



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA ELABORADORA DE EMPANADAS PARA LA MICROEMPRESA SAL Y DULCE”

**CUNALATA HILAÑO FRANKLIN DAVID
TIRIRA SUÁREZ PATRICIO JAVIER**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

RIOBAMBA – ECUADOR

2015

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2013-10-15

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

PATRICIO JAVIER TIRIRA SUÁREZ

Titulada:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA ELABORADORA DE
EMPANADAS PARA LA MICROEMPRESA SAL Y DULCE”**

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

INGENIERO MECÁNICO

Ing. Marco Santillán G.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Miguel Aquino
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Geovanny Novillo
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: PATRICIO JAVIER TIRIRA SUÁREZ

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA ELABORADORA DE EMPANADAS PARA LA MICROEMPRESA SAL Y DULCE”

Fecha de Examinación: 2015-06-12

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

| COMITÉ DE EXAMINACIÓN | APRUEBA | NO APRUEBA | FIRMA |
|--|---------|------------|-------|
| Ing. Marco Santillán PRESIDENTE TRIB. DEFENSA | | | |
| Ing. Miguel Aquino DIRECTOR DE TESIS | | | |
| Ing. Geovanny Novillo ASESOR | | | |

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

RECOMENDACIONES: _____

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

Ing. Marco Santillán
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2013-10-15

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

CUNALATA HILAÑO FRANKLIN DAVID

Titulada:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA ELABORADORA DE
EMPANADAS PARA LA MICROEMPRESA SAL Y DULCE”**

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

INGENIERO MECÁNICO

Ing. Marco Santillán G.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Miguel Aquino
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Geovanny Novillo
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: CUNALATA HILAÑO FRANKLIN DAVID

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA ELABORADORA DE EMPANADAS PARA LA MICROEMPRESA SAL Y DULCE”

Fecha de Examinación: 2015-06-12

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

| COMITÉ DE EXAMINACIÓN | APRUEBA | NO APRUEBA | FIRMA |
|--|---------|------------|-------|
| Ing. Marco Santillán PRESIDENTE TRIB. DEFENSA | | | |
| Ing. Miguel Aquino DIRECTOR DE TESIS | | | |
| Ing. Geovanny Novillo ASESOR | | | |

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

RECOMENDACIONES: _____

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

Ing. Marco Santillán
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

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

Patricio Javier Tirira Suárez

Franklin David Cunalata Hilaño

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado con mucho cariño especialmente a mi madre Zoila Suárez y a mi padre Félix Tirira, que día a día con su esfuerzo y sacrificio me han apoyado para llegar a ser un profesional, a mis hermanos Diego y Lenin que en base a sus consejos y apoyo he salido a delante depositando su esperanza en mí.

Patricio Javier Tirira Suárez

El presente trabajo se lo dedico a mis padres queridos David Cunalata y Balbina Hilaño que confiaron en mí y que con tanto esfuerzo y sacrificio me han dado el apoyo incondicional para llegar a mi meta de ser un profesional inculcándome primeramente los valores para hacer en mi lo que soy hoy, así como también a mis hermanas Estela Marisol y Belén Cunalata Hilaño quienes siempre estuvieron ayudándome en mis dificultades personales así como en mi vida estudiantil con ese cariño de hermanos que siempre tendremos.

Franklin David Cunalata Hilaño

AGRADECIMIENTO

El más sincero y eterno agradecimiento a Dios, a la Virgencita de la Paz, a mis padres y a mis hermanos que con su amor y bondad me permiten sonreír ante todos mis logros, a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica, por brindarme la oportunidad de obtener una de las mejores profesiones que es mi gran orgullo.

Mi sincero agradecimiento a los Ingenieros Miguel Aquino y Geovanny Novillo, quienes fueron mis tutores, ya que con su ayuda y conocimientos se culminó este proyecto.

A mis amigos y compañeros por estar presentes no solo en esta etapa tan importante de la vida, sino en todo momento ofreciéndome lo mejor y buscando lo mejor para mí.

Patricio Javier Tirira Suárez

Agradezco en primer lugar a Dios por la oportunidad de compartir con todos mis seres queridos este paso más en mi vida de llegar a la meta planteada de ser un profesional a mis queridos padres que con su sacrificio me apoyaron siempre en mi vida estudiantil a la vez quiero agradecer a mis profesores de la escuela de Ingeniería Mecánica por compartirme esos conocimientos y por formarme primeramente como persona y complementariamente como un excelente profesional.

Agradecer a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y a la escuela de ingeniería mecánica que fue mi segundo hogar por abrirle las puertas de conocimiento y sabiduría y a mis compañeros con los cuales compartí alegrías tristezas pero siempre en lucha de nuestros ideales como mecánicos que somos en nuestro camino hacia nuestra vida profesional.

Franklin David Cunalata Hilaño

CONTENIDO

| | | |
|-----------|---|----|
| 1. | INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS | |
| 1.1 | Antecedentes | 1 |
| 1.2 | Justificación técnico-económica | 1 |
| 1.3 | Objetivos | 2 |
| 1.3.1 | <i>Objetivo general</i> | 2 |
| 1.3.2 | <i>Objetivos específicos:</i> | 2 |
| 2. | MARCO TEÓRICO | |
| 2.1 | Marco conceptual | 3 |
| 2.2 | Empanada..... | 3 |
| 2.3 | Relleno..... | 4 |
| 2.3.1 | <i>Procesos de preparación del condumio o relleno</i> | 4 |
| 2.3.2 | <i>Tipos de condumio o relleno.</i> | 5 |
| 2.4 | Procesos de panificación..... | 5 |
| 2.5 | Descripción del proceso de panificación. | 5 |
| 2.5.1 | <i>Adquisición de insumos</i> | 5 |
| 2.5.2 | <i>Dosimetría</i> | 6 |
| 2.5.3 | <i>Mezclado y amasado</i> | 6 |
| 2.5.4 | <i>División de la masa</i> | 6 |
| 2.5.5 | <i>Formado</i> | 6 |
| 2.5.6 | <i>Fermentación</i> | 6 |
| 2.5.7 | <i>Barnizado, acabado o pintado</i> | 7 |
| 2.5.8 | <i>Horneado del pan.</i> | 7 |
| 2.5.9 | <i>Almacenamiento para su venta.</i> | 7 |
| 2.6 | Máquinas panificadoras..... | 7 |
| 2.6.1 | <i>Análisis funcional de las maquinas panificadoras para elaboración de empanadas</i> 7 | |
| 2.6.1.1 | <i>La masa se deposita en la laminadora</i> | 7 |
| 2.6.1.2 | <i>La masa laminada pasa al corte de la arepa</i> | 8 |
| 2.6.1.3 | <i>Colocación del relleno de la empanada.</i> | 8 |
| 2.6.1.4 | <i>Elaboración de la empanada.</i> | 9 |
| 2.6.2 | <i>Máquinas elaboradoras de empandas manuales.</i> | 10 |
| 2.6.2.1 | <i>Máquina manual simple</i> | 10 |
| 2.6.2.2 | <i>Máquina manual doble.</i> | 10 |
| 2.6.2.3 | <i>Máquina manual triple.</i> | 11 |
| 2.6.3 | <i>Máquinas semi industriales automáticas para elaboración de empanadas</i> | 11 |
| 2.6.3.1 | <i>Máquina semiautomática</i> | 11 |
| 2.6.3.2 | <i>Máquina automática compacta</i> | 12 |
| 2.6.3.3 | <i>Máquina de alta producción (5000 unidades/ hr)</i> | 12 |
| 2.6.3.4 | <i>Máquina de mediana producción (2000 unidades/hr)</i> | 13 |
| 2.7 | El acero inoxidable en la industria alimenticia | 14 |

| | | |
|-----------|--|----|
| 2.8 | Aceros inoxidables..... | 14 |
| 2.8.1 | <i>Clasificación de los aceros inoxidables.</i> | 15 |
| 2.8.1.1 | <i>Serie 400: Aceros inoxidables martensíticos.</i> | 15 |
| 2.8.1.2 | <i>Serie 400: Aceros inoxidables ferríticos.</i> | 16 |
| 2.8.1.3 | <i>Serie 300: Aceros inoxidables austeníticos.</i> | 16 |
| 2.9 | Soldadura en aceros inoxidables | 17 |
| 2.9.1 | <i>Aceros inoxidables austeníticos.</i> | 18 |
| 2.9.2 | <i>Aceros inoxidables ferríticos.</i> | 18 |
| 2.9.3 | <i>Aceero inoxidable DUPLEX.</i> | 18 |
| 2.9.4 | <i>Aceros martensíticos.</i> | 18 |
| 2.9.5 | <i>Aceros inoxidables endurecibles.</i> | 18 |
| 2.10 | Electrodos para soldadura de aceros inoxidables..... | 18 |
| 3. | ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO | |
| 3.1 | Planteamiento del problema | 20 |
| 3.2 | Determinación de parámetros de diseño..... | 20 |
| 3.2.1 | <i>Estudio de campo.</i> | 20 |
| 3.2.2 | <i>Parámetros de diseño.</i> | 21 |
| 3.2.3 | <i>Parámetros funcionales.</i> | 21 |
| 3.2.3.1 | <i>Restricciones y limitaciones.</i> | 22 |
| 3.2.3.2 | <i>Ambiente de trabajo.</i> | 22 |
| 3.3 | Determinación de las especificaciones de la máquina..... | 23 |
| 3.3.1 | <i>Matriz QFD (Quality function deployment).</i> | 23 |
| 3.3.1.1 | <i>Voz del usuario.</i> | 23 |
| 3.3.1.2 | <i>Voz del diseñador.</i> | 24 |
| 3.3.1.3 | <i>Resultados de la matriz QFD.</i> | 24 |
| 3.3.1.4 | <i>Conclusiones de la matriz QFD.</i> | 26 |
| 3.3.2 | <i>Especificaciones técnicas.</i> | 26 |
| 3.4 | Análisis funcional | 27 |
| 3.4.1 | <i>Definición de módulos.</i> | 29 |
| 3.4.2 | <i>Solución para el módulo.</i> | 29 |
| 3.4.2.1 | <i>Adecuación.</i> | 30 |
| 3.4.2.2 | <i>Alimentación 1.</i> | 30 |
| 3.4.2.3 | <i>Alimentación 2.</i> | 32 |
| 3.4.2.4 | <i>Puesta en marcha.</i> | 33 |
| 3.4.2.5 | <i>Dosificación.</i> | 35 |
| 3.4.2.6 | <i>Trabajo.</i> | 38 |
| 3.4.2.7 | <i>Sellado.</i> | 39 |
| 3.4.2.8 | <i>Proceso final.</i> | 41 |
| 3.4.3 | <i>Alternativas de los módulos.</i> | 41 |
| 3.4.4 | <i>Evaluación de soluciones y selección de módulos.</i> | 44 |
| 3.4.4.1 | <i>Método ordinal corregido de criterios ponderados.</i> | 44 |

| | | |
|-----------|---|----|
| 3.4.4.2 | <i>Criterios de valoración del módulo.</i> | 45 |
| 3.4.5 | <i>Características de la máquina elaboradora de empanadas seleccionada.</i> | 47 |
| 3.4.6 | <i>Elementos de la máquina elaboradora de empanadas.</i> | 48 |
| 4. | DISEÑO DE LA MÁQUINA ELABORADORA DE EMPANADAS | |
| 4.1 | Diseño del sistema de elaboración de empanadas. | 51 |
| 4.2 | Evolución del pre diseño de la máquina elaboradora de empanadas | 51 |
| 4.2.1 | <i>Diseño final.</i> | 53 |
| 4.3 | Diseño de elementos | 53 |
| 4.4 | Diseño de la mesa principal de trabajo | 53 |
| 4.4.1 | <i>Características geométricas de la mesa.</i> | 54 |
| 4.4.2 | <i>Diseño aplicando carga a la mesa principal.</i> | 54 |
| 4.4.2.1 | <i>Procedimiento de simulación estática mesa superior</i> | 55 |
| 4.4.2.2 | <i>Generación de resultados.</i> | 57 |
| 4.5 | Diseño de la mesa inferior o mesa soporte | 59 |
| 4.5.1 | <i>Características de la mesa inferior.</i> | 59 |
| 4.5.2 | <i>Diseño aplicando carga a la mesa inferior.</i> | 59 |
| 4.5.2.1 | <i>Propiedades de las columnas o soporte de la mesa superior.</i> | 60 |
| 4.5.2.2 | <i>Propiedades de la mesa superior con todos sus elementos.</i> | 60 |
| 4.5.2.3 | <i>Propiedades de la cubierta superior.</i> | 61 |
| 4.5.2.4 | <i>Propiedades del seguidor de leva.</i> | 63 |
| 4.5.2.5 | <i>Procedimiento de simulación estática mesa inferior.</i> | 64 |
| 4.5.2.6 | <i>Generación de resultados.</i> | 65 |
| 4.6 | Diseño geométrico de tanque de dosificación. | 67 |
| 4.6.1 | <i>Volumen interno del tanque de dosificación seleccionado.</i> | 68 |
| 4.7 | Transmisión de potencia. | 69 |
| 4.7.1 | <i>Fuerzas actuantes en el sistema</i> | 69 |
| 4.7.1.1 | <i>Fuerza necesaria para el cierre de la empanada.</i> | 70 |
| 4.7.1.2 | <i>Diagrama de desplazamiento de la leva 1.</i> | 74 |
| 4.7.1.3 | <i>Fuerza necesaria para el funcionamiento del dosificador.</i> | 75 |
| 4.7.1.4 | <i>Diagrama de desplazamiento de la leva 2.</i> | 78 |
| 4.8 | Mecanismo intermitente. | 79 |
| 4.8.1 | <i>Tiempos del mecanismo.</i> | 79 |
| 4.8.2 | <i>Cinemática del mecanismo de ginebra.</i> | 80 |
| 4.8.3 | <i>Ángulo de rotación de la cruz de ginebra.</i> | 81 |
| 4.8.4 | <i>Radio de desplazamientos en la cruz de ginebra.</i> | 82 |
| 4.8.5 | <i>Velocidad angular de la cruz de ginebra.</i> | 82 |
| 4.8.6 | <i>Aceleración angular de la cruz de ginebra.</i> | 83 |
| 4.8.7 | <i>Dinámica del mecanismo de ginebra.</i> | 84 |
| 4.8.8 | <i>Torque de la cruz de ginebra.</i> | 85 |
| 4.8.9 | <i>Fuerza tangencial en la cruz de ginebra.</i> | 85 |
| 4.8.10 | <i>Torque de la rueda conductora.</i> | 87 |

| | | |
|----------|---|-----|
| 4.8.11 | <i>Diseño del tetón de la rueda conductora.....</i> | 88 |
| 4.9 | Energía cinética de rotación del sistema motriz..... | 89 |
| 4.9.1 | <i>Momento de inercia.. ..</i> | 89 |
| 4.9.2 | <i>Determinación del momento de inercia del sistema de transmisión con respecto al eje x.....</i> | 91 |
| 4.9.3 | <i>Momento de inercia del sistema motriz.</i> | 92 |
| 4.9.4 | <i>Velocidad angular de trabajo.....</i> | 92 |
| 4.9.5 | <i>Potencia mecánica de la máquina.....</i> | 93 |
| 4.9.6 | <i>Potencia producida para el cierre del mecanismo de sellado.....</i> | 93 |
| 4.9.7 | <i>Potencia necesaria para empujar el condumio en el dosificador.....</i> | 93 |
| 4.9.8 | <i>Potencia necesaria para producir el movimiento de la cruz de ginebra.....</i> | 94 |
| 4.9.9 | <i>Potencia producida por el momento de inercia del sistema motriz.....</i> | 94 |
| 4.9.10 | <i>Potencia total de trabajo.....</i> | 95 |
| 4.10 | Selección del motor eléctrico y reductor de velocidad..... | 95 |
| 4.10.1 | <i>Selección del motor.. ..</i> | 95 |
| 4.11 | Cálculo de la relación de transmisión..... | 97 |
| 4.11.1 | <i>Relación de transmisión del motor y del reductor de velocidad.....</i> | 98 |
| 4.11.2 | <i>Selección de la transmisión.....</i> | 99 |
| 4.11.3 | <i>Diámetro de las poleas.....</i> | 99 |
| 4.11.4 | <i>Selección de la correa.....</i> | 100 |
| 4.11.5 | <i>Determinación de la distancia entre ejes.....</i> | 100 |
| 4.11.6 | <i>Longitud primitiva de la banda.....</i> | 100 |
| 4.11.7 | <i>Velocidad de la correa.....</i> | 102 |
| 4.11.8 | <i>Ángulos de abrazamiento.....</i> | 102 |
| 4.11.9 | <i>Tensiones producidas en la polea.....</i> | 103 |
| 4.11.10 | <i>Potencia.....</i> | 104 |
| 4.12 | Diseño del eje de transmisión 1..... | 105 |
| 4.12.1 | <i>Distancias entre cada elemento.....</i> | 106 |
| 4.12.2 | <i>Diagramas de momentos y cortante.....</i> | 106 |
| 4.12.2.1 | <i>Momentos resultantes.....</i> | 108 |
| 4.12.3 | <i>Diseño estático del eje 1.....</i> | 109 |
| 4.12.4 | <i>Diseño a fatiga.....</i> | 111 |
| 4.12.4.1 | <i>Diseño del eje por resistencia a Fatiga.....</i> | 112 |
| 4.12.4.2 | <i>Límite de fatiga real.....</i> | 112 |
| 4.13 | Diseño del eje de transmisión 2..... | 114 |
| 4.13.1 | <i>Diagramas de momentos y cortante en el eje 2.....</i> | 116 |
| 4.13.1.1 | <i>Momentos resultantes.....</i> | 117 |
| 4.13.2 | <i>Diseño estático del eje.....</i> | 117 |
| 4.13.3 | <i>Diseño a fatiga del eje.....</i> | 119 |
| 4.13.3.1 | <i>Diseño por resistencia a fatiga.....</i> | 120 |
| 4.13.3.2 | <i>Límite de fatiga real.....</i> | 121 |
| 4.14 | Selección de chumaceras..... | 123 |
| 4.14.1 | <i>Análisis a carga estática.....</i> | 123 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| 4.14.2 | <i>Análisis a carga dinámica.</i> | 124 |
| 4.14.2.1 | <i>Cálculo de la capacidad dinámica requerida.</i> | 125 |
| 4.15 | <i>Selección de la chaveta.</i> | 126 |
| 4.15.1 | <i>Fuerzas que actúan en la chaveta.</i> | 127 |
| 4.15.2 | <i>Diseño por esfuerzos cortantes.</i> | 128 |
| 4.15.3 | <i>Diseño para esfuerzos por aplastamiento.</i> | 128 |
| 4.16 | <i>Diseño de muelles.</i> | 129 |
| 4.16.1 | <i>Diseño del muelle para las cajas donde se produce el sellado de la empanada.</i> | 129 |
| 4.16.2 | <i>Requerimientos que debe cumplir el muelle.</i> | 130 |
| 4.16.3 | <i>Diseño dinámico.</i> | 133 |
| 4.16.4 | <i>Diseño de muelle para accionamiento del dosificador.</i> | 136 |
| 4.16.5 | <i>Requerimientos que debe cumplir el muelle.</i> | 136 |
| 4.16.6 | <i>Diseño estático.</i> | 136 |
| 4.16.7 | <i>Diseño dinámico a fatiga.</i> | 136 |
| 4.17 | <i>Diseño del soporte de la mesa principal.</i> | 138 |
| 4.18 | <i>Diseño del eslabón para el mecanismo de dosificación.</i> | 140 |
| 4.18.1 | <i>Procedimiento de simulación de esfuerzos en el eslabón.</i> | 141 |
| 4.18.2 | <i>Generación de resultados.</i> | 141 |
| 4.19 | <i>Diseño de la estructura.</i> | 142 |
| 4.19.1 | <i>Características geométricas de la estructura.</i> | 143 |
| 4.19.2 | <i>Procedimiento de simulación estática.</i> | 144 |
| 4.20 | <i>Diseño del circuito eléctrico.</i> | 148 |
| 4.20.1 | <i>Circuito de control.</i> | 148 |
| 4.20.2 | <i>Circuito de potencia o de fuerza.</i> | 149 |
| 4.20.3 | <i>Funcionamiento.</i> | 150 |
| 4.21 | <i>Descripción del funcionamiento de los mecanismos.</i> | 150 |
| 4.20.1 | <i>Funcionamiento del sistema de sellado.</i> | 151 |
| 4.20.2 | <i>Funcionamiento del sistema dosificador.</i> | 151 |
| 5. | CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y PRUEBAS DE LA MÁQUINA ELABORADORA DE EMPANADAS | |
| 5.1 | <i>Generalidades.</i> | 153 |
| 5.2 | <i>Construcción.</i> | 153 |
| 5.2.1 | <i>Componentes de la máquina y tecnología de la construcción.</i> | 154 |
| 5.3 | <i>Procedimiento de construcción.</i> | 155 |
| 5.3.1 | <i>Elementos de construcción.</i> | 155 |
| 5.3.2 | <i>Tiempos de construcción de la máquina elaboradora de empanadas.</i> | 158 |
| 5.3.3 | <i>Flujogramas de construcción.</i> | 166 |
| 5.3.3.1 | <i>Flujograma de construcción del sistema estructural.</i> | 167 |
| 5.3.3.2 | <i>Flujograma de construcción del sistema motriz.</i> | 167 |
| 5.3.3.3 | <i>Flujograma de construcción del sistema elaborador de empanadas.</i> | 167 |
| 5.3.3.4 | <i>Flujograma de construcción del sistema dosificador.</i> | 169 |
| 5.3.3.5 | <i>Flujograma de construcción del sistema eléctrico.</i> | 170 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| 5.4 | Montaje de la máquina elaboradora de empanadas | 170 |
| 5.4.1 | <i>Montaje del sistema estructural</i> | 170 |
| 5.4.2 | <i>Montaje del sistema motriz</i> | 170 |
| 5.4.3 | <i>Montaje del sistema elaborador de empanadas</i> | 171 |
| 5.4.4 | <i>Montaje del sistema dosificador</i> | 172 |
| 5.4.5 | <i>Montaje del sistema eléctrico</i> | 172 |
| 5.4.6 | <i>Flujograma del montaje de la máquina elaboradora de empanadas</i> | 172 |
| 5.5 | Pruebas de la máquina elaboradora de empanadas | 173 |
| 5.5.1 | <i>Plan de pruebas</i> | 173 |
| 5.5.1.1 | <i>Pruebas en vacío</i> | 174 |
| 5.5.1.2 | <i>Pruebas a plena carga</i> | 175 |
| 5.5.2 | <i>Pruebas mecánicas de la máquina elaboradora de empanadas</i> | 175 |
| 5.6 | Verificación de la capacidad de producción de la máquina | 177 |
| 5.7 | Verificación de los requerimientos..... | 177 |
| 5.7.1 | <i>Verificación de los requerimientos del usuario</i> | 177 |
| 5.7.2 | <i>Verificación del criterio del ingeniero (voz del ingeniero)</i> | 178 |
| 6. | ANÁLISIS DE COSTOS, MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA ELABORADORA DE EMPANADAS | |
| 6.1 | Costos directos y costos indirectos | 179 |
| 6.1.1 | <i>Costos directos</i> | 179 |
| 6.1.1.1 | <i>Costos de materiales</i> | 179 |
| 6.1.1.2 | <i>Mano de obra</i> | 181 |
| 6.1.1.3 | <i>Equipos y herramientas</i> | 182 |
| 6.1.1.4 | <i>Coste de transporte de materiales</i> | 182 |
| 6.1.1.5 | <i>Costo total directo</i> | 183 |
| 6.1.2 | <i>Costos indirectos</i> | 183 |
| 6.1.3 | <i>Costo total</i> | 184 |
| 6.2 | Rentabilidad del equipo | 184 |
| 6.2.1 | <i>Depreciación o amortización</i> | 184 |
| 6.2.2 | <i>Calculo de la depreciación</i> | 185 |
| 6.2.3 | <i>Métodos de depreciación</i> | 185 |
| 6.2.3.1 | <i>Método de la línea recta</i> | 186 |
| 6.2.4 | <i>Cálculo de ingresos</i> | 187 |
| 6.2.5 | <i>Cálculo de egresos</i> | 188 |
| 6.2.5.1 | <i>Gastos de construcción de la máquina</i> | 188 |
| 6.2.5.2 | <i>Costos por operación y mantenimiento</i> | 188 |
| 6.2.5.3 | <i>Costos de materia prima para elaborar 15 empanadas</i> | 188 |
| 6.2.5.4 | <i>Determinación del costo de energía</i> | 189 |
| 6.3 | Evaluación financiera..... | 191 |
| 6.3.1 | <i>Cálculo del TIR (Tasa Interna de Retorno)</i> | 191 |
| 6.6 | Manual de operación | 194 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| 6.6.1 | <i>Vista general del equipo.</i> | 194 |
| 6.6.2 | <i>Accesorios de la máquina elaboradora de empanadas.</i> | 195 |
| 6.6.2.1 | <i>Moldes para empanadas.</i> | 195 |
| 6.6.3 | <i>Caja de control.</i> | 195 |
| 6.7 | Características de la máquina elaboradora de empanadas..... | 196 |
| 6.8 | Instalación del equipo | 197 |
| 6.8.1 | <i>Requisitos necesarios.</i> | 197 |
| 6.9 | Instrucciones de operación | 197 |
| 6.9.1 | <i>Colocación de moldes y regulación de la dosificación</i> | 197 |
| 6.9.2 | <i>Puesta en marcha de la máquina elaboradora de empanadas.</i> | 199 |
| 6.9.3 | <i>Limpieza del equipo.</i> | 200 |
| 6.10 | Manual de mantenimiento | 201 |
| 6.10.1 | <i>Listado de requerimientos para el mantenimiento de la máquina.</i> | 202 |
| 6.10.1.1 | <i>Requerimientos de limpieza</i> | 202 |
| 6.10.1.2 | <i>Requerimientos de lubricación.</i> | 202 |
| 6.10.1.3 | <i>Requerimientos mecánicos</i> | 202 |
| 6.10.1.4 | <i>Requerimientos eléctricos.</i> | 203 |
| 6.11 | Riesgos y medidas preventivas para el operador | 203 |
| 6.13.1 | <i>Riesgos ergonómicos.</i> | 203 |
| 6.13.2 | <i>Riesgos por corte y aplastamiento.</i> | 204 |
| 6.13.3 | <i>Riesgo eléctrico.</i> | 205 |
| 7. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | |
| 7.1 | Conclusiones | 206 |
| 7.2 | Recomendaciones | 206 |

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|----|---|
| 1 | Sistema de numeración para identificar los aceros inoxidables15 |
| 2 | Propiedades del acero inoxidable 30417 |
| 3 | Materiales de aporte sugeridos para la soldadura del acero inoxidable19 |
| 4 | Microempresas panificadoras21 |
| 5 | Desarrollo de la matriz QFD25 |
| 6 | Especificaciones técnicas de la máquina elaboradora de empanadas.....27 |
| 7 | Opciones de módulos42 |
| 8 | Evaluación de cada criterio.....45 |
| 9 | Evaluación de las soluciones respecto a la producción N° empanadas/h46 |
| 10 | Evaluación de las soluciones respecto a la Fiabilidad.....46 |
| 11 | Evaluación de soluciones respecto a la sencillez del mecanismo46 |
| 12 | Evaluación de soluciones respecto a la fuerza de sellado46 |
| 13 | Evaluación de soluciones respecto a la diversidad de producción47 |
| 14 | Tabla de conclusiones para el módulo.....47 |
| 15 | Pre diseño de la máquina elaboradora de empanadas48 |
| 16 | Pre diseño de la máquina elaboradora de empanadas52 |
| 17 | Características de la mesa de trabajo.....53 |
| 18 | Propiedades del material de la mesa superior mediante solidworks56 |
| 19 | Propiedades del material de la mesa inferior mediante solidworks64 |
| 20 | Producción diaria de empanadas67 |
| 21 | Parámetros geométricos para el diseño de la cruz de ginebra.....81 |
| 22 | Ángulos de rotación82 |
| 23 | Radio de desplazamiento en la cruz de ginebra82 |
| 24 | Velocidad angular de la cruz de ginebra83 |
| 25 | Aceleración angular de la cruz de ginebra83 |
| 26 | Masas e inercias en los ejes obtenidos en solidworks84 |
| 27 | Torque en la cruz de ginebra85 |
| 28 | Torque en la rueda conductora.....87 |
| 29 | Características del motor seleccionado96 |
| 30 | Reductor de velocidad seleccionado96 |
| 31 | Cargas estáticas y dinámicas requeridas en la selección de chumaceras ...126 |
| 32 | Selección de las chavetas para los elementos de los ejes.....129 |
| 33 | Diseño del resorte a compresión, análisis estático136 |
| 34 | Diseño dinámico a fatiga137 |

| | | |
|----|--|-----|
| 35 | Características de funcionamiento del motor seleccionado..... | 148 |
| 36 | Elementos eléctricos..... | 148 |
| 37 | Sistemas que conforman la máquina elaboradora de empanadas..... | 154 |
| 38 | Partes y elementos constructivos de la máquina elaboradora de empanadas..... | 156 |
| 39 | Tiempos utilizados en la construcción total de la máquina..... | 158 |
| 40 | Elementos de sub ensamble..... | 166 |
| 41 | Montaje del sistema estructural | 170 |
| 42 | Montaje del sistema motriz | 171 |
| 43 | Montaje del sistema elaborador de empanadas..... | 171 |
| 44 | Montaje sistema dosificador | 172 |
| 45 | Montaje del sistema eléctrico..... | 172 |
| 46 | Tiempos de construcción y montaje..... | 173 |
| 47 | Resultados obtenidos de pruebas en vacío | 174 |
| 48 | Resultados obtenidos de pruebas a plena carga | 175 |
| 49 | Resultados de pruebas mecánicas en la máquina..... | 176 |
| 50 | Validación de los requerimientos del usuario..... | 178 |
| 51 | Verificación de la voz del ingeniero..... | 178 |
| 52 | Costo de materiales..... | 179 |
| 53 | Mano de obra | 182 |
| 54 | Equipos y herramientas | 182 |
| 55 | Costo total directo..... | 183 |
| 56 | Costos indirectos | 183 |
| 57 | Costo total indirecto..... | 183 |
| 58 | Costo total de la máquina elaboradora de empanadas | 184 |
| 59 | Depreciación anual de la máquina..... | 186 |
| 60 | Costos de operación y mantenimiento de la máquina..... | 188 |
| 61 | Ingredientes para 15 empanadas | 189 |
| 62 | Cantidad y costo de ingredientes para 15 empanadas | 189 |
| 63 | Costo de ingredientes para 720 empanadas a diario, mensual y anual | 189 |
| 64 | Egresos anuales..... | 191 |
| 65 | Datos de evaluación financiera..... | 191 |
| 66 | Características de la máquina | 196 |
| 67 | Cambio de moldes y regulación de la dosificación..... | 197 |
| 68 | Puesta en marcha de la máquina elaboradora de empanadas | 199 |
| 69 | Limpieza del equipo..... | 200 |
| 70 | Requerimientos de limpieza..... | 202 |

| | | |
|----|------------------------------------|-----|
| 71 | Requerimientos de lubricación..... | 202 |
| 72 | Requerimientos mecánicos..... | 203 |
| 73 | Requerimientos eléctricos | 203 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|----|---|
| 1 | Productos de panificación..... 3 |
| 2 | Procesos de conformado de empanadas..... 4 |
| 3 | Laminadora de masa 8 |
| 4 | Cortadora de discos para empanadas 8 |
| 5 | Armadora de relleno 9 |
| 6 | Armadora cerradora de empanadas 9 |
| 7 | Elaboradora manual simple10 |
| 8 | Conformadora manual doble10 |
| 9 | Conformadora manual triple11 |
| 10 | Cerradora de empanadas compacta semiautomática11 |
| 11 | Cerradora de empanadas compacta automática12 |
| 12 | Máquina de alta producción.....13 |
| 13 | Máquina de mediana producción13 |
| 14 | Productos y aplicaciones del acero inoxidable.....14 |
| 15 | Función primaria de la máquina.....28 |
| 16 | Diagrama de funciones secundarias de la máquina.....29 |
| 17 | Estructura modular29 |
| 18 | Cambio de moldes y regulación del dosificador30 |
| 19 | Tolva cilíndrica con base cónica31 |
| 20 | Tolva cuadrada.....31 |
| 21 | Alimentación 2 forma automática.....32 |
| 22 | Alimentación 2 forma manual.33 |
| 23 | Puesta en marcha con sistema motriz mecánico34 |
| 24 | Sistema motriz vertical con accionamiento neumático35 |
| 25 | Sistema horizontal semiautomático35 |
| 26 | Dosificación automática.....36 |
| 27 | Dosificación semiautomática37 |
| 28 | Dosificación mecánica.37 |
| 29 | Movimiento de forma mecánica38 |
| 30 | Movimiento forma manual.....39 |
| 31 | Sellado mediante mecanismos40 |
| 32 | Sellado mediante sistema automático40 |
| 33 | Posición de la máquina para el proceso final.....41 |
| 34 | Máquina lineal proceso final41 |

| | | |
|----|---|----|
| 35 | Alternativa 1 | 43 |
| 36 | Alternativa 2 | 43 |
| 37 | Alternativa 3 | 44 |
| 38 | Mesa de trabajo..... | 54 |
| 39 | Caja de la máquina elaboradora de empanadas..... | 54 |
| 40 | Propiedades de masa de la caja obtenida en solidworks | 55 |
| 41 | Fuerzas aplicadas sobre la mesa | 56 |
| 42 | Generación de malla..... | 57 |
| 43 | Análisis de esfuerzos obtenido en solidworks | 57 |
| 44 | Deformación máxima y mínima en la mesa obtenida en solidworks | 58 |
| 45 | Factor de seguridad en la mesa superior mediante solidworks | 58 |
| 46 | Mesa inferior..... | 59 |
| 47 | Columnas o soportes de la mesa superior..... | 60 |
| 48 | Propiedades físicas del soporte o columna obtenida en solidworks..... | 60 |
| 49 | Mesa principal con todos sus elementos | 61 |
| 50 | Propiedad física de la mesa con sus elementos obtenida en solidworks | 61 |
| 51 | Cubierta superior | 62 |
| 52 | Propiedades físicas de la cubierta superior obtenidas en solidwoks | 62 |
| 53 | Seguidor de leva..... | 63 |
| 54 | Propiedades físicas del seguidor de leva obtenidas en solidworks | 63 |
| 55 | Asignación de cargas | 64 |
| 56 | Generación del mallado mediante solidworks | 65 |
| 57 | Esfuerzo máximo y mínimo resultante obtenido en solidworks | 65 |
| 58 | Deformación máxima y mínima de la mesa inferior obtenida en solidworks...66 | |
| 59 | Factor de seguridad de la mesa inferior obtenido en solidworks..... | 66 |
| 60 | Diseño geométrico del tanque de dosificación | 67 |
| 61 | Desarrollos tanque dosificador | 68 |
| 62 | Volumen interno del tanque de dosificación obtenido en solidworks..... | 69 |
| 63 | Fuerza de cierre del molde encontrada experimentalmente..... | 70 |
| 64 | Fuerzas actuantes en el mecanismo de sellado | 70 |
| 65 | Diagrama de fuerzas para F1 del mecanismo de cierre..... | 71 |
| 66 | Diagrama de fuerzas del mecanismo de cierre | 72 |
| 67 | Ángulo de presión y fuerzas en el mecanismo de leva | 73 |
| 68 | Fuerzas actuantes en la leva 1 | 73 |
| 69 | Diagrama de desplazamientos de la leva 1 obtenido en solidworks..... | 74 |
| 70 | Fuerza obtenida experimentalmente para el empuje en el dosificador..... | 75 |
| 71 | Fuerzas actuantes en el mecanismo de dosificación | 75 |

| | | |
|-----|---|-----|
| 72 | Diagrama de fuerzas para F1 | 76 |
| 73 | Diagrama de fuerzas para obtener Fe de empuje..... | 77 |
| 74 | Fuerzas actuantes en leva 2..... | 77 |
| 75 | Diagrama de fuerzas leva-seguidor | 78 |
| 76 | Diagrama de desplazamientos de la leva 2 obtenido en solidworks..... | 79 |
| 77 | Mecanismo de ginebra | 80 |
| 78 | Elementos que se acoplan al 1 y 2 | 84 |
| 79 | Fuerza tangencial en la cruz de ginebra | 86 |
| 80 | Diagrama de fuerzas tangenciales..... | 87 |
| 81 | Diagrama de fuerzas | 88 |
| 82 | Generación del sistema de coordenadas de la mesa principal | 90 |
| 83 | Resultado de las propiedades de la mesa obtenidas en solidworks..... | 90 |
| 84 | Generación del sistema de coordenadas para el sistema de transmisión | 91 |
| 85 | Resultado de las propiedades del sistema obtenidas en solidworks | 91 |
| 86 | Esquema de la transmisión por correa | 99 |
| 87 | Representación de la transmisión..... | 100 |
| 88 | Eje motriz 1 | 101 |
| 89 | Tensiones en la banda y ángulos de abrazamiento | 102 |
| 90 | Eje de transmisión 1 | 105 |
| 91 | Distancias entre cada uno de los puntos | 106 |
| 92 | Representación de fuerzas en el plano y-z..... | 106 |
| 93 | Diagrama de momento y cortante en el plano y-z obtenido en solidworks ... | 107 |
| 94 | Representación de fuerzas en el plano x-z..... | 107 |
| 95 | Diagrama de momentos y cortante, plano x-z del eje obtenido en solidworks..... | 108 |
| 96 | Eje 2 con sus elementos..... | 114 |
| 97 | Fuerzas actuantes para el diseño en el eje 2..... | 115 |
| 98 | Distancia entre cada elemento | 115 |
| 99 | Representación de fuerzas y reacciones en el plano y-z | 115 |
| 100 | Diagrama de momentos y cortantes en el plano y-z obtenido en solidworks | 116 |
| 101 | Representación de fuerzas en el plano y-z..... | 116 |
| 102 | Diagrama de momento y cortante en el plano x-z obtenido en solidworks ... | 117 |
| 103 | Geometría de la chaveta | 126 |
| 104 | Fuerzas actuantes en la chaveta | 127 |
| 105 | Muelle que actúa en la caja de sellado de empanadas..... | 130 |
| 106 | Muelle sometido a compresión | 130 |
| 107 | Soporte de la mesa principal | 138 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 108 | Disposición geométrica y fuerzas en el eslabón | 140 |
| 109 | Generación del mallado y aplicación de fuerzas | 141 |
| 110 | Esfuerzo resultante en el eslabón obtenido mediante solidworks | 141 |
| 111 | Factor de seguridad en el eslabón obtenido en solidworks | 142 |
| 112 | Geometría de la estructura | 142 |
| 113 | Dimensiones de la estructura | 143 |
| 114 | Propiedades de masa de la máquina obtenida en solidworks | 144 |
| 115 | Apoyos de la estructura mediante ANSYS | 144 |
| 116 | Generación del mallado mediante ANSYS | 145 |
| 117 | Propiedades del material en la estructura obtenidas en ANSYS | 145 |
| 118 | Aplicación de carga en la estructura mediante ANSYS | 146 |
| 119 | Esfuerzo máximo y mínimo resultante obtenido en ANSYS | 146 |
| 120 | Coeficiente de seguridad de la estructura obtenido en ANSYS | 147 |
| 121 | Deformaciones en la estructura obtenidas en ANSYS | 147 |
| 122 | Circuito de control | 149 |
| 123 | Circuito de potencia (Circuito de fuerza) | 149 |
| 124 | Caja de control y sus elementos | 150 |
| 125 | Mecanismos de accionamiento de la máquina | 150 |
| 126 | Mecanismo de sellado | 151 |
| 127 | Mecanismo de dosificación | 152 |
| 128 | Flujograma de construcción general de los sistemas | 166 |
| 129 | Flujograma de construcción del sistema estructural | 167 |
| 130 | Flujograma de construcción del sistema motriz | 167 |
| 131 | Flujograma de construcción del sistema elaborador de empanadas | 168 |
| 132 | Flujograma de construcción del sistema dosificador | 169 |
| 133 | Flujograma de construcción del sistema eléctrico | 170 |
| 134 | Flujograma de montaje de la máquina elaboradora de empanadas | 173 |
| 135 | Diagrama de evaluación financiera | 192 |
| 136 | Valor actual neto para diferentes valores de interés | 193 |
| 137 | Vista general del equipo | 194 |
| 138 | Moldes para empanadas | 195 |
| 139 | Base o soporte molde | 195 |
| 140 | Caja de control | 196 |
| 141 | Máquina cortadora de discos para empanadas | 201 |
| 142 | Forma correcta de transporte de cargas | 204 |
| 143 | Riesgo de corte | 204 |
| 144 | Riesgo por aplastamiento | 204 |

| | | |
|-----|---|-----|
| 145 | Riesgo al meter las manos en el puesto de sellado | 205 |
| 146 | Riesgo eléctrico | 205 |
| 147 | Caja de control | 205 |

SIMBOLOGÍA

| | | |
|-------------|---|--------------------|
| σ | Esfuerzo a flexión | kg/cm ² |
| δ | Deformación | mm |
| n | Factor de seguridad | |
| V_{tolva} | Volumen de la tolva | cm ³ |
| F_{exp} | Fuerza experimental | N |
| F_c | Fuerza de contacto leva-palpador | N |
| F_u | Fuerza útil | N |
| F_{ct} | Fuerza de contacto tangencial | N |
| F_{cr} | Fuerza de contacto radial | N |
| F_e | Fuerza de empuje para la dosificación | N |
| F_{total} | Fuerza total para la dosificación | N |
| ϕ | Ángulo de presión | ° |
| Nrc | Velocidad de producción de la máquina | rpm |
| K | Número de pasos de la cruz de malta | |
| T | Periodo de la cruz de malta | s |
| t_r | Tiempo de la cruz de malta | s |
| t_m | Tiempo de movimiento de la cruz de malta | s |
| r_2 | Radio de la cruz de malta | mm |
| r_1 | Radio de la rueda conductora | mm |
| a | Distancia entre centros mecanismo de ginebra | mm |
| λ | Relación lambda | |
| θ_0 | Ángulo inicial de la cruz de Ginebra | ° |
| S_{max} | Distancia entre centros de la cruz y posición máxima de ingreso del tetó de la rueda conductora | mm |
| θ | Ángulo de rotación de la rueda conductora | ° |
| β | Ángulo de rotación de la cruz de ginebra | ° |
| $r(\theta)$ | Radio de desplazamiento de la cruz de ginebra | mm |

| | | |
|-------------------------|---|--------------------|
| $\omega_{cruz}(\theta)$ | Velocidad angular de la cruz de ginebra | rad/s |
| ω_{max} | Velocidad angular máxima de la cruz de ginebra | rad/s |
| $\alpha(\theta)$ | Aceleración angular de la cruz de ginebra | rad/s ² |
| α_{max} | Aceleración angular máxima de la cruz de ginebra | rad/s ² |
| Fc | Factor de carga | |
| It | Inercia total | kgm ² |
| Mt | Masa total | kg |
| $T_{cruz}(\theta)$ | Torque de la cruz de ginebra | Nm |
| T_{max} | Torque máximo de la cruz de ginebra | Nm |
| $Ft(\theta)$ | Fuerza tangencial en la cruz de ginebra | N |
| Ft_{max} | Fuerza tangencial máxima | N |
| $Trc(\theta)$ | Torque de la rueda conductora | Nm |
| Trc_{max} | Torque máximo de la rueda conductora | Nm |
| $Ftrc$ | Fuerza máxima de contacto que actúa en la cruz de ginebra | N |
| E_{rot} | Energía de rotación cinética | Nm |
| I_{cc} | Momento de inercia del sistema de transmisión | kgm ² |
| I_{SM} | Momento de inercia del sistema motriz | kgm ² |
| I_M | Momento de inercia de la mesa de procesos | kgm ² |
| I_{LC} | Momento de inercia de la leva de cierre | kgm ² |
| I_{LD} | Momento de inercia de la leva del dosificador | kgm ² |
| I_{CM} | Momento de inercia de la cruz de malta | kgm ² |
| I_G | Momento de inercia de la rueda conductora | kgm ² |
| ω | Velocidad angular de trabajo | rad/s |
| P_c | Potencia de cierre del molde | W |
| P_{ce} | Potencia necesaria para la dosificación | W |
| P_{rc} | Potencia necesaria para para producir el movimiento de la cruz de ginebra | W |
| P_E | Potencia producida por el momento de inercia del | W |

| | | |
|----------|---|----------------|
| | sistema motriz | |
| P_{TT} | Potencia total de trabajo | W |
| f_s | Factor de servicio | |
| V_m | Velocidad de giro de la mesa principal | rpm |
| N_{er} | Número de empanadas requeridas | Empanadas/hora |
| N_e | Número de empanadas en la mesa | W |
| i | Relación de transmisión | |
| n_2 | Velocidad angular de entrada del motor eléctrico | rpm |
| n_1 | Velocidad angular de salida del reductor de velocidad | rpm |
| L | Longitud de la correa | in |
| C | Distancia tentativa entre ejes | in |
| L_n | Longitud primitiva | mm |
| C_C | Distancia entre centros | mm |
| v | Velocidad de la correa | m/s |
| f | Coeficiente de rozamiento entre la superficie de la polea y la correa | |
| A_r | Arco de contacto | $^{\circ}$ |
| S_y | Resistencia a la fluencia | N/m^2 |
| S_{ut} | Resistencia a la tensión | kg/cm^2 |
| S_e | Límite de resistencia a la fatiga | MPa |
| S_e | Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica | N/m^2 |
| K_a | Factor de modificación de la condición superficial | |
| K_b | Factor de modificación del tamaño | |
| K_c | Factor de modificación de la carga | |
| K_d | Factor de modificación de la temperatura | |
| K_e | Factor de confiabilidad | |
| K_f | Factor de modificación de efectos varios | |
| n | Factor de seguridad | |

| | | |
|---------------|--|------|
| M_T | Momento torsor | Nm |
| ω | Velocidad angular de trabajo | rpm |
| C_{oREQ} | Carga inicial requerida | N |
| f_s | Factor de servicio | |
| F_r | Carga radial | N |
| F_a | Carga axial | N |
| f_l | Factor de esfuerzos dinámicos | |
| f_n | Factor de velocidad | |
| C_d | Capacidad dinámica requerida | |
| τ_{xy} | Esfuerzo por torsión | Pa |
| σ_{eq} | Esfuerzo equivalente | Pa |
| σ_{eq} | Esfuerzo equivalente | Pa |
| T_1 | Fuerza en el lado tirante | lb |
| T_2 | Fuerza en el lado flojo | lb |
| R_B | Reacción en B | N |
| M_R | Momento resultante | Nm |
| τ_c | Esfuerzo cortante | Pa |
| $\cos\theta$ | Factor de potencia | |
| P | Carga dinámica | N |
| L | Longitud de la chaveta | mm |
| D | Diámetro medio del muelle | mm |
| d | Diámetro del alambre | mm |
| C | Índice del resorte | |
| S_{sy} | Esfuerzo permisible a corte | Pa |
| K_B | Factor de Bergstrasser | |
| τ_a | Componente alternante de esfuerzo cortante | Kpsi |
| τ_m | Componente media de esfuerzo | Kpsi |

| | | |
|--------------|---------------------------------------|-------|
| s_{su} | Resistencia ultima al corte | Kpsi |
| s_{se} | Resistencia a la fatiga | Kpsi |
| s_{sa} | Resistencia del muelle | Kpsi |
| n_f | Factor de seguridad a la fatiga | |
| L | Longitud de la chaveta | mm |
| r_g | Radio de giro | cm |
| P_{crit} | Fuerza crítica que soporta la columna | kgf |
| $\cos\theta$ | Factor de potencia | |
| $V_{sal.}$ | Valor de salvamento | USD |
| V_i | Valor inicial | USD |
| n | Tiempo de vida útil | |
| N | Tiempo de depreciación | |
| P_m | Producción mensual | |
| P_n | Producción media neta anual | |
| P_t | Período de trabajo | h/día |
| I_a | Ingreso anual | USD |
| S_a | Salvamento | USD |
| P | Inversión inicial | USD |
| D_a | Depreciación anual | |
| E_a | Egreso anual | USD |
| P | Inversión inicial | USD |

LISTA DE ABREVIACIONES

| | |
|------|--|
| QFD | Despliegue de la función de calidad |
| VOC | Voz del cliente |
| AISI | Instituto americano del hierro y el acero |
| CNC | Control numérico computarizado |
| TIG | Gas inerte de tungsteno |
| GTAW | Soldadura de arco eléctrico con electrodo de tungsteno y gas de protección |
| SMAW | Soldadura por arco eléctrico |
| ASTM | Sociedad de ensayo de materiales |
| AWS | Sociedad americana de soldadura |
| SRI | Servicio de rentas internas |
| TIR | Tasa interna de retorno |
| VAN | Valor actual neto |
| VAI | Valor anual de ingresos |
| VAE | Valor anual de egresos |
| CFN | Corporación financiera nacional |

LISTA DE ANEXOS

- A** Factores de servicio.
- B** Selección del reductor de velocidad.
- C** Selección del perfil de correa.
- D** Banda trapezoidal.
- E** Láminas de acero inoxidable y propiedades mecánicas.
- F** Factor de modificación de la condición superficial. (k_a).
- G** Factor de modificación del tamaño (k_b).
- H** Factor de modificación de la carga (k_c).
- I** Factor de modificación de la temperatura (k_d).
- J** Factor de confiabilidad (k_e).
- K** Factor de modificación efectos varios.
- L** Resistencia de diferentes materiales.
- M** Geometría de las chumaceras de pared y de piso.
- N** Rodamiento UC para la chumacera seleccionada.
- O** Factor de esfuerzos estáticos f_s .
- P** Factor de esfuerzos f_o .
- Q** Coeficiente de velocidad f_n .
- R** Factor de esfuerzos dinámicos f_l .
- S** Dimensiones de chavetas y chavetero.
- T** Material utilizado para las chavetas.
- U** Materiales para resortes.
- V** Contantes para estimar la resistencia mínima de alambre para muelles.
- W** Propiedades del acero inoxidable AISI 304.
- X** Condiciones de extremos para columnas cortas.
- Y** Datos del motor eléctrico seleccionado.
- Z** Remuneración mínima sectorial.
- AA** Depreciación de activos fijos.

