



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

TITULO: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA REFINADORA DE CACAO PARA MEJORAR LA VISCOSIDAD DEL CHOCOLATE Y REDUCIR EL TIEMPO DE PRODUCCIÓN, EN LA MICROEMPRESA CHOCOLATES MONGE UBICADA EN EL CANTÓN PUJILÍ.”

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de
Ingeniero Electromecánico

Autores:

Gualan Puchaicela Angel Eduardo
Riera Jimenez Alex Geovanny

Tutor:

Ms.C. Reinoso Peñaherrera Héctor Raúl

Asesor:

Ms.C. Barbosa Galarza José Efrén

Latacunga – Ecuador

Julio 2019



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Nosotros, Gualan Puchaicela Angel Eduardo y Riera Jimenez Alex Geovanny, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA REFINADORA DE CACAO PARA MEJORAR LA VISCOSIDAD DEL CHOCOLATE Y REDUCIR EL TIEMPO DE PRODUCCIÓN, EN LA MICROEMPRESA CHOCOLATES MONGE UBICADA EN EL CANTÓN PUJILÍ”**, siendo el Ms.C. Reinoso Peñaherrera Héctor Raúl, tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, Julio, 2019.

Autores

Gualan Puchaicela Angel Eduardo
C.C.: 1727887257

Riera Jimenez Alex Geovanny
C.C.: 0503853368



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Director del Trabajo de Investigación sobre el título:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA REFINADORA DE CACAO PARA MEJORAR LA VISCOSIDAD DEL CHOCOLATE Y REDUCIR EL TIEMPO DE PRODUCCIÓN, EN LA MICROEMPRESA CHOCOLATES MONGE UBICADA EN EL CANTÓN PUJILÍ”, de los señores: Gualan Puchaicela Angel Eduardo y Riera Jimenez Alex Geovanny, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Julio, 2019.

El tutor

Ing. Reinoso Peñaherrera Héctor Raúl; Ms.C.
C.C.: 0502150899



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica Cotopaxi, y por la FACULTAD de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Gualan Puchaicela Angel Eduardo y Riera Jimenez Alex Geovanny con el título de Proyecto de titulación: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA REFINADORA DE CACAO PARA MEJORAR LA VISCOSIDAD DEL CHOCOLATE Y REDUCIR EL TIEMPO DE PRODUCCIÓN, EN LA MICROEMPRESA CHOCOLATES MONGE UBICADA EN EL CANTÓN PUJILÍ”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúnen los méritos suficientes para ser sometidos al acto de Sustentación del Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Julio, 2019.

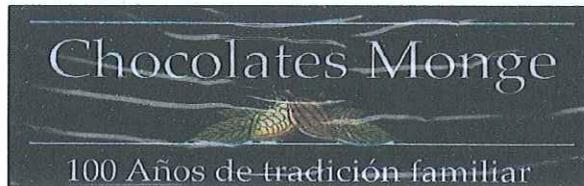
Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)
Nombre: Ing. Albarracín Álvarez
Mauro Darío; Ms.C.
C.C.: 0503113730

Lector 2
Nombre: Ing. Cevallos Betún
Segundo Ángel; Ms.C.
C.C.: 0501782437

Lector 3
Nombre: Ing. Navarrete López
Luis Miguel; Ms.C.
C.C.: 1803747284

AVAL DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA
MICROEMPRESA “CHOCOLATES MONGE”



Quien suscribe, Sr. Monge Herrera Henry Wilfrido en calidad de Gerente propietario de la microempresa “Chocolates Monge”, **CERTIFICO** que los Señores: Gualan Puchaicela Angel Eduardo y Riera Jimenez Alex Geovanny, realizaron en las instalaciones de la microempresa el proyecto titulado: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA REFINADORA DE CACAO PARA MEJORAR LA VISCOSIDAD DEL CHOCOLATE Y REDUCIR EL TIEMPO DE PRODUCCIÓN, EN LA MICROEMPRESA CHOCOLATES MONGE UBICADA EN EL CANTÓN PUJILÍ”**. En la ejecución de dicho proyecto los Señores demostraron habilidades y conocimientos en su especialidad; así también generaron resultados que les serán de gran utilidad al área electromecánica, por cuanto se enfocaron en solucionar el problema, e implementar el proyecto descrito que ayudara al proceso productivo, demostrando que estoy **CONFORME** con el funcionamiento de la máquina.

Durante su estadía los Señores en mención se hicieron acreedores de nuestra confianza por la responsabilidad, honestidad y profesionalismo demostrado.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los interesados dar uso a este documento como estimen conveniente.

Latacunga, Julio del 2019.

Atentamente.

Chocolates Monge
Hilda Unaicho Ch.
Pujilí - Ecuador



Sr. Monge Herrera Henry Wilfrido
C.C.: 0501955231

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme la vida, salud y sabiduría por haberme guiado a cumplir mis metas planteadas por el camino correcto, junto a mi familia.

De igual manera a mis padres por su amor, educación por llenar mi vida con valiosos consejos que me dan para ser una persona de bien y seguir adelante cada día.

Con gran gratitud agradezco de gran manera a la distinguida Universidad Técnica de Cotopaxi que me ha encaminado al camino del conocimiento y formación profesional.

Gualan Puchaicela Angel Eduardo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la vida que Dios me supo dar, por todas sus bendiciones que me ayudan a cumplir mis metas.

De igual manera a mis padres por su amor, educación por llenar mi vida con valiosos consejos que me dan para ser una persona de bien y seguir adelante cada día.

A mi tutor y a todos los docentes que me han brindado sus conocimientos y experiencias gracias a ellos he obtenido la virtud de conocer grandes cosas importantes que además me ayudaron a crecer en el ámbito profesional.

Riera Jimenez Alex Geovanny

DEDICATORIA

A Dios por ser mi fortaleza en todo momento de debilidad por brindarme la bendición de la salud y permitirme culminar mis estudios.

Este trabajo lo dedico con toda admiración, respeto y amor a los pilares principales de mi vida a mis padres Gualan Puchaicela Ana Mercedes y Puchaicela Sarango Segundo Raul que me han apoyado en todo momento con gran esfuerzo y sacrificio en la trayectoria de mis estudios.

A mis hermanos por estar de manera incondicional en todo momento apoyándome.

Gualan Puchaicela Angel Eduardo

DEDICATORIA

Esta propuesta tecnológica se la dedico principalmente a Dios por protegerme y guiarme por buenos caminos.

Dedico con todo el cariño y amor a mi inspiración, mis padres Kleber Riera y Marlene Jimenez, esta meta fue alcanzada gracias al el esfuerzo y trabajo constante de ellos.

A mis hermanas y sobrina por la compañía que me brindan, por compartir momentos de alegría y tristeza.

A todos mis familiares que son muy valiosos para mí, que me ayudan con su granito de arena a conseguir grandes cosas.

Riera Jimenez Alex Geovanny

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA.....	viii
DEDICATORIA.....	ix
ÍNDICE GENERAL.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvii
RESUMEN	xviii
ABSTRACT	xix
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xx
1. INFORMACIÓN BÁSICA	1
PROPUESTO POR:	1
TEMA APROBADO:.....	1
CARRERA:	1
DIRECTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA:	1
EQUIPO DE TRABAJO:	1
LUGAR DE EJECUCIÓN:	2
TIEMPO DE DURACIÓN DE LA PROPUESTA:	2
FECHA DE ENTREGA:	2
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD:.....	2
SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN DE LA CARRERA:	2
TIPO DE PROPUESTA TECNOLÓGICA:.....	2
2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	2
2.1. Título de la propuesta tecnológica.....	2
2.2. Tipo de alcance.....	2
2.3. Área del conocimiento.....	3
2.4. Sinopsis de la propuesta tecnológica	3

2.5. Objeto de estudio y campo de acción	3
2.5.1. Objeto de estudio	3
2.5.2. Campo de acción	3
2.6. Situación problémica y problema	4
2.6.1. Situación problémica	4
2.6.2. Problema.....	5
2.7. Formulación de pregunta directriz.....	5
2.8. Objetivo	5
2.8.1. Objetivo general	5
2.8.2. Objetivos específicos.....	5
2.9. Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos.....	6
3. MARCO TEÓRICO	8
3.1. Antecedentes.....	8
3.2. Materia prima en la producción del chocolate.....	9
3.3. Proceso industrial para las tabletas de chocolate.....	10
3.3.1. Secado de la semilla	10
3.3.2. Tostado de la semilla	11
3.3.3. Pelado de la semilla	11
3.3.4. Triturado de la semilla.....	12
3.3.5. Molido de la pasta de cacao.....	12
3.3.6. Refinado de la pasta de cacao.....	13
3.3.7. Enfriamiento del chocolate.....	14
3.3.8. Tabletas de chocolate.....	14
3.4 Tipos de máquinas y sistemas térmicos para las refinadoras	15
3.4.1. Refinadoras de rodillos.....	15
3.4.2. Refinadoras de piedra	15
3.4.3. Refinadoras de esferas	16
3.4.4. Sistema de calentamiento térmico a gas	17
3.4.5. Sistema de calentamiento térmico por resistencias	17
3.5. Parámetros fundamentales para el diseño de la máquina refinadora.....	18
3.5.1. Temperatura óptima para la pasta.....	18
3.5.2. Viscosidad óptima para la pasta	18
3.5.3. Proceso de refinado	19

3.6. Diseño conceptual de una máquina refinadora de esferas	20
3.6.1. Requerimientos para la máquina refinadora de cacao	20
3.6.2. Diseño preliminar o bosquejo.....	21
4. METODOLOGÍA.....	22
4.1. Matriz de operacionalización de variables.	22
4.1.1. Variable dependiente	22
4.1.2. Variables independientes	22
4.2. Métodos y técnicas de la investigación	22
4.2.1. Método cuantitativo	22
4.2.2. Método cualitativo	22
4.2.3. Método científico.....	23
4.2.4. Técnica experimental.....	23
4.2.5. Técnica de observación	23
4.2.6. Técnica de medición.....	23
4.3. Metodología de la memoria de cálculo.....	24
4.3.1. Cálculo para el diseño del tanque	24
4.3.1.1. Cálculo del volumen de la pasta de cacao	24
4.3.1.2. Cálculo para la capacidad de almacenamiento del tanque	24
4.3.1.3. Cálculo de la fuerza de estiramiento que presenta la masa de cacao.....	24
4.3.1.4. Cálculo de la fuerza de la masa.....	25
4.3.1.5. Cálculo de la carga distribuida en los agitadores.....	25
4.3.1.6. Cálculo de la presión envolvente del cilindro.....	25
4.3.1.7. Cálculo del espesor de las paredes del cilindro	26
4.3.1.8. Cálculo del esfuerzo del cilindro	26
4.3.1.9. Cálculo del esfuerzo de corte en las uniones soldadas	26
4.3.2. Cálculo térmico de la marmita.....	27
4.3.2.1. Cálculo de la resistencia por convección en el AISI 304	27
4.3.2.2. Cálculo de la resistencia por conducción en el AISI 304	27
4.3.2.3. Cálculo de la resistencia térmica total en el AISI 304	27
4.3.2.4. Cálculo de las pérdidas de calor a través de la pared de AISI 304	28
4.3.2.5. Cálculo del tiempo requerido para calentar la superficie del AISI 304	28
4.3.3. Cálculo para el diseño mecánico del eje sin fin y agitador	29
4.3.3.1 Cálculo para el torque requerido.....	29

4.3.3.2. Cálculo para el diámetro del eje.....	29
4.3.3.3. Cálculo de la inercia de masa para el agitador.....	30
4.3.3.4. Cálculo para la aceleración de la máquina.....	30
4.3.3.5. Cálculo para la velocidad lineal de la máquina	30
4.3.3.6. Cálculo para la velocidad angular para la máquina	30
4.3.3.7. Cálculo para la flexión de los agitadores	31
4.3.4. Cálculo para la circulación del fluido por el sin fin	31
4.3.4.1. Cálculo de la tasa de circulación interna de la pasta.....	31
4.3.4.2. Cálculo para el tiempo de circulación de la pasta.....	31
4.3.4.3. Cálculo para el área de relleno del diseño del tornillo sin fin.....	32
4.3.4.4. Cálculo para la velocidad de desplazamiento de tornillo sin fin	32
4.3.5. Cálculo del sistema de transmisión	32
4.3.5.1. Cálculo para la potencia del motor	32
4.3.5.2. Cálculo de la fuerza de tensión del eje al arranque.....	33
4.3.5.3. Cálculo para el número de revoluciones del motor	33
4.3.5.4. Cálculo para el número de revoluciones de la caja reductora.....	33
4.3.5.5. Cálculo para la selección de rodamientos.....	34
4.3.6. Cálculo eléctrico	34
4.3.6.1 Cálculo de las protecciones eléctricas.....	34
4.3.6.2 Cálculo para la corriente de sobre carga	34
4.4. Ingeniería en detalle.....	35
4.4.1. Diseño del tanque	35
4.4.1.1. Volumen de la pasta de cacao	35
4.4.1.2. Capacidad de almacenamiento del tanque	35
4.4.1.3. Fuerza de estiramiento que presenta la masa de cacao	36
4.4.1.4. Fuerza de la masa.....	36
4.4.1.5. Carga distribuida en los agitadores	36
4.4.1.6. Presión envolvente del cilindro.....	37
4.4.1.7. Espesor de las paredes del cilindro	37
4.4.1.8. Esfuerzo del cilindro	38
4.4.1.9. Esfuerzo de corte en las uniones soldadas	38
4.4.2. Diseño térmico.....	39
4.4.2.1. Resistencia por convención en el AISI 304	39

4.4.2.2. Resistencia por conducción en el AISI 304	39
4.4.2.3. Resistencia térmica total en el AISI 304	39
4.4.2.4. Pérdidas de calor a través de la pared de AISI 304.....	40
4.4.2.5. Tiempo requerido para calentar la superficie del AISI 304	40
4.4.3. Diseño mecánico del eje sin fin y agitador.....	40
4.4.3.1 Torque requerido.....	40
4.4.3.2. Diámetro del eje.....	41
4.4.3.3. Inercia de masa para el agitador.....	41
4.4.3.4. Aceleración de la máquina.....	41
4.4.3.5. Velocidad lineal de la máquina.....	42
4.4.3.6. Velocidad angular para la máquina.....	42
4.4.3.7. Flexión de los agitadores	42
4.4.4. Circulación del fluido por el sin fin.....	43
4.4.4.1. Tasa de circulación interna de la pasta	43
4.4.4.2. Tiempo de circulación de la pasta.....	43
4.4.4.3. Área de relleno del diseño del tornillo sin fin.....	44
4.4.4.4. Velocidad de desplazamiento de tornillo sin fin.....	44
4.4.5. Sistema de transmisión	44
4.4.5.1. Potencia del motor	44
4.4.5.2. Fuerza de tensión del eje al arranque.....	45
4.4.5.3. Número de revoluciones del motor.....	45
4.4.5.4. Número de revoluciones de la caja reductora.....	45
4.4.5.5. Selección de rodamientos	46
4.4.6. Diseño eléctrico	46
4.4.6.1. Protecciones eléctricas	47
4.4.7. Análisis en Inventor para el diseño de la estructura	48
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	49
5.1. Resultados de la memoria de cálculo	49
5.2. Selección de equipos, elementos	52
5.3. Proceso de manufactura.....	52
5.4. Ensayo de la viscosidad de la pasta de cacao	52
5.5. Alcance	52
5.5.1. Funcionamiento y características generales	53

5.6. Validación de la hipótesis.....	54
6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS	54
6.1. Presupuesto.....	54
6.1.1. Costos directos.....	54
6.1.2. Costos indirectos.....	56
6.1.3. Mano de obra.....	56
6.1.4. Costo total de inversión	56
6.1.5. Ingresos de la producción de las tabletas de chocolate	57
6.1.6. Egresos de la producción de las tabletas de chocolate	57
6.1.7. Flujo de caja proyectada y análisis del VAN y del TIR	57
6.2. Análisis de impactos.....	58
6.2.1. Impacto práctico	58
6.2.2. Impacto tecnológico	58
6.2.3. Impacto ambiental	58
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
7.1. Conclusiones.....	59
7.2. Recomendaciones	59
8. REFERENCIAS	60
ANEXOS	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Diagrama de justificación para el proceso de refinado.....	4
Figura 3.1. Cacao.....	9
Figura 3.2. Cadena del proceso industrial.....	10
Figura 3.3. Secado de la semilla de cacao.....	10
Figura 3.4. Horno tostador.....	11
Figura 3.5. Descascarilladora.....	11
Figura 3.6. Trituradora.....	12
Figura 3.7. Molinos helicoidales.....	13
Figura 3.8. Refinadora de cacao.....	13
Figura 3.9. Enfriamiento de la tableta de chocolate.....	14
Figura 3.10. Tableta de chocolate.....	14
Figura 3.11. Refinador de rodillo.....	15
Figura 3.12. Refinador de piedras.....	16
Figura 3.13. Refinador de esferas.....	16
Figura 3.14. Calentamiento de agua por gas.....	17
Figura 3.15. Calentamiento de agua por resistencias.....	17
Figura 3.16. Viscosímetro Brookfield.....	18
Figura 3.17. Resultados de viscosidades del chocolate.....	19
Figura 3.18. Diagrama del proceso de refinado.....	19
Figura 3.19. Etapas del diseño conceptual de la máquina.....	20
Figura 3.20. Bosquejo de la máquina refinadora de cacao.....	21
Figura 4.1. Diagrama de fuerza en el eje y carga distribuida en el agitador.....	37
Figura 5.1. Alcance de la máquina refinadora de cacao.....	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Beneficiarios del proyecto.....	3
Tabla 2.2. Sistema de tareas en relación a los objetivos planteados.....	6
Tabla 3.1. Temperatura de fusión de diferente cobertura.....	18
Tabla 3.2. Requerimientos de la máquina refinadora.....	20
Tabla 3.3. Sistemas y elementos para el diseño de la máquina refinadora de cacao.....	21
Tabla 4.1. Variable dependiente.....	22
Tabla 4.2. Variables independientes.....	22
Tabla 4.3. Medición de magnitudes.....	23
Tabla 4.4. Densidad, masa y volumen para refinar la pasta de cacao de 68 kg.....	35
Tabla 4.5. Comparación de los puntos de fluencia del chocolate.....	36
Tabla 4.6. Características del calibre del conductor.....	47
Tabla 5.1. Resultados de los cálculo para el diseño del tanque.....	49
Tabla 5.2. Resultados del cálculo térmico de la marmita.....	50
Tabla 5.3. Resultados del cálculo para el diseño mecánico del eje sin fin y agitador.....	50
Tabla 5.4. Resultados del cálculo para la circulación del fluido por el sin fin.....	51
Tabla 5.5. Resultados del cálculo del sistema de transmisión.....	51
Tabla 5.6. Resultados del cálculo eléctrico.....	51
Tabla 5.7. Tabla de resultados de viscosidad mediante viscosímetro rotatorio.....	52
Tabla 5.8. Datos medidos y resultados de pruebas.....	53
Tabla 5.9. Comparación de resultados con máquinas similares.....	53
Tabla 6.1. Costos de equipos eléctricos.....	54
Tabla 6.2. Costos de materiales.....	55
Tabla 6.3. Costos de insumos.....	56
Tabla 6.4. Costos de mano de obra.....	56
Tabla 6.5. Costo total de la inversión.....	56
Tabla 6.6. Ingresos de producción.....	57
Tabla 6.7. Egresos de producción.....	57
Tabla 6.8. Flujo de caja proyectada y análisis del VAN y del TIR.....	58

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA REFINADORA DE CACAO PARA MEJORAR LA VISCOSIDAD DEL CHOCOLATE Y REDUCIR EL TIEMPO DE PRODUCCIÓN, EN LA MICROEMPRESA CHOCOLATES MONGE UBICADA EN EL CANTÓN PUJILÍ”

Autores:

Gualan Puchaicela Angel Eduardo

Riera Jimenez Alex Geovanny

RESUMEN

La propuesta tecnológica tuvo como objetivo diseñar e implementar una máquina refinadora de cacao para el proceso de refinado, que permitió obtener la viscosidad óptima para la elaboración de las tabletas de chocolate, esto intervino en la necesidad de eliminar los grumos que se presenta en la pasta al moler en los molinos mecánicos, se emplearon métodos analíticos y técnicas de observación para solucionar el problema y llegar a obtener los siguientes resultados: Capacidad de 68 kg - 150 lb, temperatura de 45 °C, presión al ambiente, tiempo de refinado 48 horas, velocidad del motorreductor de 40 rpm, viscosidad de la pasta de 5163.5 Centipoise o 5.1 Pa.s.

La máquina refinadora de cacao simplifico los grumos que posee la pasta en los molinos mecánicos por medio de su operación mecánica a base de un motorreductor con caja de piñonería de 2 Hp, con un eje sin fin y aspas de tipo paleta que mezcla por medio de esferas inoxidable dentro del tanque de doble fondo, su operación automática consta de un control de velocidad por medio de un variador de frecuencia y un pirómetro para el control de temperatura, el material de construcción se realizó en acero inoxidable AISI 304 por sus propiedades exclusivas para la producción alimenticia.

Palabras clave: Cacao, chocolate, temperatura, velocidad, viscosidad.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF SCIENCES OF THE ENGINEERING AND APPLIED

THEME: “DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A COCOA REFINING MACHINE TO IMPROVE THE VISCOSITY OF THE CHOCOLATE AND REDUCE THE PRODUCTION TIME, IN CHOCOLATES MONGE MICRO COMPANY LOCATED IN PUJILÍ”.

Authors:

Gualan Puchaicela Angel Eduardo

Riera Jimenez Alex Geovanny

ABSTRACT

The technological proposal had as objective to design and implement a cocoa refining machine for the refining process, that allowed to obtain the optimal viscosity for preparation of chocolate tablets, this intervened in the need of eliminate the lumps that are presented in the pasta when grinding in mechanicals mills, analytical and technical methods of observation were used to solve the problem and get to obtain the following results:

Capacity of 68 kg-150 lb, temperature of 45 °C, environment pressure, refining time 48 hours, speed of the gearmotor of 40 rpm, viscosity of the pasta of 5163.5 Centipoise or 5.1 Pa.s.

The cocoa refining machine simplify the lumps that the pasta has in the mechanicals mills by means of its mechanical operation based on a gearmotor with box of piñoneria of 2 Hp, with an endless axis and blades of palette type which mixes by means of stainless spheres inside the double bottom tank, its automatic operation consists of a speed control, by means of a frequency variator and a pyrometer for the temperature control, the construction material was made in stainless steel AISI 304 for its exclusive properties for food production.

Key words: Cocoa, chocolate, temperature, speed, viscosity.



AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por los señores Egresados de la Carrera de **INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA** de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**, **GUALAN PUCHAICELA ÁNGEL EDUARDO** y **RIERA JIMENEZ ALEX GEOVANNY**, cuyo título versa “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA REFINADORA DE CACAO PARA MEJORAR LA VISCOSIDAD DEL CHOCOLATE Y REDUCIR EL TIEMPO DE PRODUCCIÓN, EN LA MICROEMPRESA CHOCOLATES MONGE UBICADA EN EL CANTÓN PUJILÍ**”, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, JULIO del 2019

Atentamente,

LCDO. VLADIMIR SANDOVAL V. MSC.
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C.: 0502104219



1. INFORMACIÓN BÁSICA

PROPUESTO POR:

Nombre: Gualan Puchaicela Angel Eduardo
Celular: 0982631919
Correo electrónico: angel.gualan7@utc.edu.ec

Nombre: Riera Jiménez Alex Geovanny
Celular: 0987521780
Correo electrónico: alex.riera8@utc.edu.ec

TEMA APROBADO:

Diseño e implementación de una máquina refinadora de cacao para mejorar la viscosidad del chocolate y reducir el tiempo de producción, en la Microempresa Chocolates Monge ubicada en el Cantón Pujilí.

CARRERA:

Ingeniería Electromecánica

DIRECTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA:

Ing. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera, Ms.C.

EQUIPO DE TRABAJO:

Tutor:

Nombre: Ing. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera
Celular: 0987294435
Correo electrónico: hector.reinoso@utc.edu.ec

Asesor:

Nombre: Ing. José Efrén Barbosa Galarza
Celular: 0983000577
Correo electrónico: jose.barbosa@utc.edu.ec

LUGAR DE EJECUCIÓN:

Zona 3, Cotopaxi, Pujilí, La Matriz.

TIEMPO DE DURACIÓN DE LA PROPUESTA:

Cinco meses.

FECHA DE ENTREGA:

Jueves, 25 de julio del 2019.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD:

De acuerdo a lo establecido por el Departamento de Investigación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, línea 4: Procesos industriales.

SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN DE LA CARRERA:

Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos.

TIPO DE PROPUESTA TECNOLÓGICA:

Desarrollo tecnológico en el diseño, construcción de una máquina refinadora de cacao, a base de un sistema electromecánico que permita mejorar la elaboración de productos como las tabletas de chocolate.

2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA**2.1. Título de la propuesta tecnológica**

Diseño e implementación de una máquina refinadora de cacao para mejorar la viscosidad del chocolate y reducir el tiempo de producción, en la Microempresa Chocolates Monge ubicada en el Cantón Pujilí.

2.2. Tipo de alcance

Productivo: Se pretende mejorar la viscosidad y reducir la granulometría de la pasta de cacao para la elaboración de las tabletas de chocolate, aportando con el diseño de una máquina refinadora de esferas para el proceso de refinado.

2.3. Área del conocimiento

Área:

Ingeniería, industria y construcción. (UNESCO-Manual-SNIESE-SENEC, 2019)

Subárea:

52 Ingeniería y profesiones afines. (UNESCO-Manual-SNIESE-SENEC)

Subárea específica de conocimiento:

Dibujo técnico, mecánica, metalistería, electricidad, electrónica, telecomunicaciones, Ingeniería energética y química. (UNESCO-Manual-SNIESE-SENEC)

2.4. Sinopsis de la propuesta tecnológica

Desarrollo de tecnología y proceso que permitan mejorar el rendimiento productivo y la transformación de la materia prima del cacao en producto elaborado como tabletas de chocolates, fomentando la producción y el diseño del sistema electromecánico para la resolución del problema, relacionado con la óptima viscosidad y el tiempo de refinado que requiere la pasta de cacao, con el fin de mejorar los procesos industriales y contribuir al desarrollo socioeconómico del país, en la tabla 2.1 se muestran los beneficiarios de la propuesta tecnológica.

Tabla 2.1. Beneficiarios del proyecto.

Directos	- Propietario de la Microempresa chocolates Monge
Indirectos	- Consumidores del producto - Sector productivo de chocolates

2.5. Objeto de estudio y campo de acción

2.5.1. Objeto de estudio

Diseño de una máquina refinadora, que reduce los grumos de la pasta de cacao para mejorar la viscosidad del chocolate.

2.5.2. Campo de acción

Implementación de un mecanismo con su sistema de control y protección que permita mejorar el tiempo para el proceso de refinado.

2.6. Situación problémica y problema

2.6.1. Situación problémica

El Ecuador es considerado a nivel mundial un país cacaotero, 70% exporta en grano, el 25% en producto como manteca, licor, polvo y chocolate, el 5% es consumido por la industria artesanal chocolatera del país, por esa razón el cacao es un producto agrícola muy importante y es necesario que existan nuevas propuestas tecnológicas y plantas industriales para enfrentar a la demanda.

En la Microempresa Chocolate Monge posee molinos mecánicos que se obtiene una pasta de cacao grumosa, además posee una máquina pequeña de piedras de granito que tarda en refinar 5kg en 48 horas es relativamente perjudicial para la producción con la ayuda de una máquina refinadora con mayor capacidad mejora estas características de la pasta obteniendo como resultado una pasta homogénea que es esencial para colocar en el moldeo de las tabletas de chocolate.

El proceso de refinado permite corregir la granulometría reduciendo la textura o viscosidad de la pasta de cacao, la causa y efecto son descritos en la figura 1.1.

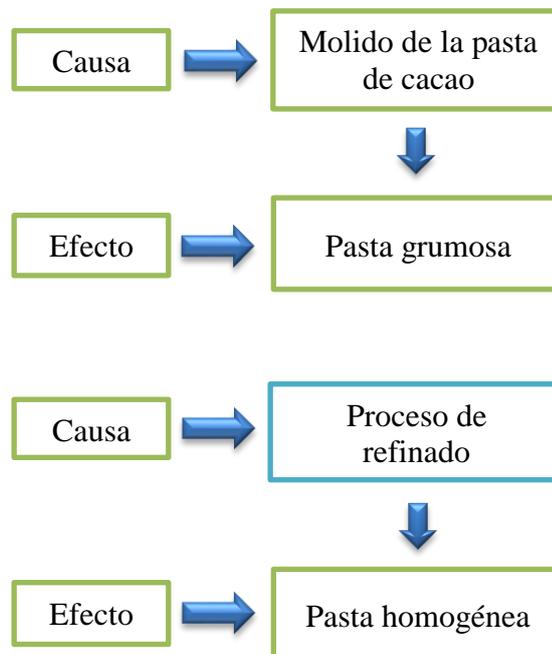


Figura 1.1. Diagrama de justificación para el proceso de refinado.

2.6.2. Problema

En el periodo 2019 en la provincia de Cotopaxi en la Microempresa Chocolates Monge del cantón Pujilí se necesita mejorar el proceso artesanal de refinado de la pasta, reducir y conseguir la óptima viscosidad, para la producción de las tabletas de chocolate, ya que es un aspecto importante para el consumo.

2.7. Formulación de pregunta directriz

¿Para mejora la viscosidad, reducir los grumos y el tiempo para el proceso de refinado es necesario el diseño e implementación de un sistema electromecánico que actué en la mezcla de la pasta de chocolate grumoso?

2.8. Objetivo

2.8.1. Objetivo general

Diseñar e implementar una máquina refinadora de cacao obteniendo la viscosidad adecuada y el tiempo de refinado para mejorar la elaboración de las tabletas de chocolate.

2.8.2. Objetivos específicos

- Investigar el proceso de refinado por medio de fundamentos teóricos, prácticos para establecer los componentes y características de las máquinas refinadoras.

- Determinar la metodología con las funcionalidades esenciales de una máquina refinadora para mejorar el proceso de refinado de la pasta de cacao.

- Construir una máquina refinadora de cacao con el alcance y requerimientos establecidos para el proceso de refinado de la pasta de cacao.

- Medir la viscosidad de la pasta de cacao antes y después de refinar para verificar la reducción de los grumos de la pasta de cacao.

2.9. Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos

En la tabla 2.2 se muestra los objetivos con sus actividades, resultados y técnicas para el desarrollo de proyecto investigativo

Tabla 2.2. Sistema de tareas en relación a los objetivos planteados.

OBJETIVOS	ACTIVIDAD	RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	MÉTODOS Y TÉCNICAS
<p>-Investigar el proceso de refinado por medio de fundamentos teóricos, prácticos para establecer los componentes y características de las máquinas refinadoras.</p>	<p>1) Investigar: La materia prima. El proceso industrial del chocolate. 2) Conocer: Los tipos de máquinas y sistemas para refinadoras. 3) Obtener: Los parámetros fundamentales para el diseño de la maquina refinadora. 4) Identificar: Las funcionalidades, requerimientos, partes, equipos e instrumentos de control y protección de la refinadora.</p>	<p>1) Aspectos importantes que son útiles para conocer la raíz del diseño de la propuesta tecnológica. 2) Se conoce que tipo de máquina y sistema esencial. 3) Se debe tomar en cuenta que cada parámetro es necesario para obtener el proceso correcto a la hora de refinar. 4) La máquina posee partes equipos e instrumentos indispensables para su óptima funcionalidad.</p>	<p>Investigación bibliográfica y de campo</p>
<p>-Determinar la metodología con las funcionalidades esenciales de una máquina refinadora para mejorar el</p>	<p>5) Analizar: Las variables, métodos y técnicas para el diseño de la máquina refinadora. 6) Realizar: El análisis de memoria de cálculo mecánico y eléctrico.</p>	<p>5) Se conoce la variables que van a influir, los métodos y técnicas que permiten el desarrollo de la propuesta. 6) Se realizan los cálculos necesarios para obtener las características para el diseño.</p>	<p>Metodología cuantitativa e Investigación documental y de campo</p>

proceso de refinado de la pasta de cacao.	<p>7) Describir: Los equipos y elementos adecuados para la máquina refinadora.</p> <p>8) Diseñar: Los planos de la máquina refinadora.</p>	<p>7) Se determina los componentes bajo las características y especificaciones técnicas que necesita la máquina,</p> <p>8) Se detallan las medidas de los componentes de la máquina.</p>	
-Construir una máquina refinadora de cacao con el alcance y requerimientos establecidos para el proceso de refinado de la pasta de cacao.	<p>9) Realizar: El procedimiento de manufactura, alcance de la máquina El presupuesto, ingresos y egresos de producción.</p> <p>10) Elaborar: -El manual del funcionamiento y guía de los componentes de la máquina refinadora. -Una tabla de medidas de seguridad industrial.</p>	<p>9) Permite conocer el proceso de fabricación, alcance y presupuesto que tendrá la elaboración de la máquina refinadora.</p> <p>10) En el manual y guía se puede conocer el procedimiento para dar mantenimiento y poner en operación la máquina, además se conoce los peligros, riesgos y medidas de prevención para evitar consecuencias.</p>	Metodología cualitativa y técnica experimental
-Medir la viscosidad de la pasta de cacao antes y después de refinar para verificar la reducción de los grumos de la pasta de cacao.	<p>11) Verificar: -Los ensayos y pruebas sin carga y con carga. -Los parámetros de operación de la máquina refinadora. -La viscosidad obtenida por la medición del viscosímetro y la viscosidad de la técnica experimental.</p>	<p>11) Se determina posibles fallas en la funcionalidad de la máquina para dar corregir y dar por concluido la funcionalidad optima de la máquina refinadora.</p>	Metodología cuantitativa y técnica experimental

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes

La constitución de la República del Ecuador Art. 284 #2 considera, incentivar la producción nacional, la acumulación del conocimiento científico y tecnológico, la inserción estratégica en la economía mundial y las actividades productivas en la integración regional.

Para el diseño y construcción de la máquina refinadora debe estar fabricada en acero inoxidable ya que posee partes en contacto con el chocolate.

-En la Escuela Politécnica del Ejército sede Latacunga, se realizó el proyecto “AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA REFINADORA EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE CHOCOLATES PARA LA EMPRESA CONFITECA C.A”.

Como objetivo puntual tienen los autores del proyecto, automatizar la máquina refinadora de la línea de producción de chocolates en la empresa Confiteca C.A, con especificaciones técnicas como, los cilindros que necesitan ser refrigerados ya que existe fricción entre ellos y provoca una temperatura aproximada de (27-30) °C, definiéndose a este rango de temperatura como la de trabajo de la máquina. Además al implementar el sistema se aumentó un 20% la producción en cada producto, esto quiere decir que se está produciendo alrededor 13117.2 Kg/mes, ya que al inicio la producción mensual fue de 10931 Kg en un mes normal, en el mejoramiento planteado utilizaron un motor principal de 86 KW con un voltaje 440 V y una velocidad de 1500 RPM. [1].

-En la Escuela Politécnica del Litoral se realizó el proyecto “DISEÑO DE UN MOLINO PARA REFINAR LICOR DE CACAO EN UNA EMPRESA PROCESADORA DE CACAO”.

El equipo utilizados por los autores del proyecto para el diseño de la refinadora, son pre-molinos que son de discos con pines contrapuestos e intercalados o de placas rotativas y son enfriados por aire o por agua, se obtiene una pasta de cacao, cuyas partículas tienen dimensiones de 20 μ hasta valores máximos de 80 a 85 μ y tiene la ventaja de que puede trabajar con una humedad del producto de hasta un 4%, condición procedente del tostado, de acuerdo a los requerimientos de la empresa se requiere una capacidad de producción de 2500 Kg/hora. En el cual utilizan los diferentes elementos con las siguientes características la potencia de motor de 75KW y velocidad de Rotación de 171 Rpm. [2].

El molino consiste en el impacto de las bolas de acero inoxidable, las cuales giran a una determinada velocidad en el interior de un cuerpo cilíndrico denominado cuba de refinación, dicho giro es logrado por un eje que opera en posición vertical sobre el cual se encuentran dispuestos una serie de ejes de menor diámetro en una posición perpendicular a su eje de rotación. El eje en posición vertical se conecta al eje de un motoreductor a través de un acople obteniendo de esta manera la velocidad a la cual son agitadas las bolas de acero.

3.2. Materia prima en la producción del chocolate

Grano de cacao

“El cacao es mucho más que la materia prima del chocolate, el dulce que por su sabor y variedad ha conquistado el paladar mundial desde el siglo XX, cuando inició realmente su producción industrial. No en vano al fruto originario de América (algunos científicos lo ubican en el Sur del Lago de Maracaibo) se le conoce con el nombre de oro marrón”, como se muestra en la figura 3.1. [3].



Figura 3.1. Cacao. [4].

Existen 3 tipos de cacao en la producción mundial, el Criollo representa el 10% produce un grano de cascara fina y suave, tiene un contenido bajo de taninos, el Forastero representa el 70% posee una cáscara muy fuerte y resistente con una gran presencia de taninos, el Trinitario representa el 20% es un híbrido o mezcla de la plantas del Criollo y el Forastero para combinar la resistencia con el fino aroma y sabor del cacao. Los taninos es el curtido del sabor, olor y color que contiene proteína y colágeno. El cacao tiene su origen en el alta amazonia en donde el cacao crece unos 30 metros y tardan en madurar 5 años y vive entre los 30 años gracias a sus idóneas condiciones climáticas, el cacao es sacado de las mazorcas y se deja secar en un tiempo de 3 a 5 días que dependerá del nivel calorífico del sol para a continuación ser puesta a producción del chocolate. [5].

3.3. Proceso industrial para las tabletas de chocolate

En la empresa Chocolates Monge tiene un proceso en el que pasa por diferentes tipos de etapas siguiendo un orden preciso e indicado para conseguir la calidad de su producto las etapas a seguir son las siguientes:

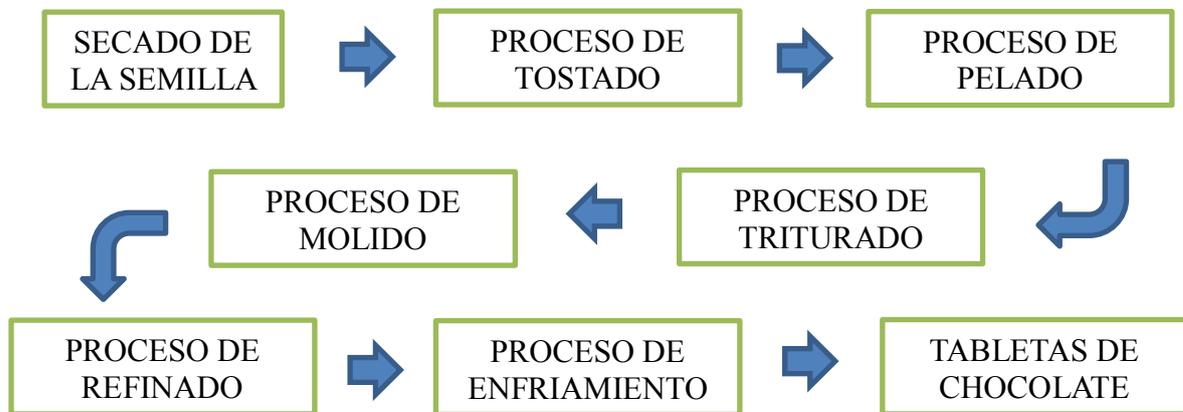


Figura 3.2. Cadena del proceso industrial.

3.3.1. Secado de la semilla

Las semillas están cubiertas con una corteza de pulpa dulce y mucilaginosa llamada baba de cacao que es una sustancia insoluble para aumentar la viscosidad, por esa razón solo se utiliza la semillas, generalmente las semillas son blancas, se hacen violetas o marrón durante el proceso de secado. [6].

Las semillas o habas de chocolate, se separaran para ponerlos en fermentación en grandes tanques para eliminar los ácidos del cacao, para posteriormente ponerlos en lugares abiertos de manera que se encuentren regados y expuestos al sol, el haba de cacao se secara en su totalidad entre unos 3 a 5 días.



Figura 3.3. Secado de la semilla de cacao.

3.3.2. Tostado de la semilla

Los granos se limpian, se tuestan u hornean a fin de realzar el sabor y color, la temperatura, el tiempo y el grado de humedad dependen del tipo de granos de lo que el artesano desee conseguir, si se utilizan distintos tipos de semillas el tostado será diferente para cada variedad. [7].

Se tuestan durante pocos minutos entre 110 y 120 °C, para eliminar la humedad y la acidez que favorecer el desarrollo de los aromas. En la figura 3.4, se muestra un horno tostador.



Figura 3.4. Horno tostador.

3.3.3. Pelado de la semilla

Se utiliza una máquina para descascarillar los granos y dejar las semillas de cacao o pepas, actualmente estas pepas son un producto en sí porque algunos fabricantes las utilizan para consumir tal cual o como troceadas dentro de tabletas de chocolate. [7].

Una vez tostado el cacao se prosigue a separar la cascara dejándolo simplemente una pepa, eliminado así también cualquier impureza. En la figura 3.5, se muestra una descascarilladora.



Figura 3.5. Descascarilladora.

3.3.4. Triturado de la semilla

Los granos o semillas de cacao triturados permiten darle un toque crocante a sus preparaciones culinarias, le agregan un sabor intenso y amargo que se reduce la grasa que contiene, los granos tostados de cacao se debe extraer la cáscara y solo se debe moler la semilla hasta reducirlo a polvo. [8].

Las semillas tostadas y sin cascara se debe tritura por medio de una máquina trituradora para semilla de cacao para tener una masa homogénea del cacao en polvo que sirve para realizar la mezcla con los demás ingredientes como el azúcar y la harina que se necesita para formar la pasta de chocolate al momento de realizar el proceso de molido. En la figura 3.6, se muestra una trituradora.



Figura 3.6. Trituradora.

3.3.5. Molido de la pasta de cacao

Las semillas trituradas se muelen completamente, por la gran cantidad de grasa que contiene el cacao, esta molida termina siendo un líquido, denominado pasta o licor de cacao, este es el último punto que todos los derivados del chocolate comparten, de aquí se toman diversos pasos para poder producir el producto final deseado. [9].

Una vez triturada la semilla con su sabor y aroma característico se prosigue a realizar la molido del grano de cacao, consiguiendo en este punto la viscosidad o una fina pasta del cacao en un 90% por la elevación de la temperatura por fricción de los molinos, para aumentar la finura de la pasta a un 99% se utiliza una máquina refinadora. En la figura 3.7, se muestra un molino helicoidal.



Figura 3.7. Molinos helicoidales.

3.3.6. Refinado de la pasta de cacao

La mezcla se somete a un proceso de refinado a través de una serie de rodillos hasta obtener una pasta suave, esta refinada mejora la textura del chocolate es de vital importancia para obtener un producto de calidad, desarrolla aún más sabor y la textura, la duración de tres días y la temperatura del amasado entre 60 y 75 grados. [7].

El proceso de refinado consiste en la mezcla homogénea de la pasta de cacao que es obtenida por el molino helicoidal, para reducir los grumos del cacao, azúcar y harina que contiene la pasta para la elaboración de la tabletas de chocolate, la pasta es batida y estirada, durante un periodo de tiempo a una temperatura entre 40 a 50 °C que varían según el producto, textura o viscosidad que se quiera obtener, el método seguro para conservar la temperatura y sin provocar sobrecalentamiento directo al chocolate es el baño de María. En la figura 3.8, se muestra una refinadora de cacao.



Figura 3.8. Refinadora de cacao.

3.3.7. Enfriamiento del chocolate

Enfriar la mezcla hasta 40 grados para que la cristalización de la manteca de cacao sea estable, haciéndola pasar a través de un sistema de calefacción, enfriamiento y recalentamiento que luego la mezcla se coloca en moldes en una cámara de enfriamiento. [7].

En este proceso se deja enfriar a temperatura ambiente entre 20 a 30 °C, o de forma controlada para hacer que se obtenga una perfecta cristalización de la manteca de cacao por medio de un ventilador o máquina enfriadora, si en este punto se enfría demasiado lento la mezcla, muchas sustancias permanecerán líquidas y se separarán de la masa, quedando en la superficie del chocolate solidificado. En la figura 3.9, se muestra el proceso de enfriamiento.



Figura 3.9. Enfriamiento de la tableta de chocolate.

3.3.8. Tabletas de chocolate

Para el moldeo de las tabletas de chocolate amargo o dulce se requiere de una pasta de cacao fina que al momento del enfriamiento se pueda cristalizar de forma homogénea y además debe tener un sabor, aroma y textura muy agradable para el consumidor. En la figura 3.10 se muestra las tabletas de chocolate.



Figura 3.10. Tableta de chocolate.

3.4 Tipos de máquinas y sistemas térmicos para las refinadoras

3.4.1. Refinadoras de rodillos

El refinador de chocolate de tres rodillos es una máquina que utiliza la fuerza de tres rodillos posicionados horizontalmente girando en direcciones opuestas y velocidades diferentes entre sí, para refinar, dispersar y homogenizar la pasta de chocolate o cacao, se utiliza para un rápido refinado de la pasta de chocolate. [10].

Este refinador es de construcción muy robusta, con un mecanismo muy complejo y su construcción su mantenimiento es elevadamente costoso, necesita de un sistema de calentamiento, se utilizan en industrias chocolateras grandes. La máquina refinadora de rodillos se muestra en la figura 3.11.



Figura 3.11. Refinador de rodillo.
Fuente: [11].

3.4.2. Refinadoras de piedra

EL refinador con un doble rodillo de piedra de granito gira sobre una base del mismo material dentro de un recipiente de acero inoxidable, actúa creando una fuerte presión que reduce los granos de cacao, posee un mecanismo de ajuste que permite variar la presión de las ruedas de piedra, la rotación es controlada mediante un variador de frecuencia. [12].

El refinador de piedras de granito necesita de un control de temperatura ya que las piedras generan calor por la fricción y presión que produce al mezclar la pasta, las piedras de granito contiene materiales especiales bajo pedidos, posee un diseño de ejes muy complejo ya que debe resistir el peso de las piedras. La máquina refinadora de piedra se muestra en la figura 3.12.



Figura 3.12. Refinador de piedras.
Fuente: [12].

3.4.3. Refinadoras de esferas

La máquina consta de bolas inoxidables al ser empujadas por las paletas, estas chocan, produciéndose una fricción entre ellas y cuando se añade el licor de cacao, estas esferas ayudan a moler el cacao hasta el punto de llegar a un refinado óptimo, posee el controlador digital mantiene la temperatura deseada y consta de un variador de frecuencia para controlar la velocidad del giro del eje. [13].

El refinador de esferas es el más común debido a que sus materiales se pueden conseguir fácilmente, posee un diseño no muy complejo, mantenimiento accesible al despliegue de las partes, consta de un tanque de doble fondo para almacenar el agua que va mantener al tanque a una temperatura estable conocido como baño María. La máquina refinadora de esferas se muestra en la figura 3.13.



Figura 3.13. Refinador de esferas.
Fuente: [13].

3.4.4. Sistema de calentamiento térmico a gas

Es un circuito que fluye el calor por canales, posee una caldera que se acopla un quemador a gas, dispone de una chimenea conducto para eliminación de gases, se calienta el fluido por medio de tuberías que llegan y pasan por paredes internas del taque, en donde cede la energía térmica y regresa al caldero cerrando el ciclo, este sistema transmite calor indirecto y gases de combustión, una de las desventajas que posee este sistema de calentamiento es que existe contaminación de gases inflamables. A continuación en la figura 3.14, se muestra el sistema de calentamiento de agua por gas. [14].

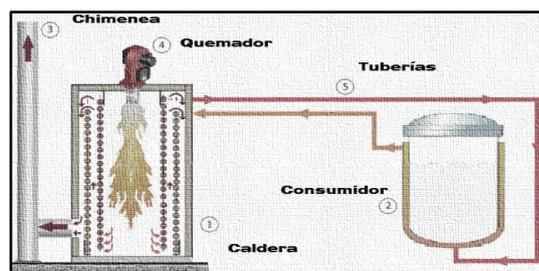


Figura 3.14. Calentamiento de agua por gas.

Fuente: [14].

3.4.5. Sistema de calentamiento térmico por resistencias

Se conoce como un sistema de ebullición interna, el cual almacena el agua que se va a evaporar, disponen de controladores de nivel mediante electrodos de acero inoxidable para la activación y desactivación de llenado de agua, el vapor es generado mediante resistencias eléctricas de inmersión que transmiten por calor directo energía térmica al agua, esto hace que la temperatura del agua aumente hasta que se transforme en fase de vapor, para que no exista presión interna de vapor se le incorporan válvulas aliviadoras, una de las ventajas de este sistema de calentamiento es que no existe contaminación y exposición por gases inflamables. A continuación en la figura 3.15, se muestra el sistema de calentamiento de agua por resistencias. [15].

