muestra en la **Figura 2.23**.



**Figura2. 23: Estado de los esfuerzos**

Fuente: (Shigley, 2008)

Se observa que el punto "a" está sometido a esfuerzos normales por tensión y esfuerzo por torsión, mientras que el punto "c" está sometido a compresión y torsión y en el punto "b" solo existe torsión, lo que da como resultado el punto "a" como el más crítico, por qué un material dúctil puede fallar en mayor grado por tensión que por compresión.

### 2.3.7.1. Diseño estático del eje transmisión

Los esfuerzos normales y cortante se relacionan con los valores máximos de momento flector (M) y de momento torsor (T), y esta relación se muestra en la **Ecuación 2.49** y **Ecuación 2.50**.

**Ecuación 2. 49: Esfuerzo Normal en x, y del eje**

$$\sigma_x = \frac{32M}{\pi * d^3}$$

$$\sigma_y = 0$$

**Ecuación 2. 50: Esfuerzo Cortante en xy del eje**

$$\tau_{xy} = \frac{16T}{\pi * d^3}$$

Donde:

M: momento flector máximo, 66.311 [N \* m]

T: momento torsor máximo, 177.547[N \* m]

d: diámetro del eje, [m]

Se reemplaza y se obtiene:

$$\sigma_x = \frac{32 * 66.311 \text{ N * m}}{\pi * d^3}$$

$$\sigma_x = \frac{675.438 \text{ N * m}}{d^3}$$

$$\sigma_{xy} = \frac{16 * 177.547}{\pi * d^3}$$

$$\tau_{xy} = \frac{904.239 \text{ N * m}}{\pi * d^3}$$

Para calcular los esfuerzos principales  $\sigma_1$  y  $\sigma_3$ , se utiliza la **Ecuación 2.51** y **Ecuación 2.52**, que es la combinación del círculo de Mohr.(Shigley, 2008)

**Ecuación 2. 51: Esfuerzo principal  $\sigma_1$** 

$$\sigma_1 = \frac{675.438}{2d^3} + \sqrt{\left(\frac{675.438}{2d^3}\right)^2 + \left(\frac{904.239}{d^3}\right)^2}$$

$$\sigma_1 = \frac{337.719}{d^3} + \frac{965.247}{d^3}$$

$$\sigma_1 = \frac{1302.966}{d^3}$$

**Ecuación 2. 52: Esfuerzo principal  $\sigma_3$** 

$$\sigma_3 = \frac{675.438}{2d^3} - \sqrt{\left(\frac{675.438}{2d^3}\right)^2 + \left(\frac{904.239}{d^3}\right)^2}$$

$$\sigma_3 = \frac{337.719}{d^3} - \frac{965.247}{d^3}$$

$$\sigma_3 = -\frac{627.52}{d^3}$$

Para materiales dúctiles se utiliza la teoría de falla de distorsión, porque la falla se produce cuando el esfuerzo de Von Mises ( $\sigma'$ ) es mayor que el límite de fluencia  $S_y$ , como se muestra en la **Ecuación 2.53**; el acero AISI 304 tiene una resistencia a la fractura ( $\epsilon_f$ ) de 1.67 y cumple con la condición de  $\epsilon_f \geq 0.05$ . (Shigley, 2008)

**Ecuación 2. 53: Esfuerzo de Von Mises**

$$\sigma' = \sqrt{\left(\frac{1302.966}{d^3}\right)^2 - \left[\left(\frac{1302.966}{d^3}\right) * \left(-\frac{627.52}{d^3}\right)\right] + \left(-\frac{627.52}{d^3}\right)^2}$$

$$\sigma' = \frac{1705.615}{d^3}$$

Con este resultado y la **Ecuación 2.54**, se determina el diámetro del eje que tiene que utilizarse.

#### **Ecuación 2. 54: Energía de distorsión**

$$\sigma' = \frac{S_y}{n}$$

Donde:

n: factor de seguridad, 2

Las propiedades mecánicas del acero AISI 304, son las siguientes:

$$S_y = 220 \text{ MPa}$$

$$S_{ut} = 520 \text{ MPa}$$

Con estos valores se reemplaza y se obtiene:

$$\frac{1705.615}{d^3} = \frac{220 * 10^6}{2}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{2 * 1705.615}{220 * 10^6}}$$

$$d = 0.0259\text{m} = 26\text{mm}$$

#### **2.3.7.2. Diseño del eje transmisión sometido a fatiga**

Dentro del diseño del eje se toma en cuenta que los esfuerzos varían, en este caso el eje al estar sometido a una carga de flexión además al tener un movimiento rotatorio por la acción del motor, los esfuerzos fluctúan entre compresión y tensión en cada vuelta que da la cámara de tostado. Por esta razón se tiene que evaluar el eje frente a la falla por fatiga. (Shigley, 2008)

Para el análisis de fatiga se utiliza la **Ecuación 2.55** y **Ecuación 2.56**.

**Ecuación 2. 55: Esfuerzos de tensión**

$$\sigma_{xa} = \frac{32M}{\pi * d^3}$$

$$\sigma_{xm} = 0$$

**Ecuación 2. 56: Esfuerzo Cortante**

$$\tau_{xym} = \frac{16T}{\pi * d^3}$$

$$\tau_{xya} = 0$$

Donde:

$\sigma_{xa}$ : esfuerzo de tensión alternante en x, [Pa]

$\sigma_{xm}$ : esfuerzo de tensión medio en x, [Pa]

$\tau_{xya}$ : esfuerzo cortante alternante en x, [Pa]

$\tau_{xym}$ : esfuerzo cortante medio en x, [Pa]

M: momento flector máximo, 66.311[N \* m]

T: momento torsor máximo, 177.547[N \* m]

Con los valores se reemplaza y se obtiene, el diámetro (d) se considera de valor

38.1 mm:

$$\sigma_{xa} = \frac{32 * 66.311 \text{ N * m}}{\pi * (0.038 \text{ m})^3}$$

$$\sigma_{xa} = 12.297 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xym} = \frac{16 * 177.547 N * m}{\pi * (0.038 m)^3}$$

$$\tau_{xym} = 16.349 MPa$$

El esfuerzo de von Mises equivalente para esfuerzos con componentes alternantes y medios, se determina por la **Ecuación 2.57** y **Ecuación 2.58**.

**Ecuación 2. 57: Esfuerzo de Von Mises equivalente medio**

$$\sigma'_m = \sqrt{3 * (16.349 * 10^6)^2}$$

**Ecuación 2. 58: Esfuerzo de Von Mises equivalente alternante**

$$\sigma'_a = \sigma_{xa} = 12.297 MP$$

Se reemplaza y se obtiene:

$$\sigma'_m = 28.318 MPa$$

$$\sigma'_a = 12.297 MPa$$

Para un diseño sometido a la fatiga, se tiene que tomar en cuenta ciertos aspectos que modifican la resistencia del material, como la manufactura, el entorno, la forma, la velocidad, rozamiento; entre otros. Para determinar el límite de resistencia a la fatiga se utiliza la **Ecuación 2.59**. (Shigley, 2008)

**Ecuación 2. 59: Límite de resistencia a la fatiga**

$$S_e = \frac{K_a K_b K_c K_d K_e S'_e}{K_f}$$

Para determinar el límite de resistencia a la fatiga de la muestra se utiliza la **Ecuación 2.60**. (Shigley, 2008)

**Ecuación 2. 60: Límite de resistencia ala muesca**

$$S'_e = 0.5S_{ut}$$

El valor de la resistencia última se toma de la **Tabla 2.17**:

**Tabla 2. 17: Propiedades mecánicas de eje en AISI 304**

Propiedades Mecánicas			
Resistencia Mecánica (N/mm2)	Punto de Fluencia (N/mm2)	Elongación %Min.	Dureza ROKWELL B
520	220	20	249 - 278

Fuente: (DIPAC, s.f.)

$$S_{ut} = 520 \text{ MPa}$$

Para determinar el Factor de superficie se utiliza la Ecuación 2.61, los parámetros a y b.

**Ecuación 2. 61: Factor de superficie**

$$K_a = aS_{ut}^b$$

$$a = 4.51$$

$$b = -0.265$$

$$K_a = 4.51 * 520^{-0.265}$$

$$K_a = 0.86$$

El factor de tamaño se determina con la **Ecuación 2.62**. (Shigley, 2008)

**Ecuación 2. 62: Factor de superficie d<51mm**

$$K_b = 1.24d^{-0.107}$$

Donde:

$d$ : diámetro del eje, 38.1 [mm]

Se reemplaza y se obtiene:

$$K_b = 1.24(38.1)^{-0.107}$$

$$K_b = 0.84$$

El factor de confiabilidad se obtiene con la **Tabla 2.18**, para una confiabilidad de 99%.

**Tabla 2. 18: Factores de confiabilidad eje**

Confiabilidad, %	Variación de transformación $z_o$	Factor de confiabilidad $k_o$
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

Fuente: (Shigley, 2008)

$$K_c = 0.814$$

Para el factor de temperatura se determina con el uso de la **Tabla 2.19**, para una temperatura de 350 °C.

**Tabla 2. 19: Parámetro para factor de temperatura eje**

Temperatura, °C	$S_T/S_{RT}$	Temperatura, °F	$S_T/S_{RT}$
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1 000	0.698
550	0.672	1 100	0.567
600	0.549		

Fuente: (Shigley, 2008)

$$K_d = 0.943$$

El factor de concentración de esfuerzo a la fatiga se determina con la **Ecuación**

### 2.63

#### Ecuación 2. 63: Factor de concentración de esfuerzos

$$K_e = 1 + q(K_t - 1)$$

Donde:

q: Sensibilidad a la muesca, 1

$K_t$ : factor de concentración de esfuerzo, 1.2

Con lo que se tiene:

$$K_e = 1 + 1(1.2 - 1)$$

$$K_e = 1.2$$

Para el factor de efectos varios se asume un valor de 1. (Shigley, 2008)

$$K_f = 1$$

Con todos los factores determinados, se reemplaza en la Ecuación 2.59 y se obtiene valor del límite de resistencia a la fatiga.

$$S_e = \frac{0.86 * 0.84 * 0.814 * 0.943 * 1 * 260}{1.2} \text{ MPa}$$

$$S_e = 120.145 \text{ MPa}$$

Para que el diseño por fatiga sea eficaz se tiene que comprobar que esfuerzo normal alternante ( $\sigma_a$ ) sea menor que el límite de resistencia a la fatiga ( $S_e$ ).

$$\sigma_a < S_e$$

$$12.297 \text{ MPa} < 120.145 \text{ MPa}$$

Para determinar el factor de seguridad de fatiga ( $n_f$ ), se utiliza el criterio de falla de Goodman, que se expresa en la **Ecuación 2.64**. (Shigley, 2008).

**Ecuación 2. 64: Factor de seguridad de fatiga de Goodman**

$$n_f = \frac{1}{\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}}}$$

Se reemplaza y se obtiene:

$$n_f = \frac{1}{\frac{12.297}{120.145} + \frac{16.349}{520}}$$

$$n_f = 7.46$$

Al comprobar que el factor de seguridad estático ( $n$ ) es de 7 y el factor de seguridad de fatiga ( $n_f$ ) es de 7, esto es aceptable para el diseño del eje; se selecciona un eje de acero inoxidable AISI 304, con un diámetro estándar de 38.1mm (1 $\frac{1}{2}$  in), y además se toma en cuenta la disponibilidad en el mercado local.

### 2.3.8. SELECCIÓN DE RODAMIENTOS

Los rodamientos son elementos que facilitan la ubicación e instalación de sistemas de transmisión, además permiten unir estos sistemas con la estructura de la máquina, también están diseñados para soportar cargas radiales, axiales puras o combinadas.

Para seleccionar el rodamiento se analiza el método de carga estática, que permite dimensionar los rodamientos. Al estar sometido a bajas revoluciones se tiene que determinar la capacidad de carga estática  $C_o$ .

Los rodamientos pueden soportar cargas con componentes radiales y axiales, por lo que se tiene que determinar una carga estática equivalente, y con la **Ecuación 2.65**, se puede calcular esta carga. (FAG, 2000)

**Ecuación 2. 65: Carga estática equivalente**

$$P_o = 0.6F_r + 0.5F_a \text{ para } \frac{F_a}{F_r} \leq 0.8$$

$$P_o = F_r \text{ para } \frac{F_a}{F_r} > 0.8$$

Donde:

$P_o$ : carga estática equivalente, [N]

$F_r$ : carga radial, 2330.013[N]

$F_a$ : carga axial, [N]

El eje de transmisión está sometido a una carga radial que esta generada por la banda-polea que trasmite el movimiento desde el sistema motriz, y la carga axial es nula. Entonces la carga estática equivalente es igual a la carga axial.

$$P_o = F_B = 2330.013 \text{ N}$$

El cálculo de la capacidad de carga estática  $C_o$ , se la realiza por medio de la **Ecuación 2.66**.

**Ecuación 2. 66: Capacidad de carga estática**

$$C_o = f_s * P_o$$

Donde:

$C_o$ : capacidad de carga estatica, [N]

$f_s$ : factor de seguridad estatico, [N]

El factor de seguridad estático se elige dependiendo a las condiciones de funcionamiento del rodamiento, con la **Tabla 2.20** se selecciona el factor de seguridad.

**Tabla 2. 20: Factor de seguridad estática  $f_s$**

CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO	VALOR MÍNIMO DE $f_s$
Apliaciones con bajo nivel de ruido	2.0
Rodamiento sujetos a vibraciones y cargas de impacto	1.5
Condiciones de funcionamiento normales	1.0

Fuente: (SKF, s.f.)

Se elige un factor de seguridad estático de 1.5 con lo cual se asegura el valor mínimo de la tabla.

Con los valores se calcula la capacidad de carga estática que permite seleccionar el rodamiento necesario.

$$C_o = 1.5 * 2330.013 \text{ N}$$

$$C_o = 3495.0195$$

El resultado permite seleccionar los rodamientos para los apoyos A y C de la cámara de tostado, en este caso se selecciona rodamientos UC 208-24, que tienen las características que se muestran en la **Tabla 2.21**, en el ANEXO VIII se adjunta el catálogo de selección de rodamientos.

**Tabla 2. 21: Datos técnicos rodamiento UC208-24**

PARÁMETROS	VALOR
REFERENCIA	UC208-24
MATERIAL	Acero inoxidable
CAPACIDAD DE CARGA ESTÁTICA Co	18100N
LÍMITE DE VELOCIDAD	4300 RPM

Fuente: (CMB, s.f.)

Para el montaje en la estructura se elige una unidad de rodamiento de piso (SS-UC 208-24) y una de pared (SS-UC 208-24.), las características técnicas de estos elementos se muestran en el **ANEXO IX**.

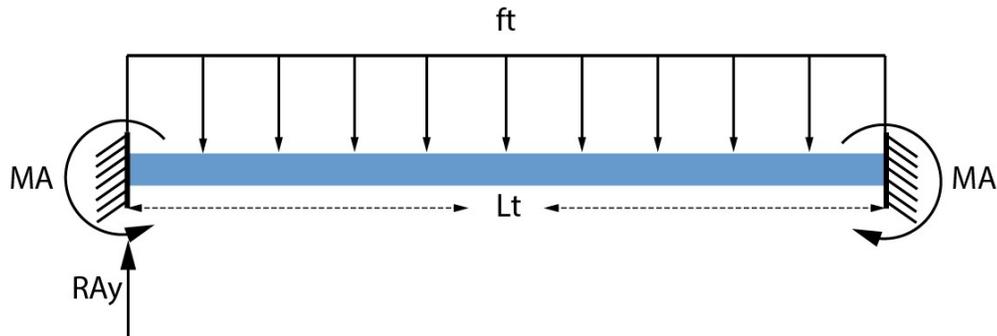
## 2.4. CÁLCULO DEL BASTIDOR

El bastidor es uno de los elementos más críticos que posee la máquina tostadora de café de quinua, porque sobre esta estructura se montan los distintos componentes que conforman dicha máquina, entre ellos está la cámara de tostado, cámara de calentamiento y el sistema motriz; por este motivo el cálculo debe ser minucioso para evitar así posibles deformaciones. En donde la mayor carga distribuida se encuentra en la base del bastidor, por este motivo el primer análisis se lo realizara en el travesaño del bastidor y consecutivamente en la columna del mismo.

### 2.4.1. CÁLCULO DEL TRAVESAÑO DEL BASTIDOR

El travesaño es considerado como una viga doblemente empotrada, la cual soporta una carga uniformemente distribuida; donde la longitud de la viga es de 0.50cm y el peso de las partes constitutivas de la máquina tostadora es de 80 kg. Para facilitar el análisis de los esfuerzos, se realiza el cuerpo libre correspondiente al bastidor,

como se puede observar en la **Figura 2.24**, logrando así diseñar correctamente el bastidor



**Figura2. 24: Diagrama de cuerpo libre de la viga del bastidor**

La **Ecuación 2.67**, permite determinar la carga que soporta cada uno de los travesaños, el bastidor al estar conformado por tres travesaños, el peso debe repartirse uniformemente entre ellos.

#### **Ecuación 2. 67: Carga aplicada en un travesaño**

$$FT = \frac{p}{N_t}$$

Donde:

$FT$ : carga aplicada en un travesaño, [N]

$p$ : peso de las partes constitutivas de la máquina tostadora, 80[Kg]

$N_t$ : número de travesaños

$$FT = \frac{80 \text{ Kgf}}{3}$$

$$FT = 26.667 \text{ Kgf} = 261.504 \text{ N}$$

A través de la **Ecuación 2.68**, se puede determinar la carga distribuida en un travesaño.

**Ecuación 2. 68: Carga distribuida en un travesaño**

$$ft = \frac{FT}{l_t}$$

Donde:

ft: carga distribuida en un travesaño, [N/m]

$l_t$ : Longitud del travesaño, 0.50[m]

$$ft = \frac{261.504 \text{ N}}{0.50 \text{ m}}$$

$$ft = 523.008 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

La viga del travesaño al estar empotrada en sus dos extremos, se obtiene las siguientes reacciones:

$$R_A = R_B = \frac{ft * l_t}{2}$$

$$R_A = 130.752 \text{ N}$$

$$R_B = 130.752 \text{ N}$$

Una vez determinados las reacciones, se procede a encontrar la fuerza cortante del bastidor que se muestra en la **Figura 2.25**:

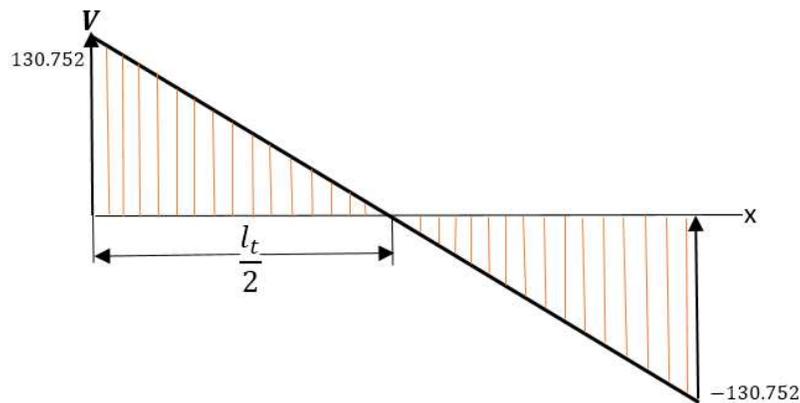
$$V = ft\left(\frac{l_t}{2} - x\right)$$

$$0 \leq x \leq 0.50$$

$$V_0 = 130.752 \text{ N}$$

$$V_{0.25} = 0 \text{ N}$$

$$V_{0.50} = -130.752 \text{ N}$$



**Figura2. 25: Diagrama de fuerza cortante del bastidor**

Al ser la viga simétrica los momentos aplicados en ambos extremos son iguales:

$$M_A = M_B = -\frac{ft * l_t^2}{2}$$

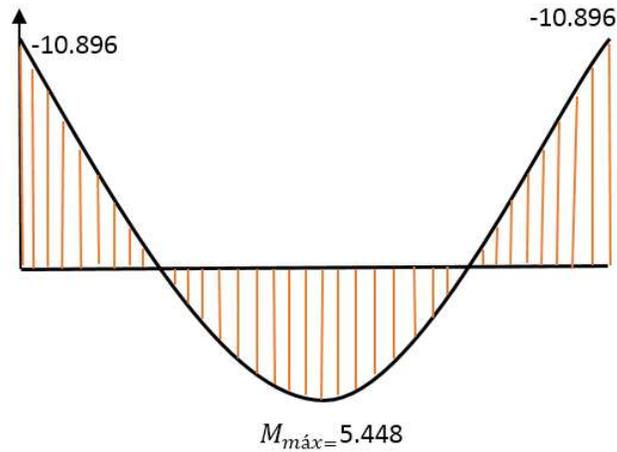
$$0 \leq x \leq 0.50$$

$$M_0 = -10.896 \text{ Nm}$$

$$M_{0.25} = 5.448 \text{ Nm}$$

$$M_{0.5} = -10.896 \text{ Nm}$$

El momento flector a lo largo de la viga que se muestra en la **Figura 2.26**.



**Figura 2. 26: Diagrama de momento flector del bastidor**

Para seleccionar el miembro estructural, es necesario determinar tanto el coeficiente de seguridad, como el límite de fluencia de dicho tubo, mediante la **Tabla 2.22** y **Tabla 2.23** respectivamente.

**Tabla 2. 22: Coeficiente de seguridad**

CLASE DE CARGA	ACERO MATERIAL DÚCTIL		HIERRO FUNDIDO, METALES	MADERA DE CONSTRUCCIÓN
	Basado en la resistencia máxima	Basado en la resistencia de fluencia	Basado en la resistencia máxima	
Carga permanente	3-4	1,5-2	5-6	7
Repetida, una dirección, gradual (choque suave)	6	3	7-8	10
Repetida, invertida, gradual (choque suave)	8	4	10-12	15
Choque	10-15	5-7	15-20	20

Fuente: (Faires,2001)

**Tabla 2. 23: Propiedades mecánicas de los miembros estructurales (ASTM A500/A500M grados A y B)**

SECCIÓN	GRADO	LÍMITE DE FLUENCIA(MPa)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN(Mpa)
REDONDO	A	230	310
CUADRADO	A	270	310
RECTANGULAR	B	315	400

Fuente: (Dipac, s.f.)

A través de la **Ecuación 2.69**, se determinan los esfuerzos de diseño, para el criterio de esfuerzo de fluencia. (Faires,2001)

**Ecuación 2. 69: Esfuerzo de diseño**

$$\sigma_d = \frac{S_y}{N}$$

Donde:

$S_y$ : límite de fluencia del tubo estructural cuadrado ASTM A500,270[MPa]

$N$ : coeficiente de seguridad, 2

$$\sigma_d = \frac{270 \text{ MPa}}{2}$$

$$\sigma_d = 135 \text{ MPa}$$

Para determinar el tubo estructural, se emplea el módulo de sección, a través de la **Ecuación 2.70**.

**Ecuación 2. 70: Módulo de sección**

$$S_{xx} \geq \frac{M_{máx}}{\sigma_d}$$

Donde:

$S_{xx}$ : módulo de sección del tubo estructural cuadrado, [ $m^3$ ]

$\sigma_d$ : esfuerzo de diseño, [MPa]

$M_{m\acute{a}x}$ : momento máximo de flección, [Nm]

$$S_{xx} \geq \frac{5.448 \text{ Nm}}{135 * 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}$$

$$S_{xx} \geq 4.035 * 10^{-8} m^3$$

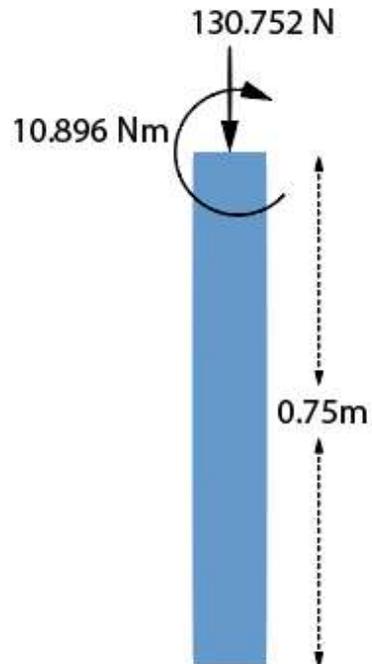
$$S_{xx} \geq 0.040 cm^3$$

El tubo estructural tiene que poseer un módulo de sección mayor a  $0.040 \text{ cm}^3$ , por tal motivo se elige un tubo estructural cuadrado de 40mm con un espesor de 2mm de acero ASTM A-500, en el **ANEXO X** se adjunta el catálogo para tubos estructurales cuadrados.