RESUMEN

La presente tesis se enfocó en la problemática que existe en las panificadoras de la ciudad de Riobamba que presionan a realizar cambios en la presentación de la empanada, en el control de calidad por lo que se realizó la elección de la mejor alternativa empleándose criterios concurrentes, para ello se usó la matriz QFD con lo cual se relacionó los criterios del auspiciante, con los del ingeniero dando como resultado el tipo de máquina elaboradora de empanadas adecuada para el medio.

La máquina tiene como objetivo dosificar el condumio así como también obtener un sellado, conformado de calidad y contextura de una empanada de manera continua y eficiente optimizando el tiempo de producción, la máquina tiene una capacidad de elaborar 720 empanadas/hora aumentando la competitividad del producto.

La máquina es propiamente mecánica, está construida en Acero Inoxidable AISI 304, como requiere la industria alimenticia, consta de un motor de $\frac{3}{4}$ HP con 1740 rpm acoplado a un reductor de velocidades que entrega 43.5 rpm, un sistema de control de fase intermitente basada en una cruz de ginebra, su mesa de trabajo es redonda para facilitar el trabajo al operario, así se da cumplimiento a las expectativas del auspiciante en un 95%.

Se realizó el análisis costo y beneficio con la finalidad de analizar la factibilidad económica de invertir en dicha máquina, donde se obtuvo el TIR de 86,19% superior a la tasa de interés anual que proporciona el banco demostrando la viabilidad del proyecto.

ABSTRACT

The following research was focused on the problem existing at bakeries from Riobamba which are forced to change the presentation of patties during the quality control process, that is why it was necessary to choose the best alternative through the concurrent criteria; for this a QFD matrix was used in order to relate the sponsor and the engineer's criteria. The result was an appropriate patty maker machine.

The machine is in charge of dosing the filling of patties and obtaining a continuous quality sealing and an efficient Patty form emphasizing the production time. The machines I sable to produce 720 patties per hour; this increases the competitiveness of the product.

The machine is mechanical and it is AISI 304 iron-made as required by the food industry; it also contains a 1740 rpm $\frac{3}{4}$ HP motor coupled to a speed reducer which performs 43.5 rpm and an intermittent phase controlling system based on a Geneva cross. Its work table is rounded to ease the labor for the worker, thus it accomplishes the sponsor's expectations in a 95%.

A cost-benefit analysis was carried out in order to study the economic feasibility to invest in the construction of this machine. The internal rate of return was 86,19 %, higher than the annual interest offered by the bank this demonstrates the feasibility of the project.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Antecedentes

En Latinoamérica, Ecuador tiene una tradición muy antigua en materia de productos de panificación, uno de éstos es la empanada que se remonta al siglo XVII, con el curioso nombre de empanadas de trigo, debido a que la masa se elabora con harina de trigo y grasa de origen animal. Se rellenan de arroz, carne y cebolla, entre otros, las llamadas empanadas de viento, contienen cebolla y queso que fueron incorporando a su elaboración los ingredientes usados por los habitantes originarios. Tienen un carácter relativamente homogéneo que les permitió volverse sinónimo de la gastronomía ecuatoriana.

En cada región la masa se hace con maíz molido o con harina de trigo. Los rellenos varían entre puré de papa con carne molida, o con maní, queso, calabaza, guisos de carne o pollo con arroz y verdura. Son de diferente tamaño, tienen forma de medialuna y se preparan tanto al horno como fritas.

La empanada se hace de forma circular cuidando de que todo el borde tenga un pequeño resalto para echar dentro los ingredientes que se han cocido a medias; luego se tapa con una capa delgada de la misma masa, en algunos pueblos se manda todo el guiso a la panadería para que allí lo encierren todo en masa un poco hojaldrada, pues así resulta la empanada más sabrosa y fina.

1.2 Justificación técnico-económica

En la actualidad las microempresas panificadoras de la ciudad de Riobamba y del País no cuentan con una tecnología al alcance de sus posibilidades económicas, como para fabricar su producto a bajo costo con un bajo tiempo de inversión y mayor productividad y eficacia así como la obtención de una empanada uniforme.

La idea es plantear un diseño que permita realizar en base a lo que una o varias personas hacen en las microempresas panificadoras de alta y mediana producción, la

cual es la elaboración de empanadas, se plantea una máquina que obtenga moldes en el que se pondrá la tortilla y mediante sistemas de mecanismos o automáticos pueda producir continuamente, que tenga un procesos de dosificación para luego pasar a un proceso de cierre o sellado de la empanada obteniéndose así un producto final.

El actual requerimiento de nuestra tesis, es crear una máquina de elaboración de empanadas para una microempresa panificadora, permitiendo al dueño de la microempresa aumentar su producción con menor personal de trabajo y por ende beneficiar al usuario a adquirir producto a menor costo; de la misma forma se trata de ofrecer productos de la más alta calidad e higiene, para ello se va a diseñar una máquina semi automatizada para elaborar la empanada con el propósito de cumplir y alcanzar las metas de la microempresa panificadora, para lo que debemos utilizar los recursos adecuados para diseñar la máquina, la cual permitirá un trabajo técnico para la elaboración de la empanada y así optimizar tiempo, obtener un buen producto que ofrece la panificadora y aumentar recursos para la microempresa.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Diseñar y construir una máquina elaboradora de empanadas.

1.3.2 *Objetivos específicos:*

Analizar, seleccionar las alternativas y determinar la más adecuada para la elaboración propiamente de la empanada.

Lograr el diseño simplificado de cada uno de los mecanismos que van a integrar el dosificador de relleno, el cerrado según las condiciones que se ajusta a la elaboración de las empanadas.

Diseñar el formador de empanadas con la finalidad de obtener un buen producto terminado.

Diseñar el sistema dosificador de condumio.

Elaborar el plan de mantenimiento de cada una de las partes de la máquina, lo cual permitirá que la elaboración de las empanadas sea un proceso continuo.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Marco conceptual

Panificación. El término panificación es usualmente aplicado a alimentos que estén hechos a base de las mezclas de harinas de cereales o harinas integrales o leguminosas, agua potable, fermentados o no, pueden contener: sal comestible, mantequilla, margarina, aceites comestibles hidrogenados o no, leudante, polvo de hornear, especias y otros ingredientes opcionales tales como, azúcares, mieles, frutas, jugos u otros productos comestibles similares, pueden emplear o no aditivos para alimentos; sometidos a proceso de horneado, cocción o fritura; con o sin relleno o con cobertura, pueden ser mantenidos a temperatura ambiente, en refrigeración o en congelación según el caso. (CANIMOLT, 2012)

Figura 1: Productos de panificación

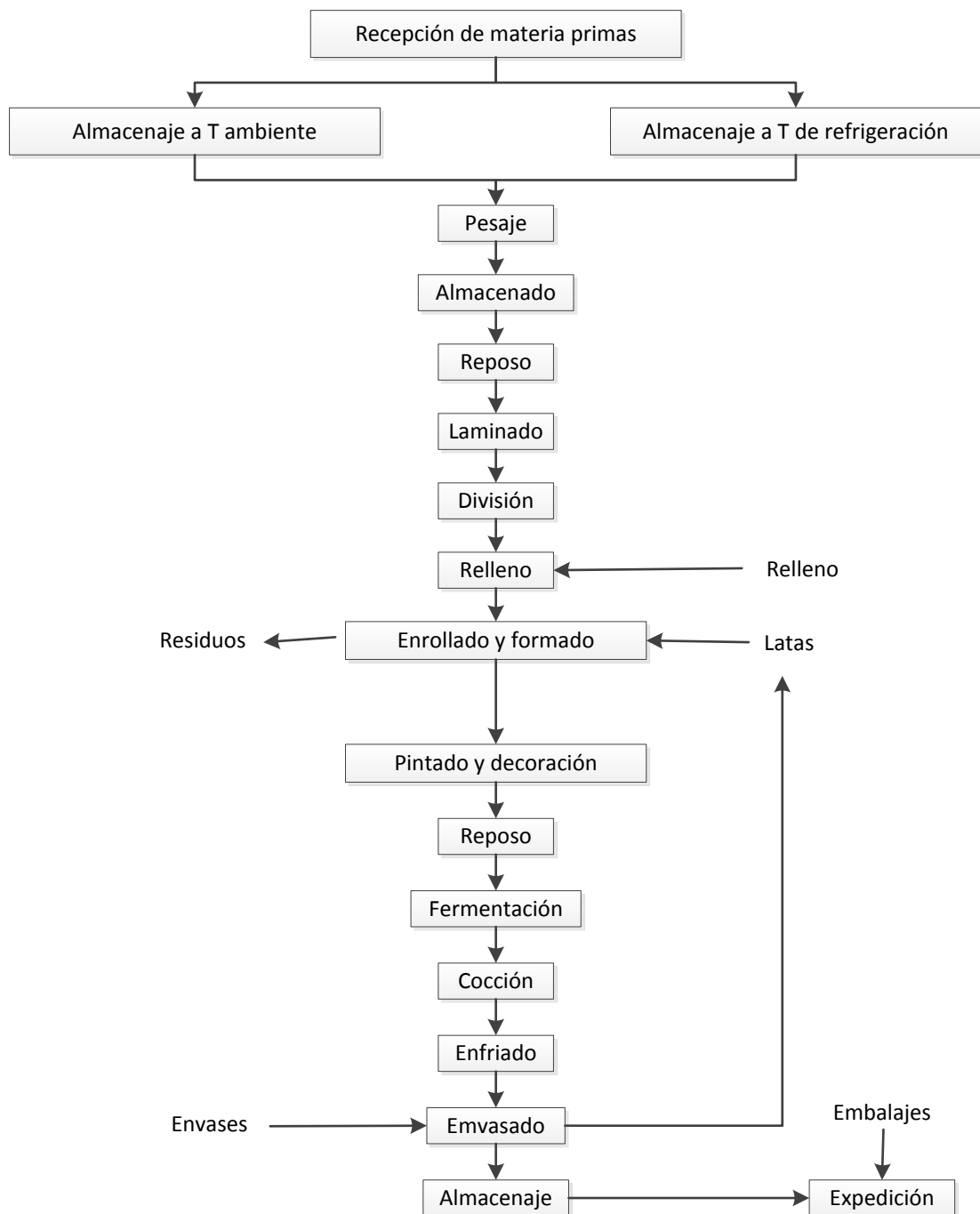


Fuente: (CANIMOLT, 2012)

2.2 Empanada

La palabra empanada proviene del castellano "empanar". Su concepto es "encerrar algo en masa". Una empanada es un preparado compuesto por una fina masa quebrada, rellena de cualquier alimento salado o dulce. Normalmente se cocina al horno o frita y por lo general tiene forma de semicírculo, con no más de 20 cm de largo y bordes cerrados a manera de un elaborado repulgo. Su elaboración requiere cierto grado de destreza manual. (JORDAN, 1997)

Figura 2. Procesos de conformado de empanadas



Fuente: (GALLEGOS, 2008)

2.3 Relleno

2.3.1 Procesos de preparación del condumio o relleno. En gastronomía se llama relleno a la sustancia o mezcla comestible usada para llenar una cavidad en otro alimento. Se rellenan muchos alimentos, incluyendo carnes, verduras y frutas. Por ejemplo, el relleno de pavo suele consistir en pan rallado o en dados, pan frito, cebolla,

apio, sal, pimienta y otras especias y hierbas como la salvia o una mezcla hecha expresamente. (WIKIPEDIA, 2013)

2.3.2 *Tipos de condumio o relleno.* Casi cualquier cosa puede servir de relleno. Muchos rellenos populares anglo-estadounidenses contienen pan o cereales, normalmente junto a verduras, hierbas y especias, y huevos. Los rellenos de verdura de Oriente Medio pueden basarse en arroz condimentado, carne picada o ambos. Otros rellenos pueden contener solo verduras y hierbas. Algunos tipos de relleno contienen salchicha o farsa, mientras los rellenos vegetarianos pueden incluir tofu. Las ostras se emplean en un relleno tradicional de Acción de Gracias, pudiendo combinarse también con puré de patata para hacerlo más contundente. A menudo se añade fruta o fruta seca, como manzana, ciruela, albaricoque y pasas. En Inglaterra un relleno popular es la carne de salchicha condimentada con diversos ingredientes: salvia, cebolla, manzana, etcétera. (WIKIPEDIA, 2013)

2.4 Procesos de panificación

Es el proceso más importante del empleo de las harinas de trigo para la alimentación humana. Ha sido objeto de numerosos estudios científicos y tecnológicos en procura de mejorar la calidad del pan. La harina de trigo tiene proteínas en su composición, estas desempeñan un papel fundamental en la nutrición humana. Las proteínas pueden sufrir variaciones en función de la variedad, lugar de cultivo, tecnología de la molienda. Una harina panificable se puede considerar una mezcla de: almidón, electrolitos, agua, gluten. Para llevar a cabo la panificación se prepara una masa con harina, agua, sal, a la que se añaden levaduras, esto provoca la fermentación de los azúcares formándose CO₂ que hace que la masa sea esponjosa. Esta masa esponjosa debe tener otra cualidad: ser elástica. La elasticidad depende: del número de partículas coloidales del gluten/unidad de masa y de la capacidad de hinchamiento del gluten. (ELERGONOMISTA, 2005)

2.5 Descripción del proceso de panificación. (GALEON, 2000)

2.5.1 *Adquisición de insumos.* Consiste en seleccionar a los proveedores de cada uno de los insumos que intervienen en las fórmulas panaderas y adquirirlos de acuerdo a los requerimientos de producción.

Esta etapa es de vital importancia en la industria panadera porque todas las otras etapas del proceso teniendo insumos disponibles.

2.5.2 *Dosimetría.* Esta etapa consiste en dosificar con exactitud la cantidad de los insumos que intervienen en la fórmula, así el rendimiento de la producción será constante, la calidad estable y se podrá establecer un control de costos.

2.5.3 *Mezclado y amasado.* En este proceso se debe lograr un alto grado de extensibilidad, la masa debe ser suave, seca, brillante, muy manejable y desprenderse limpiamente de las paredes de la taza de la mezcladora.

Etapa de la panificación que tiene por objeto lograr una distribución uniforme de todos los ingredientes, además de formar y desarrollar adecuadamente el gluten.

2.5.4 *División de la masa.* Esta etapa se realiza para obtener piezas de masa de igual peso. El peso de cada pieza dependerá del tipo de pan que se va elaborar. Este proceso debe ser rápido.

2.5.5 *Formado.* En esta etapa se procede al labrado de acuerdo a la forma establecida para cada tipo de pan. Es muy importante formar muy bien las piezas, pues si están mal confeccionadas se deformarán durante la cocción. Para llevar a cabo cualquier formado es imprescindible que la masa haya reposado, pues si posee liga no se pueden armar los panes.

Es otro proceso en el que se tiene que tener cuidado y por tanto no se debe durar más de 20 minutos para evitar que la masa desarrolle ya que variaría la calidad del pan. Cuando se trata de panes especiales con relleno, el formado es el momento en que se procede a rellenar la masa con manjar blanco, crema pastelera u otro relleno elegido.

2.5.6 *Fermentación.* El proceso fermentativo comienza desde el momento de la incorporación de la levadura en la masa, prolongándose hasta el instante en que se inicia la cocción de los panes.

Este proceso se realiza por efecto de la acción de la levadura en presencia de ciertas sustancias, ya presentes en el grano del trigo denominadas enzimas. Consiste en la transformación de los azúcares fermentecibles que al descomponerse producen gas carbónico y alcohol.

La temperatura recomendada en la cámara de fermentación debe ser 26-40°C y la humedad relativa de 80-85%, en estas condiciones se asegura un crecimiento adecuado y se evita la formación de "cáscara" en la superficie del pan.

La masa debe observarse mientras fermenta. Un método de comprobación es presionarla con los dedos, si la marca de la presión permanece, es que la masa ha fermentado lo suficiente.

2.5.7 *Barnizado, acabado o pintado.* Etapa que consiste en dar la presentación final al pan teniendo en cuenta el tipo de pan que se produce; para este fin se emplean insumos adicionales como huevo, ajonjolí, semillas de amapola, etc.

2.5.8 *Horneado del pan.* Es la última etapa del proceso panificador y es aquí donde el pan alcanza su máximo y último desarrollo. Las temperaturas de horneado oscilan entre 200 - 250° C y el tiempo entre 10-20 minutos, dependiendo del tipo de pan.

2.5.9 *Almacenamiento para su venta.* Es la etapa final del proceso que se ocupa de la adecuada manipulación del producto antes de llegar al consumidor final.

2.6 Máquinas panificadoras

Una máquina panificadora o de hacer pan es una máquina para elaborar pan en sus diversos tipos y características dentro de la industria panificadora.

2.6.1 *Análisis funcional de las maquinas panificadoras para elaboración de empanadas.*

2.6.1.1 *La masa se deposita en la laminadora.* La primera acción que se realiza en el proceso de laminación, es la colocación de la masa y enharinado de la misma, dicha acción es a cargo del operador. El operador pone a correr los rodillos por medio de una botonera de encendido y apagado. El operario empuja la masa y la hace pasar por dos rodillos laminadores que giran y se encuentran en el centro de la máquina, para regular su espaciamiento por medio de un eje excéntrico la cual va dando el espesor de laminación. Después de salir la masa de los rodillos es recibida por una bandeja de acero inoxidable.

Figura 3. Laminadora de masa



Fuente: (PAN CON PAN, 2003)

2.6.1.2 *La masa laminada pasa al corte de la arepa.* En ésta etapa la máquina cortadora de la arepa para la realización de la empanada recibe el producto amasado y laminado transporta hacia un rodillo diseñado con moldes específicos de acuerdo al tamaño de la empanada por medio de una cinta transportadora lista para moldear el cual en su giro realiza el corte de la arepa moldeada y ésta se apila para luego continuar con el proceso de elaboración de la empanada, los desperdicios se van por medio de una banda transportadora hacia un sitio donde se volverá a reciclar la masa.

Figura 4. Cortadora de discos para empanadas



Fuente: (ITALGI, 2013)

2.6.1.3 *Colocación del relleno de la empanada.* Luego de la realización de la arepa en la cortadora de disco apilamos en un sitio perfectamente higiénico, que podrá ser

una bandeja construido con acero inoxidable, por medio de una banda transportadora colocamos las arepas en la máquina elaboradora de empanadas, la cual tiene etapas una de estas es la colocación del relleno o condumio, esto se realiza por medio de un mecanismo que tiene como parte principal una tolva construida en acero inoxidable donde es colocado los diferentes rellenos para luego ser transportado hacia su boquilla y luego depositado en la arepa de empanada por medio de un mecanismo diseñado previamente.

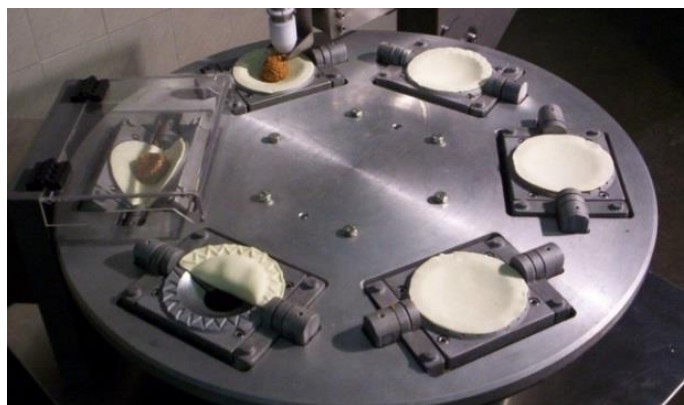
Figura 5. Armadora de relleno



Fuente: (TODO MÁQUINA, 2010)

2.6.1.4 *Elaboración de la empanada.* Luego de la colocación del relleno por medio de una mesa rotatoria que está sincronizada para desarrollar cada una de las etapas, se concluye en el último proceso de elaboración o cierre de la empanada por medio de moldes diseñados para dar el perfil y cierre a dicha empanada con un mecanismo de cierre que podría ser tipo bisagra.

Figura 6. Armadora cerradora de empanadas



Fuente: (TODO MÁQUINA, 2010)

2.6.2 Máquinas elaboradoras de empanadas manuales. Este tipo de máquinas posee moldes en acero inoxidable o plástico que van montadas en un sistema para realizar el cierre manualmente.

2.6.2.1 Máquina manual simple. Es una máquina con sistema manual que consiste en una matriz hecha en acero inoxidable el cual sierra manualmente para conformar la empanada previamente hecho la masa y cortado en forma de arepa no requiere personal calificado para su operación es ideal para bares, casas de comidas o para el hogar; el diámetro disponible es de 13cm y 14 cm la ventaja es que tiene un sellado perfecto y sirve para una producción baja de empanadas.

Figura 7. Elaboradora manual simple



Fuente: (IMPULSORA GASTRONÓMICA, 2014)

2.6.2.2 Máquina manual doble. Esta clase de máquina sirve para una producción baja y mediana, consta de dos moldes de empanada, consta de un sistema manual de conformado que obtiene 200 empanadas por hora para su operación, no es necesario personal calificado, sus moldes son tallados personalizados intercambiables con cuños.

Figura 8. Conformadora manual doble



Fuente: (IMPULSORA GASTRONÓMICA, 2014)

2.6.2.3 *Máquina manual triple.* Es una maquina con sistema manual que produce 250 empanadas por hora no necesita personal calificado para su operación tiene moldes intercambiables personalizados y sirve para una producción baja y mediana de empanadas.

Figura 9. Conformadora manual triple



Fuente: (IMPULSORA GASTRONÓMICA, 2014)

2.6.3 *Máquinas (semi industriales) automáticas para elaboración de empanadas.*

2.6.3.1 *Máquina semiautomática.* Este tipo de máquina tiene un sistema automático además es compacto su funcionamiento se basa en un proceso continuo de discos necesita tres operarios estos pueden ser no calificados tiene la facilidad de cambio de moldes rápidos consta además cuños identificadores de sabores con repulgue blindado.

Figura 10. Cerradora de empanadas compacta semiautomática



Fuente: (IMPULSORA GASTRONÓMICA, 2014)

2.6.3.2 Máquina automática compacta. Es una máquina ya industrial para producción dentro de la panificación tiene un sistema automático, su producción es alrededor de 1600 empanadas por hora necesita tres operarios consta de un proceso continuo con discos de masa puede colocarse moldes tallados personalmente, tiene cuños identificadores de sabores su repulgue blindado puede cambiarse rápidamente.

Figura 11. Cerradora de empanadas compacta automática



Fuente: (IMPULSORA GASTRONÓMICA, 2014)

2.6.3.3 Máquina de alta producción (5000 unidades x hr). Este tipo de máquina posee una capacidad de producción aproximadamente de 5000 unidades por hora dependiendo de las características del producto.

Proceso de elaboración:

- Calibración de la lámina de masa
- Corte longitudinal de la lámina de la masa
- Dosificación
- Conformación
- Estampado y corte
- Extracción del producto terminado

Figura 12. Máquina de alta producción



Fuente: (EMPAMEC, 2010)

2.6.3.4 Máquina de mediana producción (2000 unidades/h)

- Estos equipos funcionan a partir de una lámina de masa, por lo cual no es necesario cortar discos.
- Construidos en acero inoxidable, accionado con dos moto reductores y cuatro cilindros neumáticos.
- Los diseños de la ingeniería responden a normas internacionales.
- Cabezales cambiables para diferentes tamaños y formas de empanadas.
- Sistemas de tolvas para dosificar el relleno.
- Tablero de comandos con funciones manuales y automáticas controladas por PLC.
- Sistema de seguridad para el operador y la máquina.

Figura 13. Máquina de mediana producción



Fuente: (MAQUILAR, 2003)

2.7 El acero inoxidable en la industria alimenticia

Los materiales en contacto con alimentos no deben cambiar la calidad, el sabor y la apariencia de la comida y no deben liberar sustancias a los alimentos por lo que el más adecuado para esta industria es el acero inoxidable en sus diferentes tipos.

Figura 14. Productos y aplicaciones del acero inoxidable



Fuente: (CASADEMONT, 2011)

Los aceros inoxidables están entre los materiales más utilizados en contacto con alimentos, en la industria de alimentación y bebidas, en cocinas profesionales y en el hogar. Los tipos austeníticos (aleación de cromo y níquel) se utilizan para equipamiento industrial, baterías, vajillas y mobiliario de cocina. Los tipos martensíticos (aleación de cromo con alto contenido en carbono) se utilizan para las hojas de cuchillos. Los tipos ferríticos (aleaciones de cromo con bajo contenido en carbono) se encuentran en menaje de bajo coste y, cada vez más, en equipamiento de suministro de comidas y paneles de mobiliario.

2.8 Aceros inoxidables

Los aceros inoxidables ofrecen resistencia a la corrosión, una adecuada relación resistencia mecánica - peso, propiedades higiénicas, resistencia a temperaturas elevadas y criogénicas y valor a largo plazo. Son totalmente reciclables y amigables con el medio ambiente.

Los aceros inoxidable se seleccionan como materiales de ingeniería principalmente por su excelente resistencia a la corrosión en muchos medios. La resistencia a la corrosión del acero inoxidable se debe a su alto contenido en cromo. Para hacer un "acero inoxidable" sin oxidar, se debe asegurar la presencia al menos de un 12% de cromo (Cr) en el acero. De acuerdo con la teoría clásica, el cromo forma un óxido superficial que protege la subyacente aleación de hierro-cromo de la corrosión. (SMITH, 1998)

Un sistema de numeración de tres números se usa para identificar los aceros inoxidables. Los dos últimos números no tienen significado específico, pero el primero indica el grupo como sigue. (AVNER, 1988)

Tabla 1. Sistema de numeración para identificar los aceros inoxidables

| Designación de la serie | Grupos |
|--------------------------------|---|
| 2XX | Cromo-níquel-manganeso; no endurecibles, austeníticos, no magnéticos. |
| 3XX | Cromo-níquel; no endurecibles, austeníticos, no magnéticos. |
| 4XX | Cromo-carbono; endurecibles, martensíticos, magnéticos. |
| 4XX | Cromo; no endurecibles, ferríticos, magnéticos. |
| 5XX | Cromo; bajo cromo, resistentes al calor. |

Fuente: (AVNER, 1988 pág. 360)

2.8.1 Clasificación de los aceros inoxidables. Los aceros inoxidables no son indestructibles, sin embargo con una selección cuidadosa, sometiéndolos a procesos de transformación adecuados y realizando una limpieza periódica, algún integrante de la familia de los aceros inoxidables resistirá las condiciones corrosivas y de servicio más severas.

2.8.1.1 Serie 400 Aceros inoxidables martensíticos. Son la primera rama de los aceros inoxidables, llamados simplemente al Cromo y fueron los primeros desarrollados industrialmente (aplicados en cuchillería). Tienen un contenido de Carbono relativamente alto de 0.2 a 1.2% y de Cromo de 12 a 18%.

Los tipos más comunes son el AISI 410, 420 y 431.

Las propiedades básicas son: Elevada dureza (se puede incrementar por tratamiento térmico) y gran facilidad de maquinado, resistencia a la corrosión moderada. Principales aplicaciones: Ejes, flechas, instrumental quirúrgico y cuchillería.

2.8.1.2 Serie 400 Aceros inoxidables ferríticos. También se consideran simplemente al Cromo, su contenido varía de 12 a 18%, pero el contenido de Carbono es bajo <0.2%.

Los tipos más comunes son el AISI 430, 409 y 434. Las propiedades básicas son: Buena resistencia a la corrosión. La dureza no es muy alta y no pueden incrementarla por tratamiento térmico. Principales aplicaciones: Equipo y utensilios domésticos y en aplicaciones arquitectónicas y decorativas.

2.8.1.3 Serie 300 Aceros inoxidables austeníticos. Son los más utilizados por su amplia variedad de propiedades, se obtienen agregando Níquel a la aleación, por lo que la estructura cristalina del material se transforma en austenita y de aquí adquieren el nombre. El contenido de Cromo varía de 16 a 28%, el de Níquel de 3.5 a 22% y el de Molibdeno 1.5 a 6%.

Los tipos más comunes son el AISI 304, 304L, 316, 316L, 310 y 317

Las propiedades básicas son: Excelente resistencia a la corrosión, excelente factor de higiene - limpieza, fáciles de transformar, excelente soldabilidad, no se endurecen por tratamiento térmico, se pueden utilizar tanto a temperaturas criogénicas como a elevadas temperaturas. Principales aplicaciones: Utensilios y equipo para uso doméstico, hospitalario y en la industria alimentaria, tanques, tuberías, etc. (ACEROS INOXIDABLES, 2012)

- *Acero inoxidable 304 (UNS S30400).* (SUMITEC, 2010). Éste es el más versátil y uno de los más usados de los aceros inoxidables de la serie 300. Tiene excelentes propiedades para el conformado y el soldado. Se puede usar para aplicaciones de embutición profunda, de rolado y corte. Tiene buenas características para la soldadura, no requiere recosido tras la soldadura para que se desempeñe bien en una amplia gama de condiciones corrosivas.

La resistencia a la corrosión es excelente, excediendo al tipo 302 en una amplia variedad de ambientes corrosivos incluyendo productos de petróleo caliente o con vapores de combustión de gases. Tiene excelente resistencia a la corrosión en servicio intermitente hasta 870 °C y en servicio continuo hasta 925°C. No se recomienda para uso continuo entre 425 - 860°C pero se desempeña muy bien por debajo y por encima de ese rango.

Sus usos son muy variados, se destacan los equipos para procesamiento de alimentos, enfriadores de leche, intercambiadores de calor, contenedores de productos químicos, tanques para almacenamiento de vinos y cervezas, partes para extintores de fuego.

Tabla 2. Propiedades del acero inoxidable 304

| | |
|-----------------------|---|
| Propiedades Mecánicas | Resistencia a la fluencia 310 MPa (45 KSI) Resistencia máxima 620 MPa (90 KSI) Elongación 30 % (en 50mm) Reducción de área 40 % Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI) |
| Propiedades físicas | Densidad 7.8 g/cm ³ (0.28 lb/in ³) |
| Propiedades químicas | 0.08 % C mín 2.00 % Mn 1.00 % Si 18.0 – 20.0 % Cr 8.0 – 10.5 % Ni 0.045 % P 0.03 % S |
| Tratamientos térmicos | Este acero inoxidable no puede ser endurecido por tratamiento térmico. Para el recocido, caliente entre 1010 y 1120°C y enfríe rápidamente. |

Fuente: (SUMITEC, 2010)

2.9 Soldadura en aceros inoxidables

El acero inoxidable representa un material que se puede caracterizar como aleación de metal a base de hierro con menos del 12 % de cromo. Tiene una resistencia al óxido gracias a una capa protectora externa de óxido de cromo, pero el término acero

inoxidable no identifica un tipo de metal específico y no puede utilizarse para cualquier propósito. A continuación, una guía rápida de cómo soldar algunos tipos de aceros inoxidables:

2.9.1 *En Aceros inoxidables austeníticos.* Estos aceros son generalmente los más soldables porque tienen una baja conductividad térmica y un alto coeficiente de expansión comparados con los otros aceros inoxidables. Estas propiedades generan una gran distorsión del material cuando soldamos y requieren estrategias específicas, incluyendo un metal base con bajo contenido de carbón, un metal base con titanio o niobium o una solución de tratamiento térmico.

2.9.2 *Aceros inoxidables ferríticos.* Se identifican los aceros inoxidables ferríticos por su ferromagnetismo y la incapacidad para ser endurecido por el calor. Estos aceros inoxidables son soldados con material austenítico o ferrítico y por medio de soldadura de arco. El tratamiento de calor puede ser necesario después de soldarse.

2.9.3 *Acero inoxidable DUPLEX.* Los aceros inoxidables que contienen una mezcla de austeníticos y ferríticos se denominan aceros duplex. Los factores más importantes al momento de soldar estos tipos de aceros son limitar el tiempo (demorar lo menos posible) y limitar también la temperatura entre los 300 y 980°C con el fin de evitar la pérdida de propiedades de estos materiales.

2.9.4 *Aceros martensíticos.* Los aceros martensíticos se caracterizan por su magnetismo y por su capacidad de ser totalmente endurecido por calor. Estos aceros no son fácilmente soldables. Los mejores resultados se pueden lograr con metales con bajo contenido de carbón y un tratamiento térmico antes y después de la soldadura.

2.9.5 *Aceros inoxidables endurecibles.* Los aceros inoxidables endurecibles se sueldan fácilmente si se realiza el tratamiento térmico adecuado. (MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS, 2012)

2.10 Electrodo para soldadura de aceros inoxidables

La industria manufacturera ha desarrollado diversos tipos de electrodos, los mismos que en la mayoría de los casos producen depósitos de soldadura de composición química muy similar a la del metal base.

Tabla 3. Materiales de aporte sugeridos para la soldadura del acero inoxidable

| Metal de base | Electrodo recubierto AWS o nombre común | Electrodo desnudo y varilla – AWS o nombre común |
|---|---|--|
| AISI (UNS) | AWS A5.4 (UNS) | AWS A 5.9 (UNS) |
| 304 (S30400) | E 308 ⁽¹⁾ (W30810) | ER 308 ⁽¹⁾ (S30880) |
| 304L (S30403) | E 308L (W30813) | ER 308L (S30883) |
| 309 (S30900) | E 309 ⁽¹⁾ (W30910) | ER 309 ⁽¹⁾ (S30980) |
| 310 (S31000) | E 310 (W31010) | ER 310 (S31080) |
| 316 (S31600) | E 316 ⁽¹⁾ (W31610) | ER 316 ⁽¹⁾ (S31680) |
| 316L (S31603) | E 316L (W31613) | ER 316L (S31683) |
| 317 (S31700) | E 317 ⁽¹⁾ (S31780) | ER 317 ⁽¹⁾ (S31780) |
| 317L (S31703) | E 317L (W31713) | ER 317L (S31783) |
| 317 LM (S32100) | E 347 (W34710) | ER 321 (S52180) |
| 347 (S34700) | E347 (W34710) | ER 447 (S44780) |
| Aleación 904L (N08904) | (3) | (3) |
| Aleación 254 SMO ⁽²⁾ (S31254) | (3) | (3) |
| AL-6XN ⁽²⁾ (N08367) | (3) | (3) |
| 1925hMo ⁽²⁾ | (3) | (3) |
| 25-6 Mo ⁽²⁾ | (3) | (3) |
| 20 MO-6 ⁽²⁾ (N08026) | (3) | (3) |
| 20Cb-3 ⁽²⁾ (N08020) | E 320LR (W88022) | ER 320LR (N08022) |
| Fundiciones | | |
| TIPO ACI (UNS) | AWS A 5.4 (UNS) | AWS A5.9 (UNS) |
| CF-8 (J92600) | E 308 ⁽¹⁾ (W30810) | ER 308 ⁽¹⁾ (S30880) |
| CF-3 (J92500) | E 308L (W30813) | ER 308L (S30883) |
| CF-08M (J92900) | E 316 ⁽¹⁾ (W31610) | ER 316 ⁽¹⁾ (S31683) |
| CF-3M (J92800) | E 316L (W31613) | ER (S31683) |
| CK-3Mcu (S32154) | (3) | (3) |
| CA-6NM (J91540) | E 410 NiMo (W41016) | ER 410 NiMo (S41086) |
| Notas: | | |
| ⁽¹⁾ La "L" o grado de bajo carbono estabilizado se usa siempre para una construcción soldada, excepto en algunas pocas instancias donde es más importante una dureza un poco mayor que una mejor resistencia a la corrosión. | | |
| ⁽²⁾ Nombre comercial | | |
| ⁽³⁾ Para soldar estos aceros inoxidables se usa normalmente un metal de aporte con 9% o más de molibdeno, tales como los dos listados abajo | | |

Fuente: (CONDICIONES PARA TRABAJAR EN ACERO INOXIDABLE, 2010 pág. 22)

En los electrodos de acero inoxidable se controla rigurosamente el contenido de carbono debido a que este elemento contribuye a la transformación martensítica del acero y por consiguiente puede ser una causa de agrietamiento en caliente.

La designación de los electrodos de acero inoxidable es muy similar a la designación del acero inoxidable. Se producen electrodos de las series 300, 400 y 500, con los cuales se pueden soldar casi todos los tipos de acero inoxidable. Los aceros inoxidables de la serie del 200 se pueden soldar con electrodos del tipo 300 con resultados altamente satisfactorios. (IMPULSORA GASTRONÓMICA, 2014 págs. 43-44).

CAPÍTULO III

3. ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO

3.1 Planteamiento del problema

Problematización: Origen y descripción del problema

La industria de comida rápida está en constante proceso de innovación con una amplia gama de productos apetecibles por niños, jóvenes, adultos y ancianos, esto podemos relacionarlo con la variedad de alternativas que se presentan hoy en día en el mercado. Dentro de este mercado, nos interesa conocer el segmento de empanadas donde desarrollaremos un minucioso análisis.

Una gran dosis de intuición y buen gusto, junto a la precisión en medidas y calidad, se requerirá para que la combinación de estos elementos permita alcanzar los objetivos en nuestra máquina, y como todo arte se encamina a un propósito: deleitar, educar, elevar el espíritu de nuestros consumidores. En el mercado riobambeño no existe una máquina para la elaboración de empanadas, debido a la falta de inversión y desconocimiento de esta máquina que ayudará a optimizar el producto, para así satisfacer las necesidades de nuestros clientes. Al crear una máquina de empanadas buscamos satisfacer y explotar este nicho de mercado, ofreciendo nuestro producto elaborado con altos estándares de calidad y con las mejores materias primas del mercado a menor precio, lo cual le garantizará al cliente seguridad y satisfacción teniendo siempre en cuenta sus gustos y preferencias para llegar a cubrir las expectativas del consumidor.

3.2 Determinación de parámetros de diseño

3.2.1 Estudio de campo. El estudio de campo permite tener una idea de cómo dimensionar la máquina elaboradora de empanadas en su totalidad y en especial los moldes para nuestros requerimientos y los requerimientos de un mercado competente, los moldes es lo esencial en la máquina, se determinará en base a un estudio minucioso del tamaño más adecuado y que sea comercial de las empanadas, esto implica los tres tamaños requeridos, que son grande, mediano y pequeño.

3.2.2 Parámetros de diseño. Para determinar los parámetros de diseño se parte de la demanda de empanadas que se realiza en las diferentes microempresas panificadoras y del consumo diario de los clientes de acuerdo a sus necesidades.

Para esto se requiere recurrir a diferentes microempresas panificadoras con el fin de obtener un resultado adecuado de cuantas empanadas se elaboran diariamente, cuantas se venden, de qué tipo de acuerdo al tamaño se elaboran, y que tipo de relleno o condumio utilizan, esto se lo realizó en cada microempresa y panadería de mediana producción.

Tabla 4. Microempresas panificadoras

| Microempresa panificadora | N° de empanadas que se hace diariamente | N° de empanadas que se vende diariamente |
|----------------------------------|--|---|
| Panadería Santa Faz | 936 | 896 |
| Panadería y Pastelería Alondra | 1060 | 1025 |
| Panadería Artesanal | 250 | 230 |
| Panadería Quito | 900 | 900 |
| Panadería Niño Alexander | 600 | 600 |
| Panadería Pastipan | 100 | 100 |
| Promedio total | 641 | 625 |

Fuente: Autor

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla adjunta se obtiene un promedio global de 641 empanadas que se elaboran, y 625 empanadas que se venden diariamente, a esto se adjunta un factor muy importante, tiempo en el que cada persona se demora en elaborar una empanada y tiempo en el que necesita para hacer pan de otro, esto se lo realiza diariamente en las microempresas panificadoras que es muy importante para el diseño de la máquina elaboradora de empanadas.

3.2.3 Parámetros funcionales. Un adecuado diseño debe satisfacer los requerimientos funcionales, es decir, la máquina elaboradora de empanadas deben cumplir la función para la cual es diseñada tomando en cuenta algunas restricciones y limitaciones.

Entre los principales requerimientos funcionales se tiene:

- La máquina debe elaborar las empanadas de forma continua hasta obtener la producción que se requiere.
- La máquina debe trabajar sin cambio alguno ya sea cuando esté trabajando en vacío o a plena carga.
- Dado que la empanada es un alimento y la masa está en contacto directo, los materiales que se seleccionen deben cumplir con normas estrictamente establecidas para alimentos.
- La máquina elaboradora de empanadas debe ser de fácil operación, montaje y desmontaje, tales como: los moldes, el dosificador, las cajas que contengan los moldes, la mesa principal y que el mantenimiento de las partes pueda realizarse con comodidad y rapidez.

3.2.3.1 Restricciones y limitaciones. Se debe tener en cuenta que el diseño debe cumplir las mejores expectativas y condiciones de funcionamiento y operabilidad, adaptándose así a toda condición ambiental y física, por lo que se consideran varias restricciones y limitaciones que se tomará en cuenta debido a la necesidad de los requerimientos de la microempresa promotora.

- La capacidad mínima de producción debe ser de 641 empanadas/hora.
- El diseño de cada parte que conforma la máquina deberá ser diseñada y construida con materiales o materia prima existente en nuestro país.
- El motor de la máquina seleccionado debe ser eléctrico, 110V, 220V.
- Las dimensiones de la máquina no deben excederse ya que en el espacio físico donde estará operando habrá otras máquinas que se utiliza en el proceso de la panificación.

3.2.3.2 Ambiente de trabajo. El ambiente de trabajo es un espacio físico en donde la máquina elaboradora de empanadas va a estar en reposo o en funcionamiento. Un factor muy importante que se debe tener en cuenta es la temperatura y humedad ya

que la máquina estará operando en un ambiente en donde la temperatura será considerablemente mayor a lo normal.

3.3 Determinación de las especificaciones de la máquina.

La máquina debe cumplir con todas las especificaciones y requerimientos, para así satisfacer las necesidades del auspiciante.

3.3.1 Matriz QFD (Quality function deployment). La matriz QFD o casa de la calidad permite sistematizar lo que el auspiciante o usuario quiere hasta llegar a definir las características de calidad, su objetivo es la obtención de una calidad de diseño traduciendo las necesidades del usuario en características de calidad. (RIVA, 2002 pág. 177).

Para la elaboración de la matriz QFD se requiere, conocer la voz del cliente, en el cual se da a conocer las características y requerimientos del producto, estos criterios son traducidos por el diseñador, e interpretadas técnicamente. Y finalmente se evalúan los criterios técnicos para así determinar los que tienen mayor influencia en el diseño. (RIVA, 2002 pág. 177).

3.3.1.1 Voz del usuario. De acuerdo a los requerimientos del usuario la máquina debe presentar las siguientes características.

- Conformado adecuado
- Fácil operación
- Alimentación manual
- Funcionamiento con energía eléctrica
- Diseño totalmente mecánico
- Control de movimiento y detenimiento
- Rapidez de conformado
- Tres tipos de empanadas
- Funcionamiento silencioso
- Facilidad de desmontaje para limpieza
- Período de mantenimiento mínimo
- Materiales de la máquina según la norma para alimentos
- Altura de trabajo adecuada

- Que el número de operarios sea el mínimo

3.3.1.2 *Voz del diseñador.* Una vez adquirido y analizado los requerimientos del usuario se los menciona técnicamente dando sus características.

- Fuerza de sellado para la empanada
- Ergonomía
- Tiempo de puesta en funcionamiento
- Suministro de energía 110V
- Accionamiento con mecanismos mecánicos
- Mecanismo intermitente
- 600 empanadas/hora
- Diversidad de producción
- Nivel de ruido
- Períodos de mantenimiento
- Confiabilidad 90%
- Acero inoxidable 304
- Dimensiones
- Automatización mecánica

3.3.1.3 *Resultados de la matriz QFD.* En la tabla 5 se muestra la matriz QFD, elaborada según el procedimiento propuesto por Carles Riba.

En la columna A se evalúa el desempeño del actual producto en la empresa, se califica con 1 en todos los parámetros ya que no se cuenta con ningún producto, máquina o prototipo previamente elaborado.

En las columnas B y C se evalúa el producto de otras empresas que diseñan y construyen máquina elaboradoras de empanadas con los mismos parámetros de funcionalidad.

No se realizó modificaciones con respecto al modelo, el método utilizado para el proyecto dio resultados acordes al modelo planteado.