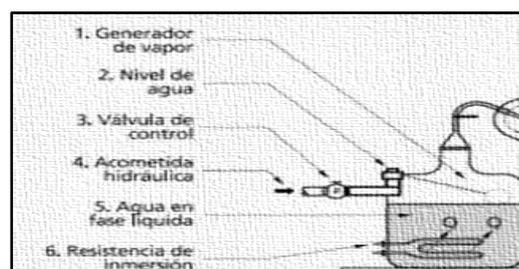


Figura 3.15. Calentamiento de agua por resistencias.

Fuente: [15].

3.5. Parámetros fundamentales para el diseño de la máquina refinadora

3.5.1. Temperatura óptima para la pasta

Las temperaturas de fusión es un aspecto muy importante a la hora de mezclar o refinar la pasta cacao ya que si se sobrepasa la temperatura establecida puede llegar a quemar la pasta. En la tabla 3.1, se muestra en la temperatura establecida para la fusión de las diferentes pastas.

Tabla 3.1. Temperatura de fusión de diferente cobertura.

Tipo de cobertura	Temperatura de Fusión
Cobertura negra	Entre 45°C y 50°C
Cobertura blanca	45°C
Cobertura láctea	40°C

Fuente: [16].

3.5.2. Viscosidad óptima para la pasta

La medición de la viscosidad se lo hace por medio del Viscosímetro Brookfield, se prepara la muestra, en un vaso de 500 ml se funde el chocolate de cobertura, se arma el viscosímetro con el rotor y se selecciona la velocidad para permitir que gire libremente el rotor hasta que se estabilice la lectura en Pa.s. En la figura 3.16, se muestra el Viscosímetro Brookfield. [17].



Figura 3.16. Viscosímetro Brookfield.

Fuente: [17].

La pasta de cacao cuando más fluido sea, más fina y crujiente será su cobertura, emplear un chocolate con la fluidez adecuada ahorra tiempo, con un chocolate menos fluido puede preparar moldes que tienen muchos detalles, la viscosidad del chocolate influye en el sabor, textura, dureza, brillo y moldeado, en la figura 3.17, se puede observar las mediciones de la viscosidad de los diferentes fluidos. [18].

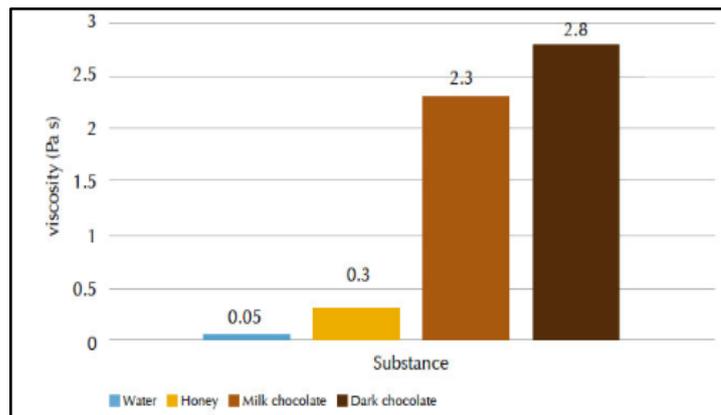


Figura 3.17. Resultados de viscosidades del chocolate.
Fuente: [18].

3.5.3. Proceso de refinado

En la molida queda un 5% de la materia en grasa o manteca de cacao, un 60% la pasta de cacao se vuelve fluida y el 35% ocupa de los grumos de la pasta, el proceso de refinado mediante paletas y con las esferas de acero inoxidable ejerce una presión con la masa de forma giratoria, con la ayuda de temperatura constante del tanque de doble fondo a baño María, mejorar la viscosidad para que la pasta sea homogénea, eliminando los grumos de la pasta de cacao.

Las tabletas de chocolate es combinado con la pasta, la manteca de cacao con azúcar y un emulgente lectina de soja que ayuda la solubilización, además ayuda a suavizar la textura de la pasta de chocolate, los ingredientes adicionales para mejorar el aroma y sabor puede ser la canela, vainilla, leche en polvo o condensada, además el cacao contiene gluten que es una proteína naturalmente que posee.

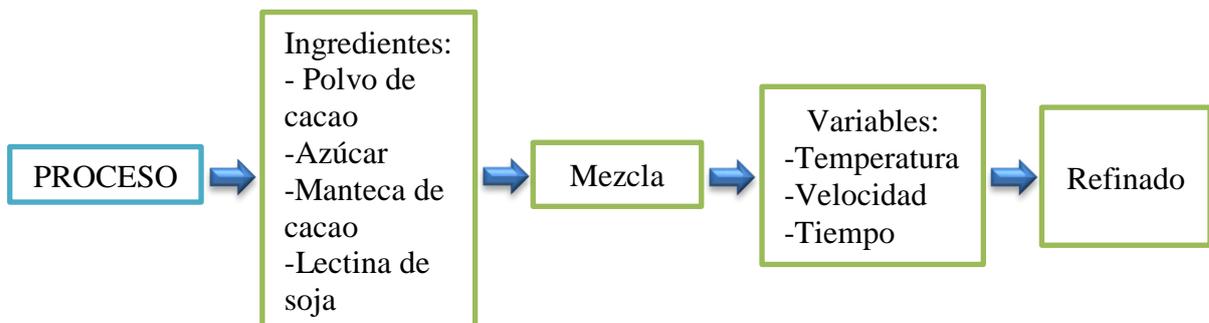


Figura 3.18. Diagrama del proceso de refinado.

3.6. Diseño conceptual de una máquina refinadora de esferas

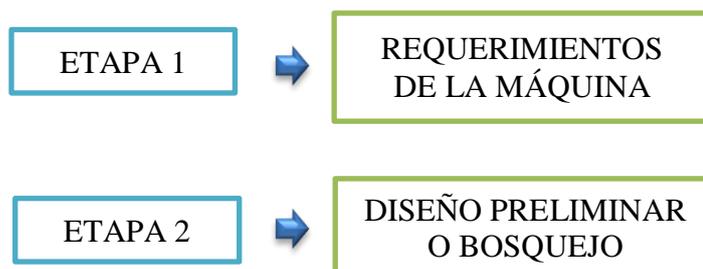


Figura 3.19. Etapas del diseño conceptual de la máquina.
Fuente: [19].

3.6.1. Requerimientos para la máquina refinadora de cacao

Se trata de los aspectos que debe tener la maquina refinadora de cacao para obtener los parámetros correctos y su óptima funcionalidad, se muestra detallado en la tabla 3.2.

Tabla 3.2. Requerimientos de la máquina refinadora.

Funciones	La máquina debe mezclar o refinar
	La máquina debe tener un sistema de control y protección
	La máquina debe refinar masas blandas y masas duras
Energía	La máquina debe tener eficiencia energética
	La máquina debe trabajar en la línea de tensión pública
Seguridad	La máquina debe ser hermética en las partes inseguras
	La máquina debe preservar la salubridad de la materia prima
	La máquina debe manejar aislamientos eléctricos
	La máquina debe tener un sistema de protección de sobrecarga y cortocircuito
Ergonomía	La máquina debe ser accesible para manipular el tablero de control
	La máquina debe ser accesible a la limpieza total de sus componentes
Fabricación	La máquina debe tener un ensamblaje con componentes comerciales
	La máquina debe ser construida en acero inoxidable
	La máquina debe tener un rango de proyección futura en la capacidad del tanque

Señales	La máquina debe realizar el proceso de mezclado o refinado en forma visible
	La máquina deberá tener luces de funcionamiento, seguridad y control
Control	La máquina debe tener un control de temperatura, de presión y de velocidad
	La máquina debe ser operada por un control de mando arranque y paro general

3.6.2. Diseño preliminar o bosquejo

El bosquejo de la máquina refinadora de cacao permite tener la primera visualización, nos ayuda como guía o modelo para realizar el diseño, además permite establecer ideas para mejorar los detalles de funcionamiento y presentación del sistema electromecánico, en la figura 3.20, se puede observar el diseño preliminar o bosquejo de la propuesta tecnológica.

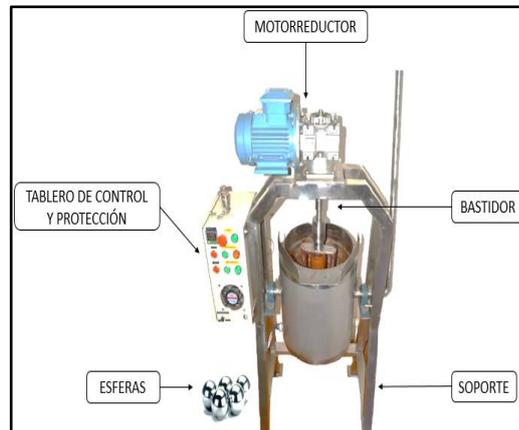


Figura 3.20. Bosquejo de la máquina refinadora de cacao.
Fuente: [13].

En la tabla 3.3 se describe los sistemas y elementos necesarios para el diseño de la máquina refinadora.

Tabla 3.3. Sistemas y elementos para el diseño de la máquina refinadora de cacao.

Sistema mecánico y transmisión de potencia	Sistema eléctrico de control y protección
-Eje sin fin	-Variador de frecuencia
-Agitador	-Pirómetro
-Caja reductora	-Válvula de alivio
-Motor	-Armario de eléctrico
-Chumaceras	-Resistencia eléctrica
-Caldero	-Electroválvula
-Estructura	-Termocupla
-Esferas	-Nivelador de agua

4. METODOLOGÍA

4.1. Matriz de operacionalización de variables.

4.1.1. Variable dependiente

Es la variable que representa el propósito de la propuesta tecnológica.

Tabla 4.1. Variable dependiente.

Variable:	Descripción:	Unidad de medida:	Técnica	Instrumento
Viscosidad	Espesor o partículas granuladas que tiene la pasta de chocolate.	Centipoise, Pa. s	Medición	Viscosímetro

4.1.2. Variables independientes

Son las variables que van a influir para el desarrollo de la propuesta tecnológica.

Tabla 4.2. Variables independientes.

Variable:	Descripción:	Unidad de medida:	Técnica	Instrumento
Velocidad	Velocidad de la máquina para refinar la pasta de cacao.	Rpm	Medición	Variador de frecuencia
Temperatura	Temperatura constante para no sobrecalentar la pasta de cacao.	° Celsius	Medición	Pirómetro
Tiempo	Tiempo para el proceso de refinado.	Horas	Medición	Cronómetro

4.2. Métodos y técnicas de la investigación

4.2.1. Método cuantitativo

Este método permite conocer las propiedades y parámetros cuantitativos, como es el caso de la temperatura, la viscosidad y el tiempo para refinar.

4.2.2. Método cualitativo

Este método describir las características para comparar y ponderar valores que ayudan a la selección del procedimiento de construcción de la máquina refinadora.

4.2.3. Método científico

Este método ayuda a enunciar las leyes de cálculo, para obtener datos reales que son los requerimientos mínimos para el dimensionamiento correcto de la máquina refinadora.

4.2.4. Técnica experimental

La técnica ayuda en el registro de toma de datos y análisis de las variables que permite conocer la viscosidad que se obtiene para la producción de las tabletas de chocolate.

4.2.5. Técnica de observación

La técnica ayuda conocer modelos similares o propios al tipo de propuesta para mejorar e innovar el nuevo desarrollo aportando con un alcance algo diferente a lo común.

4.2.6. Técnica de medición

Esta técnica permite conocer datos de magnitudes físicas medibles de la maquina refinadora en la tabla 4.3 se muestra la técnica de medición.

Tabla 4.3. Medición de magnitudes.

Instrumento	Unidad de medida	Función
Voltímetro	Voltio	Para medir la tensión conectada a la máquina refinadora.
Amperímetro	Ampere	Para medir la corriente eléctrica que consume la máquina refinadora.
Variador	Hertz	Para medir la frecuencia y variar la velocidad del giro del eje del motor.
Pirómetro	Grados Celsius	Para medir la temperatura de baño María del tanque de doble fondo.
Manómetro	Psi	Para medir la presión interna de vapor que ejerce el tanque de doble fondo.
Viscosímetro	Centipoise	Para medir la viscosidad de la pasta de cacao.
Calibrador	Milímetros	Para medir diámetros exteriores, interiores o profundidades.
Flexómetro	Metros	Para medir la distancia o longitud de las partes de la máquina en general.
Cronómetro	Horas	Para medir la duración del tiempo de refinado
Báscula	Kilogramos	Para medir el peso de la materia prima.

4.3. Metodología de la memoria de cálculo

4.3.1. Cálculo para el diseño del tanque

Este cálculo permite obtener la característica para el diseño del tanque de almacenamiento.

4.3.1.1. Cálculo del volumen de la pasta de cacao

Para conocer el volumen de la masa de cacao se aplica la siguiente ecuación:

$$V = \frac{m}{\rho} \quad (4.1)$$

Donde:

m : Masa; (kg).

ρ : Densidad; (kg/m³).

V : Volumen; (m³).

4.3.1.2. Cálculo para la capacidad de almacenamiento del tanque

Para determinar la capacidad de almacenamiento del tanque se aplica la siguiente ecuación:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot L \quad (4.2)$$

Donde:

r : Radio del cilindro; (m).

L : Longitud del cilindro; (m).

V : Volumen de la masa; (m³).

4.3.1.3. Cálculo de la fuerza de estiramiento que presenta la masa de cacao

Para determinar la fuerza de estiramiento de la masa se aplica la siguiente ecuación:

$$Fe = \sigma_o \cdot \pi \cdot a^2 \quad (4.3)$$

Donde:

σ_o : Tensión de fluencia; (Pa).

a : Radio del cilindro; (m).

Fe : Fuerza de estiramiento; (N).

4.3.1.4. Cálculo de la fuerza de la masa

Para el cálculo de la fuerza de la masa se da por la siguiente ecuación:

$$F_t = m \cdot g \cdot f_d \quad (4.4)$$

Donde:

m : Masa total; (kg). $\rightarrow F_m + F_e$

g : Gravedad; (m/s^2).

f_d : Factor de diseño; (dato asumido por diseño).

F_t : Fuerza total de la masa; (N).

4.3.1.5. Cálculo de la carga distribuida en los agitadores

Para el cálculo de carga distribuida en los agitadores está dado por la siguiente ecuación:

$$q = \frac{F}{L} \quad (4.5)$$

Donde:

F : Fuerza; (N).

L : Longitud; (m) (dato asumido por diseño).

q : Carga; (N/m).

4.3.1.6. Cálculo de la presión envolvente del cilindro

Con la siguiente ecuación encontramos la presión interna del cilindro envolvente.

$$p = \frac{F_e + F_m}{A_m} \quad (4.6)$$

Donde:

F_e : Fuerza de estiramiento; (kg).

F_m : Fuerzas de las masas; (kg).

A_m : Área del cilindro; (m^2).

p : Presión interna; (Pa).

Área del cilindro

$$A_m = 2\pi * r * (r + h)$$

4.3.1.7. Cálculo del espesor de las paredes del cilindro

Para el cálculo del espesor que se necesita para el cilindro se determina con la siguiente ecuación:

$$e = \frac{p \cdot De}{4 \cdot S - 0.8 \cdot p} \cdot f_d \quad (4.7)$$

Donde:

p : Presión interna del cilindro; (KPa).

De : Diámetro externo del cilindro; (mm).

S : Elongación máximo del material AISI 304; (mm).

f_d : Factor de diseño; (dato asumido por diseño).

e : Espesor de paredes del cilindro; (mm).

4.3.1.8. Cálculo del esfuerzo del cilindro

Para el cálculo del esfuerzo que se aplica en el aro se determina con la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{p \cdot \phi}{2 \cdot e} \quad (4.8)$$

Donde:

p : Presión interna del cilindro; (KPa).

ϕ : Diámetro del cilindro; (mm).

e : Espesor de la cilindro; (mm).

σ : Esfuerzo del aro; (N).

4.3.1.9. Cálculo del esfuerzo de corte en las uniones soldadas

Para el cálculo del esfuerzo de corte en las uniones soldadas se da por la siguiente ecuación:

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (4.9)$$

Donde:

F : Fuerza de estiramiento más el peso de la masa; (N).

A : Área del corte o cordón por soldadura; (mm²). (dato asumido por diseño)

τ : Esfuerzo de corte; (Pa).

4.3.2. Cálculo térmico de la marmita

El cálculo de la marmita permite conocer las características térmicas y el comportamiento con el acero inoxidable AISI 304.

4.3.2.1. Cálculo de la resistencia por convección en el AISI 304

Para el cálculo de la resistencia por convección se aplican la siguiente ecuación:

$$R_{conv} = \frac{1}{h \cdot (2 \cdot \pi \cdot r) \cdot L} \quad (4.10)$$

Donde:

h : Coeficiente de transferencia de calor agua por convección forzada; (W/m².K).

r : Radio externo del tanque; (m).

L : Longitud del tanque; (m).

R_{conv} : Resistencia por convección; (W/K).

4.3.2.2. Cálculo de la resistencia por conducción en el AISI 304

Para el cálculo de la resistencia por conducción se aplican la siguiente ecuación:

$$R_{cond} = \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2 \cdot \pi \cdot k \cdot L} \quad (4.11)$$

Donde:

\ln : Logaritmo natural; (Adimensional).

ℓ : Espesor del anillo del tanque de doble fondo; (m) (dato asumido por diseño).

r_1 : radio interno del tanque; (m). $\rightarrow r_2 = r_1 + \ell$

k : Conductividad térmica del AISI 304; (W/m.K).

L : Longitud del tanque; (m).

R_{cond} : Resistencia por conducción; (W/K).

4.3.2.3. Cálculo de la resistencia térmica total en el AISI 304

Para el cálculo de la resistencia total se aplican la siguiente ecuación:

$$RT = R_{conv} + R_{cond} \quad (4.12)$$

Donde:

R_{conv} : Resistencia por convención; (W/K).

R_{cond} : Resistencia por conducción; (W/K).

RT : Resistencia total; (W/K).

4.3.2.4. Cálculo de las pérdidas de calor a través de la pared de AISI 304

Para el cálculo de las pérdidas de calor a través de la pared se determina con la siguiente ecuación:

$$q(x) = \frac{T2 - T1}{RT} \quad (4.13)$$

Donde:

$T2$: Temperatura interna del tanque para fundir el chocolate; (°K).

$T1$: Temperatura externa del tanque al ambiente; (°K).

RT : Resistencia total; (W/K).

$q(x)$: Pérdidas de calor; (W).

4.3.2.5. Cálculo del tiempo requerido para calentar la superficie del AISI 304

Para el cálculo del tiempo requerido para llegar la temperatura a la superficie o paredes, se determina con la siguiente ecuación:

$$t = \frac{\rho \cdot cp \cdot Lc}{h} \cdot \ln \frac{T2 - T1}{Tm - T1} \quad (4.14)$$

$$Lc = \ell / 2 ; Tm = \frac{T2 - T1}{2} + T1$$

Donde:

ρ : Densidad del AISI 304; (kg/m³).

cp : Capacidad calorífica del AISI 304; (J/kg.K).

Lc : Distancia media del anillo; (m).

h : Coeficiente de transferencia de calor agua por convención forzada; (W/m².K).

\ln : Logaritmo natural; (Adimensional).

$T2$: Temperatura interna del tanque para fundir el chocolate; (°K).

$T1$: Temperatura externa del tanque al ambiente; (°K).

Tm : Temperatura medio o pelicular; (°K).

4.3.3. Cálculo para el diseño mecánico del eje sin fin y agitador

El eje de transmisión es un elemento que puede estar fijo o estar girando, son barras sometidas a cargas de flexión, tensión, compresión o torsión que actúan individualmente o combinadas.

4.3.3.1 Cálculo para el torque requerido

Para el cálculo del torque requerido se determina con la siguiente ecuación:

$$T = F \cdot d \cdot f_d \quad (4.15)$$

Donde:

F : Fuerza; (N).

d : Distancia; (m).

f_d : Factor de diseño; (dato asumido por diseño).

T : Torque requerido; (N.m).

4.3.3.2. Cálculo para el diámetro del eje

Para el cálculo del radio de eje es dado por la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \tau_c &= \frac{T \cdot \rho}{2 \cdot \pi \cdot \gamma} \\ \tau_c &= \frac{T \cdot r}{2 \cdot \pi \cdot r^4} \quad \tau_{\max} = \frac{T}{2 \cdot \pi \cdot r^3} \\ \tau_{\max} &= S_y^I \rightarrow S_y^I = \frac{T}{2 \cdot \pi \cdot r^3} \\ r &= \sqrt[3]{\frac{T}{2 \cdot \pi \cdot S_y^I}} \end{aligned} \quad (4.16)$$

$$S_y^I = S_y / 2$$

$$\emptyset = r * 2 * f_s$$

Donde:

T : Torque requerido; (N.m).

S_y : Límite de fluencia; (MPa) (dato del material).

r : Radio del eje; (m).

f_s : Factor de seguridad; (dato asumido por diseño).

4.3.3.3. Cálculo de la inercia de masa para el agitador

La inercia de un cuerpo se determina por la siguiente ecuación:

$$I = \frac{m \cdot d^2}{8} \quad (4.17)$$

Donde:

d : Diámetro del tanque; (m).

m : Masa del cuerpo; (kg).

I : Inercia del cuerpo; (kg.m²).

4.3.3.4. Cálculo para la aceleración de la máquina

La aceleración de la máquina o del motor está dado por la siguiente ecuación:

$$\alpha = \frac{T}{I} \quad (4.18)$$

Donde:

T : Torque; (N.m).

I : Inercia del cuerpo; (kg/m²).

α : Aceleración angular; ($\frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$).

4.3.3.5. Cálculo para la velocidad lineal de la máquina

La velocidad lineal está dada por la siguiente ecuación:

$$V_L = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{t} \quad (4.19)$$

Donde:

r : Radio del eje; (m).

t : Tiempo; (s) (dato asumido por diseño).

V_L : Velocidad lineal; ($\frac{\text{m}}{\text{s}}$).

4.3.3.6. Cálculo para la velocidad angular para la máquina

La velocidad angular está dada por la siguiente ecuación:

$$\omega = \frac{V_L}{r} \quad (4.20)$$

Donde:

V_L : Velocidad lineal; ($\frac{m}{s}$).

r : Radio del eje sin fin seleccionado; (m).

ω : Velocidad angular; ($\frac{rad}{s}$).

4.3.3.7. Cálculo para la flexión de los agitadores

La flexión del eje se está dada por la siguiente ecuación:

$$W = \frac{m}{Ap} \quad (4.21)$$

Donde:

m : Peso de la masa; (kg).

Ap : Longitud los agitadores; (m).

W : Flexión del eje; (kg/m) – (N/m).

4.3.4. Cálculo para la circulación del fluido por el sin fin

Este cálculo permite conocer la tasa, el tiempo, el área y la velocidad de desplazamiento de la pasta dentro del sin fin.

4.3.4.1. Cálculo de la tasa de circulación interna de la pasta

La cantidad de flujo perpendicular al área de descarga que se da por la siguiente ecuación:

$$Q = 0.8 \cdot N \cdot D^3 \quad (4.22)$$

Donde:

N : Velocidad de rotación mínima; (rpm).

D : Diámetro del canal del sin fin; (m) (dato asumido por diseño).

Q : Tasa de circulación interna del fluido; (m^3/min).

4.3.4.2. Cálculo para el tiempo de circulación de la pasta

Para determinar el tiempo de mezcla se determina por la siguiente ecuación:

$$t = \frac{n \cdot V}{Q} \cdot 0.50 \quad (4.23)$$

Donde:

n : Número de rotaciones; (dato asumido por diseño).

V : Volumen nominal del tanque; (m^3).

Q : Tasa de circulación interna del fluido; (m^3/min).

t : Tiempo de mezcla: (min).

4.3.4.3. Cálculo para el área de relleno del diseño del tornillo sin fin

El área de relleno se determina con la siguiente ecuación:

$$S = \lambda \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (4.24)$$

Donde:

D : Diámetro del canal del sin fin; (m) (dato asumido por diseño).

λ : Coeficiente de relleno de la sección; (dato de tabla).

S : Área de relleno del transportador; (m^2).

4.3.4.4. Cálculo para la velocidad de desplazamiento de tornillo sin fin

La velocidad con la que desplaza el material en dirección longitudinal depende tanto del paso del tornillo como su velocidad de giro para eso se determina mediante la siguiente ecuación:

$$v = \frac{p \cdot n}{60} \quad (4.25)$$

Donde:

p : Paso del tornillo sin fin; (m) (dato asumido por diseño).

n : Velocidad de giro del eje del tornillo; (rpm).

v : Velocidad de desplazamiento: (m/s).