#### 2.4.2. ANÁLISIS DE PANDEO DE LA COLUMNA DEL BASTIDOR

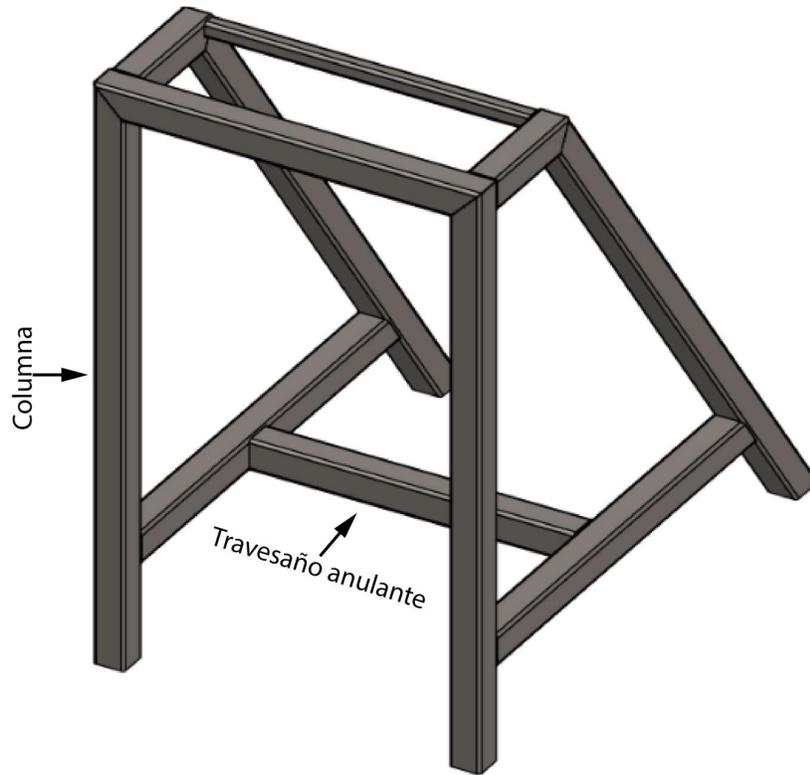
Sobre la columna del bastidor actúa una fuerza y un momento producidos por las reacciones generadas en el travesaño antes analizado, como se observa en la

**Figura 2.27**



**Figura2. 27: Fuerzas que actúan en la columna**

Para anular el momento que actúa en la columna, se añade un travesaño en la parte inferior de la estructura del bastidor, como se observa en la **Figura 2.28**. De esta manera sobre la columna actúa únicamente la fuerza de  $130.752\text{ N}$ .



**Figura2. 28: Ubicación del travesaño en el bastidor**

Para determinar la estabilidad de la columna es necesario calcular la relación de esbeltez real con la **Ecuación 2.71**. (Mott, 2006)

**Ecuación 2. 71: Relación de esbeltez real**

$$r_e = \frac{K * L_c}{r}$$

Donde:

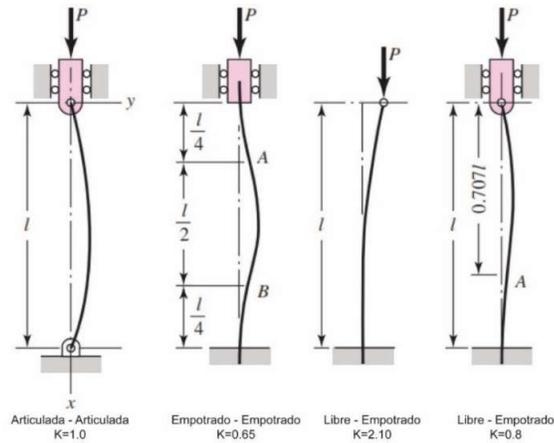
$r_e$ : relación de esbeltez real

K: constante del extremo

$L_c$ : longitud de la columna, 0.75 [m]

r: radio de giro, 0.0154[m]

La constante de extremo se determina de acuerdo a la disposición de la columna, en este caso es una columna empotrada en un lado y libre en el otro, en la **Figura 2.29** se muestra los valores de K para las diferentes disposiciones.



**Figura2. 29: Valor de la constante de extremo**

Fuente: (Shigley, 2008)

Una vez determinado el valor de K se procede a reemplazar y obtener el resultado de la relación de esbeltez ( $r_e$ ).

$$r_e = \frac{2.1 * 0.75 \text{ m}}{0.0154 \text{ m}}$$

$$r_e = 102.272$$

Una vez calculado la relación de esbeltez se tiene que obtener el valor de la constante de columna, el cual relaciona las propiedades del material y permite comparara con la relación de esbeltez real y determinar si la columna es larga o corta. Para obtener este valor se utiliza la **Ecuación 2.72**

**Ecuación 2. 72: Constante de columna**

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{S_y}}$$

Donde:

$C_c$ : constante de columna

E: módulo de elasticidad del acero ASTM A500, 200000[MPa]

$S_y$ : resistencia a la fluencia del acero ASTM A500, 270[MPa]

Se reemplaza y se obtiene:

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2(200000 * 10^6)}{270 * 10^6}}$$

$$C_c = 122$$

Al comparar los valores se determina que la relación de esbeltez real es menor a la constante de columna, lo que significa que la columna es corta y se tiene que emplear el criterio de J. B. Johnson para calcular la carga crítica que es la fuerza requerida para que ocurra el pandeo de la columna, que se representa en la **Ecuación 2.73**.

**Ecuación 2. 73: Carga Crítica de la columna**

$$P_{cr} = A * S_y \left[ 1 - \frac{S_y \left( \frac{KL_c}{r} \right)^2}{4\pi^2 E} \right]$$

Donde:

$P_{cr}$  : carga Crítica de la columna, [N]

E: módulo de elasticidad del acero ASTM A500, 200000[MPa]

$S_y$ : resistencia a la fluencia del acero ASTM A500, 270 [MPa]

K: constante del extremo, 2.1

$L_c$ : longitud de la columna, 0.75 [m]

r: radio de giro, 0.0154 [m]

A: área de la sección transversal de la columna,  $2.94 * 10^{-4}$  [m<sup>2</sup>]

Con todos los valores calculados se reemplaza y se determina el valor de la carga crítica ( $P_{cr}$ ).

$$P_{cr} = (2.94 * 10^{-4}) * (270 * 10^6) \left[ 1 - \frac{(270 * 10^6) * \left( \frac{2.1 * 0.75}{0.0154} \right)^2}{4\pi^2 * 200 * 10^9} \right]$$

$$P_{cr} = 50987.423 \text{ N}$$

La estabilidad de la columna está dada por el factor de seguridad que se determina para la columna, para esto se emplea la **Ecuación 2.74**.

#### **Ecuación 2. 74: Factor de seguridad de la columna**

$$s_n = \frac{P_{cr}}{P_r}$$

Donde:

$s_n$ : factor de seguridad de la columna

$P_{cr}$ : carga crítica, 50987.423 [N]

$P_r$ : carga real, 130.752 [N]

$$s_n = \frac{50987.423 \text{ N}}{130.752 \text{ N}}$$

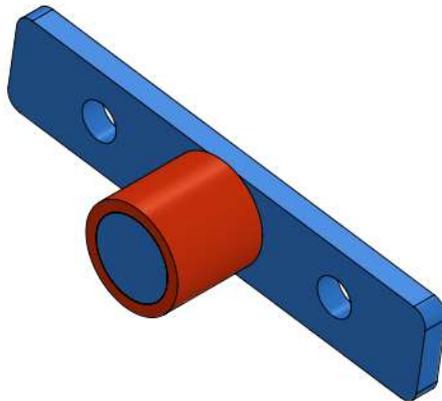
$$s_n = 388$$

Con este valor se determina que la columna es estable para la carga que se le aplica y la sección seleccionada de acero ASTM A500 cuadrada de 40mmx2mm.

## 2.5. CÁLCULO DEL PASADOR PARA SISTEMA DE EXTRACCIÓN

El conjunto pasador bocín permite que la estructura de la máquina tostadora, pueda volcarse de manera que permite extraer el producto y se aprovecha el movimiento rotatorio del motor para remover todo el producto que se encuentra en el interior de la cámara de tostado.

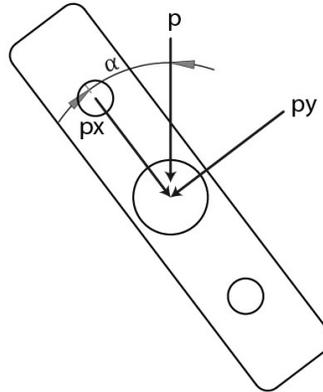
El pasador está unido a la estructura de la máquina, mientras que el bocín está anclado al bastidor, con lo que se consigue el movimiento de inclinación de máquina, en la **Figura 2.30** se muestra el conjunto pasador bocín.



**Figura2. 30: Pasador bocín**

Para determinar el diámetro necesario del bocín, es necesario comprender las fuerzas que están actuando sobre este elemento, en este caso el peso de la cámara de tostado y todos sus elementos. Como el peso siempre se dirige al centro de la

tierra, es necesario descomponer la fuerza en sus componentes 'x' y 'y' como se ilustra en la **Figura 2.31**.



**Figura2. 31: Componentes del peso en el pasador**

Para encontrar estas componentes se utiliza la **Ecuación 2.75** y **Ecuación 2.76**.

**Ecuación 2. 75: Componente en 'y' del peso**

$$p_y = \frac{p}{2} * \sin(\alpha)$$

**Ecuación 2. 76: Componente en 'x' del peso**

$$p_x = \frac{p}{2} * \cos(\alpha)$$

Donde:

$p_{x,y}$ : componentes de la fuerza, [N]

$p$ : peso total de los elementos, 784.8[N]

$\alpha$ : ángulo de inclinación, 37°

Se reemplaza y se obtiene:

$$p_y = \frac{784.8 \text{ N}}{2} * \sin(37^\circ)$$

$$p_y = 236.152 \text{ N}$$

$$p_x = \frac{784.8 \text{ N}}{2} * \cos(37^\circ)$$

$$p_x = 313.384 \text{ N}$$

El pasador soporta la fuerza en 'x' debido a que la componente en 'y' esta soportada por el bastidor de la máquina, porque esta se asienta sobre la estructura del bastidor, y esta fuerza provoca flexión en el pasador. Para determinar el esfuerzo producido por la fuerza se emplea la **Ecuación 2.77**.

#### **Ecuación 2. 77: Esfuerzo de tensión por flexión**

$$\sigma_x = \frac{32 * M}{\pi * d^3}$$

Donde:

$\sigma_x$ : esfuerzo de tensión por flexión, [Pa]

$M$ : momento flector, [Pa]

$d$ : diámetro del pasador, [m]

El momento flector ( $M$ ) se determina con la *Ecuación 2.78*. (Shigley, 2008)

#### **Ecuación 2. 78: Momento flector**

$$M = F * l$$

Donde:

$M$ : momento flector, [Nm]

$F$ : fuerza de flexión, 313.384 [N]

$l$ : longitud del pasador, 0.03 [m]

Se reemplaza y se calcula:

$$M = 313.384 \text{ N} * 0.03\text{m}$$

$$M = 9.401\text{Nm}$$

Para determinar el esfuerzo se reemplaza el momento en la Ecuación 2.77.

$$\sigma_x = \frac{32 * 9.401\text{Nm}}{\pi * d^3}$$

$$\sigma_x = \frac{95.757\text{N}}{d^3}$$

El diámetro se calcula con la **Ecuación 2.79**, que compara el esfuerzo permisible del material utilizado para el pasador (acero AISI 1018), con el esfuerzo producido por la fuerza.

#### Ecuación 2. 79: Esfuerzo permisible

$$\sigma_x = \frac{S_y}{n}$$

Donde:

$S_y$ : resistencia a la fluencia del acero AISI 1018, 220[MPa]

$n$ : factor de seguridad, 2

$$\frac{95.757\text{N}}{d^3} = \frac{220 * 10^6}{2}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{2 * 95.757\text{Nm}}{220 * 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}}$$

$$d = 0.0096\text{m} \cong 10\text{mm}$$

Se elige un pasador con un diámetro estándar de 12.7mm (1/2 in) de acero AISI 1018, se adjuntan las características en el ANEXO XI.

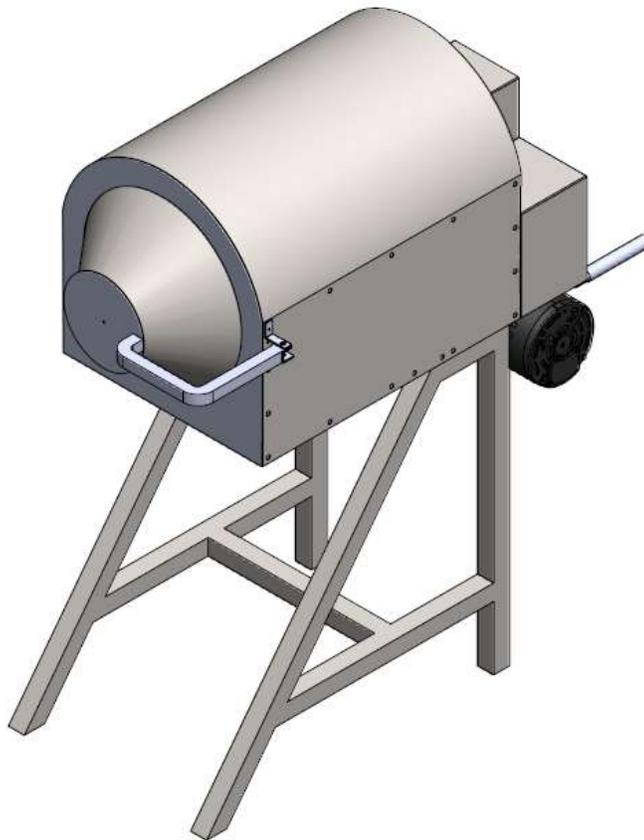


## CAPITULO III

### CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA

#### 3.1. INTRODUCCIÓN

Una vez seleccionada la alternativa de máquina tostadora para café de quinua y determinado los cálculos respectivos, se obtiene un modelo 3D por medio del software Solidworks que se muestra en la **Figura 3.1**. Este modelo permite obtener los planos de la máquina que se adjuntan en el **ANEXO II** y también sirve para visualizar el funcionamiento de los diferentes mecanismos utilizados y su montaje.



**Figura 3. 1: Simulación de la máquina tostadora de café de quinua**

Para la construcción de la máquina tostadora de café de quinua se debe realizar una serie de operación ordenada tanto en la construcción, montaje y ensamblaje, con el empleo de diversos equipos y herramientas, para cada uno de los procesos.

El proceso de construcción empieza con la fabricación de la cámara de tostado, seguido de la cámara de calentamiento, la construcción del bastidor y por último la instalación del sistema motriz, como se muestra en la **Figura 3.2**.



**Figura 3. 2: Proceso de Construcción**

Para simplificar los procesos de construcción tanto de la cámara de tostado, cámara de calentamiento, bastidor y soporte del sistema motriz, se les designa un código a cada una de las operaciones llevadas a cabo en el taller, como se puede observar en la **Tabla 3.1**.

**Tabla 3. 1: Designación de códigos de operaciones**

CÓDIGO	OPERACIÓN
A1	Corte del material
A2	Plantilla
A3	Esmerilado
A4	Barolado
A5	Doblado
A6	Taladrado
A7	Torneado
A8	Prensado
A9	Soldado

Una vez codificadas las diferentes operaciones se procede a realizar el diagrama de flujo el cual va a permitir comprender con mayor claridad el proceso de construcción; en la **Tabla 3.2** se puede observar los símbolos empleados para la elaboración de este flujograma, así como la interpretación de cada uno de estos.

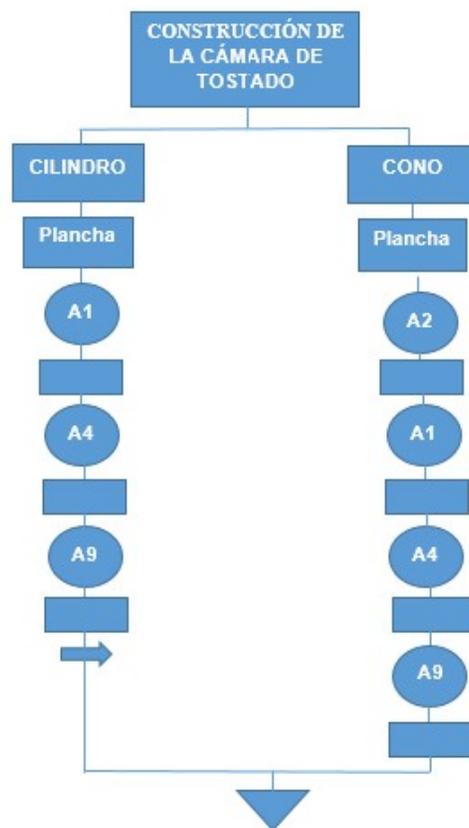
**Tabla 3. 2: Simbología empleada.**

SÍMBOLO	INTERPRETACIÓN
	Operación
	Inspección
	Transporte
	Fin del proceso

### 3.2. CONSTRUCCIÓN DE LA CÁMARA DE TOSTADO

La construcción del cilindro rotatorio es la parte más importante de la máquina, porque este contiene el café de quinua que se va a tostar, para ejecutar con esta construcción se desarrolla una serie de actividades como se muestra en la **Figura 3.3.**

### 3.3.



**Figura 3. 3: Diagrama de las etapas de construcción de la cámara de tostado**

Según las normas (INEN, 2009), el material que se encuentra en contacto con el alimento debe ser de superficie lisa y sin grietas con el objetivo de evitar alojamiento de bacterias, libre de sustancias tóxicas, además no debe aportar sabores ni olores; por este motivo el material de la cámara de tostado es de acero inoxidable AISI 304 de 1.5 mm de espesor.

Para garantizar un producto higiénico, el recipiente es soldado con suelda TIG por ser una soldadura que no produce escoria y es de gran calidad; el electrodo seleccionado en la norma AWS es TIG 308L, porque este electrodo es compatible con el material base, debido a su composición nominal 18% Cr y 9% y sus características se adjunta en el **ANEXO XII** así se asegura la resistencia a la corrosión y se obtiene un producto inocuo, en la **Figura 3.4** se muestra la construcción.

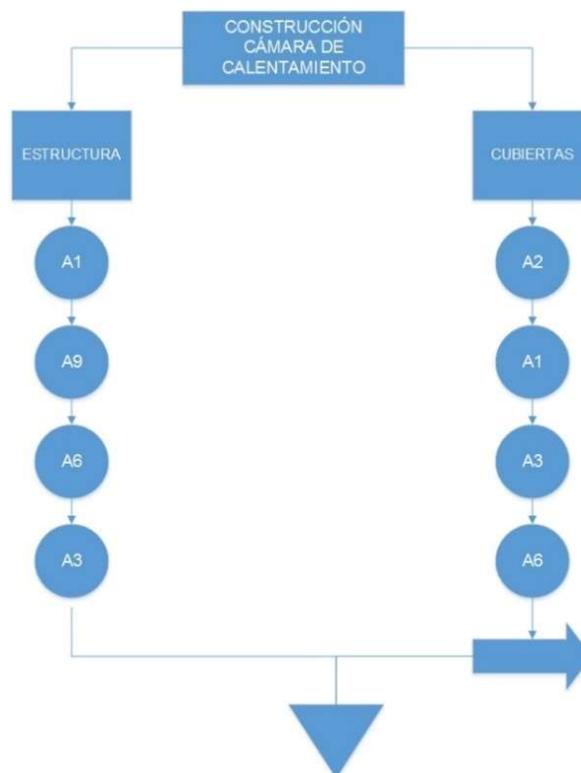
	
Corte de la plancha de acero inoxidable	Conformación de la cámara de tostado
	
Corte del eje de transmisión	Soldadura del eje de transmisión
	
Instalación de la cámara de tostado	Verificación de las medidas establecidas

**Figura 3. 4: Construcción de la cámara de tostado**

### 3.3. CONSTRUCCIÓN DE LA CÁMARA DE CALENTAMIENTO

La cámara de calentamiento cumple con la función de generar y mantener el calor dentro de la misma de manera uniforme para poder transferir este calor a la cámara de tostado, de esta manera se asegura la uniformidad en el proceso de tueste. Además, dentro de esta cámara se ubica los elementos de calentamiento con lo que cumple también la función de soporte para las resistencias eléctricas.

La ejecución de la construcción de la cámara de calentamiento está dividida en una serie de actividades que se ejecutan de manera progresiva y cuidadosa, así se logra obtener buenos resultados tanto estructurales como estéticos, la **Figura 3.5** muestra el flujograma de actividades.



**Figura 3. 5: Diagrama de construcción de la cámara de calentamiento**

Este diagrama ayuda a que la construcción de la máquina sea más precisa y se cumpla con las dimensiones establecidas en los cálculos, en la **Figura 3.6** se observa los pasos de fabricación comprendidos en tres etapas: a) construcción de la estructura, b) construcción de la cubierta y c) construcción de la tapa frontal de la cámara de calentamiento.



a)



b)

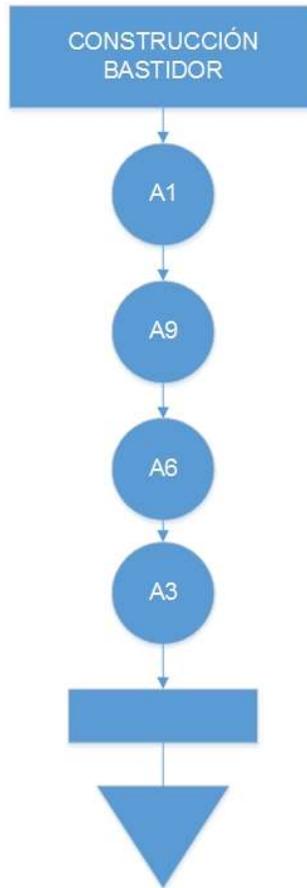


c)

**Figura 3. 6: Construcción de la cámara de calentamiento**

### 3.4. CONSTRUCCIÓN DEL BASTIDOR

La construcción del bastidor desempeña un papel muy importante porque es la estructura que da soporte a las cámaras de calentamiento, tostado y al sistema de transmisión, para su fabricación se debe seguir diversas actividades como se muestra en la **Figura 3.7**.



**Figura 3. 7: Diagrama de las etapas de construcción del bastidor**

El bastidor está formado de tubo estructural cuadrado de 40mm y de 1.2mm de espesor con calidad ASTM A-500, en la **Figura 3.8** se muestra la estructura del bastidor. Para permitir la descarga del café de quinua la cámara de calentamiento actúa como un sistema volcable, es por esto que la parte frontal del bastidor tiene dos miembros con una inclinación de 50°.



**Figura 3. 8: Construcción del bastidor**

Para facilitar el movimiento de extracción, el bastidor cuenta con un mecanismo de pasador-bocín, como se muestra en la **Figura 3.9**.



**Figura 3. 9: Mecanismo pasador-bocín**

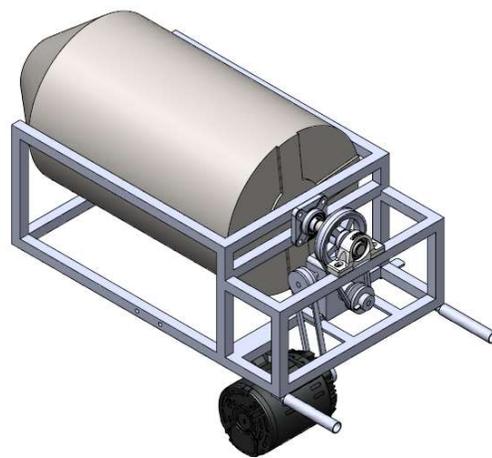
Para la sujeción del bastidor se utiliza suelda eléctrica, con electrodo 6011, como se muestra en la **Figura 3.10**; este tipo de soldadura es la más utilizada para soldar tubos estructurales porque permite soldar con mayor facilidad, presenta una buena apariencia de acabado y tiene una gran velocidad de soldado.



**Figura 3.10: Soldadura del bastidor**

### **3.5. INSTALACIÓN DEL SISTEMA MOTRIZ**

Para que la máquina tenga movimiento, se instala un motor de  $\frac{1}{4}$  HP y con el objeto de transmitir esta potencia hacia la cámara de tostado se dispone de un sistema transmisión de movimiento conformado por poleas, bandas y un reductor de velocidad y para el soporte del eje se utiliza dos unidades de rodamiento un de piso y otro con de brida, en la **Figura 3.11** se muestra el mecanismo motriz de la máquina.