Tabla 5. Desarrollo de la matriz QFD

| VOZ DEL USUARIO | VOZ DEL INGENIERO | | | | | | | | | | | COMPROMISOS | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-------------------|-----------|------------------------------------|-----------------------|------------------------------|------------------------|----------------|--------------------------|----------------|---------------------------|---------------|-------------|-------------|-------------------------|----|-----|---|---|---|---|---|-----|-----|
| | Fuerza de sellado | Ergonomía | Tiempo de puesta en Funcionamiento | Suministro de energía | Accionamiento con mecanismos | Mecanismo intermitente | Empanadas/hora | Diversidad de producción | nivel de ruido | Periodos de mantenimiento | Confiabilidad | Materiales | Dimensiones | Automatización mecánica | A | B | C | D | E | F | G | H | I |
| Conformado adecuado | B | ⊙ | | | | | | | | | | | | | 1 | 4 | 3 | 3 | 3 | ● | 4 | 14 | 18 |
| Fácil operación | O | ⊙ | ▽ | | | | | | | | | | | | 1 | 4 | 5 | 3 | 3 | ● | 2 | 7,2 | 8,8 |
| Alimentación manual | O | | ⊙ | | | | | | | | | | | | 1 | 3 | 4 | 2 | 2 | ● | 4 | 8 | 9,8 |
| Funcionamiento con energía eléctrica | B | | ⊙ | | | | | | | | | | | | 1 | 4 | 4 | 3 | 3 | ● | 4 | 12 | 15 |
| Diseño totalmente mecánico | B | ○ | ▽ | | | | | | | | | | | | 1 | 4 | 2 | 4 | 4 | ● | 4 | 24 | 29 |
| Control de movimiento y detentamiento | O | ▽ | ○ | | | | | | | | | | | | 1 | 4 | 2 | 4 | 4 | ● | 4 | 16 | 20 |
| Rapidez de conformado | B | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | 1 | 4 | 2 | 4 | 4 | ● | 4 | 24 | 29 |
| Tres tipos de empanadas | O | ⊙ | | | | | | | | | | | | | 1 | 4 | 3 | 4 | 4 | ● | 3 | 18 | 22 |
| Funcionamiento silencioso | B | ▽ | | | | | | | | | | | | | 1 | 3 | 4 | 2 | 2 | ● | 2 | 4 | 4,9 |
| Facilidad de desmontaje | E | | ○ | | | | | | | | | | | | 1 | 2 | 4 | 3 | 3 | ● | 3 | 11 | 13 |
| Periodo de mantenimiento mínimo | B | | | | | | | | | | | | | | 1 | 3 | 3 | 4 | 4 | ● | 2 | 9,6 | 12 |
| Materiales de la máquina según norma | B | | | | | | | | | | | | | | 1 | 4 | 3 | 4 | 4 | ● | 4 | 24 | 29 |
| Altura de trabajo adecuada | O | | | | | | | | | | | | | | 1 | 3 | 2 | 3 | 3 | ● | 2 | 6 | 7,4 |
| Número de operarios mínimo | B | | | | | | | | | | | | | | 1 | 4 | 3 | 4 | 4 | ● | 4 | 24 | 29 |
| | | | | | | | | | | | | | | | 82 | 100 | | | | | | | |

| Factor de Incidencia | Fuente=9 | Medio=3 | Bajo=1 |
|----------------------|----------|---------|--------|
| Factor de Incidencia | ● | ○ | ▽ |

| Factor de Venta | Fuente=1,5 | Possible=1,2 | Ningún=1 |
|-----------------|------------|--------------|----------|
| Factor de Venta | ● | ○ | ▽ |

| VALORES DE REFERENCIA | Propia empresa | Competencia 1 | Competencia 2 | Incidencia | Incidencia en % |
|--------------------------|----------------|---------------|---------------|------------|-----------------|
| Fuerza de Sellado 15 Kgf | 1 | 3 | 4 | 407,6 | 10,154 |
| Componentes de control | 1 | 3 | 4 | 181,2 | 4,5142 |
| 10 segundos | 1 | 2 | 4 | 307,2 | 7,6532 |
| 110 V | 1 | 4 | 4 | 108 | 2,6906 |
| Alto | 1 | 4 | 4 | 429,2 | 10,693 |
| 6 entradas | 1 | 3 | 3 | 169,6 | 4,2252 |
| 600/h mínimo | 1 | 3 | 3 | 607,6 | 15,137 |
| 3 tamaños | 1 | 2 | 3 | 313,2 | 7,8027 |
| 60 dB | 1 | 2 | 3 | 96 | 2,3916 |
| 1/día | 1 | 4 | 4 | 174 | 4,3348 |
| 90% de Confiabilidad | 1 | 3 | 4 | 403,6 | 10,055 |
| Acero inoxidable 304 | 1 | 2 | 3 | 342 | 8,5202 |
| 2/día | 1 | 3 | 3 | 168 | 4,1854 |
| Una persona | 1 | 3 | 3 | 306,8 | 7,6432 |
| | | | | | 100 |

| ANÁLISIS DE LA COMPETENCIA | Propia empresa | Competencia 1 | Competencia 2 | Objetivos | Índice de mejora | Factor de venta | Importancia | Ponderación | Ponderación en % |
|----------------------------|----------------|---------------|---------------|-----------|------------------|-----------------|-------------|-------------|------------------|
| | 1 | 4 | 3 | 3 | 3 | ● | 4 | 14 | 18 |
| | 1 | 4 | 5 | 3 | 3 | ● | 2 | 7,2 | 8,8 |
| | 1 | 3 | 4 | 2 | 2 | ● | 4 | 8 | 9,8 |
| | 1 | 4 | 4 | 3 | 3 | ● | 4 | 12 | 15 |
| | 1 | 4 | 2 | 4 | 4 | ● | 4 | 24 | 29 |
| | 1 | 4 | 2 | 4 | 4 | ● | 4 | 16 | 20 |
| | 1 | 4 | 2 | 4 | 4 | ● | 4 | 24 | 29 |
| | 1 | 4 | 3 | 4 | 4 | ● | 3 | 18 | 22 |
| | 1 | 3 | 4 | 2 | 2 | ● | 2 | 4 | 4,9 |
| | 1 | 2 | 4 | 3 | 3 | ● | 3 | 11 | 13 |
| | 1 | 3 | 3 | 4 | 4 | ● | 2 | 9,6 | 12 |
| | 1 | 4 | 3 | 4 | 4 | ● | 4 | 24 | 29 |
| | 1 | 3 | 2 | 3 | 3 | ● | 2 | 6 | 7,4 |
| | 1 | 4 | 3 | 4 | 4 | ● | 4 | 24 | 29 |

Fuente: Autor

El índice de mejora se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{Índice de mejora} = \frac{\text{Objetivos}}{\text{Propia empresa}} \quad (1)$$

La ponderación se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{Ponderación} = \text{índice de mejora} * \text{factor de venta} * \text{Importancia} \quad (2)$$

3.3.1.4 Conclusiones de la matriz QFD. Realizado el desarrollo en la matriz QFD se obtienen los requerimientos más relevantes que satisfacen en mayor medida la demanda del auspiciante los cuales son:

- *Empanadas/hora.* La máquina debe trabajar con una producción mínima de 600 empanadas/hora de acuerdo a la aprobación y promedio de producción de las microempresas panificadoras.
- *Accionamiento con mecanismos mecánicos (Nivel de automatización).* La máquina en su totalidad para su funcionamiento debe ser mecánica, no debe utilizarse sistemas neumáticos, por lo cual es un requerimiento del auspiciante.
- *Fuerza de sellado.* Las empanadas deben quedar con buen sellado y forma adecuada.
- *Confiabilidad.*
- *Materiales.* Se utilizara materiales que cumplan con las normas de manejo para alimentos.
- *Tiempo de puesta en marcha.*
- *Operarios.* El grado de automatización es considerablemente alto, necesita de un solo operario.

De acuerdo al análisis, el requerimiento técnico más importante es el de número de empanadas que se produce por cada hora.

Esto determina la capacidad de la máquina.

3.3.2 Especificaciones técnicas. El desarrollo de la matriz QFD permite obtener las especificaciones técnicas de la máquina. En la tabla 6 se indica las especificaciones.

Tabla 6. Especificaciones técnicas de la máquina elaboradora de empanadas

| Empresa cliente: Auspiciante | | Producto: Máquina elaboradora de empanadas | | Fecha inicial: 2014-11-10 |
|--|-------|--|-----|--|
| Diseñadores: Tirira Patricio Cunalata Franklin | | | | Última versión: 2014-11-19 |
| Página 1. | | | | |
| Especificaciones | | | | |
| Concepto | Fecha | Propone | R/D | Descripción |
| Función | | D | R | Velocidad de giro de la mesa 2 rpm. |
| Diseño | | C | R | Mecanismos |
| Materiales | | C | R | Acero inoxidable 304 |
| Construcción y montaje | | D | R | 600 empanadas/hora |
| | | C | R | Diversidad de producción, 3 tamaños diferente, grande, mediano y pequeño |
| | | D | D | Tiempo de puesta en marcha 10 s. |
| Vida útil y mantenimiento | | D | D | La máquina debe tener una confiabilidad del 90%. |
| | | D | R | Fácil mantenimiento, uno por día |
| Energía | | C | R | Energía eléctrica de 110V. |
| Dimensiones | | C | R | Altura máxima de la mesa de alimentación debe ser 1.10 metros, la altura máxima de la caja de control debe 1.50 metros, la altura máxima del tanque dosificador debe ser 1.70 metros |
| Seguridad y ergonomía | | C | R | El nivel de ruido debe ser de 60 dB. |
| | | D | R | Ubicación de los componentes de control. |
| Propone: M = Marketing, C= Cliente, D = Diseño, P = Producción, F = Fabricación. R/D: R = Requerimiento; D = Deseo, MR = Modificación de Requerimiento. | | | | |

Fuente: Autor

3.4 Análisis funcional

El análisis funcional cumple un propósito, el cual es separar la acción que se efectúa del componente o mecanismo, buscando nuevas soluciones. El objetivo del análisis funcional es tener mejores productos con estándares de calidad a un menor precio.

El análisis funcional permite desarrollar dos funciones, primarias y secundarias. Las funciones primarias se identifican por la cual el cliente adquiere el producto que en

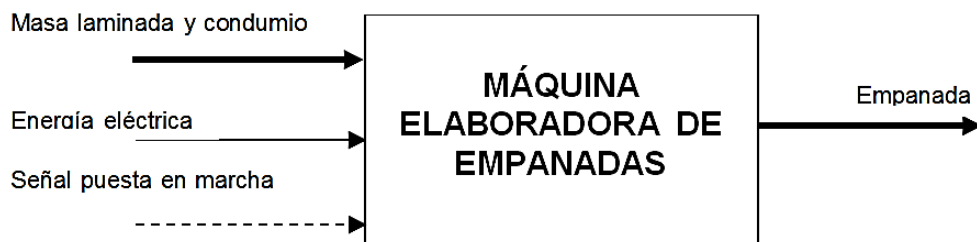
este caso es la microempresa panificadora, mientras que las funciones secundarias son aquellas que permiten que las funciones primarias se realicen adecuadamente.

Una vez establecido el respectivo proceso determinando sus funciones primarias como secundarias, se realiza la descomposición funcional del producto mediante diagramas de flujo indicando la función en cada recuadro, cada recuadro puede tener tres tipos de entradas y salidas: materia, energía y control, estas entradas estarán presentes de acuerdo a la función que se requiera en la máquina.

Cada diagrama de flujo presenta o se le asigna diferentes niveles empezando desde 0 hasta un nivel que se estime conveniente, teniendo así 0 para funciones primarias y 1 para las funciones secundarias. Es conveniente desarrollar hasta un nivel 2, ya que, en este caso, un despliegue mayor conduciría a establecer determinadas soluciones.

El diagrama funcional de nivel 1 para la máquina elaboradora de empanadas se muestra en la figura 15.

Figura 15. Función primaria de la máquina

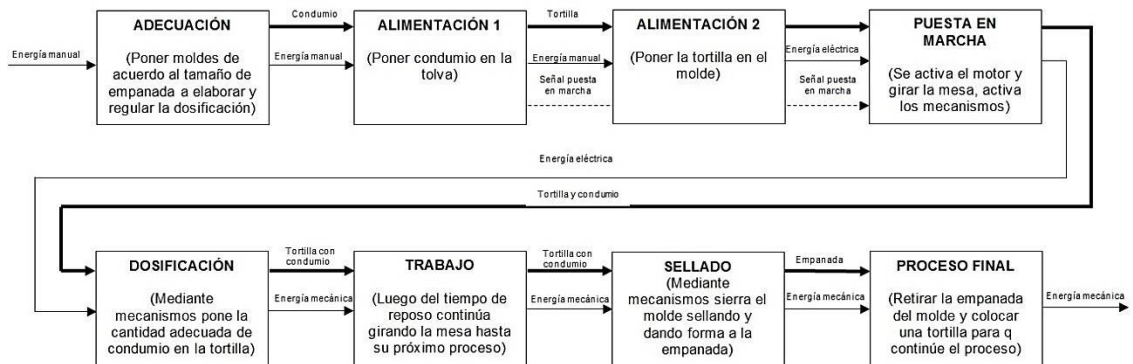


Fuente: Autor

En el análisis funcional de primer nivel las señales que se integran son: Masa laminada y condumio que corresponde a materia, energía eléctrica que corresponde a energía y la señal de control que corresponde a puesta en marcha.

En el nivel 2 las acciones implícitas que en el nivel 1 no se especifican se desglosan ya que son importantes para el funcionamiento de la máquina.

Figura 16. Diagrama de funciones secundarias de la máquina

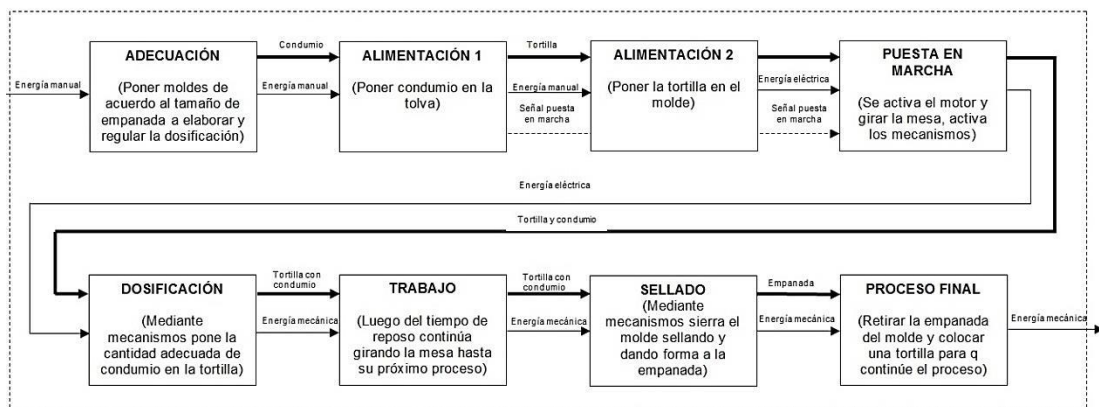


Fuente: Autor

3.4.1 Definición de módulos. Módulos consiste en dividir el producto en varios bloques funcionales. Tomar en cuenta los módulos en el diseño de productos ayuda significativamente a reducir los aspectos como: costos y mantenimiento, dando facilidad a la producción.

En la figura 17 se muestra la estructura modular.

Figura 17. Estructura modular



Fuente: Autor

3.4.2 Solución para el módulo. El módulo cumple con las siguientes funciones:

- Adecuación
- Alimentación 1
- Alimentación 2
- Puesta en marcha

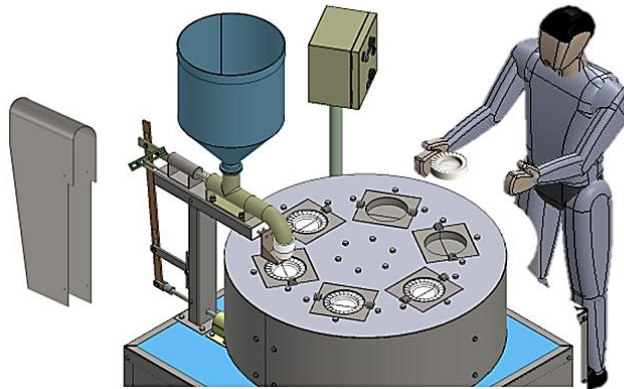
- Dosificación
- Trabajo
- Sellado
- Proceso final

Para cada función del módulo se propone soluciones para encontrar la alternativa más adecuada.

3.4.2.1 Adecuación. La máquina elaboradora de empanadas está diseñada para una producción con tres tipos de moldes, En esta función el operario cambia el molde de acuerdo al tamaño a elaborar y regula la dosificación en función del molde a seleccionar.

- *Ventajas.* Facilidad al cambiar cada molde, tan solo lleva un perno de sujeción en la porta moldes.
- *Desventaja.* Para regular la dosificación de acuerdo al molde, hay que quitar la cubierta.

Figura 18. Cambio de moldes y regulación del dosificador



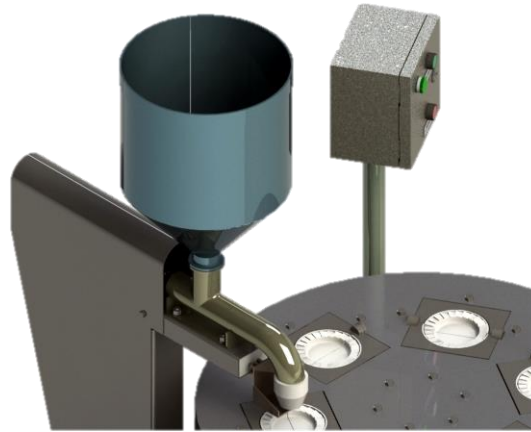
Fuente: Autor

3.4.2.2 Alimentación 1. Consiste en acumular el condumio de forma manual en la tolva, para luego poner en marcha la máquina y que se realice la dosificación.

Tolva cilíndrica. Se realiza un proceso constructivo rápido mediante la unión de dos desarrollos, permitiendo uniformidad en la superficie y facilidad al soldar, dándole una

geometría adecuada. La parte cónica permite deslizarse con gran facilidad al condumio sin la necesidad de utilizar un motor o equipo de empuje.

Figura 19. Tolva cilíndrica con base cónica

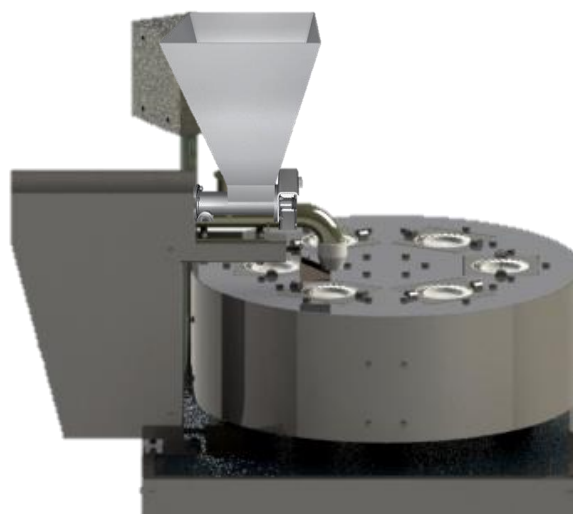


Fuente. Autor

- *Ventaja.* Fácil montaje en el sistema dosificador ya que el sistema de empuje es mediante pistón y consecuentemente el ducto que se acopla a la tolva es cilíndrico. Los costos por soldadura son bajos.

Tolva cuadrada. Su geometría presenta una mayor complejidad en el desarrollo, se incrementa el costo de construcción por el aumento de las partes a soldar al unir las 4 caras, obteniéndose así la forma de la tolva, el proceso de montaje al ducto conductor se dificulta ya que se necesita acoplarle una parte cilíndrica.

Figura 20. Tolva cuadrada



Fuente: Autor

3.4.2.3 Alimentación 2. La alimentación con la masa laminada y en forma de discos o tortillas, se la puede realizar de forma manual o automática.

Alimentación automática. Garantizaría un proceso continuo, la alimentación sería por medio de una banda transportadora, se tendría que incorporar una máquina que realice un proceso de laminación y corte de discos. Las dos máquinas de laminación y corte forman parte de un solo conjunto, teniendo así una sola maquina automática que realiza todo el proceso.

- *Desventaja.* Costos de diseño y construcción principalmente elevados

Figura 21. Alimentación 2 forma automática

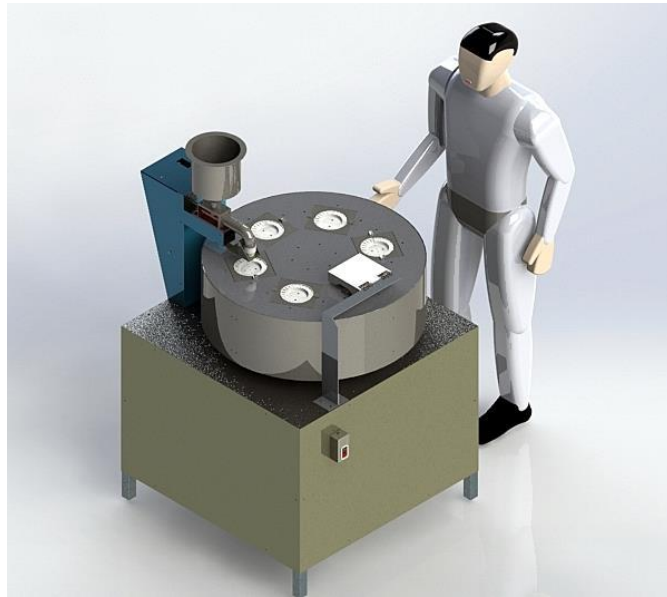


Fuente: (TODO MÁQUINA, 2010)

Alimentación manual. Consiste en ir colocando manualmente por parte del operario la tortilla en el molde en el tiempo que la máquina se detiene para accionar sus mecanismos de sellado y dosificado, tiempo que es utilizado por el operario para retirar la empanada ya elaborada.

- *Ventaja.* La mesa giratoria se encuentra a una altura adecuada, para que el operario coloque la tortilla fácilmente y no realice esfuerzos indebidos o tienda a cansarse.
- *Desventaja.* Alimentación manual un operario.

Figura 22. Alimentación 2 forma manual.



Fuente: Autor

3.4.2.4 Puesta en marcha. Se refiere al tipo de sistema motriz incorporado en la máquina, el mismo que se encarga de accionar sus mecanismos y sistemas neumáticos.

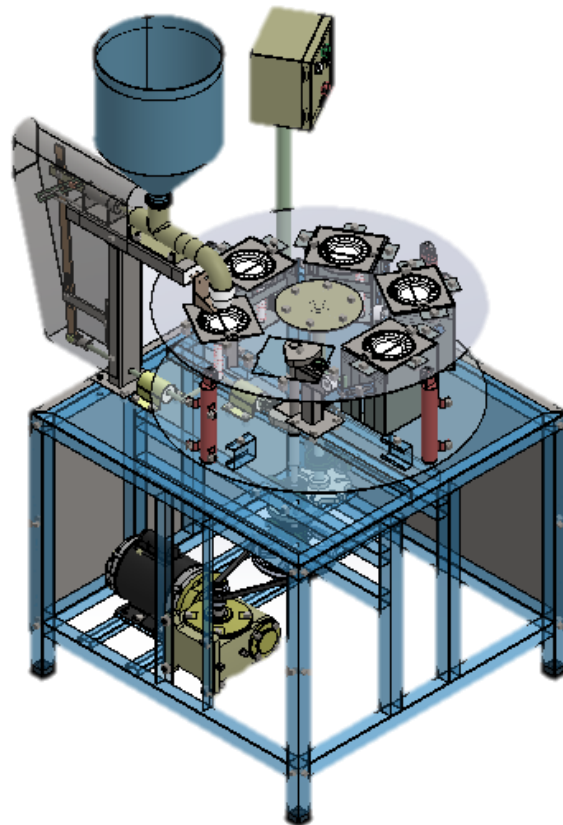
Sistema motriz vertical mecánico. Este sistema está compuesto por dos ejes en paralelo, el cual van acoplados elementos como: cruz de malta, disco de accionamiento, polea, levas y un eje en el cual se montara la mesa con todos sus elementos para el elaborado de las empanadas.

Ventajas.

- La posición vertical permite tener y realizar el diseño para que la mesa sea giratoria con seis puestos, lo que permite una mayor producción de empanadas en corto tiempo y con una inversión baja para su construcción.
- Montaje y desmontaje fácil de realizar.
- Costos por mantenimiento o periodos de mantenimiento bajos.

Desventajas. La utilización de ejes y todos sus mecanismos mecánicos hace que la máquina tenga un mayor peso.

Figura 23. Puesta en marcha con sistema motriz mecánico



Fuente: Autor

Sistema motriz vertical con accionamiento neumático. Este sistema lleva el mismo principio del sistema mecánico con su eje principal para hacer girar la mesa, pero sus elementos para el accionamiento son neumáticos.

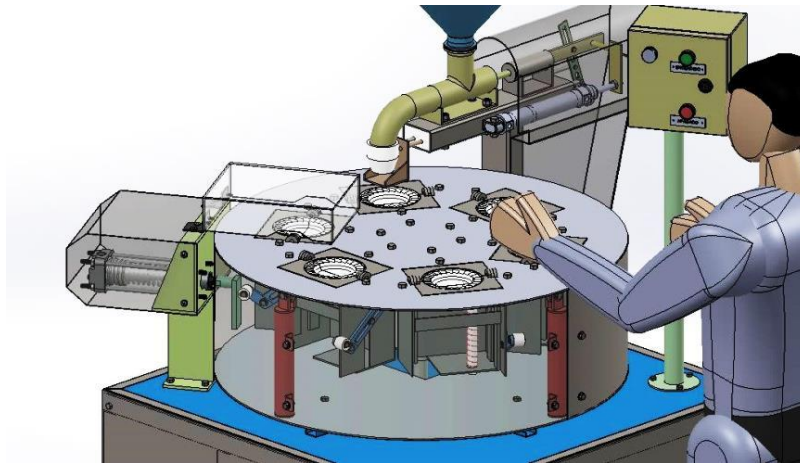
Ventajas.

- Menor peso de la máquina.

Desventajas.

- Mayor aumento en los costos por sus elementos neumáticos y necesita una instalación de una línea neumática mediante un compresor.
- Ruido por sistema neumático.
- Incremento en los periodos de mantenimiento, los sistemas neumáticos necesitan de un periodo de mantenimiento más continuo.

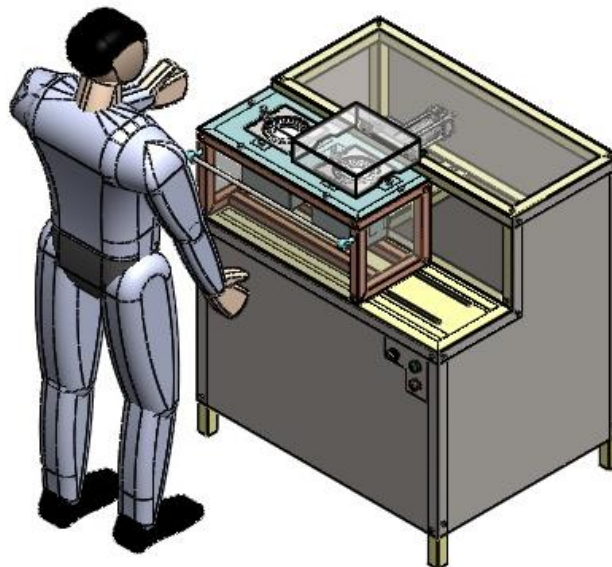
Figura 24. Sistema matriz vertical con accionamiento neumático



Fuente: Autor

Sistema horizontal semiautomático. Este sistema está dispuesto en forma lineal, su eje de accionamiento es horizontal mediante un sistema neumático, para desplazar la mesa tiene que hacerlo el operario conjuntamente con la dosificación de condumio que desee poner, su ventaja es ser liviana y su desventaja es reducción en el proceso producción ya que es más lento, ruido por su sistema neumático, el operario tiene que trabajar más.

Figura 25. Sistema horizontal semiautomático



Fuente: Autor

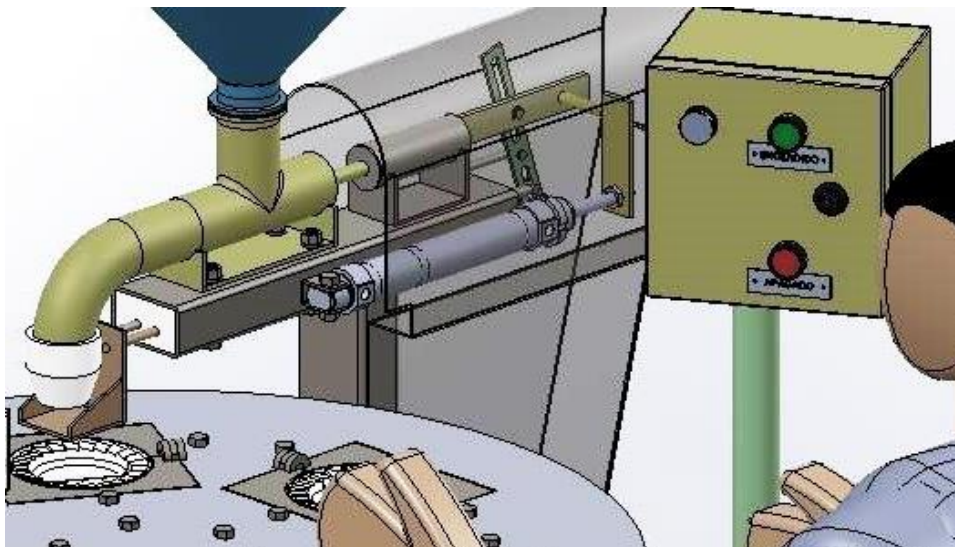
3.4.2.5 Dosificación. Es la cantidad adecuada de condumio que se pone en la tortilla antes de ser sellada, la dosificación se la puede realizar mediante mecanismos de

accionamiento, con cilindros neumáticos o mediante el acoplamiento de un moto reductor.

Dosificación automática. Se realiza el proceso mediante el accionamiento de un cilindro neumático que puede ser accionado por finales de carrera o un circuito de control Plc, el cilindro a su vez empuja un pistón dosificando la cantidad requerida de condumio.

- *Ventaja.* Para regular la dosificación según el molde a utilizar sería más sencillo.
- *Desventaja.* La desventaja de integrar un sistema con accionamiento neumático es los costos que se tendría al implementarlo.

Figura 26. Dosificación automática



Fuente: autor

Dosificación semiautomática. La dosificación se realiza mediante la utilización de un moto reductor acoplado a un sistema biela manivela.

- *Ventaja.* El acople de un moto reductor simplificaría la utilización de mecanismos o compresor para los cilindros neumáticos, facilidad en el montaje.
- *Desventaja.* Alto costo. Complejidad al regular la dosificación para empanadas de diferente tamaño, mayor grado de dificultad al sincronizar con el motor principal de la máquina.

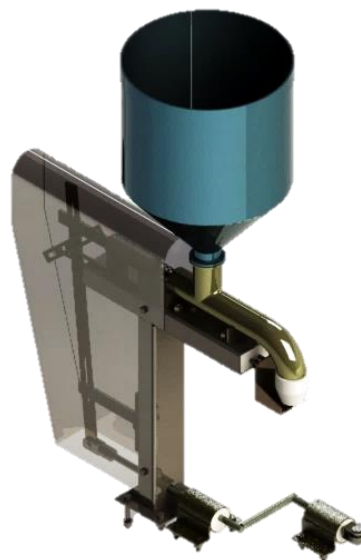
Figura 27. Dosificación semiautomática



Fuente: (TODO MÁQUINA, 2010)

Dosificación mecánica. El operario coloca el condumio de forma manual en el tanque dosificador, se pone en marcha la máquina y en base a los mecanismos que son accionados por una leva se realiza la dosificación.

Figura 28. Dosificación mecánica.



Fuente: Autor

- *Ventajas.* Dosificación exacta, no tiene ningún problema al dosificar, la máquina con un sistema de dosificación en base a mecanismos, es silenciosa, los costos de implementación son bajos y es el requerimiento principal del auspiciante.

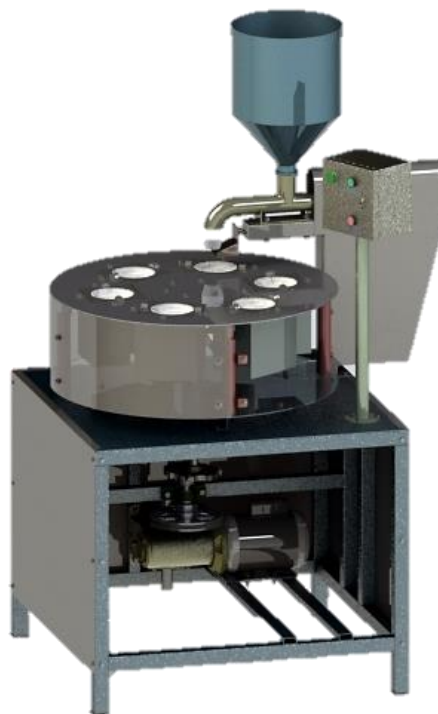
- *Desventaja.* Para regular la dosificación de los tres moldes se necesita un poco más de tiempo ya que se tiene que quitar la cubierta del sistema dosificador, el tiempo en sacar los pernos y retirarla es mínimo.

3.4.2.6 Trabajo. Proceso en el cual la mesa principal de la máquina jira o se mueve de una posición a otra, el trabajo lo realiza de forma mecánica o manual.

Forma mecánica. Todo el movimiento se realiza en base a los ejes que están conectados a un moto reductor, en este sistema esta acoplado un conjunto de cruz de malta el cual realiza los tiempos de giro y reposo, en el tiempo de giro la mesa gira $^{\circ}60$ y se detiene, en el tiempo de reposo de la mesa principal se accionan los mecanismos de dosificación y sellado.

En las dos alternativas con mesa giratoria incorporado ya sea un sistema mecánico o automático para los sistemas que se integran a la máquina, el trabajo es mecánico.

Figura 29. Movimiento de forma mecánica



Fuente. Autor

Forma manual. El movimiento de la mesa principal se lo realiza manualmente, pasando de un punto a otro para que se accione el sistema de sellado, la forma manual se la realiza en la máquina con sistema horizontal semiautomático.

Figura 30. Movimiento forma manual



Fuente: (ALBIZ, 2011)

3.4.2.7 Sellado. El sellado es la operación en la que la empanada una vez puesto el condumio pasa a ser sellada y así obtener la forma y contextura de acuerdo a los moldes a utilizar.

Sellado mediante mecanismos. Con la utilización del sistema motriz vertical mecánico mediante leva, se permite accionar el mecanismo para sellar la empanada después de haberse puesto el condumio.

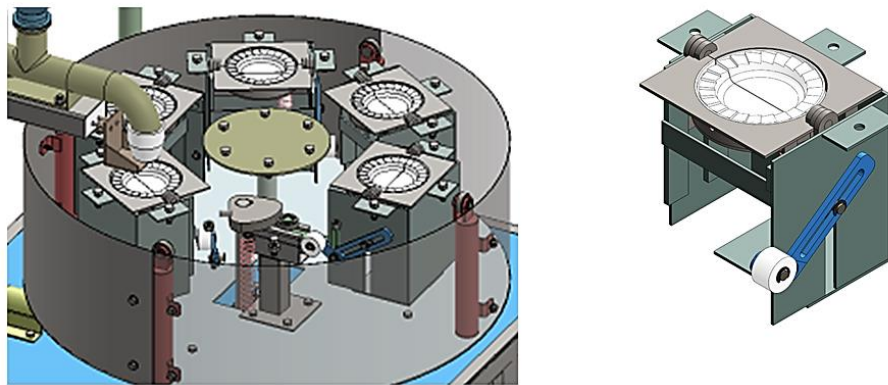
Ventajas.

- Fácil construcción y montaje.
- Requerimiento principal del auspicante.
- Periodos de mantenimiento mínimo.
- Costos de construcción mínimo,
- Ruido mínimo.
- Fácil desmontaje para una limpieza total.

Desventajas.

- Aumento de peso en la máquina.
- Posible trabamiento si no son colocados exactamente o sincronizados con el movimiento de la mesa principal, se puede producir choque con las cajas porta moldes.

Figura 31. Sellado mediante mecanismos



Fuente: Autor

Sellado mediante sistemas automáticos. Se lo realiza en base a un conjunto de dispositivos neumáticos, como cilindros, válvulas, etc. Estos dispositivos serán accionados mediante finales de carrera o su vez con la programación de un PLC.

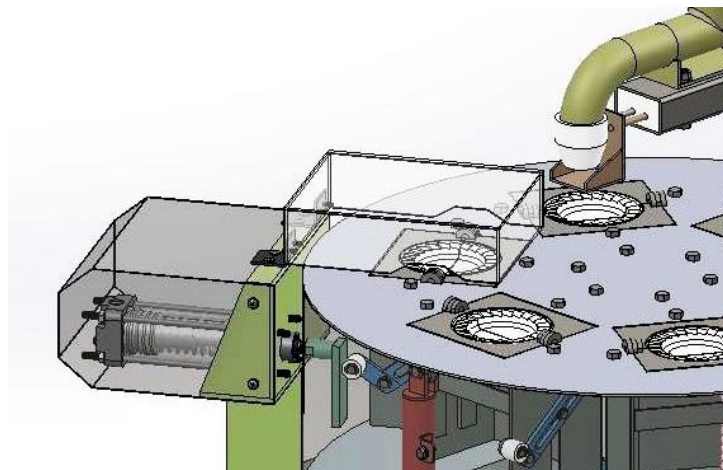
Ventajas.

- Mayor fuerza para el sellado ya que el cilindro estaría actuando directamente.

Desventajas.

- Costos elevados para su implementación.
- Aumento en los periodos de mantenimiento.
- Aumento de ruido por el sistema neumático, necesita un compresor.

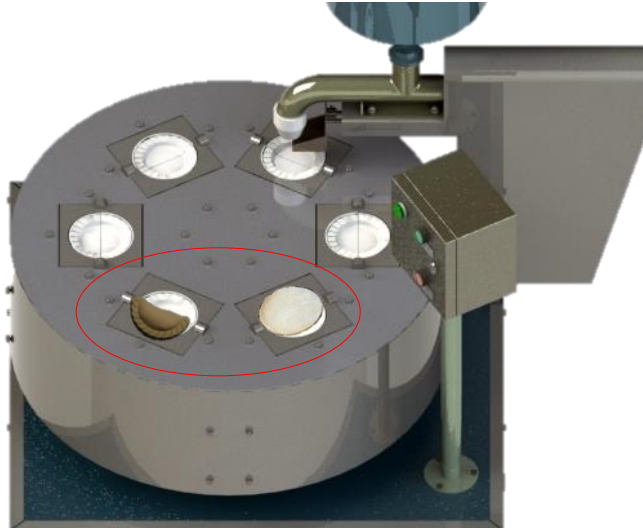
Figura 32. Sellado mediante sistema automático



Fuente: Autor

3.4.2.8 Proceso final. En este proceso luego del sellado de la empanada, la mesa gira a una nueva posición y se detiene, en este tiempo de reposo se quita la empanada ya elaborada y se coloca una tortilla para que continúe el proceso.

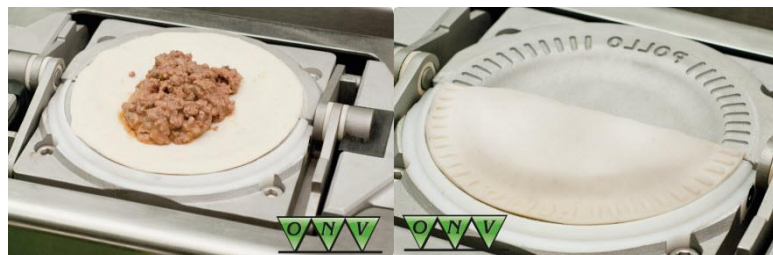
Figura 33. Posición de la máquina para el proceso final



Fuente: Autor

En la máquina elaboradora de empanadas semiautomática lineal, el proceso de retirar la empanada y colocar la tortilla se lo realiza manualmente igual que en la máquina circular.

Figura 34. Máquina lineal proceso final



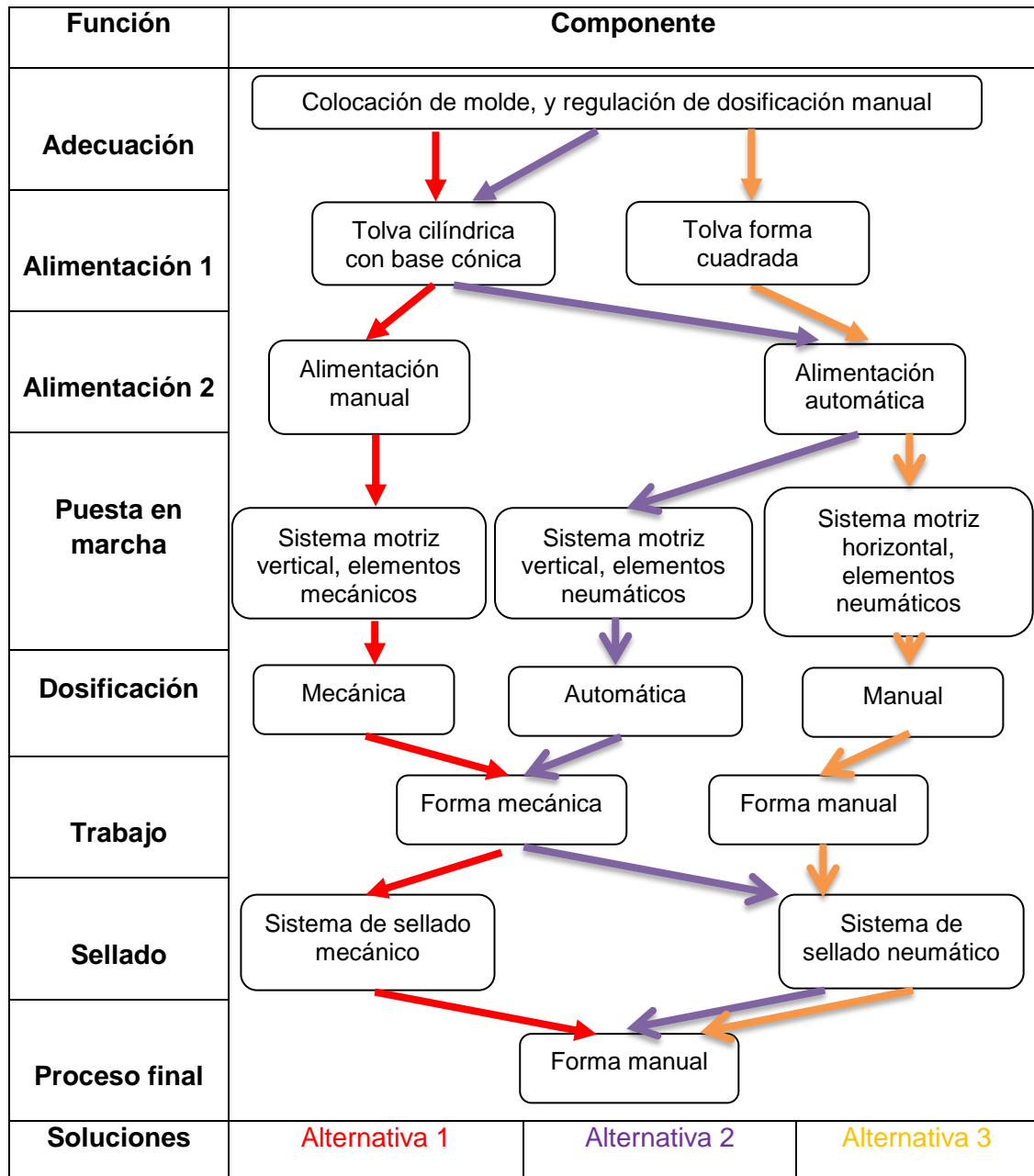
Fuente: (ALBIZ, 2011)

3.4.3 Alternativas de los módulos. Se determinan las alternativas necesarias de cada módulo combinando sus soluciones para cada función. Cada alternativa presenta componentes, se toma en cuenta aquellos que sean compatibles.

De acuerdo a los resultados de la combinación de alternativas se tiene 3 alternativas de solución que se detallan a continuación:

- Máquina elaboradora de empanadas circular mecánica.
- Máquina elaboradora de empanadas circular automática.
- Máquina elaboradora de empanadas lineal semiautomática.

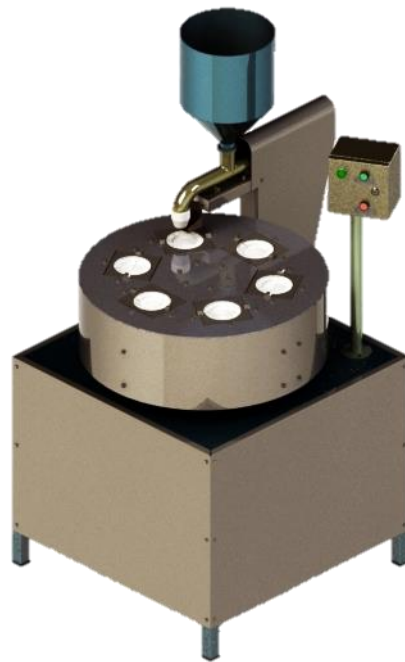
Tabla 7. Opciones de módulos



Fuente: Autor

Alternativa 1: Se plantea una máquina elaboradora de empanadas circular de 6 puestos, su funcionamiento lo realiza en base a mecanismos, requerimiento principal planteado por el auspiciante.

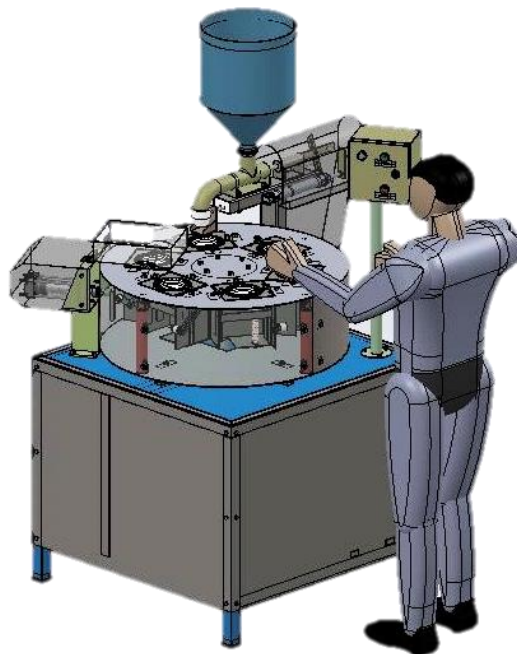
Figura 35. Alternativa 1



Fuente: Autor

Alternativa 2: Se plantea una máquina elaboradora de empanadas circular de 6 puestos, con sistema motriz vertical, su funcionamiento es automático en basa a sistemas neumáticos.

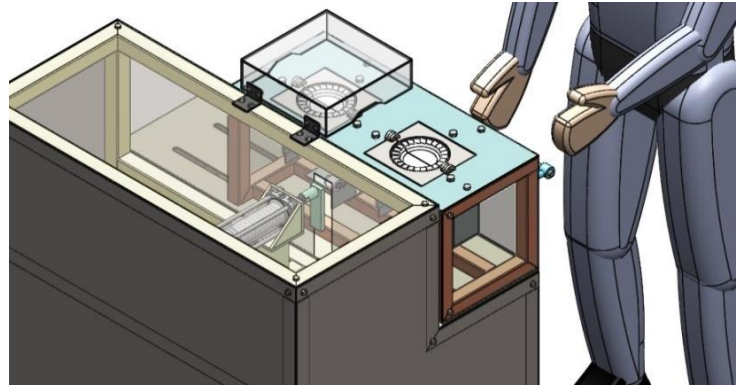
Figura 36. Alternativa 2



Fuente: Autor

Alternativa 3: Se plantea una máquina elaboradora de empanadas lineal semiautomática con sistema motriz vertical de dos puestos.

Figura 37. Alternativa 3



Fuente: Autor

3.4.4 *Evaluación de soluciones y selección de módulos.* Se evalúa las alternativas planteadas tomando decisiones convenientes en el diseño.

Una decisión toma en cuenta las alternativas planteadas y sus criterios, las alternativas para ser evaluadas deben disponerse como mínimo dos.

Se plantea los criterios de valoración más determinantes.

3.4.4.1 *Método ordinal corregido de criterios ponderados.* Este método permite obtener resultados sin la necesidad de evaluar los parámetros de cada propiedad y sin valorar numéricamente el peso de cada criterio.

Este método basa en unas tablas donde cada criterio se confronta con los restantes criterios y se evalúa de la siguiente forma:

- Se asigna 1, si el criterio (o solución) de las filas es superior (o mejor; $>$) que el de las columnas.
- Se asigna 0,5, si el criterio (o solución) de las filas es equivalente ($=$) al de las columnas.
- Se asigna 0, si el criterio (o solución) de las filas es inferior (o peor; $<$) que el de las columnas. (RIVA, 2002 págs. 59-60).

3.4.4.2 Criterios de valoración del módulo. Se determina el módulo que resulte más conveniente, empleando el método ordinal corregido de criterios ponderados.

A continuación se listan los criterios de valoración más determinantes.

- *Producción número de empanadas/h.* Es de vital importancia ya que el diseño influye en la capacidad de producción.
- *Fiabilidad.* La fiabilidad es un factor importante ya que garantiza su funcionamiento continuo, los elementos y componentes deben tener alta fiabilidad para evitar paros imprevistos deteniendo la producción.
- *Mecanismos de funcionamiento sencillos.* Para permitir que la construcción se realice fácilmente, la máquina debe ser desmontable, para permitir que la limpieza y el mantenimiento sea sencillo.
- *Fuerza de sellado.* Es de vital importancia la fuerza de sellado ya que se tiene que darle la forma de acuerdo al molde y durante su manipuleo no debe abrirse.
- *Diversidad de producción.* La máquina debe estar en la capacidad de producir diferentes tamaños de empanadas.

Tabla 8. Evaluación de cada criterio

| Producción e/h > fiabilidad > Mecanismo sencillo = Fuerza de sellado > Diversidad de producción | | | | | | | |
|---|-------------------------|------------|--------------------|-------------------|--------------------------|--------------|-------------|
| Criterio | Producción empanadas /h | Fiabilidad | Mecanismo sencillo | Fuerza de sellado | Diversidad de producción | $\Sigma + 1$ | Ponderación |
| Producción empanadas/h | | 1 | 0.5 | 0.5 | 1 | 4 | 0.258 |
| Fiabilidad | 0 | | 1 | 0.5 | 1 | 3.5 | 0.226 |
| Mecanismo sencillo | 0.5 | 0 | | 1 | 0.5 | 3 | 0.194 |
| Fuerza de sellado | 0.5 | 0.5 | 0 | | 1 | 3 | 0.194 |
| Diversidad de producción | 0.5 | 0 | 0.5 | 0 | | 2 | 0.129 |
| Suma | | | | | | 15.5 | 1 |

Fuente: Autor

Se evalúa cada una de las soluciones respecto a los criterios.