4.3.5. Cálculo del sistema de transmisión

Para el cálculo de la transmisión se necesita conocer la potencia requerida del motor, se determina con el torque requerido necesario para mover la masa.

4.3.5.1. Cálculo para la potencia del motor

La potencia del motor está dada por la siguiente ecuación:

$$P = \frac{T \cdot \pi \cdot n}{60000} \quad (4.26)$$

Donde:

T : torque; (N.m).

n : Número de revoluciones por minuto; (rpm).

P : Potencia; (kW).

4.3.5.2. Cálculo de la fuerza de tensión del eje al arranque

La tensión de arranque está dada con la siguiente ecuación:

$$F\tau = \frac{Tm}{r} \quad (4.27)$$

Donde:

Tm : Torque del motor; (N.m).

r : Radio del eje; (m).

$F\tau$: Fuerza de tensión; (N).

4.3.5.3. Cálculo para el número de revoluciones del motor

Las revoluciones por minuto que se requiere obtener para el motor, está dado por la siguiente ecuación:

$$n = \frac{120 \cdot f}{p} \quad (4.28)$$

Donde:

f : Frecuencia; (Hz).

p : Número de polos; (Adimensional).

n : Número de Rev/min; (RPM).

4.3.5.4. Cálculo para el número de revoluciones de la caja reductora

Para determinar la relación del motorreductor se determina con la siguiente ecuación:

$$relación = \frac{rev / \min \text{ motor}}{rev / \min \text{ máquina}} \quad (4.29)$$

Donde:

Relación de reducción; (Adimensional).

4.3.5.5. Cálculo para la selección de rodamientos

Para demostrar que se ha elegido un rodamiento con suficiente capacidad de carga, se aplica la siguiente ecuación:

$$C_o = P_o \cdot f_s \quad (4.30)$$

Donde:

P_o : Carga dinámica equivalente; (kg).

f_s : Factor de esfuerzos estáticos; (adimensional).

C_o : Capacidad de carga estática; (kg).

4.3.6. Cálculo eléctrico

Permite determinar las protecciones ideales para proteger a la máquina contra sobrecargas y cortocircuitos.

4.3.6.1 Cálculo de las protecciones eléctricas

Para determinar las protecciones se parte de la fórmula de potencia para un sistema trifásico.

$$P = V \cdot I \cdot \sqrt{3} \cdot \cos\varphi \rightarrow I_N = \frac{P}{V \cdot \sqrt{3} \cdot \cos\varphi} \quad (4.31)$$

Donde:

P : Carga del motor; (W).

V : Voltaje; (V).

φ : Factor de potencia; (Adimensional).

I_N : Corriente nominal; (A).

4.3.6.2 Cálculo para la corriente de sobre carga

Para la corriente de sobrecarga se determina con la siguiente ecuación

$$I_{sc} = I_N \cdot 1.1 \quad (4.32)$$

Donde:

I_N : Corriente nominal; (A)

I_{sc} : Corriente de sobrecarga; (A)

4.4. Ingeniería en detalle

4.4.1. Diseño del tanque

Permite obtener la característica para el diseño del tanque de almacenamiento como sus dimensiones necesarias a base del volumen de la pasta de cacao.

4.4.1.1. Volumen de la pasta de cacao

Para el cálculo se debe conocer la densidad y la masa que es dato conocido en la tabla 4.5, para determinar el volumen de la pasta de cacao se aplica la ecuación 4.4.

Tabla 4.4. Densidad, masa y volumen para refinar la pasta de cacao de 68 kg.

Ingredientes	Densidad	Masa	Volumen
Cacao grano seco	635 kg/ m ³	50 kg	0.0787 m ³
Azúcar refinada	720 kg/ m ³	9 kg	0.0125 m ³
Harina	547 kg/ m ³	6 kg	0.0109 m ³
Gluten	555 kg/ m ³	3kg	0.0054 m ³
Total		68 kg	0.1075 m³

La cantidad que puede producir la máquina es de 68 kg, y por cuestiones de seguridad o incremento de volumen se ha determinado con la densidad de cada ingrediente obteniendo el volumen de la masa de 0.1075 m³.

4.4.1.2. Capacidad de almacenamiento del tanque

Para la determinación del volumen total del tanque se debe tomar en cuenta el radio, la longitud el cilindro, y volumen de la masa de cacao que va a tener, para calcular el volumen del cilindro se debe sobre dimensionar el volumen del tanque para que no haya derrames de la pasta, para determinar la capacidad del tanque se aplica la ecuación 4.2.

Dato asumido por diseño:

Radio del tanque = 0.30 m

Longitud del tanque = 0.60 m

El volumen necesario del cilindro es de 0.1075 m³

$$V = \pi * (0.30 \text{ m})^2 * 0.60 \text{ m}$$

$$V = 0.1696 \text{ m}^3$$

El volumen necesario del cilindro para que no exista derrames es de 0.1696 m³

4.4.1.3. Fuerza de estiramiento que presenta la masa de cacao

La fuerza de estiramiento de la pasta de cacao es un dato muy importante para poder conocer la fuerza necesaria y de esa forma calcular el torque requerido, la tensión de fluencia debido a la masa de chocolate se encuentra en la tabla 4.5.

Tabla 4.5. Comparación de los puntos de fluencia del chocolate.

Tipo	Punto de fluencia en reposo
Semi amargo	17 Pa
Blanco	24 Pa
Con leche	23 Pa

Fuente: [20].

Para la tensión de fluencia se determina con tabla 4.8, para el chocolate semi amargo que es el chocolate puro para tabletas tiene un dato de 17 Pa y el radio del cilindro es de 0.30 m, que son datos para determinar la fuerza de estiramiento mediante la ecuación 4.3.

$$F_e = 17 \text{ Pa} \cdot \pi (0.30 \text{ m})^2$$

$$F_e = 4.81 \text{ N} \rightarrow 0.49 \text{ Kg}$$

4.4.1.4. Fuerza de la masa

Para el cálculo y verificación de la fuerza que necesita el agitador se debe tomar en cuenta la cantidad de masa que puede contener la olla, siendo la fuerza de la masa ($F_m = 68 \text{ kg} \rightarrow 667.1 \text{ N}$), más la fuerza de estiramiento que presenta la masa ($F_e = 0.49 \text{ kg} \rightarrow 4.81 \text{ N}$), se añade un factor de seguridad de 2 para el diseño ya que es la fuerza que se necesita para calcular el torque requerido y no tener problemas a la hora de seleccionar la potencia del motor, para determinar la fuerza de la masa total se aplica la ecuación 4.4.

$$F_t = 68 \text{ kg} + 0.49 \text{ kg} \cdot (9.81 \text{ m/s}^2) \cdot (2)$$

$$F_t = 68.49 \text{ kg} \cdot (9.81 \text{ m/s}^2) \cdot (2)$$

$$F_t = 1343.77 \text{ N}$$

4.4.1.5. Carga distribuida en los agitadores

La fuerza que será empujada por los brazos agitadores es de 1343.77 N, es la mayor incidencia que estará en la parte inferior del tanque, se debe considerar que la mitad de la carga se distribuye en cada brazo, para determinar la carga distribuida en los brazos se aplica la ecuación 4.5.

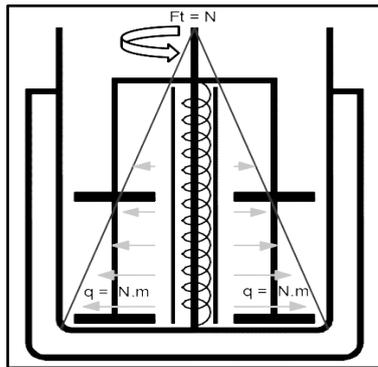


Figura 4.1. Diagrama de fuerza en el eje y carga distribuida en el agitador.

Datos asumidos por diseño:

Longitud de los brazos agitadores = 0.50 m

$$q = \frac{1343.77 \text{ N}}{0.50 \text{ m}}$$

$$q = 2687.54 \text{ N/m}$$

4.4.1.6. Presión envolvente del cilindro

El cilindro va a tener una presión envolvente, por una lámina de acero inoxidable, de longitud de 0.60 m y radio de 0.30 m, diámetro de 0.60 m, para determinar la presión interna del cilindro envolvente se aplica la ecuación 4.6.

Fuerza de estiramiento = 0.49 kg → 4.81 N

Fuerzas de las masas = 68 kg → 667.1 N

$$A_m = 2 \pi * 0.30\text{m} * (0.30\text{m} + 0.60\text{m})$$

$$p = \frac{4.81 \text{ N} + 667.1 \text{ N}}{2 \pi * 0.30\text{m} * (0.30\text{m} + 0.60\text{m})}$$

$$p = \frac{671.91(\text{N})}{2 \pi * 0.30\text{m} * (0.30\text{m} + 0.60\text{m})}$$

$$p = 396.07 \text{ Pa} \rightarrow 0.39607 \text{ KPa}$$

4.4.1.7. Espesor de las paredes del cilindro

Permite conocer el espesor de necesario de lámina de acero inoxidable 304 a base de la presión ejercida por el cilindro y la elongación del material que se encuentra en la sección de anexos, para determinar el espesor de las paredes del cilindro se aplica la ecuación 4.7.

Presión interna del cilindro = 0.39607 KPa

Diámetro externo del cilindro = 0.60 m → 600 mm

Elongación máximo del material = 40 dato de tabla

Dato asumido por diseño:

Factor de diseño = 2

$$e = \frac{0.39607 \text{ Kpa} \cdot 600 \text{ mm}}{4 \cdot 40 - 0.8 \cdot 0.39607 \text{ Kpa}} \cdot 2$$

e = 2.97 mm → 3 mm

4.4.1.8. Esfuerzo del cilindro

Es necesario determinar el esfuerzo que ejerce el cilindro mediante la presión interna, para determinar el esfuerzo se aplica la ecuación 4.8.

Presión interna del cilindro = 0.39607 KPa

Diámetro del cilindro = 0.60 m → 600 mm

Espesor de la cilindro 3 mm

$$\sigma = \frac{(0.39607 \text{ KPa}) \cdot (600 \text{ mm})}{2 \cdot (3 \text{ mm})}$$

$\sigma = 39.61 \text{ KPa}$

4.4.1.9. Esfuerzo de corte en las uniones soldadas

Para el esfuerzo de uniones por soldadura se debe conocer el área total de cordones o puntos de suelda para determinar el esfuerzo de aplica la ecuación 4.9.

Fuerza de estiramiento más el peso de la masa 1343.77 N

Área del corte o cordón por soldadura 9000 mm² (dato asumido)

$$\tau = \frac{1343.77 \text{ N}}{(9)\text{m}^2}$$

$\tau = 149.30 \text{ Pa} \rightarrow 0.14930 \text{ KPa}$

4.4.2. Diseño térmico

Para realizar los cálculos térmicos de la marmita se debe detallar los siguientes datos tomados de tablas que se muestra en la sección de anexos y datos asumidos para el diseño:

Radio externo del tanque = 600 mm / 2 mm = 300 mm → 0.300 m

Longitud del tanque = 600 mm → 0.600 m

Espesor del anillo del tanque de doble fondo 30 mm → 0.030 m

Coefficiente de transferencia de calor agua por convención forzada = 300 - 6000 W/m².K

Conductividad térmica del AISI 304 = 14.9 W/m.K

Densidad del AISI 304 = 7900 kg/m³

Capacidad calorífica del AISI 304 = 477 J/kg.K

Temperatura externa del tanque = 20 °C → 293.15 °K

Temperatura interna del tanque = 45 °C → 318.15 °K

4.4.2.1. Resistencia por convención en el AISI 304

Para el cálculo de la resistencia por convención se determina con la ecuación 4.10.

$$R_{\text{conv}} = \frac{1}{300 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}} * (2 * \pi * 0.300 \text{ m}) * 0.600 \text{ m}}$$

$$R_{\text{conv}} = 0.002948 \text{ W/K}$$

4.4.2.2. Resistencia por conducción en el AISI 304

Para el cálculo de la resistencia por conducción se determina con la ecuación 4.11.

$$r_2 = r_1 + e \rightarrow 300 \text{ mm} + 30 \text{ mm} = 330 \text{ mm} \rightarrow 0.330 \text{ m}$$

$$R_{\text{cond}} = \frac{\ln\left(\frac{0.330 \text{ m}}{0.300 \text{ m}}\right)}{2 * \pi * 14.9 \frac{\text{W}}{\text{m.K}} * 0.600 \text{ m}}$$

$$R_{\text{cond}} = 0.001696 \text{ W/K}$$

4.4.2.3. Resistencia térmica total en el AISI 304

Para el cálculo de la resistencia total se determina con la ecuación 4.12

$$\text{Resistencia total} = 0.002948 \frac{\text{W}}{\text{K}} + 0.001696 \frac{\text{W}}{\text{K}}$$

$$\text{Resistencia total} = 0.004643 \text{ °K/W}$$

4.4.2.4. Pérdidas de calor a través de la pared de AISI 304

Para el cálculo de las pérdidas de calor totales a través de la pared se determina con la ecuación 4.13.

$$q_{(x)} = \frac{(318.15 - 293.15) \text{ } ^\circ\text{K}}{0.004643 \text{ } ^\circ\text{K/W}}$$

$$q_{(x)} = 5384.44 \text{ W}$$

4.4.2.5. Tiempo requerido para calentar la superficie del AISI 304

Para conocer el tiempo para que la temperatura alcance a la superficie o paredes, se determina con la ecuación 4.14.

$$L_c = \ell / 2 \rightarrow 30 \text{ mm} / 2 = 15 \text{ mm} \rightarrow 0.015 \text{ m}$$

$$T_m = \frac{T_2 - T_1}{2} + T_1 \rightarrow \frac{(318.15 - 293.15) \text{ } ^\circ\text{K}}{2} + 293.15 = 305.65 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$t = \frac{7900 \text{ kg/m}^3 * 477 \text{ J/kg} \cdot \text{K} * 0.015 \text{ m}}{300 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}} * \ln \frac{(318.15 - 293.15) \text{ } ^\circ\text{K}}{(305.65 - 293.15) \text{ } ^\circ\text{K}}$$

$$t = 130 \text{ s} \rightarrow 2 \text{ minutos con } 10 \text{ segundos}$$

4.4.3. Diseño mecánico del eje sin fin y agitador

El eje sin fin va a estar destinado al punto de esfuerzo máximo ya que se acopla con el eje de transición para producir el movimiento del agitador.

4.4.3.1 Torque requerido

Para el cálculo del eje se tendrá en cuenta la fuerza de mezclado que es 1343.77 N y la distancia al centro de rotación dato asumido por diseño, para realizar un diseño seguro se debe multiplicar por un factor de diseño, para determinar el torque requerido se aplica la ecuación 4.15.

Dato asumido por diseño:

$$d = \text{Distancia} = 0.30 \text{ m}$$

$$f_d = \text{Factor de diseño} = 2$$

$$T = 1343.77 \text{ N} * 0.30 \text{ m} * 2$$

$$T = 806.26 \text{ N.m}$$

4.4.3.2. Diámetro del eje

La fórmula para determinar el radio y por consiguiente el diámetro se determina con el análisis de la fórmula del esfuerzo cortante para despejar y obtener la ecuación 4.16 que permite conocer el valor para seleccionar el diámetro requerido para el eje.

Considerando que el material es un acero AISI 304, tiene un límite de fluencia $S_y = 205 \text{ Mpa} \rightarrow 205000000 \text{ Pa}$, se puede establecer la comparación entre este límite y el esfuerzo presente en el material dato tomado por catálogo, el torque requerido de 806.26 N.m y el factor de seguridad para el diámetro del eje es de 1.5 dato asumido por diseño.

$$S_y^I = S_y/2 \rightarrow 205000000 \text{ Pa}/2 = 102500000 \text{ Pa}$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{806.26 \text{ N.m}}{2\pi * 102500000 \text{ Pa}}} \rightarrow r = 0.010 \text{ m}$$

$$\varnothing = r * 2 * f_s \rightarrow 0.010 \text{ m} * 2 * 1.5 = 0.030 \text{ m} \rightarrow 30 \text{ mm}$$

Se puede seleccionar el eje sin fin entre 28 mm a 38 mm (datos estándares).

28 mm dato seleccionado.

4.4.3.3. Inercia de masa para el agitador

La inercia de un cuerpo, se determina por su geometría para elementos giratorios de la máquina ya que los agitadores de paleta van producir un flujo laminar, por lo que se necesita conocer la inercia para el eje macizo, para determinar la inercia se aplica la ecuación 4.17.

Diámetro del tanque 0.60 m

Masa del cuerpo 68.49 kg

$$I = \frac{68.49 \text{ kg} * (0.60 \text{ m})^2}{8}$$

$$I = 3.08 \text{ kg.m}^2$$

4.4.3.4. Aceleración de la máquina

Se conoce el torque requerido y la inercia de la masa para calcular la aceleración necesaria para el motor se determina con la ecuación 4.18.

$$\alpha = \frac{806.26 \text{ N. m}}{3.08 \text{ kg. m}^2}$$

$$\alpha = 261.77 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2} \rightarrow 2499.72 \text{ rpm (Requerido para el motor)}$$

4.4.3.5. Velocidad lineal de la máquina

La velocidad lineal se determina con la ecuación 4.19.

Radio del eje sin fin seleccionado $\emptyset = 28 \text{ mm} \rightarrow r = 0.014$

Dato asumido por diseño:

$$t = \text{Tiempo} = 2\text{s}$$

$$V_L = \frac{2 \pi * 0.014 \text{ m}}{2 \text{ s}}$$

$$V_L = 0.044 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$$

4.4.3.6. Velocidad angular para la máquina

La velocidad angular se determina con la ecuación 4.20.

$$\omega = \frac{0.044 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)}{0.01 \text{ m}}$$

$$\omega = 4.4 \left(\frac{\text{rad}}{\text{s}}\right) \rightarrow 42 \text{ rpm (Requerido para la máquina)}$$

4.4.3.7. Flexión de los agitadores

La flexión del eje se determina con la ecuación 4.21

Peso de la masa 150 lb \rightarrow 68 kg

Longitud los agitadores 500 mm \rightarrow 0.50 m

1 kg/m \rightarrow 9.81 N/m

$$W = \frac{68 \text{ kg}}{0.50 \text{ m}}$$

$$W = 136 \text{ Kg/m} \rightarrow 1334.16 \text{ N}$$

4.4.4. Circulación del fluido por el sin fin

Este cálculo permite conocer las características para el funcionamiento del sin fin como la tasa de circulación, el tiempo de circulación el área de relleno y la velocidad de desplazamiento.

4.4.4.1. Tasa de circulación interna de la pasta

Los agitadores funcionan como bombas sin carcasa, la tasa de circulación interna o flujo interno en el tanque es la cantidad de flujo perpendicular al área de descarga que se determina con la ecuación 4.22.

Velocidad de rotación = 42 rpm

Dato asumido por diseño:

Diámetro del canal del sin fin = 0.08 m

$$Q = 0.8 * 42 \frac{rev}{min} * (0.08 \text{ m})^3$$

$$Q = 0.017 \text{ m}^3/\text{min}$$

4.4.4.2. Tiempo de circulación de la pasta

Para determinar el tiempo de mezcla y alcanzar un 50 % del mezclado de la pasta se determina por la siguiente ecuación 4.23.

Volumen nominal del tanque = 0.1696 m³

Tasa de circulación interna del fluido = 0.017 m³/min

Dato asumido por diseño:

Número de rotaciones = 40

$$t = \frac{40 * 0.1696 \text{ m}^3}{0.017 \text{ m}^3/\text{min}} * 0.50$$

t = 6 min y 14 segundos

4.4.4.3. Área de relleno del diseño del tornillo sin fin

Se debe conocer el área de relleno del canal que ocupa el material, el coeficiente de relleno (λ) para cargas pesadas es de 0.25, debe ser menor que la unidad con objeto de evitar amontonamiento del material que dificultara el flujo a lo largo del canal para ello se determina con la ecuación 4.24.

Diámetro del canal del sin fin = 0.08 m

Coeficiente de relleno de la sección = 0.25

$$S = 0.25 \frac{\pi * 0.080 \text{ m}^2}{4}$$

$$S = 0.0013 \text{ m}^2$$

4.4.4.4. Velocidad de desplazamiento de tornillo sin fin

La velocidad con la que desplaza el material en dirección longitudinal depende tanto del paso del tornillo como su velocidad de giro para eso se determina con la ecuación 4.25.

Dato asumido por diseño:

Paso del tornillo sin fin = 0.045 m

Velocidad de giro del eje del tornillo = 42 rpm

$$v = \frac{0.045 \text{ m} * 42 \text{ rpm}}{60}$$

$$v = 0.032 \text{ m/s}$$

4.4.5. Sistema de transmisión

El motor viene especificado la potencia de trabajo que se necesita para que gire o rompa la inercia de eje, la potencia requerida del motor, se determina con el torque requerido necesario para mover la masa.

4.4.5.1. Potencia del motor

La potencia necesaria para poner en rotación y dar el movimiento de la maquina refinadora se determina con la ecuación 4.26.

$$1\text{Hp} = 0.745 \text{ (kW)}$$

$$\text{Torque requerido} = 806.26 \text{ N.m}$$

$$\text{Número de revoluciones por minuto} = 40 \text{ rpm}$$

$$P = \frac{806.26 \text{ N.m} * \pi * 40 \text{ rpm}}{60000}$$

$$P = 1.6 \text{ Kw} \rightarrow 2.1 \text{ Hp (Con factor de seguridad)}$$

4.4.5.2. Fuerza de tensión del eje al arranque

La tensión de arranque se determina con la ecuación 4.27.

$$\text{Torque del motor} = 806.26 \text{ N.m}$$

$$\text{Radio del eje} = 0.014 \text{ m}$$

$$F_t = \frac{806.26 \text{ N.m}}{0.014 \text{ m}}$$

$$F_t = 57590 \text{ N} \rightarrow 57.590 \text{ KN}$$

4.4.5.3. Número de revoluciones del motor

Para conocer el número de revoluciones del motor se debe conocer el número de polos especificado en la placa de datos, se determina con la ecuación 4.28.

Dato asumido por diseño:

$$\text{Frecuencia} = 60 \text{ Hz}$$

$$\text{Número de polos} = 2$$

$$n = \frac{120 * 60\text{Hz}}{2}$$

$$n = 3600 \text{ rpm del motor}$$

4.4.5.4. Número de revoluciones de la caja reductora

La velocidad del motor al eje y agitadores se transmitirá por medio de una caja reductora de piñonera que conectara al eje del motor a 90°, se debe tener en cuenta la potencia efectiva del motor, el torque requerido que se aplicarán en el sistema de transmisión y la relación o velocidad de giro necesaria, para conocer la relación de la caja reductora o motorreductor se determina con la ecuación 4.29.

$$\text{Relación} = \frac{3600 \text{ rpm}}{42 \text{ rpm}} \rightarrow \text{relación de reducción} = 86 \text{ (Requerido para la caja reductora)}$$

4.4.5.5. Selección de rodamientos

De acuerdo al diseño de la máquina las cargas radiales se encuentran situadas en las reacciones del eje principal, y se toma la masa que es la carga estática 68 kg, además se debe tomar en cuenta el peso de material de construcción, 2 plancha de acero inoxidable AISI 304 de 1000 mm x 2000 mm, espesor de 3 mm tiene un peso de 47,6 kg/hoja y un tubo hueco de Ø 90 mm x 500 mm, espesor de 5 mm tiene un peso de 10.5 kg se muestra en la sección de anexos $P_o = 68 \text{ kg} + (47,6 \text{ kg} * 2) + 10.5 \text{ kg}$, P_o es igual a 174 kg. El factor de esfuerzos f_s es un valor de seguridad contra deformaciones elevadas en los puntos de contacto de los cuerpos rodantes, para que el rodamiento gire con mayor facilidad, se elige un factor de esfuerzos alto, si las exigencias de suavidad de giro son más reducidas bastan valores bajos. En general se pretende conseguir los siguientes valores:

$f_s = 1,5 - 2,5$ para exigencias elevadas.

$f_s = 1,0 - 1,5$ para exigencias normales.

$f_s = 1,0 - 1,5$ para exigencias reducidas.