**Figura 3. 11: Sistema motriz**

Una vez terminado el ciclo de tueste la cámara de calentamiento se inclina a 50°, por este motivo el motor es colocado en la parte posterior de la cámara de calentamiento, lo que permite así la movilidad de la cámara de tostado y la extracción completa del café de quinua, como se muestra en la **Figura 3.12**.



**Figura 3. 12: Sistema de extracción**

Según el Ministerio de Relaciones Laborales (DSST-NT-26), el sistema de transmisión tiene que poseer un guarda de protección, la cual impide el contacto del trabajador con el sistema de transmisión durante la operación de trabajo, evitando así accidentes laborales. La **Figura 3.13** muestra el montaje de la guarda de protección de poleas la cual está colocada firmemente, segura y no obstaculiza las demás partes de la máquina tostadora.



**Figura 3. 13:Montaje de la guarda de protección de poleas**

### 3.6. COSTOS

A través de los costos se puede determinar la cantidad de recursos económicos empleados para la fabricación de la máquina tostadora de café de quinua, y permite determinar la factibilidad de la realización de dicha máquina; para determinar el precio total se incluyen tanto los costos directos, como los costos indirectos. En la **Tabla 3.3**, se muestra el listado de materiales y sus costos.

Tabla 3. 3: Costo de materiales utilizados

CONCEPTO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Plancha de acero inoxidable AISI 304 de un 1,5 mm espesor	2	114,04	228,08
Plancha de acero inoxidable AISI 430 de 1,5mm	1	200,00	200,00
Eje de transmisión de acero inoxidable AISI 304 de 1in	1	22,45	22,45
Platina 2x1/4	1	18,82	18,82
Tubo estructural cuadrado de 25mm X2mm ASTM A500	2	9,11	18,22
Tubo estructural cuadrado de 40mm X2mm ASTM A500	1	15,00	15,00
Rodamiento con brida inoxidable/termoplástica pared	1	49,00	49,00
Rodamiento con cuerpo inoxidable/termoplástica piso	1	38,00	38,00
Grasa de gado alimenticio de 1lb	1	10,00	10,00
Banda en V, A24	1	4,00	4,00
Banda en V, A27	1	5,50	5,50
Polea de aluminio de 2 in	2	3,00	6,00
Polea de aluminio de 3 in	1	5,00	5,00
Polea de aluminio de 6 in	1	10,00	10,00
Pernos de acero inoxidable 5/16	16	0,35	5,60
Pernos de acero inoxidable 1/4	40	0,12	4,80
Tuerca de acero rosca gruesa inoxidable 5/16	16	0,12	1,92
Rodela de presión inoxidable 8M	14	0,05	0,70
Rodela de presión inoxidable 5/16	16	0,05	0,80
Motor WEG 1/4 HP	1	101,70	101,70
Reductor de velocidad	1	95,00	95,00
Lana de vidrio/ Kaowool hp 1260 92mmX38cmX10mt	1	100,00	100,00
Pintura	1	20,00	20,00
Electrodos	30	1,20	1,44
		<b>TOTAL</b>	<b>960,59</b>

Para poder tener un costo más real de la máquina tostadora se toma en cuenta el costo de fabricación que está conformado por los diversos servicios de uso de maquinarias y herramientas para la construcción de las piezas y su montaje. En la **Tabla 3.4** se muestra el precio de cada servicio.

**Tabla 3. 4: Costo de fabricación**

COSTOS DE FABRICACIÓN	COSTO
Servicio de suelda autógena	250,00
Servicio de suelda eléctrica	150,00
Servicio de barolado	60,00
Servicio de oxicorte	150,00
Ensamblaje	200,00
<b>TOTAL</b>	<b>810,00</b>

Con estos valores se obtiene el costo total de la construcción de la máquina tostadora con un valor 1770.59 dólares.

### 3.7. FACTIBILIDAD

Para determinar la factibilidad de la máquina tostadora de café de quinua, se realiza una comparativa entre la forma artesanal y la máquina tostadora, como se observa en la **Tabla 3.5**, a través de máquina tostadora se incrementa tanto la producción como las ganancias; el tiempo para recuperar la inversión es de un mes.

**Tabla 3. 5: Factibilidad del proyecto**

	FORMA ARTESANAL	CON LA MÁQUINA
<b>PRODUCCION SEMANAL</b>	50 fundas	250 fundas
<b>COSTO/UNIDAD</b>	\$ 2,30	\$ 2,30
<b>GASTO</b>	\$ 116,50	\$ 225
<b>GANANCIA</b>	\$ 33,50	\$ 465



## CAPITULO IV

### PRUEBAS DE LA MÁQUINA TOSTADORA

#### 4.1. INTRODUCCIÓN

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. Dentro de las pruebas que se realizan a la máquina esta la velocidad de rotación de la cámara de tostado, la temperatura en la cubierta externa, temperatura en la cámara de calentamiento, calidad de tueste y la efectividad del sistema de extracción.

##### 4.1.1. 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 4.1** se muestra los resultados obtenidos.

**Tabla 4. 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>	75	753
<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.

#### 4.1.2. 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 4.2** se muestra los resultados.

**Tabla 4. 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.

#### 4.1.3. 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 4.3**, se muestra los resultados de esta prueba.

**Tabla 4.3: 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.

#### 4.1.4. 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 4.4** se muestra los resultados.

**Tabla 4. 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.

#### 4.1.5. 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 4.5** se observa lo resultados para esta prueba.

**Tabla 4. 5: Prueba del tiempo de extracción**

<b>Nro PRUEBA</b>	<b>TIEMPO DE EXTRACCIÓN (seg)</b>
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.

#### **4.1.6. MANTENIMIENTO**

La máquina tostadora de café de quinua debe tener un buen mantenimiento mecánico, con el objetivo de garantizar el perfecto funcionamiento de los equipos que la constituyen, así se buscando que estos continúen prestando el servicio para el cual fueron diseñados, lo cual mejora la seguridad industrial, productividad e higiene de la máquina tostadora; a través del mantenimiento oportuno se elimina pausas de producción y se logra reducir costos de producción.

##### **4.1.6.1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

El mantenimiento que se debe realizar a la máquina tostadora de café de quinua es de tipo preventivo, este mantenimiento se realiza con el fin de prevenir posibles fallas, y mantener el nivel de servicio determinado de los equipos; esta actividad se la realiza en tiempos establecidos, eliminando tanto pausas de producción como mala calidad del producto, consiguiendo así disminuir costos directos de energía y prolongando la vida útil de los equipos.

El mantenimiento preventivo abarca tres partes fundamentales: lubricación, electrónica y mecánica, más conocido como mantenimiento LEM (Lubricación, Electricidad, Mecánica). (Cuartas, 2008).

- a) Lubricación: para que los diferentes equipos que conforman la tostadora de café de quinua funcionen correctamente es necesario utilizar lubricantes. Según el reglamento de buenas prácticas de manufactura para alimentos procesados (Decreto Ejecutivo 3253, Registro Oficial 696 de 4 de noviembre del 2002.), se tiene que emplea lubricantes de grado alimenticio para maquinarias enfocadas en la elaboración de alimentos, impidiendo la contaminación de los alimentos y asegurando un buen desempeño de la máquina tostadora de café de quinua.

Para la lubricación de las unidades de rodamiento se utiliza la grasa lubricante de grado alimenticio Clarion Food Machinery Grease, como se muestra en la **Figura 4.1**, esta grasa es la más utilizada para la lubricación de maquinaria alimenticia, por ser resistente al lavado por agua e insoluble al agua, soporta temperaturas altas (275° F, 135°C), además está formada de aceite mineral lo que evita mancha, en el **ANEXO XIII** se adjuntan otras características.



**Figura 4. 1: Grasa lubricante de grado alimenticio**

Las unidades de rodamiento se tienen que lubricar para lograr en perfecto funcionamiento.

- b) Electrónica: Como menciona (Pozo, 2016), se debe aplicar la norma ANSI/IEC 60529, en donde los dispositivos de actuación de mandos, señales y elementos de visualización, deben tener un grado de protección IP54.
- c) Mecánica: a través de este mantenimiento se puede prevenir o corregir desalineamientos, vibraciones y ciertas averías que surgen a lo largo del tiempo, con lo cual se consigue obtener una operación de trabajo completa y permite obtener un producto en perfectas condiciones, es por esto que se debe utilizar equipos y repuestos de buena calidad para poder tener equipos productivos durante mucho tiempo.



## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. 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.

## 5.2. 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.



## 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: Diagnóstico*. 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.
- Falcones, J., Guambo, B. & Orellana, M. (2011). *Producción y comercialización de un producto a base de quinua con sabor a café en la ciudad de Guayaquil* (Tesis inédita de ingeniería). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
- Peralta, E. (2009). *LA QUINUA EN ECUADOR: "Estado de arte"*. Recuperado de <http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/ESTADO%20DEL%20ARTICULO%20DE%20LA%20QUINUA%20EN%20ECUADOR.pdf>

- Jacobsen, S. (2003). The Worldwide Potential for Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). Recuperado de <http://quinua.pe/wp-content/uploads/2013/02/sven-erik.pdf>
- 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 Quinoa en la Sierra Ecuatoriana"*. Recuperado de <http://www.uasb.edu.ec/UserFiles/385/File/Guillermo%20Tapia.pdf>
- Romo, S., Rosero, A., Forero, C., & Ceron, E. (2006). Potencial nutricional de harinas de quinua (*Chenopodium quinoa* w) variedad Piartal en los andes colombianos primera parte. Volumen 4 (1) Recuperado de <http://revistabiotecnologia.unicauca.edu.co/revista/index.php/biotecnologia/article/viewFile/39/27>
- Ayala, G. (s.f.). *Aporte de los cultivos andinos a la nutrición humana*. Recuperado de [http://web.ccjusticiabolivia.org/attachments/article/207/07\\_Aporte\\_cultivos\\_andinos\\_nutric\\_human.pdf](http://web.ccjusticiabolivia.org/attachments/article/207/07_Aporte_cultivos_andinos_nutric_human.pdf)
- Brkic, M., & García, A. (2013). Un cultivo ancestral para apuntalar el futuro. Recuperado de [http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/revista/pdfs/57/57\\_04\\_QU\\_INOA.pdf](http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/revista/pdfs/57/57_04_QU_INOA.pdf)
- Villacres, E., Peralta, E., Egas, L., & Mazon, N. (2011). Potencial agroindustrial de la quinua. Boletín técnico INIAP, (146).

- Aldaz, F. (2011). *Elaboracion de pan a partir de la mezcla de cinco niveles de harina de trigo (*Triticum vulgare*) y harina de papa china (*Colocasia esculenta*) para mejorar su valor nutricional, en la Universidad Estatal de Bolívar* (Tesis inédita de ingeniería). Universidad Estatal de Bolivar, Guaranda, Ecuador.
- Ortega, C. (2006). *Proyecto de factibilidad para la producción y exportación de haba seca al mercado estadounidense 2006-2015* (Tesis inédita de ingeniería). Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, Ecuador.
- Herrera, V. (2011). *Influencia de las harinas de trigo, plátano y haba en la elaboración de galletas integrales* (Tesis inédita de ingeniería). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. (2009). *Codigo de Practica 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)
- Solá, A. (s.f.). *Tostado y molido del café*. Recuperado de <http://www.infocafes.com/descargas/biblioteca/18.pdf>
- Federación Española del Café FEC. (s.f.). *Cata del Café: Tipos de Cata*.  
Recuperado de <http://www.federacioncafe.com/publico/EICafe/CataCafeTostado.asp>
- Tama, A. (s.f.). *Cocina de Inducción versus Cocina a Gas (GLP)*. Recuperado de <http://es.slideshare.net/albertama/cocina-de-induccin-versus-cocina-a-gas-glp>

- STEMM EQUIPOS INDUSTRIALES. (s.f.). *Tabla de densidades*. Recuperado de <http://es.scribd.com/doc/283196479/Tabla-de-Densidades#scribd>
- JN aceros. (2010). *Manual del acero inoxidable*. Recuperado de <http://www.jnaceros.com.pe/blog/manual-acero-inoxidable.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.iptequipos.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>

SKF. (s.f.). *Rolling bearings*. Recuperado de [http://www.skf.com/binary/56-](http://www.skf.com/binary/56-121486/SKF-rolling-bearings-catalogue.pdf)

[121486/SKF-rolling-bearings-catalogue.pdf](http://www.skf.com/binary/56-121486/SKF-rolling-bearings-catalogue.pdf)

Faires, V. (2003). *Diseño de Elementos de Máquinas*. (4ta ed.). Barcelona: MONTANER Y SIMÓN, S.A.

Cuartas, L. (2008). *Mantenimiento*. Recuperado de

[http://www.unalmed.edu.co/tmp/curso\\_concurso/area3/QUE\\_ES\\_EL\\_MANTENIMIENTO\\_MECANICO.pdf](http://www.unalmed.edu.co/tmp/curso_concurso/area3/QUE_ES_EL_MANTENIMIENTO_MECANICO.pdf)

**LINKOGRAFÍA**

<http://www.greenquinoa.com>

<http://www.productosecologicossinintermediarios.es>

<http://www.stemm.com>

<http://www.bonnet.es/clasificacionacerinox.pdf>

<http://www.dipac.ec>

<http://www.irestal.com>

<http://www.acerosotero.cl>

<http://www.weg.net>

<http://www.raisaslp.com.mx>

## **ANEXOS**



# **ANEXO I**

## **MANUAL DE USUARIO Y MANTENIMIENTO**



# Máquina Tostadora de Café de Quinua



*by  
Plp tech*

Manual de usuario y mantenimiento

## AVISO

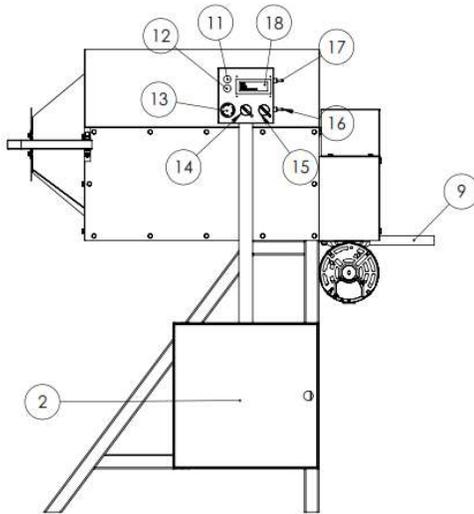
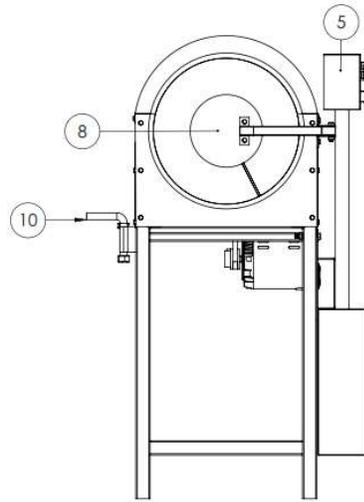
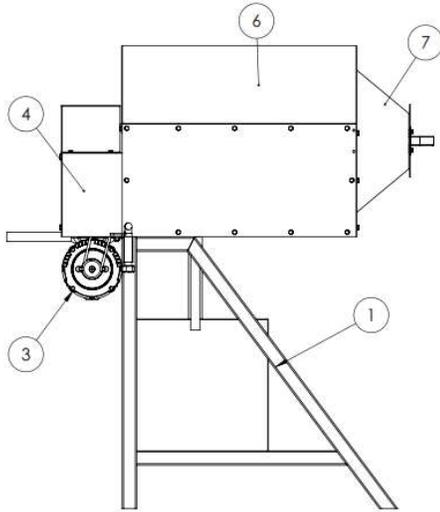
Antes de utilizar la Maquina Tostadora de Café de Quinoa debe leer atentamente este manual, es la guía para conocer el buen manejo de la máquina, además de sus ventajas lo cual permitirá utilizarla con mayor eficiencia y potencialidad.



## ADVERTENCIAS GENERALES

- Asegúrese de la integridad de la máquina.
- Antes de utilizar la maquina debe asegurarse que los datos técnicos correspondan a los de la red eléctrica y las normas.
- La instalación debe ser realizada por personal calificado y preparado, caso contrario se puede causar daños a personas, cosas o animales.
- Esta máquina deberá ser usada únicamente para lo que ha sido fabricada, tome en cuenta la capacidad de la misma y sus datos técnicos.
- Para un buen funcionamiento lea atentamente el apartado de mantenimiento y siga estrictamente las indicaciones.
- Para el uso de esta máquina se debe tomar en cuentas las siguientes normas de seguridad.
  - ✓ No tocar el aparato con las manos o pies mojados o húmedos.
  - ✓ No utilizar sin calzado.
  - ✓ No tirar del cable para desconectar la máquina.
  - ✓ No dejar la maquina expuesta en el exterior.
  - ✓ No debe ser utilizada por niños o personas sin previa capacitación.

## DESCRIPCIÓN



PARTES	
1	BASTIDOR
2	GABINETE ELÉCTRICO
3	SISTEMA MOTRIZ
4	GUARDA DE SEGURIDAD
5	PANEL DE CONTROL
6	CÁMARA DE CALENTAMIENTO
7	CÁMARA DE TOSTADO
8	TAPA FRONTAL SENSOR
9	MANIJAS
10	SEGURO
11	LUZ ROJA
12	LUZ VERDE
13	PARO DE EMERGENCIA
14	SELECTOR DE ENCENDIDO
15	SELECTOR DE MODO
16	ENCENDIDO MANUAL CALENTADOR
17	ENCENDIDO MANUAL MOTOR
18	PANTALLA DE ESTADO

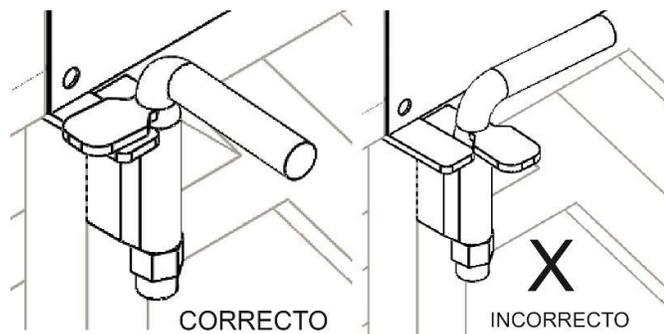
## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

PARÁMETROS	TÍPICO
DIMENSIONES	<i>Alto:</i> 126 cm
	<i>Largo:</i> 111 cm
	<i>Ancho:</i> 78cm
CAPACIDAD	25 lb
POTENCIA	7,2kW
ALIMENTACIÓN	220V
TEMPERATURA DE TRABAJO	180 °C
PESO	90kg

## FUNCIONAMIENTO

Se tiene que seguir los siguientes pasos para que el funcionamiento de la maquina sea adecuado y conforme a la configuración de la misma.

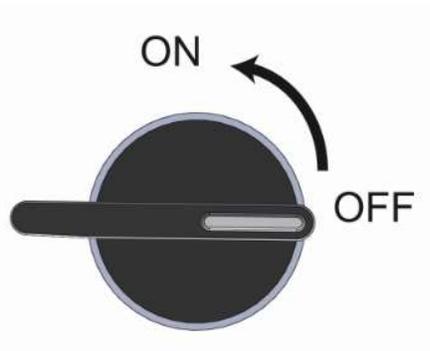
1. Debe ubicar la cámara de calentamiento en posición horizontal, hasta que este apoyada sobre el bastidor.
2. Con el seguro, sujete la máquina para que esta mantenga la posición horizontal, este debe mantener la ubicación que se indica en la figura.



3. Una vez cumplido con los pasos 1 y 2, proceda a abrir la tapa del sensor, y ubique la mezcla para el café.
4. Cierre la tapa del sensor y asegure.
5. Revise que el cable de alimentación este enchufado en el tomacorriente.
6. Asegúrese que los selectores de ENCENDIDO (14) este en OFF y MODO (15) en MANUAL

### ENCENDIDO DE LA MAQUINA

1. Para el encendido de la máquina debe seguir el siguiente procedimiento.
  - ✓ Mueva el SELECTOR DE ENCENDIDO (14) como indica la imagen.



- ✓ Al finalizar esta maniobra se encenderá el indicador LUZ VERDE (12), y en la PANTALLA DE ESTADO (18) se mostrará los siguientes mensajes con una duración de 3 segundos.

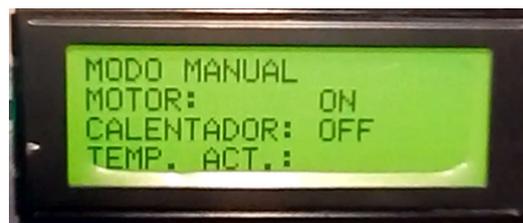


- ✓ Luego se muestra la pantalla de estado de la máquina, esto corresponde al MODO MANUAL.



### **MODO MANUAL**

1. Cuando se haya encendido la máquina, en modo manual se activa.
2. Para activar el AGITADOR mueva el switch de ENCENDIDO MANUAL AGITADOR (16) a la posición ON, y en la PANTALLA DE ESTADO se mostrará el siguiente mensaje.

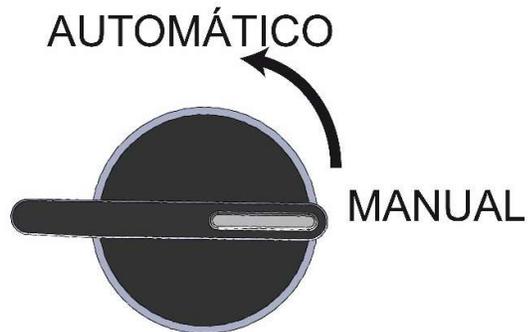


3. Para activar el CALENTADOR mueva el switch de ENCENDIDO MANUAL CALENTADOR (17) a la posición ON, y en la PANTALLA DE ESTADO se mostrará el siguiente mensaje.

## MODO AUTOMÁTICO

2. Una vez encendida la máquina y cuando el operario decida el inicio del proceso de tostado deberá seguir el siguiente procedimiento.

- ✓ Mueva el SELECTOR DE MODO (15) como indica la imagen.



- ✓ Cuando se haya finalizado esta maniobra en la pantalla LCD (15) se deberá mostrar el siguiente mensaje de estado, correspondiente al proceso.

**PRECALENTADO:** Cuando la temperatura es menor a 150°C.

**TOSTADO:** Cuando la temperatura es mayor a 150°C y el

**TIEMPO REST:** es menor a 45 minutos.

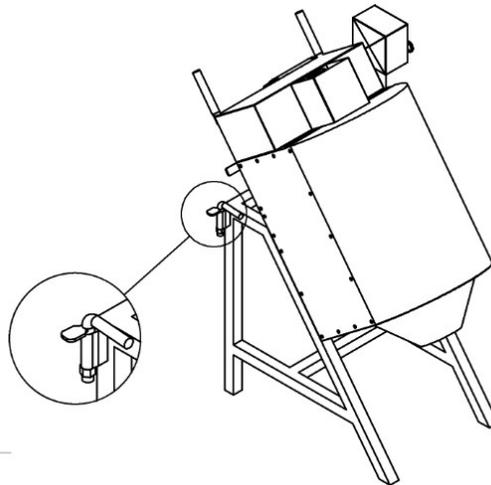
*TIEMPO REST:* muestra un contador en retroceso del tiempo de tostado.

*TEMP. ACT.:* temperatura dentro de la Cámara de Tostado (7).



- ✓ El SISTEMA MOTRIZ (3) se enciende al superar los 50°C de temperatura, con lo cual se evita que el producto se queme y además el motor se accione de manera dependiente a la temperatura y no al tiempo de tueste.
  - ✓ Cuando el tiempo haya transcurrido y tome el valor 00:00, el calentador se apagará, mientras que el motor continuará funcionando hasta que el operario mueva el SELECTOR DE MODO (15) a MANUAL o la temperatura sea menor a 50°C. El proceso de tostado habrá finalizado.
3. Posterior a las acciones anteriores el operario deberá retirar el producto de la máquina.

- ✓ Retire la tapa del sensor.
- ✓ Afloje el seguro del Bastidor
- ✓ Tome la máquina por las MANIJAS (9) y ubíquela en la posición inclinada hasta que tope con las patas del bastidor. Como indica la imagen.