Tabla 9. Evaluación de las soluciones respecto a la producción N° empanadas/h

| Solución 1 > Solución 2 > Solución 3 | | | | | |
|--------------------------------------|------------|------------|-------------|--------------|-------------|
| Producción kg/h | Solución 1 | Solución 2 | Solución 3 | $\Sigma + 1$ | Ponderación |
| Solución 1 | | 0.5 | 1 | 2.5 | 0.416 |
| Solución 2 | 0 | | 1 | 2 | 0.333 |
| Solución 3 | 0 | 0.5 | | 1.5 | 0.25 |
| | | | Suma | 6 | 1 |

Fuente: Autor

Tabla 10. Evaluación de las soluciones respecto a la Fiabilidad

| Solución 1 > Solución 2 = Solución 3 | | | | | |
|--------------------------------------|------------|------------|-------------|--------------|-------------|
| Fiabilidad | Solución 1 | Solución 2 | Solución 3 | $\Sigma + 1$ | Ponderación |
| Solución 1 | | 0.5 | 0.5 | 2 | 0.4 |
| Solución 2 | 0.5 | | 0 | 1.5 | 0.3 |
| Solución 3 | 0 | 0.5 | | 1.5 | 0.3 |
| | | | Suma | 5 | 1 |

Fuente: Autor

Tabla 11. Evaluación de soluciones respecto a la sencillez del mecanismo

| Solución 1 > Solución 3 > Solución 2 | | | | | |
|--------------------------------------|------------|------------|-------------|--------------|-------------|
| Sencillez del mecanismo | Solución 1 | Solución 2 | Solución 3 | $\Sigma + 1$ | Ponderación |
| Solución 1 | | 1 | 1 | 3 | 0.461 |
| Solución 2 | 0 | | 0.5 | 1.5 | 0.230 |
| Solución 3 | 0.5 | 0.5 | | 2 | 0.307 |
| | | | Suma | 6.5 | 1 |

Fuente: Autor

Tabla 12. Evaluación de soluciones respecto a la fuerza de sellado

| Solución 2 > Solución 2 > Solución 3 | | | | | |
|--------------------------------------|------------|------------|-------------|--------------|-------------|
| Fuerza de sellado | Solución 1 | Solución 2 | Solución 3 | $\Sigma + 1$ | Ponderación |
| Solución 1 | | 0.5 | 0.5 | 2 | 0.333 |
| Solución 2 | 1 | | 0.5 | 2.5 | 0.416 |
| Solución 3 | 0 | 0.5 | | 1.5 | 0.25 |
| | | | Suma | 6 | 1 |

Fuente: Autor

Tabla 13. Evaluación de soluciones respecto a la diversidad de producción

| Solución 1 > Solución 2 = Solución 3 | | | | | |
|--------------------------------------|------------|------------|------------|--------------|-------------|
| Diversidad de producción | Solución 1 | Solución 2 | Solución 3 | $\Sigma + 1$ | Ponderación |
| Solución 1 | | 1 | 1 | 3 | 0.5 |
| Solución 2 | 0 | | 0.5 | 1.5 | 0.25 |
| Solución 3 | 0 | 0.5 | | 1.5 | 0.25 |
| Suma | | | | 6 | 1 |

Fuente: Autor

Tabla 14. Tabla de conclusiones para el módulo

| Conclusión | Producción empanadas/h | Fiabilidad | Sencillez de mecanismo | Fuerza de sellado | Diversidad de producción | Σ | Prioridad |
|------------|------------------------|-------------|------------------------|-------------------|--------------------------|----------|-----------|
| Solución 1 | 0.258 x 0.416 | 0.226 x 0.4 | 0.194 x 0.416 | 0.194 x 0.333 | 0.129 x 0.5 | 0.407 | 1 |
| Solución 2 | 0.258 x 0.333 | 0.226 x 0.3 | 0.194 x 0.230 | 0.194 x 0.416 | 0.129 x 0.25 | 0.311 | 2 |
| Solución 3 | 0.258 x 0.25 | 0.226 x 0.3 | 0.194 x 0.307 | 0.194 x 0.25 | 0.129 x 0.25 | 0.272 | 3 |

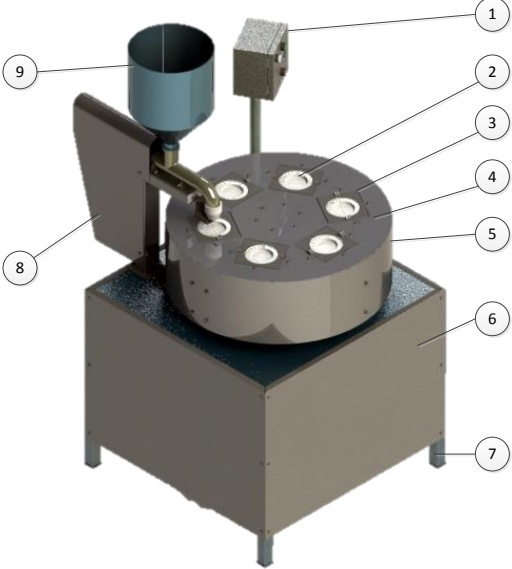
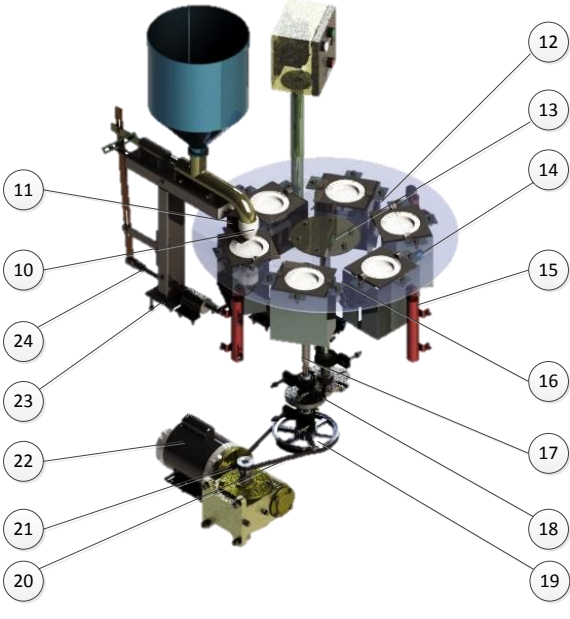
Fuente: Autor

Por consiguiente, la solución más adecuada que se ajusta a los criterios de evaluación es la solución 1. La solución 1 corresponde a la máquina elaboradora de empanadas circular cuyo funcionamiento es en base a mecanismos.

3.4.5 Características de la máquina elaboradora de empanadas seleccionada. Evaluadas las diferentes alternativas con sus criterios se llega a seleccionar una alternativa la cual cumple con todos los requerimientos mencionados por el auspiciante.

Todos los requerimientos planteados son traducidos a criterios técnicos la cual permite obtener el pre diseño de la máquina. Se seleccionó la máquina elaboradora de empanadas circular de 6 puestos, mecánica, con funcionamiento en base a mecanismos mecánicos.

Tabla 15. Pre diseño de la máquina elaboradora de empanadas

| Esquema | Nombre |
|---|--|
|  | 1. Caja de control |
| | 2. Moldes |
| | 3. Base porta moldes |
| | 4. Mesa principal |
| | 5. Cubierta superior |
| | 6. Cubierta inferior |
| | 7. Estructura |
| | 8. Cubierta sistema dosificador |
| | 9. Tanque dosificador |
| | 10. Boquilla dosificador |
| | 11. Cuchara corte dosificación |
| | 12. Cajas sistema sellado de empanadas |
| | 13. Base soporte mesa |
| | 14. Mecanismos de sellado |
|  | 15. Columna o soporte de mesa. |
| | 16. Levas |
| | 17. Ejes |
| | 18. Cruz de malta y disco de accionamiento |
| | 19. Polea |
| | 20. Banda |
| | 21. Reductor de velocidad |
| | 22. Motor eléctrico |
| | 23. Estructura dosificador |
| | 24. Mecanismos sistema dosificador |

Fuente: Autor

3.4.6 *Elementos de la máquina elaboradora de empanadas.* Se detalla a continuación cada uno de sus elementos.

- *Caja de control.* Permite encender y apagar la máquina, su diseño es realizado con el fin de dar protección al motor ya que cuenta con un relé magnético.

- *Moldes.* No son diseñados por el alto costo que sale en mecanizarlos en acero inoxidable, se los obtiene en importadoras de plásticos, los moldes dan la forma a la empanada y ayuda a su sellado.
- *Porta moldes.* Son de acero inoxidable, diseñados para que encaje exacto los moldes de plástico, posee un perno el cual ayuda para su ajuste.
- *Mesa principal.* De acero inoxidable, diseñada con 6 puestos para colocar sus respectivas cajas con los moldes.
- *Cubierta superior.* Está cubierta es desmontable para realizar mantenimiento y limpieza a la máquina, sirve de protección a los mecanismos de accionamiento, permite dar más elegancia a la máquina.
- *Cubierta inferior.* Cuatro tapas en acero inoxidable que dan protección al motor cubriendo toda la estructura principal. Sus acabados permiten dar un aspecto muy bueno como cualquier máquina extranjera.
- *Estructura.* Diseñada para soportar el peso de todo el sistema elaborador de empanadas, su diseño se basó en el criterio del usuario al fin de dar conformidad y un adecuado funcionamiento.
- *Cubierta sistema dosificador.* Elemento desmontable sirve de protección a los mecanismos de accionamiento del dosificador.
- *Tanque dosificador.* Diseñado de acuerdo a la capacidad de producción de empanadas, es desmontable, se sujeta mediante una abrazadera de acero inoxidable.
- *Boquilla dosificador.* De teflón, su mecanizado permite dar una dosificación adecuada de acuerdo al molde a utilizar.
- *Cuchara del dosificador.* Elemento que corta el paso de condumio, dando una dosificación más exacta.

- *Base soporte de la mesa.* Elemento diseñado para ser anclado a la mesa mediante pernos y a su vez anclarse o sujetarse al eje.
- *Cajas sistema sellado de empanadas.* Elemento principal para el sellado de empanadas, sirven de guía y anclaje de los elementos, van ancladas a la mesa principal mediante pernos en acero inoxidable.
- *Mecanismos de sellado.* Barras y elementos que se unen para conformar un mecanismo, los mismos que son accionados mediante la leva, transmitiendo fuerza y permitiendo el sellado en las empanadas.
- *Columnas o soportes de la mesa.* Elementos diseñados para aliviar el peso de la mesa principal.
- *Levas.* Elementos diseñados transmiten una fuerza al seguidor, conocida como empuje para accionar los diferentes mecanismos a ocuparse para realizar un trabajo en un determinado tiempo.
- *Cruz de malta y disco de accionamiento.* Elemento principal de la máquina, su diseño permite tener movimiento intermitente a la máquina lo que le da la característica de tener mayor producción ya que está diseñada con 6 entradas.
- *Polea.* Permite transmitir y reducir la velocidad a la que se obtiene en el diseño.
- *Banda.* Permite transmitir el movimiento desde el reductor de velocidad al eje principal de la máquina.
- *Motor eléctrico.* El motor seleccionado es para operar con una fuente de voltaje de 110 V.
- *Reductor de velocidad.* Seleccionado para obtener la velocidad obtenida para el correcto funcionamiento de la máquina de acuerdo a la producción, permite obtener un mayor torque.

CAPÍTULO IV

4. DISEÑO DE LA MÁQUINA ELABORADORA DE EMPANADAS

4.1 Diseño del sistema de elaboración de empanadas

La elaboración de empanadas implica varios procesos en el que consta de una máquina amasadora de harina, continuando con el proceso con una máquina laminadora pasando a una máquina cortadora de arepas o tortillas, terminando finalmente el proceso con la máquina elaboradora de empanadas el cual se detalla su diseño a continuación.

4.2 Evolución del pre diseño de la máquina elaboradora de empanadas

Para un pre diseño se toma en cuenta un aspecto muy importante como es: requerimientos y necesidades del cliente, las mismas que se traducen por el ingeniero con criterios técnicos y basados en normas establecidas para la elaboración de este tipo de máquinas, durante esta etapa se realizó algunas correcciones y mejoras de la máquina elaboradora de empanadas prediseñada anteriormente, ya que un aspecto muy importante que debemos tomar en cuenta al diseñar será la temperatura de la soldadura y la fricción de algunos elementos al funcionar los diferentes mecanismos.

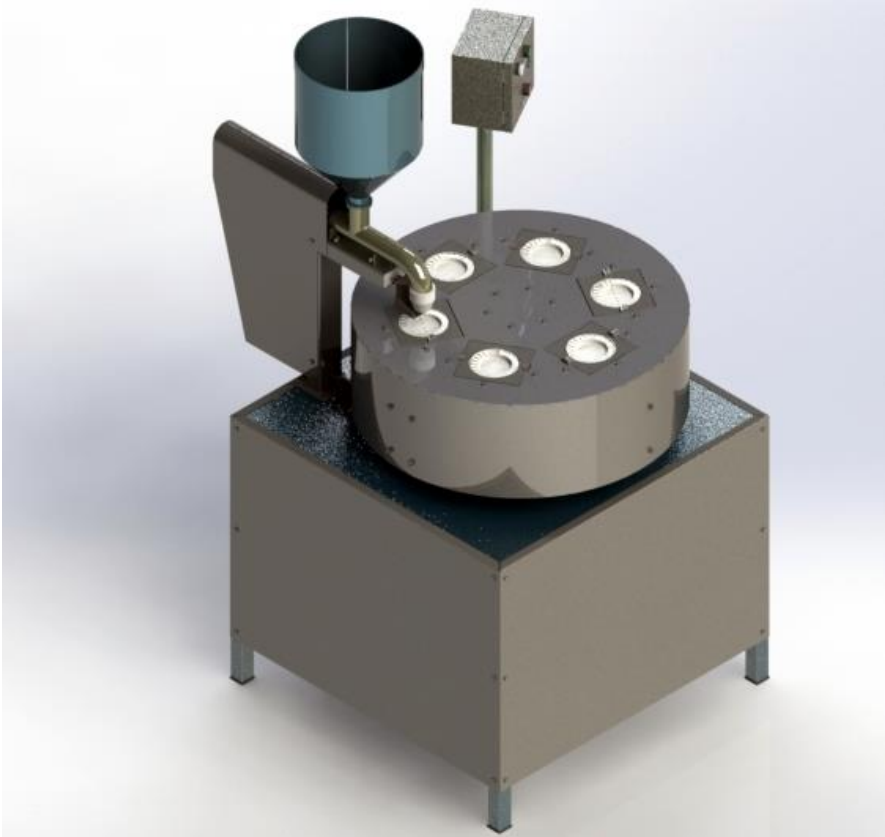
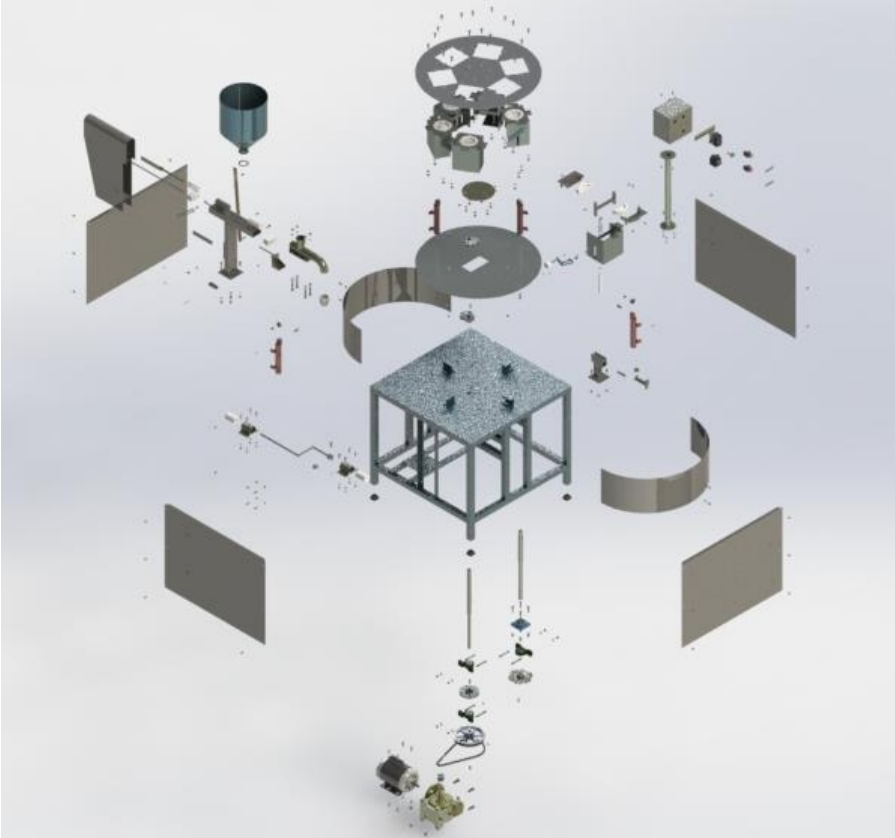
Una vez analizado el pre diseño de la máquina, se opta por un diseño definitivo, siempre conservando los requerimientos del cliente.

Los aspectos considerados en el diseño final fueron los siguientes:

- Estética de la máquina.
- Fácil operación de la máquina.
- Funcionamiento mecánico.
- No riesgos laborales.

Seleccionada la alternativa más adecuada, se presenta el pre diseño de la máquina elaboradora de empanadas con todos sus componentes y sistemas en la Tabla 16.

Tabla 16. Pre diseño de la máquina elaboradora de empanadas

| Máquina elaboradora de empanadas seleccionada | |
|--|--|
| Máquina ensamblada |  |
| Despiece |  |

Fuente: Autor

4.2.1 Diseño final. El diseño final además de incorporar todas las características requeridas por el cliente, se optó por mejorar el mecanismo de cierre de la empanada con menos eslabones participantes en el mecanismo, ya que con la fricción y la temperatura de la soldadura nos producirá problemas en el funcionamiento.

4.3 Diseño de elementos

Una vez definido el diseño de la máquina elaboradora de empanadas se procede al dimensionamiento de los elementos que conforman la máquina.

4.4 Diseño de la mesa principal de trabajo

Para el diseño de la mesa se considera algunos aspectos importantes como son:

- Movimiento circular.
- Espacio disponible.
- Número de puestos que tendrá la mesa.
- Manipulación durante su funcionamiento por una sola persona.
- Altura adecuada de trabajo.

Se considera las fuerzas que actúan sobre ésta debido al peso de las cajas contenedores del molde, peso de la arepa así como también tomando en consideración la inercia que se produce por el giro para una correcta selección del material y su debido espesor.

En la tabla 17 se presenta las características de la mesa de trabajo.

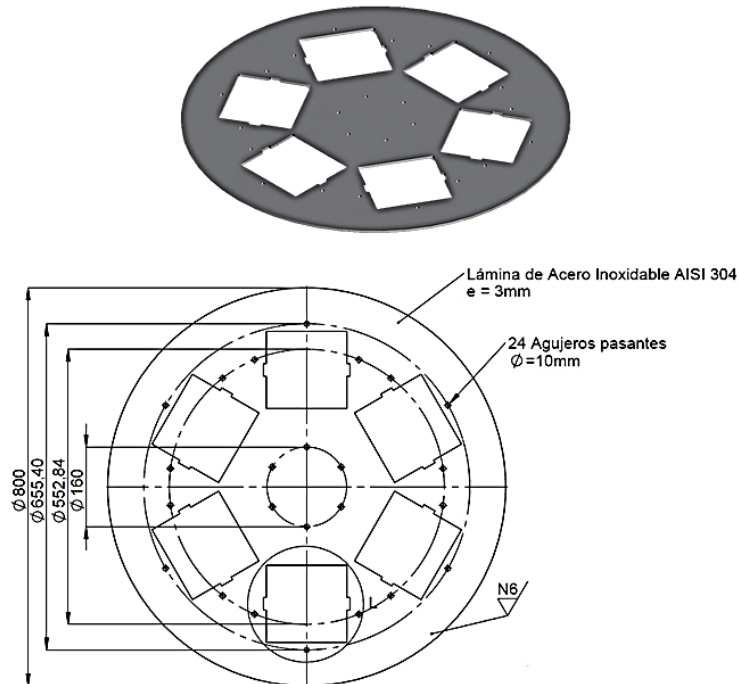
Tabla 17. Características de la mesa de trabajo

| Características de la mesa de trabajo | |
|--|--------------------------|
| Material | Acero in oxidable (Mate) |
| Espesor | 3mm |
| Radio | 80mm |
| Puestos de trabajo | 6 |

Fuente: Autor

4.4.1 Características geométricas de la mesa. En la figura 38 se muestra el diseño geométrico de la mesa principal de la máquina elaboradora de empanadas, para 6 puestos de trabajo, los mismos que irán rotando cumpliendo la función de dosificado y elaborado de la empanada de acuerdo a su tipo.

Figura 38. Mesa de trabajo



Fuente. Autor

4.4.2 Diseño aplicando carga a la mesa principal. Se realiza el análisis con el propio peso de la mesa y con el peso de las cajas armadas completamente con sus respectivos mecanismos y moldes.

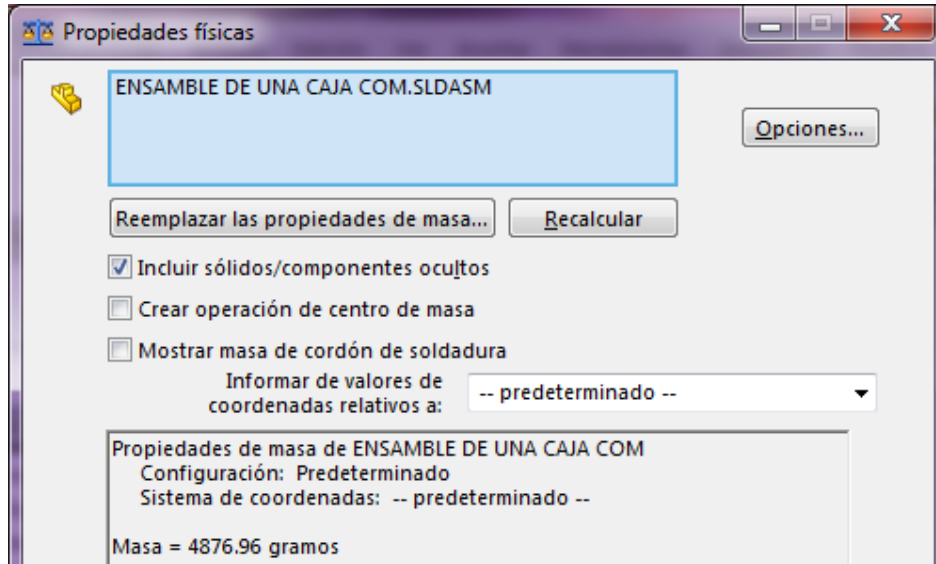
Figura 39. Caja de la máquina elaboradora de empanadas



Fuente: Autor

La propiedad de masa de la caja se obtiene mediante SolidWorks, se lo indica en la figura 40.

Figura 40. Propiedades de masa de la caja obtenida en solidworks



Fuente: Autor

El peso de cada caja es:

$$M = 4,87696 \text{ Kgf}$$

El peso total de las 6 cajas es de: $P = 29,26176 \text{ Kgf}$. Teniendo así una fuerza total aplicada en la mesa de. 286.76 N .

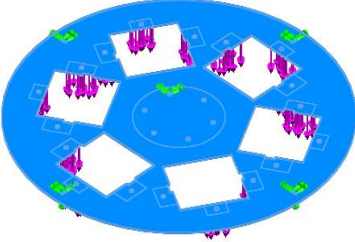
Cada caja será empernada mediante tres soportes, en cada soporte la fuerza que se produce por el peso es de: $15. 93 \text{ N}$.

Para disminuir tensiones producidas por el peso de las cajas y el propio peso de la mesa principal, se sugiere cuatro soportes colocados a 90° como se muestra en la figura 41, (A, B, C, D) los mismos que servirán de apoyo para la mesa, están diseñados generalmente para alivianar tensiones y que la mesa no sufra ningún desgaste al girar mientras está trabajando o en funcionamiento.

4.4.2.1 Procedimiento de simulación estática mesa superior. Para su análisis, una vez obtenido todas las cargas que se aplicaran sobre la mesa, se asigna las

propiedades del material de acuerdo a la norma establecida para alimentos, el material más utilizado en la industria alimenticia es el acero inoxidable AISI 304.

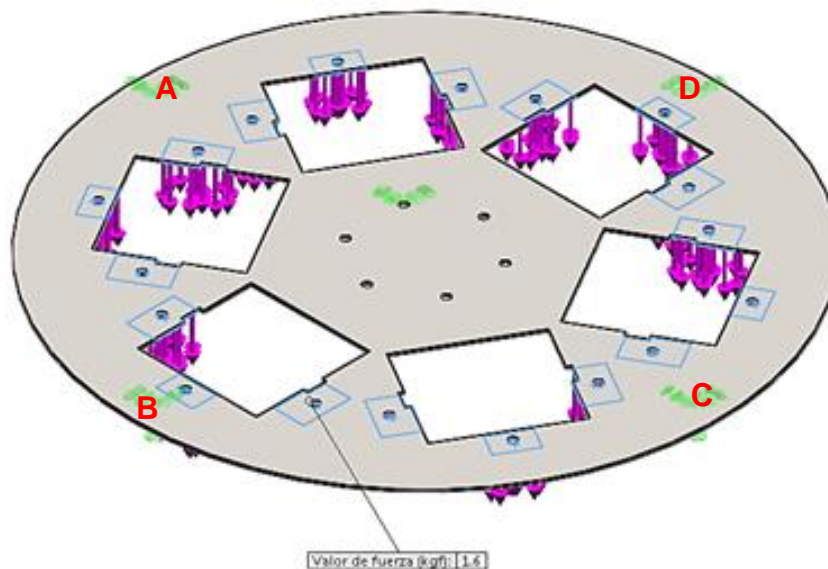
Tabla 18. Propiedades del material de la mesa superior mediante solidworks

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

Fuente: Autor

En la figura 41 se muestra la asignación de fuerzas en la mesa para el proceso del análisis estático.

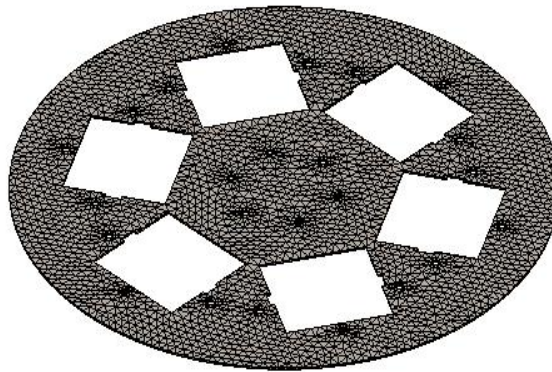
Figura 41. Fuerzas aplicadas sobre la mesa



Fuente: Autor

Luego de asignar las propiedades del material, se procede a la generación del mallado, la cual es la división del cuerpo en elementos finitos

Figura 42. Generación de malla

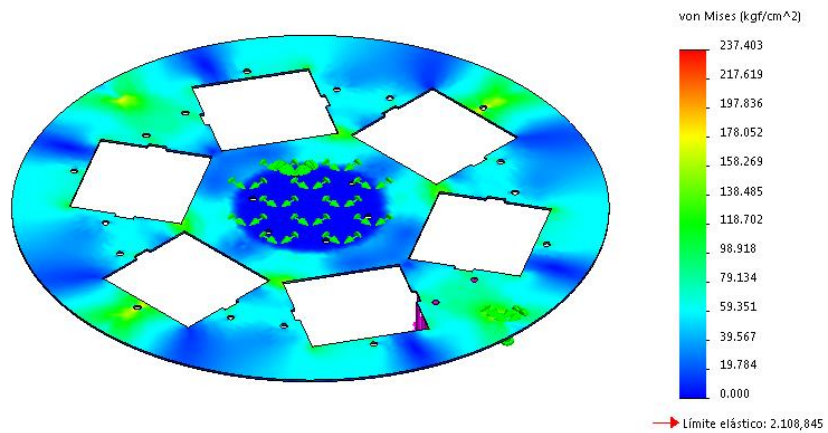


Fuente: Autor

4.4.2.2 *Generación de resultados.* En la figura 43 se muestra el resultado del análisis de esfuerzos mediante Von Mises.

Figura 43. Análisis de esfuerzos obtenido en solidworks

Nombre de modelo: PLACA SUPERIOR ANALISIS CARGAS
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1



Fuente: Autor

El esfuerzo máximo obtenido es de:

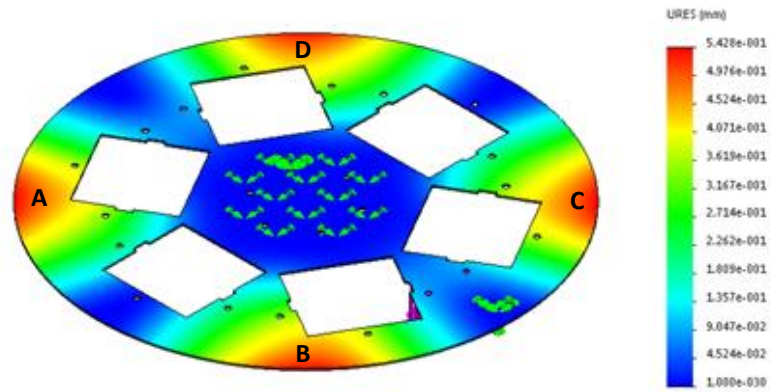
$$\sigma = 237,403 \frac{Kg}{cm^2}$$

La resistencia mecánica del acero inoxidable AISI 304 es de: $5300 \frac{Kg}{cm^2}$ (ver anexo D), por lo tanto con el resultado obtenido del análisis se comprueba que si resiste.

El desplazamiento estático o deformación se muestran en la figura 44.

Figura 44. Deformación máxima y mínima en la mesa obtenida en solidworks

Nombre de modelo: PLACA SUPERIOR ANALISIS CARGAS
Nombre de estudio: Análisis estático 1[Predefinido-]
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1



Fuente: Autor

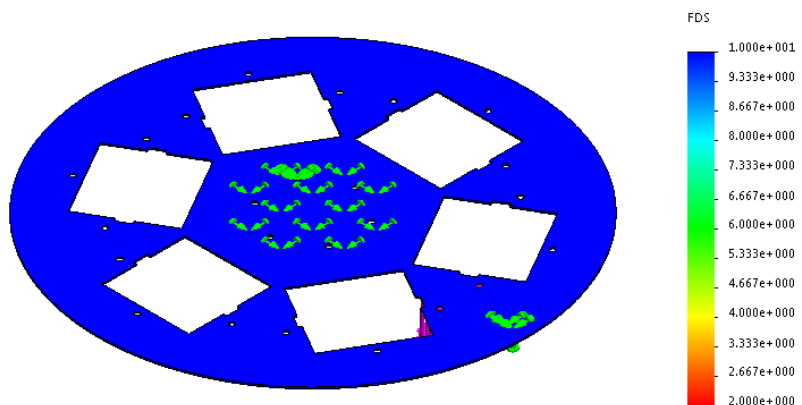
La deformación máxima en la mesa se produce en los puntos dónde están colocados los soportes y es de:

$$\delta = 0,5428 \text{ mm}$$

En la figura 45 se muestra el factor de seguridad para la mesa que se determina mediante el análisis estático.

Figura 45. Factor de seguridad en la mesa superior mediante solidworks

Nombre de modelo: PLACA SUPERIOR ANALISIS CARGAS
Nombre de estudio: Análisis estático 1[Predefinido-]
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
Criterio: Automático
Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 8.9



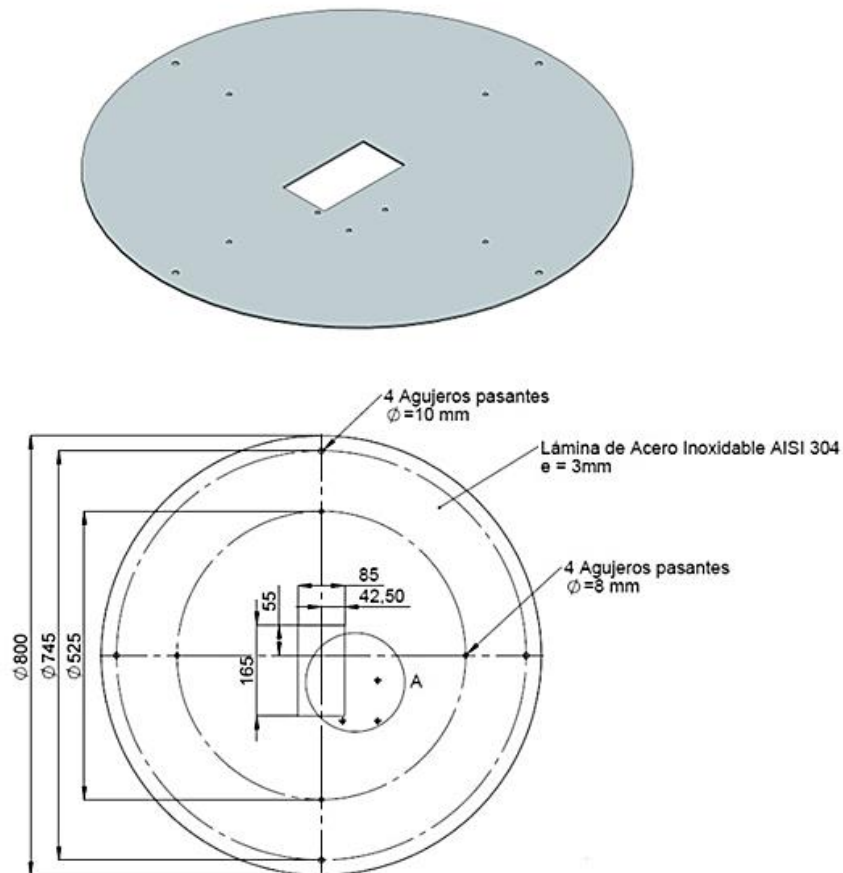
Fuente: Autor

Del resultado del análisis estático se obtuvo un coeficiente de seguridad máximo $n = 10$, y un mínimo $n = 2$.

4.5 Diseño de la mesa inferior o mesa soporte

4.5.1 *Características de la mesa inferior.* El diseño geométrico se lo realiza con las mismas características de la mesa principal, espesor y diámetro.

Figura 46. Mesa inferior



Fuente: Autor

4.5.2 *Diseño aplicando carga a la mesa inferior.* La mesa no realiza esfuerzos mayores, sirve como soporte de la mesa superior aliviando peso en base a las 4 columnas, sirve de soporte del sistema seguidor de leva y sirve de soporte para las tapas laterales.

El diseño se lo realiza en base a todas las cargas actuantes, que es el peso de los elementos q que se integran a la mesa.

4.5.2.1 *Propiedades de las columnas o soporte de la mesa superior.* Las propiedades se obtiene realizando el análisis en SolidWorks.

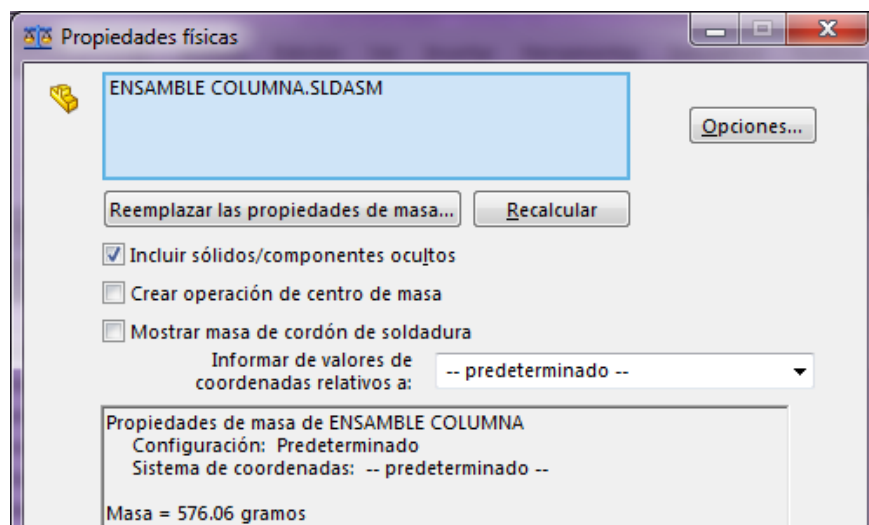
Figura 47. Columnas o soportes de la mesa superior



Fuente: Autor

Las propiedades de masa de la columna se indican en la figura 48.

Figura 48. Propiedades físicas del soporte o columna obtenida en solidworks

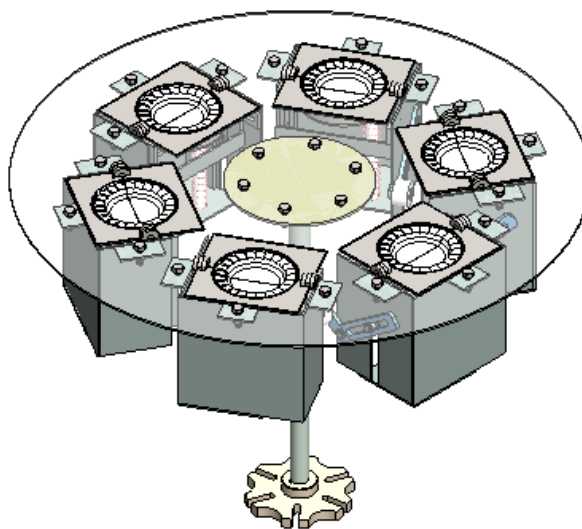


Fuente: Autor

Realizado el análisis y determinado la propiedad de masa se obtuvo un peso por cada columna de 0.576 Kg, en la mesa se integran 4 columnas dando un peso total de 2.304 Kg.

4.5.2.2 *Propiedades de la mesa superior con todos sus elementos.* En la figura 49 se muestra la mesa con todos sus elementos.

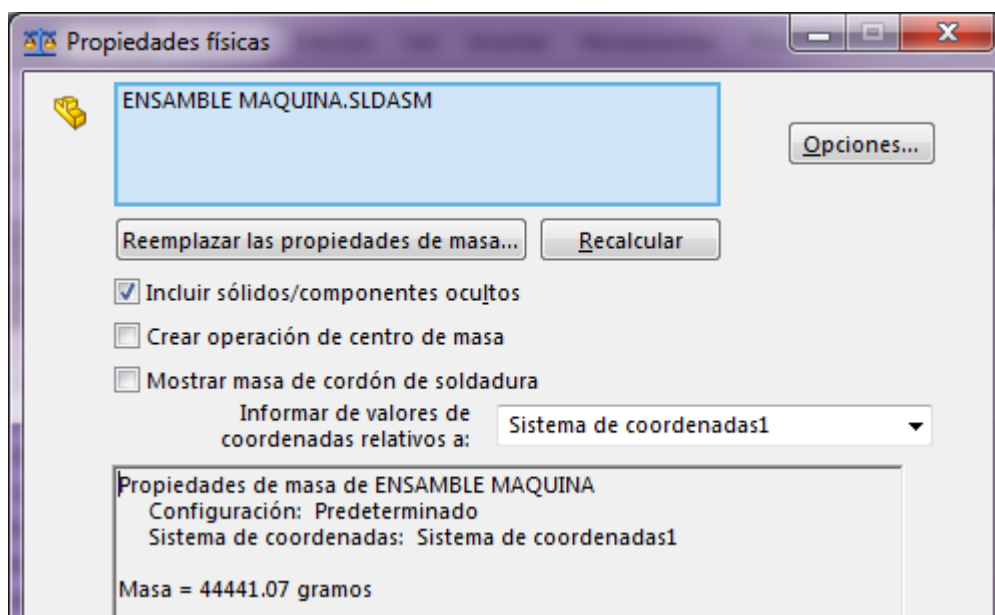
Figura 49. Mesa principal con todos sus elementos



Fuente: Autor

Las propiedades de la mesa principal se muestran en la figura 50.

Figura 50. Propiedad física de la mesa con sus elementos obtenida en solidworks

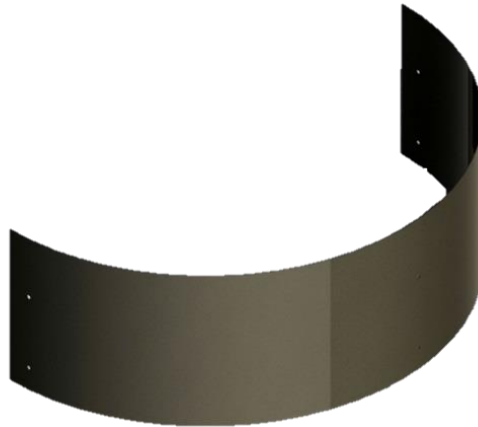


Fuente: Autor

Del resultado del análisis se obtuvo un $P = 44,44 \text{ Kg}$.

4.5.2.3 *Propiedades de la cubierta superior.* Para su diseño y estética de la máquina se plantea una cubierta de material, acero inoxidable AISI 304 pulido.

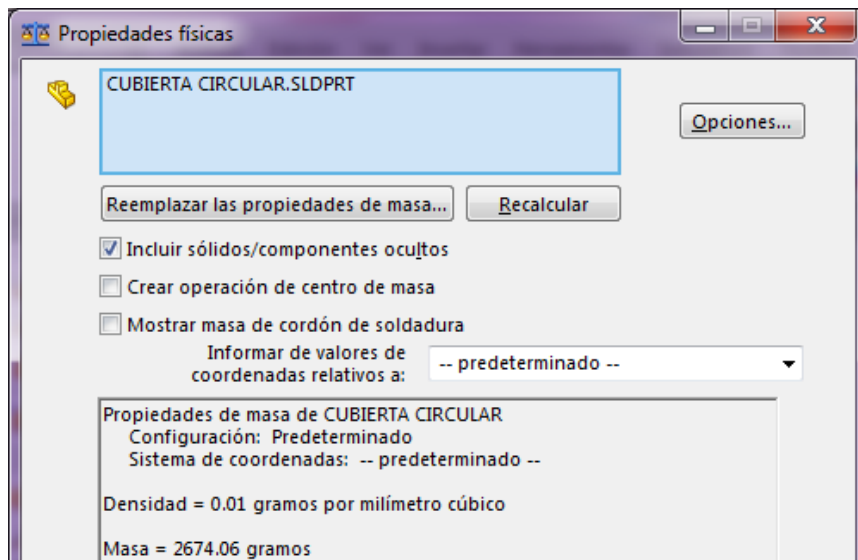
Figura 51. Cubierta superior



Fuente: Autor

En la figura 52 se muestra las propiedades físicas de la cubierta superior.

Figura 52. Propiedades físicas de la cubierta superior obtenidas en solidwoks



Fuente: Autor

Se obtiene del análisis por cada cubierta un peso $P = 2,67 \text{ Kg}$, de las dos cubiertas se obtiene un peso $P = 5,34 \text{ Kg}$.

La fuerza que actúa en la parte inferior de la columna, es la suma del peso de las columnas, el peso de la mesa y el peso de la cubierta.

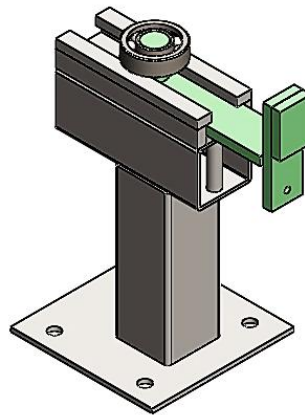
$$\text{Peso total} = 2.304 \text{ Kg} + 44.44 \text{ Kg} + 5.34 \text{ Kg}$$

$$\text{Peso total} = 52,084 \text{ Kg}$$

Obteniéndose así una fuerza total generada por el peso de los elementos es: $F = 510,4 \text{ N}$. La fuerza actuante en la parte inferior de la columna es de $F = 127,60 \text{ N}$

4.5.2.4 Propiedades del seguidor de leva.

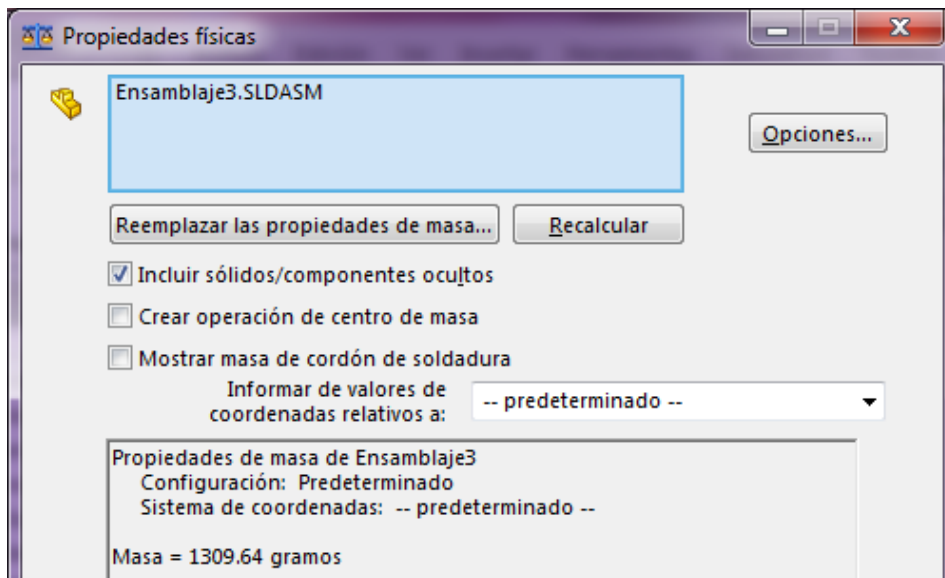
Figura 53. Seguidor de leva



Fuente: Autor

En la figura 54 se muestran las propiedades físicas del seguidor de leva.

Figura 54. Propiedades físicas del seguidor de leva obtenidas en solidworks

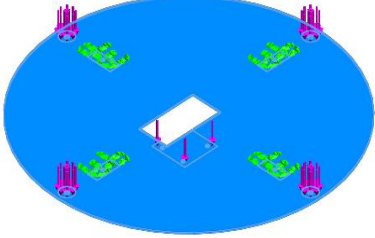


Fuente: Autor

Se obtiene del análisis un peso $P = 1.3 \text{ Kg}$, por lo tanto la carga que se genera por el peso del conjunto seguidor de leva es: $F = 12.74 \text{ N}$.

4.5.2.5 Procedimiento de simulación estática mesa inferior. Una vez obtenido todas las cargas que se producen por el peso de los elementos, se asigna el tipo de material a utilizar establecido en normas para equipos que estén en contacto con alimentos.

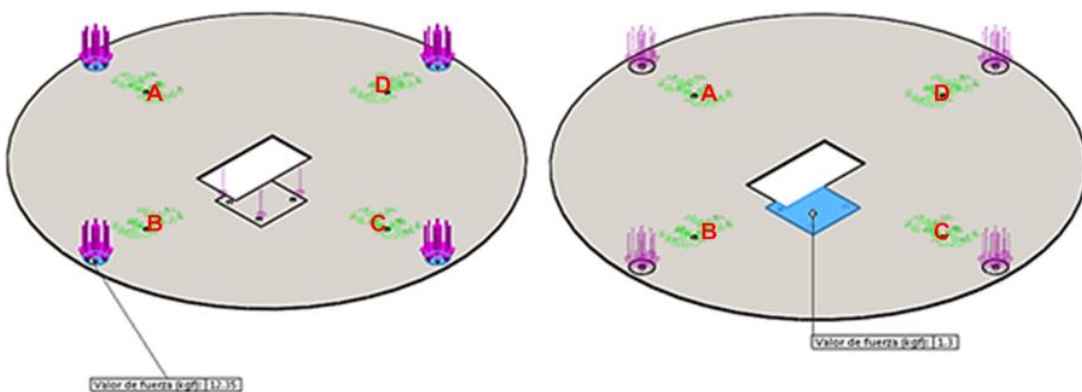
Tabla 19. Propiedades del material de la mesa inferior mediante solidworks

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

Fuente: Autor

Se aplica las cargas sobre el elemento que es la mesa inferior, posteriormente se asigna los apoyos los cuales servirán para fijarla mediante pernos, su respectivo análisis se muestra en la figura 55.

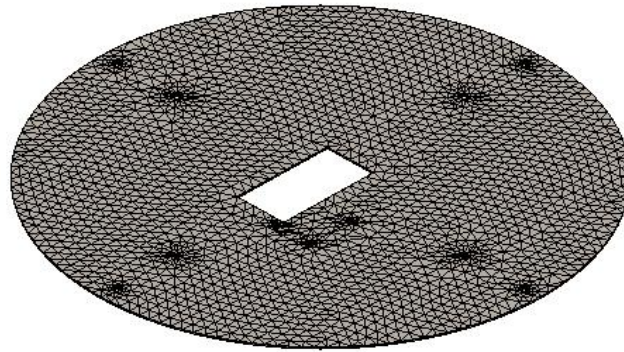
Figura 55. Asignación de cargas



Fuente: Autor

Se genera el mallado sobre el cuerpo o elemento analizar como se muestra en la figura 56.