La carga dinámica equivalente P_o es valor de una carga radial en rodamientos centrada en los rodamientos axiales, es el punto de contacto más cargado entre cuerpos rodantes y camino de rodadura que la carga combinada real en donde se aplica la ecuación de carga estática, la carga estática, se calcula el factor de esfuerzos estáticos de un rodamiento con suficiente capacidad de carga, se determina con la ecuación 4.30.

$$C_o = 174 \text{ kg} * (1.2)$$

$$C_o = 208 \text{ kg} \rightarrow \text{(Dato para seleccionar en catálogo).}$$

4.4.6. Diseño eléctrico

Permite determinar las protecciones ideales para proteger a la máquina contra sobrecargas y cortocircuitos, además mejorar el factor de potencia las pérdidas en los devanados del rotor en un motor de inducción de jaula de ardilla.

4.4.6.1. Protecciones eléctricas

Calibre del conductor

El calibre del cable se selecciona en base a la intensidad nominal, se aplica la fórmula de potencias para un sistema trifásico, conociendo la potencia de 1.6 KW → 1600 W, se añade el consumo de la resistencia eléctrica de 2000 W (dato asumido).

La carga que consume la máquina refinadora es de:

$$1600 \text{ W} + 2000 \text{ W} = 3600 \text{ W}$$

Datos asumidos por diseño:

$$\text{Voltaje} = 220 \text{ AC}$$

$$\text{Factor de potencia} = 0.85$$

Para conocer la corriente nominal de la máquina se determina con la ecuación 4.31.

$$I_N = \frac{3600 \text{ W}}{220\text{V} * \sqrt{3} * 0.85}$$

$$I_N = 24 \text{ A} * 1.2 = 29 \text{ A} \rightarrow 30 \text{ A} \text{ (Dato para seleccionar el calibre del conductor).}$$

En la tabla 4.6, se muestra las características del calibre del conductor.

Tabla 4.6. Características del calibre del conductor.

Cable AWG		
Calibre del cable	Amperaje soportado	Temperatura
18 AWG	10 A	60 °C
16 AWG	13 A	60 °C
14 AWG	18 A	60 °C
12 AWG	25 A	60 °C
10 AWG	30 A	60 °C
8 AWG	40 A	60 °C

Fuente: [21].

El valor nominal de la intensidad se multiplica por 1,2 como medio de factor de seguridad y se multiplica adicionalmente por 1,2 por cada 100 metros.

Nota: El calibre para la alimentación de la máquina es de 10 AWG

Nota: Es recomendado trabajar mínimo con calibre 12 AWG para motores.

Disyuntor termomagnético

Se suma todas las cargas que estarán conectadas al disyuntor.

Datos asumidos por diseño:

Potencia del motor = 1600 W

2 Resistencias eléctricas de 2000 W = 4000 W

Sistema eléctrico (Luz piloto, electroválvula) = 400 W

$$I_N = \frac{6000 \text{ W}}{220 \text{ V} * \sqrt{3} * 0.85}$$

$I_N = 40 \text{ A}$ (Dato para seleccionar el disyuntor)

Relé Térmico

Es un dispositivo de protección muy utilizado en motores ante sobrecargas débiles y prolongadas el valor de 1.1 es un factor de seguridad. Para conocer la corriente de sobrecarga se determina con la ecuación 4.32.

$I_{SC} = 30 \text{ A} * 1.1 = 33 \text{ A}$ (Dato para seleccionar el relé térmico).

Contactador

Criterio para seleccionar el Contactador:

- Número de polo: 2
- Categoría de uso: AC3 cargas inductivas (motor jaula de ardilla).
- Potencia del motor: 2.0 HP
- Contactos auxiliares: NA/NC

4.4.7. Análisis en Inventor para el diseño de la estructura

La estructura no posee ningún movimiento y es totalmente fija, además se estima un carga por gravedad, que son las cargas extremas que se someterá la estructura para el cual se toma de dato la carga que soportan las chumaceras $C_o = 208 \text{ kg} - 2224 \text{ N}$, luego se asigna otro peso adicional que es el del motorreductor en la parte superior de $46 \text{ kg} - 444 \text{ N}$, finalmente se selecciona el material de construcción que es el acero inoxidable AISI 304. El resultado de la simulación de tensión y deformación se muestra en la sección de anexos.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La metodología permito obtener los resultados para el diseño de acuerdo a la necesidad, establecer el control y funcionamiento de la máquina refinadora de cacao, además se describe datos necesarios para el dimensionamiento que son requisitos para seleccionar los elementos y equipos para el desarrollo de la fabricación de la máquina.

5.1. Resultados de la memoria de cálculo

Los resultados de la memoria de cálculo permitieron evaluar los valores con datos de otras máquinas similares para establecer un criterio adecuado al momento de la construcción, los resultados obtenidos en el diseño de ingeniería se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 5.1. Resultados de los cálculo para el diseño del tanque.

Parámetro	Ecuación	Resultados
Cálculo del volumen de la masa	$V = \frac{m}{\rho}$	$V = 0.1075 \text{ m}^3$
Cálculo para la capacidad de almacenamiento del tanque	$V = \pi * r^2 * L$	$V = 0.1696 \text{ m}^3$
Cálculo de la fuerza de estiramiento que presenta la masa de cacao	$Fe = \sigma_o * \pi * a^2$	$Fe = 4.81 \text{ N} \rightarrow 0.49 \text{ Kg}$
Cálculo de la fuerza de la masa	$Ft = m * g * f_d$	$F = 1343.77 \text{ N}$
Cálculo de la carga distribuida en los agitadores	$q = \frac{F}{L}$	$q = 2687.54 \text{ N/m}$
Cálculo de la presión envolvente del cilindro	$p = \frac{F_e + F_m}{A_m}$	$p = 396.07 \text{ Pa} \rightarrow 0.39607 \text{ KPa}$
Cálculo del espesor de las paredes del cilindro	$e = \frac{p * De}{4 * S - 0.8 * p} * f_d$	$e = 3 \text{ mm}$
Cálculo del esfuerzo del cilindro	$\sigma = \frac{p * \phi}{2 * e}$	$\sigma = 39.61 \text{ KPa}$
Cálculo del esfuerzo de corte en las uniones soldadas	$\tau = \frac{F}{A}$	$\tau = 149.30 \text{ Pa} \rightarrow 0.14930 \text{ KPa}$

Tabla 5.2. Resultados del cálculo térmico de la marmita.

Parámetro	Ecuación	Resultados
Cálculo de la resistencia por convección en el AISI 304	$R_{conv} = \frac{1}{h * (2 * \pi * r) * L}$	$R_{conv} = 0.002948 \frac{W}{K}$
Cálculo de la resistencia por conducción en el AISI 304	$R_{cond} = \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2 * \pi * k * L}$	$R_{cond} = 0.001696 W/K$
Cálculo de la resistencia térmica total en el AISI 304	$RT = R_{conv} + R_{cond}$	Resistencia total = 0.004643 °K/W
Cálculo de las pérdidas de calor a través de la pared de AISI 304	$q_{(x)} = \frac{T_2 - T_1}{RT}$	$q_{(x)} = 5384.44 W$
Cálculo del tiempo requerido para calentar la superficie del AISI 304	$t = \frac{\rho * c_p * Lc}{h} * \ln \frac{T_2 - T_1}{T_m - T_1}$	$t = 130 s \rightarrow 2 \text{ minutos con } 10 \text{ segundos}$

Tabla 5.3. Resultados del cálculo para el diseño mecánico del eje sin fin y agitador.

Parámetro	Ecuación	Resultados
Cálculo para el torque requerido	$T = F * d * fd$	$T = 806.26 N.m$
Cálculo para el diámetro del eje	$r = \sqrt[3]{\frac{T}{2\pi * S_y^l}}$ $\phi = r * 2 * fs$	$\phi = 30 \text{ mm}$ $\phi = 28 \text{ mm}$ (Dato seleccionado estándar)
Cálculo de la inercia de masa para el agitador	$I = \frac{m * d^2}{8}$	$I = 3.08 \text{ kg.m}^2$
Cálculo para la aceleración de la máquina	$\alpha = \frac{T}{I}$	2499.72 rpm (Dato requeridos para el motor)
Cálculo para la velocidad lineal de la máquina	$V_L = \frac{2 * \pi * r}{t}$	$V_L = 0.044 \left(\frac{m}{s}\right)$
Cálculo para la velocidad angular para la máquina	$\omega = \frac{V_L}{r}$	42 rpm (Dato requerido para la máquina)
Cálculo para la flexión de los agitadores	$W = \frac{m}{A_p}$	$W = 136 \text{ Kg/m} \rightarrow 1334.16 N$

Tabla 5.4. Resultados del cálculo para la circulación del fluido por el sin fin.

Parámetro	Ecuación	Resultados
Cálculo de la tasa de circulación interna de la pasta	$Q = 0.8 * N * D^3$	Q = 0.017 m ³ /min
Cálculo para el tiempo de circulación de la pasta	$t = \frac{n * V}{Q} * 0.50$	t = 6 min y 14 segundos
Cálculo para el área de relleno del diseño del tornillo sin fin	$S = \lambda \frac{\pi * D^2}{4}$	S = 0.0013 m ²
Cálculo para la velocidad de desplazamiento de tornillo sin fin	$v = \frac{p * n}{60}$	v = 0.032 m/s

Tabla 5.5. Resultados del cálculo del sistema de transmisión.

Parámetro	Ecuación	Resultados
Cálculo para la potencia del motor	$P = \frac{T * \pi * n}{60000}$	P = 2.1 Hp
Cálculo de la fuerza de tensión del eje al arranque	$F\tau = \frac{Tm}{r}$	FJ = 80626 N → 80.626 KN
Cálculo para el número de revoluciones del motor	$n = \frac{120 * f}{p}$	n = 3600 rpm
Cálculo para el número de revoluciones de la caja reductora	$rel = \frac{rev/min motor}{rev/min máquina}$	relación de reducción = 86 (Dato requerido para el motorreductor)
Cálculo para la selección de rodamientos	$C_o = P_o * f_s$	C _o = 208 kg (Dato para seleccionar en catálogo)

Tabla 5.6 Resultados del cálculo eléctrico.

Parámetro	Ecuación	Resultados
Cálculo de las protecciones eléctricas Calibre del conductor Disyuntor termomagnético	$I_N = \frac{P}{V * \sqrt{3} * \cos\phi}$	30 A (Dato para seleccionar el calibre del conductor) I _N = 40 A (Dato para seleccionar el disyuntor)
Cálculo para la corriente de sobre carga	$I_{sc} = I_N * 1.1$	33 A (Dato para seleccionar el relé térmico)

5.2. Selección de equipos, elementos

Con los resultados obtenidos en la toma de decisión y la memoria de cálculo se procede a seleccionar los equipos y elementos bajo los parámetros necesarios para la implementación de la máquina refinadora de cacao. En la sección de anexos se muestra los componentes seleccionados para la máquina refinadora.

5.3. Proceso de manufactura

El procedimiento de fabricación fue una actividad y operación relacionada con el desarrollo consecutivo de la construcción de las partes y obtener los parámetros necesarios de la máquina refinadora. En la sección de anexos se muestra el proceso de manufactura.

5.4. Ensayo de la viscosidad de la pasta de cacao

La viscosidad de la pasta se realizó a base del instrumento de medición viscosímetro rotatorio digital, mediante dos muestras de pasta no refinada y refinada en vasos de precipitación de 500 ml, a 45 °C y 30 rpm, cabe mencionar que el porcentaje del torque debe estar en un rango de escala de 15 al 100 %, si se encuentra inferior al 15 % la medida no puede ser considerada ya que significa un error en la medición que en viscosidad es relativamente importante, la viscosidad mide la resistencia de un líquido al flujo, la unidad para la viscosidad es centipoise o Pa.s, en la tabla 5.7 y en la sección de anexos se muestra los resultados de la medición

Para determinar la viscosidad de la pasta de chocolate sin la necesidad de requerir un laboratorio se puede utilizar la técnica que se muestra en la sección de anexos.

Tabla 5.7. Tabla de resultados de viscosidad mediante viscosímetro rotatorio.

PASTA DE CHOCOLATE NO REFINADA				
Viscosidad (cP) → (Pa.s)	Temperatura (°C)	Velocidad (rpm)	Torque (%)	Husillo (SP)
7189.3 → 7.1	45	30.0	36.0	L4
PASTA DE CHOCOLATE REFINADA				
Viscosidad (cP) → (Pa.s)	Temperatura (°C)	Velocidad (rpm)	Torque (%)	Husillo (SP)
5163.4 → 5.1	45	30.0	25.8	L4

5.5. Alcance

El alcance es el resultado obtenido en el diseño e implementación, a continuación se describe el funcionamiento general de la máquina refinadora de cacao.

5.5.1. Funcionamiento y características generales

La máquina refinadora con doble paleta gira y mueve las esferas dentro del recipiente de doble fondo, la fricción de la esferas con la pasta produce una mezcla que reduce los grumos de la pasta de chocolate, posee un pirómetro para mantener constante la temperatura del tanque de doble fondo, además se puede variar la velocidad del eje agitador en diferentes tiempos del refinado, el motorreductor romper la inercia de la masa de 68 kg, el arranque y la velocidad de rotación del motor es controlada mediante un variador de frecuencia. En la figura 5.1 se muestra la máquina refinadora de cacao.



Figura 5.1. Alcance de la máquina refinadora de cacao.

Tabla 5.8. Datos medidos y resultados de pruebas.

Capacidad	23 kg	45 kg	68 kg
Temperatura ambiente	10 °C	15 °C	20 °C
Temperatura del caldero	40 °C	45 °C	50 °C
Temperatura de la pasta	50 °C	55 °C	60 °C
Tiempo para calentar el caldero (consumo de resistencias)	30 min	35 min	40 min
Tiempo de refinado (consumo del motor)	12 horas	24 horas	48 horas
Velocidad	40 rpm	40 rpm	40 rpm
Viscosidad antes de refinar	6754.7 cP	7189.3 cP	7620.0 cP
Viscosidad después de refinar	5147.6 cP	5163.4 cP	5251.8 cP

Tabla 5.9. Comparación de resultados con máquinas similares.

Características	Máquina refinadora diseñada	Máquina refinadora Monty 40	Amasadora de harina
Capacidad	68 kg	40 kg	23.46 kg
Potencia	1.4 kW	1.5 kW	0.94 kW
Voltaje	220 V	220 V	110 V
Velocidad	40 rpm	60 rpm	75.38 rpm
Material	AISI 304	AISI 304	AISI 304
Tiempo	48 h	48 h	3 h
Transmisión	Caja de engranaje	Polea banda	Polea banda

5.6. Validación de la hipótesis

Cabe mencionar que la máquina refinadora, disminuyó la viscosidad con respecto a la viscosidad inicial que se tiene antes de refinar, este aspecto de la reducción de los grumos de la pasta es esencial para el moldeo de las tabletas de chocolate.

El análisis de resultados permitió conocer los datos generales, obtenidos en pruebas en relación con la temperatura, la velocidad y el tiempo de refinado, para validar la hipótesis se comparó la viscosidad del antes y después del proceso de refinado. En la tabla 5.8 y 5.9, se especifican los resultados obtenidos con la máquina refinadora.

6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

6.1. Presupuesto

Se detalla el aspecto financiero que se necesitó para la implementación de la máquina refinadora de cacao y la producción de tabletas de chocolates:

6.1.1. Costos directos

Es el costo de la adquisición de los equipos y materiales que fueron necesarios para la construcción de la máquina refinadora de cacao.

Tabla 6.1. Costos de equipos eléctricos.

Equipos	Capacidad	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
Motorreductor Bauer	2Hp	1	2800,00	2800,00
Variador Delta	3Hp	1	480,00	480,00
Pirómetro Camsco	400 °C	1	42,00	42,00
Contactador Schütz LS	40 A	1	46,00	46,00
Contactador Schütz LS	22 A	2	26,00	52,00
Relé térmico LS	32 A	1	34,00	34,00
Relé sin flotador Camsco	5 A	1	33,00	33,00
Disyuntor CNC	63 A	1	22,00	22,00
Pulsadores CNC	230 V	2	3,00	6,00
Luz piloto CNC	230 V	5	4,00	20,00
Selector CNC	230 V	2	5,00	10,00
Paro de emergencia Camsco	230 V	1	3,00	3,00
Termocupla tipo J	750 °C	1	12,00	12,00
Resistencia eléctrica	2000 W	2	18,00	36,00
Electroválvula Genebre	30 Bar	1	110,00	110,00
			Sub total	3706,00

Tabla 6.2. Costos de materiales.

Materiales	Dimensión	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
Armario metálico	600mm x 400mm x 155mm	1	40,00	40,00
Chumacera FBJ	45mm Ø x 209kg	2	15,00	30,00
Esferas cromadas AKS	10mm	1500	0,25	375,00
Válvula aliviadora	3/8mm	1	6,00	6,00
Nivelador visor de agua	llave de 1/2", vidrio de presión	1	100,00	100,00
Válvula CH	1/2"	1	12,00	12,00
Universal galvanizado	1/2"	2	4,00	8,00
Unión galvanizado	1/2"	3	2,00	6,00
Codo galvanizado	1/2"	1	2,00	2,00
Tapón galvanizado	1/2"	2	2,00	4,00
Tubo galvanizado	3/8" x 500mm	1	12,00	12,00
Tubo galvanizado	1/2" x 500mm	1	15,00	15,00
Tubo cuadrado INOX	40 x 40mm x 2.5mm e x 6m	4	60,00	240,00
Tubo redondo ASTM	90mm Ø x 10mm e x 500mm	1	40,00	40,00
Duralon	200mm x 200mm x 200mm	1	14,00	14,00
Perno acero inoxidable	1/2"	8	4,00	32,00
Perno acero inoxidable	1/4"	10	2,00	20,00
Perno acero inoxidable	5/16"	1	2,50	2,50
Perno acero inoxidable	3/8"	6	3,00	18,00
Perno acero inoxidable	8 mm	4	1,00	4,00
Plancha AISI 304	1220mm x 2440mm x 3mm e	2	340,00	680,00
Plancha acero brillante	100mm x 50mm x 1mm e	1	8,00	8,00
Platina AISI 304	1/2" x 2mm e x 500mm	1	21,00	21,00
Platina AISI 304	75mm x 10mm e x 500mm	1	24,00	24,00
Platina AISI 304	1" x 6mm e x 400mm	1	8,00	8,00
Eje AISI 304	1" Ø x 520mm	2	18,00	36,00
Eje AISI 304	45mm Ø x 200mm	2	25,00	50,00
Eje AISI 304	28mm Ø x 1000mm	1	26,00	26,00
Brida AISI 304	125mm Ø x 6mm	1	15,00	15,00
Brida AISI 304	90mm Ø x 3mm	2	10,00	20,00
Bocín AISI 304	50mm Ø x 120mm	2	12,00	24,00
Bocín Rosca AISI 304	45mm Ø x R12 x 15mm	2	10,00	20,00
Tanque de argón	960 x 140 x 140mm Cap. 2m ³	2	250,00	500,00
Electrodo de tungsteno	2% Torio, 1mm	6	3,00	18,00
Aportes	1mm x 1000mm	30	0,50	15,00
Gel decapante	5 kg	1	20,00	20,00
Disco de corte	7" Ø x 1/16" e	10	2,00	20,00
Disco flap	7" Ø x 7/8" e	8	4,00	32,00
Cable conductor	2 x 10 AWG x 3m	1	8,50	8,50
Cable conductor	3 x 12 AWG x 2m	1	6,00	6,00
Cable conductor	10 AWG x 8m	1	20,00	20,00
Cable conductor	18 AWG x 40m	1	30,00	30,00
Sub total				2582,00

6.1.2. Costos indirectos

Es el costo que intervino indirectamente para la implementación de la máquina refinadora de cacao.

Tabla 6.3. Costos de insumos.

Insumos	Detalle	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
Transporte	Pujilí – Latacunga – Ambato	30 Días	4,00	120,00
Alimentación	08:00 AM – 16:30 PM	30 Días	2,00	60,00
Equipos de Seguridad personal	Casco, gafas, guantes, orejeras, mascarilla	1	20,00	20,00
Complementos y señalética	Regatones, pegatinas, fundas flexibles de espiral, acoples	1	20,00	20,00
			Sub total	220,00

6.1.3. Mano de obra

Es el costo del proceso de fabricación para la máquina refinadora de cacao tomando en cuenta el número de horas que se empleó en cada tarea.

Tabla 6.4. Costos de mano de obra.

Operación	Capacidad	Tiempo (Horas)	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
Proceso de cortado	8 Horas de lunes a viernes	40	3	120,00
Proceso de soldadura	8 Horas de lunes a viernes	60	10	600,00
Proceso de rolado	8 Horas de lunes a viernes	10	5	50,00
Proceso de mecanizado	8 Horas de lunes a viernes	30	15	450,00
Ensamblaje y terminado	8 Horas de lunes a viernes	20	10	200,00
			Sub total	1420,00

6.1.4. Costo total de inversión

En la siguiente tabla se enlista los rubros a base de los costos directos e indirectos, además se toma en cuenta la mano de obra que corresponde para la implementación de la máquina refinadora.

Tabla 6.5. Costo total de la inversión.

Costos de equipos eléctricos	3706,00
Costos de materiales	2582,00
Costos de insumos	220,00
Mano de obra	1420,00
TOTAL	(\$ 7928,00)

6.1.5. Ingresos de la producción de las tabletas de chocolate

Los ingresos de la producción se lo realizo mediante el registro de datos de venta de la microempresa, en la tabla 6.6 se muestra los egresos de la producción de las tabletas de chocolate.

Tabla 6.6. Ingresos de producción.

Ventas anuales de la tableta de chocolate				
Producto en g	Producción mensual de fundas de tableas de chocolate	Meses	Precio unitario (\$)	Sub total (\$)
450 g	500	12	3,00	18000,00
225 g	2000	12	1,50	36000,00
100 g	3000	12	1,00	36000,00
Total				90000,00

6.1.6. Egresos de la producción de las tabletas de chocolate

Se toma en cuenta todos los gastos que involucran el proceso de producción de la microempresa., en la tabla 6.7 se muestra los egresos de la producción de las tabletas de chocolate.

Tabla 6.7. Egresos de producción.

Precio materia prima anual				
Producto	Quintal mensual	Meses	Precio unitario (\$)	Sub total (\$)
Cacao	40	12	110,00	52800,00
Azúcar	14	12	40,00	6720,00
Harina	8	12	38,00	3648,00
Consumo anual de servicios básicos				
Consumo	Planilla mensual (\$)		Meses del año	Sub total (\$)
Luz	120,00		12	1440,00
Agua	25,00		12	300,00
Teléfono	22,00		12	264,00
Mano de obra anual				
Personal	Pago mensual (\$)		Meses del año	Sub total (\$)
4	394,00		12	14184,00
Insumos indirectos anual				
Operación	Pago mensual (\$)		Meses del año	Sub total (\$)
Mantenimiento	20,00		12	240,00
Transporte	200,00		12	2400,00
Total				81996,00

6.1.7. Flujo de caja proyectada y análisis del VAN y del TIR

En el estudio de mercado para la implementación de la máquina refinadora se tomó en cuenta una tasa de inflación del 2% = 0.02 de incremento por cada año según el tipo de mercado y consumo, el análisis del VAN y TIR se lo realizo mediante el flujo de caja proyectada que

durante 5 años se debe recuperar la inversión, para poder calcular se utilizó una hoja de cálculo en Excel, colocando un tasa interna de interés del 10%, en la tabla 6.9 se aprecia el resultado del cálculo en Excel.

Tabla 6.9. Análisis del VAN y TIR y análisis del VAN y del TIR.

	DEL FLUJO DE CAJA PROYECTADA					
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
	-	90.000	91.800	93.636	95.509	97.419
Ingresos						
Egresos	-	81.996	83.636	85.309	87.015	88.755
Total	-7.928	8.004	8.164	8.327	8.493	8.663
Valor Actual Neto (VAN)		31460,94				
				Tasa	10,00%	
Tasa Interna de Retorno (TIR)		99,4%				

Nota: La inversión de la máquina refinadora se recuperara en un año.

6.2. Análisis de impactos

6.2.1. Impacto práctico

La máquina se diseñó para cumplir los requerimientos y necesidades al momento de realizar el proceso de refinado de la pasta de cacao, empleando un sistema electromecánico cuyo fin mejora la viscosidad de la pasta para el moldeado de las tabletas de chocolate.

6.2.2. Impacto tecnológico

La máquina posee un sistema electromecánico automatizado, para el control de temperatura, de velocidad y de llenado de agua, para lo cual se utilizó un pirómetro, un variador y una electroválvula.

6.2.3. Impacto ambiental

La máquina se diseñó para operar mediante energía eléctrica y un caldero que genera vapor de agua mediante resistencias, evitando dañar el medio ambiente con respecto a diseños que necesitan de combustibles o gases para su funcionamiento.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

- La recopilación de información bibliográfica permitió obtener características y datos técnicos para la selección de la máquina refinadora realizando comparaciones con máquinas existentes en el mercado resultando la refinadora de esferas más favorable siendo menos robustas, con mecanismos de menor complejidad, con mantenimiento accesible al usuario y un sistema óptimo para refinar gracias a la fricción que ejercen entre si las esferas de acero cromado.