- ✓ Cuando se haya terminado de extraer todo el producto, mueva el SELECTOR DE MODO (15) a la posición de MANUAL, una vez realizada esta acción la máquina habrá terminado su proceso y el motor se pagará automáticamente.

4. Para apagar la máquina tiene que mover el SELECTOR DE ENCENDIDO (14), a la posición OFF.
5. Finalmente ubique la máquina en la posición inicial (Pasos del 1 al 5).

## BOTÓN DE EMERGENCIA

Como seguridad cuando la máquina no tenga un buen funcionamiento durante el proceso de tostado, presione el botón PARO DE EMERGENCIA (13), lo cual apagará los componentes de potencia (AGITADOR y CALENTADOR).



El sistema de control continuará trabajando, con lo cual se puede observar el tiempo que ha trabajado y también la temperatura a la cual se encuentra la máquina, además se encenderá la LUZ ROJA (11) y se mostrará el siguiente mensaje como advertencia de fallo en la máquina.



Si en caso de que el producto se encuentre dentro de la máquina retire inmediatamente como medida de seguridad para que el producto no se queme, y como sugerencia realice el proceso de tostado con el modo MANUAL de la máquina.

Luego compruebe que los componentes de la máquina estén en su lugar correspondiente y revise el apartado de *ANÁLISIS DE FALLOS Y SOLUCIÓN DE PROBLEMAS*.

## REINICIO DE LA MAQUINA LUEGO DE UN FALLO

Una vez comprobado todo y solucionado el problema siga los siguientes pasos:

1. Ubique los switches del AGITADOR (16) y CALENTADOR (17) en la posición de OFF, el SELECTOR DE MODO (15) en MANUAL, siga este orden si saltarse los pasos.
2. Mueva el SELECTOR DE ENCENDIDO (14) en OFF, con lo cual se apagará la máquina y el sistema de control.
3. Por ultimo gire el botón de PARO DE EMERGENCIA (13) para que se desenclave el botón y la maquina retornara al modo MANUAL.



## ANÁLISIS DE FALLOS Y SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

PROBLEMA	CAUSA	SOLUCIÓN
<b>EL MOTOR NO ENCIENDE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No hay alimentación eléctrica</li> <li>• El cable de conexión entre el motor y el panel esta desconectado o dañado</li> <li>• Fallas internas del motor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conectar la máquina a una fuente de energía de 220V</li> <li>• Revisar la continuidad de cable y remplazarlo si amerita</li> <li>• Limpieza y mantenimiento del motor</li> </ul>
<b>NO EXISTE MOVIMIENTO EN LA CÁMARA DE TOSTADO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avería en el motor</li> <li>• Bandas no tensionadas correctamente</li> <li>• Falta de sujeción de los prisioneros en las poleas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisar, realizar mantenimiento y suministra corriente eléctrica</li> <li>• Tensionar correctamente las bandas</li> <li>• Ajustar los pernos</li> </ul>
<b>RODAMIENTOS NO FUNCIONAN CORRECTAMENTE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sobrecargas en la cámara de tostado</li> <li>• Presencia de fricción y desgaste en el interior de los rodamientos</li> <li>• Falta de sujeción de los prisioneros y de los pernos de la base</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suministrar la cantidad de 25 lb en la cámara de tostado</li> <li>• Lubricar con grasa de grado alimenticio (Clarion, No.2)</li> <li>• Ajustar prisioneros y pernos</li> </ul>
<b>ROZAMIENTO ENTRE LA CÁMARA DE TOSTADO Y LA CÁMARA DE CALENTAMIENTO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desalineación del eje de transmisión con las unidades de rodamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alinear correctamente el eje de transmisión</li> <li>• Colocar correctamente la cubierta frontal</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incorrecta colocación de la cubierta frontal</li> </ul>	
<p><b>VIBRACIÓN</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de sujeción de los pernos</li> <li>• Vibraciones del motor</li> <li>• Mala alineación de las bandas</li> <li>• Ubicación de la maquina en una superficie irregular</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajustar correctamente los pernos</li> <li>• Revisión y mantenimiento del motor</li> <li>• Alinear correctamente las bandas</li> <li>• Ubicar en una superficie firme y nivelada</li> </ul>
<p><b>LAS RESISTENCIA ELÉCTRICAS NO ENCIENDEN</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No hay alimentación eléctrica</li> <li>• El cable de conexión entre las resistencias eléctricas y el panel de control esta desconectado o dañado</li> <li>• El fusible de las resistencias está dañado</li> <li>• Falla del componente</li> <li>• Sensor de temperatura dañado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conectar a una fuente de energía de 220 V</li> <li>• Revisar la continuidad de cable y remplazarlo si lo requiere</li> <li>• Revisar y reemplazar el fusible si lo precisa</li> <li>• Revisar el estado de las resistencias y si amerita reemplazarlas.</li> <li>• Sistema de control des configurado</li> </ul>
<p><b>EL PANEL DE CONTROL NO INDICA LOS MENSAJES DE ESTADO</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pantalla LCD y luces pilotos desconectadas</li> <li>• Averías en los componentes</li> <li>• Sistema de control dañado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisar y conectar correctamente</li> <li>• Revisar y Reemplazar</li> <li>• acudir a la asistencia técnica</li> </ul>

Los problemas antes mencionados son para uso exclusivo de referencia. Si se produce algún fallo, no utilice el equipo y reporte a los técnicos para comprobar y reparar.

## **MANTENIMIENTO**

Antes de iniciar el mantenimiento o limpieza a la máquina tostadora se debe asegurar que este fría en su totalidad y desconectada de la fuente de energía.

- Al finalizar la tandadas de tueste, se debe limpiar la cámara de tostado, por medio de un limpión.
- Utilizar las herramientas adecuadas para la sujeción de los pernos del motor y el reductor de velocidad en la base de la estructura metálica.
- Por ningún motivo se debe retirar la cámara de calentamiento, porque se encuentra recubierto en su interior de aislante térmico y además sirve como base de sujeción del sistema de calentamiento.
- La lubricación de las unidades de rodamiento se debe hacer cada 8.000 horas de trabajo, para asegurar un correcto funcionamiento de la máquina tostadora y evitar costos por cambios anticipados.
- La revisión de la tensión de la banda debe ser mensual para asegurar el movimiento giratorio de la cámara de tostado y cumplir con la velocidad establecida.

REVISIÓN DE COMPONENTES	DIARIO	SEMANTAL	MENSUAL	SEMESTRAL	ANUAL
Limpieza de la máquina tostadora			X		
Limpieza de la cámara de tostado	X				
Tensión de las banda			X		
Ajustes de prisioneros de poleas			X		
Motor					X
Lubricación de las unidades de rodamiento				X	
Ajustes de pernos de la cámara de calentamiento		X			
Ajuste de pernos de sujeción del motor			X		
Ajuste de pernos de sujeción del reductor			X		
Ajuste de pernos de sujeción de las unidades de rodamiento			X		
Revisión del cableado		X			
Revisión del panel de control			X		
Comprobación de las resistencias eléctricas			X		
Limpieza del sensor	X				



Para soporte técnico comuníquese al siguiente contacto:

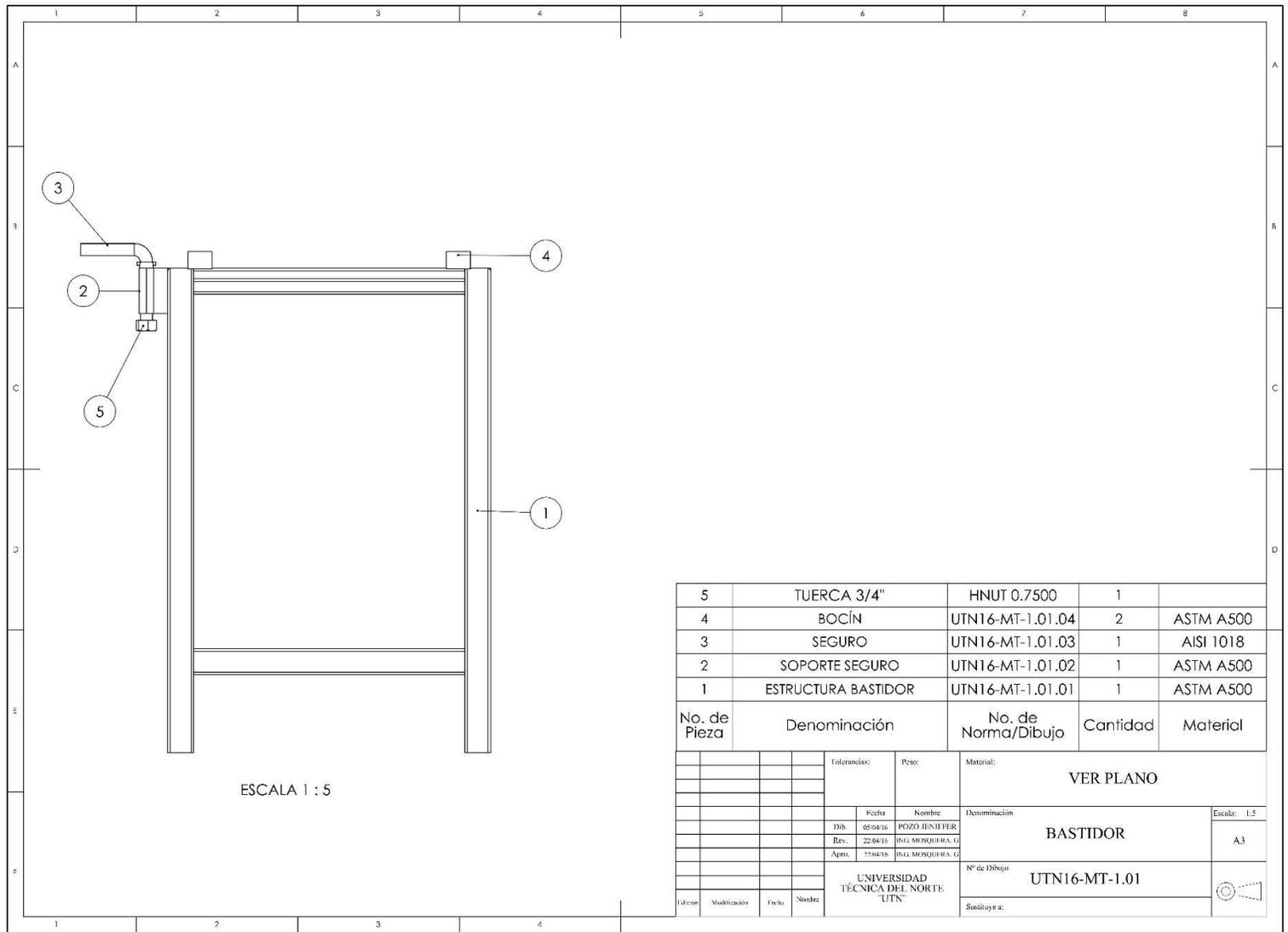
[maquinatostadoracq@outlook.com](mailto:maquinatostadoracq@outlook.com)



# **ANEXO II**

## **PLANOS MECÁNICOS**



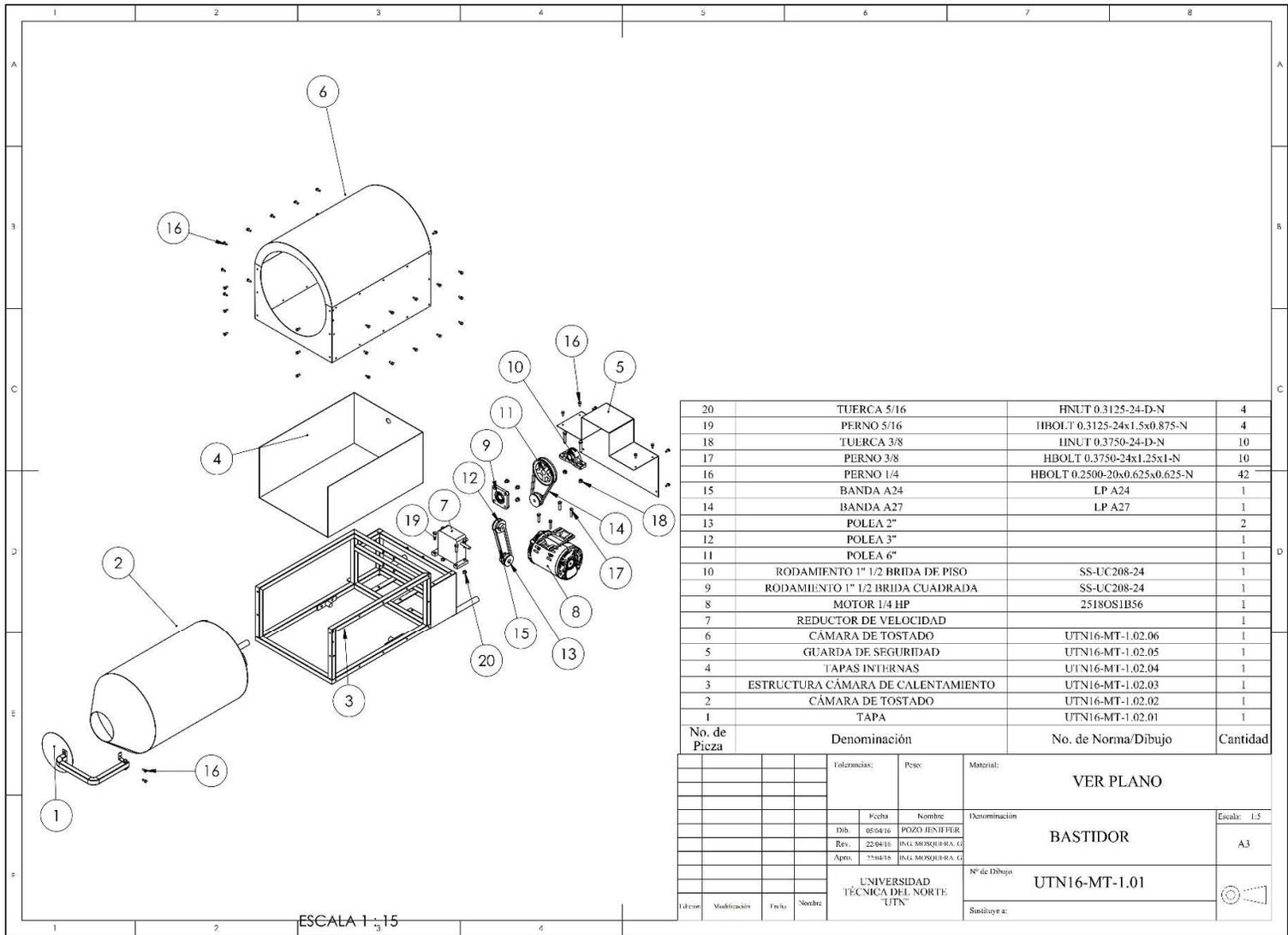




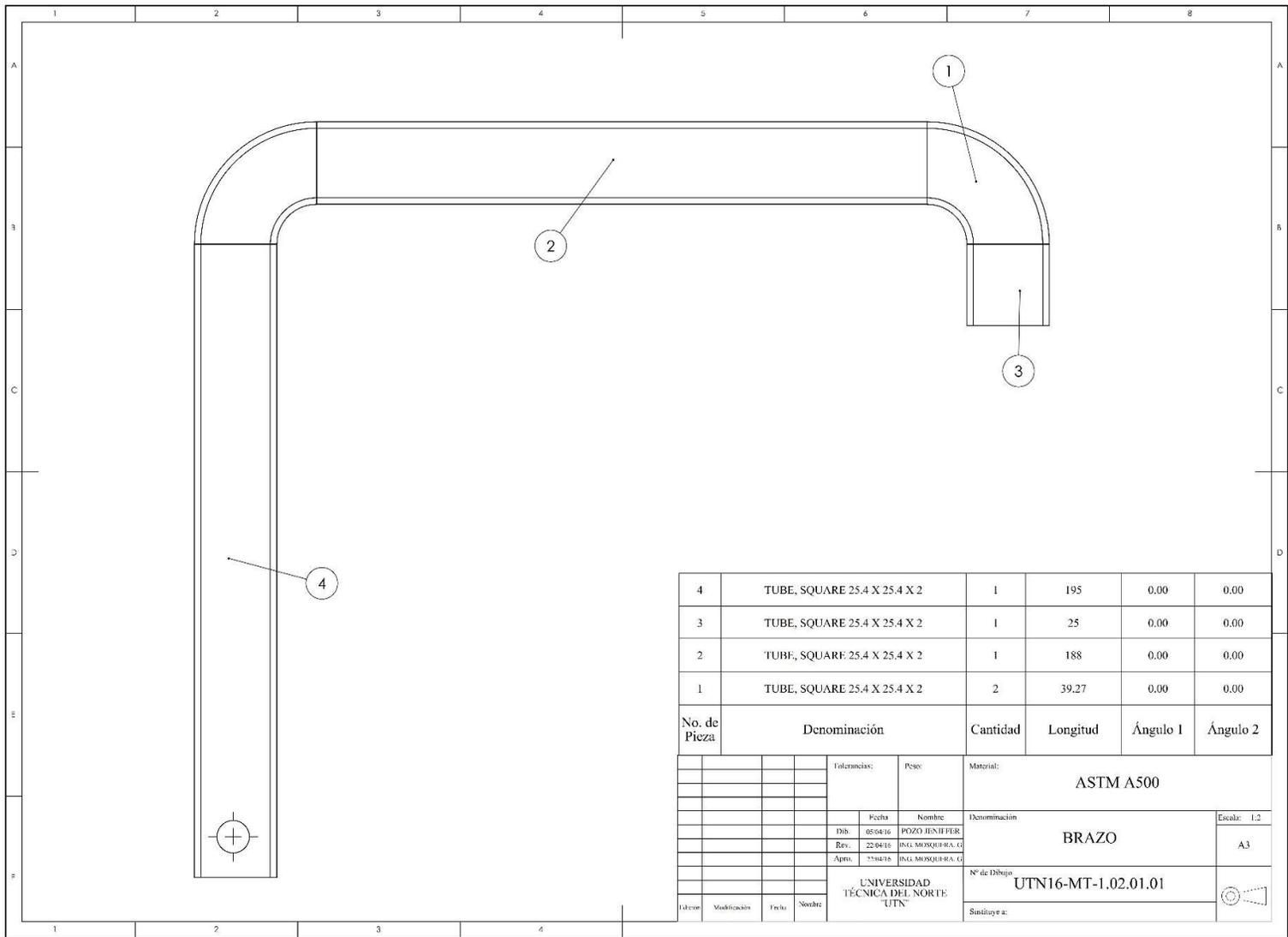






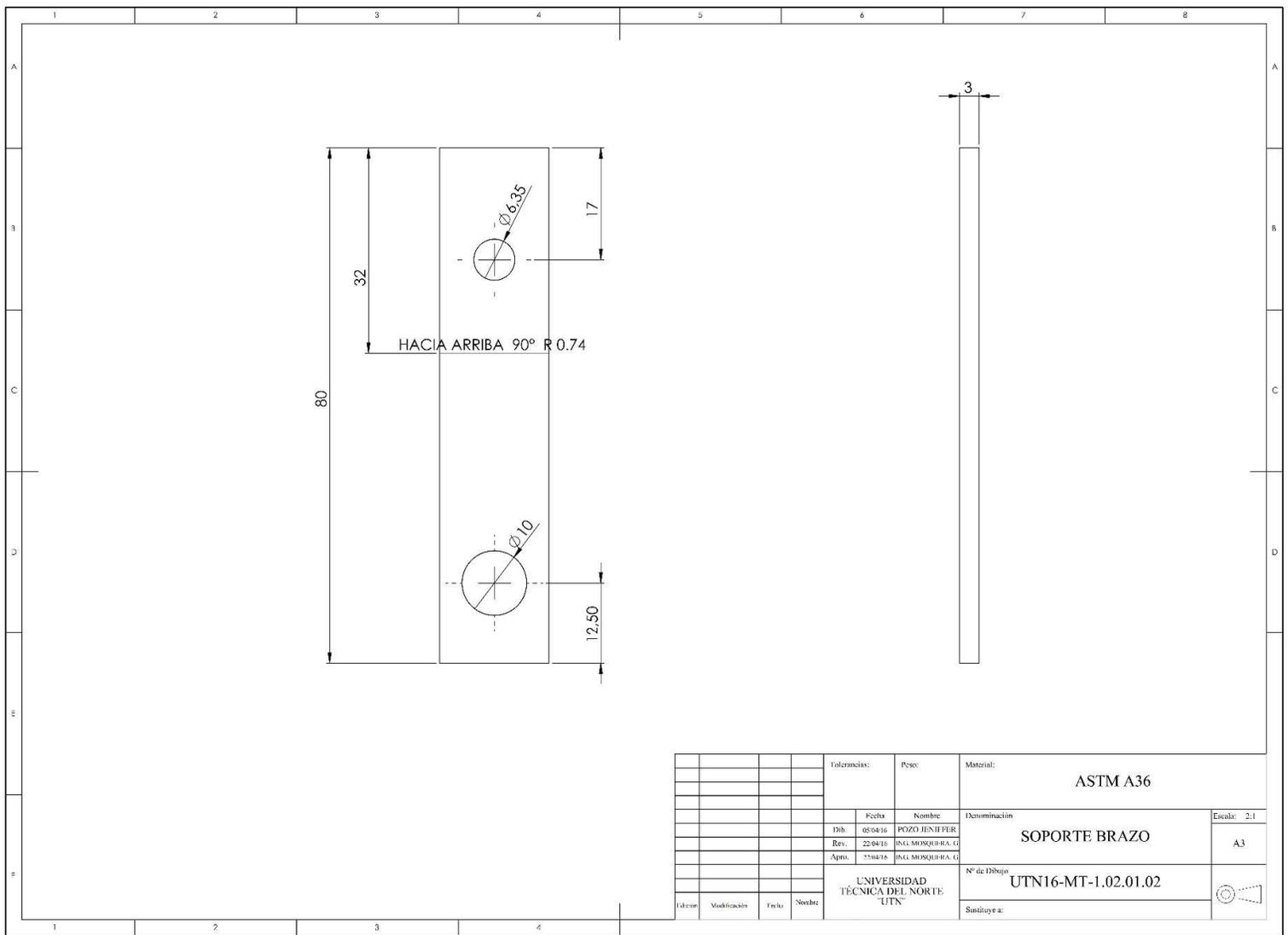






No. de Pieza	Denominación	Cantidad	Longitud	Ángulo 1	Ángulo 2
4	TUBE, SQUARE 25.4 X 25.4 X 2	1	195	0.00	0.00
3	TUBE, SQUARE 25.4 X 25.4 X 2	1	25	0.00	0.00
2	TUBE, SQUARE 25.4 X 25.4 X 2	1	188	0.00	0.00
1	TUBE, SQUARE 25.4 X 25.4 X 2	2	39.27	0.00	0.00