Figura 56. Generación del mallado mediante solidworks

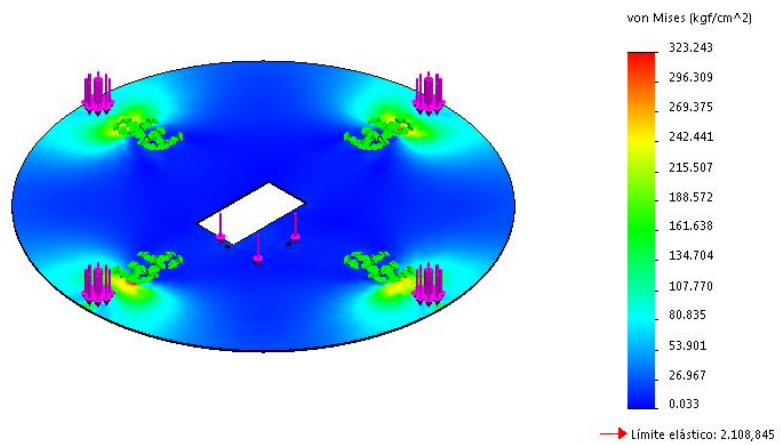


Fuente: Autor

4.5.2.6 Generación de resultados. En la figura 56 se muestra el análisis de esfuerzos, utilizando el método de Von Mises.

Figura 57. Esfuerzo máximo y mínimo resultante obtenido en solidworks

Nombre de modelo: PLACA INFERIOR 600 ae
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1



Fuente: Autor

El esfuerzo máximo obtenido es:

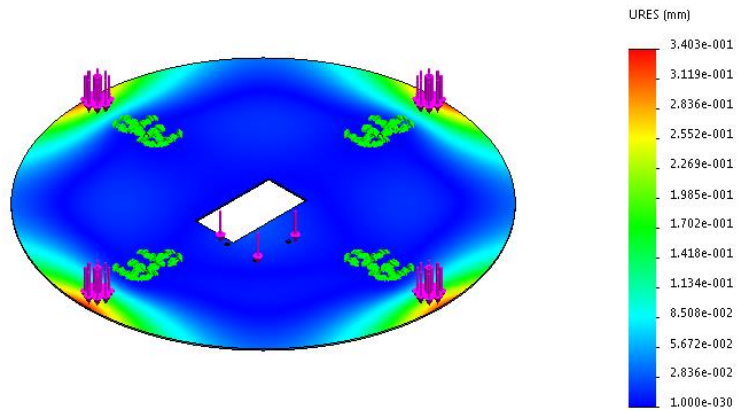
$$\sigma = 323,234 \frac{Kg}{cm^2}$$

Con el resultado obtenido se comprueba que si resiste ya que la resistencia mecánica del acero inoxidable AISI 304 es de: $5300 \frac{Kg}{cm^2}$ (ver anexo D)

El desplazamiento estático o deformación máxima y mínima se muestra en la figura 58

Figura 58. Deformación máxima y mínima de la mesa inferior obtenida en solidworks

Nombre de modelo: PLACA INFERIOR 600 ae
Nombre de estudio: Análisis estático 1[-Predeterminado-]
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1



Fuente: Autor

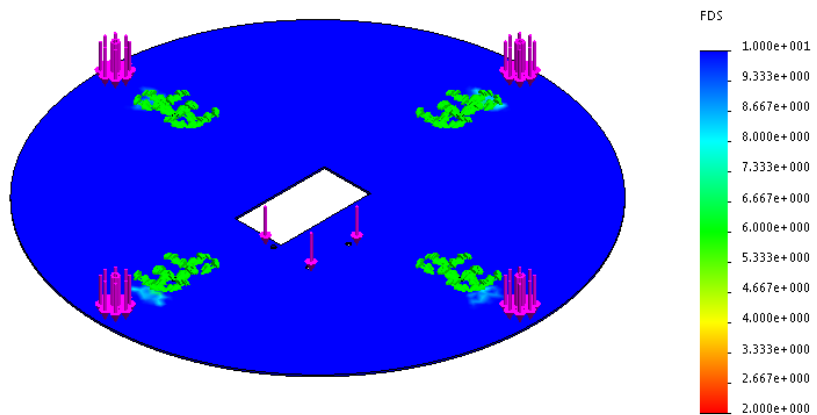
La deformación máxima en la mesa inferior es:

$$\delta = 0,3403mm$$

En la figura 59 se muestra el factor de seguridad para la mesa inferior que se determina mediante el análisis estático.

Figura 59. Factor de seguridad de la mesa inferior obtenido en solidworks

Nombre de modelo: PLACA INFERIOR 600 ae
Nombre de estudio: Análisis estático 1[-Predeterminado-]
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
Criterio: Automático
Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 6.5



Fuente: Autor

Del resultado del análisis se obtuvo un factor de seguridad máximo de $n = 10$ y un mínimo de $n = 2$.

4.6 Diseño geométrico de tanque de dosificación.

El tanque se diseña geoméricamente dependiendo de la masa de condumio necesaria para la elaboración de las empanas diarias, tomando en cuenta la medida de relleno que va a contener cada una de las empanadas con respecto al tamaño que se van a producirse diariamente en la microempresa.

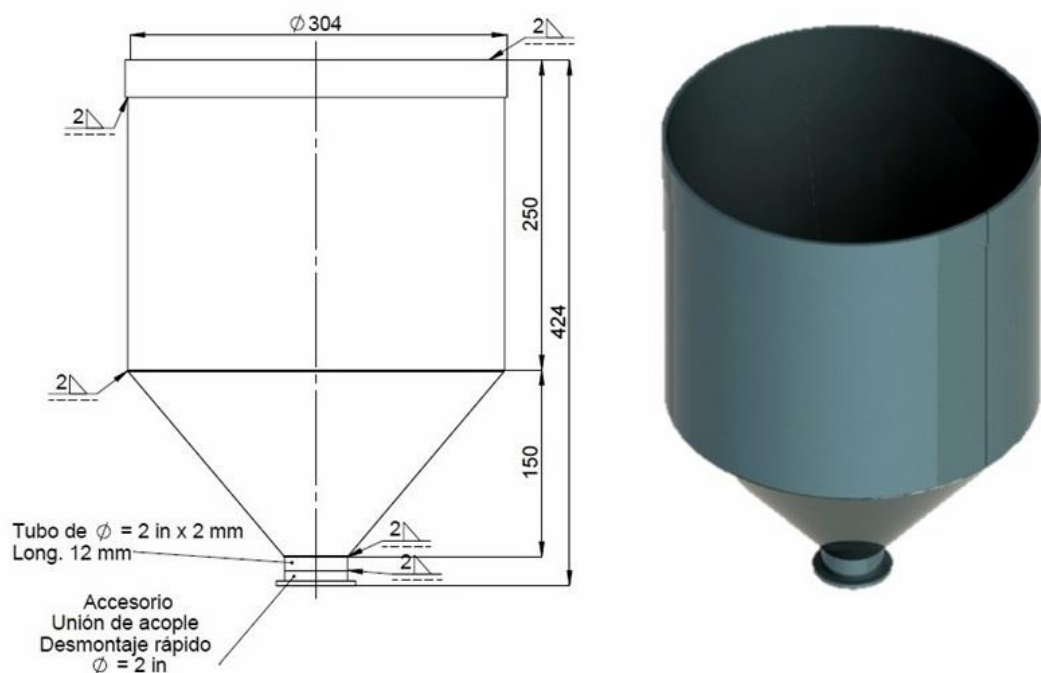
Tabla 20. Producción diaria de empanadas

| Producción Diaria | |
|---------------------|----------------|
| Numero de empanadas | 720 empanadas |
| Horas de trabajo | 1 horas |
| Masa del condumio | 4,5gr/empanada |

Fuente: Autor

En la Figura 60. Se muestra las dimensiones del tanque de dosificación y su forma geométrica.

Figura 60. Diseño geométrico del tanque de dosificación

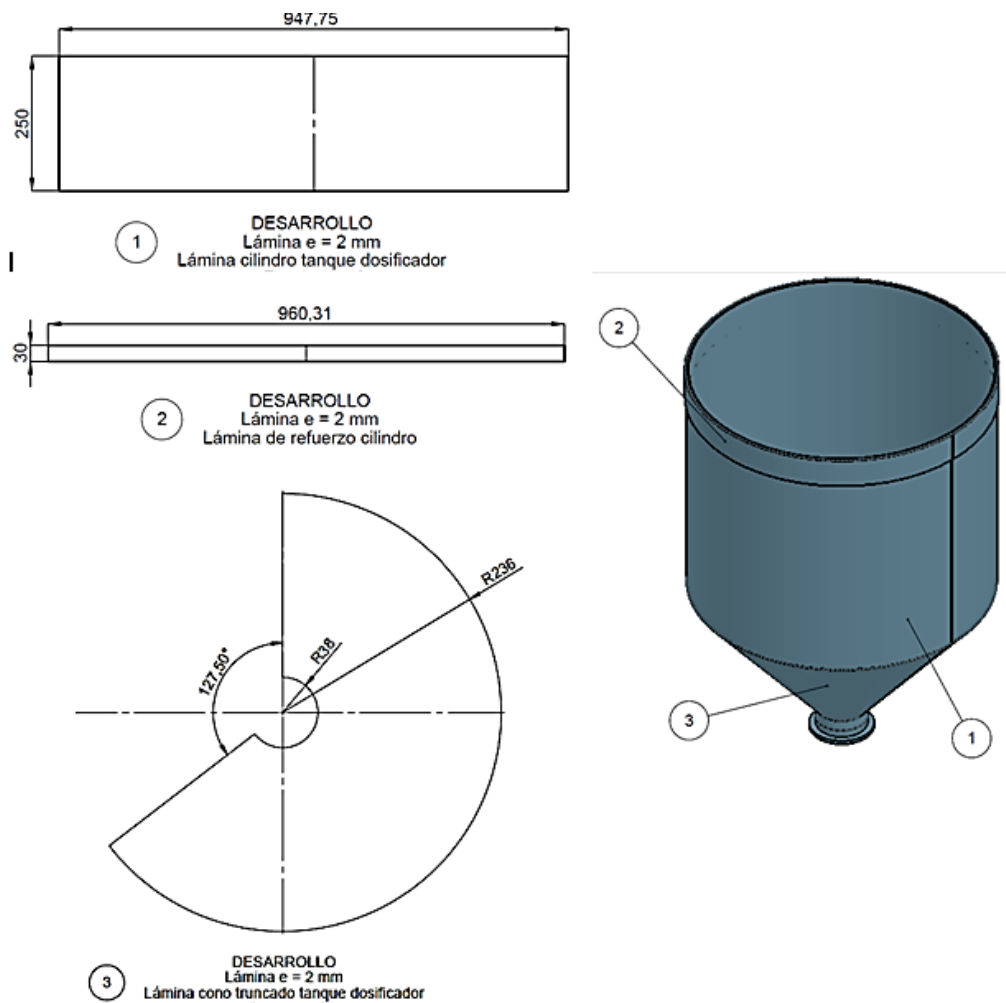


Fuente: Autor

Un aspecto importante es la construcción del tanque, se lo realiza por medio de la unión de los desarrollos, permitiendo soldar con facilidad y darle una geometría adecuada.

El tanque en su parte inferior es cónico, se lo diseño así con la finalidad de que el condumio pueda deslizarse con facilidad sin la necesidad de acoplar un motor, lo que significaría aumento de costos, en la figura 61 se muestran los desarrollos.

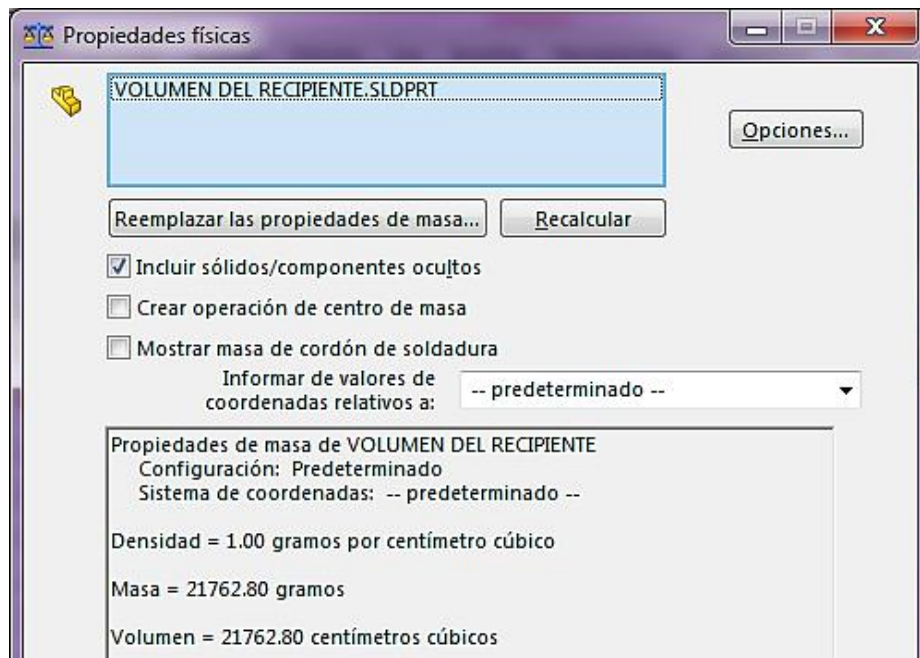
Figura 61. Desarrollos tanque dosificador



Fuente: Autor

4.6.1 *Volumen interno del tanque de dosificación seleccionado.* Para obtener el volumen interno el cual será la capacidad que tiene el tanque en centímetros cúbicos, se lo realiza en el software SolidWorks 2014, mediante la función calcular propiedades.

Figura 62. Volumen interno del tanque de dosificación obtenido en solidworks



Fuente. Autor

Se obtuvo el siguiente volumen en el tanque de dosificación.

$$V_{\text{tanque}} = 21762.80 \text{ cm}^3$$

4.7 Transmisión de potencia

Se denomina transmisión mecánica a un mecanismo encargado de transmitir potencia entre dos o más elementos dentro de una máquina.

Son parte fundamental de los elementos u órganos de una máquina, muchas veces clasificados como uno de los subgrupos fundamentales de estos elementos de transmisión y elementos de sujeción.

4.7.1 Fuerzas actuantes en el sistema. Son el conjunto de fuerzas radiales y axiales que actúan en los diferentes mecanismos para una transformación de movimiento que permite elaborar la empanada.

- Fuerza necesaria para el cierre de la empanada.
- Fuerza necesaria para la dosificación del condumio o relleno
- Fuerza actuantes en el mecanismo de Rueda de Ginebra.

4.7.1.1 Fuerza necesaria para el cierre de la empanada. Es la fuerza necesaria para realizar el proceso de cierre del molde de la empanada, venciendo la resistencia que presenta al comprimir el muelle, venciendo las fuerzas que se oponen al movimiento de los mecanismos como, fuerzas de rozamiento al deslizarse en las guías y la fuerza que se genera por no tener el mecanismo de cierre en la parte central, sino en un extremo de la caja de sellado de la empanada.

- *Procedimiento para encontrar la fuerza de sellado en la empanada.* Por medio de un dinamómetro se procede a medir la fuerza necesaria que se necesita para el cierre y sellado de la empanada, se obtuvo el siguiente valor experimental cómo se muestra en la figura 63.

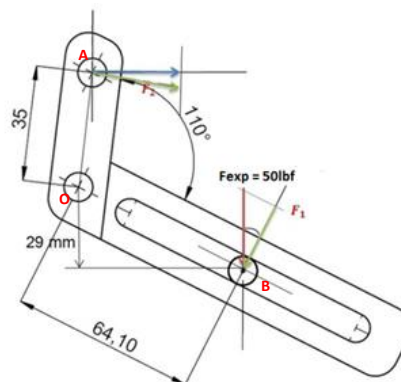
Figura 63. Fuerza de cierre del molde encontrada experimentalmente



Fuente: Autor

Las fuerzas actuantes en el eslabón se muestran en la figura 64.

Figura 64. Fuerzas actuantes en el mecanismo de sellado



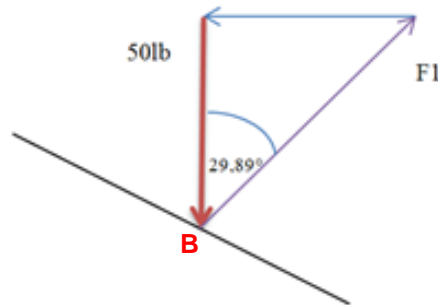
Fuente: Autor

Cabe resaltar que la fuerza que se muestra en la figura 64, punto B, es la fuerza que se necesita para cerrar el molde, venciendo todas las fuerzas que se generan por el movimiento del mecanismo y la fuerza del muelle, no es la fuerza que se necesita para sellar la empanada, el diseño del mecanismo hace que en punto B se requiera de una fuerza mayor como se indica en lo obtenido experimentalmente.

$$F_{exp} = 50 \text{ lbf} = 222 \text{ N (Dato adquirido experimentalmente)}$$

Transmisión de fuerzas hacia el eje motriz:

Figura 65. Diagrama de fuerzas para F1 del mecanismo de cierre



Fuente: Autor

$$\cos 29,89^\circ = \frac{222,2N}{F1} \quad (3)$$

$$F1 = \frac{222,2 N}{\cos 29,89^\circ}$$

$$F1 = 256,31 N$$

Con este dato se procede a realizar una transmisión de fuerzas ya que la fuerza será mayor en el contacto con la leva, ya que es un mecanismo accionado por eslabones.

Aplicando sumatoria de momentos en el punto O para el eje x-y

$$\sum M_O = 0$$

$$F_1 * L_1 + (-F_2 L_2) = 0 \quad (4)$$

Dónde:

F_1 = Fuerza adquirida experimentalmente.

F_2 = Fuerza necesaria neta para cerrar completamente el mecanismo de sellado del molde transmitida hasta el eje motriz.

L_1 = Distancia de la fuerza adquirida hasta el punto fijo de giro.

L_2 = Distancia de la fuerza neta necesaria hasta el punto fijo de giro.

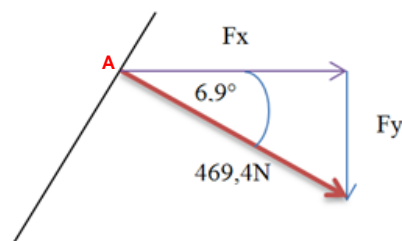
$$F_2 = \frac{F_1 L_1}{L_2}$$

$$F_2 = \frac{256,31 \text{ N} * 64,1 \text{ mm}}{35 \text{ mm}}$$

$$F_2 = 469,42 \text{ N}$$

Se encuentra la componente de la fuerza necesaria tanto en el eje x como en el eje y.

Figura 66. Diagrama de fuerzas del mecanismo de cierre



Fuente: Autor

$$\cos 6,9^\circ = \frac{F_x}{F_2} \quad (5)$$

$$F_x = 469,42 \text{ N} * \cos 6,9^\circ$$

$$F_x = 466 \text{ N}$$

$$F_y = 469,42 \text{ N} * \text{sen } 6,9^\circ$$

$$F_y = 56,39 \text{ N}$$

Entonces la fuerza de empuje para que se realice totalmente el cierre del molde es:

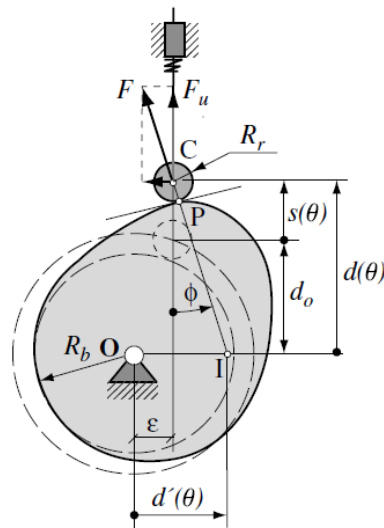
$$F_{total} = 466 \text{ N} = F_{\text{útil}}$$

Esta fuerza útil se transmite por medio de una leva y un seguidor tomando en cuenta para el diseño un ángulo de presión el cuál determina la relación entre la fuerza de contacto F_c leva-palpador y la componente de esta en la dirección del movimiento del

palpador F_u (fuerza útil). En la práctica se recomienda que el ángulo de presión este entre 0 y unos 30°. (FIGUERAS, 2010)

El ángulo de presión ϕ determina la relación entre la fuerza de contacto F leva-palpador y la componente de ésta en la dirección del movimiento del palpador –fuerza útil F_u - (Figura 66). En la práctica se recomienda que el ángulo de presión esté entre 0 y unos 30° para palpadores de traslación, con el fin evitar el acuñamiento del palpador en sus guías y si el palpador es rotatorio es aceptable un ángulo de presión de hasta 35°. (FIGUERAS, 2010)

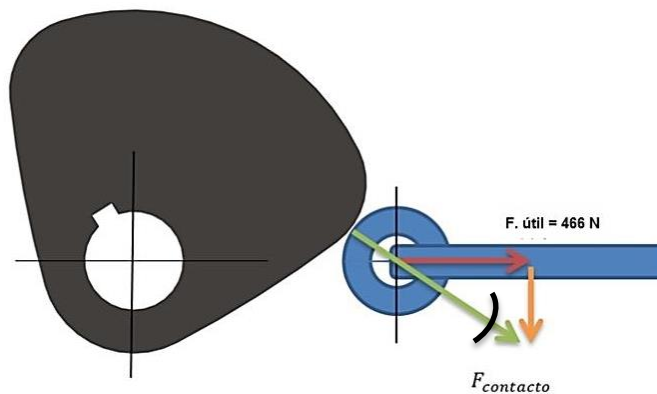
Figura 67. Ángulo de presión y fuerzas en el mecanismo de leva



Fuente: (FIGUERAS, 2010 pág. 28)

Se considera un ángulo $\phi = 30^\circ$ para encontrar la fuerza de contacto F_c .

Figura 68. Fuerzas actuantes en la leva 1



Fuente: Autor

$$\cos \varnothing = \frac{466 N}{F_c} \quad (6)$$

Dónde:

F_c = Fuerza de contacto

\varnothing = Angulo de presión = 30° según el parámetro de fuerzas actuantes en levas de la figura 67.

$$F_c = \frac{466 N}{\cos 30^\circ} = 538 N$$

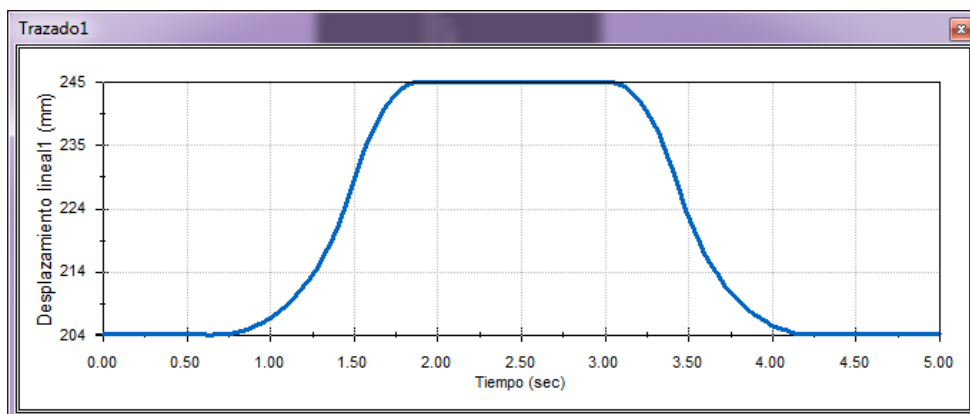
Entonces la fuerza de contacto tangencial será:

$$F_{cr} = 466 N$$

$$F_{ct} = 538 N * \text{sen } 30 = 269 N$$

4.7.1.2 Diagrama de desplazamiento de la leva 1. En el diseño del perfil de la leva se toma en cuenta que debe tener un movimiento rápido tanto en el tiempo que asciende como el que desciende, con el fin de tener mayor reposo en el nivel más alto el mismo que permitirá mayor tiempo de sellado en la empanada. El tipo de movimiento para el diseño de la leva es el movimiento armónico simple. En la figura 69 se muestra el diagrama de desplazamientos, donde la varilla o seguidor de leva asciende durante 1.05 s, reposa durante 1.4 s y desciende durante 1.05. El diagrama de desplazamiento de la leva se lo realiza en el software SolidWorks.

Figura 69. Diagrama de desplazamientos de la leva 1 obtenido en solidworks



Fuente: Autor

4.7.1.3 Fuerza necesaria para el funcionamiento del dosificador. Es la fuerza necesaria para vencer la resistencia de la masa del condumio que se dosifica una cierta cantidad en la arepa para la elaboración de la empanada, además existe una resistencia producida por el muelle que hará que el pistón principal regrese a su estado inicial para continuar nuevamente el proceso de empuje del condumio.

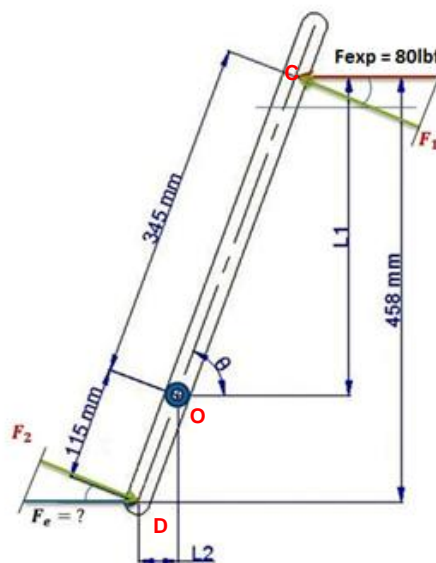
Figura 70. Fuerza obtenida experimentalmente para el empuje en el dosificador



Fuente: Autor

Una vez obtenido la fuerza experimental necesaria para el empuje con el dinamómetro se analiza las distintas fuerzas en los puntos C y D, hasta obtener la fuerza útil que se necesita en la leva para el accionamiento de los mecanismos del dosificador.

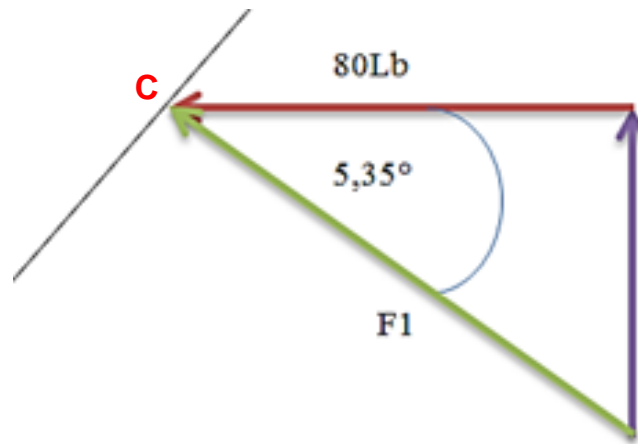
Figura 71. Fuerzas actuantes en el mecanismo de dosificación



Fuente: Autor

$$F_c = F_1 = 80 \text{ lbf} = 36,28 \text{ Kgf} = 355,55 \text{ N} \text{ (Dato adquirido experimentalmente)}$$

Figura 72. Diagrama de fuerzas para F1



Fuente: Autores

$$\cos 5,35^\circ = \frac{F_d}{F_1} \quad (7)$$

$$F_1 = \frac{355,5 \text{ N}}{\cos 5,35^\circ}$$

$$F_1 = 357 \text{ N}$$

Con este resultado de la ecuación 7, procedemos a realizar una transmisión de fuerzas como en el caso anterior, la fuerza será mayor en el contacto con la leva ya que es un mecanismo accionado por eslabones.

Aplicando sumatoria de momentos en el punto de giro O para el eje x-y

$$\sum M_O = 0$$

$$F_1 * d_1 + (-F_2 d_2) = 0 \quad (8)$$

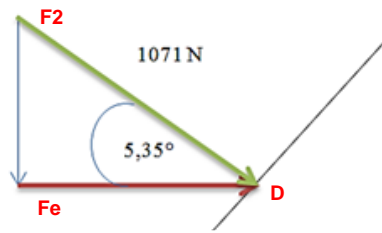
$$F_2 = \frac{F_1 d_1}{d_2}$$

$$F_2 = \frac{357 \text{ N} * 345 \text{ mm}}{115 \text{ mm}}$$

$$F_2 = 1071,16 \text{ N}$$

Mediante descomposición de fuerzas en los ejes x-y que se muestra en la figura 73 se encuentra la componente de la fuerza necesaria tanto en el eje x como en el eje y.

Figura 73. Diagrama de fuerzas para obtener Fe de empuje



Fuente: Autor

$$\cos 5,35^\circ = \frac{F_e}{F_d} \quad (9)$$

$$F_x = 1071 \text{ N} * \cos 5,35^\circ$$

$$F_x = 1066 \text{ N}$$

$$F_y = 1071 \text{ N} * \text{sen}5,35^\circ$$

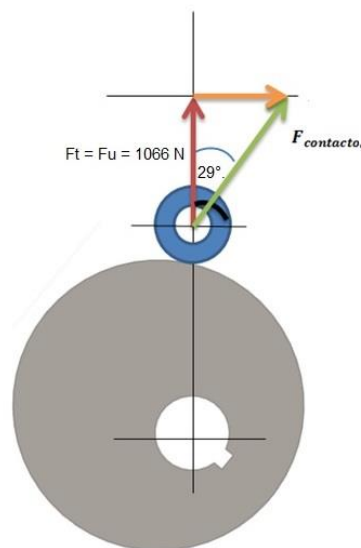
$$F_y = 99,85 \text{ N}$$

Entonces la fuerza de empuje para que se realice la dosificación es:

$$F_{total} = 1066 \text{ N} = F_{\acute{u}til}$$

Como el caso anterior de la leva 1 para encontrar la fuerza de contacto leva-seguidor se utiliza un ángulo de presión que este entre 0° y unos 30°. Se asume un ángulo de 29°.

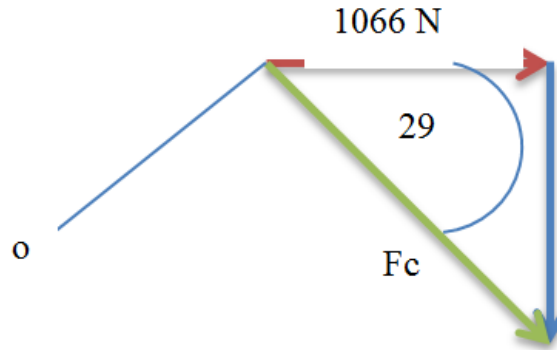
Figura 74. Fuerzas actuantes en leva 2



Fuente: Autor

En la figura 75 se muestra el diagrama de fuerzas para determinar la fuerza de contacto radial y tangencial.

Figura 75. Diagrama de fuerzas leva-seguidor



Fuente: Autor

$$\cos \varnothing = \frac{1066 N}{F_c} \quad (10)$$

Dónde:

F_c = Fuerza de contacto

\varnothing = Ángulo de presión = 29° según el parámetro de fuerzas actuantes en levas.

$$F_c = \frac{1066 N}{\cos 29^\circ} = 1218,81 N$$

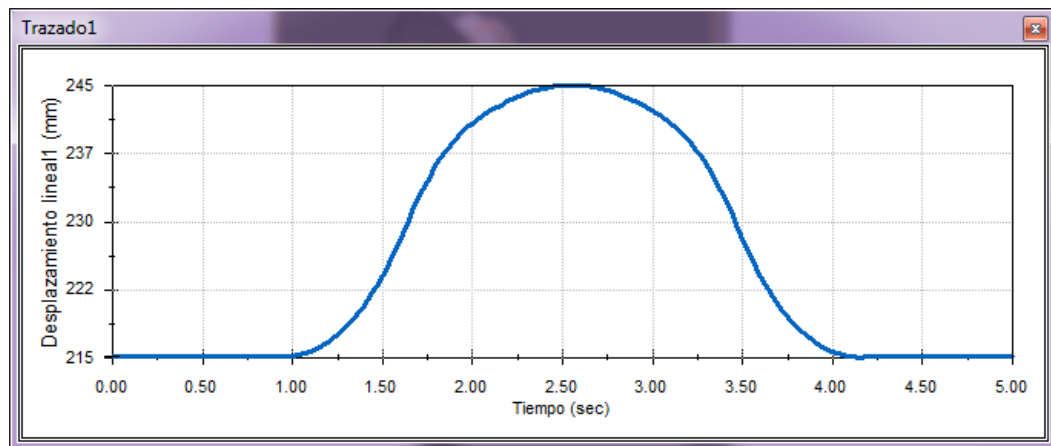
Entonces:

$$F_{cr} = 1066 N$$

$$F_{ct} = 1218,81 N * \text{sen } 29 = 590 N$$

4.7.1.4 Diagrama de desplazamiento de la leva 2. El tipo de movimiento para el perfil de la leva 2 es movimiento armónico simple, el desplazamiento de la leva se realiza con movimiento continuo en el ascenso y descenso no tiene un periodo de reposo como la leva 1, ya que el empuje del pistón se lo realiza en base al movimiento que realiza un mecanismo biela manivela. El diagrama de desplazamientos se lo realiza mediante el software SolidWorks.

Figura 76. Diagrama de desplazamientos de la leva 2 obtenido en solidworks



Fuente: Autor

4.8 Mecanismo intermitente

La base del sistema posicionador de cada caja que contiene los moldes, en base a un sistema rotativo es el mecanismo de ginebra (Rueda Conductora y Cruz de Ginebra), encargado de controlar la velocidad de producción de la máquina ya sea lenta o rápida, dependiendo del elemento motriz y dividir los procesos de acuerdo a su número de pasos el cuál en nuestro caso es seis.

4.8.1 *Tiempos del mecanismo.*

Todo mecanismo intermitente consta de tiempos de reposo y tiempos de movimiento que varía de acuerdo con el número de pasos de la cruz (k), el número de pasos seleccionados ($k=6$) indica el número de ranuras que tendrá la Cruz de Ginebra; este número fue seleccionado tomando en cuenta que mecanismos con pasos inferiores (4, 5) producen impulsos excesivos que incrementan la aceleración del sistema y pueden producir impactos considerables. (CAMPAÑA, 2011 pág. 39)

Para el análisis de tiempos se entenderá como período al tiempo en que la rueda conductora da una vuelta completa. El mecanismo mencionado se comportara como se indica en las siguientes fórmulas en función de la velocidad de la rueda conductora que representa la velocidad de producción de la máquina ($nrc=12rpm$) y el número de pasos de la cruz. (CAMPAÑA, 2011 pág. 40)

- *Período de la cruz de malta.*

$$T = \frac{1}{nrc} 60 \quad (11)$$

$$T = 5 \text{ s}$$

- *Tiempo de reposo de la cruz de malta.*

$$tr = \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{k}\right) T \quad (12)$$

$$tr = 3,33 \text{ s}$$

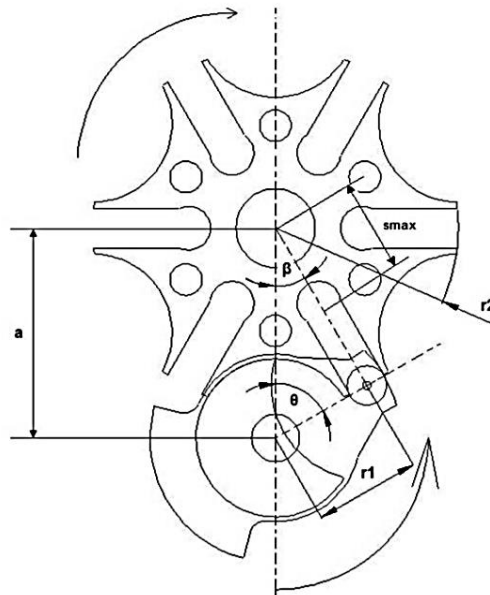
- *Tiempo de movimiento de la cruz de malta.*

$$tm = \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{k}\right) T \quad (13)$$

$$tm = 1,66 \text{ s}$$

4.8.2 Cinemática del mecanismo de ginebra. La figura 77 indica la posición inicial del mecanismo de ginebra y los parámetros necesarios para realizar los cálculos cinemáticos en este tipo de mecanismo. (CAMPAÑA, 2011 pág. 40)

Figura 77. Mecanismo de ginebra



Fuente: (CAMPAÑA, 2011 pág. 41)

Las fórmulas para calcular el radio de la Cruz de Ginebra (r_2) y el radio de la rueda conductora (r_1) en función de la distancia entre centros (a) se encuentran

representadas en las siguientes ecuaciones: (CAMPAÑA, 2011 pág. 41)

$$r2 = a * \text{sen}\theta_0 \quad (14)$$

$$r1 = a * \text{cos}\theta_0 \quad (15)$$

Para simplificar los cálculos cinemáticos es necesario determinar la relación lambda de la siguiente manera: (CAMPAÑA, 2011 pág. 41)

$$\lambda = \frac{r1}{a} \quad (16)$$

Los valores de los parámetros importantes para la cruz de ginebra se encuentran detallados en la tabla 18.

Tabla 21. Parámetros geométricos para el diseño de la cruz de ginebra

| Nombre | Símbolo | Valor |
|---|------------|----------|
| Ángulo inicial de la cruz de ginebra | θ_0 | 60° |
| Distancia entre centros | A | 87.9 mm |
| Radio de la rueda conductora | r1 | 43.9 mm |
| Radio de la Cruz de ginebra | r2 | 76.20 mm |
| Relación lambda | λ | 0.5 |
| Distancia entre el centro de la cruz y la posición máxima de ingreso del tetón de la rueda conductora | smáx. | 43.5 mm |

Fuente: Autor

4.8.3 *Ángulo de rotación de la cruz de ginebra.* Se lo obtiene realizando una ley de cosenos en el triángulo enmarcado con líneas de puntos en la Figura 77 para llegar a la siguiente expresión.

$$\beta(\theta) = \text{atan} \left(\frac{\lambda * \text{sen}(\theta)}{1 - \text{cos}(\theta)} \right) \quad (17)$$

Dónde:

θ = es el ángulo de rotación de la rueda conductora y varía desde un θ_0 hasta $-\theta_0$ (60° a -60°)

β = es el ángulo de rotación de la cruz de ginebra que varía de acuerdo al giro de θ

Tabla 22. Ángulos de rotación

| θ | B |
|----------|----------|
| -60 | -30 |
| -40 | -27 |
| -20 | -17,87 |
| 0 | 0 |
| 20 | 17,87 |
| 40 | 27 |
| 60 | 30 |

Fuente: Autor

4.8.4 Radio de desplazamientos en la cruz de ginebra.

$$r(\theta) = \sqrt{r_1^2 + a^2 - 2r_1 * a * \cos(\theta)} \quad (18)$$

Dando valores y reemplazando en la ecuación 18 se obtiene los siguientes valores de desplazamiento en la cruz de ginebra.

Tabla 23. Radio de desplazamiento en la cruz de ginebra

| $\Theta(^{\circ})$ | r(mm) |
|--------------------|--------------|
| -60 | 96 |
| -40 | 61 |
| -20 | 49 |
| 0 | 44 |
| 20 | 49 |
| 40 | 61 |
| 60 | 96 |

Fuente: Autor

Entonces:

$$s_{max} = r * (60) = 96mm$$

4.8.5 *Velocidad angular de la cruz de ginebra.* La ecuación de la velocidad se obtiene de derivar la ecuación 17 en función del tiempo, obteniéndose:

$$\omega_{cruz}(\theta) = \frac{\lambda * \cos(\theta) - \lambda^2}{1 - 2\lambda * \cos(\theta) + \lambda^2} * \omega_{rc} \quad (19)$$

Tabla 24. Velocidad angular de la cruz de ginebra

| $\theta(^{\circ})$ | ω (rad/s) |
|--------------------|------------------|
| -60 | 0 |
| -40 | 0,35 |
| -20 | 1,125 |
| 0 | 1,25 |
| 20 | 1,125 |
| 40 | 0,35 |
| 60 | 0 |

Fuente: Autor

Obtenido las diferentes velocidades angulares se toma la máxima que es:

$$\omega_{max} = \omega_{cruz}(0) = 1,25 \frac{rad}{s}$$

4.8.6 *Aceleración angular de la cruz de ginebra.* La ecuación de la aceleración de la cruz de ginebra se la obtiene de derivar la ecuación de la velocidad en función del tiempo de forma que:

$$\alpha(\theta) = \frac{(\lambda^3 - \lambda) * \text{sen}(\theta)}{(1 + \lambda^2 - 2\lambda * \cos(\theta))^2} \omega r c^2 \quad (20)$$

Tabla 25. Aceleración angular de la cruz de ginebra

| $\theta(^{\circ})$ | α (rad/s ²) |
|--------------------|--------------------------------|
| -60 | 0,88 |
| -40 | 1,63 |
| -20 | 2,08 |
| 0 | 0 |
| 20 | -2,08 |
| 40 | -1,63 |
| 60 | -0,88 |

Fuente: Autor

$$\alpha_{max} = \alpha_{cruz}(-20) = 2,08 \frac{rad}{s^2}$$

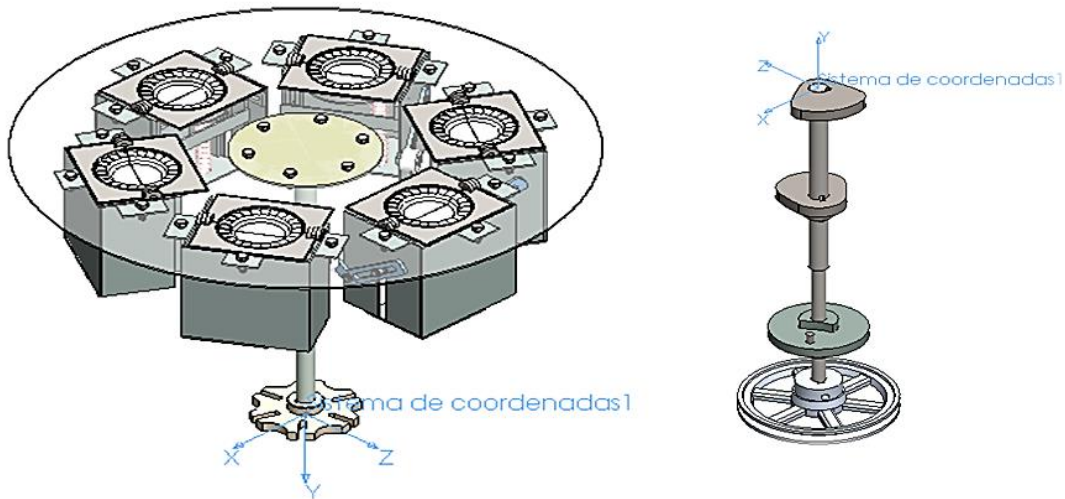
Esta aceleración angular obtenida es indispensable para calcular el torque del sistema en la parte dinámica.

4.8.7 Dinámica del mecanismo de ginebra. Para determinar las fuerzas que actúan en el mecanismo de ginebra de la máquina, es necesario las inercias de cada uno de los elementos involucrados a lo largo de los ejes donde se ubica la cruz de ginebra. (CAMPAÑA, 2011 pág. 45)

En la figura 78 se muestran los elementos que se acoplan al eje 1 y 2.

Las masas e inercias de los elementos son calculadas directamente mediante el software SolidWorks dando como resultado la siguiente tabla de valores.

Figura 78. Elementos que se acoplan al 1 y 2



Fuente: Autor

Tabla 26. Masas e inercias en los ejes obtenidos en solidworks

| Componentes | Masa(g) | Masa (Kg) | Inercia(g.mm ²) | Inercia(Kg.m ²) |
|-------------|----------|-----------|-----------------------------|-----------------------------|
| Eje 1 | 44441,07 | 44,44 | 2816506346,06 | 2,81 |
| Eje 2 | 6798,34 | 6,798 | 9816291,31 | 0,0098 |
| Total | 51239,41 | 51,42 | 28174879630 | 2,81998 |

Fuente: Autor

Para obtener la inercia de trabajo (I) y la masa del sistema (M) se multiplicará la inercia total y la masa por un factor de carga ($F_c = 1.5$) tomando en cuenta que algunos elementos como pernos no han sido considerados y otros pueden incrementar su masa e inercia por motivos de construcción.

$$I = Fc * It \quad (21)$$

$$I = 1,5 * 2,81998 = 4,22Kg * m^2$$

$$M = Fc * Mt \quad (22)$$

$$M = 1,5 * 51,4 = 77 Kg$$

4.8.8 *Torque de la cruz de ginebra.* Para obtener el torque que actúa en el sistema se planteará la ecuación de momentos en el mismo. (CAMPAÑA, 2011 pág. 47)

$$\sum M = I * \alpha \quad (23)$$

$$T_{cruz}(\theta) = I * \alpha(\theta) \quad (24)$$

Tabla 27. Torque en la cruz de ginebra

| $\theta(^{\circ})$ | T (Nm) |
|--------------------|--------|
| -60 | 3,71 |
| -40 | 6,88 |
| -20 | 8,78 |
| 0 | 0,00 |
| 20 | -8,78 |
| 40 | -6,88 |
| 60 | -3,71 |

Fuente: Autor

$$T_{max} = T_{cruz}(-20) = 8,78 Nm$$

4.8.9 *Fuerza tangencial en la cruz de ginebra.* La fuerza que genera en el movimiento puede ser calculada al dividir el torque para el radio de desplazamiento en la cruz. (CAMPAÑA, 2011 pág. 48)

$$Ft(\theta) = \frac{T_{cruz}(\theta)}{r(\theta)} \quad (25)$$

Tabla 25. Fuerza tangencial en la cruz de ginebra

| $\theta(^{\circ})$ | $F_t(N)$ |
|--------------------|------------|
| -60 | 38,6833333 |
| -40 | 112,76 |
| -20 | 179,13 |
| 0 | 0,00 |
| 20 | -179,13 |
| 40 | -112,76 |
| 60 | -38,68 |

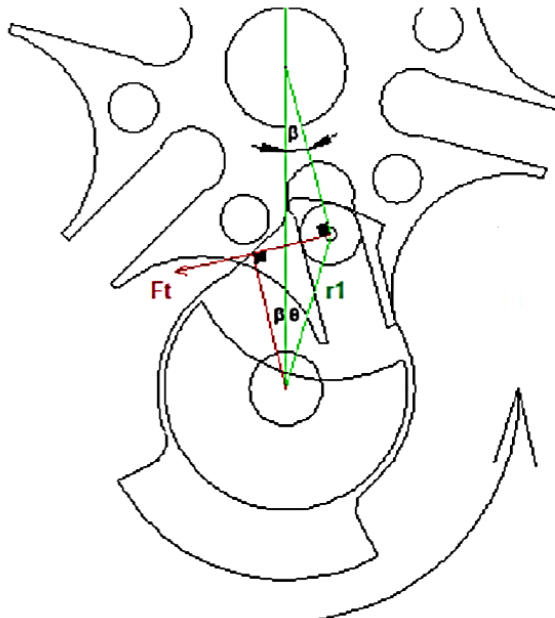
Fuente: Autor

La fuerza tangencial máxima y la posición de la cruz de ginebra en ese punto donde ocurre el torque máximo son las siguientes: (CAMPAÑA, 2011 pág. 49)

$$F_{tmax} = F_t(-20) = 179,13 \text{ N}$$

$$\beta(\theta)_{F_{tmax}} = 20 \text{ grados}$$

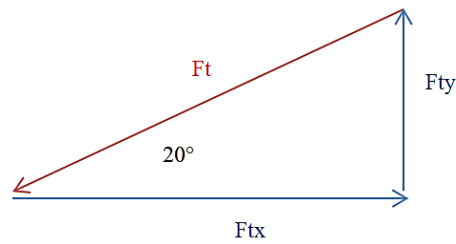
Figura 79. Fuerza tangencial en la cruz de ginebra



Fuente: (CAMPAÑA, 2011 pág. 50)

Obtenido la fuerza tangencial, se encuentra sus componentes en el diagrama de fuerzas.