-La metodología permitió identificar las variables de operacionalización principales como viscosidad, tiempo, velocidad y temperatura para cumplir la función que es refinar, además se aplicó diferentes métodos y técnicas de investigación siendo la técnica experimental de suma importancia para la toma de datos para conocer la viscosidad y el tiempo que se obtuvo para refinar la pasta de cacao, siendo estos datos fundamentales para la validación de la hipótesis.

- La construcción de la máquina refinadora de cacao concluyó con una medida de altura de 1580 mm y ancho 835 mm, funcionando su sistema de calentamiento mediante baño maría con tanque de doble fondo para una dispersión equilibrada del calor por las paredes del tanque manteniendo la temperatura a 45 °C gracias a un controlador de temperatura, además se construyó en acero inoxidable con la capacidad requerida de 68 kg, el tiempo de refinado de la pasta de cacao fue de un promedio de 48 horas.

- La viscosidad es la variable más importante para constatar la diferencia de refinado de la pasta de cacao, por ende se utilizó un viscosímetro digital que arrojó valores con un error de +/-1 %, la muestra realizada a la pasta de cacao no refinado dio un valor de 7189.3 cP a 45 °C y la muestra realizada a la pasta de cacao refinado dio un valor de 5163.4 cP a 45 °C, logrando mejorar la viscosidad y una disminución notable de la granulometría de la pasta en un 28%.

7.2. Recomendaciones

-Es importante tener en cuentas los parámetros de diseño inicial que es de 68 kg masa para que la máquina funcione de una manera adecuada.

-No sobrepasar la temperatura de 80°C, porque provocaría pérdida de olor y sabor característico del cacao llegando a quemar la pasta de chocolate.

-Utilizar siempre el catálogo o manual de funcionamiento de la máquina.

8. REFERENCIAS

- [1] E. P. S. Cadena, «Automatización de la máquina refinadora en la línea de producción de chocolates para la empresa Confiteca C.A.», Julio 2009. [En línea]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/3467/T-ESPEL-0630.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 20 Noviembre 2018].
- [2] A. A. A. Barzola, «Diseño de un Molino para Refinar Licor de Cacao en una empresa Procesadora de Cacao», 2014. [En línea]. Available: <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/89324/D-79890.pdf>. [Último acceso: 20 Noviembre 2018].
- [3] J. P. Crespo, «El grano de cacao y sus productos semielaborados», 2018. [En línea]. Available: <http://vivaelcacao.com/es/derivados-del-cacao/>.
- [4] C. d. Chocolate, «Los Cacaos Antiguos Genética del Cacao», 4 Abril 2018. [En línea]. Available: <https://elclubdelchocolate.blogspot.com/2018/04/los-cacaos-antiguos-genetica-del-cacao.html>. [Último acceso: 16 Enero 2019].
- [5] A. Bentley, «El origen & los tipos de cacao», 28 Abril 2014. [En línea]. Available: <http://alicebentleychocolates.com/index.php?route=pavblog/blog&id=12>. [Último acceso: 25 Enero 2019].
- [6] P. Zipperer, «Grano de cacao», 23 Enero 2019. [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Grano_de_cacao. [Último acceso: 18 Febrero 2019].
- [7] C. d. Chocolate, «La Fábrica del Chocolate», 2018. [En línea]. Available: <https://www.clubdelchocolate.com/82-la-fabricacion-del-chocolate.html>. [Último acceso: 28 Febrero 2019].
- [8] B. Moynihan, «Cómo moler los granos de cacao», 20 Noviembre 2017. [En línea]. Available: https://www.ehowenespanol.com/moler-granos-cacao-como_226067/. [Último acceso: 12 Marzo 2019].
- [9] E. Armenta, «Proceso de fabricación del chocolate», 28 Junio 2016. [En línea]. Available: <https://foodmexicoyyo.com/proceso-de-fabricacion-del-chocolate/>. [Último acceso: 12 Marzo 2019].

- [10] B. Delani, «Rodillos refinadores de pastas,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.prendid.nl/blogs/21264/rodillos-refinadores-de-pastas/>. [Último acceso: 24 Junio 2018].
- [11] S. L. Manolo, «Montoliu 3 rolls chocolate pre refiner,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.maestromanolo.es/en/producto/pre-refinadora-montoliu-3-cilindros-para-chocolate/>. [Último acceso: 15 Marzo 2019].
- [12] S. L. UTILCENTRE, «Utensillos y maquinaria,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.utilcentre.com/mezcladora-con-piedras-spectra-65-control-de-velocidad.html>. [Último acceso: 28 Marzo 2019].
- [13] M. Cacao, «MQM,» 21 Mayo 2018. [En línea]. Available: <https://www.facebook.com/maquinas cacao/posts/1688747017907279/>. [Último acceso: 28 Marzo 2019].
- [14] S. A. Pirobloc, «Sistemas de fluido termico,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.pirobloc.com/sistemas-de-fluido-termico-la-guia-completa/>. [Último acceso: 3 Abril 2019].
- [15] C. Paz, «Generador de vapor,» 2 Mayo 2018. [En línea]. Available: <http://www.instrumentosdelaboratorio.net/2012/05/destilador-de-agua.html>. [Último acceso: 3 Abril 2019].
- [16] O. Gross, «El ABC de la pasteleria temperatura de fusión,» 2013. [En línea]. Available: https://www.cocinaconvalentino.com.ar/ideas/67_coberturas-banos-chocolate-de-taza-usos-y-dif.html. [Último acceso: 28 Abril 2019].
- [17] V. A. V. Arcos, «Desarrollo de la tecnología para la elaboración de chocolate de cobertura,» 2010. [En línea]. Available: <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/873/3/AL421.pdf>. [Último acceso: 14 Mayo 2019].
- [18] C. Archilleos, «Viscosidad de sustancia y chocolate,» 18 Diciembre 2017. [En línea]. Available: <https://www.scienceinschool.org/es/content/se-derrite-en-tu-viscosímetro-no-en-tu-mano>. [Último acceso: 15 Abril 2019].
- [19] R. R. Peñaherrera, «Teoria básica del diseño,» 20 Junio 2018. [En línea]. Available: <http://investigacion.utc.edu.ec/libros/index.php/libros/catalog/book/14>. [Último acceso: 12 Mayo 2019].

- [20] C. L. Assinfilt, «Límite de elasticidad y Medida de Viscosidad de muestras de Chocolate Medición ISO 3219 CC27,» 20 Julio 2017. [En línea]. Available: <https://www.assinfilt.com.ec/index.php/noticias/item/32-rheolabqc>. [Último acceso: 10 Enero 2019].
- [21] Unknown, 26 Octubre 2014. [En línea]. Available: <https://www.explicofacil.com/2014/10/como-elegir-los-cables-para-una.html>. [Último acceso: 27 Enero 2018].
- [22] Delani, «Molino Refinador Conchador MONTY 40,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.delanitradng.com/producto/molino-refinador-conchador-monty-40/>. [Último acceso: 22 Mayo 2019].
- [23] D. M. & R. Quimbita, «Diseño e implementación de una máquina amasadora de harina en el sector de Yugsiloma,» Agosto 2018. [En línea]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/3586>. [Último acceso: 2 Diciembre 2019].
- [24] P. Zipperer, The Manufacture of Chocolate and Other Cacao Preparations, Nueva York: M. Krayn, 1902, 2009.

ANEXOS

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULACIÓN:

GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO I: TABLAS PARA INGENIERÍA EN DETALLE

TÍTULO:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA REFINADORA DE CACAO PARA MEJORAR LA VISCOSIDAD DEL CHOCOLATE Y REDUCIR EL TIEMPO DE PRODUCCIÓN, EN LA MICROEMPRESA CHOCOLATES MONGE UBICADA EN EL CANTÓN PUJILÍ.”

AUTORES:

Gualan Puchaicela Angel Eduardo

Riera Jimenez Alex Geovanny



PROPIEDADES FÍSICAS MEDIAS DE LOS ACEROS AUSTENÍTICOS

Densidad Kg/dm ³	7,9
Módulo de Elasticidad Gpa	193
Módulo de Poisson	0,26
Calor Especifico J/kg.°K	500
Conductividad Térmica W/mk	A 100°C 16,2
	A 500°C 21,5
Resistividad Eléctrica 10 ⁹ Ωm	725
Coeficiente de expansión térmica μm/mK	0-100°C 16,5
	0-315°C 17,2
	0-540°C 17,9
	0-700°C 18,5
Propiedades magnéticas	No magnético, aunque se convierte en ligeramente magnético cuando es trabajado en frío.

PROPIEDADES MECÁNICAS A TEMPERATURA AMBIENTE

GRADO	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (MPa)	LÍMITE DE FLUENCIA (MPa)	ELONGACIÓN (% EN 50 mm)	DUREZA BRINELL MAX.	PROPIEDADES PARA TRABAJO EN FRÍO
AISI 304	515	205	40	202	Muy Buena
AISI 304 L	485	170	40	183	Muy Buena
AISI 316	515	205	40	217	Buena
AISI 316L	485	170	40	217	Buena
AISI 310 S	515	205	40	217	Buena

* RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN MPa A ELEVADAS TEMPERATURAS CON EXPOSICIONES CORTAS

GRADO	TEMPERATURA (°C)				
	100	300	500	700	900
304	530	480	400	270	90
316	540	500	450	320	120
310	540	510	470	340	130

* MÁXIMA TEMPERATURA DE SERVICIO RECOMENDADA EN CONDICIONES OXIDANTES

GRADO	SERVICIO CONTINUO (°C)	SERVICIO INTERMITENTE (°C)
304	925	850
316	925	870
310	1150	1035

Grado	Dimensión (mm)	Espesor (mm)											
		0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5	2,0	3,0
304	1000 x 2000	4,76	6,34	7,93	9,52	11,1	12,7	14,3	15,9	19,0	23,8	31,7	47,6
	1219 x 2438 (4 "x 8")	7,07	9,43	11,8	14,1	16,5	18,9	21,2	23,6	28,3	35,4	47,1	70,7
	1250 x 2500	7,43	9,91	12,4	14,9	17,3	19,8	22,3	24,8	29,7	37,2	49,6	74,3
	1524 x 3048 (5 "x 10")	11,1	14,7	18,4	22,1	25,8	29,5	33,2	36,8	44,2	55,3	73,3	110,5



TABLE A.1 Thermophysical Properties of Selected Metallic Solids^a

Composition	Melting Point (K)	Properties at Various Temperatures (K)													
		Properties at 300 K				k (W/m · K)/ c_p (J/kg · K)									
		ρ (kg/m ³)	c_p (J/kg · K)	k (W/m · K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m ² /s)	100	200	400	600	800	1000	1200	1500	2000	2500
Stainless steels															
AISI 302		8055	480	15.1	3.91			17.3	20.0	22.8	25.4				
AISI 304	1670	7900	477	14.9	3.95	9.2	12.6	512	559	585	606				
AISI 316		8238	468	13.4	3.48	272	402	16.6	19.8	22.6	25.4	28.0	31.7		
AISI 347		7978	480	14.2	3.71			515	557	582	611	640	682		
								15.2	18.3	21.3	24.2				
								504	550	576	602				
								15.8	18.9	21.9	24.7				
								513	559	585	606				

TABLE A.6 Thermophysical Properties of Saturated Water^a

Temperature, T (K)	Pressure, p (bars) ^b	Specific Volume (m ³ /kg)		Heat of Vaporization, h_{fg} (kJ/kg)	Specific Heat (kJ/kg · K)		Viscosity (N · s/m ²)		Thermal Conductivity (W/m · K)		Prandtl Number		Surface Tension, $\sigma_f \cdot 10^3$ (N/m)	Expansion Coefficient, $\beta_f \cdot 10^6$ (K ⁻¹)	Temperature, T (K)
		$v_f \cdot 10^3$	v_g		$c_{p,f}$	$c_{p,g}$	$\mu_f \cdot 10^6$	$\mu_g \cdot 10^6$	$k_f \cdot 10^3$	$k_g \cdot 10^3$	Pr_f	Pr_g			
295	0.02617	1.002	51.94	2449	4.181	1.868	959	8.89	606	19.5	6.62	0.849	72.7	227.5	295
300	0.03531	1.003	39.13	2438	4.179	1.872	855	9.09	613	19.6	5.83	0.857	71.7	276.1	300
305	0.04712	1.005	29.74	2426	4.178	1.877	769	9.29	620	20.1	5.20	0.865	70.9	320.6	305
310	0.06221	1.007	22.93	2414	4.178	1.882	695	9.49	628	20.4	4.62	0.873	70.0	361.9	310
315	0.08132	1.009	17.82	2402	4.179	1.888	631	9.69	634	20.7	4.16	0.883	69.2	400.4	315
320	0.1053	1.011	13.98	2390	4.180	1.895	577	9.89	640	21.0	3.77	0.894	68.3	436.7	320
325	0.1351	1.013	11.06	2378	4.182	1.903	528	10.09	645	21.3	3.42	0.901	67.5	471.2	325
330	0.1719	1.016	8.82	2366	4.184	1.911	489	10.29	650	21.7	3.15	0.908	66.6	504.0	330
335	0.2167	1.018	7.09	2354	4.186	1.920	453	10.49	656	22.0	2.88	0.916	65.8	535.5	335
340	0.2713	1.021	5.74	2342	4.188	1.930	420	10.69	660	22.3	2.66	0.925	64.9	566.0	340

Medio	Coefficiente de transferencia de calor h (W/m ² · K)
Aire (convección natural)	5-25
Aire/vapor supercalentado (convección forzada)	20-300
Petróleo (convección forzada)	60-1800
Agua (convección forzada)	300-6000
Agua (en ebullición)	3000-60.000
Vapor (en condensación)	6000-120.000





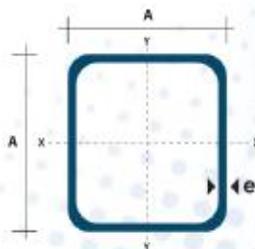
TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO



Especificaciones Generales

Calidad	ASTM A-500
Recubrimiento	Negro o Galvanizado
Largo Normal	6.00 m
Otros Largos	Previa Consulta
Dimensiones	Desde 20.00 mm a 100.00 mm
Espesor	Desde 1.20 mm a 5.00 mm

TUBERÍA



Dimensiones			Área	Ejes X-Xe Y-Y		
A mm	Espesor mm (e)	Peso Kg/m	Área cm ²	I cm ⁴	W cm ³	I cm ³
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	4.48	1.91
60	2.0	3.66	3.74	21.26	7.09	2.39
60	3.0	5.42	6.61	35.05	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

www.dipacmanta.com

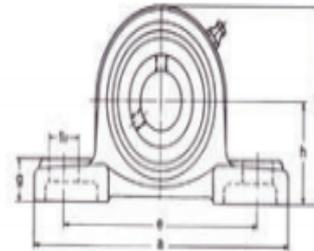
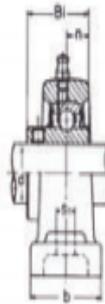


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
Marzo 2019 - Agosto 2019



► Chumacera de piso

Datos Técnicos



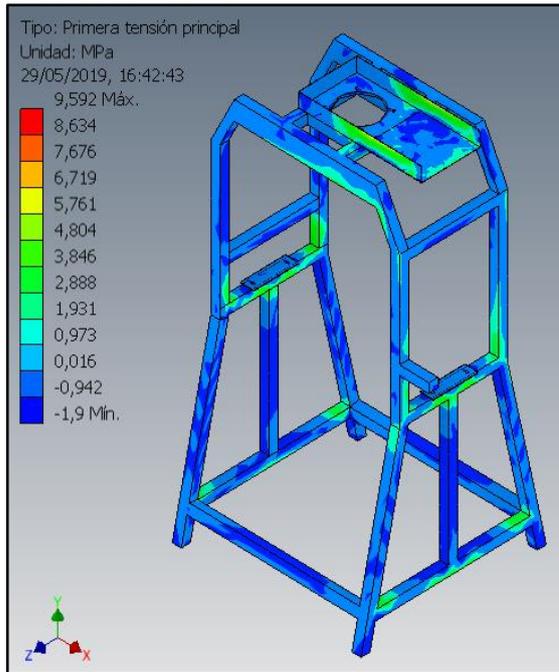
CÓDIGO IBCA	Diám. del eje		Dimensiones (mm)										Perno	Tipo de rodami.	Soporte	Masa kg
	mm	pulg	h	a	e	b	s ₁	s ₂	g	w	Bi	n				
UCP 204 204-12	20 19.05	3/4	33.3	127	95	38	13	19	15	63	31	12.7	M10 (W3/8)	UCP 204 204-12	P 204	P 204
UCP 205 205-14 205-16	25 22.225 25.4	7/8 1	36.5	140	105	38	13	19	16	70	34	14.3	M10 (W3/8)	UCP 205 205-14 205-16	P 205	P 205
UCP 206 206-18	30 28.575	1 1/8	42.9	165	121	48	17	21	17	83	38.1	15.9	M14 (W1/2)	UCP 206 206-18	P 206	P 206
UCP 207 207-20 207-22	35 31.75 34.925	1 1/4 1 3/8	47.6	167	127	48	17	21	19	92	42.9	17.5	M14 (W1/2)	UCP 207 207-20 207-22	P 207	P 207
UCP 208 208-24	40 38.1	1 1/2	49.2	184	137	54	17	21	19	98	49.2	19	M14 (W1/2)	UCP 208 208-24	P 208	P 208
UCP 209 209-28	45 44.45	1 3/4	54	190	146	54	17	21	20	106	49.2	19	M14 (W1/2)	UCP 209 209-28	P 209	P 209
UCP 210	50		57.2	206	159	60	20	22	22	112	51.6	19.0	M16 (W5/8)	UCP 210	P 210	P 210
UCP 211 211-32	55 50.8	2	63.5	219	171	60	20	22	22	125	55.6	22.2	M16 (W5/8)	UCP 211 211-32	P 211	P 211
UCP 212 212-36	60 57.15	2 1/4	69.8	241	184	70	20	25	25	137	65.1	25.4	M16 (W5/8)	UCP 212 212-36	P 212	P 212
213-40	63.5	2 1/2	76.2	265	203	70	25	30	27	150	65.1	25.4	M20 (W3/4)	213-40	P 213	P 213
215-48	76.2	3	82.6	275	217	74	25	31	28	163	77.8	33.3	M20 (W3/4)	215-48	P 215	P 215



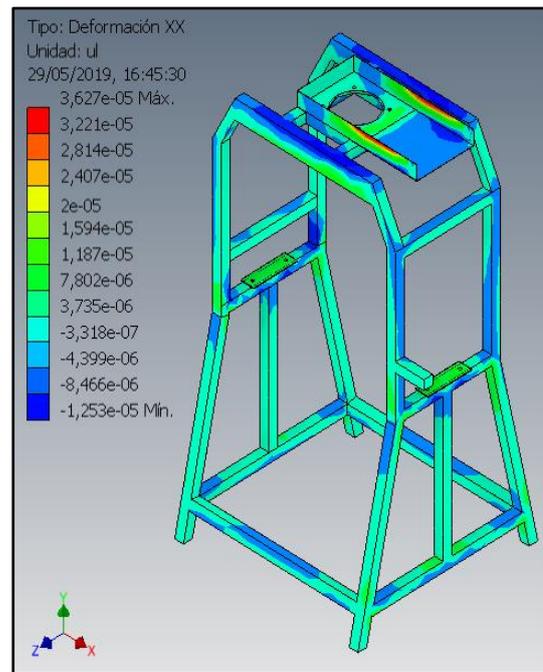
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS****TITULACIÓN:****GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA****ANEXO II: ANÁLISIS ESTRUCTURAL EN INVENTOR****TÍTULO:**

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA REFINADORA DE CACAO PARA MEJORAR LA VISCOSIDAD DEL CHOCOLATE Y REDUCIR EL TIEMPO DE PRODUCCIÓN, EN LA MICROEMPRESA CHOCOLATES MONGE UBICADA EN EL CANTÓN PUJILÍ.”

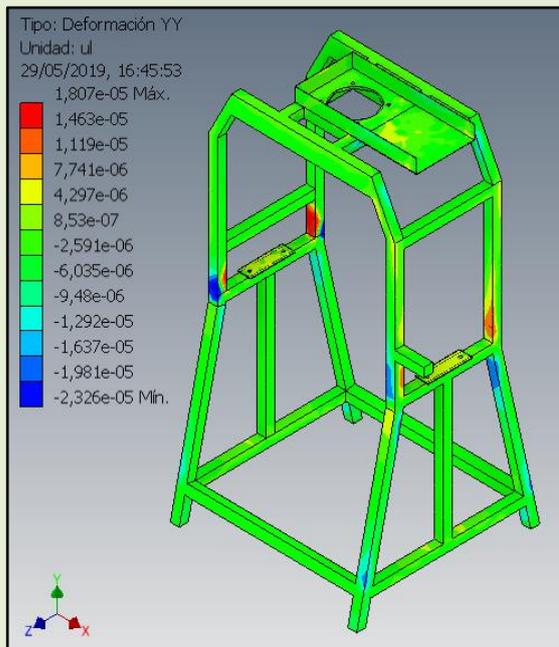
AUTORES:**Gualan Puchaicela Angel Eduardo****Riera Jimenez Alex Geovanny**



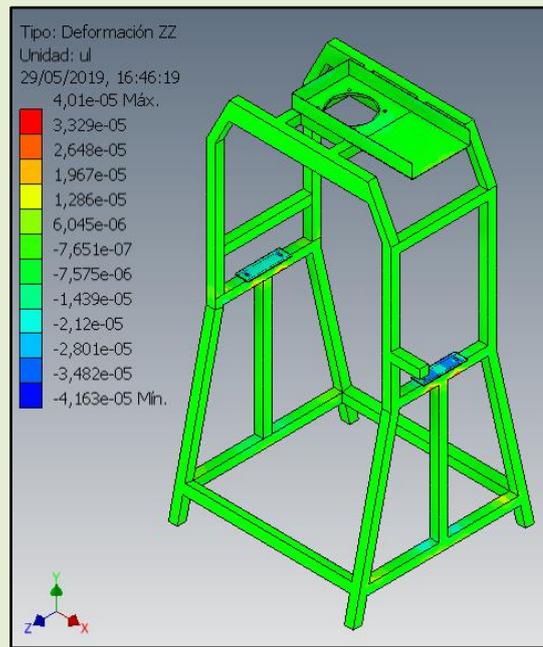
Tensión general de la estructura.



Deformación en el eje XX.



Deformación en el eje YY.



Deformación en el eje ZZ.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULACIÓN:

GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO III: TOMA DE DECISIÓN

TÍTULO:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA REFINADORA DE CACAO PARA MEJORAR LA VISCOSIDAD DEL CHOCOLATE Y REDUCIR EL TIEMPO DE PRODUCCIÓN, EN LA MICROEMPRESA CHOCOLATES MONGE UBICADA EN EL CANTÓN PUJILÍ.”

AUTORES:

Gualan Puchaicela Angel Eduardo

Riera Jimenez Alex Geovanny



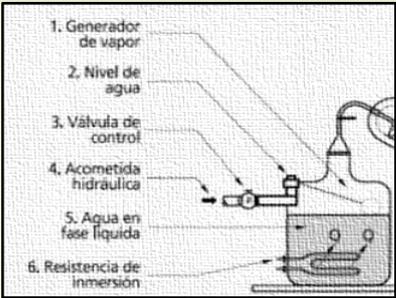
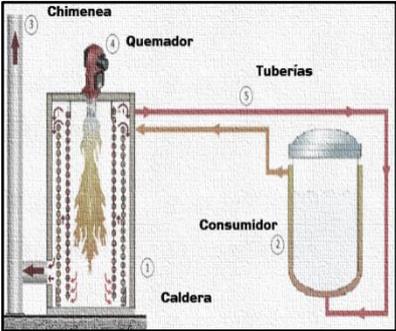
La selección de la máquina permite conocer las características importancia con respecto a otros prototipos similares, en la tabla se muestra los criterios de selección.