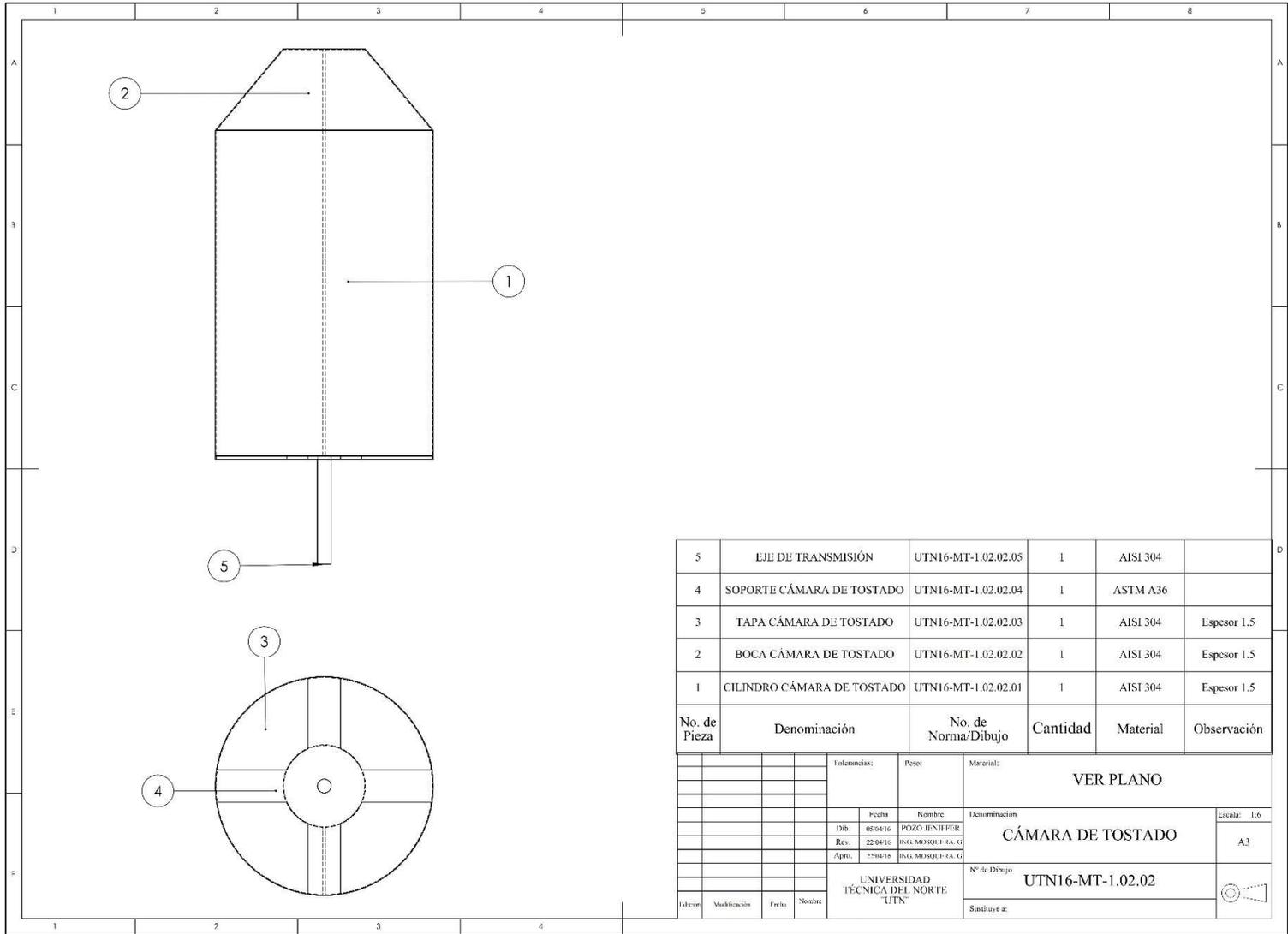
Tolerancias:		Peso:	Material: ASTM A500	
Fecha:		Nombre:		Denominación: BRAZO
Dib:	05/04/16	ING. C. MORALES-HA. G.		
Rev:	22/04/16	ING. C. MORALES-HA. G.		Escala: 1:2
Apro:	22/04/16	ING. C. MORALES-HA. G.		A3
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE "UTN"			N° de Dibujo: UTN16-MT-1.02.01.01	
Elaboró:	Modificó:	Fecha:	Nombre:	Sin título y a:



Tolerancias:		Peso:	Material:		ASTM A36
		Fecha:	Nombre:	Denominación:	Escala: 2:1
		Dib:	POZO JENIFER	SOPORTE BRAZO	A3
		Rev:	ING. MOSQUEREA, G		
		Apro:	ING. MOSQUEREA, G		
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE "UTN"		N° de Dibujo:	UTN16-MT-1.02.01.02
Elaboró:	Modificó:	Dicho:	Nombre:	Sustentó:	

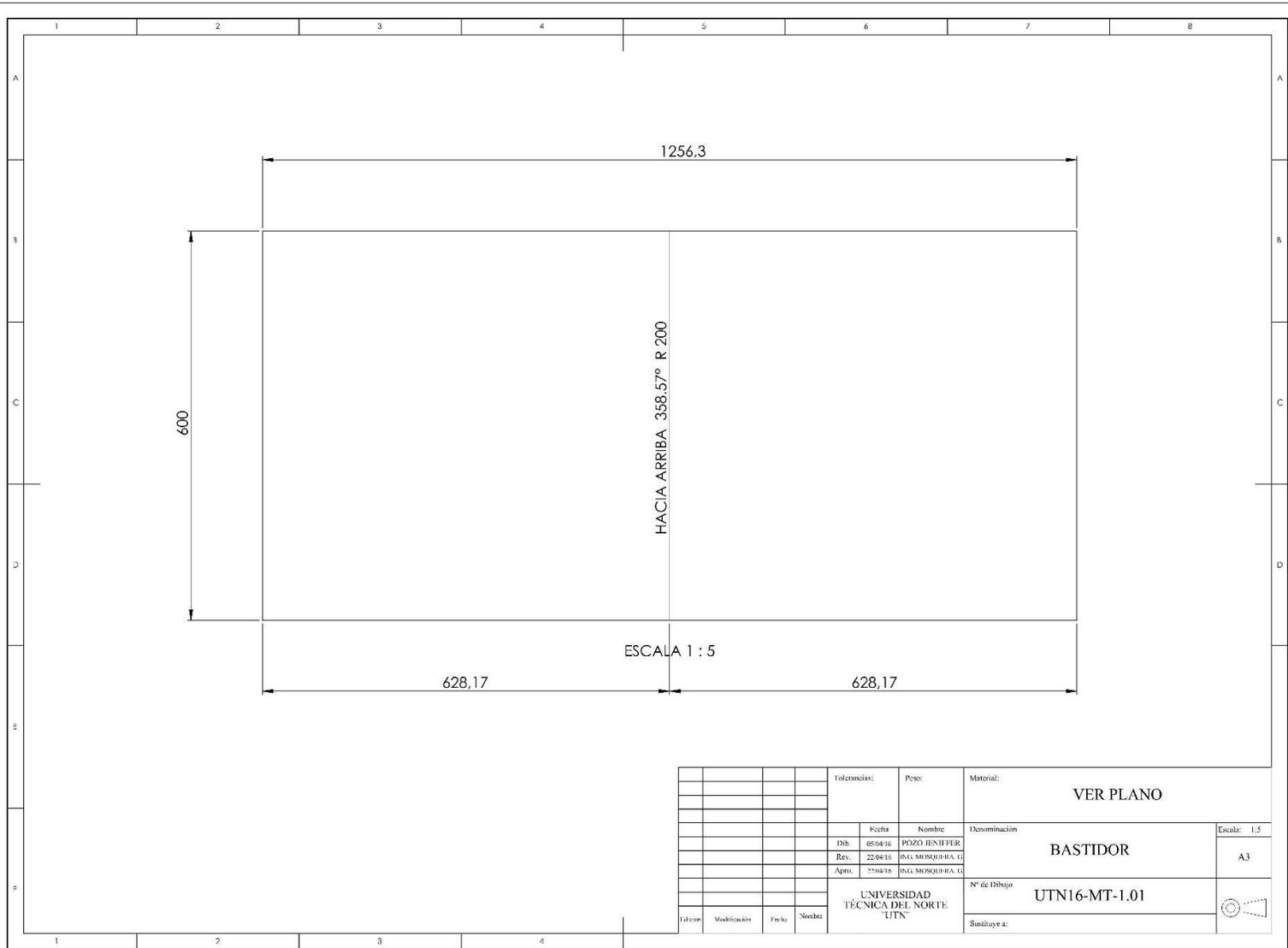


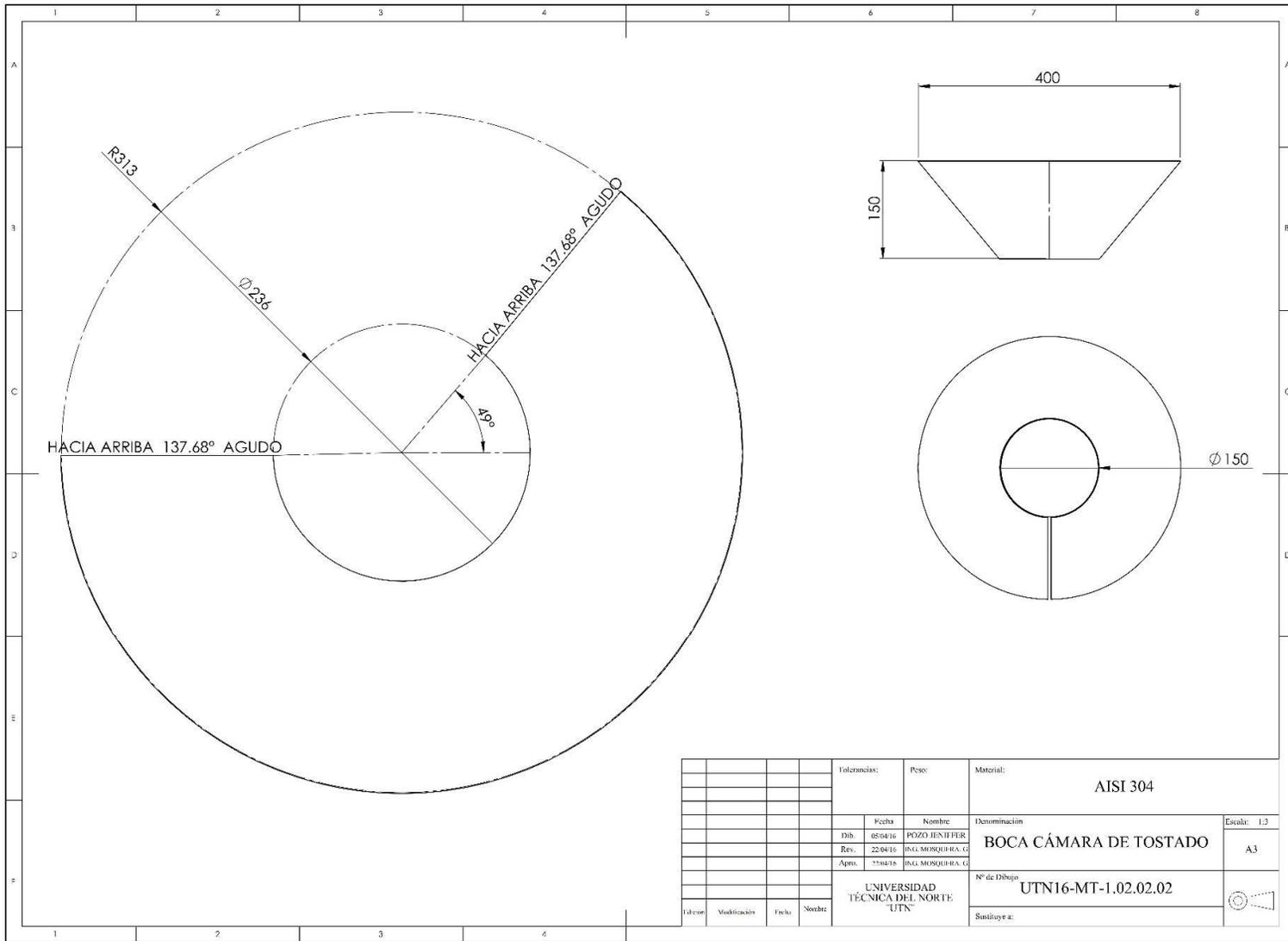




5	EJE DE TRANSMISIÓN	UTN16-MT-1.02.02.05	1	AISI 304	
4	SOPORTE CÁMARA DE TOSTADO	UTN16-MT-1.02.02.04	1	ASTM A36	
3	TAPA CÁMARA DE TOSTADO	UTN16-MT-1.02.02.03	1	AISI 304	Espesor 1.5
2	BOCA CÁMARA DE TOSTADO	UTN16-MT-1.02.02.02	1	AISI 304	Espesor 1.5
1	CILINDRO CÁMARA DE TOSTADO	UTN16-MT-1.02.02.01	1	AISI 304	Espesor 1.5
No. de Pieza	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Cantidad	Material	Observación

Tolerancias:		Peso:	Material:	VER PLANO	
		Fecha:	Nombre:	Denominación	Escala: 1:6
		Dib. 05/04/16	ING. MOSQUEREA, G	CÁMARA DE TOSTADO	A3
		Rev. 22/04/16	ING. MOSQUEREA, G		
		Apro. 22/04/16	ING. MOSQUEREA, G		
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE "UTN"		N° de Dibujo	UTN16-MT-1.02.02
Elaboró:	Modificó:	Diseño:	Nombre:	Sustituye a:	

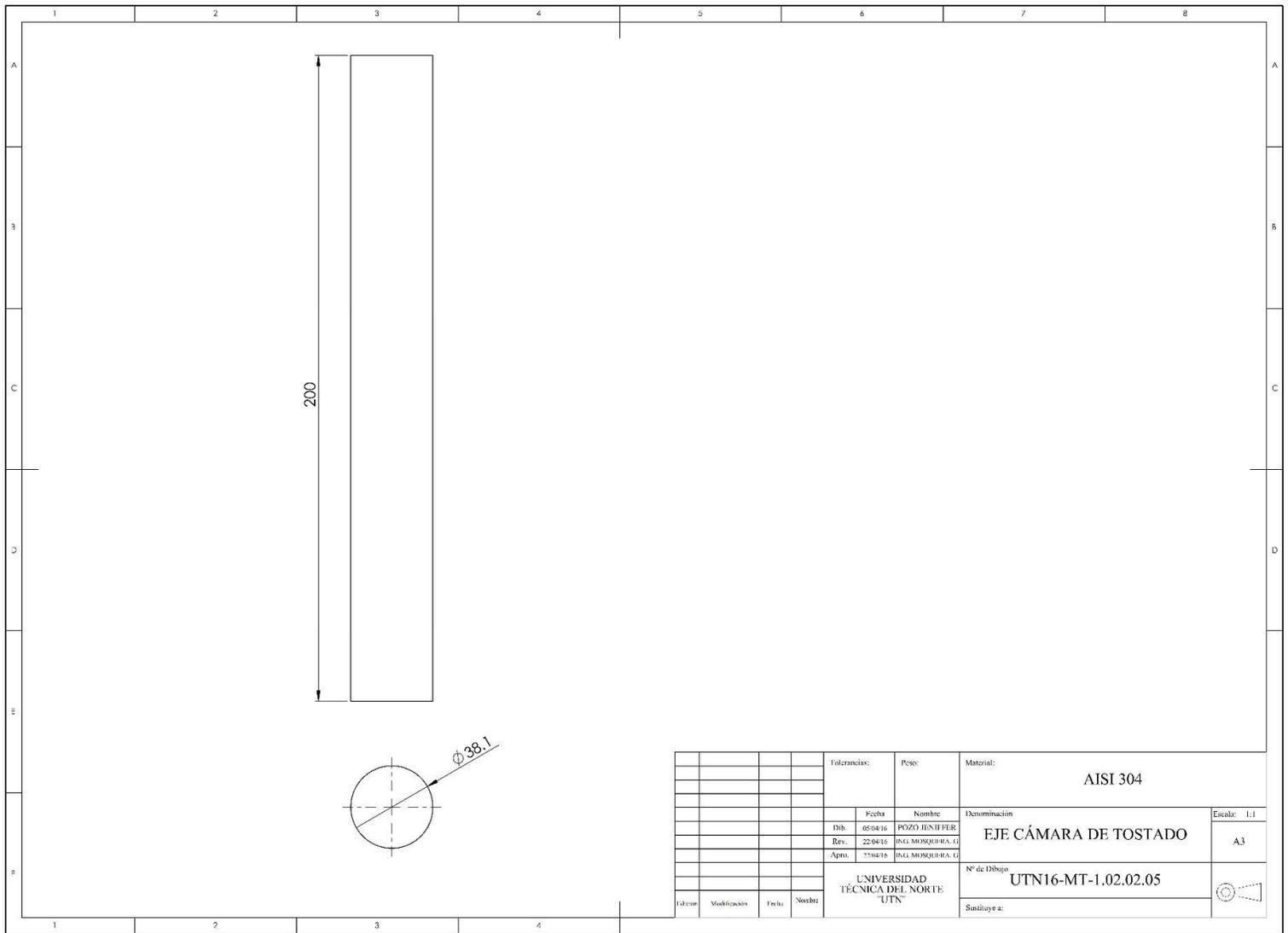




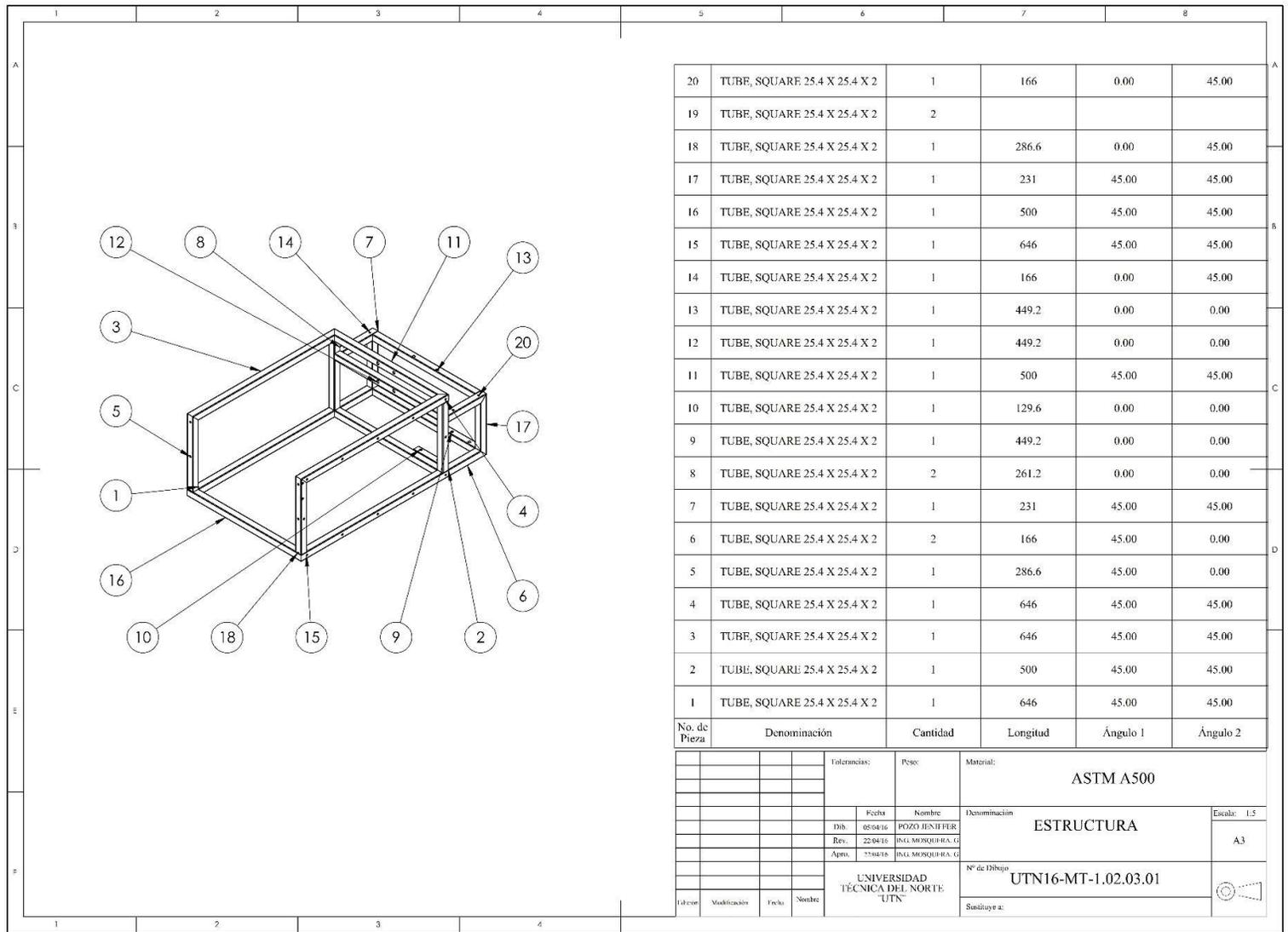
						Tolerancias:	Peso:	Materia:	AISI 304
						Fecha	Nombre	Denominación	Escala: 1:3
						Dib. 05/04/16	POZO JENIFER	BOCA CÁMARA DE TOSTADO	A3
						Rev. 22/04/16	ING. MOSQUEREA, G		
						Apro. 22/04/16	ING. MOSQUEREA, G		
						UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE 'UTN'		N° de Dibujo	UTN16-MT-1.02.02.02
								Sustituye a:	











No. de Pieza	Denominación	Cantidad	Longitud	Ángulo 1	Ángulo 2
20	TUBE, SQUARE 25.4 X 25.4 X 2	1	166	0.00	45.00
19	TUBE, SQUARE 25.4 X 25.4 X 2	2			
18	TUBE, SQUARE 25.4 X 25.4 X 2	1	286.6	0.00	45.00
17	TUBE, SQUARE 25.4 X 25.4 X 2	1	231	45.00	45.00
16	TUBE, SQUARE 25.4 X 25.4 X 2	1	500	45.00	45.00
15	TUBE, SQUARE 25.4 X 25.4 X 2	1	646	45.00	45.00
14	TUBE, SQUARE 25.4 X 25.4 X 2	1	166	0.00	45.00
13	TUBE, SQUARE 25.4 X 25.4 X 2	1	449.2	0.00	0.00
12	TUBE, SQUARE 25.4 X 25.4 X 2	1	449.2	0.00	0.00
11	TUBE, SQUARE 25.4 X 25.4 X 2	1	500	45.00	45.00
10	TUBE, SQUARE 25.4 X 25.4 X 2	1	129.6	0.00	0.00
9	TUBE, SQUARE 25.4 X 25.4 X 2	1	449.2	0.00	0.00
8	TUBE, SQUARE 25.4 X 25.4 X 2	2	261.2	0.00	0.00
7	TUBE, SQUARE 25.4 X 25.4 X 2	1	231	45.00	45.00
6	TUBE, SQUARE 25.4 X 25.4 X 2	2	166	45.00	0.00
5	TUBE, SQUARE 25.4 X 25.4 X 2	1	286.6	45.00	0.00
4	TUBE, SQUARE 25.4 X 25.4 X 2	1	646	45.00	45.00
3	TUBE, SQUARE 25.4 X 25.4 X 2	1	646	45.00	45.00
2	TUBE, SQUARE 25.4 X 25.4 X 2	1	500	45.00	45.00
1	TUBE, SQUARE 25.4 X 25.4 X 2	1	646	45.00	45.00

Tolerancias:		Peso:	Material: ASTM A500	
Fecha:		Nombre:		Denominación: ESTRUCTURA
Dib:	05-04-16	ING. MOSQUEREA, G.		
Rev:	22-04-16	ING. MOSQUEREA, G.		
Apro:		25-04-16		Escala: 1:3
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE "UTN"		N° de Dibujo: UTN16-MT-1.02.03.01		A3
Autor:		Modificación:		Fecha:
Nombre:		Nombre:		Nombre:

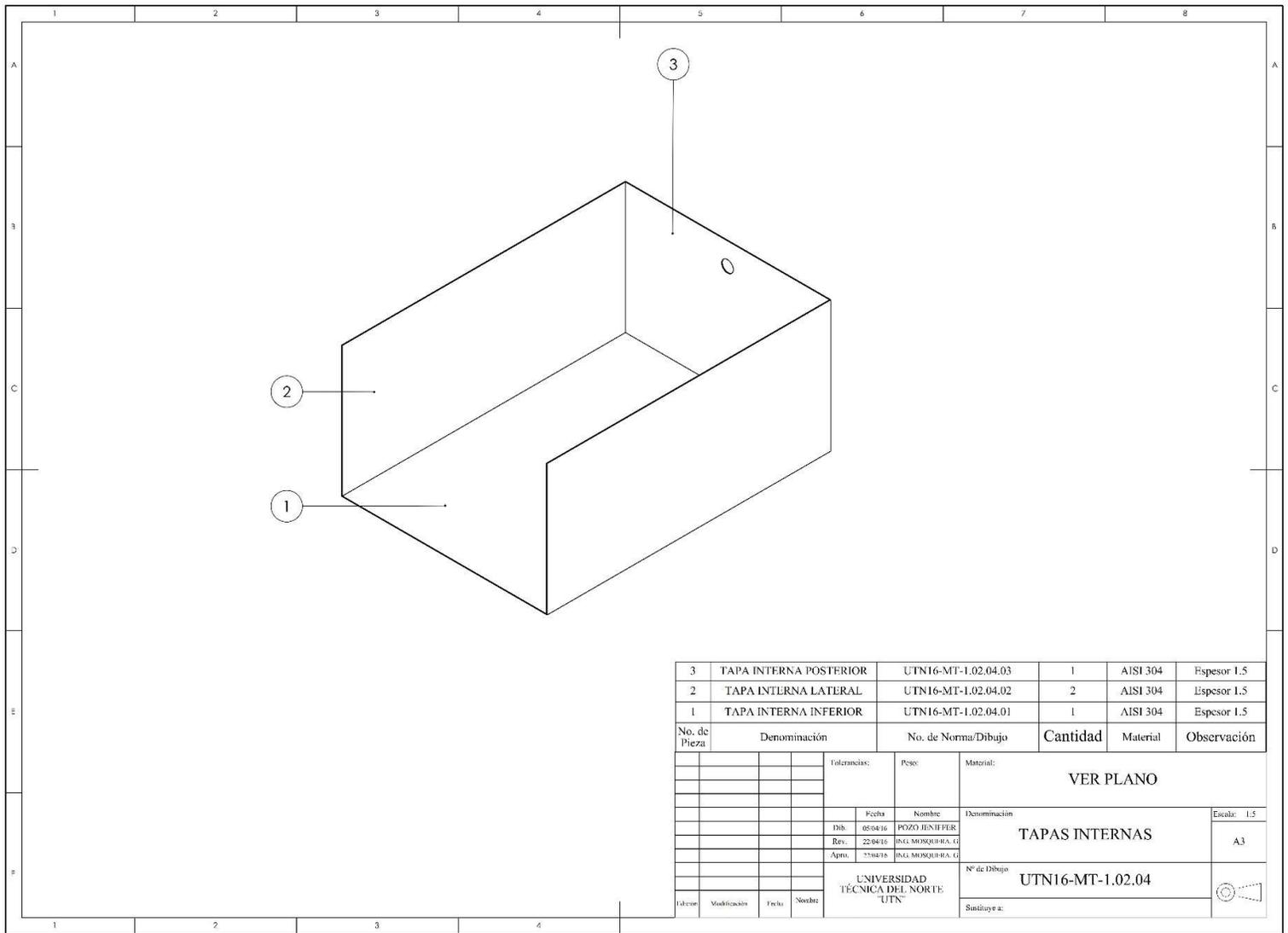






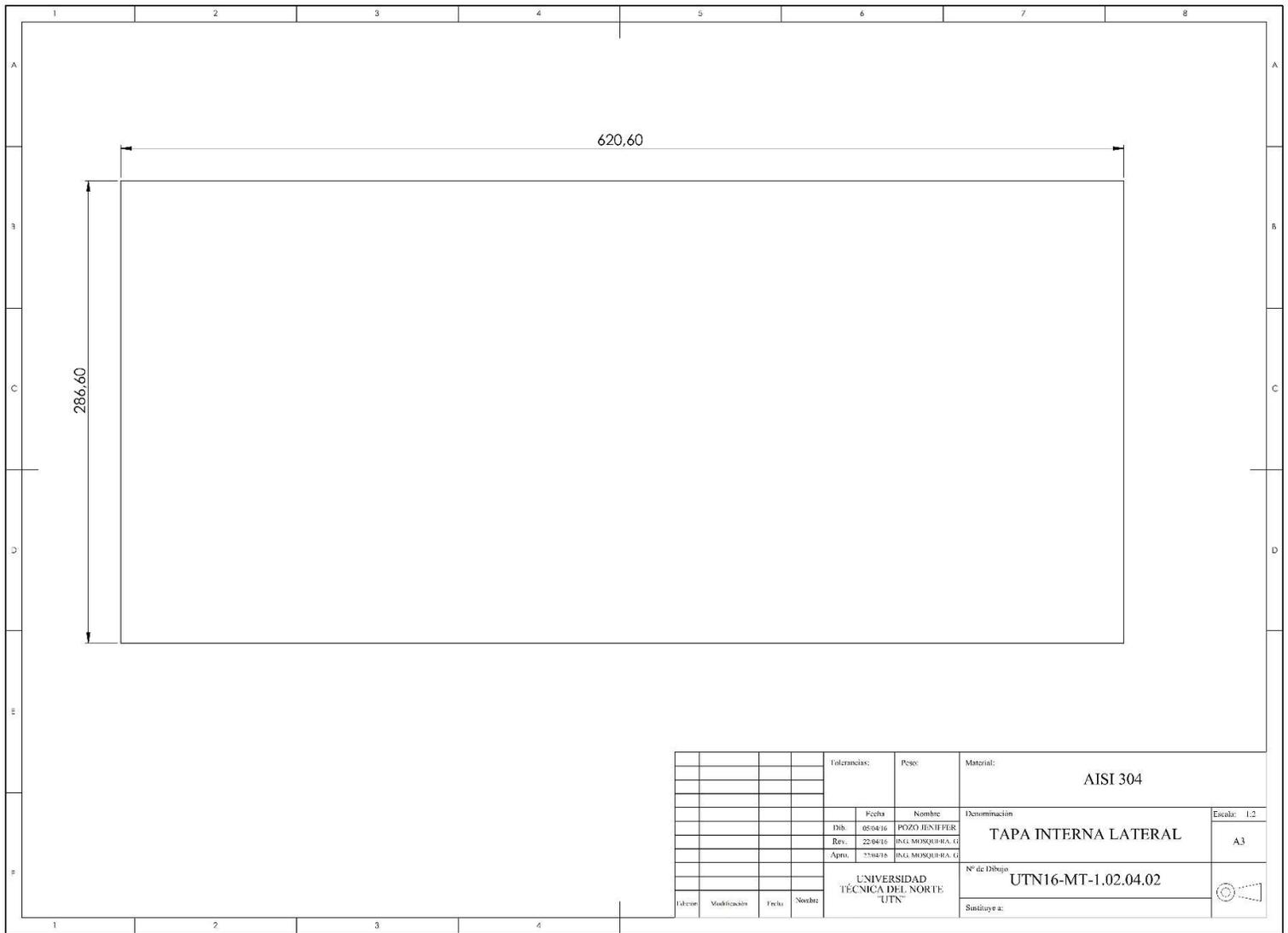




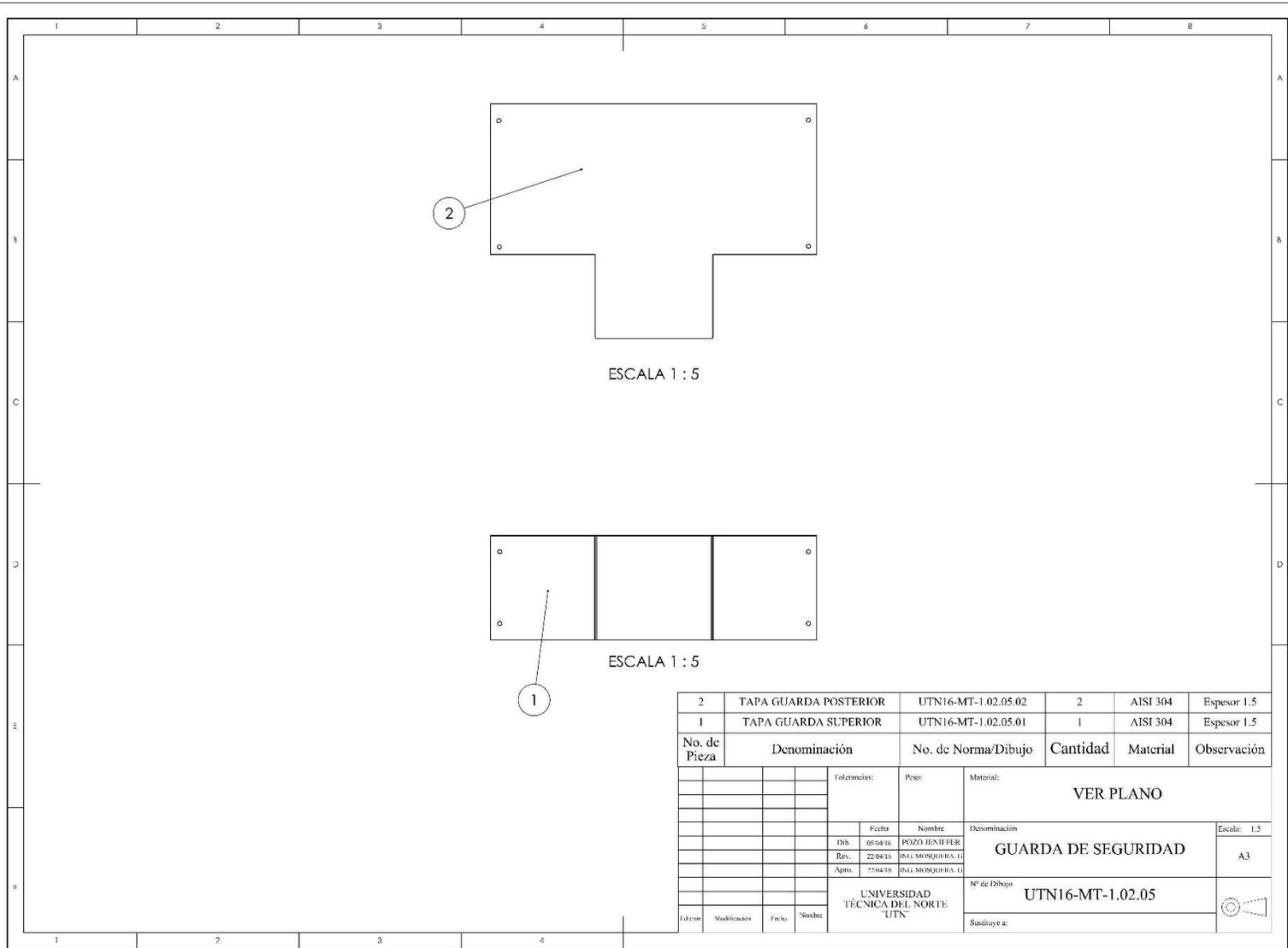


3	TAPA INTERNA POSTERIOR	UTN16-MT-1.02.04.03	1	AISI 304	Espesor 1.5
2	TAPA INTERNA LATERAL	UTN16-MT-1.02.04.02	2	AISI 304	Espesor 1.5
1	TAPA INTERNA INFERIOR	UTN16-MT-1.02.04.01	1	AISI 304	Espesor 1.5
No. de Pieza	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Cantidad	Material	Observación
		Tolerancias:	Peso:	Material:	VER PLANO
		Fecha	Nombre	Denominación	Escala: 1:5
		Dib. 05/04/16	POZO JENIFER	TAPAS INTERNAS	A3
		Rev. 22/04/16	ING. MOSQUEREA, G.		
		Apro. 22/04/16	ING. MOSQUEREA, G.		
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE "UTN"		N° de Dibujo	UTN16-MT-1.02.04
Elabor	Modificación	Fecha	Nombre	Sustituye a:	





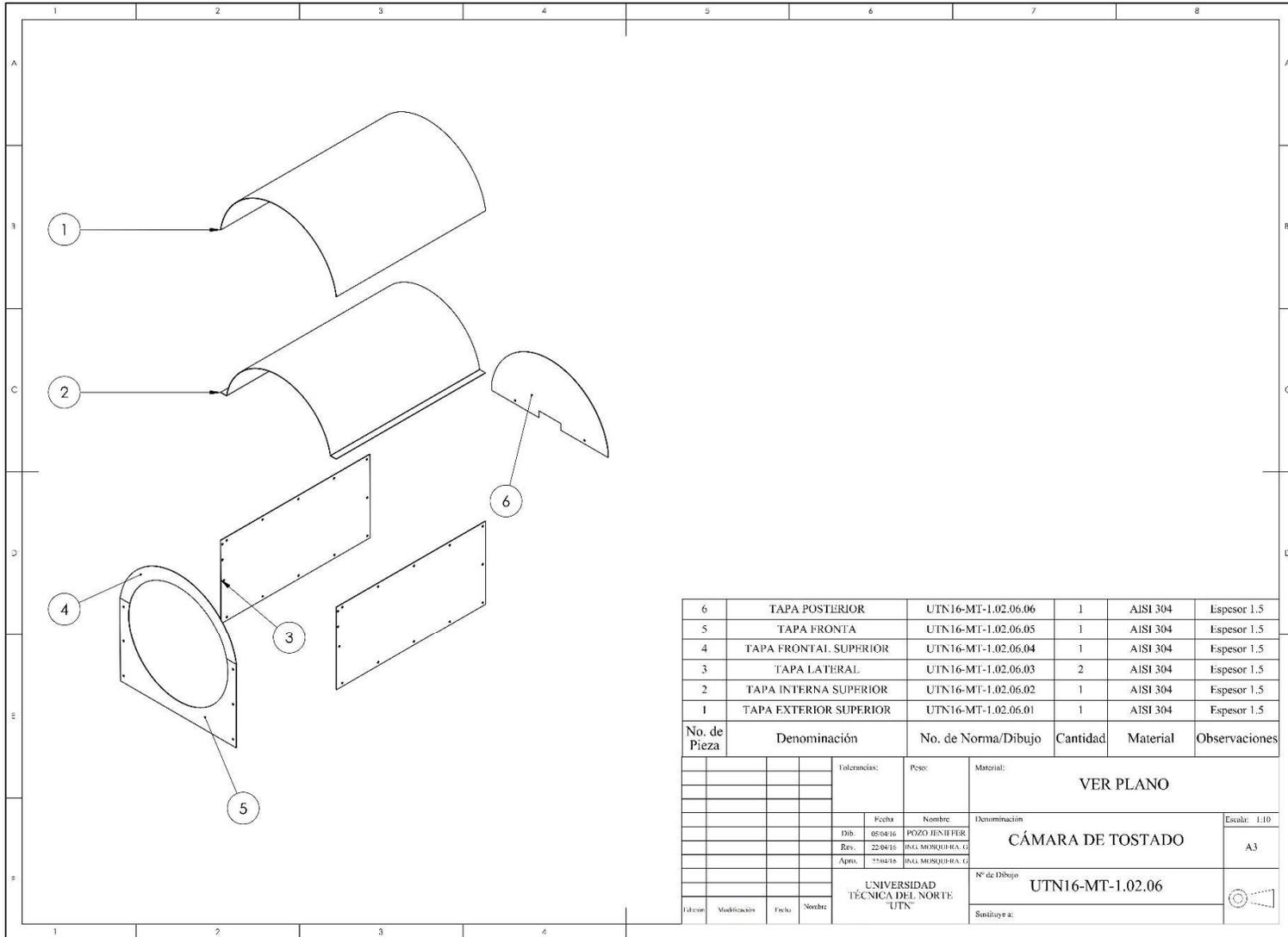




2	TAPA GUARDA POSTERIOR	UTN16-MT-1.02.05.02	2	AISI 304	Espesor 1.5
1	TAPA GUARDA SUPERIOR	UTN16-MT-1.02.05.01	1	AISI 304	Espesor 1.5
No. de Pieza	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Cantidad	Material	Observación
		Tolerancias:	Peso:	Material:	VER PLANO
		Fecha	Nombre	Denominación	Escala: 1:5
		Dib. 05/04/16	POZO JENIFER	GUARDA DE SEGURIDAD	A3
		Rev. 22/04/16	ING. MOSQUEREA, G		
		Apro. 22/04/16	ING. MOSQUEREA, G		
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE "UTN"		N° de Dibujo	UTN16-MT-1.02.05
Elabor	Modificación	Fecha	Nombre	Sustituye a:	

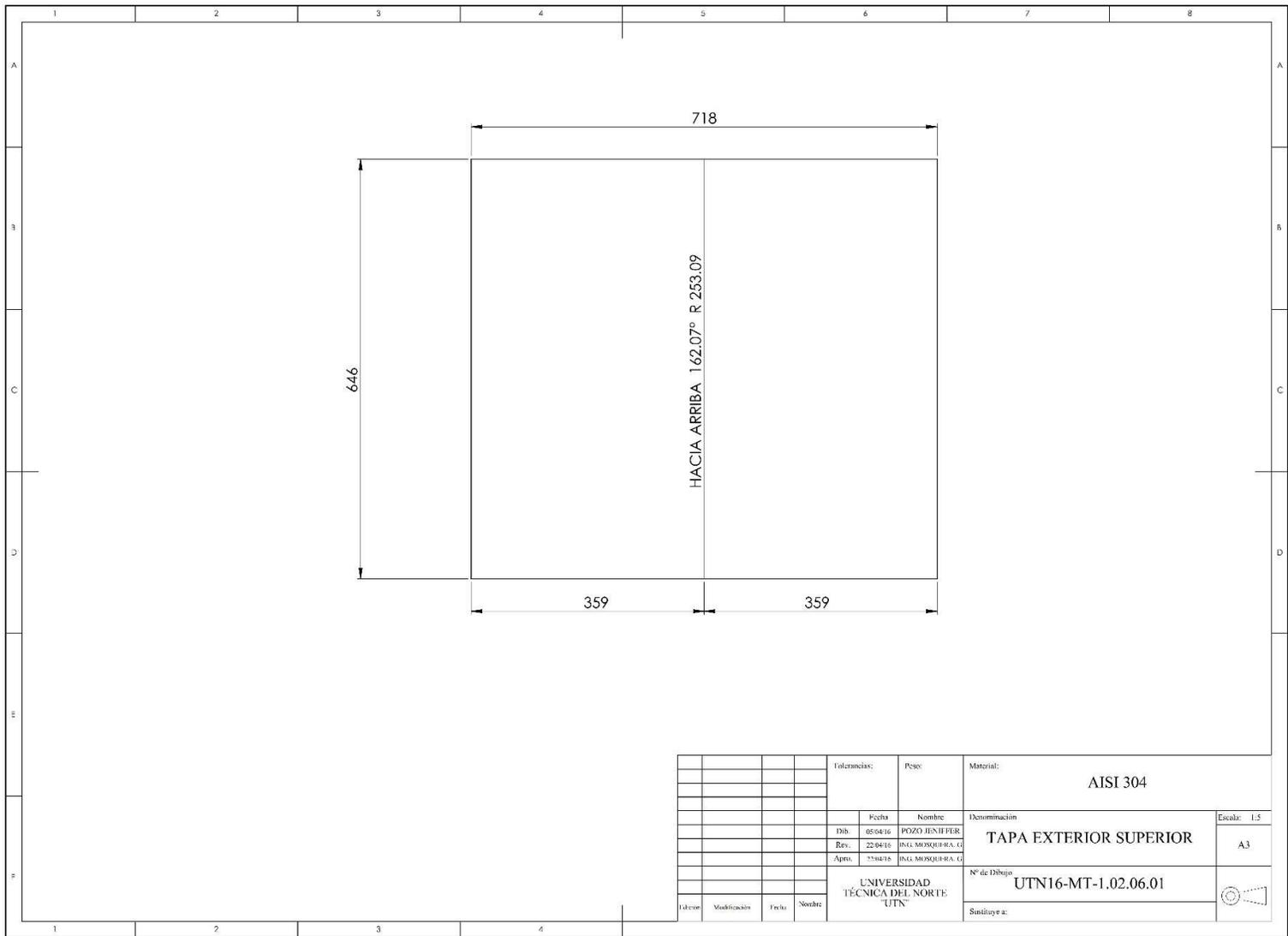






No. de Pieza	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Cantidad	Material	Observaciones
6	TAPA POSTERIOR	UTN16-MT-1.02.06.06	1	AISI 304	Espesor 1.5
5	TAPA FRONTAL	UTN16-MT-1.02.06.05	1	AISI 304	Espesor 1.5
4	TAPA FRONTAL SUPERIOR	UTN16-MT-1.02.06.04	1	AISI 304	Espesor 1.5
3	TAPA LATERAL	UTN16-MT-1.02.06.03	2	AISI 304	Espesor 1.5
2	TAPA INTERNA SUPERIOR	UTN16-MT-1.02.06.02	1	AISI 304	Espesor 1.5
1	TAPA EXTERIOR SUPERIOR	UTN16-MT-1.02.06.01	1	AISI 304	Espesor 1.5

Tolerancias:		Peso:	Material:	VER PLANO	
		Fecha:	Nombre:	Denominación:	Escala: 1:10
		Dib. 05/04/16	POZO JENIFER	CÁMARA DE TOSTADO	A3
		Rev. 22/04/16	ING. MOSQUEREA, G		
		Apro. 22/04/16	ING. MOSQUEREA, G		
			N° de Dibujo	UTN16-MT-1.02.06	
			Sustituye a:		
Elabor.	Modificación	Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE "UTN"	













# **ANEXO III**

**CARACTERÍSTICAS  
TÉCNICAS DEL ACERO  
INOXIDABLE AISI 304**

**TABLA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS  
DEL ACERO INOXIDABLE**

		<b>SERIE 300 -</b>						
		<b>Acero al Cromo Níquel</b>						
DESIGNACIÓN	TIPO ASTM (AISI)	301	302	303	304	304 L	321	
	COMPOSICIÓN QUÍMICA		C% 0.15 Máx. Mn% 2.00 Máx. Si% 1.00 Máx. Cr% 16.0018.00 Ni% 6.008.00	C% 0.15 Máx. Mn% 2.00 Máx. Si% 1.00 Máx. Cr% 17.0019.00 Ni% 8.0010.00	C% 0.15 Máx. Mn% 2.00 Máx. Si% 1.00 Máx. Cr% 17.0019.00 Ni% 8.0010.00 S% 0.15 Min.	C% 0.08 Máx. Mn% 2.00 Máx. Si% 1.00 Máx. Cr% 18.0020.00 Ni% 8.0010.50	C% 0.030 Máx. Mn% 2.00 Máx. Si% 1.00 Máx. Cr% 18.0020.00 Ni% 8.0012.00	C% 0.08 Máx. Mn% 2.00 Máx. Si% 1.00 Máx. Cr% 17.0019.00 Ni% 9.0012.00 Ti%>5xC%0,07
PROPIEDADES FÍSICAS	PESO ESPECÍFICO (g/cm <sup>3</sup> )	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	
	MÓDULO DE ELASTICIDAD (N/mm <sup>2</sup> )	193.000	193.000	193.000	193.000	193.000	193.000	
	ESTRUCTURA	AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO	
	CALOR ESPECÍFICO A 20C (J/Kg K)	500	500	500	500	500	500	
	CONDUCTIBILIDAD TÉRMICA (W/m K)	a 100 C a 150 C	16 21	16 21	16 21	16 21	16 21	16 21,5
	COEFICIENTE DE DILATACIÓN TÉRMICO MEDIO (x 10 <sup>6</sup> C <sup>-1</sup> )	0100 C 0300 C 0500 C 0700 C	16,92 17,10 18,18 18,72	17,28 17,82 18,36 18,72	17,3 17,8 18,4 18,7	17,30 17,80 18,40 18,80	17,30 17,80 18,40 18,80	16,74 17,10 18,54 19,26
	INTERVALO DE FUSIÓN (C)		13981420	13981420	13981420	13981454	13981454	13981427
	PERMEABILIDAD TÉRMICA EN ESTADO SOLUBLE RECOCIDO		AMAGNÉTICO 1,02	AMAGNÉTICO 1,008	AMAGNÉTICO 1,008	AMAGNÉTICO 1,008	AMAGNÉTICO 1,008	AMAGNÉTICO 1,008
CAPACIDAD DE RESISTENCIA ELÉCTRICA A 20C (μΩm)		0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	
PROPIEDADES MECÁNICAS A 20º	DUREZA BRINELL RECOCIDO HB CON DEFORMACIÓN EN FRÍO HB	135185 210330	135185 180330	130180 180330	130150 180330	125145	130185	
	DUREZA ROCKWELL RECOCIDO HRB CON DEFORMACIÓN EN FRÍO HRC	7592 2541	7090 1035	7090	7088 1035	7085	7088	
	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN CON DEFORMACIÓN EN FRÍO Rm(N/mm <sup>2</sup> )	590750 8701200 1/4 DURO-DURO	560720 6801180	530700	500700 7001180	500690	520700	
	ELASTICIDAD CON DEFORMACIÓN EN FRÍO Rp (0.2)(N/mm <sup>2</sup> )	215340 500900 1/4 DURO-DURO	205340 340900	205340 350900	195340 340900	175300	205340	
	RECOCIDO Rp(1) (N/mm <sup>2</sup> ) MÍNIMO	225	245	255	235	215	245	
	ALARCAMIENTO 50mm. A(%)	6555 258 1/4 DURO-DURO	6050 5010	6050	6550 5010	6550	6040	
	ESTRICCION RECOCIDO Z (%)	7060	7555	Min. 50	7560	7560	6550	
	RESILIENCIA KCVL (J/cm <sup>2</sup> ) KVL (J/cm <sup>2</sup> )	130 140	160 180	Min. 100	160 180	160 180	120 130	
PROPIEDADES MECÁNICAS EN CALIENTE	ELASTICIDAD DIFERENTES TEMPERATURAS	Rp(0,2) (N/mm <sup>2</sup> ) a 300 C a 400 C a 500 C Rp(1) (N/mm <sup>2</sup> ) a 300 C a 400 C a 500 C	- - - - - - -	- - - - - - -	125 97 93 147 127 107	115 98 88 137 117 108	150 135 120 186 161 152	
	LÍMITE DE FLUENCIA	a 500 C a 600 C a 700 C σ1 / 100.000/t (N/mm <sup>2</sup> ) a 800 C	- - - -	- - - -	68 42 14,5 4,9	58,5 36 10,5 3,9	102 64 16,5 5,8	
	RECOCIDO COMPLETO RECOCIDO INDUSTRIAL (OC) (t)	ENFR. RÁPIDO 10081120	ENFR. RÁPIDO 10081120	ENFR. RÁPIDO 10081120	ENFR. RÁPIDO 10081120	ENFR. RÁPIDO 10081120	ENFR. RÁPIDO 9531120	
	TEMPLE	NO COGE TEMPLE	NO COGE TEMPLE	NO COGE TEMPLE	NO COGE TEMPLE	NO COGE TEMPLE	NO COGE TEMPLE	
	INTERVALO DE FORJA TEMPER. INICIAL TEMPER. FINAL	1200 925	1200 925	1200 925	1200 925	1200 925	1175 925	
	TEMPERATURA FORMACIÓN CASCARILLA SERVICIO CONTINUO SERVICIO INTERMITENTE	900 810	900 810	- 815	925 840	925 840	900 810	
OTRAS PROPIEDADES	SOLDABILIDAD	MUY BUENA	MUY BUENA	NO ACONSEJABLE	MUY BUENA	MUY BUENA	BUENA	
	MAQUINABILIDAD COMPARADO CON UN ACERO BESSEMER PARA a. B1112	45%	45%	55%	45%	45%	36%	
	EMBUCCIÓN	BUENA	BUENA	REGULAR	MUY BUENA	MUY BUENA	BUENA	

**ANEXO IV**  
**CARACTERÍSTICAS DE LA**  
**MANTA TÉRMICA**  
**KAOWOOL**

**Producto : MANTA KAOWOOL HP 1260** **INFORMACION TECNICA**
**DESCRIPCION**

- Disponibles para entrega inmediata con diversas combinaciones de dimensiones y densidades.
- Baja conductividad térmica y energía térmica almacenada.
- Elevada resistencia a los choques térmicos y ataques químicos.
- Buenas características acústicas y de protección contra-fuego.
- Alta flexibilidad, facilitando cortes e instalación.