Figura 80. Diagrama de fuerzas tangenciales



Fuente: Autor

$$F_{ty} = \text{sen } \beta * F_{tmax} = \text{sen } 20^\circ * 179,13 \text{ N} = \mathbf{61,266 \text{ N}}$$

$$F_{tx} = \text{cos } \beta * F_{tmax} = \text{cos } 20^\circ * 179,13 \text{ N} = \mathbf{168,01 \text{ N}}$$

4.8.10 Torque de la rueda conductora. Se obtiene con la siguiente fórmula. (CAMPAÑA, 2011 pág. 50)

$$Trc(\theta) = Ft(\theta) * r1 * \cos(\theta + \beta(\theta)) \quad (26)$$

Tabla 28. Torque en la rueda conductora

| $\theta(^{\circ})$ | T(N*m) |
|--------------------|---------------|
| -60 | 1,28 |
| -40 | 4,56 |
| -20 | 7,79 |
| 0 | 0,00 |
| 20 | -5,92 |
| 40 | -2,45 |
| 60 | -0,29 |

Fuente: Autor

$$Trcmax = Trc(-20) = 7,79 \text{ N} * m$$

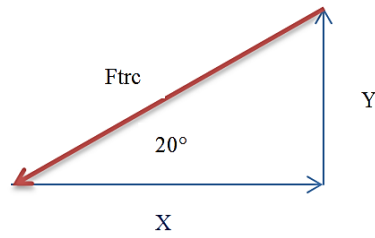
$$\beta(\theta)_{F_{tmax}} = 20 \text{ grados}$$

La fuerza que se transmite al eje es la fuerza obtenida en el punto máximo de la rueda conductora: (CAMPAÑA, 2011 pág. 51)

$$Ft(\theta) = \frac{Trc(\theta)}{r(\theta)} \quad (27)$$

$$Ftrcmax = \frac{7,79 \text{ N} * m}{0,00435m} = 181 \text{ N}$$

Figura 81. Diagrama de fuerzas



Fuente: Autor

$$Ftrcy = \text{sen } \beta * Ftrcmax = \text{sen } 20^\circ * 181 \text{ N} = 61,90 \text{ N}$$

$$Ftrcx = \text{cos } \beta * Ftrcmax = \text{cos } 20^\circ * 181 \text{ N} = 170 \text{ N}$$

4.8.11 *Diseño del tetón de la rueda conductora.* El tetón o pin de la rueda conductora para su análisis fue diseñado a esfuerzo cortante a manera de pasador para obtener su diámetro. (CAMPAÑA, 2011 pág. 53)

Diámetro de tetón: $\phi_T = 8 \text{ mm}$

$$\tau = \frac{Ft_{m\acute{a}x}}{\frac{\pi}{4} * \phi_T^2} \quad (28)$$

$$\tau = \frac{179.13}{\frac{\pi}{4} * 0,008^2} = 3.56 \text{ MPa}$$

El material seleccionado para el tetón es un acero AISI A 36

$$S_y = 36000 \frac{\text{lbs}}{\text{in}^2} = 248 \text{ MPa}$$

$$S_{sy} = S_y * 0.58 \quad (29)$$

$$S_{sy} = 143.84 \text{ Mpa}$$

$$n = \frac{S_{sy}}{\tau_T} \quad (30)$$

$$n = 40.4$$

El coeficiente de seguridad obtenido es alto, pero por seguridad en el funcionamiento de la máquina y que no exista paros imprevistos se lo considera aceptable, ya que una falla en el tetón significaría tiempo para realizar el desmontaje del sistema motriz.

4.9 Energía cinética de rotación del sistema motriz

Es la energía cinética de un cuerpo rígido, que gira en torno a un eje fijo. Esta energía depende del momento de inercia y de la velocidad angular del cuerpo. (SCHAUM, 1991).

La energía de rotación se calcula con la siguiente ecuación:

$$E_{rot} = \frac{1}{2} I_x * W^2 \quad (31)$$

Dónde:

E_{rot} = Energía de rotación

I_x = Momento de inercia

W = Velocidad angular

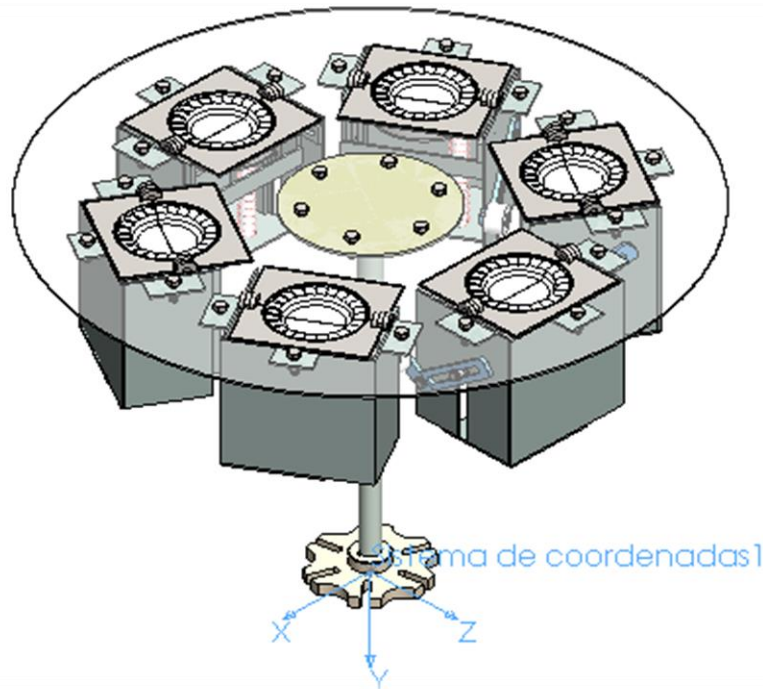
Mientras más alejado este el cuerpo del eje de rotación, se requerirá de mayor energía para que el cuerpo adquiera mayor velocidad angular.

4.9.1 Momento de inercia. El momento de inercia es una medida de la resistencia que opone todo el cuerpo al ponerse en movimiento de rotación o cambio de velocidad angular. (SCHAUM, 1991).

Para determinar el momento de inercia de la mesa principal de la máquina elaboradora de empanadas con respecto al eje x. se realiza el análisis mediante el software SolidWorks que permite calcular dicho requerimiento.

- *Procedimiento.* Una vez obtenido todo el conjunto diseñado en el software Solidworks, se procede a crear un sistema de coordenadas en el centro del eje como se muestra en la figura 82, para luego realizar el respectivo análisis y así obtener sus propiedades de inercia, las que nos permitirá realizar los distintos cálculos.

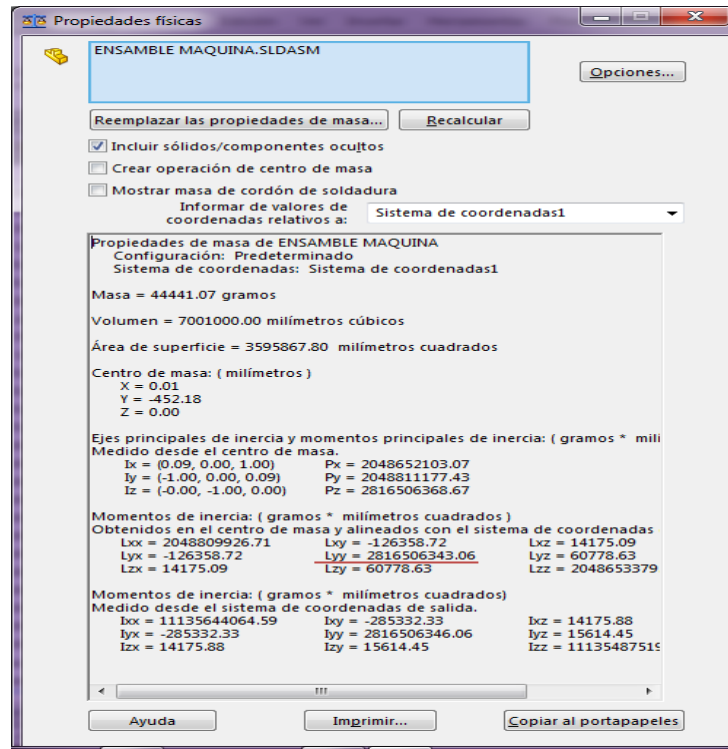
Figura 82. Generación del sistema de coordenadas de la mesa principal



Fuente: Autor

El resultado obtenido del análisis en el solidworks se muestra en la figura 83.

Figura 83. Resultado de las propiedades de la mesa obtenidas en solidworks



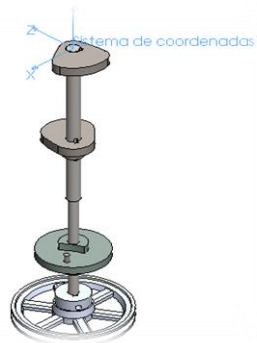
Fuente. Autor

El momento de inercia de la mesa principal con sus elementos mediante el análisis es:

$$I_{cc} = 2816506346,06 \text{ g. mm}^2 = 2,81 \text{ kg. m}^2$$

4.9.2 *Determinación del momento de inercia del sistema de transmisión con respecto al eje x.* Se repite el mismo procedimiento anteriormente mencionado creando primero el eje de coordenadas que se muestra en la figura 84.

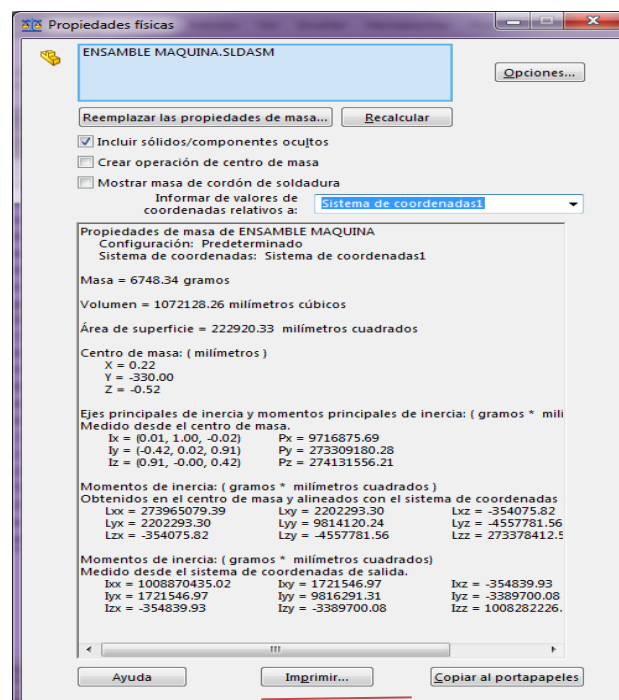
Figura 84. Generación del sistema de coordenadas para el sistema de transmisión



Fuente: Autor

Se procede a generar el análisis y se obtiene el resultado que se muestra en la figura 85.

Figura 85. Resultado de las propiedades del sistema obtenidas en solidworks



Fuente: Autor

El momento de inercia del sistema de transmisión es:

$$I_{cc} = 9816291,31 \text{ gmm}^2 = 9,8 \times 10^{-3} \text{ kg m}^2$$

4.9.3 *Momento de inercia del sistema motriz.* El momento de inercia total, es el resultado de sumar todos los momentos de inercia calculados como se lo indica en la ecuación 32.

$$I_{SM} = I_M + I_{LC} + I_{LD} + I_{CM} + I_G \quad (32)$$

Dónde:

I_{SM} = Momento de inercia del sistema motriz.

I_M = Momento de inercia de la mesa de procesos

I_{LC} = Momento de inercia de la leva de cierre del molde

I_{LD} = Momento de inercia de la leva del dosificador.

I_{CM} = Momento de inercia de la cruz de malta.

I_G = Momento de inercia de la rueda conductora.

$$I_M + I_{CM} = 2,81 \text{ kg m}^2$$

$$I_{LC} + I_{LD} + I_{CM} + I_G = 9,8 \times 10^{-3} \text{ kg m}^2$$

Al remplazar en la ecuación 32 se obtiene:

$$I_{SM} = 2,81 \text{ kg m}^2 + 9,8 \times 10^{-3} \text{ kg m}^2$$

$$I_{SM} = 2,82 \text{ kg m}^2$$

4.9.4 *Velocidad angular de trabajo.* Según el requerimiento del cliente y teniendo en cuenta que la máquina debería trabajar en velocidades muy bajas de 10rpm a 30rpm ya que el proceso así lo requiere, en este caso asumiremos una velocidad de 40 rpm para el sistema de transmisión.

$$W = 40 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \frac{2 \pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 2,09 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Al remplazar el momento de inercia y la velocidad en la ecuación 31, se obtiene la energía cinética.

$$E_{rot1} = \frac{1}{2} 2,82 \text{ Kg m}^2 * \left(4,2 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}\right)^2$$

$$E_{rot} = 24,87 \text{ Nm}$$

4.9.5 *Potencia mecánica de la máquina.* Es la cantidad de trabajo necesaria para producir las empanadas en una cierta cantidad de tiempo.

Para la potencia requerida por el sistema se considera todas las fuerzas a vencer que actúan sobre los ejes de transmisión, se obtiene una potencia requerida para una elección ideal del motor.

4.9.6 *Potencia producida para el cierre del mecanismo de sellado.* Para encontrar la potencia producida por esta fuerza se aplicara la siguiente ecuación:

$$P_c = F_c * r * W = M_A * W \quad (33)$$

Dónde:

P_c = Potencia del mecanismo de sellado

r = Radio dónde hace mayor fuerza: 61,81 mm

W = Velocidad angular del eje principal es de: $40 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$

$F_c = 538 \text{ N}$ Es la fuerza máxima de contacto necesaria para el cierre total del mecanismo de sellado.

$$P_c = 538 \text{ N} * 0,06181 \text{ m} * 2,09 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$P_c = 69,5 \text{ W}$$

4.9.7 *Potencia necesaria para empujar el condomio en el dosificador.* Para encontrar la potencia de empuje del condomio tomamos en cuenta la fuerza de contacto máximo, así como también la distancia mayor a la que la leva está en contacto y la velocidad angular del eje.

$$P_{ce} = F_t * r * W = M_A * W \quad (34)$$

Dónde:

P_{ce} = Potencia necesaria para la dosificación.

r = Radio donde hace mayor fuerza 59 mm

W = Velocidad angular del eje principal es de $20 \frac{rev}{min}$

$F_c = 1218,81 N$ Es la fuerza máxima de contacto necesaria para empujar el condumio en el dosificador.

$$P_{ce} = 1218,81N * 0,05947m * 2,09 \frac{rad}{s}$$
$$P_{ce} = 151,5 W$$

4.9.8 *Potencia necesaria para producir el movimiento de la cruz de ginebra.* Para encontrar la potencia que produce el movimiento de la cruz de ginebra se tiene la siguiente ecuación.

$$P_{rc} = F_{trc} * r * W = M_A * W \quad (35)$$

Dónde:

P_{rc} = Potencia necesaria para producir el movimiento en la Cruz de Ginebra

r = Radio dónde hace mayor fuerza: 44 mm

W = Velocidad angular del eje principal: $20 \frac{rev}{min}$

F_{trc} = Fuerza máxima de contacto que actúa en la cruz de ginebra: 181 N

$$P_{rc} = 181 N * 0,044m * 2,09 \frac{rad}{s}$$
$$P_{rc} = 17 W$$

4.9.9 *Potencia producida por el momento de inercia del sistema motriz.* Se considera un tiempo t_e el cuál es el tiempo de elaborarse, en el cual es el tiempo que tarda una empanada en elaborarse $t_e = 1,31s$

Entonces la potencia que se requiere será:

$$P_e = \frac{E_{rot}}{t_f} \quad (36)$$
$$P_E = \frac{24,87Nm}{1,31s}$$
$$P_E = 19 W$$

4.9.10 Potencia total de trabajo. Se obtiene sumando las potencias requeridas para el sistema motriz.

- Cierre de la empanada
- Dosificación
- Rueda conductora
- Energía por inercia

$$P_{TT} = 69,5 W + 151,5 W + 17W + 19W$$

$$P_{TT} = 257 W$$

$$P_{TT} = 0,35 \text{ Hp}$$

4.10 Selección del motor eléctrico y reductor de velocidad

4.10.1 Selección del motor. A la potencia total requerida es necesario multiplicar un factor de servicio el cual depende de las condiciones y características de uso.

Se usa la siguiente ecuación:

$$P_{requerida} = P_{TT} * f_s \quad (37)$$

Dónde:

f_s = factor de servicio = 1.5 máquinas mescladoras ver (Anexo A).

$$P_{requerida} = 0,35 \text{ HP} * 1,5$$

$$P_{requerida} = 0,53 \text{ HP}$$

Del resultado de la potencia requerida y calculada se selecciona un motor de 0,75 HP, el cual está en el rango de trabajo necesario y que seleccionamos a continuación:

Las características técnicas del motor seleccionado se muestran en la tabla 29.

Tabla 29. Características del motor seleccionado

| Características del motor eléctrico | |
|--|---------------------|
| Marca | WEG |
| Modelo | Monofásico estándar |
| Carcasa | 80 |
| Potencia (HP) | 0,75 |
| RPM | 1740 |
| Corriente nominal en 110V (Amp) | 0.5 |
| Par nominal P _{máx} | 1 |
| Par máximo | 3 |
| Peso (Kg) | 20 |
| Inercia (kg m ²) | 0.01 |
| Factor de servicio | 1.3 |

Fuente: Placa del motor

El motor eléctrico seleccionado tiene una velocidad de 1740 rpm y nuestro requerimiento es de una velocidad final muy baja, por lo que es necesario adquirir un reductor de velocidad el cual se selecciona de un catálogo.

Del catálogo reductores sinfín-corona MORSE-Raider, selecciono un reductor de velocidad entrando con la velocidad de salida de motor obtenido, como la velocidad que se requiere debe ser muy baja selecciono uno de menor revoluciones por minuto, tomando en cuenta que exista en el mercado nacional.

En la tabla 30 se muestra las características del reductor de velocidad seleccionado de acuerdo al catálogo. Ver anexo B.

Tabla 30. Reductor de velocidad seleccionado

| Reductor de velocidad | |
|------------------------------|--------------------|
| Características | Descripción |
| Marca | MORSE |
| Modelo | Sinfín Corona |
| Relación | 40:1 |
| RPM (entrada) | 1740 |
| RPM (salida) | 43,7 |
| Potencia nominal (Hp) | 0.97 |

Fuente: Placa reductor de velocidad

4.11 Cálculo de la relación de transmisión

Según los requerimientos y especificaciones del auspiciante se produce de 600 a 720 empanadas diarias el cual en la elaboración de la empanada se requiere de dos personas y 3 horas para su elaboración, su requerimiento es disminuir el personal y aumentar la producción con la fabricación de esta máquina. Por lo que la mesa deberá girar a una velocidad con los siguientes parámetros:

Producción máx. : 720 empanadas/hora

Operarios: 1 persona

Número de puestos en la mesa de la máquina: 6 puestos o cajas selladoras

La velocidad de giro de la mesa será:

$$Vm = \frac{Ner}{Np} \quad (38)$$

Dónde:

Vm = Velocidad de la mesa principal en rpm

Ner = Número de empanadas requeridas

Np = Número de puestos en la mesa (número de cajas para el sellado)

$$Vm = \frac{\frac{720 \text{ empanadas}}{\text{hora}} * 1 \text{ hora}}{6 \text{ empanadas} * 60 \text{ min}} = 2 \text{ rpm}$$

La mesa principal deberá girar a 2rpm.

Con esta velocidad de la mesa y como se tendrá una cruz de ginebra de 6 entradas la velocidad que se necesita en el eje de la polea lenta será:

$$\begin{aligned} n_1 &= Vm * 6 \text{ (entradas)} \\ n_1 &= 2 \text{ (rpm)} * 6 \text{ (entradas)} = 12 \text{ rpm} \end{aligned} \quad (39)$$

Según los requerimientos y especificaciones del cliente y tomando en cuenta el tiempo de reacción de un operador en colocar la arepa de empanada y retirarla de la máquina luego de concluir el proceso respectivo, hemos llegado a la conclusión de que para el giro de la mesa principal de la maquina necesitamos que gire a bajas revoluciones, la velocidad del motor es de 1740 rpm, es necesario acoplar un reductor

de velocidades y un sistema de transmisión acoplado a un sistema de transformación de movimiento circular, a un movimiento intermitente para las respectivas paradas en cada uno de los procesos el cual se detalla a continuación:

4.11.1 Relación de transmisión del motor y del reductor de velocidad. Según la tabla de características del reductor de velocidad se tiene:

i = relación de transmisión del reductor de velocidad = 40

$$i = \frac{n_2}{n_1} \quad (40)$$

Dónde:

n_2 = Velocidad angular de entrada del motor eléctrico = 1740 rpm

n_1 = Velocidad angular de salida del reductor de velocidad

$$n_1 = \frac{n_2}{i} = \frac{1740rpm}{40} = 43.5rpm$$

La velocidad angular que se obtuvo es alta en consideración a la que se debe tener para la máquina elaboradora de empanadas, se toma la alternativa de disminuir la velocidad en rpm por medio de un sistema de transmisión por bandas y poleas así para una velocidad de salida de 12rpm en el eje de transmisión.

De la ecuación 40, reemplazando valores se tiene una relación de transmisión de:

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

Dónde:

n_1 = Velocidad angular de la polea lenta = 12 rpm

n_2 = Velocidad angular de la polea rápida = 43,5 rpm

$$i = \frac{43,5 rpm}{12 rpm}$$

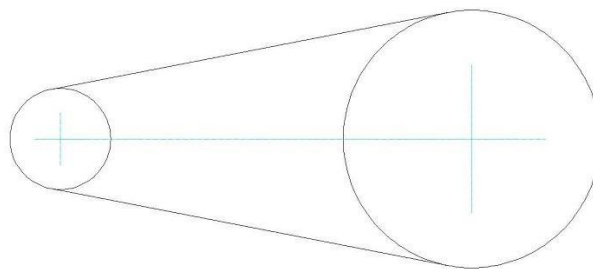
$$i = 3.625$$

La relación entre la polea rápida y la polea lenta es 3.625, se selecciona una transmisión mediante banda y polea por los siguientes criterios:

- Funcionamiento suave, sin choques y silencioso.
- Diseño sencillo.
- Costo inicial de adquisición o producción relativamente bajo.
- Facilidad de ser empleado como fusible mecánico debido a que presenta una carga límite de transmisión, tales que al ser superado produce el patinaje (resbalamiento) entre la banda y la polea.

4.11.2 Selección de la transmisión. Los ejes de las poleas son paralelos y el giro es en el mismo sentido por lo que se selecciona una transmisión por correa abierta, en esta transmisión la flexión en la correa es normal y depende fundamentalmente del diámetro de la polea menor.

Figura 86. Esquema de la transmisión por correa



Fuente: Autor

- *Nota.* En la máquina elaboradora de empanadas por su funcionamiento a bajas revoluciones es recomendable utilizar un sistema de transmisión por cadena, pero por seguridad de la máquina ya que todo su funcionamiento lo realiza en base a mecanismos y con el fin de proteger el motor de una posible traba en sus eslabones y guías se optó por un sistema de transmisión por correa.

4.11.3 Diámetro de las poleas. Si $i = 3.625$ se selecciona un diámetro de la polea rápida de: $d_1 = 2,5in$ se tendrá:

$$i = \frac{D_2}{d_1} \quad (41)$$

$$D_2 = i * d_1$$

$$D_2 = 3,625 * 2,5in = 9in$$

$$D_2 = 228,6 \text{ mm}$$

4.11.4 Selección de la correa. Para seleccionar el perfil de la correa se deberá tener en consideración lo siguiente:

- La velocidad de la polea motriz
- La potencia del motor

La velocidad es de 40rpm y con una potencia de 0,75Hp según el anexo (C) el perfil que trabaja a estas condiciones de velocidades y potencias bajas es un perfil B.

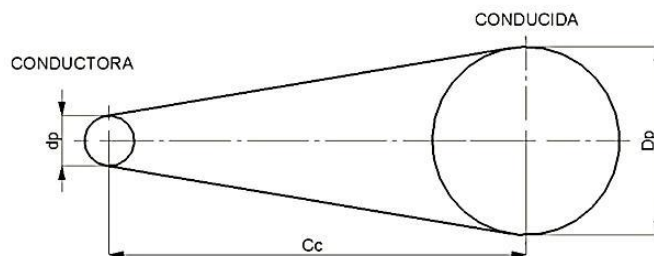
4.11.5 Determinación de la distancia entre ejes. La distancia que existe entre el eje del reductor y el eje conducido se determina considerando lo siguiente:

Si i mayor que 3, se usa el siguiente criterio:

$$C \geq D_p$$

$$C \geq 228,6 \text{ mm}$$

Figura 87. Representación de la transmisión



Fuente: Autor

De acuerdo con este criterio se establece una distancia entre centros de $C = 240\text{mm}$ considerando que las poleas seleccionadas son de $\varnothing = 2,5 \text{ in}$ y de 9 in para obtener la velocidad angular de 12 rpm en el eje motriz 1. Figura 88

4.11.6 Longitud primitiva de la banda. Se calcula con la siguiente ecuación.

$$L = (2 * C) + (1,57 * (D_p + d_p)) + \frac{(D_p + d_p)^2}{4 * C} \quad (42)$$

Dónde:

L = Longitud de la correa

C= Distancia tentativa entre ejes

D_p = Diámetro de la polea conductora

d_p = Diámetro de la polea conducida

$$L = (2 * 240) + (1,57 * (228,5 + 63,5)) + \frac{(228,5 - 63,5)^2}{4 * 240}$$

$$L = 966,8 \text{ mm} = 38 \text{ in}$$

Figura 88. Eje motriz 1



Fuente: Autor

De acuerdo al Anexo D, se selecciona una correa número 35, con una longitud primitiva de $L_n = 965 \text{ mm}$.

Seleccionada la correa se recalcula la distancia entre centros con la siguiente formula:

$$C_c = C + \frac{L - L_n}{2} \quad (43)$$
$$C_c = 240\text{mm} + \frac{966 - 965}{2}$$
$$C_c = 240,5 \text{ mm}$$

4.11.7 Velocidad de la correa. Ésta debe ser lo mayor posible para disminuir la cantidad o número de correas necesarias en la transmisión pero nunca debe superar la velocidad máxima.

$$v = \frac{n1 * \pi * d_p}{1000} \quad (44)$$

Dónde:

$n1$ = Velocidad de giro del reductor = 43,5rpm = 4,55 rad/s

v = Velocidad de la banda

d_p = Diámetro de la polea conducida

$$v = \frac{4,55 \text{ rad/s} * \pi * 63,5}{1000} \leq v_{max}$$

$$v = 0,9 \text{ m/s}$$

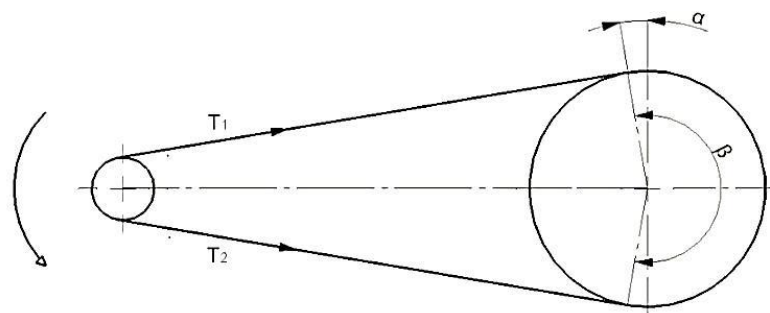
Para un perfil normal de correa se obtiene

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

Ésta velocidad cumple con ser menor que la recomendada.

4.11.8 Ángulos de abrazamiento. Se determina el arco de contacto.

Figura 89. Tensiones en la banda y ángulos de abrazamiento



Fuente: Autor

El arco de contacto se calcula mediante la ecuación 45.

$$Ar = 180^\circ - 60^\circ \frac{D - d}{C_c} \quad (45)$$

$$Ar = 180^\circ - 60^\circ \frac{228,5 - 63,5}{340,5}$$

$$Ar = 150,92^\circ$$

Ángulo α

$$2\alpha = 180^\circ - Ar \quad (46)$$

$$\alpha = \frac{180^\circ - 150,9^\circ}{2}$$

$$\alpha = 14,53^\circ$$

Ángulo β

$$\beta = 180^\circ + 2\alpha \quad (47)$$

$$\beta = 180^\circ + 2 * 14,53^\circ$$

$$\beta = 209^\circ$$

4.11.9 Tensiones producidas en la polea. La relación de tensiones producidas en la banda trapezoidal está dada mediante siguiente ecuación.

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{\frac{f * \theta}{\text{sen}(\gamma/2)}} \quad (48)$$

Dónde:

T_1 = Fuerza en el lado tirante

T_2 = Fuerza en el lado flojo

f = Coeficiente de rozamiento = 0,28 entre la superficie y la banda

θ = Ángulo de contacto en lado conducido en lado conducido en rad.

γ = Ángulo de garganta de la correa en grados.

Según la norma DIN2215/ISO4184 para las correas trapezoidales el ángulo $\gamma = 40^\circ$

$$\theta = \beta = 202,3^\circ \frac{2\pi}{360^\circ}$$

$$\theta = 3,53$$

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{1,6}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = 4,9$$

$$T_1 = 4,9T_2$$

4.11.10 Potencia. La siguiente ecuación permite realizar el cálculo de la potencia.

$$P = \frac{(T_1 - T_2) * V}{33000} \quad (49)$$

Dónde:

T_1 = Fuerza en el lado tirante

T_2 = Fuerza en el lado flojo

V = Velocidad de la correa (pie/min).

$$v = 0,9 \frac{m}{s} * \frac{60 \text{ seg}}{\text{min}} * \frac{1 \text{ pie}}{0,3048m} = 117,16 \frac{\text{pie}}{\text{min}}$$

$$0,75 = \frac{(T_1 - T_2) * 117,16 \frac{\text{pie}}{\text{min}}}{33000}$$

$$(T_1 - T_2) = 211$$

Al remplazar en la ecuación anterior se obtiene:

$$4,9T_2 - T_2 = 211$$

$$T_2 = 54 \text{ lb}$$

$$T_1 = 264,6 \text{ lb}$$

Entonces las tenciones producidas por la banda en el eje son:

$$T_x = (T_1 - T_2) \text{sen } \alpha \quad (50)$$

$$T_x = (264,6 - 54) \text{sen } 14,53^\circ$$

$$T_x = 52,8 \text{ lb} = 234,6 \text{ N}$$

$$T_y = (T_1 + T_2) \text{cos } \alpha \quad (51)$$

$$T_y = ((264,6 + 54)) \text{cos } 14,53^\circ$$

$$T_y = 308 \text{ lb} = 1368,8 \text{ N}$$

4.12 Diseño del eje de transmisión 1

Figura 90. Eje de transmisión 1

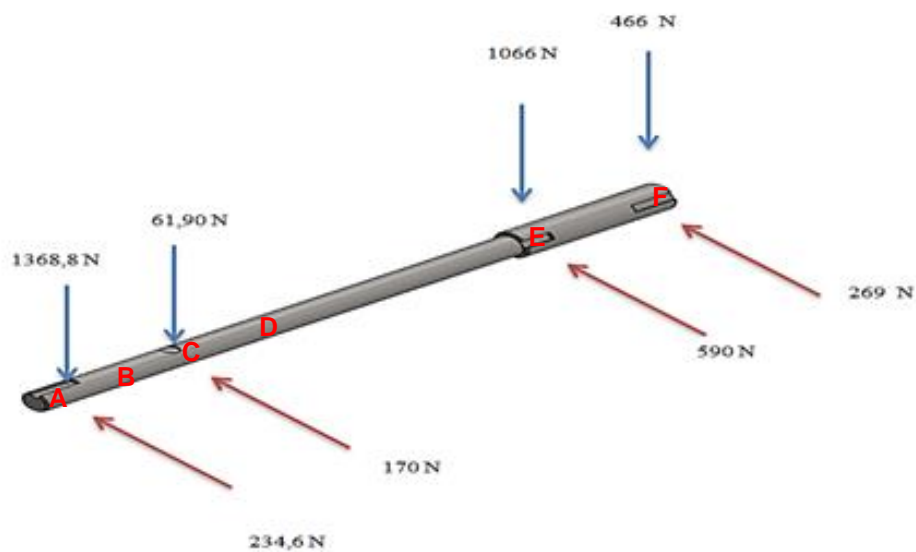


Fuente: Autor

En la figura 90 se muestra los elementos que se acoplan al eje 1 como: polea, chumaceras, rueda conductora, leva 1 y leva 2.

En la figura (91) se detallan todas las fuerzas que actúan en el eje 1, para su diseño se considerara el punto donde exista mayor esfuerzo.

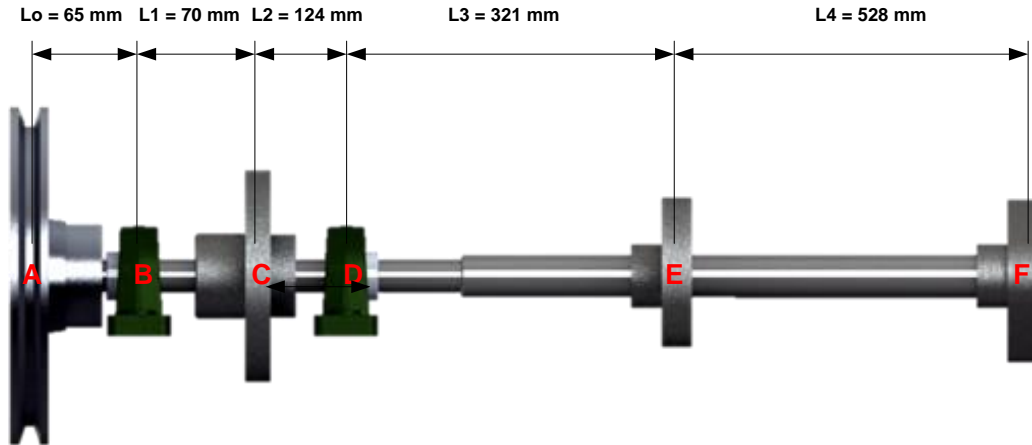
Figura 88. Fuerzas actuantes en eje 1



Fuente: Autor

4.12.1 Distancias entre cada elemento. Las fuerzas y el momento torsor se encuentran a ciertas distancias como se lo muestra en la figura 91.

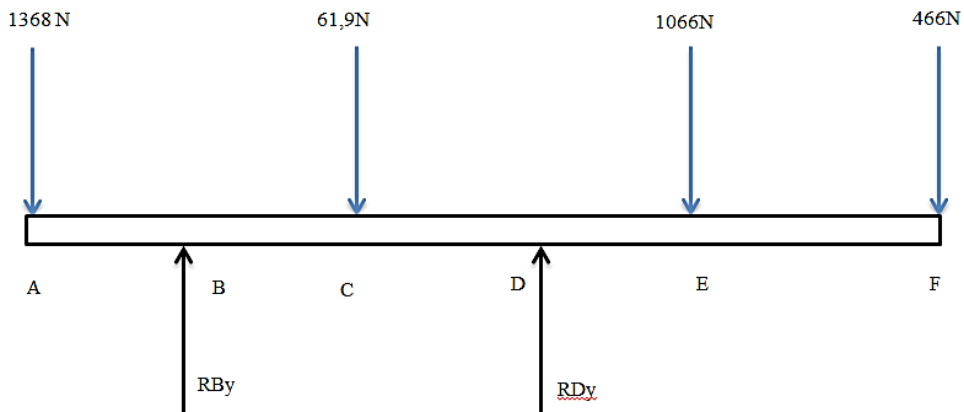
Figura 91. Distancias entre cada uno de los puntos



Fuente: Autor

Representación de fuerzas en el plano y-z.

Figura 92. Representación de fuerzas en el plano y-z

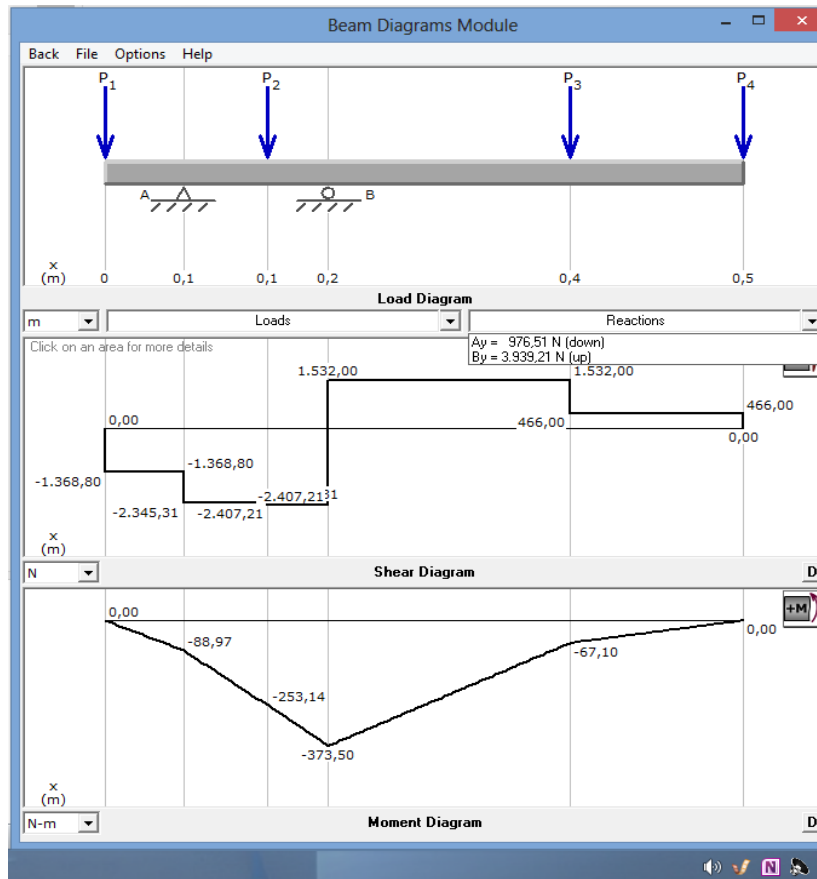


Fuente: Autor

4.12.2 Diagramas de momentos y cortante. Mediante el uso del software MDSolids 2.6 y con los datos obtenidos de las fuerzas se construyen los diagramas de momentos y cortante para cada plano.

Plano y-z del eje

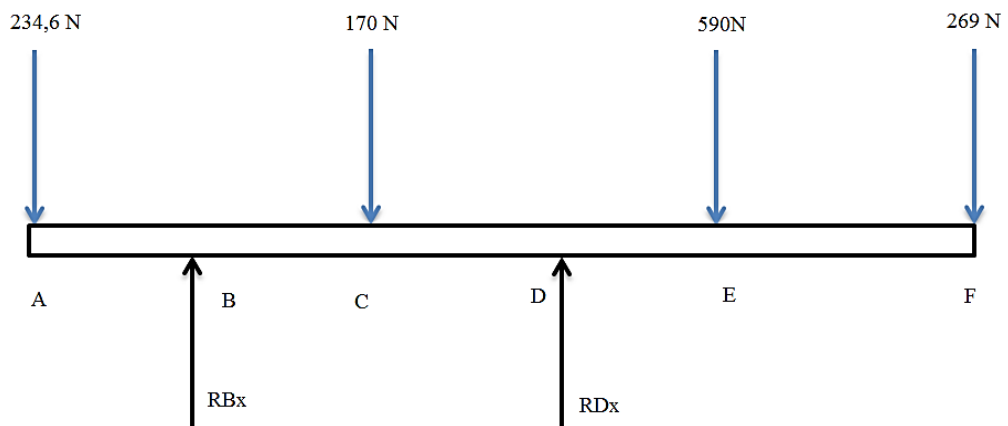
Figura 93. Diagrama de momento y cortante en el plano y-z obtenido en MDSolids



Fuente: Autor

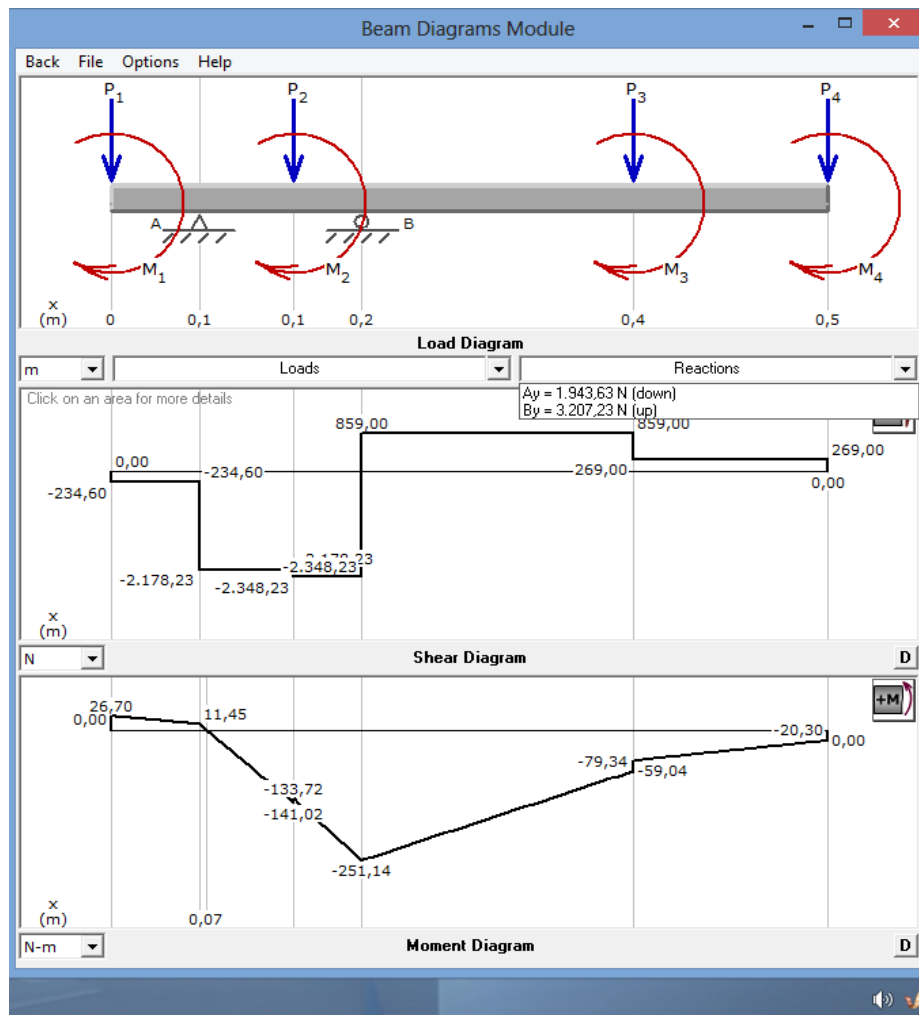
Plano x-z del eje

Figura 94. Representación de fuerzas en el plano x-z



Fuente: Autor

Figura 95. Diagrama de momentos y cortante, plano x-z del eje obtenido en MDSolids



Fuente: Autor

4.12.2.1 Momentos resultantes. Se realiza el análisis en el punto B ya que es el punto más crítico como se observa en el diagrama de momentos y cortante.

$$M_{RB} = \sqrt{M_{yz}^2 + M_{xz}^2} \quad (52)$$

$$M_{RB} = \sqrt{(373,50)^2 + (251,14)^2}$$

$$M_{RB} = 449,1 \text{ Nm}$$

En el punto E el momento resultante está dado por:

$$M_{RE} = \sqrt{M_{yz}^2 + M_{xz}^2} \quad (53)$$

$$M_{RE} = \sqrt{95,53^2 + 84,24^2}$$

$$M_{RE} = 127,36 \text{ Nm}$$

4.12.3 *Diseño estático del eje 1.* Para el diseño se realiza el análisis dónde exista el punto más crítico.

En este caso se analiza en el punto B.

$$M_{RB} = 449,5 \text{ Nm}$$

$$T_{max} = M_{T_{max}} = 26,7 \text{ Nm}$$

Aplicando la teoría de esfuerzo cortante máximo se tiene lo siguiente:

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{eq}} \quad (54)$$

Dónde:

S_y = Limite de fluencia del material.

El material a usar para el eje 1 es de un Acero Inoxidable AISI 304 se tiene:

$$S_y = 522,26 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Esta propiedad del material se verifica en el anexo E.

En base al criterio de cortante máximo:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + 4\tau_{xy}^2} \quad (55)$$

Cálculo del esfuerzo por flexión

$$\sigma_x = \frac{32M_{max}}{\pi * d^3} \quad (56)$$

$$\sigma_x = \frac{32 * 449,1}{\pi * d^3} = \frac{4574,49 \text{ Nm}}{d^3}$$

Esfuerzo por torsión

$$\begin{aligned}\tau_{xy} &= \frac{16T}{\pi * d^3} \\ \tau_{xy} &= \frac{16 * 26,7}{\pi * d^3} \\ \tau_{xy} &= \frac{135,9}{d^3}\end{aligned}\tag{57}$$

Al remplazar valores de las ecuaciones 56 y 57 en la ecuación 55 se obtiene:

$$\begin{aligned}\sigma_{eq} &= \sqrt{\left(\frac{4574,49}{d^3}\right)^2 + 4\left(\frac{135,9}{d^3}\right)^2} \\ \sigma_{eq} &\leq \frac{S_y}{n}\end{aligned}$$

Para el análisis se considera un $n=1,8$

$$\begin{aligned}\sigma_{eq} &= \frac{522,26 \times 10^6 \frac{N}{m^2}}{1,8} \\ \sigma_{eq} &= 290,14 \times 10^6 \frac{N}{m^2}\end{aligned}$$

Remplazando en la ecuación 55 y con los valores obtenidos de la ecuación 56 y 57 se tiene:

$$\begin{aligned}290,14 \times 10^6 \frac{N}{m^2} &= \sqrt{\frac{20926002}{d^6} + \frac{73875}{d^6}} \\ \left(290,14 \times 10^6 \frac{N}{m^2}\right)^2 &= \left(\sqrt{\frac{20926002}{d^6} + \frac{18468}{d^6}}\right)^2 \\ 8,418 \times 10^{16} &= \frac{20999877}{d^6} \\ d^6 &= 2,494 \times 10^{-10} \\ d &= 0,0246 \text{ m} = 24 \text{ mm}\end{aligned}$$

Este diámetro obtenido no se encuentra, por lo cual se aproxima hasta un diámetro normalizado y comercial de 1 in.

4.12.4 *Diseño a fatiga.* El diámetro seleccionado es de 1 in.

Esfuerzos en el punto B.

Flexión:

$$\begin{aligned}\sigma_{xm} &= 0 \\ \sigma_{xa} &= \frac{32M_B}{\pi * d^3} \\ \sigma_{xa} &= \frac{32 * 449,1}{\pi * 0,0254^3} \\ \sigma_{xa} &= 279 * 10^6 Pa\end{aligned}$$

Corte:

$$\begin{aligned}\tau_{xya} &= 0 \\ \tau_{xym} &= \frac{16T}{\pi * d_B^3} \\ \tau_{xym} &= \frac{16 * 26,7}{\pi * 0,0254^3} \\ \tau_{xym} &= 8,3 * 10^6 Pa\end{aligned}$$

Compresión:

$$\begin{aligned}\sigma_{fm} &= 0 \\ \sigma_{fa} &= 0\end{aligned}$$

Aplicando el criterio de Von Mises los esfuerzos equivalentes son:

$$\sigma_{eqm} = \sqrt{(\sigma_{xm})^2 + 3(\tau_{xym})^2} \quad (58)$$

$$\sigma_{eqm} = \sqrt{(0)^2 + 3(8,2 * 10^6)^2}$$

$$\sigma_{eqm} = 14 * 10^6 Pa$$

$$\sigma_{eqa} = \sqrt{(\sigma_{xa})^2 + 3(\tau_{xya})^2} \quad (59)$$

$$\sigma_{eqa} = \sqrt{(279 * 10^6)^2 + 3(0)^2}$$

$$\sigma_{eqa} = 279 \times 10^6 \text{ Pa}$$

4.12.4.1 Diseño del eje por resistencia a fatiga. El Eje está sometido a esfuerzos por flexión, se aplica lo siguiente.

Flexión:

$$Se' = 0.5Sut \quad \text{para } Sut \leq 14000 \text{ Kg /cm}^2$$

El material del eje a usar es el Acero inoxidable AISI 304 el cual tiene una resistencia mecánica de: (SHIGLEY, 2008 pág. 274)

$$Sut = 522,26 \text{ MPa}$$

Remplazando en la ecuación se tiene:

$$Se' = 0.5 * 522,26 \text{ MPa}$$

$$Se' = 261,13 \text{ MPa}$$

4.12.4.2 Límite de fatiga real. Se determina empleando la siguiente ecuación: (SHIGLEY, 2008 págs. 279-287)

$$Se = k_1 * Se' = ka * kb * kc * kd * ke * kf * Se' \quad (60)$$

Dónde:

Se' = Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria.

k_a = Factor de modificación de la condición superficial.

k_b = Factor de modificación del tamaño.

k_c = Factor de modificación de la carga.

k_d = factor de modificación de la temperatura.

k_e = Factor de confiabilidad.

k_f = Factor de modificación efectos varios.

Se' = Limite de resistencia a la fatiga.

Se = Limite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica en una parte de la máquina en la geometría y condición de uso.