Tipo	Criterios de selección	Factor de Ponderación	Ponderación
Refinadora de rodillos 	Manufactura	0.125	0.100
	Durabilidad	0.125	0.120
	Mantenimiento	0.125	0.090
	Seguridad	0.125	0.050
	Costo de fabricación	0.125	0.050
	Robustez	0.125	0.050
	Funcionamiento	0.125	0.120
	Diseño	0.125	0.100
	TOTAL	1	0.68
	Refinadora de piedras 	Manufactura	0.125
Durabilidad		0.125	0.110
Mantenimiento		0.125	0.100
Seguridad		0.125	0.090
Costo de fabricación		0.125	0.090
Robustez		0.125	0.090
Funcionamiento		0.125	0.100
Diseño		0.125	0.100
TOTAL		1	0.78
Refinadora de esferas 		Manufactura	0.125
	Durabilidad	0.125	0.110
	Mantenimiento	0.125	0.110
	Seguridad	0.125	0.100
	Costo de fabricación	0.125	0.100
	Robustez	0.125	0.110
	Funcionamiento	0.125	0.110
	Diseño	0.125	0.110
	TOTAL	1	0.86

Mediante la ponderación de los criterios de selección, la mejor alternativa para el tipo de máquina es la refinadora de esferas.



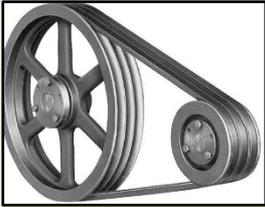
La selección del sistema de calentamiento es muy importante para el diseño ya que es una parte esencial para el funcionamiento además permite conocer las características para comparar con respecto a otros sistemas, en la tabla se muestra los siguientes criterios de selección.

Tipo	Criterios de selección	Factor de Ponderación	Ponderación
Calentamiento térmico por resistencias 	Manufactura	0.125	0.110
	Durabilidad	0.125	0.090
	Mantenimiento	0.125	0.120
	Seguridad	0.125	0.125
	Costo de fabricación	0.125	0.100
	Ubicación	0.125	0.125
	Funcionamiento	0.125	0.120
	Diseño	0.125	0.120
	TOTAL	1	0.91
Calentamiento térmico a gas 	Manufactura	0.125	0.100
	Durabilidad	0.125	0.080
	Mantenimiento	0.125	0.090
	Seguridad	0.125	0.050
	Costo de fabricación	0.125	0.090
	Ubicación	0.125	0.050
	Funcionamiento	0.125	0.110
	Diseño	0.125	0.100
	TOTAL	1	0.67

Mediante la ponderación de los criterios de selección, la mejor alternativa para el caldero es el sistema de calentamiento térmico por resistencias.



Para la selección del tipo de transmisión se debe tomar en cuenta la aplicación, robustez mecánica, la durabilidad y la seguridad que posee cada sistema, para poder determinar en la tabla se describe los criterios de selección.

Tipo	Aplicación	Robustez	Durabilidad	Seguridad
Polea banda 	Para transportadores con poca carga, que no requieren de mucho torque	Utilizan poleas y bandas de que ocupan gran espacio exterior	Se requiere de cambio de bandas dependiendo el uso	Son muy peligrosos por el movimiento de las poleas y banda
Caja de engranajes 	Para motores de gran potencia que necesitan mucho torque para cargas pesadas	Utilizan únicamente una carcasa que contiene acoples de engranajes	Se requiere de aceite para lubricar el mecanismo	Mecanismo seguro dentro de una carcasa protectora

Mediante la información descrita del tipo de transmisiones, la mejor alternativa para la transmisión es la de caja de engranajes.



Los equipos necesarios para la máquina deben ser elegidos a base de características técnicas y aplicaciones para determinar cuál de todas las alternativas es la esencial, en la tabla se muestra los componentes para la refinadora.

Tipo de motor	Síncrono 	Inducción rotor bobinado 	Inducción rotor jaula de ardilla 
Características	<ul style="list-style-type: none"> -Requieren de una fuente de alimentación DC para el devanado del rotor -Velocidad constante con poca fuerza -Si la carga es elevada reduce la velocidad -Actúa de propulsor 	<ul style="list-style-type: none"> -Velocidad constante y variable -Existe desgastes en los anillos -Se utilizan en transportadores ventiladores y elevadores o para cargas pequeñas 	<ul style="list-style-type: none"> -Velocidad constante y variable -Mejora el factor de potencia -Se utiliza en máquinas industriales como molinos trituradores y o para cargas grandes

Tipo de arrancador	Estrella triangulo 	Tensión reducida 	Variador de frecuencia 
Características	<ul style="list-style-type: none"> -Requiere de un circuito de fuerza y un temporizador - Limita la intensidad absorbida en el arranque -Arranque suave 	<ul style="list-style-type: none"> -Requiere conocer el número de arranque por hora -Alimenta el motor con una tensión reducida -Necesita de resistencia o autotransformadores. 	<ul style="list-style-type: none"> -Circuito de fuerza simple -Arrancador suave -Limita la intensidad absorbida en el arranque -Permite reducir la velocidad y aumentar el torque del motor.

Tipo de medidor de temperatura	Termómetro de dilatación 	Termómetro infrarrojo 	Pirómetro 
Características	<ul style="list-style-type: none"> -Depósito de vidrio que contiene mercurio -Contiene un bimetálico para dilatación -Poco accesibles 	<ul style="list-style-type: none"> -Pistola portátil a laser -Permite medir temperaturas elevadas -Margen de error de +/- 5 °C. -Alto costos 	<ul style="list-style-type: none"> -Indicador y controlador de temperatura -Rango de medición de 0 a 400 °C -Bajo costo

Mediante la información descrita del tipo de equipos, la mejor alternativa es el motor de jaula de ardilla, el variador de frecuencia y el pirómetro.

La selección de los elementos para la máquina se evalúa en base a su aplicación y el costo, en la tabla se muestra los elementos que compete para la construcción de la refinadora.

<p>Tipo de Chumacera</p>	<p>Rodamiento a rótula</p> 	<p>Rodamientos cónicos</p> 	<p>Rodamientos de bolas</p> 
<p>Características</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Estructuras móviles de gran peso -Construcción rígida para grandes velocidades -Son muy costosos 	<ul style="list-style-type: none"> -Para cargas axiales -Soporta carga axial en sentido contrario -Esencial para grandes velocidades -Alto costo 	<ul style="list-style-type: none"> -Para cargas radiales -Soporta el peso de grandes cargas -Menor empuje radial para velocidades -Bajo costo
<p>Tipo de Esferas</p>	<p>Bolas de acero inoxidable AISI 304</p> 	<p>Bolas AISI 52100</p> 	<p>Bolas de acero al cromo</p> 
<p>Características</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Bolas inoxidables -Para rodamientos y válvulas de precisión -Uso alimenticio y químico -Alto costo 	<ul style="list-style-type: none"> -Bolas resistentes a la corrosión -Uso alimenticio y químico -Costo accesible 	<ul style="list-style-type: none"> -Bolas resistentes a la corrosión -Para maquinas trituradoras, molinos. -Uso alimenticio y químico -Costo accesible
<p>Tipo de Resistencias</p>	<p>De 6000 W</p> 	<p>De 3000 W</p> 	<p>De 2000 W</p> 
<p>Características</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Uso para calderas y hornos -Mayor consumo de energía -Mayor vida útil -Alto costo 	<ul style="list-style-type: none"> -Uso para calderos medianos -Consumo de energía normal -Vida útil normal -Costo accesible 	<ul style="list-style-type: none"> -Uso para calderos pequeños de agua -Menor consumo de energía -Vida útil normal -Bajo costo

Tipo de termocupla	Tipo K 	Tipo E 	Tipo J 
Características	<ul style="list-style-type: none"> -Temperaturas altas -De -200 °C a +1250 °C -Buena resistencia a la oxidación. -Alto costo 	<ul style="list-style-type: none"> -Temperaturas medias - De -200 a + 900 °C -Buena resistencia a la oxidación. -Costo accesible 	<ul style="list-style-type: none"> -Temperaturas bajas -De 0 a +750 °C -Buena resistencia a la oxidación. Bajo costo

Tipo de válvulas de vapor	Trampa de vapor 	Purgador de vapor 	Aliviadora de vapor 
Características	<ul style="list-style-type: none"> -Para alta presión -Contiene la presión de vapor -Alto costo 	<ul style="list-style-type: none"> -Para baja presión -Permite el desfogue de vapor al ambiente -Bajo costo 	<ul style="list-style-type: none"> -Para mediana y baja presión -Argolla regulable -Bajo costo

Tipo de electroválvulas de agua	Directa 	Indirecta 	Mixta 
Características	<ul style="list-style-type: none"> -Válvula de una vía NA y NC -Actúa como válvula ch automática -Requiere de una presión mínima -Alto costo 	<ul style="list-style-type: none"> -Válvula de 2 vías NA y NC -Requiere de una presión mínima -Alto costo 	<ul style="list-style-type: none"> -Válvula de 3 vías NA, NC y una vacía la presión -Elimina en contraflujo -Requiere de una presión mínima

Mediante la información descrita del tipo de elementos, la mejor alternativa son los rodamientos de bolas, bolas de acero al cromo, resistencia eléctrica de 2000 W, termocupla tipo J, aliviador de vapor y electroválvula mixta.



Se toma en cuenta los siguientes criterios mostrados en la tabla cabe mencionar para un estudio experimental se debe tomar en cuenta el costo y accesibilidad.

Tipo	Criterios de selección	Factor de Ponderación	Ponderación
Viscosímetro rotatorio 	<ul style="list-style-type: none"> -Instrumento con tecnología avanzada -Permite obtener resultados exactos -Estructura rígida -Tiempo de medición al instante -Existen únicamente en laboratorios -Alto costo 	Muy bueno Bueno Regular	Muy Bueno
Viscosímetro de vidrio 	<ul style="list-style-type: none"> -Instrumento básico -Resultados exactos -Requiere de un soporte fijo -Medición con análisis y cálculo -Existen únicamente en laboratorios -Permite medir solamente fluidos poco viscosos. -Alto costo 	Muy bueno Bueno Regular	Regular
Viscosímetro manual 	<ul style="list-style-type: none"> -Instrumento experimental -Resultados aproximados -Requiere instrumentos básicos -Medición por cálculo -Bajo costo y fácil accesibilidad 	Muy bueno Bueno Regular	Bueno

Mediante la información descrita del tipo de medición, la mejor alternativa es la del viscosímetro rotatorio, que se tendrá que realizar la medición en un laboratorio, también se puede medir mediante el viscosímetro manual ya que posee un bajo costo y es accesible.



Para seleccionar el tipo de proceso para la fabricación de la máquina refinadora se determina mediante la información sobre el costo, la calidad, la precisión, las ventajas y desventajas que posee cada proceso, en las tablas que se muestra se describe los aspectos para la selección de los procesos.

Tipo	Costo	Calidad	Precisión
Corte con cierra 	Son muy accesibles por el cambio de cierra y poseen un bajo costo	Son excelente para cortes rectos su terminado contiene escoria	El espesor del corte depende de la medida de la cierra
Corte con láser 	Requieren de presión por gas nitrógeno y posee un costo muy elevado por mm ²	Realizan corte por todas las direcciones que se requiera y un acabado limpio sin manchas ni escoria	La precisión de corte es excelente y realiza un fino corte despreciable de 1 mm
Corte con plasma 	Requiere de presión con gas, tiene un costo más económico al de láser	Realizar cortes por todas las direcciones que se requiera con un acabado con pocas manchas y escoria	La precisión de corte es excelente y realiza un corte despreciable de 2 mm

Tipo	Ventajas	Desventajas
Soldadura MIG 	<ul style="list-style-type: none"> -Bajo costo del equipo -Excelente calidad de acabados -Menos sensible al aire libre -Aplicable a varios espesores 	<ul style="list-style-type: none"> -Salpicaduras de chispas -Se necesita remover la escoria -Necesita de limpieza -Necesita de metal de aporte -No aplica a metales de bajo punto de fusión
Soldadura TIG 	<ul style="list-style-type: none"> -No se requiere de fundente -No hay necesidad de limpieza -No hay salpicaduras de chispas -Cordón de soldadura muy fino -Permite la suelda en espesores delgados 	<ul style="list-style-type: none"> -Alto costo del equipo -Enfriamiento rápido -Dificultad para trabajar al aire libre -Requiere de buena precisión

Mediante la información descrita del tipo de procesos, la mejor alternativa es el corte con plasma y la soldadura TIG.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS****TITULACIÓN:****GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA****ANEXO IV: PROCESO DE MANUFACTURA****TÍTULO:**

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA REFINADORA DE CACAO PARA MEJORAR LA VISCOSIDAD DEL CHOCOLATE Y REDUCIR EL TIEMPO DE PRODUCCIÓN, EN LA MICROEMPRESA CHOCOLATES MONGE UBICADA EN EL CANTÓN PUJILÍ.”

AUTORES:

Gualan Puchaicela Angel Eduardo

Riera Jimenez Alex Geovanny





Trazo de las paredes del cilindro



Trazo de las circunferencias del cilindro



Cortes con plasma



Planchas del cilindro





Unión y refuerzo de plancha



Rolado de la plancha



Soldadura de cilindro



Tanque principal y doble fondo





Mecanizado de piezas



Acople de ejes de sujeción



Ensamblaje del tanque

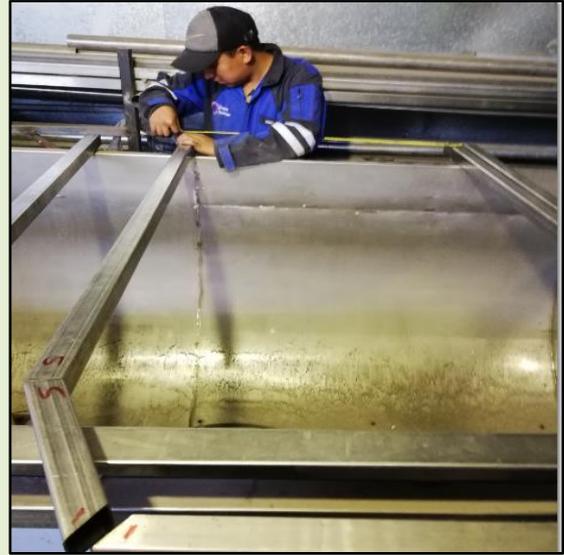


Cortes de tubo





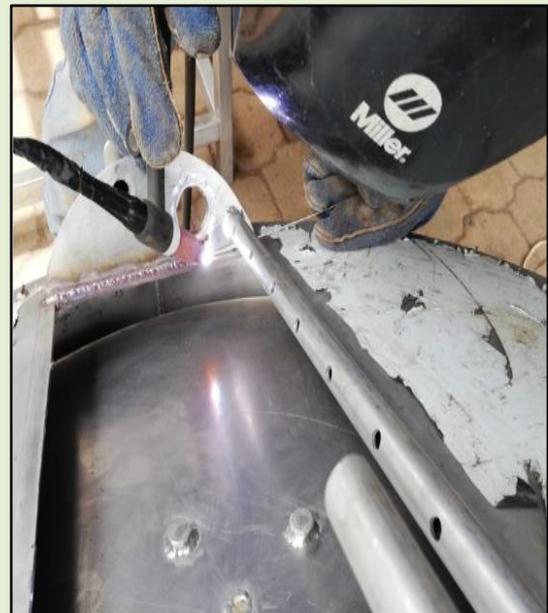
Tubos para la estructura



Toma de medidas



Ensamblaje de la estructura



Construcción del caldero





Ensamblaje del caldero y visor de agua



Construcciones los agitadores



Ensamblaje agitador



Construcción de la tolva y tapa





Construcción del tablero eléctrico



Ensamblaje del tablero eléctrico



Ensamblaje total de la máquina



Ensamblaje total de la máquina



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULACIÓN:

GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO V: PRUEBAS Y ENSAYOS DE FUNCIONAMIENTO

TÍTULO:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA REFINADORA DE CACAO PARA MEJORAR LA VISCOSIDAD DEL CHOCOLATE Y REDUCIR EL TIEMPO DE PRODUCCIÓN, EN LA MICROEMPRESA CHOCOLATES MONGE UBICADA EN EL CANTÓN PUJILÍ.”

AUTORES:

Gualan Puchaicela Angel Eduardo

Riera Jimenez Alex Geovanny





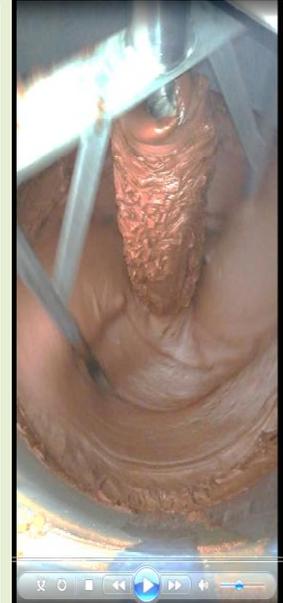
Materia prima y pasta de cacao
de los molinos



Conexión de acometida de la máquina
en la microempresa



Pruebas del control de funcionamiento
automatizado



Medición temperatura de la pasta de
chocolate





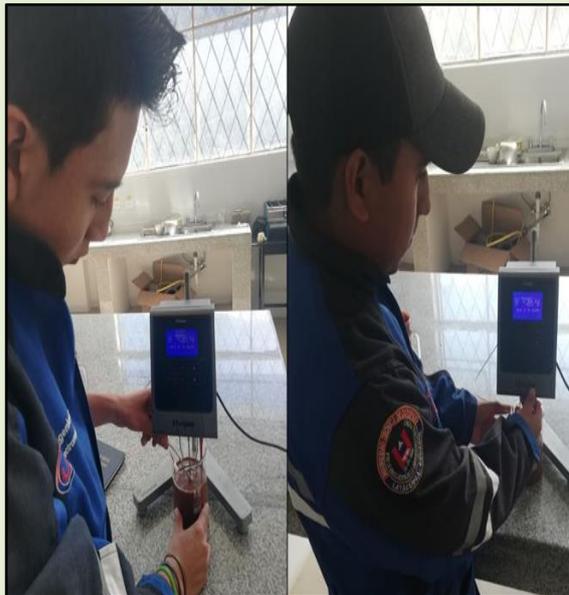
Consumo de energía del motor
sin carga y con carga



Consumo de energía de las resistencias



Consumo máximo de energía total de la
máquina con carga



Medición de la viscosidad de las muestras



Viscosidad refinada y no refinada a 45 °C



Para determinar la viscosidad de la pasta de chocolate sin la necesidad de ir a un laboratorio se puede utilizar la siguiente técnica.

Materiales:

- Esfera de acero
- Vaso de precipitación graduado
- Calibrador
- Balanza
- Cronometro

Procedimiento:**1.- Densidad de la esfera**

- Se mide la masa en la balanza, se registra el peso en kilogramos (kg).
- Se determina el volumen de la esfera midiendo el desplazamiento de la pasta en el vaso graduado, se registra el nivel de la pasta inicial.
- Se coloca la esfera en la pasta y registra el nuevo nivel de la pasta.
- Se resta el nivel de la pasta inicial al nuevo nivel de pasta.

**2.- Densidad del fluido**

- Se mide la masa de la pasta pesando primero el cilindro graduado vacío, se vierte la pasta en el cilindro graduado y luego se pesa otra vez.
- Se resta el peso de la masa del cilindro vacío a la del cilindro con la pasta para obtener el peso de la masa de la pasta.
- El volumen de la pasta se determina con la cantidad de la pasta que se vierte en el cilindro graduado usando las marcas graduadas a un lado del cilindro.

**3.- Velocidad de la esfera**

- Se dibuja una marca con el espesor de la esfera en la parte superior y una segunda marca en la parte inferior del cilindro.
- Se mide la distancia entre las marcas superior e inferior.
- Se registra el tiempo que toma para que la esfera caiga entre las marcas.

Recomendaciones:

Los líquidos con bajas viscosidades serán más difíciles de medir con este método Repite este paso por lo menos tres veces mientras más veces se lo repite, la medida será más precisa.

<p>Datos antes de refinar:</p> <p>Masa o peso de la esfera = (0.020 kg) Volumen de la esfera = (ml) Masa o peso del fluido = (0.205 kg) Volumen de fluido (200 ml → 0.0002 m³) Gravedad = (9.81 m/s²) Radio de la esfera = (0.017 m) Distancia recorrida = (0.06 m) Tiempo = (0.25 s)</p>	<p>Datos después de refinar:</p> <p>Masa o peso de la esfera = (0.020 kg) Volumen de la esfera = (ml) Masa o peso del fluido = (0.205 kg) Volumen de fluido (200 ml → 0.0002 m³) Gravedad = (9.81 m/s²) Radio de la esfera = (0.017 m) Distancia recorrida = (0.06 m) Tiempo = (0.29 s)</p>
---	---

Parámetro	Ecuación	Descripción	Resultados antes de refinar	Resultados después de refinar
Densidad de la esfera	$\rho_s = \frac{m}{V}$ $V = \left(\frac{4}{3}\right) * \pi * r^3$ 0.00002058 m ³	m = Masa o peso de la esfera (kg) V = Volumen de la esfera (m ³) r = Radio de la esfera (m)	971.81 kg/m ³	971.81 kg/m ³
Densidad del fluido	$\rho_l = \frac{m}{V}$	m = Masa o peso del fluido (kg) v = Volumen de fluido (m ³)	1025 kg/m ³	1025 kg/m ³
Velocidad de la esfera	$v = \frac{d}{t}$	d = Distancia recorrida (m) t = tiempo (s)	0.24 s	0.29 s
Viscosidad por cálculo	$\frac{2 * (\rho_s - \rho_l) * g * a}{9 * v}$	ρ_s = Densidad de la esfera (g/ml) ρ_l = Densidad del líquido (g/ml) g = Gravedad (m/s ²) a = Radio de la esfera (m) v = Velocidad de la esfera (m/s)	8.21 Pa.s 8210 cP	6.79 Pa.s 6790 cP



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULACIÓN:

GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**ANEXO VI: DOCUMENTOS DE LA MEDICIÓN DE LA
VISCOSIDAD**

TÍTULO:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA REFINADORA DE
CACAO PARA MEJORAR LA VISCOSIDAD DEL CHOCOLATE Y REDUCIR EL
TIEMPO DE PRODUCCIÓN, EN LA MICROEMPRESA CHOCOLATES MONGE
UBICADA EN EL CANTÓN PUJILÍ.”**

AUTORES:

Gualan Puchaicela Angel Eduardo

Riera Jimenez Alex Geovanny





Carrera de
Electromecánica

Latacunga, 10 de Junio del 2019

Ingeniero M.Sc

Ing. Franklin Molina

Director de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial

Universidad Técnica de Cotopaxi

De nuestra consideración:

Nosotros, Gualan Puchaicela Angel Eduardo; con cedula de ciudadanía 1727887257 y Riera Jiménez Alex Geovanny; con cedula de ciudadanía 0503853368, estudiantes de último nivel del Programa Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi la Matriz, solicitamos de la manera más comedida a usted señor Director de Carrera autorice la apertura del laboratorio de Agroindustrial, el día martes 11 de junio del presente año a las 14:00 pm, para el análisis de muestras de pastas de chocolates y realizar la medición de la viscosidad por medio del instrumento Viscosímetro rotacional digital.

Materiales:

- Viscosímetro rotacional digital
- 2 Vasos de precipitación

Atentamente,

Estudiante

Gualan Puchaicela Angel Eduardo
C.C.: 1727887257
Telf.: 0982631919
Correo electrónico: angel.gualan7@utc.edu.ec

Estudiante

Riera Jiménez Alex Geovanny
C.C.: 0503853368
Telf.: 0987521780
Correo electrónico: alex.riera8@utc.edu.ec

Director de tesis

Ing. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera M.Sc. de la carrera de
C.C.: 0502150899
Telf.: 0987294435
Correo electrónico: hector.reinoso@utc.edu.ec



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

AUTORIZA
PARA EL MIÉRCOLES
12/06/2019 14H⁰⁰
PARA TRABAJAR CON
ING. ORLANDO ROJAS.

Latacunga - Ecuador

Av. Simón Rodríguez s/n Barrio El Ejido / San Felipe. Tel: (03) 2252346 - 2252307 - 2252205



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
Marzo 2019 - Agosto 2019





UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE
COTOPAXI



Carrera de
Electromecánica

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERIA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

Latacunga, 13 de junio del 2019

Resultados obtenidos en laboratorio de análisis de alimentos de la carrera de Agroindustrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi, mediante el uso del instrumento viscosímetro rotacional digital.