La manta Kaowool es producida a partir de sílice y alúmina de alto grado de pureza. Resultando fibras refractarias totalmente inorgánicas, densificadas y entrelazadas para garantizar buena resistencia mecánica al manipuleo durante la instalación.


**PROPIEDADES FISICAS**

Color	Blanco
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	64-192
Espesor	3-51
Temp. Máxima de Uso continuo (°C)	1100
Temp. Uso Límite (°C)	1260
Punto de Fusión (°C)	1760
Diámetro de las Fibras (μ, medio)	2.8
Largo de Fibras (cm, medio)	10-25

**COMPOSICION QUIMICA TIPICA**

(% peso, después de quemado)

Alúmina (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	47
Sílice (SiO <sub>2</sub> )	53
Otros	trazas

**PROPIEDADES QUIMICAS**

Los productos de fibra cerámica Kaowool poseen excelente resistencia a los ataques químicos, excepto al ácido fluorhídrico, fosfórico y álcalis fuertes (ej. Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O). La manta no es afectada por el aceite o el agua. Sus propiedades térmicas y físicas son restauradas al secarse.

**RESISTIVIDAD TERMICA (R)**

El valor de la resistividad térmica de la fibra cerámica es definido como la inversa de la conductividad térmica multiplicada por el espesor (mm). El valor de R a 21°C según la norma ASTM C518-76 para 25mm y 96kg/m<sup>3</sup> es 0,163/mm.

**PROPIEDADES TERMICAS**

 (CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (Btu.in/ft<sup>2</sup>.h.°F)  
 X TEMPERATURA MÉDIA(°F)) ASTM C 201.

Temperatura media, 8 pcf	BTU.in/ft <sup>2</sup> .h.°F	W/mK	Temperatura media, 4 pcf	BTU.in/ft <sup>2</sup> .h.°F	W/mK
500°F (260°C)	0.44	0.06	500°F (260°C)	0.54	0.08
1000°F (538°C)	0.84	0.12	1000°F (538°C)	1.29	0.19
1500°F (816°C)	1.45	0.21	1500°F (816°C)	2.30	0.33
1800°F (982°C)	1.83	0.26	1800°F (982°C)	2.96	0.43
2000°F (1093°C)	2.0.9	0.30	2000°F (1093°C)	---	---



Temperatura media, 6 pcf					
500°F (260°C)	0.47	0.07			
1000°F (538°C)	1.01	0.15			
1500°F (816°C)	1.73	0.25			
1800°F (982°C)	2.19	0.32			
2000°F (1093°C)	---	---			

#### APLICACIONES TÍPICAS

- Revestimientos de hornos
- Intercambiadores de calor
- Turbinas a gas
- Estufas y hornos de laboratorio
- Craqueadores catalíticos
- Reparación de hornos
- Sellado y revestimientos de puertas de hornos
- Filtros para altas temperaturas
- Sellado de hornos de recocido de bobinas.
- Sellado de tapa de horno pozo y calentadores
- Tratamientos Térmicos

#### PROTECCION CONTRA-FUEGO (UL723/ASTM E-84)

Desarrollo de humo	0
Contribución como combustible	0
Propagación de llama	0

#### DIMENSIONES PATRONES

La manta Kaowool es fabricada en los siguientes espesores y dimensiones:

Rollo patron (mm)	7620 x 610
Espesores (mm)	6-13-25-38-51
Densidades (kg/m3)	64-96-128-160-192

Observaciones: existen otras combinaciones de densidades y espesores. Consulte al Depto. de Ventas de Carbo San Luis S.A.

#### ORIENTACION PARA APLICACIÓN EN CAPAS

Aplicación en techo (anclajes/m2)	19
Aplicación en paredes (anclajes/m2)	12

Rev.04, 11/04/2013

#### Observaciones

1. Producto fabricado bajo licencia de Thermal Ceramics Inc., EE.UU.
2. Los valores indicados son típicos y no deben considerarse como especificados o garantizados.
3. Ver hoja de aplicación del producto.

Carbo San Luis S.A.

Oficinas Comerciales: Talcahuano 736, 4° piso, (C1013AAP) Buenos Aires, Argentina  
Teléfono: 54-11-4373-4439 Fax: 54-11-4372-3331 E-mail: ventas@carbosanluis.com.ar  
Planta Industrial: Calle 106 entre 6 y 8, Parque Industrial Sur, (5700) San Luis, Argentina

Carbo San Luis S.A. está certificado bajo normas  
ISO 14001 - ISO 9001





# **ANEXO V**

## **CARACTERÍSTICAS DEL ACERO AISI 304 EN PLANCHA Y EJE**



## PLANCHAS ACERO INOXIDABLE

### Norma: AISI 304

#### Especificaciones Generales

DESCRIPCIÓN DE ACUERDO A NORMA	JIS	SUS 304
	ASTM	304
	DIN	4301

**ESPEORES** desde 0,40-1,5mm

**DIMENSIONES** 1220 x 2440mm (estándar)  
1220 x otros largos (especial)



**Descripción:** Acero inoxidable aleado al cromo y níquel, muy resistente a la corrosión intergranular y a los ataques químicos del medio ambiente. Posee una buena resistencia a la corrosión del agua, ácidos y soluciones alcalinas si se emplea con superficie pulida a espejo. Se la puede encontrar con acabado ASTM 2B y 1.

#### COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)

C Max	Si Max	Mn	P Max	S Max	Ni	Cr	Mo	Otros
0,08	1	2	0,04	0,03	8 - 10,5	18 - 20	XX	XX

#### PROPIEDADES MECÁNICAS

RESISTENCIA MECÁNICA		PUNTO DE FLUENCIA		Elongación % Min.	PRUEBAS DE DUREZA (MAX)	
Kg/mm <sup>2</sup>	Psi	Kg/mm <sup>2</sup>	Psi		ROCKWELL B	VICKERS
49	69500	18	25500	40	81,7	160

ACERO INOXIDABLE

### Norma: AISI 201

#### Especificaciones Generales

DESCRIPCIÓN DE ACUERDO A NORMA	JIS	SUS 201
	ASTM	201
	DIN	XXX

**ESPEORES** desde 0,70-3mm

**DIMENSIONES** 1220 x 2440mm (estándar)  
1220 x otros largos (especial)



[www.dipacmanta.com](http://www.dipacmanta.com)

## EJES Acero Inoxidable



### Especificaciones Generales

<b>Calidad</b>	AISI 304
<b>Descripción</b>	Acero inoxidable austenítico al cromo-níquel con bajo contenido de carbono. Resiste a la corrosión intercrystalina hasta 300°C. Resiste al efecto corrosivo del medio ambiente, vapor, agua y ácidos, así como de soluciones alcalinas si se emplea con la superficie pulida espejo.
<b>Aplicaciones</b>	industrias alimenticias, cerveceras, azucarera, utensilios domésticos, industria del cuero, farmacéutica, dental etc...
<b>Longitud</b>	6 m

Composición Química						
%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Ni	%Cr
0 - 0.08	0 - 1	0 - 2	0 - 0.045	0 - 0.03	8 - 10.5	18 - 20

Propiedades Mecánicas			
Resistencia Mecánica (N/mm <sup>2</sup> )	Punto de Fluencia (N/mm <sup>2</sup> )	Elongación %Min.	Dureza ROKWELL B
520	220	20	249 - 278

Dimensiones
Díámetro
3/16"
1/4"
5/16"
3/8"
1/2"
5/8"
3/4"
1"
1 1/4"
1 1/2"
2"
2 1/2"
3"
3 1/2"
4"
5"
6"





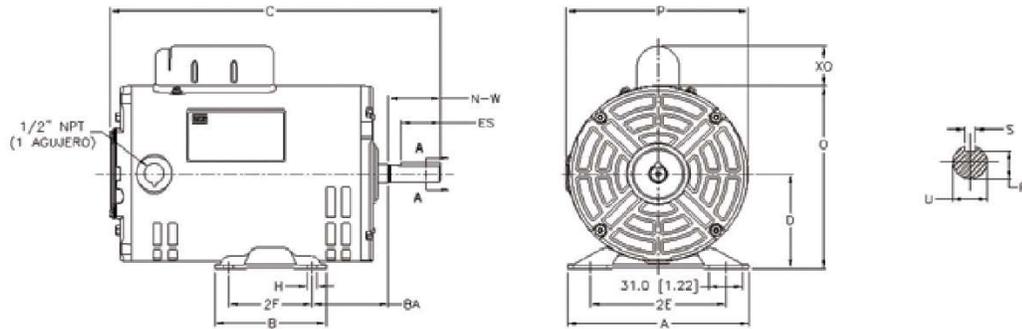
# **ANEXO VI**

## **CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL MOTOR**

**Datos Mecánicos**

Potencia	Polos	Armazón	Código de Referencia	D	2E	2F	BA	H	U	N-W	R	ES Min.	S	C	P	O	XO (1)																																																								
HP	kW																																																																								
0.25	0.187	2	56	.25360S1PA56	88.9 [3.50]	61.976 [2.44]	76.2 [3.00]	69.85 [2.75]	8.636 [0.34]	15.875 [0.6250]	47.752 [1.88]	13.1318 [0.517]	35.814 [1.41]	4.7752 [0.188]	267 [10.5]	147 [5.8]	161 [6.3]	37.5 [1.47]																																																							
		4	56	.25180S1P56											267 [10.5]	147 [5.8]	161 [6.3]																																																								
0.33	0.249	2	56	.33360S1PA56											88.9 [3.50]	61.976 [2.44]	76.2 [3.00]		69.85 [2.75]	8.636 [0.34]	15.875 [0.6250]	47.752 [1.88]	13.1318 [0.517]	35.814 [1.41]	4.7752 [0.188]	277 [10.9]	147 [5.8]	161 [6.3]	37.5 [1.47]																																												
		4	56	.33180S1P56																						277 [10.9]	147 [5.8]	161 [6.3]																																													
0.50	0.373	2	56	.50360S1PA56																						88.9 [3.50]	61.976 [2.44]	76.2 [3.00]		69.85 [2.75]	8.636 [0.34]	15.875 [0.6250]	47.752 [1.88]	13.1318 [0.517]	35.814 [1.41]	4.7752 [0.188]	287 [11.3]	147 [5.8]	161 [6.3]	37.5 [1.47]																																	
		4	56	.50180S1P56																																	287 [11.3]	147 [5.8]	161 [6.3]																																		
0.75	0.560	2	56	.75360S1PA56																																	88.9 [3.50]	61.976 [2.44]	76.2 [3.00]		69.85 [2.75]	8.636 [0.34]	15.875 [0.6250]	47.752 [1.88]	13.1318 [0.517]	35.814 [1.41]	4.7752 [0.188]	287 [11.3]	147 [5.8]	161 [6.3]	37.5 [1.47]																						
		4	56	.75180S1P56																																												287 [11.3]	147 [5.8]	161 [6.3]																							
1.0	0.746	2	56	001360S1P56																																												88.9 [3.50]	61.976 [2.44]	76.2 [3.00]		69.85 [2.75]	8.636 [0.34]	15.875 [0.6250]	47.752 [1.88]	13.1318 [0.517]	35.814 [1.41]	4.7752 [0.188]	312 [12.2]	166 [6.5]	171 [6.7]	37.5 [1.47]											
		4	56	001180S1P56																																																							312 [12.2]	166 [6.5]	171 [6.7]												
1.5	1.119	2	56	001560S1P56																																																							88.9 [3.50]	61.976 [2.44]	76.2 [3.00]		69.85 [2.75]	8.636 [0.34]	15.875 [0.6250]	47.752 [1.88]	13.1318 [0.517]	35.814 [1.41]	4.7752 [0.188]	322 [12.6]	166 [6.5]	171 [6.7]	37.5 [1.47]
		4	56	001580S1P56																																																																		322 [12.6]	166 [6.5]	171 [6.7]	
2.0	1.492	2	56H	002360S1P56	88.9 [3.50]	61.976 [2.44]	127.0 [5.00]	69.85 [2.75]	8.636 [0.34]	15.875 [0.6250]	47.752 [1.88]	13.1318 [0.517]	35.814 [1.41]	4.7752 [0.188]				352 [13.8]																																																				166 [6.5]	171 [6.7]	37.5 [1.47]	
		4	56H	002180S1P56			362 [14.2]											166 [6.5]																																																				171 [6.7]			

Todas las dimensiones estan en mm [pulgadas]  
 (1) La distancia XO varia para motores de doble capacitor.



# **ANEXO VII**

## **CATÁLOGO DE BANDAS EN V, TIPO A**

## HI-POWER® SIZE LISTING

<b>Z</b>		<b>A</b>					
ISO belt ref.	Datum length	ISO belt ref.	Datum length	ISO belt ref.	Datum length	ISO belt ref.	Datum length
	mm ISO		mm ISO		mm ISO		mm ISO
Z-17 <sup>1/2</sup>	470	A-21	570	A-63	1635	A-130	3340
Z-18 <sup>1/2</sup>	495	A-22	595	A-64	1660	A-134	3440
Z-19	505	A-23	620	A-65	1690	A-136	3490
Z-19 <sup>1/2</sup>	520	A-23 <sup>1/2</sup>	630	A-66	1715	A-140	3590
Z-20 <sup>1/2</sup>	550	A-24	645	A-67	1735	A-144	3695
Z-22	580	A-24 <sup>1/2</sup>	655	A-68	1765	A-147	3770
Z-22 <sup>1/2</sup>	595	A-25	680	A-69	1790	A-158	4050
Z-23 <sup>1/2</sup>	620	A-26	705	A-70	1815	A-173	4430
Z-24	630	A-27	720	A-71	1840	A-180	4610
Z-25	655	A-27 <sup>1/2</sup>	730	A-72	1865		
Z-26 <sup>1/2</sup>	695	A-28	745	A-73	1890		
Z-28	730	A-28 <sup>1/2</sup>	755	A-74	1915		
Z-29	755	A-29 <sup>1/2</sup>	780	A-75	1940		
Z-29 <sup>1/2</sup>	770	A-30	795	A-76	1965		
Z-30 <sup>1/2</sup>	795	A-31	825	A-77	1990		
Z-31	805	A-32	850	A-78	2020		
Z-31 <sup>1/2</sup>	820	A-33	875	A-79	2040		
Z-32 <sup>1/2</sup>	845	A-34	900	A-80	2070		
Z-33 <sup>1/2</sup>	870	A-35	925	A-81	2095		
Z-34 <sup>1/2</sup>	895	A-36	950	A-82	2120		
Z-35 <sup>1/2</sup>	920	A-37	975	A-83	2145		
Z-36	930	A-38	1000	A-84	2170		
Z-37	955	A-39	1025	A-85	2195		
Z-37 <sup>1/2</sup>	970	A-40	1055	A-86	2220		
Z-38 <sup>1/2</sup>	995	A-41	1080	A-87	2245		
Z-39	1005	A-41 <sup>1/2</sup>	1090	A-88	2270		
Z-39 <sup>1/2</sup>	1020	A-42	1105	A-89	2295		
Z-41 <sup>1/2</sup>	1070	A-43	1130	A-90	2325		
Z-42	1080	A-44	1155	A-91	2350		
Z-44	1140	A-45	1180	A-92	2375		
Z-45	1170	A-46	1205	A-93	2400		
Z-45 <sup>1/2</sup>	1180	A-47	1230	A-94	2425		
Z-46	1200	A-48	1255	A-95	2450		
Z-47	1220	A-49	1280	A-96	2475		
Z-48	1245	A-50	1310	A-97	2500		
Z-48 <sup>1/2</sup>	1255	A-51	1330	A-98	2525		
Z-49	1270	A-52	1355	A-100	2575		
Z-50	1295	A-53	1385	A-102	2625		
Z-51	1320	A-54	1410	A-104	2680		
Z-52	1340	A-55	1435	A-105	2705		
Z-55	1420	A-56	1460	A-108	2780		
Z-57	1470	A-57	1485	A-110	2830		
Z-59	1520	A-58	1510	A-112	2880		
Z-63 <sup>1/2</sup>	1630	A-59	1535	A-118	3035		
Z-67	1720	A-60	1560	A-120	3085		
Z-71	1820	A-61	1585	A-124	3185		
Z-75	1920	A-62	1610	A-128	3290		

Dimensions in bold are available from stock.



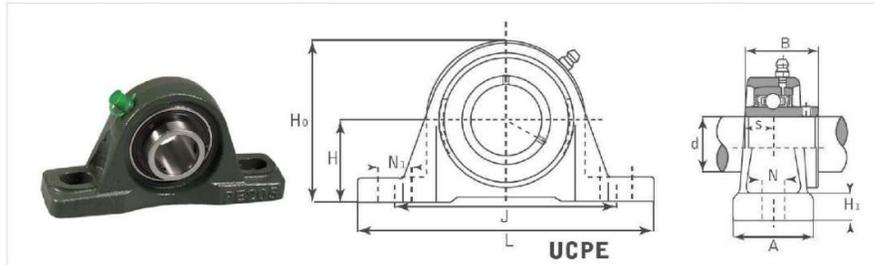
2

# **ANEXO VIII**

## **CATÁLOGO DE SELECCIÓN DE RODAMIENTOS**



Pillow block-UCPE



UCPE

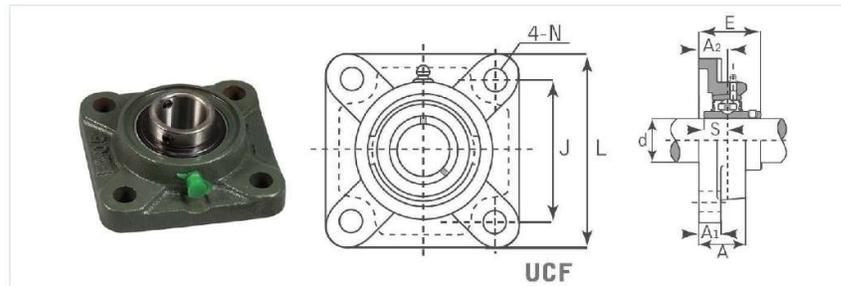
Part No.	Dimension(mm)														Bearing		Housing	Mass
CM8	d	H	L	J	A	N	N1	H1	H0	B	S1	S	Bolt	No.	No.	(kg)		
UCPE201	12	33.3	127	95	38	13	19	14	65	44.5	31	12.7	M10	UC201	PE204	0.93		
UCPE201-8	1/2	1-5/16	5	3-3/4	1-1/2	1/2	3/4	9/16	2-9/16	1-3/4	1.2205	0.5	3/8	UC201-8	PE204	0.93		
UCPE202	15	33.3	127	95	38	13	19	14	65	44.5	31	12.7	M10	UC202	PE204	0.93		
UCPE202-9	9/16	1-5/16	5	3-3/4	1-1/2	1/2	3/4	9/16	2-9/16	1-3/4	1.2205	0.5	3/8	UC202-9	PE204	0.93		
UCPE202-10	5/8	1-5/16	5	3-3/4	1-1/2	1/2	3/4	9/16	2-9/16	1-3/4	1.2205	0.5	3/8	UC202-10	PE204	0.93		
UCPE203	17	33.3	127	95	38	13	19	14	65	44.5	31	12.7	M10	UC203	PE204	0.92		
UCPE203-11	11/16	1-5/16	5	3-3/4	1-1/2	1/2	3/4	9/16	2-9/16	1-3/4	1.2205	0.5	3/8	UC203-11	PE204	0.91		
UCPE204	20	33.3	127	95	38	13	19	14	65	44.5	31	12.7	M10	UC204	PE204	0.76		
UCPE204-12	3/4	1-5/16	5	3-3/4	1-1/2	1/2	3/4	9/16	2-9/16	1-3/4	1.2205	0.5	3/8	UC204-12	PE204	0.76		
UCPE205	25	36.5	140	105	38	13	19	15	71	48	34.1	14.3	M10	UC205	PE205	0.94		
UCPE205-13	13/16	1-7/16	5-1/2	4-1/8	1-1/2	1/2	3/4	19/32	2-25/32	1-57/64	1.3425	0.563	3/8	UC205-13	PE205	0.98		
UCPE205-14	7/8	1-7/16	5-1/2	4-1/8	1-1/2	1/2	3/4	19/32	2-25/32	1-57/64	1.3425	0.563	3/8	UC205-14	PE205	0.96		
UCPE205-15	15/16	1-7/16	5-1/2	4-1/8	1-1/2	1/2	3/4	19/32	2-25/32	1-57/64	1.3425	0.563	3/8	UC205-15	PE205	0.95		
UCPE205-16	1	1-7/16	5-1/2	4-1/8	1-1/2	1/2	3/4	19/32	2-25/32	1-57/64	1.3425	0.563	3/8	UC205-16	PE205	0.94		
UCPE206	30	42.9	160	121	44	17	20	17	84	53	38.1	15.9	M14	UC206	PE206	1.41		
UCPE206-17	1-1/16	1-11/16	6-19/64	4-3/4	1-47/64	43/64	25/32	21/32	3-5/16	2-5/64	1.5	0.626	1/2	UC206-17	PE206	1.44		
UCPE206-18	1-1/8	1-11/16	6-19/64	4-3/4	1-47/64	43/64	25/32	21/32	3-5/16	2-5/64	1.5	0.626	1/2	UC206-18	PE206	1.43		
UCPE206-19	1-3/16	1-11/16	6-19/64	4-3/4	1-47/64	43/64	25/32	21/32	3-5/16	2-5/64	1.5	0.626	1/2	UC206-19	PE206	1.41		
UCPE206-20	1-1/4	1-11/16	6-19/64	4-3/4	1-47/64	43/64	25/32	21/32	3-5/16	2-5/64	1.5	0.626	1/2	UC206-20	PE206	1.4		
UCPE207	35	47.5	167	127	48	17	20	18	93	59.5	42.9	17.5	M14	UC207	PE207	1.84		
UCPE207-20	1-1/4	1-7/8	6-9/16	5	1-7/8	43/64	25/32	45/64	3-21/32	2-11/32	1.689	0.689	1/2	UC207-20	PE207	1.9		
UCPE207-21	1-5/16	1-7/8	6-9/16	5	1-7/8	43/64	25/32	45/64	3-21/32	2-11/32	1.689	0.689	1/2	UC207-21	PE207	1.87		
UCPE207-22	1-3/8	1-7/8	6-9/16	5	1-7/8	43/64	25/32	45/64	3-21/32	2-11/32	1.689	0.689	1/2	UC207-22	PE207	1.84		
UCPE207-23	1-7/16	1-7/8	6-9/16	5	1-7/8	43/64	25/32	45/64	3-21/32	2-11/32	1.689	0.689	1/2	UC207-23	PE207	1.81		
UCPE208	40	49.2	184	137	54	17	20	18	100	69	49.2	19	M14	UC208	PE208	2.2		
UCPE208-24	1-1/2	1-15/16	7-1/4	5-13/32	2-1/8	43/64	25/32	45/64	3-15/16	2-23/32	1.937	0.748	1/2	UC208-24	PE208	2.24		
UCPE208-25	1-9/16	1-15/16	7-1/4	5-13/32	2-1/8	43/64	25/32	45/64	3-15/16	2-23/32	1.937	0.748	1/2	UC208-25	PE208	2.21		
UCPE209	45	54	190	146	54	17	20	20	106	69	49.2	19	M14	UC209	PE209	2.52		
UCPE209-26	1-5/8	2-1/8	7-15/32	5-3/4	2-1/8	43/64	25/32	25/32	4-11/64	2-23/32	1.937	0.748	1/2	UC209-26	PE209	2.62		
UCPE209-27	1-11/16	2-1/8	7-15/32	5-3/4	2-1/8	43/64	25/32	25/32	4-11/64	2-23/32	1.937	0.748	1/2	UC209-27	PE209	2.58		
UCPE209-28	1-3/4	2-1/8	7-15/32	5-3/4	2-1/8	43/64	25/32	25/32	4-11/64	2-23/32	1.937	0.748	1/2	UC209-28	PE209	2.52		
UCPE210	50	57.2	206	159	60	20	23	21	113	74.5	51.6	19	M16	UC210	PE210	3.1		
IUCPE210-29	1-13/16	2-1/4	8-1/8	6-1/4	2-3/8	25/32	29/32	53/64	4-29/64	2-15/16	2.0315	0.748	5/8	UC210-29	PE210	3.22		
UCPE210-30	1-7/8	2-1/4	8-1/8	6-1/4	2-3/8	25/32	29/32	53/64	4-29/64	2-15/16	2.0315	0.748	5/8	UC210-30	PE210	3.17		
UCPE210-31	1-15/16	2-1/4	8-1/8	6-1/4	2-3/8	25/32	29/32	53/64	4-29/64	2-15/16	2.0315	0.748	5/8	UC210-31	PE210	3.12		
UCPE210-32	2	2-1/4	8-1/8	6-1/4	2-3/8	25/32	29/32	53/64	4-29/64	2-15/16	2.0315	0.748	5/8	UC210-32	PE210	3.08		
UCPE211	55	63.5	219	171	60	20	23	23	125	76	55.6	22.2	M16	UC211	PE211	3.81		
UCPE211-32	2	2-1/2	8-5/8	6-47/64	2-3/8	25/32	29/32	29/32	4-59/64	3	2.189	0.874	5/8	UC211-32	PE211	3.96		
UCPE211-33	2-1/16	2-1/2	8-5/8	6-47/64	2-3/8	25/32	29/32	29/32	4-59/64	3	2.189	0.874	5/8	UC211-33	PE211	3.9		
UCPE211-34	2-1/8	2-1/2	8-5/8	6-47/64	2-3/8	25/32	29/32	29/32	4-59/64	3	2.189	0.874	5/8	UC211-34	PE211	3.85		
UCPE211-35	2-3/16	2-1/2	8-5/8	6-47/64	2-3/8	25/32	29/32	29/32	4-59/64	3	2.189	0.874	5/8	UC211-35	PE211	3.79		