El factor k_a se lo determina con la siguiente ecuación y según el anexo (F):

$$\begin{aligned}k_a &= a(Sut)^b & (61) \\k_a &= 1,58(522,26)^{-0,085} \\k_a &= 0,928\end{aligned}$$

El factor k_b se lo determina con la siguiente ecuación y según el anexo (G)

$$\begin{aligned}k_b &= 0,879d^{-0,107} & (62) \\k_b &= 0,879(1)^{-0,107} \\k_b &= 0,879\end{aligned}$$

El factor k_c se lo determina según el anexo (H)

$$k_c = 1 \text{ (flexión)}$$

El factor k_d según el anexo (I), se determina para una temperatura ambiente de 20°C

$$k_d = 1$$

El factor k_e según el anexo (J), para una confiabilidad del 90%

$$k_e = 0,897$$

El factor k_f esta dado por la ecuación (63) y según el anexo (K) se tiene

$$\begin{aligned}\frac{D}{d} &= \frac{1}{3/4} = 1,33 \\ \frac{r}{d} &= \frac{0,5}{19,05} = 0,02\end{aligned}$$

Se tiene un $k_t = 2,62$

Sensibilidad en la ranura

$$\begin{aligned}k_f &= 1 + q(k_t - 1) & (63) \\q &= 0,6\end{aligned}$$

$$k_f = 1 + 0,6(2,62 - 1)$$

$$k_f = 2$$

Remplazando valores en la ecuación 59 se obtiene:

$$Se = 522,26 \text{ MPa} * 0,928 * 0,879 * 1 * 1 * 0,897 * 2$$

$$Se = 764,26x10^6 \frac{N}{m^2}$$

Aplicando el criterio de esfuerzos combinados de Goodman se tiene que:

$$\frac{\sigma_{eqa}}{Se} + \frac{\sigma_{eqm}}{Sut} = \frac{1}{n} \quad (64)$$

$$\frac{279x10^6}{764,26x10^6} + \frac{14x10^6}{440x10^6} = \frac{1}{n}$$

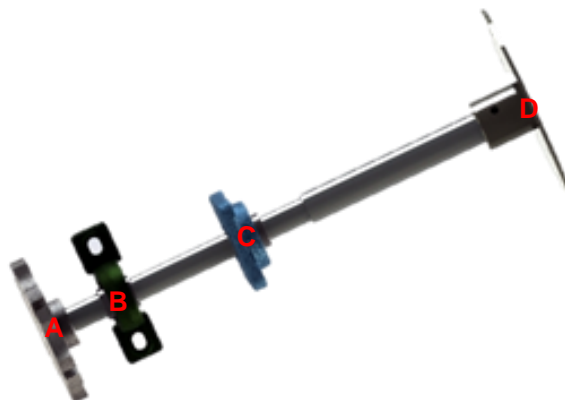
$$n = 2,4$$

Se considera para la construcción que se use en su totalidad el eje de $\varnothing=1$ in.

4.13 Diseño del eje de transmisión 2

En la figura 96 se muestra la disposición de los elementos que se acoplan al eje motriz.

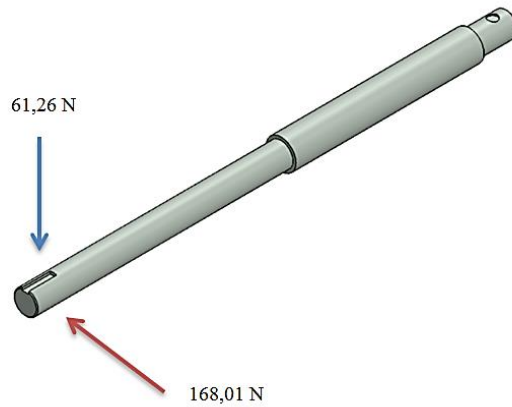
Figura 96. Eje 2 con sus elementos



Fuente: Autor

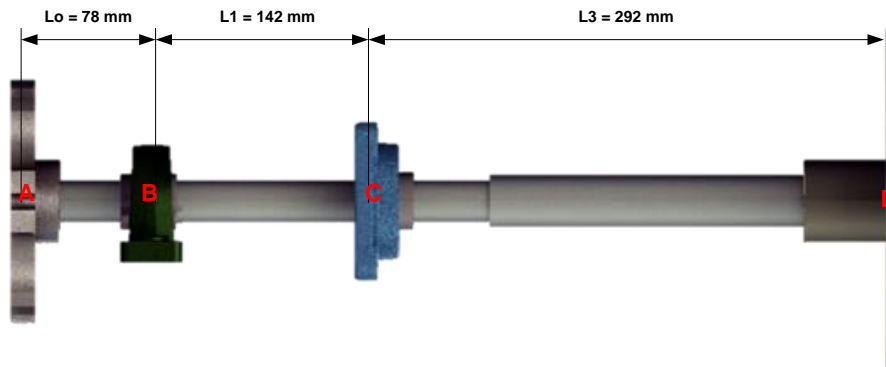
En la figura (97) se muestran todas las fuerzas que actúan en el eje 2, para el diseño del mismo se considerara el punto donde exista mayor esfuerzo.

Figura 97. Fuerzas actuantes para el diseño en el eje 2



Fuente: Autor

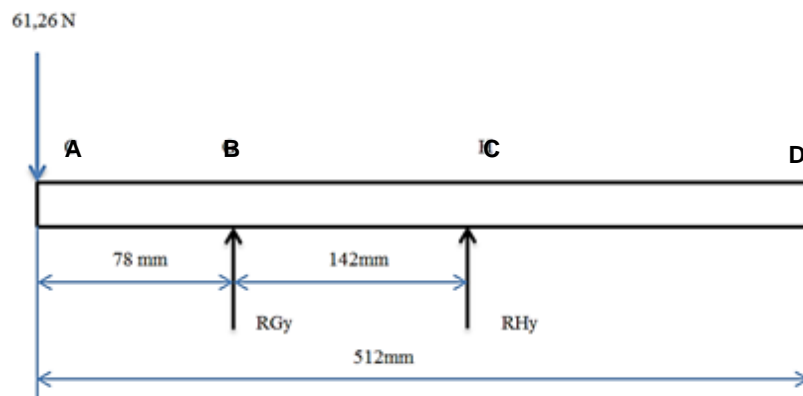
Figura 98. Distancia entre cada elemento



Fuente: Autor

Representación de fuerzas en el plano y-z

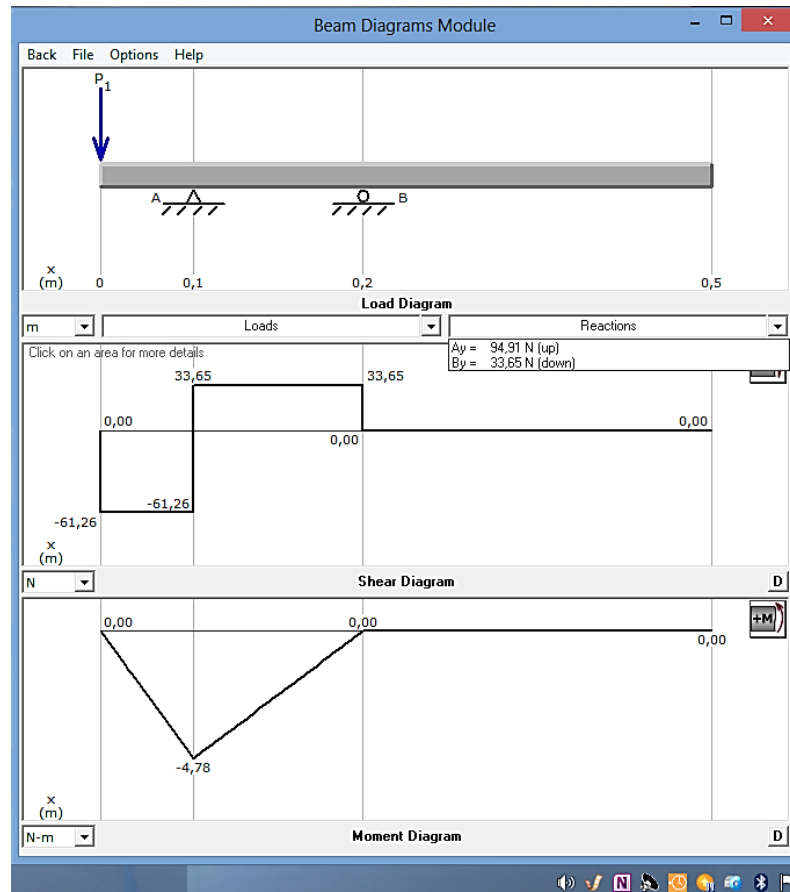
Figura 99. Representación de fuerzas y reacciones en el plano y-z



Fuente: Autor

4.13.1 *Diagramas de momentos y cortante en el eje 2.* Se realiza el mismo procedimiento del eje 1 para obtener los diagramas de momentos y cortante.

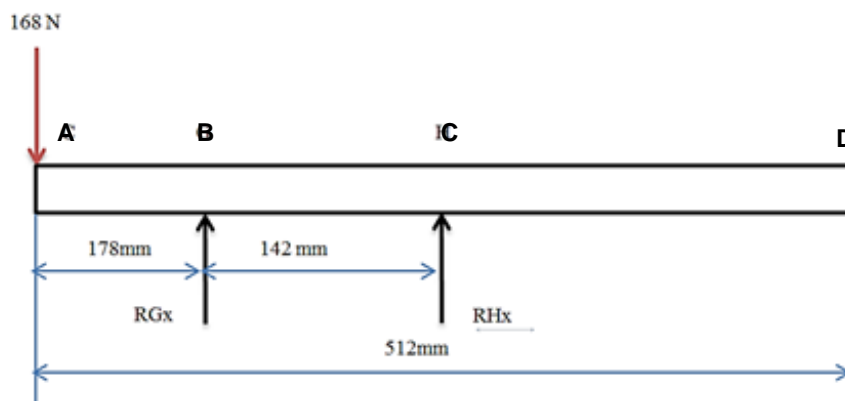
Figura 100. Diagrama de momentos y cortantes en el plano y-z obtenido en MDSolids



Fuente: Autor

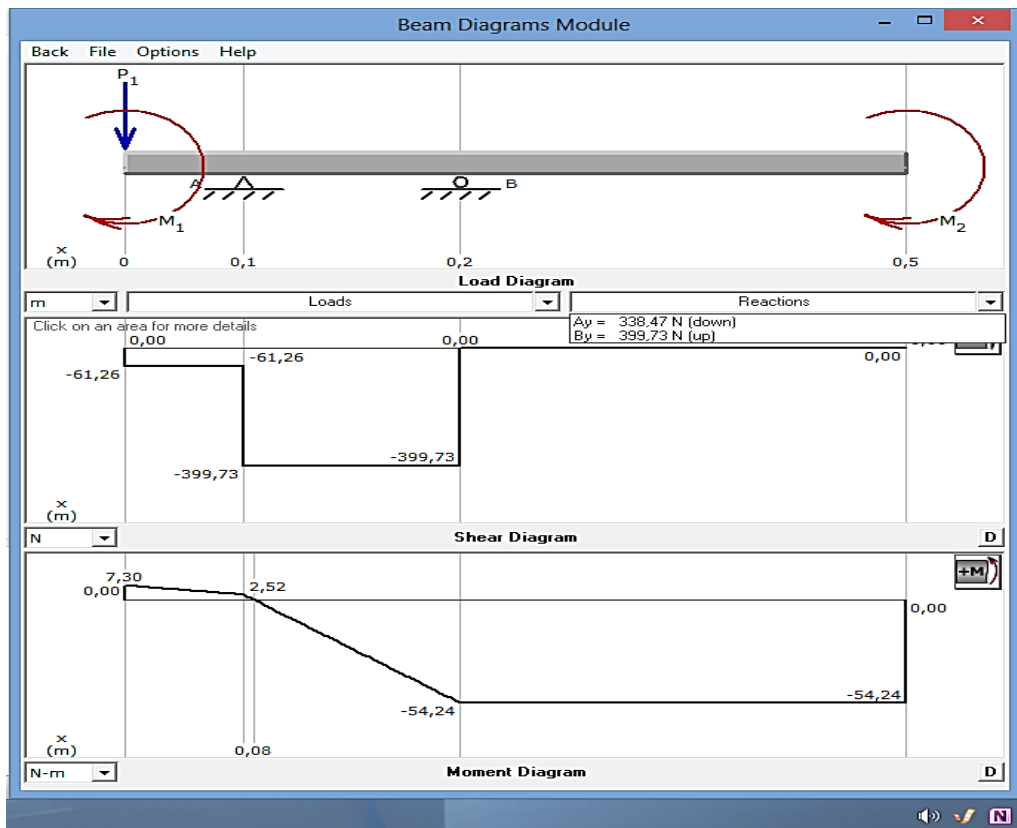
Representación de fuerzas en el plano y-z

Figura 101. Representación de fuerzas en el plano y-z



Fuente: Autor

Figura 102. Diagrama de momento y cortante en el plano x-z obtenido en MDSolids



Fuente. Autor

4.13.1.1 Momentos resultantes. Se realiza el análisis en el punto B del diagrama de momento y cortante obtenido en la figura 97.

$$M_{RB} = \sqrt{M_{yz}^2 + M_{xz}^2} \quad (65)$$

$$M_{RB} = \sqrt{(54,24)^2}$$

$$M_{RB} = 54,24 \text{ N} * \text{m}$$

4.13.2 Diseño estático del eje. El diseño se lo realiza donde exista el punto más crítico.

En este caso se analiza en el punto A del eje mostrado en el diagrama de momento y cortante.

$$M_{RA} = 54,45 \text{ Nm}$$

$$T_{max} = M_{T_{max}} = 7,35 \text{ N m}$$

Aplicando la teoría d esfuerzo cortante máximo:

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{eq}} \quad (66)$$

Dónde:

S_y = Limite de fluencia del material.

Para este eje se utiliza un acero AISI 1018, se verifica el valor de la resistencia a la fluencia en el anexo L

$$S_y = 370 \times 10^6 \frac{N}{m^2}$$

Aplicando la teoría de esfuerzo cortante máximo

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + 4\tau_{xy}^2} \quad (67)$$

Cálculo del esfuerzo por flexión

$$\begin{aligned} \sigma_x &= \frac{32M_{max}}{\pi * d^3} & (68) \\ \sigma_x &= \frac{32 * 54,45}{\pi * d^3} \\ \sigma_x &= \frac{554,62Nm}{d^3} \end{aligned}$$

Cálculo del esfuerzo por torsión

$$\begin{aligned} \tau_{xy} &= \frac{16T}{\pi * d^3} & (69) \\ \tau_{xy} &= \frac{16 * 7,35}{\pi * d^3} \\ \tau_{xy} &= \frac{37,43}{d^3} \end{aligned}$$

Al remplazar los valores en la ecuación 67 se obtiene:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\left(\frac{554,24}{d^3}\right)^2 + 4\left(\frac{37,43}{d^3}\right)^2}$$

Despejando σ_{eq} de la ecuación 65 se obtiene:

$$\sigma_{eq} = \frac{S_y}{n}$$

Para el análisis se considera un $n=4,5$

$$\sigma_{eq} = \frac{370 \times 10^6 \frac{N}{m^2}}{4,5}$$

$$\sigma_{eq} = 82 \times 10^6 \frac{N}{m^2}$$

$$82 \times 10^6 \frac{N}{m^2} = \sqrt{\frac{307181,97}{d^6} + \frac{5604,99}{d^6}}$$

$$\left(82 \times 10^6 \frac{N}{m^2}\right)^2 = \left(\sqrt{\frac{307606}{d^6} + \frac{1381,6}{d^6}}\right)^2$$

$$6,7 \times 10^{15} = \frac{312786,4}{d^6}$$

$$d^6 = 4,7 \times 10^{-11}$$

$$d = 0,019 \text{ m} = 19 \text{ mm}$$

El diámetro obtenido no se encuentra comercialmente, por lo cual se aproxima hasta un diámetro normalizado y comercial de 1 in.

4.13.3 Diseño a fatiga del eje. El diámetro seleccionado es de 1 in.

Esfuerzos en el punto A.

Flexión:

$$\sigma_{xm} = 0$$

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

$$\sigma_{xa} = \frac{32 * 54,45}{\pi * 0,0254^3}$$

$$\sigma_{xa} = 33,84 \times 10^6 \text{ Pa}$$

Corte:

$$\begin{aligned}\tau_{xya} &= 0 \\ \tau_{xym} &= \frac{16T}{\pi * d_B^3} \\ \tau_{xym} &= \frac{16 * 7,35}{\pi * 0,0254^3} \\ \tau_{xym} &= 2,3 \times 10^6 \text{ Pa}\end{aligned}$$

Compresión:

$$\begin{aligned}\sigma_{fm} &= 0 \\ \sigma_{fa} &= 0\end{aligned}$$

Se obtiene los esfuerzos equivalentes aplicando las ecuaciones 58 y 59, criterio de Von Mises.

$$\begin{aligned}\sigma_{eqm} &= \sqrt{(\sigma_{xm})^2 + 3(\tau_{xym})^2} \\ \sigma_{eqm} &= \sqrt{(0)^2 + 3(2,3 \times 10^6)^2} \\ \sigma_{eqm} &= 3,9 \times 10^6 \text{ Pa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{eqa} &= \sqrt{(\sigma_{xa})^2 + 3(\tau_{xya})^2} \\ \sigma_{eqa} &= \sqrt{(33,84 \times 10^6)^2 + 3(0)^2} \\ \sigma_{eqa} &= 33,84 \times 10^6 \text{ Pa}\end{aligned}$$

4.13.3.1 Diseño por resistencia a fatiga. Las propiedades del eje son las mismas que las del eje 1 por tanto se utiliza: (SHIGLEY, 2008 pág. 274)

$$Se' = 0.5Sut \quad \text{para } Sut \leq 14000 \text{ Kg /cm}^2$$

La resistencia a la tensión del acero AISI 1018 es:

$$Sut = 440 \text{ MPa}$$

Remplazando en la ecuación anterior se tiene:

$$Se' = 0.5 * 440MPa$$

$$Se' = 220 MPa$$

4.13.3.2 Límite de fatiga real. Para su cálculo se obtiene empleando la ecuación 60. (SHIGLEY, 2008 págs. 279-287)

$$Se = k_1 * Se' = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * k_f * Se'$$

Dónde:

Se' = Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria.

k_a = Factor de modificación de la condición superficial.

k_b = Factor de modificación del tamaño.

k_c = Factor de modificación de la carga.

k_d = Factor de modificación de la temperatura.

k_e = Factor de confiabilidad.

k_f = Factor de modificación efectos varios.

Se' = Limite de resistencia a la fatiga.

Se = Limite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica en una parte de la máquina en la geometría y condición de uso.

El factor k_a se lo determina mediante la ecuación 61 y según el anexo (F):

$$k_a = a(Sut)^b$$

$$k_a = 1,58(440)^{-0,085}$$

$$k_a = 0,949$$

El factor k_b se lo determina mediante la ecuación 62 y según el anexo (G)

$$k_b = 0,879d^{-0,107}$$

$$k_b = 0,879(1)^{-0,107}$$

$$k_b = 0,879$$

El factor k_c se lo determina según el anexo (H)

$$k_c = 1 \text{ (flexión)}$$

El factor k_d según el anexo (I)

Para una temperatura de ambiente de 20°C

$$k_d = 1$$

El factor k_e según el anexo (J)

Para una confiabilidad del 90%

$$k_e = 0,897$$

El factor k_f se obtiene mediante la ecuación (63) y según el anexo (K) se tiene:

$$\frac{D}{d} = \frac{1}{3/4} = 1,33$$
$$\frac{r}{d} = \frac{0,5}{19,05} = 0,02$$

Se tiene un $k_t = 2,62$

Sensibilidad en la ranura

$$k_f = 1 + q(k_t - 1)$$
$$q = 0,6$$
$$k_f = 1 + 0,6(2,62 - 1)$$
$$k_f = 2$$

Reemplazando valores en la ecuación 49 se tiene:

$$Se = 220 \text{ MPa} * 0,949 * 0,879 * 1 * 1 * 0,897 * 2$$
$$Se = 329,23 \times 10^6 \frac{N}{m^2}$$

Aplicando el criterio de Goodman para esfuerzos combinados, ecuación 64 se tiene que:

$$\frac{\sigma_{eqa}}{S_e} + \frac{\sigma_{eqm}}{S_{ut}} = \frac{1}{n}$$

$$\frac{33,84 \times 10^6}{329,23 \times 10^6} + \frac{3,9 \times 10^6}{440 \times 10^6} = \frac{1}{n}$$

$$n = 8$$

Se considera para la construcción que se use en su totalidad el eje de $\varnothing=1$ in.

4.14 Selección de chumaceras

Con el diámetro del eje de transmisión de 1 in se procede a seleccionar la chumacera para el punto B, el cual se selecciona un Rodamiento con soporte de pared CMB UCP205-16, sus características y dimensiones se indican en el anexo (M), además se seleccionó el tipo de rodamiento rígido con una hilera de bolas como se indica en el anexo (N)

4.14.1 Análisis a carga estática.

$$C_{O_{REQ}} = f_s * P_o \quad (70)$$

Dónde:

$C_{O_{REQ}}$ = Carga inicial requerida.

f_s = Factor e esfuerzos estáticos (1,2 para exigencias normales) ver anexo O

La carga estática equivalente P_o , se obtiene de la siguiente relación: (FAG, 2000 pág. 148).

$$\text{Para } \frac{F_a}{F_r} = \frac{1943,63 \text{ N}}{976,51 \text{ N}} \geq 0,8$$

Y para

$$\frac{F_a}{F_r} \leq 0,8 \quad \Delta \quad P_o = F_r$$

Entonces se toma la siguiente ecuación:

$$P_o = 0,6Fr + 0,5Fa$$

$$P_o = 0,6 * 976,71 N + 0,5 * 1943,63 N$$

$$P_o = 1557,84 N$$

Al remplazar en la ecuación (70) se obtiene:

$$C_{oREQ} = 1869,40 N$$

La carga estática máxima de la chumacera seleccionada es $C=7850 N$ (ver Anexo M), lo cual es mayor que $1869,40 N$, y se verifica que la selección de la chumacera es correcta.

4.14.2 Análisis a carga dinámica. Se utiliza la siguiente ecuación para rodamientos rígidos con una hilera de bolas.

$$P = x * F_r + y * F_a \quad (71)$$

Dónde:

x = Coeficiente radial del rodamiento.

F_r = Carga radial.

y = Coeficiente axial del rodamiento.

F_a = Carga axial.

El rodamiento seleccionado es de la serie 62 y de número característico del agujero es 15 por lo tanto $f_o = 14,5$ ver en el anexo (P)

Los valores de x , y dependen de la siguiente relación:

$$\frac{f_o * Fa}{C_o}$$

Entonces:

$$\frac{14,7 * 1943,63 N}{7850 N} = 3,05$$

Y se tiene un $e=0,36$

$$\frac{F_a}{F_r} < e$$
$$1,7 > 0,36$$

Se obtiene que $x=0,56$, $y=1,2$ (Anexo P)

Al remplazar los valores en la ecuación 71 se tiene:

$$P = 0,56 * 976,51 + 1,2 * 1943,63 = 2879 \text{ N}$$

4.14.2.1 Cálculo de la capacidad dinámica requerida. Para encontrar la capacidad de carga requerida se utiliza la siguiente ecuación:

$$C_d = \frac{f_l * P}{f_n} \quad (72)$$

Dónde:

f_n = Factor de velocidad.

f_l = Factor de esfuerzos dinámicos.

Utilizando la velocidad angular con la que gira el eje, se obtiene el factor de velocidad (Anexo Q).

Si $n = 12 \text{ rpm}$ $f_n = 1,4$

Se obtiene un factor de esfuerzos dinámicos en este caso, con accionamiento de un motor (Anexo R).

$$f_l = 2,5$$

Remplazando en la ecuación (72) se obtiene:

$$C_d = \frac{2,5}{1,4} * 2879$$
$$C_d = 5132,14 \text{ N}$$

$C_R = 14000 \text{ N}$ (ver Anexo M), lo cual es mayor que $5132,1 \text{ N}$, y se verifica la selección de la chumacera.

En la tabla siguiente se indica las cargas existentes para la justificación de las chumaceras seleccionadas

Tabla 31. Cargas estáticas y dinámicas requeridas en la selección de chumaceras

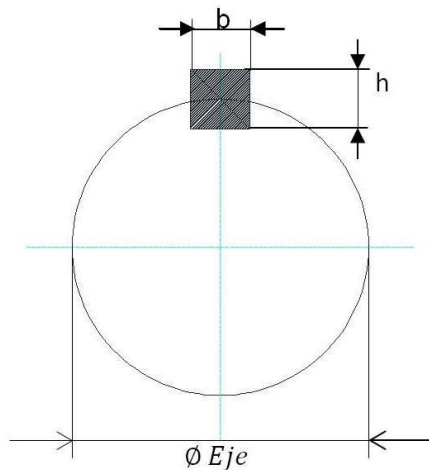
| Puntos | $\varnothing(\text{mm})$ | rpm | Chumacera | Tipo | $C_o(\text{N})$ | $C_d(\text{N})$ | Verificación |
|--------|--------------------------|-----|-----------|------------|-----------------|-----------------|--------------|
| B | 25,4 | 12 | Pared | UCP-205-16 | 1869 | 2879 | Correcto |
| C | 25,4 | 12 | Pared | UCP-205-16 | 4726 | 10808 | Correcto |
| G | 25,4 | 2 | Pared | UCP-205-16 | 270 | 817 | Correcto |
| H | 25,4 | 2 | Piso | UCP-205-16 | 260 | 1035 | Correcto |

Fuente: Autor

4.15 Selección de la chaveta

La chaveta es un elemento muy importante en el mecanismo de transmisión de fuerzas y movimiento ya que ayuda a evitar que se produzcan deslizamientos entre el eje y cada uno de los elementos, la chaveta seleccionada es paralela de sección rectangular como se indica en la figura (103).

Figura 103. Geometría de la chaveta



Fuente: Autor

h = Altura de la chaveta.

b = Ancho de la chaveta.

Con el diámetro del eje seleccionado anteriormente de $\varnothing = 1in = 25,4mm$, se selecciona las dimensiones de la chaveta con ayuda del Anexo (S).

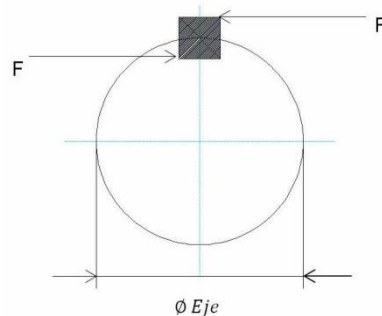
Según la norma DIN 6885, ver anexo (S), para un diámetro de eje comprendido entre 22-30 mm se selecciona una chaveta de 8x7 en dónde:

b=8 mm

h=7mm.

4.15.1 Fuerzas que actúan en la chaveta. La chaveta debe ser diseñada para que soporte las fuerzas de los elementos que actúan, las cuales producen corte.

Figura 104. Fuerzas actuantes en la chaveta



Fuente: Autor

Para determinar la fuerza F que actúa en la superficie del eje se lo realiza con la siguiente ecuación:

$$F = \frac{M_T}{(d/2)} = \frac{F_c * r}{(d/2)} \quad (73)$$

Dónde:

$$M_T = 1478 N * 0,05947 m = 87,89 Nm$$

Ya que la mayor fuerza de contacto es la que se produce en el sistema motriz del dosificador.

Se tiene que:

$$F = \frac{1478 N * 0,05947 m}{(0,0254/2)}$$

$$F = 6920 \text{ N}$$

4.15.2 *Diseño por esfuerzos cortantes.* Para su diseño se utiliza la siguiente ecuación:

$$M_T = \frac{\tau_c * b * L * d}{2} \quad (74)$$

$$\tau_c = \frac{0,5 * S_y}{n} \quad (75)$$

El material utilizado para la chaveta es de un acero estructural ASTM A 36, (varilla cuadrada), (ver anexo T), por lo tanto:

$$S_y = 36000 \frac{\text{lbs}}{\text{in}^2} = 248 \text{ MPa}$$

Se considera un factor de seguridad de $n=4$

$$\tau_c = \frac{0,5 * 248 \text{ MPa}}{4}$$

$$\tau_c = 31 \text{ MPa}$$

Remplazando en la ecuación (74) se tiene:

$$L = \frac{2 * 87,89 \text{ N m}}{31 \text{ MPa} * 0,008 \text{ m} * 0,0254 \text{ m}}$$

$$L = 27,9 \text{ mm}$$

4.15.3 *Diseño para esfuerzos por aplastamiento.* Para su diseño se usa la siguiente ecuación:

$$M_T = \frac{\tau_a * h * L * d}{4} \quad (76)$$

$$\tau_a = \frac{S_y}{n} = \frac{248 \text{ MPa}}{4} \quad (77)$$

$$\tau_a = 62 \text{ MPa}$$

Remplazando datos en la ecuación (76) se obtiene:

$$L = \frac{4 * 87,89 \text{ N m}}{62 \text{ MPa} * 0,007 \text{ m} * 0,0254 \text{ m}}$$

$$L = 31,89 \text{ mm}$$

Con las longitudes obtenidas tanto por esfuerzos de aplastamiento y esfuerzos cortantes, se consideró incrementar la longitud de la chaveta a 35mm.

Así procedemos a calcular para todas las chavetas de los elementos colocados en los ejes de transmisión:

Tabla 32. Selección de las chavetas para los elementos de los ejes

| Denominación | Diámetro eje (mm) | Dimensiones de la chaveta normalizada b * h (mm) | Material acero estructural | Sy (Mpa) | Factor de seguridad (n) | Longitud (mm) |
|-------------------------|-------------------|--|----------------------------|----------|-------------------------|---------------|
| Chaveta 1 leva | 25,4 | 8x7 | ASTM A 36 | 248 | 4 | 35 |
| Chaveta 2 Leva | 25,4 | 8x7 | ASTM A 36 | 248 | 4 | 35 |
| Chaveta 3 Polea | 19,05 | 6x6 | ASTM A 36 | 248 | 4 | 50 |
| Chaveta 4 cruz de malta | 19,05 | 6x6 | ASTM A 36 | 248 | 4 | 50 |

Fuente: Autor

La selección del material de la chaveta es correcta ya que el límite de fluencia es menor con relación al material del eje, por lo que en caso de sufrir algún desperfecto la chaveta llegara a su límite de falla, así se protegerá el eje de transmisión ya que será más complicado su sustitución en caso de fractura.

$$\begin{array}{ccc} \text{Límite de fluencia del eje} & & \text{Límite de fluencia de la chaveta} \\ 522 \text{ MPa} & \geq & 248 \text{ MPa} \end{array}$$

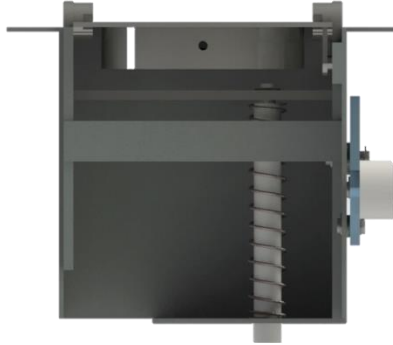
4.16 Diseño de muelles (SHIGLEY, 2008 págs. 500-519)

Para diseñar los muelles se toma en cuenta el espacio físico, condiciones y requerimientos mecánicos en la máquina donde cumplirán su funcionamiento.

4.16.1 *Diseño del muelle para las cajas donde se produce el sellado de la empanada.* El muelle para subir o regresar el mecanismo de sellado de empanada a

su posición inicial soporta fuerzas de compresión, se realiza un diseño estático por lo cual se utiliza la siguiente ecuación.

Figura 105. Muelle que actúa en la caja de sellado de empanadas



Fuente: Autor

$$\frac{8 * F * D}{\pi * d^3} * \left(1 + \frac{0.5}{C}\right) = \frac{S_{sy}}{n} \quad (78)$$

Dónde:

D = Diámetro medio del muelle

d = Diámetro del alambre

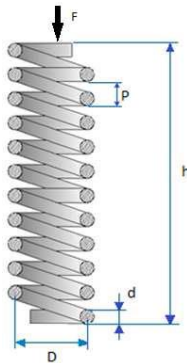
C = Índice del resorte

S_{sy} = Esfuerzo permisible a corte

n = Factor de seguridad

4.16.2 *Requerimientos que debe cumplir el muelle.* Las medidas que se muestra a continuación son las que debe acoplarse el muelle al mecanismo.

Figura 106. Muelle sometido a compresión



Fuente: Autor

Dónde:

$h = 135$ mm (altura del muelle)

$D_i = 20$ mm

$F = 5$ kgf

$X = 64.58$ mm

Cálculo del diámetro medio

$$D = (D_i + d) \quad (79)$$

$$D = (20 + d)$$

Cálculo del índice del resorte

$$C = \frac{D}{d} \quad (80)$$
$$C = \frac{20 + d}{d}$$

Esfuerzo permisible a corte

El tipo de material seleccionado para el diseño de muelle de acuerdo a las especificaciones en el anexo U, es un acero AISI 1065, alambre templado en aceite.

$$S_{sy} = 0.577 * 0.75 * \frac{A}{d^m} \quad (81)$$

Dónde:

$$A = 147 \text{ kpsi} = 103.333 \frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$$

$m = 0.187$ (exponente m ver anexo V)

d = diámetro del alambre

$$S_{sy} = 0.577 * 0.75 * \frac{103,333}{d^{0.187}}$$

$$S_{sy} = \frac{44.717}{d^{0.187}}$$

Remplazando valores en la ecuación 82 y utilizando un factor de seguridad $n = 1$ se tiene:

$$\frac{8 * F * D}{\pi * d^3} * \left(1 + \frac{0.5}{C}\right) = \frac{S_{sy}}{n} \quad (82)$$

$$\frac{8 * 5 * (20 + d)}{\pi * d^3} * \left(1 + \frac{0.5}{\frac{20 + d}{d}}\right) = \frac{44.717}{1.5}$$

$$d = 1.948 \text{ mm}$$

Para el diseño del muelle a compresión se selecciona un diámetro de alambre de 2 mm.

Cálculo de la longitud cerrada

$$L_{cerrada} = (h - L_{libre}) \quad (83)$$

Dónde:

h = Altura del muelle

L_{libre} = deformación

$$L_{cerrada} = (135 - 64.58) \text{ mm}$$

$$L_{cerrada} = 64.58 \text{ mm}$$

Cálculo del número de espiras

$$N_T = \frac{L_{cerrada}}{d} \quad (84)$$

$$N_T = \frac{64.58 \text{ mm}}{2 \text{ mm}}$$

$$N_T = 32 \text{ espiras}$$

Cálculo del paso

$$p = \frac{h}{N_T} \quad (85)$$

$$p = \frac{135 \text{ mm}}{32 \text{ espiras}}$$

$$p = 4.22 \text{ mm/espiras}$$

4.16.3 Diseño dinámico. El muelle se ensambla en la caja selladora de empanadas con una precarga de 2 kgf y operará sometido a una carga de compresión de 5 kgf. Se analiza con el diámetro calculado en el análisis estático $d = 2\text{mm}$.

Cálculo del diámetro medio de la espira

$$D = D_i - d \tag{86}$$

$$D = 20 - 2 = 18\text{mm} = 0.70866\text{in}$$

Para calcular del índice del resorte se reemplazando valores en la ecuación 80, se obtiene:

$$C = \frac{0.70866\text{in}}{0.0787\text{in}} = 9$$

Cálculo de K_B (factor de Bergstrasser)

$$K_B = \frac{4C + 2}{4C - 3} \tag{87}$$

$$K_B = \frac{4 * 9 + 2}{4 * 9 - 3} = 1.15$$

Cálculo de la fuerza máxima y mínima

$$F_a = \frac{F_{max} - F_{min}}{2} \tag{88}$$

$$F_a = \frac{5 - 2}{2} = 1.5 \text{ kgf} = 3.3075 \text{ lbf}$$

$$F_m = \frac{F_{max} + F_{min}}{2} \tag{89}$$

$$F_m = \frac{5 + 2}{2} = 3.5 \text{ kgf} = 7.7175 \text{ lbf}$$

Cálculo de la componente alternante de esfuerzo cortante

$$\tau_a = K_B \frac{8 * F_a * D}{\pi * d^3} \quad (90)$$

$$\tau_a = 1.15 \frac{8 * 3.3075 * 0.708}{\pi * 0.0787^3}$$

$$\tau_a = 14.068 \text{ Kpsi}$$

Cálculo de la componente media de esfuerzo

$$\tau_m = K_B \frac{8 * F_m * D}{\pi * d^3} \quad (91)$$

$$\tau_m = 1.15 \frac{8 * 7.7175 * 0.708}{\pi * 0.0787^3}$$

$$\tau_m = 32.8264 \text{ Kpsi}$$

Cálculo de la resistencia última a la tensión

$$S_{ut} = \frac{A}{d^m} \quad (92)$$

$$S_{ut} = \frac{201 \text{ Kpsi}}{0.0787^{0.145}}$$

$$S_{ut} = 290.58 \text{ Kpsi}$$

Cálculo de la resistencia última al corte

$$S_{su} = 0.67 S_{ut} \quad (93)$$

$$S_{su} = 0.67 * 290.58 \text{ Kpsi}$$

$$S_{su} = 194.68 \text{ Kpsi}$$

Pendiente de la recta

$$r = \frac{\tau_a}{\tau_m} \quad (94)$$

$$r = \frac{14.068 \text{ Kpsi}}{32.826 \text{ Kpsi}}$$

$$r = 0.4285$$

Cálculo de la ordenada de Gerber para datos de Zimmerli según el criterio de falla de Goodman.

- Las componentes de la resistencia a la fatiga de vida infinita para el diseño de muelles son: (SHIGLEY, 2008 pág. 518).

Sin martillar:

$$S_{sa} = 35 \text{ kpsi (241MPa)} \quad S_{sm} = 55 \text{ kpsi (379 Mpa)}$$

Martillado:

$$S_{sa} = 57.5 \text{ kpsi (398MPa)} \quad S_{sm} = 77.5 \text{ kpsi (534 Mpa)}$$

Se selecciona las componentes para un muelle sin martillar y reemplazando en la ecuación 95 se obtiene:

$$S_{se} = \frac{S_{sa}}{1 - \left(\frac{S_{sm}}{S_{su}}\right)^2} \quad (95)$$

$$S_{se} = \frac{35}{1 - \left(\frac{55}{194.68}\right)^2}$$

$$S_{se} = 35.05 \text{ Kpsi}$$

Cálculo de la componente de amplitud de la resistencia del muelle

$$S_{sa} = \frac{r^2 S_{su}^2}{2 S_{se}} \left[-1 + \sqrt{1 + \left(\frac{2 S_{se}}{r S_{su}}\right)^2} \right] \quad (96)$$

$$S_{sa} = \frac{0.4285^2 * 194.68^2}{2 * 35.05} \left[-1 + \sqrt{1 + \left(\frac{2 * 35.05}{0.480 * 194.68}\right)^2} \right]$$

$$S_{sa} = 24.8175 \text{ kpsi}$$

Y el factor de seguridad a la fatiga está determinado por:

$$n_f = \frac{S_{sa}}{\tau_a} \quad (97)$$

$$n_f = \frac{24.8175 \text{ kpsi}}{14.068 \text{ kpsi}}$$

$$n_f = 1.8$$

4.16.4 *Diseño de muelle para accionamiento del dosificador.* Se realiza los mismos pasos del muelle anterior ya que ambos están sometidos a cargas de compresión y a fatiga.

4.16.5 *Requerimientos que debe cumplir el muelle.* El dato necesario para su diseño se muestra a continuación.

$h = 105\text{mm}$ (Altura del muelle)

$D_i = 33\text{ mm}$

$F = 20\text{ Kg} = 44.1\text{ lbf}$

$x = 60\text{ mm}$

4.16.6 *Diseño estático.* En la tabla 33 se muestra los resultados obtenidos para el diseño del resorte.

Tabla 33. Diseño del resorte a compresión, análisis estático

| | Formula | Resultado |
|--|---|-------------------------------------|
| Diámetro medio | $D = (D_i + d)$ | $D = (33 + d)$ |
| Índice del resorte | $C = \frac{D}{d}$ | $C = \frac{(33 + d)}{d}$ |
| Esfuerzo permisible a corte $A = 147\text{ kpsi} = 103.333 \frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$ $m = 0.187$ (exponente m ver anexo xx) | $S_{sy} = 0.577 * 0.75 * \frac{A}{d^m}$ | $S_{sy} = \frac{44.717}{d^{0.187}}$ |
| Cálculo del diámetro $n = 1.6$ | $\frac{8 * F * D}{\pi * d^3} * \left(1 + \frac{0.5}{C}\right) = \frac{S_{sy}}{n}$ | $d = 2.991\text{ mm}$ |
| Longitud cerrada | $L_{cerrada} = (h - L_{libre})$ | $L_{cerrada} = 45\text{ mm}$ |
| Número de espiras | $N_T = \frac{L_{cerrada}}{d}$ | $N_T = 15\text{ espiras}$ |
| Cálculo del paso | $p = \frac{h}{N_T}$ | $p = 7\text{ mm/espiras}$ |

Fuente: (SHIGLEY, 2008 págs. 500-519)

Con resultados obtenidos se requiere un muelle con diámetro de alambre de 3 mm.

4.16.7 *Diseño dinámico a fatiga.* En la tabla 34 se muestra el resultado del análisis dinámico. Para el diseño el muelle es ensamblado en el semicilindro de protección con una precarga de 1 kg y una fuerza de compresión de 20 kg.

Tabla 34. Diseño dinámico a fatiga

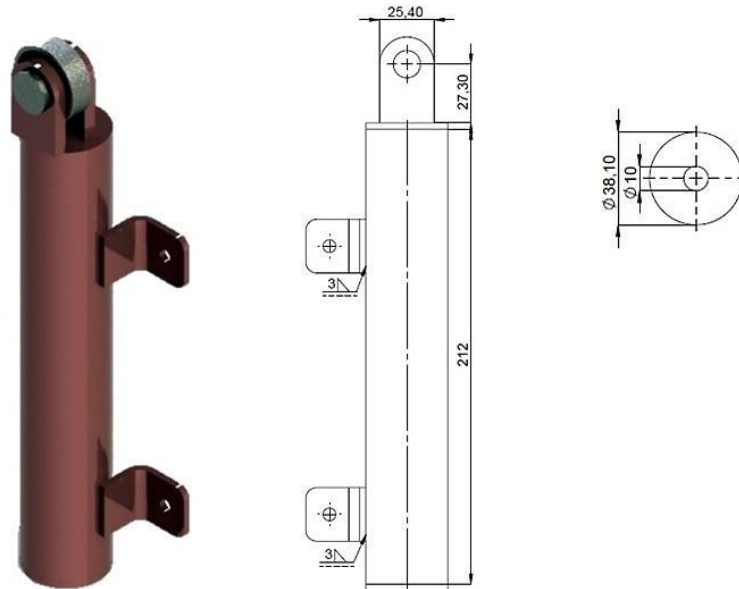
| Descripción de cálculo | Fórmula | Resultado |
|--|--|---|
| Diámetro medio de la espira | $D = (D_i - d)$ | $D = 30 \text{ mm} = 1.18 \text{ in}$ |
| Índice del resorte | $C = \frac{D}{d}$ | $C = \frac{1.18 \text{ in}}{0.118 \text{ in}} = 10$ |
| Cálculo de K_B (factor de Bergstrasser) | $K_B = \frac{4C + 2}{4C - 3}$ | $K_B = 1.135$ |
| Cálculo de la fuerza máxima y mínima | $F_a = \frac{F_{max} - F_{min}}{2}$ | $F_a = 20.947 \text{ lbf}$ |
| | $F_m = \frac{F_{max} + F_{min}}{2}$ | $F_m = 23.1525 \text{ lbf}$ |
| Cálculo de la componente alternante de esfuerzo cortante | $\tau_a = K_B \frac{8 * F_a * D}{\pi * d^3}$ | $\tau_a = 43.48 \text{ Kpsi}$ |
| Cálculo de la componente media de esfuerzo | $\tau_m = K_B \frac{8 * F_m * D}{\pi * d^3}$ | $\tau_m = 48.058 \text{ Kpsi}$ |
| Cálculo de la resistencia última a la tensión | $S_{ut} = \frac{A}{d^m}$ | $S_{ut} = 274.01 \text{ Kpsi}$ |
| Cálculo de la resistencia última al corte | $S_{su} = 0.67S_{ut}$ | $S_{su} = 183.589 \text{ Kpsi}$ |
| Pendiente de la recta | $r = \frac{\tau_a}{\tau_m}$ | $r = 0.904$ |
| Cálculo de la ordenada de Gerber para datos de Zimmerli según el criterio de falla de Goodman Sin martillar: $S_{sa} = 35 \text{ kpsi (241MPa)}$ $S_{sm} = 55 \text{ kpsi (379 Mpa)}$ | $S_{se} = \frac{S_{sa}}{1 - \left(\frac{S_{sm}}{S_{su}}\right)^2}$ | $S_{se} = 30.45 \text{ Kpsi}$ |
| Cálculo de la componente de amplitud de la resistencia del muelle | $S_{sa} = \frac{r^2 S_{su}^2}{2 S_{se}} \left[-1 + \sqrt{1 + \left(\frac{2 S_{se}}{r S_{su}}\right)^2} \right]$ | $S_{sa} = 29.398 \text{ kpsi}$ |
| Factor de seguridad a la fatiga | $n_f = \frac{S_{sa}}{\tau_a}$ | $n_f = 1.7$ |

Fuente: (SHIGLEY, 2008 págs. 500-519)

4.17 Diseño del soporte de la mesa principal

La figura 107 muestra las características geométricas del diseño del soporte.

Figura 107. Soporte de la mesa principal



Fuente: Autor

Para su diseño se lo realiza en base a la carga que tiene que soportar el cuál es el peso de la mesa principal ensamblada con todas las cajas, $P_T = 44.44$ Kg, número de soportes 4, más el eje principal.

El soporte de la mesa principal es de acero inoxidable AISI 304, sus propiedades mecánicas son las siguientes: (Anexo W).

Resistencia a la fluencia 310 MPa (45 KSI)

Resistencia máxima 620 MPa (90 KSI)

Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)

$$A = \pi \left(\frac{D^2}{4} - \frac{d^2}{4} \right) \quad (98)$$

$$A = \pi \left(\frac{3.81^2}{4} - \frac{3.51^2}{4} \right)$$

$$A = 1.724 \text{ cm}^2 = 0.0001724 \text{ m}^2$$

El radio de giro está dado por la siguiente ecuación:

$$r_g = \sqrt{\frac{D^2 + d^2}{16}} \quad (99)$$

$$r_g = \sqrt{\frac{3.81^2 + 3.51^2}{16}} = 1.295 \text{ cm}$$

Para utilizar como columna se tiene un extremo empotrado – libre entonces:

$L_p = L = 21.2 \text{ cm}$. (Ver anexo X)

$$\lambda = \frac{2 * L_p}{r_g} \quad (100)$$

$$\lambda = \frac{2 * 21.2 \text{ cm}}{1.295 \text{ cm}} = 32.74$$

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{2 * \pi^2 * E}{S_y}} \quad (101)$$

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{2 * \pi^2 * (2 \times 10^{11} \text{ Pa})}{S_y}} = 112.8493$$

Debido a que $\lambda < \lambda_0$ se usa la ecuación de Johnson

$$\frac{P_{crit}}{A} = S_y - a * \lambda^2 \quad (102)$$

Donde a es una constante q se determina por:

$$a = \left(\frac{S_y}{2 * \pi} \right)^2 * \frac{1}{E} \quad (103)$$

$E = 200 \text{ GPa}$. (Anexo T)

$$a = \left(\frac{310 \times 10^2}{2 * \pi} \right)^2 * \frac{1}{2 \times 10^{11} \text{ Pa}}$$

$$a = 12171.20$$

Remplazando en la ecuación 86 se obtiene la fuerza crítica q soportaría la columna o soporte de la mesa

$$P_{crit} = 0.0001724 \text{ m}^2 (310 \times 10^6 \text{ Pa} - (12171 * 32.74^2))$$

$$P_{crit} = 51194.8 \text{ N} = 5223.9 \text{ Kgf}$$

La fuerza máxima que puede aplicarse a la columna es de 5223.9 Kgf.