TABLA DE RESULTADOS N° 1				
PASTA DE CHOCOLATE NO REFINADA				
Viscosidad (cP)	Temperatura (°C)	Velocidad (rpm)	Torque (%)	Husillo (SP)
7620.0	50	30.0	38.1	L4
7541.5	49	30.0	37.7	L4
7416.2	48	30.0	37.1	L4
7334.0	47	30.0	36.7	L4
7252.1	46	30.0	36.3	L4
7189.3	45	30.0	36.0	L4
7077.1	44	30.0	35.4	L4
6960.6	43	30.0	34.8	L4
6930.2	42	30.0	34.7	L4
6804.6	41	30.0	34.0	L4
6754.7	40	30.0	33.8	L4

TABLA DE RESULTADOS N° 2				
PASTA DE CHOCOLATE REFINADA				
Viscosidad (cP)	Temperatura (°C)	Velocidad (rpm)	Torque (%)	Husillo (SP)
5251.8	50	30.0	26.3	L4
5246.3	49	30.0	26.2	L4
5234.4	48	30.0	26.2	L4
5219.7	47	30.0	26.1	L4
5173.6	46	30.0	25.9	L4
5163.4	45	30.0	25.8	L4
5156.3	44	30.0	25.8	L4
5152.2	43	30.0	25.8	L4
5149.7	42	30.0	25.8	L4
5147.7	41	30.0	25.7	L4
5147.6	40	30.0	25.7	L4

Natalia Chasi
Analista Laboratorio
Ing. Natalia Chasi

Angel Gualan
Estudiante
Gualan Puchaicela Angel Eduardo

Alex Geovanny Riera Jiménez
Estudiante
Riera Jiménez Alex Geovanny

Latacunga - Ecuador

Av. Simón Rodríguez s/n Barrio El Ejido / San Felipe. Tel: (03) 2252346 - 2252307 - 2252205



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
Marzo 2019 - Agosto 2019



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULACIÓN:

GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO VII: MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA REFINADORA DE CACAO

TÍTULO:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA REFINADORA DE CACAO PARA MEJORAR LA VISCOSIDAD DEL CHOCOLATE Y REDUCIR EL TIEMPO DE PRODUCCIÓN, EN LA MICROEMPRESA CHOCOLATES MONGE UBICADA EN EL CANTÓN PUJILÍ.”

AUTORES:

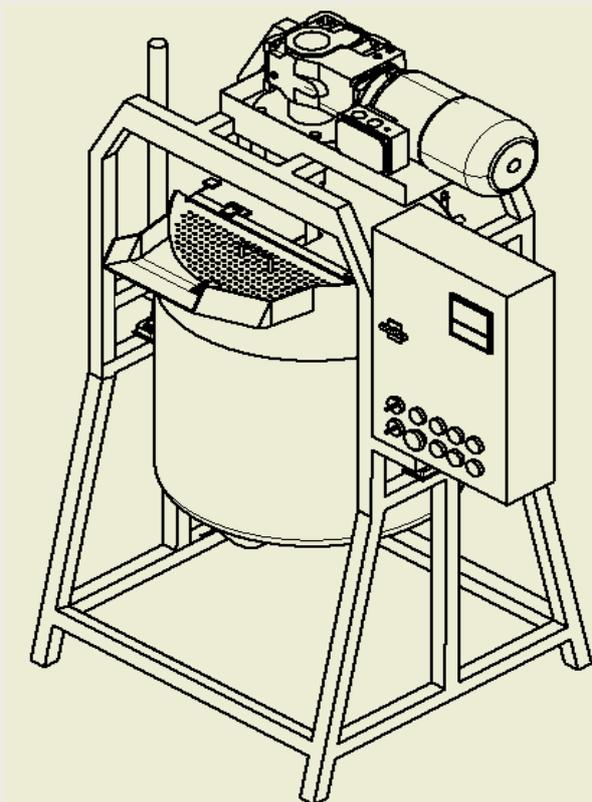
Gualan Puchaicela Angel Eduardo

Riera Jimenez Alex Geovanny



MANUAL INSTRUCTIVO DE FUNCIONAMIENTO

MÁQUINA REFINADORA DE CACAO UTC-MRC



MANUAL DE INSTRUCCIONES

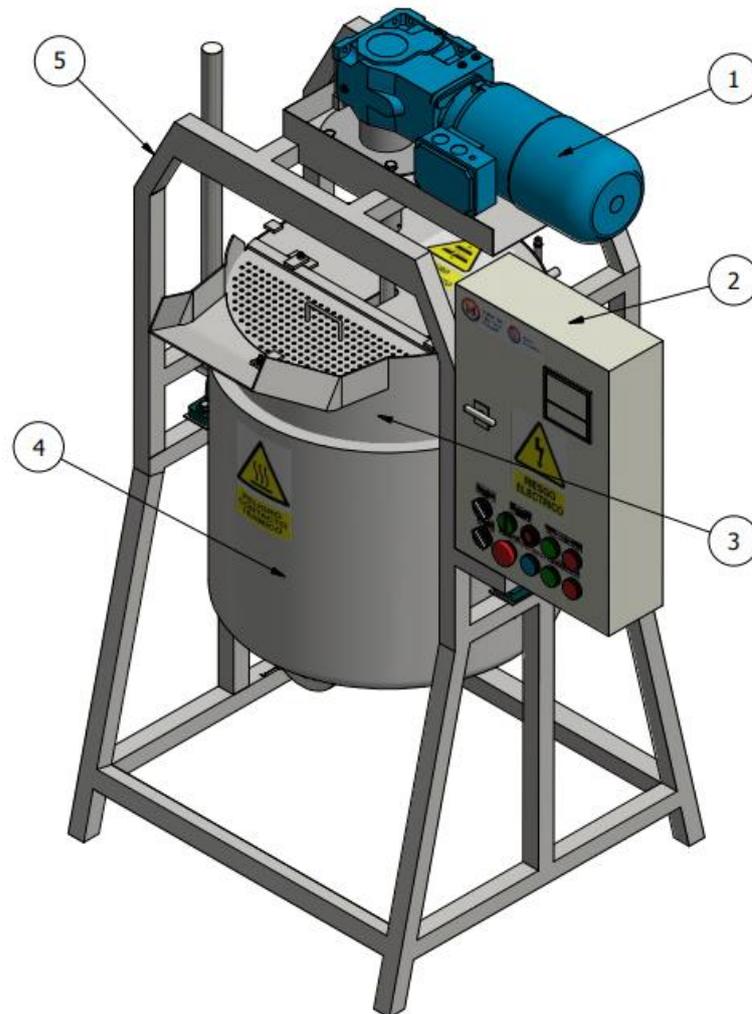
 **ADVERTENCIA:**

Para el uso adecuado lea detenidamente antes de usar

ÍNDICE

DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA	3
SIMBOLOGIA DE LA MÁQUINA REFINADORA DE CACAO	3
DESCRIPCIÓN DE FUNCIONAMIENTO	4
Botones de mando del tablero eléctrico	4
Variador de frecuencia	4
Calibración del pirómetro	4
Nivel del agua	5
SEGURIDAD	5
Para el usuario	5
LIMPIEZA.....	5
Tanque interno	6
Tornillo sin fin	6
Esferas de acero cromado	6
MANTENIMIENTO	7
Reemplazo de la resistencia eléctrica	7
Nivel del agua	7
Chumaceras.....	7
Motorreductor	7
Tablero eléctrico	7
EQUIPOS Y ELEMENTOS DE LA MÁQUINA.....	8
MEDIDAS DE SEGURIDAD.....	12

DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA



1. Motor eléctrico
2. Tablero eléctrico
3. Tanque interno
4. Tanque externo
5. Estructura

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Frecuencia de operación	60 Hz
Tensión de alimentación	220 V
Intensidad nominal	2.85 A
Potencia	1,4 kW
Velocidad	40 rpm
Capacidad	68 Kg
Altura	1575 mm
Ancho	835 mm

SIMBOLOGIA DE LA MÁQUINA REFINADORA DE CACAO

Como protección hacia el usuario o personal que manipule la máquina se ha puesto diferentes señaléticas con mensajes de seguridad en la máquina refinadora de cacao. Se recomienda leer y obedecer los mensajes de seguridad para evitar accidentes.

 PELIGRO ATRAPAMIENTO POR ASPAS	<p>Este símbolo representa que usted puede sufrir un atrapamiento directo en contacto con las aspas internas de la marmita mientras la máquina se encuentra en funcionamiento.</p>
 PELIGRO CONTACTO TÉRMICO	<p>Este símbolo representa un calentamiento térmico alto, que al existir contacto de la superficie caliente y el usuario puede provocar quemaduras.</p>
 RIESGO ELECTRICO	<p>Este símbolo representa que existe material y componentes eléctricos que no deben ser manipulados cuando la máquina se encuentre en funcionamiento, ya que puede provocar en el usuario descargas eléctricas.</p>

DESCRIPCIÓN DE FUNCIONAMIENTO

Botones de mando del tablero eléctrico



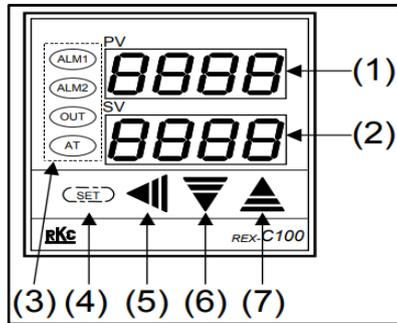
Variador de frecuencia

Se activa el modo RUN del variador por medio del selector superior del tablero de control para proceder con la marcha del motor que produce el movimiento de los agitadores y sin fin para el proceso de refinado de la pasta de cacao.

Calibración del pirómetro

Para obtener un control de temperatura deseada al momento de realizar el calentamiento por baño maría es necesario seleccionar la temperatura que se mantendrá ± 2 °C por encima o por debajo de la requerida. Una vez la temperatura se

encuentre por debajo del valor programado las resistencias se encenderán de manera automática de igual manera si el valor de la temperatura es superior la resistencia se desactivara.

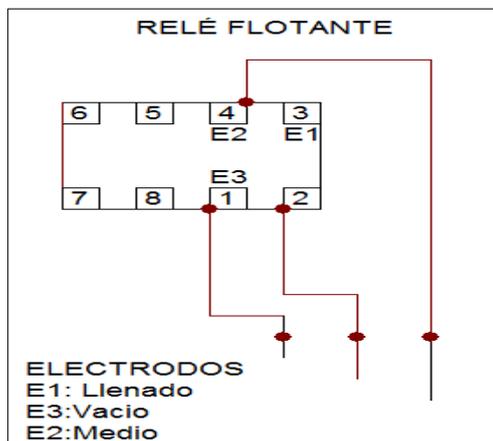


- Oprimir el botón (4) una sola vez.
- Para regular la temperatura de subida o bajada se oprime los botones (6) y (7) según la necesidad.
- Por último se oprime (5) para volver al inicio.

NOTA: En la pantalla (1) se muestra la medición de la temperatura y en la pantalla (2) se muestra la temperatura a controlar.

Nivel del agua

Para el funcionamiento de la resistencia eléctrica depende del nivel de agua, si la misma se encuentra llena prendera la resistencia caso contrario la resistencia se mantendrá apagada. El nivel de agua se encuentra controlado por un relé flotante con tres electrodos.



⚠ ADVERTENCIA:

En caso de desconexión eléctrica de los electrodos conectar E1: llenado, E2: vacío, E3: medio.

SEGURIDAD

Para el usuario

Desenergizar la máquina antes de limpiar o realizar mantenimiento.
 Instalar la máquina en un lugar cerrado no al aire libre.

No introducir elementos raros o distintos de las pasta de cacao.

No voltear el tanque cuando el nivel del agua sea inferior al señalado ya que esto provocara enclavamientos, continuos, en caso de ocurrir esto baje el disyuntor principal. Ref. (08).

Evite el contacto con la pared de la base del tanque externo ya que está en funcionamiento y se encontrara a una temperatura elevada.

No introduzca las manos en el interior del tanque cuando esta se encuentra funcionando.

Al realizar la limpieza evitar salpicar gotas de agua en la parte eléctrica para prevenir cortocircuitos.

No sobrecargar la máquina de producto mayor de su capacidad 68 kg.

LIMPIEZA

⚠ ADVERTENCIA:

a) Desenchufar la máquina antes de proceder a limpiar.

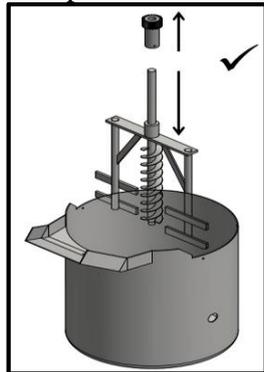
b) No utilice líquidos combustibles e inflamables como éter etílico, gasolina,

querosén o líquidos inflamables tóxicos como plaguicidas.

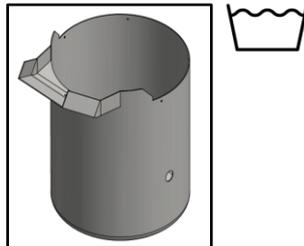
c) Verificar que el tanque externo no se encuentre caliente para evitar quemaduras.

Tanque interno

Antes de realizar la limpieza interna del tanque recuerde desarmar el eje de transmisión que contiene el tornillo sin fin del bocín de acople.

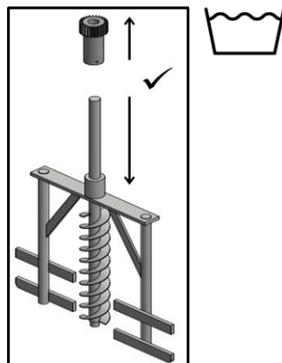


Se recomienda limpiar apenas el producto sea sacado, en caso de existir producto adherido en el tanque se debe llenar la base del tanque y dejar calentar el agua a baño maría y proceder de manera normal la limpieza.

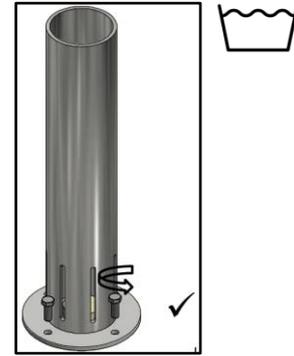


Tornillo sin fin

Para limpiar el tornillo sin fin desarme el eje de transmisión del bocín de acople. Utilizar guantes para prevenir cortes.



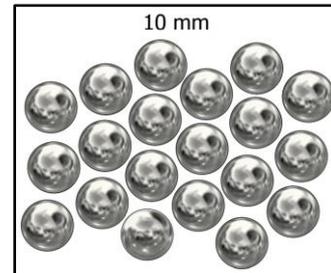
Desarme la camisa de protección del tornillo sin fin y proceda a limpiar de manera cuidadosa.



NOTA: Para una limpieza óptima es recomendable realizarlo con agua caliente, debido que la pasta de cacao produce de manera natural una manteca que puede ser difícil de limpiar en frío.

Esferas de acero cromado

Para realizar la limpieza de las esferas de acero cromado, se debe hacer hervir las esferas por un tiempo de 10 minutos y debe guardarse en un recipiente o lugar cerrado conjuntamente con un aceite de grado alimenticio esto para mantenerlas lubricadas.



⚠ PRECAUCIÓN:

Después de haber realizado la limpieza recuerde:

1. Verificar que en el tanque interno no queden productos de limpieza adheridos.
2. Verificar que el enchufe se encuentre conectado al tomacorriente.
3. Verificar que el eje de transmisión y eje del motor se encuentren ajustados debidamente.

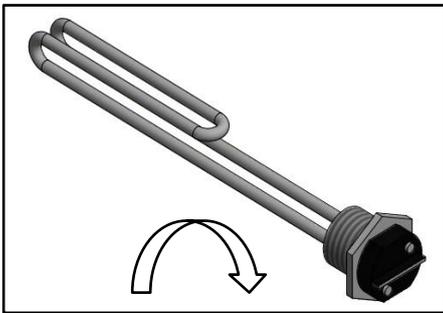
MANTENIMIENTO

Reemplazo de la resistencia eléctrica

 **ADVERTENCIA:**

El cambio de resistencia se debe realizar una vez enfriada.

La resistencia eléctrica tiene una vida útil de 1200 horas, en caso de quemarse es recomendable trabajar con una resistencia de igual valor de 2000 W tipo tubular, para el desajuste en sentido anti horario y el ajuste en sentido horario. Ref. (15).



Nivel del agua

 **ADVERTENCIA:**

Es recomendado cambiar el agua por lo menos una vez al mes, para evitar acumulación de bacterias u hongos, ya que el baño maría se realiza a 45°C, por ende la evaporación del agua es mínima.

Chumaceras

 **ADVERTENCIA:**

Debido al movimiento del volteo del tanque con el tiempo el aceite que lubrica los rodamientos de las chumaceras tiende a gastarse, es recomendado lubricar al menos una vez al año recomendado con TEMPISH ACEITE LUBRICANTE.

Motorreductor

 **ADVERTENCIA:**

El motorreductor al ser de caja de engranajes necesita de aceite, es recomendado cada 6 meses revisar el nivel del aceite, en caso que el nivel sea inferior al normal recomendado utilizar Aceite LUBEKRAFT GEL SUPER KROIL MR 5.

Tablero eléctrico

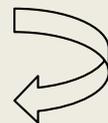
 **ADVERTENCIA:**

En caso de existir una falla eléctrica comuníquese únicamente con personal calificado.



IMPORTANTE:

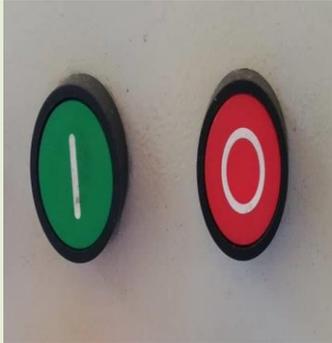
Si la máquina no se encuentra en funcionamiento pero el sistema todavía se encuentra encendido la máquina seguirá consumiendo energía debido a otros componentes eléctricos. Por ende para apagar totalmente la máquina se debe desenchufar el enchufe del tomacorriente.



EQUIPOS Y ELEMENTOS DE LA MÁQUINA

Referencia	Nombre	Características	Imagen dispositivo
01	Motorreductor Bauer BS30 - 31V/D09SA42 - S/E008B9/SP	Input: 240 – 480 V Δ /YY 60 Hz Output: 3~PH 0.70/1.4 Kw – 2HP $\cos\phi$: 0.71/0.93 η 1: 1680/3360 rpm η 2: 20.5/40.5 rpm Torque: 250/250 Nm Caja piñonería Reducción: 83.48 IP: 65	
02	Variador de frecuencia Delta VFD022EL23A	Input: 2 PH – 3 PH 200 – 240 V 50/60 Hz - 15 A Output: 2 PH – 3 PH 0 – 240 V 11 A - 4.2 KVA Potencia: 2.2 kW/3HP Rango de frecuencia: 0.1 – 599Hz	
03	Pirómetro Camsco REX - C700FK02	Rngo: 0 – 400 °C Input: 220 V 50/60 Hz Output: 0.5 V – 1.5 V Precisión de medición: +/- 5% Entrada termopar (TC) Detector de temperatura de resistencia	
04	Contactador Schütz Trifásico LS MC - 40a	Máxima tensión de empleo: 690 V Tensión de bobina: 240 VAC Corriente asignada en AC3: 40 A Corriente asignada en AC1: 60 A Potencia máxima: 11 KW Corriente de corto circuito: 5 KA UL HP 15 3~PH	

05	<p>Contactor Schütz Trifásico LS MC - 22b</p>	<p>Máxima tensión de empleo: 690 V Tensión de bobina: 240 VAC Corriente asignada en AC3: 22 A Corriente asignada en AC1: 40 A Potencia máxima: 5.5 KW Corriente de corto circuito: 5 KA UL HP 10 3~PH</p>	
06	<p>Relé térmico LS MT - 32A/3K</p>	<p>Margen de regulación: 12 a 32 A Tensión nominal: 240 V Tensión de aislamiento: 600 V Máxima tensión de pico: 6kV Clase de disparo: 10 Contactos auxiliares independientes</p>	
07	<p>Relé sin flotador Camsco C - AFR1</p>	<p>Tensión nominal: 200 – 240 VAC Led indicador de operación Control de salida: 250 VAC – 5A Rango de voltaje operativo: 85 – 110 % del voltaje nominal</p>	
08	<p>Disyuntor CNC YCL7 - 63</p>	<p>Capacidad: 6 KA; 10KA Corriente nominal: de 1 a 63 A La tensión nominal: 240/415VAC Número de polo: 1, 2, 3 de 4 polos Resistencia eléctrica: 10000 veces Temperatura de trabajo: de -25° C~+60° C, a+20 °C</p>	

09	Pulsadores CNC Semi industrial AC	<p>Pulsador normalmente abierto Pulsador normalmente cerrado Protección contra choques eléctricos: clase H IEC536 Grado de protección: IP 40 IEC 529 Voltaje de trabajo: 230 VAC 50/60 Hz Tensión de aislamiento: 250 V IEC 947-1</p>	
10	Luz piloto CNC luminosos	<p>Voltaje de trabajo: 230 VAC 50/60 Hz Tensión nominal. 660 V Consumo inferior a 20 mA Grado de protección: IP20 Material libre halógenos</p>	
11	<p>Selector CNC conmutador dos posiciones</p> <p>Paro de emergencia con retención Camsco</p>	<p>Intensidad nominal de trabajo: 10 A Numero de maniobras: 100000 Protección: tipo IP 67 Voltaje de trabajo: 230 VAC 50/60 Hz</p>	
12	Chumacera FBJ	<p>Tipo piso Capacidad de carga: 209 Kg Válvula de graseo Rodamiento de bolas Diámetro: 45 mm Número de prisioneros: 2 Reducción de vibración</p>	

13	Esferas Cromadas AKS	Buena dureza Resistencia a la corrosión Espesor de 10 mm calibre $\frac{\pm}{-} 0$ (+ 0.4 μ m)	
14	Termocupla tipo J	Grado termopar: 0 a 750 °C Grado extensión: 0 a 200 °C Límite de error estándar: 2.2 °C o 0.75% Límite de error especial: 1,1 °C o 0,4%	
15	Resistencia eléctrica de inmersión DND25	Potencia: 2000 W Tensión de funcionamiento : 220 V Material: acero inoxidable 304 Tiempo de vida: 12000 horas Longitud: 250 mm/9.84" Elemento calefactor de rosca	
16	Válvula aliviadora	Válvula de baja presión Llave regulable para calibración Máxima presión: 6 bares / 87 lb Caudal mínimo: 20 l/min Desfogue al ambiente	
17	Electroválvula Genebre N/C NPT	Vías: 2 Solenooides: 2 Presión: 0 - 30 bar Alimentación: 220 AC temperatura del fluido: -10 a + 90° C Bobina de 14 W	

MEDIDAS DE SEGURIDAD

Evaluación del área de trabajo en el proceso de refinado					
Peligro	Riesgo	Medida preventiva	Equipos de protección personal	Medios de seguridad	Consecuencias
Agitador o aspas de mezcla sin la tapa	Atrapamiento	No tocar los agitadores cuando esté en funcionamiento	Botón de paro de emergencia	-Herida -Corte -Amputación
Tanque o marmita con exceso de temperatura	Quemadura	No tocar el tanque o marmita cuando sobrepase los 60 °C	Guantes	Letreros de advertencia	-Quemaduras de primer, y segundo grado
Cortocircuito o sobrecarga de la máquina	Descarga eléctrica o calentamiento de conductores	Aislamiento eléctrico y verificación del estado de protecciones	Equipo de protección dieléctrico	Disyuntores Relé térmico	-Incendio -Pérdida de equipos
Polvo o pasta de chocolate en el piso	Caída al mismo nivel	Mantener las áreas de trabajo limpias y libres de obstáculos.	Calzado de goma	Letreros de advertencia	-Fractura -Caídas -Golpes
Ruido de la máquina	Sobreexposición al ruido durante el proceso de refinado	Aislamiento de la propagación del ruido emitido	Orejeras o tapones auditivos	Letreros de advertencia	-Sordera o efectos auditivos de hipoacusia
Mal uso del lubricante aceite alimenticio Purity FG EP Gear Fluid 220	Irritación por salpicadura a los ojos o alergia por contacto con la piel	Mantener en una área cubierta y ventilada, evite el contacto con los ojos y la piel	Gafas mascarilla y guantes	Letreros de advertencia	-Irritación -Alergia

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS****TITULACIÓN:****GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA****ANEXO VIII: PLANOS MECÁNICOS Y ELÉCTRICOS DE
LA MÁQUINA REFINADORA DE CACAO****TÍTULO:****“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA REFINADORA DE CACAO PARA MEJORAR LA VISCOSIDAD DEL CHOCOLATE Y REDUCIR EL TIEMPO DE PRODUCCIÓN, EN LA MICROEMPRESA CHOCOLATES MONGE UBICADA EN EL CANTÓN PUJILÍ.”****AUTORES:****Gualan Puchaicela Angel Eduardo****Riera Jimenez Alex Geovanny****UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
Marzo 2019 - Agosto 2019**