# **ANEXO IX**

## **DATOS TÉCNICOS DE LAS UNIDADES DE RODAMIENTO**



Bearing with flange units-UCF



UCF200													
Part No.	Dimension(mm)										Bearing	Housing	Mass
CMB	d	L	J	A	A1	N	E	B	S	Bolt	No.	No.	(kg)
UCF201	12	86	64	25.4	12	12	33.3	31	12.7	M10	UC201	F204	0.6
UCF201-8	1/2	3-3/8	2-33/64	1	15/32	15/32	1-5/16	1.2205	0.5	3/8	UC201-8	F204	0.59
UCF202	15	86	64	25.45	12	12	33.3	31	12.7	M10	UC202	F204	0.59
UCF202-9	9/16	3-3/8	2-33/64	1	15/32	15/32	1-5/16	1.2205	0.5	3/8	UC202-9	F204	0.59
UCF202-10	5/8	3-3/8	2-33/64	1	15/32	15/32	1-5/16	1.2205	0.5	3/8	UC202-10	F204	0.59
UCF203	17	86	64	25.5	12	12	33.3	31	12.7	M10	UC203	F204	0.58
UCF203-11	11/16	3-3/8	2-33/64	1	15/32	15/32	1-5/16	1.2205	0.5	3/8	UC203-11	F204	0.57
UCF204	20	86	64	25.5	12	12	33.3	31	12.7	M10	UC204	F204	0.56
UCF204-12	3/4	3-3/8	2-33/64	1	15/32	15/32	1-5/16	1.2205	0.5	3/8	UC204-12	F204	0.56
UCF205	25	95	70	27	14	12	35.8	34.1	14.3	M10	UC205	F205	0.8
UCF205-13	13/16	3-3/4	2-3/4	1-1/16	35/64	15/32	1-13/32	1.3425	0.563	3/8	UC205-13	F205	0.84
UCF205-14	7/8	3-3/4	2-3/4	1-1/16	35/64	15/32	1-13/32	1.3425	0.563	3/8	UC205-14	F205	0.83
UCF205-15	15/16	3-3/4	2-3/4	1-1/16	35/64	15/32	1-13/32	1.3425	0.563	3/8	UC205-15	F205	0.81
UCF205-15	1	3-3/4	2-3/4	1-1/16	35/64	15/32	1-13/32	1.3425	0.563	3/8	UC205-16	F205	0.8
UCF206	30	108	83	31	14	12	40.2	38.1	15.9	M10	UC206	F206	1.12
UCF206-17	1-1/16	4-1/4	3-17/64	1-7/32	35/64	15/32	1-19/32	1.5	0.626	3/8	UC206-17	F206	1.15
UCF206-18	1-1/8	4-1/4	3-17/64	1-7/32	35/64	15/32	1-19/32	1.5	0.626	3/8	UC206-18	F206	1.14
UCF206-19	1-3/16	4-1/4	3-17/64	1-7/32	35/64	15/32	1-19/32	1.5	0.626	3/8	UC206-19	F206	1.12
UCF206-20	1-1/4	4-1/4	3-17/64	1-7/32	35/64	15/32	1-19/32	1.5	0.626	3/8	UC206-20	F206	1.11
UCF207	35	117	92	34	16	14	44.4	42.9	17.5	M12	UC207	F207	1.46
UCF207-20	1-1/4	4-39/64	3-5/8	1-11/32	5/8	35/64	1-3/4	1.689	0.689	7/16	UC207-20	F207	1.52
UCF207-21	1-5/16	4-39/64	3-5/8	1-11/32	5/8	35/64	1-3/4	1.689	0.689	7/16	UC207-21	F207	1.49
UCF207-22	1-3/8	4-39/64	3-5/8	1-11/32	5/8	35/64	1-3/4	1.689	0.689	7/16	UC207-22	F207	1.46
UCF207-23	1-7/16	4-39/64	3-5/8	1-11/32	5/8	35/64	1-3/4	1.689	0.689	7/16	UC207-23	F207	1.43
UCF208	40	130	102	36	16	16	51.2	49.2	19	M14	UC208	F208	1.84
UCF208-24	1-1/2	5-1/8	4-1/64	1-27/64	5/8	5/8	2-1/64	1.937	0.748	1/2	UC208-24	F208	1.88
UCF208-25	1-9/16	5-1/8	4-1/64	1-27/64	5/8	5/8	2-1/64	1.937	0.748	1/2	UC208-25	F208	1.85
UCF209	45	137	105	38	18	16	52.2	49.2	19	M14	UC209	F209	2.15
UCF209-26	1-5/8	5-13/32	4-9/64	1-1/2	23/32	5/8	2-1/16	1.937	0.748	1/2	UC209-26	F209	2.26
UCF209-27	1-11/16	5-13/32	4-9/64	1-1/2	23/32	5/8	2-1/16	1.937	0.748	1/2	UC209-27	F209	2.21
UCF209-28	1-3/4	5-13/32	4-9/64	1-1/2	23/32	5/8	2-1/16	1.937	0.748	1/2	UC209-28	F209	2.17
UCF210	50	143	111	40	18	16	54.6	51.6	19	M14	UC210	F210	2.42
UCF210-29	1-13/16	5-5/8	4-3/8	1-9/16	23/32	5/8	2-5/32	2.0315	0.748	1/2	UC210-29	F210	2.54
UCF210-30	1-7/8	5-5/8	4-3/8	1-9/16	23/32	5/8	2-5/32	2.0315	0.748	1/2	UC210-30	F210	2.49
UCF210-31	1-15/16	5-5/8	4-3/8	1-9/16	23/32	5/8	2-5/32	2.0315	0.748	1/2	UC210-31	F210	2.44
UCF210-32	2	5-5/8	4-3/8	1-9/16	23/32	5/8	2-5/32	2.0315	0.748	1/2	UC210-32	F210	2.4
UCF211	55	162	130	43	20	19	58.4	55.6	22.2	M16	UC211	F211	3.31
UCF211-32	2	6-3/8	5-1/8	1-11/16	25/32	3/4	2-5/16	2.189	0.874	5/8	UC211-32	F211	3.46
UCF211-33	2-1/16	6-3/8	5-1/8	1-11/16	25/32	3/4	2-5/16	2.189	0.874	5/8	UC211-33	F211	3.4
UCF211-34	2-1/8	6-3/8	5-1/8	1-11/16	25/32	3/4	2-5/16	2.189	0.874	5/8	UC211-34	F211	3.35
UCF211-35	2-3/16	6-3/8	5-1/8	1-11/16	25/32	3/4	2-5/16	2.189	0.874	5/8	UC211-35	F211	3.29
UCF212	60	175	143	48	20	19	68.7	65.1	25.4	M16	UC212	F212	4.28
UCF212-36	2-1/4	6-57/64	5-5/8	1-57/64	25/32	3/4	2-45/64	2.563	1	5/8	UC212-36	F212	4.41
UCF212-37	2-5/16	6-57/64	5-5/8	1-57/64	25/32	3/4	2-45/64	2.563	1	5/8	UC212-37	F212	4.33
UCF212-38	2-3/8	6-57/64	5-5/8	1-57/64	25/32	3/4	2-45/64	2.563	1	5/8	UC212-38	F212	4.26
UCF212-39	2-7/16	6-57/64	5-5/8	1-57/64	25/32	3/4	2-45/64	2.563	1	5/8	UC212-39	F212	4.19
UCF213	65	187	149	50	22	19	69.7	65.1	25.4	M16	UC213	F213	4.99
UCF213-40	2-1/2	7-23/64	5-55/64	1-31/32	55/64	3/4	2-3/4	2.563	1	5/8	UC213-40	F213	5.08

# **ANEXO X**

## **CATÁLOGO DE TUBOS ESTRUCTURALES CUADRADOS**



**DIPAC**<sup>®</sup>  
PRODUCTOS DE ACERO

CUADRADO

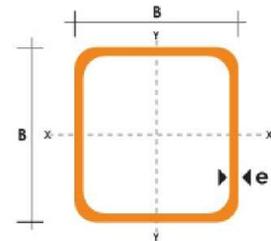
## TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

### Especificaciones Generales

<b>Norma</b>	ASTM A-500
<b>Recubrimiento</b>	Negro o galvanizado
<b>Largo normal</b>	6.00m
<b>Otros largos</b>	Previa Consulta
<b>Dimensiones</b>	Desde 20.00mm a 100.00mm
<b>Espesor</b>	Desde 2.00mm a 3.00mm



DIMENSIONES			AREA	EJES X-Xe Y-Y		
A	ESPESOR	PESO	AREA	I	W	i
mm	mm	Kg/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm
20	1,2	0,72	0,90	0,53	0,53	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,58	0,58	0,74
20	2,0	1,15	1,34	0,69	0,69	0,72
25	1,2	0,90	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
25	2,0	1,47	1,74	1,48	1,18	0,92
30	1,2	1,09	1,38	1,91	1,28	1,18
30	1,5	1,35	1,65	2,19	1,46	1,15
30	2,0	1,78	2,14	2,71	1,81	1,13
40	1,2	1,47	1,80	4,38	2,19	1,25
40	1,5	1,82	2,25	5,48	2,74	1,56
40	2,0	2,41	2,94	6,93	3,46	1,54
40	3,0	3,54	4,44	10,20	5,10	1,52
50	1,5	2,29	2,85	11,06	4,42	1,97
50	2,0	3,03	3,74	14,13	5,65	1,94
50	3,0	4,48	5,61	21,20	8,48	1,91
60	2,0	3,66	3,74	21,26	7,09	2,39
60	3,0	5,42	6,61	35,06	11,69	2,34
75	2,0	4,52	5,74	50,47	13,46	2,97
75	3,0	6,71	8,41	71,54	19,08	2,92
75	4,0	8,59	10,95	89,98	24,00	2,87
100	2,0	6,17	7,74	122,99	24,60	3,99
100	3,0	9,17	11,41	176,95	35,39	3,94
100	4,0	12,13	14,95	226,09	45,22	3,89
100	5,0	14,40	18,36	270,57	54,11	3,84



# **ANEXO XI**

## **CARACTERÍSTICAS DEL EJE AISI-1018**

## EJES ACERO DE TRANSMISIÓN



### Especificaciones Generales

<b>Calidad</b>	AISI 1018
<b>Descripción</b>	Es un acero de cementación no aleado principalmente utilizado para la elaboración de piezas pequeñas, exigidas al desgaste y donde la dureza del núcleo no es muy importante.
<b>Aplicaciones</b>	Levas, uniones, bujes, pines, pivotes, pernos grado 3
<b>Longitud</b>	6 m

EJES

Composición Química				
%C	%Si	%Mn	%P	%S
0 - 0.20	0 - 0.25	0 - 0.70	0 - 0.04	0 - 0.05

Propiedades Mecánicas			
Resistencia Mecánica (N/mm <sup>2</sup> )	Punto de Fluencia (N/mm <sup>2</sup> )	Elongación %Min.	Dureza ROKWELL B
410 - 520	235	20	143

Dimensiones
Díámetro
3/8"
1/4"
5/8"
3/4"
7/8"
1"
1 1/4"
1 1/2"
1 3/4"
2"
2 1/4"
2 1/2"
2 3/4"
3"
4"
5"
6"



# **ANEXO XII**

## **CARACTERÍSTICAS DEL ELECTRODO TIG 308 L**



# **ANEXO**

## **XIII**

### **CARACTERÍSTICAS DEL LUBRICANTE DE GRADO ALIMENTICIO**

## INFORMACIÓN DE PRODUCTOS

GRASA PARA MÁQUINAS  
ALIMENTARIAS CLARION®, NO. 2

Fecha 03/12

- DESCRIPCIÓN:** La Grasa para Máquinas Alimentarias Clarion, No. 2 lubrica efectivamente la mayoría de las máquinas utilizadas para fabricar, elaborar, envasar y almacenar productos alimentarios. El rango de temperatura aproximado de esta grasa NLGI No. 2 es de 0 a 275°F (-18 a +135°C). La Grasa para Máquinas Alimentarias Clarion, No. 2 es muy resistente al lavado por agua y es insoluble en agua. La textura es suave, mantequillosa y adhesiva. La grasa tiene un olor neutro atenuado a petróleo y es de color transparente ligeramente nublado. La grasa no mancha.
- CUALIDADES:** Grasa de olor neutro atenuado a petróleo, no manchante y no pigmentada. El aceite mineral utilizado para preparar esta grasa es Aceite Mineral Blanco de Uso Alimentario y cumple con los reglamentos FDA 21 CFR 172.878 y 178.3620(a). Es muy resistente al lavado por agua e insoluble en agua. El producto terminado cumple con el reglamento FDA 21 CFR 178.3570 "Lubricantes con contacto accidental con alimentos".
- APLICACIONES:** Máquinas de elaboración y envasado de alimentos donde existe la posibilidad de contacto accidental. Lubricación de bombas de pozos de agua y máquinas de sistemas de agua en los cuales se requiere o se desea un lubricante certificado según las normas NSF/ANSI Standard 60 y/o NSF/ANSI Standard 61.
- CLASIFICACIÓN:** **Certificado según las normas NSF/ANSI Standard 60: Productos Químicos para Tratamiento del Agua Potable—Efectos sobre la Salud, y NSF/ANSI Standard 61: Componentes de los Sistemas de Agua Potable—Efectos sobre la Salud**
- Registro NSF H1** — Enumerada en el "Registro de Sustancias Patentadas y Compuestos No Alimenticios de la NSF". Estos productos están autorizados para ser utilizados bajo los Programas de Inspección y Calificación del USDA.
- NSF H1 - Lubricantes con contacto accidental (Definición)**  
"Estos compuestos pueden ser utilizados como lubricantes o como películas antioxidantes en equipos y piezas de maquinarias en ubicaciones donde existe un contacto de la parte lubricada con productos comestibles. También pueden utilizarse como agente antiadherente en junta o sellos de los cierres de tanques. La cantidad utilizada debería ser la mínima necesaria para lograr el efecto técnico deseado en el equipo. Si se utiliza como película antioxidante, el compuesto debe ser eliminado de la superficie del equipo por lavado o limpieza, como sea necesario para dejar la superficie efectivamente libre de cualquier sustancia que pueda ser transferida a los alimentos que están siendo procesados."



(Continúa)

GRASA PARA MÁQUINAS  
ALIMENTARIAS CLARION®, NO. 2



Fecha 03/12 - (Continuación)

**PROPIEDADES TÍPICAS:**

**GRASA PARA MÁQUINAS ALIMENTARIAS CLARION®, NO. 2**

Número de Consistencia NLGI	2
Código de Material	655699009
Espesante	Jabón de Calcio Anhidro
Textura	Suave, Mantequillosa, Adhesiva
Agentes de Carga	Ninguno
Color, Observado	Transparente, Ligeramente Nublado (Puede tener un ligero tono amarillo después de su almacenamiento)
Penetración Trabajada 60 Golpes, ASTM D-217	265-295
Punto de Gota, ASTM D-566, °F (°C)	290 (143)
Lavado por Agua, ASTM D-1264, % pérdida a 100°F	2,4
Separación de Aceite, ASTM D-1742, % pérdida	3,6
Rango de Temperatura de Aplicación Aproximado, °F (°C)	0 a 275 (-18 A 135)
Registro NSF (Número de Registro)	H1 (124598)
Certificado según NSF/ANSI Standard 60	✓
Certificado según NSF/ANSI Standard 61	✓
FDA, 21 CFR 178.3570	✓
Viscosidades del Fluido Base, a 100°F, cSt (SUS)	194 (899)
Índice de Viscosidad	140

## GLOSARIO

**Suelo franco:** parte superficial del terreno cuya composición cuantitativa está en proporciones óptimas; suelo de elevada productividad agrícola, en virtud de su: textura, fertilidad y humedad.

**Suelo franco arenoso:** contiene más arena que el suelo franco común, alterando su drenaje, textura y habilidad para retener nutrientes.

**Lisina:** aminoácido fundamental para el ser humano, componente de las proteínas sintetizadas por los seres vivos.

**Metionina:** aminoácido que contiene azufre y es importante en muchas funciones corporales, es un agente quelante de metales pesados.

**Treonina:** aminoácido esencial que ocurre naturalmente en la forma L-treonina, uno de los veinte aminoácidos que componen las proteínas.

**Triptófano:** aminoácido necesario para el crecimiento normal en los bebés y para el equilibrio de nitrógeno en los adultos. Es un precursor de alcaloides de índole en las plantas. que es un precursor de la serotonina (de ahí su uso como un antidepresivo y ayuda para dormir).

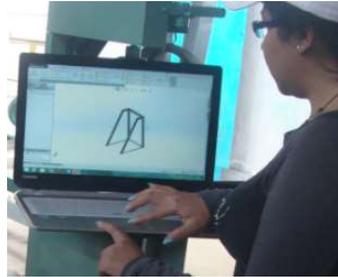
**Fenilalanina:** aminoácido de estructura aromática presente en las proteínas y de carácter biológicamente esencial en el hombre.

**Celiaquía:** también conocida como enfermedad celíaca, producida por una intolerancia permanente al gluten.

### DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA TOSTADORA



Estructura interna



Estructura de soporte



Ensamblaje

### CONSTRUCCIÓN DE LA TOSTADORA



Corte de la plancha de acero AISI 304



Pulido



Soldado

### ENSAMBLE DE LA MÁQUINA TOSTADORA



Estructura de soporte



Cámara de tostado



Cámara de calentamiento

### INSTALACIÓN DE LAS PARTES DE SEGURIDAD DE LA TOSTADORA



Aislante térmico



Guarda de seguridad



Etiquetas de seguridad

### PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO



Velocidad de 10 rpm



Extracción del  
Café de quinua



Calentamiento

### MÁQUINA TOSTADORA DE CAFÉ DE QUINUA



### DEFENSA PRIVADA DEL PROYECTO DE TESIS



## NOTA PERIODÍSTICA DEL DIARIO EL NORTE

● **DESARROLLO** / La UTN empeñada en el cambio de la matriz productiva del país

# Máquina tostadora de café, aporte al desarrollo

**BLANCA ROSITA MORETA**  
blanca@elnorte.com  
@BlancaRositaMoreta

**IBARRA**

No solo el apellido es común en Jenifer Pozo y Lenin Pozo, les une muchas cosas en común; son apasionados por la robótica.

Están a punto de conseguir el título de ingenieros en Mecatrónica, en la Universidad Técnica del Norte, de Ibarra. Para la consecución de su carrera universitaria han diseñado una máquina tostadora, que puede servir para granos, café y otros.

El diseño de esta máquina, partió luego de mirar como una familia que tiene un microemprendimiento de producción de café de quinua. Lo hacen de forma artesanal, como es usar la cocina de leña, un tiesto para cocer las especias y el tiempo que implica esta actividad que casi no resulta rentable, explica Lenin Pozo.

Apegados a las necesidades de ellos, decidimos diseñar la maquinaria que no llevó más de un año, cuenta Jenifer Pozo.

### DESARROLLO

Este trabajo consiste en diseñar e implementar un tostador de resistencias eléctricas para una capacidad única de 25 libras de café de quinua. Las harinas son colocadas de forma manual en una cuba cilíndrica, con las proporciones ya establecidas. La máquina permite precalentar, tostar, enfriar y extraer la mezcla con el uso de un calentamiento por resistencias eléctricas y un sistema de agitación por paletas.

Las resistencias eléctricas tienen una potencia adecuada para poder alcanzar las temperaturas requeridas. El sistema de agitación es accionado por un motor y servirá tanto para revolver la mezcla en el tostado y enfriado, como para la extracción de la mezcla al momento de terminar el proceso.

El sistema será capaz de controlar el calentamiento por resistencias eléctricas y el sistema de agitación, permitiendo mantener la temperatura determinada.

Para el calentamiento se utilizará una etapa de medición de temperatura de la mezcla, la que servirá



Gustavo Mosquera (I), Jeniffer Pozo y Lenin Pozo, creadores de la tostadora de café. Foto: Eduardo Cell

### Máquina tostadora



● La tostadora permite precalentar, tostar, enfriar y extraer la mezcla con el uso del calentamiento por resistencias eléctricas y un sistema de agitación por paletas.

● El café de quinua es un emprendimiento de una familia del sector El Tejar en el cantón Pimampiro que lo elabora y produce de forma artesanal. Esta máquina ayudará con el tostado.



La máquina tostadora requiere 220 voltios de energía para su funcionamiento. Su vida útil es de 10 años.

únicamente para controlar el calor proporcionado por el calentador de resistencias y así cumplir con los valores establecidos.

### IMPACTOS

Este trabajo se justifica por los siguientes impactos que se generaran: Se contri-

buye con los artesanos de café de quinua por lograr simplificar el proceso de tostado y que este sea autónomo, permitiendo que se ocupe el tiempo en la demás actividad necesaria para el sustento familiar.

Esto además fomentará el uso de la quinua como ingrediente principal en la elaboración de alimentos y productos saludables.

El remplazo de la leña como medio de calentamiento beneficiará al artesano disminuyendo los riesgos como quemaduras, sofocación y problema respiratorios, mejorando la seguridad y la salud del individuo.