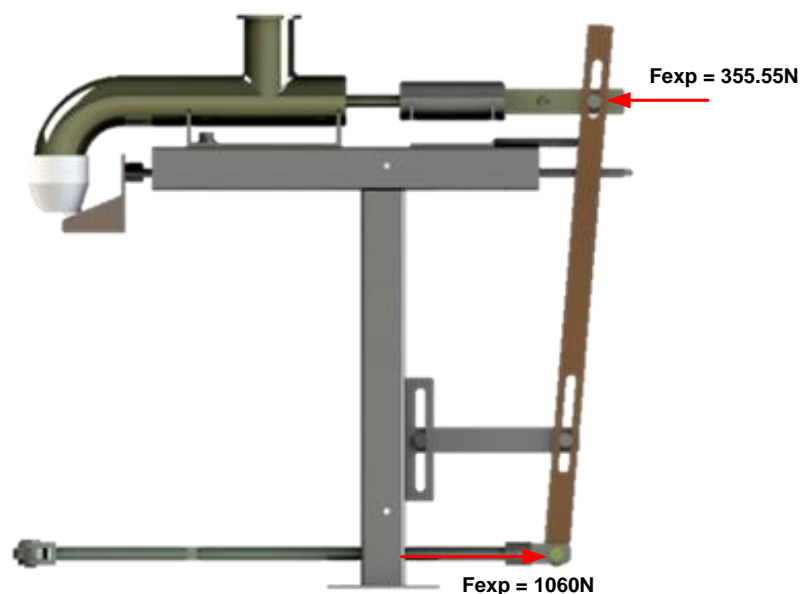
4.18 Diseño del eslabón para el mecanismo de dosificación

Éste elemento es el más largo de los eslabones y es el que está sometido a mayor carga y esfuerzos, para su mayor resistencia se selecciona el material acero inoxidable AISI 304, el cual se utilizara para todos los mecanismos.

Analizado la fuerza que se obtuvo experimentalmente como se detalla en la figura 71 y determinado las fuerzas que actuaran en el eslabón, se realiza el análisis de esfuerzos mediante el software SolidWorks para verificar su resistencia.

La geometría y disposición del eslabón en el sistema dosificador se muestra en la figura 108.

Figura 108. Disposición geométrica y fuerzas en el eslabón



Fuente: Autor

4.18.1 Procedimiento de simulación de esfuerzos en el eslabón. En la figura 109 se muestra el análisis con las fuerzas aplicadas y la generación del mallado sobre el elemento.

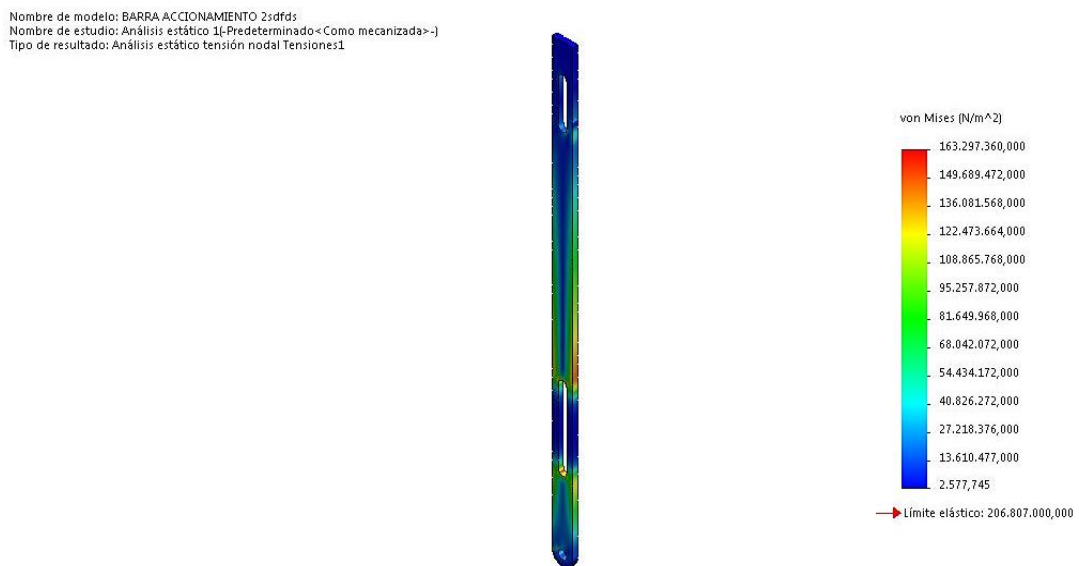
Figura 109. Generación del mallado y aplicación de fuerzas



Fuente: Autor

4.18.2 Generación de resultados. El análisis de esfuerzos se lo realiza utilizando el método de Von Mises, obteniéndose un resultado que se muestra en la figura 110.

Figura 110. Esfuerzo resultante en el eslabón obtenido mediante solidworks



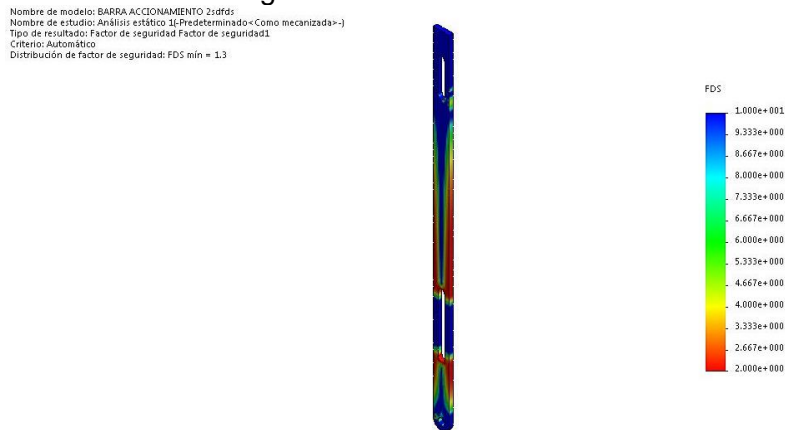
Fuente: Autor

El esfuerzo máximo obtenido es de: $\sigma = 1666,29 \frac{Kg}{cm^2}$

Se comprueba la resistencia del eslabón ya que la resistencia mecánica del acero inoxidable AISI 304 es de: $5300 \frac{Kg}{cm^2}$ (ver anexo E).

El factor de seguridad para el eslabón mediante el análisis se muestra en la figura 111.

Figura 111 Factor de seguridad en el eslabón obtenido en solidworks



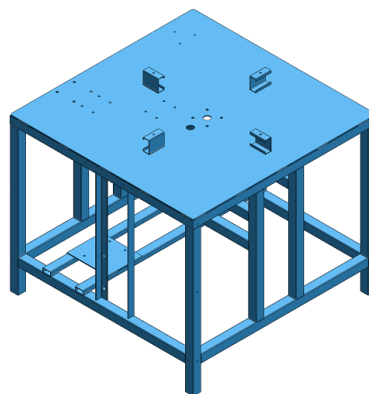
Fuente: Autor

Del resultado del análisis se obtuvo un factor de seguridad máximo de $n = 10$ y un mínimo de $n = 2$.

4.19 Diseño de la estructura

La estructura de la máquina elaboradora de empanadas debe estar diseñada de manera que soporte el peso de todos sus elementos que la conforma.

Figura 112. Geometría de la estructura

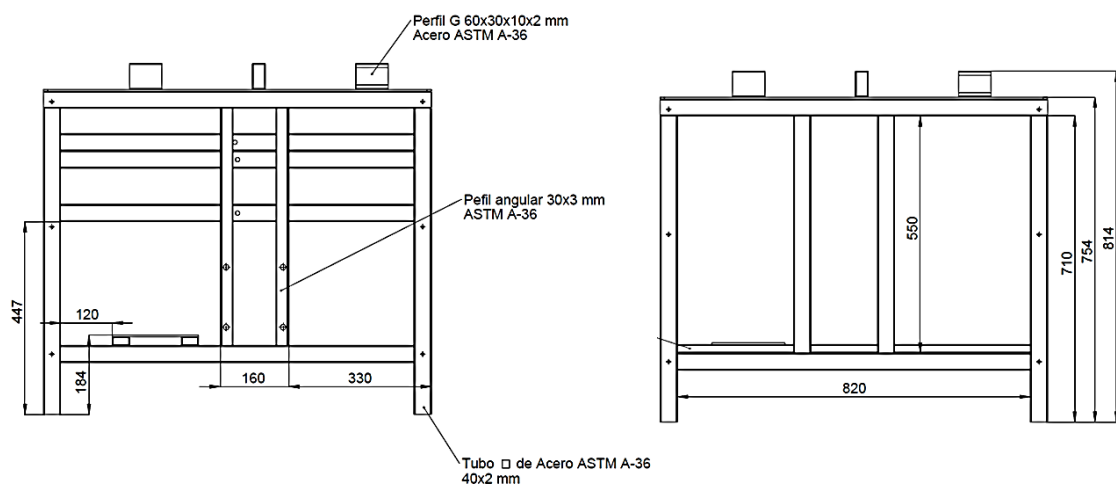


Fuente: Autor

4.19.1 Características geométricas de la estructura. Ésta podría construirse en acero estructural para disminuir costos en relación con el acero inoxidable, ya que el proceso de soldabilidad es más fácil y con bajo costo, otra característica del uso de acero estructural es porque el alimento no entra en contacto directo con la estructura, no es necesario construirla en acero inoxidable, una consideración muy importante que se debe realizar es darle un recubrimiento con un antioxidante para dar mayor protección y luego una capa de pintura de buena calidad. Los tipos de perfiles a utilizarse son:

- Tubo cuadrado de 40x2 mm acero ASTM A-36
- Perfil rectangular de 40x40x2 mm acero ASTM A-36
- Perfil angular 30x3 mm acero ASTM A-36
- Plancha de 4 mm de espesor acero ASTM A-36
- Perfil G 60x30x10x2 mm acero ASTM A-36

Figura 113. Dimensiones de la estructura

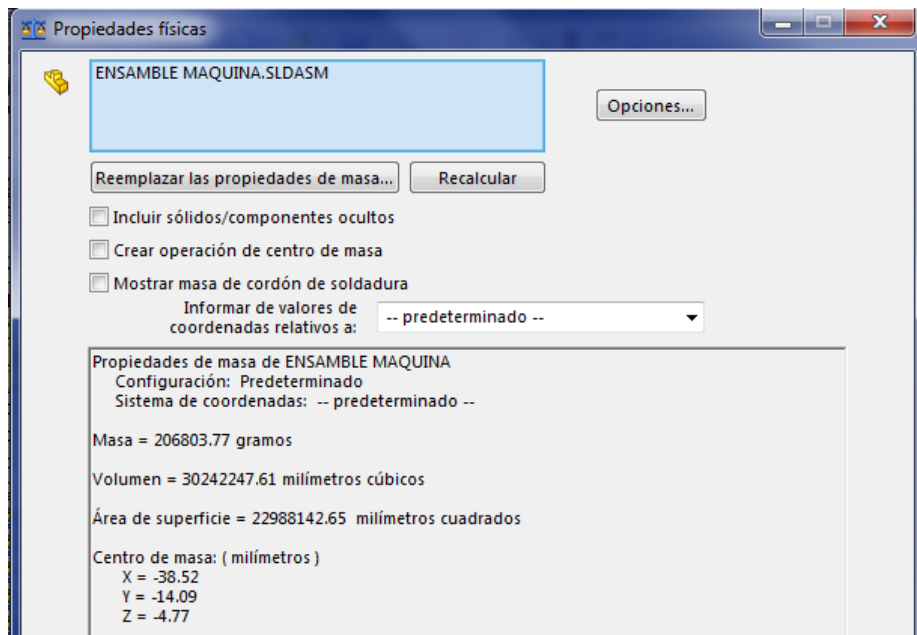


Fuente: Autor

Para verificar si los elementos de la estructura resisten se realiza un análisis estático mediante la utilización del software ANSYS.

El análisis se lo realiza en base a todo el peso que soportara la estructura, tomando en cuenta todos sus elementos y el propio peso de la misma, sus propiedades de masa se muestra en la figura 114.

Figura 114. Propiedades de masa de la máquina obtenida en solidworks



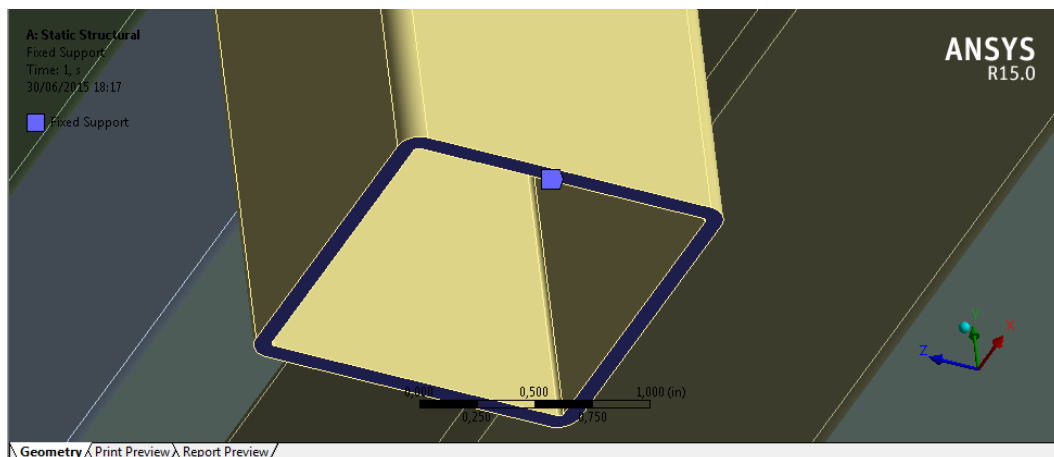
Fuente: Autor

La estructura estará diseñada para soportar una carga de 206,80 kgf.

4.19.2 Procedimiento de simulación estática. Mediante el software ANSYS se realiza el análisis de esfuerzos obteniéndose así el esfuerzo máximo y mínimo, su deformación y el factor de seguridad. El procedimiento y generación de resultados se detalla a continuación.

Se marca los apoyos o contactos los cuales son 4

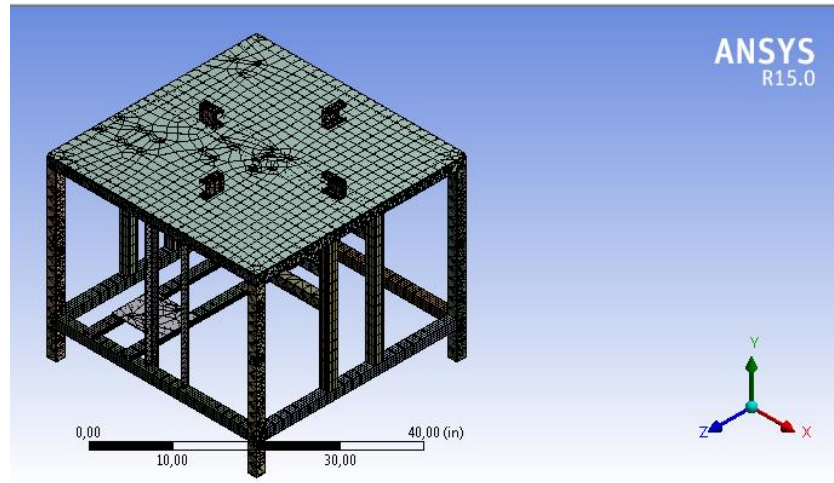
Figura 115. Apoyos de la estructura mediante ANSYS



Fuente: Autor

Generación de la malla (MESH), el mallado es la división de todo el cuerpo en elementos finitos, una uniformidad en el mallado permite generar mejores resultados, las deformidades se presentan donde hay perforaciones.

Figura 116. Generación del mallado mediante ANSYS



Fuente: Autor

Las propiedades del material son asignadas desde el diseño de la estructura que se realizó en el software solidwork

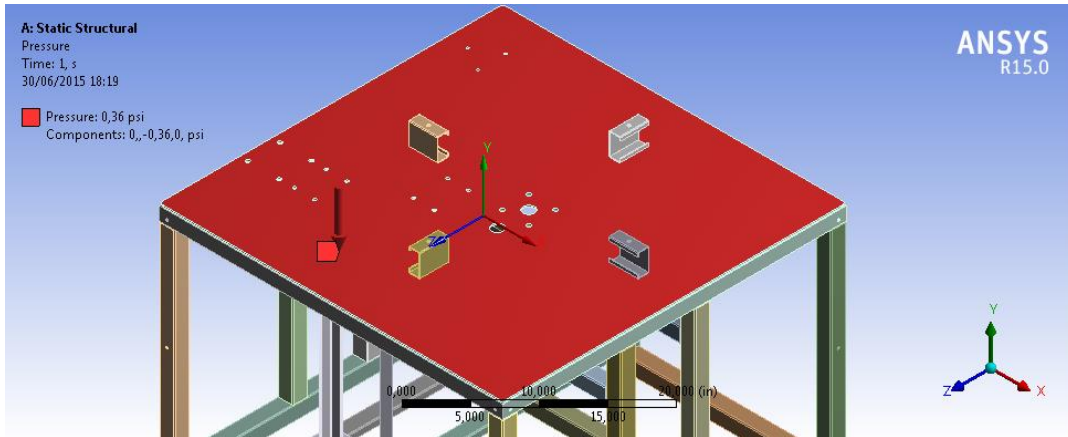
Figura 117. Propiedades del material en la estructura obtenidas en ANSYS

| Engineering Data Sources | | | |
|---|---|-------------|--|
| A | B | C | D |
| 1 | Data Source | Location | Description |
| 2 | Favorites | | Quick access list and default items |
| 3 | General Materials | | General use material samples for use in various analyses. |
| 4 | General Non-linear Materials | | General use material samples for use in non-linear analyses. |
| Outline of Favorites | | | |
| Properties of Outline Row 4: Structural Steel | | | |
| A | B | C | |
| 1 | Property | Value | Unit |
| 2 | Density | 7850 | kg m ⁻³ |
| 3 | Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion | | |
| 6 | Isotropic Elasticity | | |
| 7 | Derive from | Young's ... | |
| 8 | Young's Modulus | 2E+11 | Pa |
| 9 | Poisson's Ratio | 0,3 | |
| 10 | Bulk Modulus | 1,6667E+11 | Pa |
| 11 | Shear Modulus | 7,6923E+10 | Pa |
| 12 | Alternating Stress Mean Stress | Tabular | |
| 16 | Strain-Life Parameters | | |
| 17 | Display Curve Type | Strain-Life | |
| 18 | Strength Coefficient | 9,2E+08 | Pa |
| 19 | Strength Exponent | -0,106 | |
| 20 | Ductility Coefficient | 0,213 | |
| 21 | Ductility Exponent | -0,47 | |
| 22 | Cyclic Strength Coefficient | 1E+09 | Pa |
| 23 | Cyclic Strain Hardening Exponent | 0,2 | |
| 24 | Tensile Yield Strength | 2,5E+08 | Pa |
| 25 | Compressive Yield Strength | 2,5E+08 | Pa |
| 26 | Tensile Ultimate Strength | 4,6E+08 | Pa |

Fuente. Autor

La aplicación de la carga se la realiza mediante fuerzas distribuidas sobre toda la plancha, el tipo aplicado para su análisis es mediante presión.

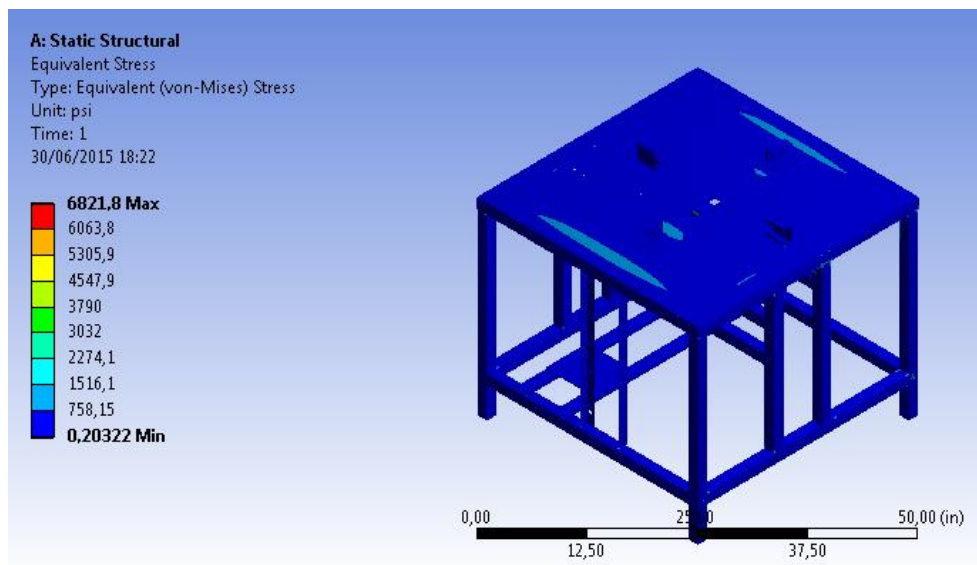
Figura 118. Aplicación de carga en la estructura mediante ANSYS



Fuente: Autor

Obtención de esfuerzos

Figura 119. Esfuerzo máximo y mínimo resultante obtenido en ANSYS

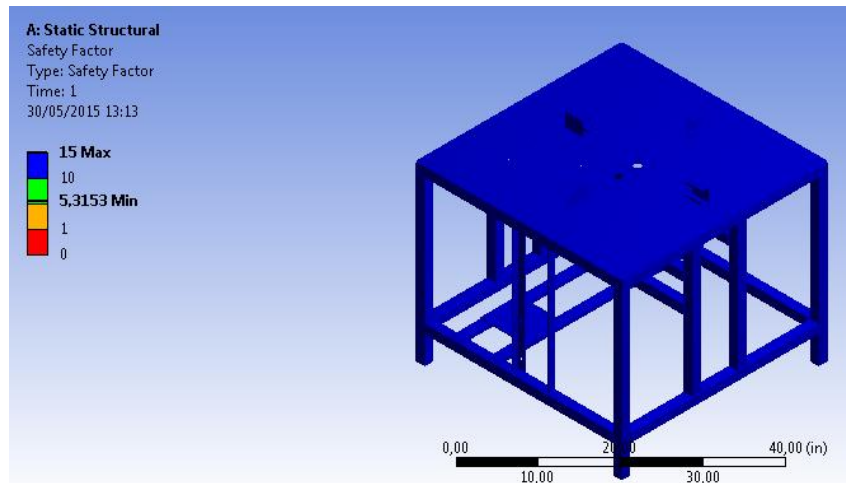


Fuente: Autor

El esfuerzo máximo en la estructura es de $\sigma = 6821,8 \frac{lb_f}{in^2}$, el material utilizado es acero estructural ASTM A 36 como se detalló anteriormente por lo tanto el límite de fluencia de material es de $36000 \frac{lb_f}{in^2}$.

Coeficiente de seguridad

Figura 120. Coeficiente de seguridad de la estructura obtenido en ANSYS

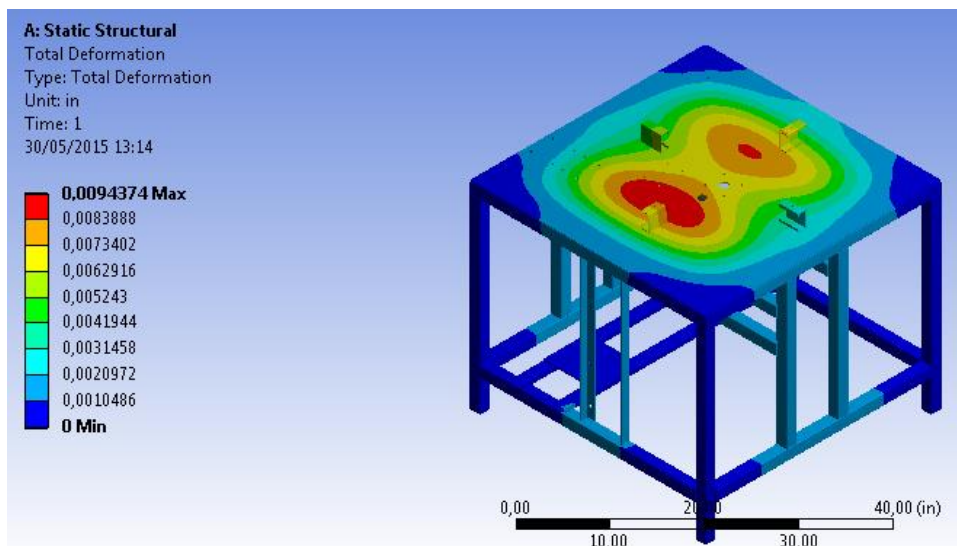


Fuente: Autor

El coeficiente de seguridad mínimo obtenido en el análisis es de $n = 5,3153$ y un máximo de $n = 15$.

Análisis de deformaciones en la estructura

Figura 121. Deformaciones en la estructura obtenidas en ANSYS



Fuente: Autor

La deformación máxima producida en el centro de la plancha es de $\delta = 0,21 \text{ mm}$.

De acuerdo a los análisis obtenidos, el diseño de la estructura cumple con las condiciones de resistencia sin presentarse ninguna falla.

4.20 Diseño del circuito eléctrico.

La máquina para su correcto funcionamiento requiere de un motor para la cual se debe diseñar un circuito para su arranque, durante el funcionamiento, al apagarlo y por posibles aumentos de voltaje en la línea de alimentación.

El diseño consta de un circuito de control y un circuito de potencia que funcione con una fuente de 110V, condición del auspiciante. En la tabla 36 se muestra las características del motor seleccionado en el numeral 4.10 las mismas que permiten seleccionar los elementos que forman parte del circuito de control.

Tabla 35. Características de funcionamiento del motor seleccionado

| | |
|--|---------------------------|
| Motor eléctrico marca WEG monofásico de 3/4 HP | Voltaje = 110V |
| | Frecuencia = 60 Hz |
| | Corriente nominal = 0.5 A |

Fuente: Placa del motor

Para la caja de control se requiere de los siguientes elementos de la tabla 37.

Tabla 36. Elementos eléctricos

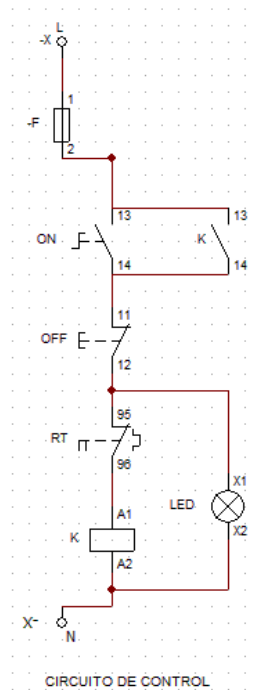
| Cantidad | Código | Descripción del elemento |
|----------|----------|---|
| 1 | B-19981 | Contactora fuerza 9A 2HP 110V GMC9 LG |
| 1 | B-2030 | Térmico 16-22A MT32/3K LS GTK-22 |
| 1 | FPB-EA1 | Pulsador 22mm monobloq VERDE CAMSCO |
| 1 | FPB-EA2 | Pulsador 22mm 1NC ROJO CAMSCO |
| 1 | AD1622DS | Luz piloto 22mm VERDE 110V CAMSCO |
| 3 | | Conductor Cu gemelo SPT # 2x12 CABLEC |
| 2 | | Conductor Cu Flexible #16 ROJO CABLEC |
| 1 | 486 | Enchufe 2 patas reforzado 15A 110V COOPER |

Fuente: Autor

Seleccionado los elementos del circuito se realiza el diagrama de control y potencia en el programa CADe_SIMU.

4.20.1 Circuito de control. Cumple la función de accionar o encender el motor mediante los pulsadores de encendido y apagado.

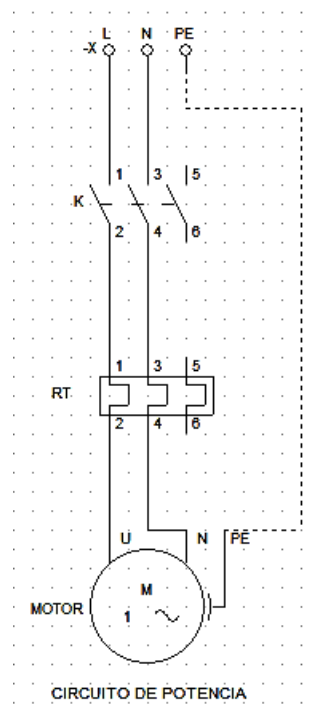
Figura 122. Circuito de control



Fuente: (TIRIRA, 2014)

4.20.2 *Circuito de potencia o de fuerza.* Permite el paso de corriente para el encendido del motor.

Figura 123. Circuito de potencia (Circuito de fuerza)



Fuente: (TIRIRA, 2014)

4.20.3 Funcionamiento. Al pulsar ON del pulsador de la caja de control, se energiza la bobina del contactor, se hace el enclavamiento permitiendo el paso de corriente al motor, para el des enclavamiento se pulsa el pulsador OFF el cual abre el circuito de control impidiendo el paso de corriente y posteriormente apagando el motor.

Figura 124. Caja de control y sus elementos

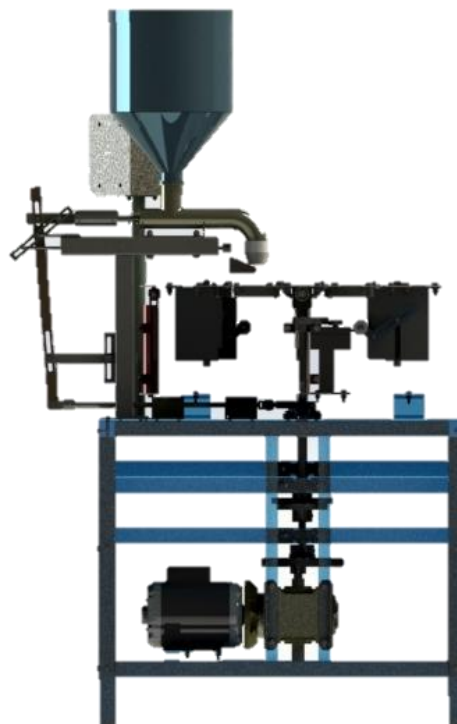


Fuente: Autor

4.21 Descripción del funcionamiento de los mecanismos

La máquina elaboradora de empanadas consta de dos sistemas: el sistema de sellado y el sistema de dosificación.

Figura 125. Mecanismos de accionamiento de la máquina

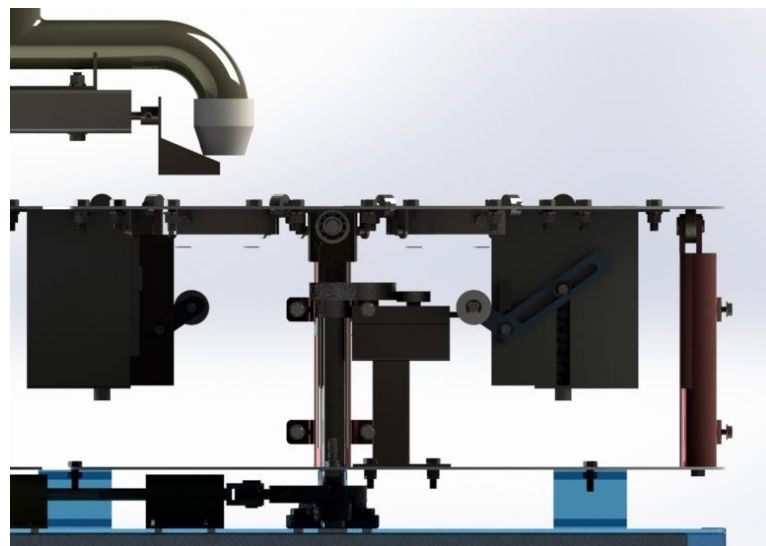


Fuente. Autor

Todo el funcionamiento de los mecanismo es sincronizado, el sistema de dosificación y el sistema de sellado funcionan al mismo tiempo, cada sistema posee una leva diferente, todo el conjunto trabaja en base al accionamiento de moto reductor que transmite potencia a través de una banda, seguido en el mismo eje por un conjunto de cruz de malta el cual da movimiento cada 60° dando seis puestos a la mesa principal.

4.20.1 *Funcionamiento del sistema de sellado.* El disco de accionamiento del mecanismo cruz de malta jira continuamente, se encuentra acoplado con las dos levas las mismas que transmiten fuerza, al momento que se detiene la mesa a través de la cruz de malta, la leva gira empujando al seguidor de leva, el mismo q hace contacto con la palanca de accionamiento en la caja principal permitiendo que las bases de los moldes bajen produciéndose el cierre entre las dos bases de los moldes y dando una compresión que permite dar forma y sellado a la empanada.

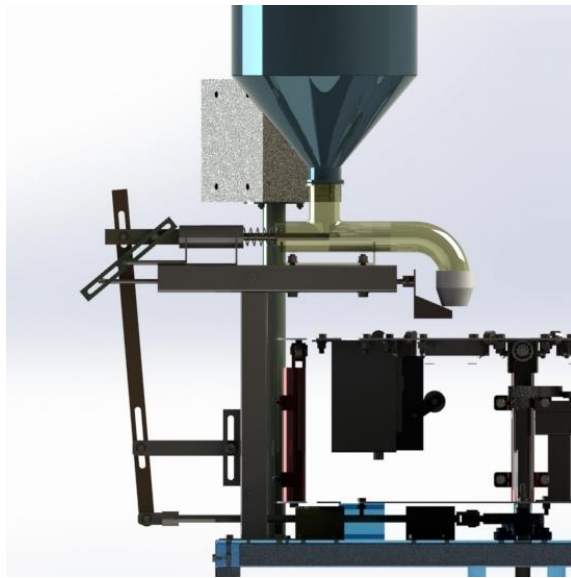
Figura 126. Mecanismo de sellado



Fuente. Autor

4.20.2 *Funcionamiento del sistema dosificador.* Al momento que la mesa principal se detiene todo el mecanismo es accionado mediante una leva, la misma que empuja al seguidor de leva transmitiéndose la fuerza a través de los eslabones llegando hasta el nodo donde esta acoplado con la barra de empuje del pistón, a su vez esta barra se encuentra acoplada con otro eslabón que permite el movimiento de la cuchara que va junto a la boquilla de dosificación, la cuchara cumple la función de retraerse mientras el pistón empuja el condomio, el pistón es regresado mediante un muelle, al producirse esto la cuchare sale produciéndose el cierre en la boquilla de dosificación.

Figura 127. Mecanismo de dosificación



Fuente: Autor

CAPÍTULO V

5. CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y PRUEBAS DE LA MÁQUINA ELABORADORA DE EMPANADAS

5.1 Generalidades

La construcción de la máquina elaboradora de empanadas puede ser construida en un taller mecánico industrial, en el que haya todos los equipos y herramientas necesarios para la construcción de cada elemento que conforma la máquina.

5.2 Construcción

En el proceso de construcción de cada uno de los elementos que conforman la máquina elaboradora de empanadas conjuntamente con su respectivo montaje se requiere de las siguientes máquinas, equipos y herramientas que se detalla a continuación.

- Cizalla hidráulica CNC
- Cortadora de plasma
- Baroladora
- Torno CNC
- Torno
- Soldadora de arco
- Soldadora de alta frecuencia TIG
- Prensa de banco
- Taladra de pedestal
- Taladro de mano
- Amoladora
- Pulidora
- Cierra de cinta
- Compresor
- Calibrador pie de rey
- Flexómetro

- Escuadra
- Graduador
- Limatón plano y redondo
- Martillo
- Prensas de mano
- Llaves
- Brocas
- Machuelos

5.2.1 Componentes de la máquina y tecnología de la construcción. Para optimizar el proceso de construcción se lo realiza por etapas con el fin de reducir el factor tiempo. Un proceso de construcción se lo divide en sistemas el cual su unión conformara toda la máquina.

La máquina elaboradora de empanadas para su construcción se conforma de 5 sistemas que se indica en la siguiente tabla.

Tabla 37. Sistemas que conforman la máquina elaboradora de empanadas



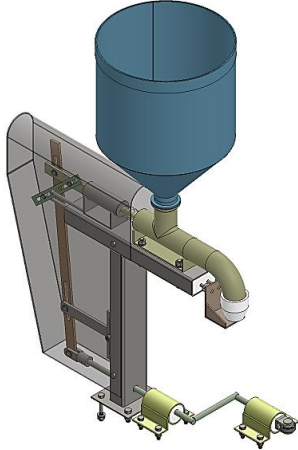
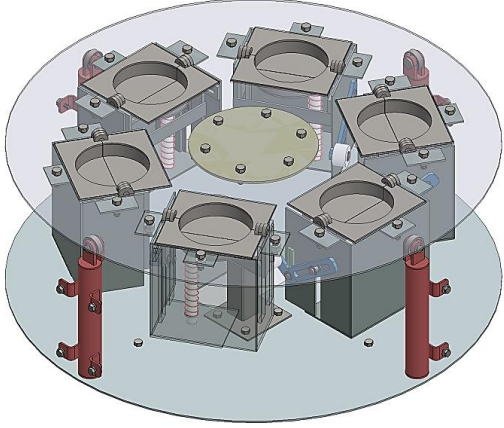
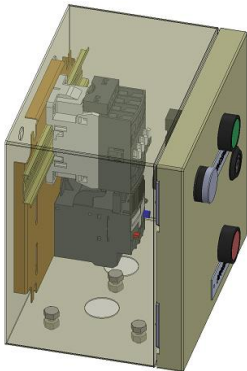
| Sistemas | Esquemas |
|----------------------------|--|
| Sistema estructural |  |
| Sistema motriz |  |

Tabla 37. Continuación

| | |
|---|--|
| <p>Sistema dosificador</p> |  |
| <p>Sistema elaborador de empanadas</p> |  |
| <p>Sistema eléctrico</p> |  |

Fuente: Autor

5.3 Procedimiento de construcción

5.3.1 Elementos de construcción. En la tabla 39 se detalla cada parte y elemento con su respectivo material que conforma la maquina elaboradora de empanadas.

Tabla 38. Partes y elementos constructivos de la máquina elaboradora de empanadas

| Sistema | Elemento | Cantidad | Material/modelo |
|----------------------------|---|---------------------------|--|
| Sistema estructural | Estructura | 1 | Tubo cuadrado estructural 1 1/2 x 2 mm Ángulo AL1x1/8 (25x3) Tubo rectangular estructural 40x20x2 mm |
| | Placa base del motor | 1 | Plancha acero estructural ASTM A 36 3 mm |
| | Soporte caja de control | 1 | Tubo de acero inoxidable AISI 304 |
| | Placa base de la estructura | 1 | Plancha acero estructural ASTM A 36 4 mm |
| | Soporte sistema elaborador de empanadas | 1 | Perfil G estructural |
| Sistema motriz | Eje 1 | 1 | Acero SAE 1018 de 3/4in |
| | Eje 2 | 1 | Acero SAE 1018 de 1in |
| | Poleas | 2 | Aluminio |
| | Cruz de malta | 1 | Acero SAE 1018 6in |
| | Tetón o disco de accionamiento | 1 | Acero SAE 1018 5in |
| | Leva 1 | 1 | Acero SAE 1018 |
| | Leva 2 | 1 | Acero SAE 1018 |
| | Chumacera de pared | 3 | UCP 204 3/4in |
| | Chumacera de piso | 1 | UCP 205 1in |
| | Motor | 1 | WEG ¼ HP |
| | Reductor | 1 | MORSE 0.97HP 43.7RPM |
| | Correa | 1 | Normalizado |
| Sistema dosificador | Seguidor inferior | 1 | Acero SAE 1018 |
| | Seguidor de leva inferior rodamiento | 1 | SKF 7202 BE |
| | Pasador del seguidor de leva | 1 | Acero inoxidable AISI 304 |
| | Pasador 1 | 2 | Acero inoxidable AISI 304 |
| | Acople superior | 1 | Acero inoxidable AISI 304 |
| | Guía inferior interno | 2 | Nylon |
| | Acople | 1 | Acero inoxidable AISI 304 |
| | Barra accionamiento 1 | 1 | Platina acero inoxidable AISI 304 |
| | Barra accionamiento 2 | 1 | Platina acero inoxidable AISI 304 |
| | Barra accionamiento 3 | 1 | Platina acero inoxidable AISI 304 |
| | Barra superior de empuje | 1 | Acero inoxidable AISI 304 |
| | Soporte muelle | 1 | Acero inoxidable AISI 304 |
| | Muelle | 1 | Acero AISI 8160 |
| | Pistón | 1 | Nylon |
| Ducto de descarga | 1 | Acero inoxidable AISI 304 | |

Tabla 38. Continuación

| | | | |
|--|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Sistema dosificador | Empaque | 1 | |
| | Abrazadera | 1 | Acero inoxidable AISI 304 |
| | Tanque dosificador | 1 | Acero inoxidable AISI 304 |
| | Accionador cuchara | 1 | Acero inoxidable AISI 304 |
| | Cuchara corte dosificación | 1 | Acero inoxidable AISI 304 |
| | Tapón guía 1 | 1 | Nylon |
| | Tapón guía 2 | 1 | Nylon |
| | Estructura dosificador | 1 | Acero inoxidable AISI 304 |
| | Cubierta dosificador | 1 | Acero inoxidable AISI 304 |
| Sistema elaborador de empanadas | Placa inferior | 1 | Acero inoxidable AISI 304 |
| | Placa superior | 1 | Acero inoxidable AISI 304 |
| | Soporte inferior | 1 | Acero inoxidable AISI 304 |
| | Caja molde | 6 | Acero inoxidable AISI 304 |
| | Soporte molde 1 | 6 | Acero inoxidable AISI 304 |
| | Soporte molde 2 | 6 | Acero inoxidable AISI 304 |
| | Pasador unión molde | 12 | Acero inoxidable AISI 304 |
| | Accionamiento inferior | 6 | Platina Acero inoxidable AISI 304 |
| | Barra guía muelle | 6 | Nylon |
| | Muelle | 6 | Acero AISI 8160 |
| | Brazo accionamiento | 6 | Platina Acero inoxidable AISI 304 |
| | Pasador 1 | 6 | Acero inoxidable AISI 304 |
| | Pasador 2 | 6 | Acero inoxidable AISI 304 |
| | Pasador rueda de accionamiento | 6 | Acero inoxidable AISI 304 |
| | Rueda accionamiento | 6 | Nylon |
| | Juego moldes | 6 | Plástico |
| | Base porta moldes | 12 | Teflón |
| | Columna soporte 1 | 1 | Acero inoxidable AISI 304 |
| | Columna soporte 2 | 2 | Acero inoxidable AISI 304 |
| | Bocín | 4 | Acero SAE 1018 |
| Pasador rodamiento | 4 | Acero inoxidable AISI 304 | |
| Rodamiento | 4 | SKF 7202 BE | |
| Estructura seguidor de leva | 1 | Acero inoxidable AISI 304 | |
| Tope seguidor de leva | 1 | Platina Acero inoxidable AISI 304 | |
| Seguidor de leva, rodamiento | 1 | SKF | |
| Sistema eléctrico | Motor | 1 | WEG ¼ HP |
| | Caja de control | 1 | Normalizado |
| | Gabinete modular | 1 | Normalizado |
| | Circuito de control | 1 | Selección |
| | Circuito de potencia | 1 | Selección |

Fuente: Autor

5.3.2 *Tiempos de construcción de la máquina elaboradora de empanadas.* Cada parte y elemento que construye en cada uno de los sistemas de la máquina se lo detalla en la tabla 40.

Tabla 39. Tiempos utilizados en la construcción total de la máquina

| Sistemas | Parte y/o Elemento | N° | Operaciones | Tiempo (min) |
|----------------------------|-------------------------------|----|---------------------------------|--------------|
| Sistema estructural | Estructura principal | 1 | Toma de medidas | 90 |
| | | 2 | Corte perfil cuadrado | 40 |
| | | 3 | Nivelado y pre soldado | 60 |
| | | 4 | Corte ángulo y tubo rectangular | 20 |
| | | 5 | Escuadrado | 60 |
| | | 6 | Soldado | 240 |
| | | 7 | Pulido | 120 |
| | Cubierta estructura principal | 8 | Toma de medidas | 10 |
| | | 9 | Corte | 20 |
| | | 10 | Soldado | 50 |
| | | 11 | Pulido | 30 |
| | | 12 | Marcado ubicación taladrado | 20 |
| | | 13 | Taladrado | 40 |
| | | 14 | Corte soportes placa inferior | 20 |
| | | 15 | Soldado | 15 |
| | | 16 | Pulido | 10 |
| | | 17 | Taladrado soportes | 10 |
| | Placa base del motor | 18 | Trazado | 5 |
| | | 19 | Corte | 15 |
| | | 20 | Soldado | 25 |
| | | 21 | Pulido | 25 |
| | | 22 | Trazado base de caucho | 5 |
| | | 23 | Corte | 10 |
| | Pintado | 24 | Lijado y limpiado | 120 |
| | | 25 | Protección anticorrosiva fondo | 60 |
| | | 26 | Pintado final | 60 |
| Sistema motriz | Ejes | 27 | Toma de medidas | 8 |
| | | 28 | Corte | 30 |
| | | 29 | Torneado | 150 |
| | | 30 | Fresado | 80 |
| | | 31 | Montaje | 30 |

Tabla 39. Continuación

| | | | | |
|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----|
| Sistema motriz | Cruz de malta | 32 | Toma de medidas | 10 |
| | | 33 | Corte | 30 |
| | | 34 | Torneado | 210 |
| | | 35 | Torneado CNC | 120 |
| | | 36 | Cepillado, chavetero | 30 |
| | | 37 | Montaje | 15 |
| | Disco de accionamiento | 38 | Toma de medidas | 10 |
| | | 39 | Corte | 30 |
| | | 40 | Torneado | 170 |
| | | 41 | Torneado CNC | 30 |
| | | 42 | Taladrado | 10 |
| | | 43 | Torneado del tetón | 15 |
| | | 44 | Montaje | 15 |
| | Levas | 45 | Toma de medidas | 10 |
| | | 46 | Corte | 30 |
| | | 47 | Torneado | 360 |
| | | 48 | Desbaste | 120 |
| | | 49 | Pulido de caras | 150 |
| | | 50 | Cepillado, chavetero | 35 |
| | | 51 | Montaje | 20 |
| | Chavetas | 52 | Toma de medidas | 5 |
| | | 53 | Corte | 10 |
| | | 54 | Pulido | 10 |
| | | 55 | Montaje | 8 |
| | Chumaceras de pared | 56 | Montaje de chumaceras | 20 |
| | | 57 | Lubricación | 6 |
| | Chumaceras de piso | 58 | Montaje de chumaceras | 15 |
| | | 59 | Lubricación | 6 |
| | Poleas | 60 | Torneado | 20 |
| | | 61 | Taladrado 2 agujeros | 10 |
| 62 | | Machuelado 2 agujeros | 20 | |
| 63 | | Montaje | 30 | |
| Motor | 64 | Montaje | 30 | |
| Reductor | 65 | Montaje | 40 | |
| Correas | 66 | Selección | 10 | |
| | 67 | Montaje | 20 | |

Tabla 39. Continuación

| | | | | |
|--|---------------------------------------|--|---------------------------------|-----|
| Sistema elaborador de empanadas | Lamina de acero inoxidable AISI 304 | 68 | Toma de medidas | 15 |
| | | 69 | Corte en cizalla hidráulica CNC | 40 |
| | Placa superior | 70 | Trazado | 30 |
| | | 71 | Corte plasma | 30 |
| | | 72 | Corte con disco INOX | 180 |
| | | 73 | Taladrado 24 agujeros | 80 |
| | | 74 | Pulido | 45 |
| | Placa inferior | 75 | Trazado | 20 |
| | | 76 | Corte plasma | 20 |
| | | 77 | Corte con disco INOX | 60 |
| | | 78 | Taladrado 11 agujeros | 50 |
| | | 79 | Pulido | 30 |
| | Soporte inferior de la placa superior | 80 | Trazado | 20 |
| | | 81 | Corte plasma | 20 |
| | | 82 | Corte con disco INOX | 20 |
| | | 83 | Torneado base de acople | 60 |
| | | 84 | Taladrado 1 agujeros | 10 |
| | | 85 | Soldado | 15 |
| | | 86 | Pulido | 15 |
| | | 87 | Limpieza con gel decapante | 15 |
| | Cajas molde | 88 | Escuadrado 6 cajas | 60 |
| 89 | | Pre soldado 6 cajas | 360 | |
| 90 | | Corte platina, guías principales, 24 partes | 70 | |
| 91 | | Corte platina guía superior, 12 partes | 30 | |
| 92 | | Fresado platina guía superior, 12 platinas | 180 | |
| 93 | | Soldado guías superior con guías principales | 120 | |
| 94 | | Pulido guías | 30 | |
| 95 | | Soldado guía en cajas | 120 | |
| 96 | | Soldado cajas | 120 | |
| 97 | | Pulido | 90 | |
| 98 | | Corte placas de sujeción 18 | 120 | |
| 99 | | Soldado | 90 | |
| 100 | | Taladrado 1 agujero en cada placa | 100 | |
| 101 | | Limpieza con gel decapante | 120 | |

Tabla 39. Continuación

| | | | | |
|--|---|-----------------|--|-----|
| Sistema elaborador de empanadas | Accionamiento inferior | 102 | Corte platina,18 partes | 60 |
| | | 103 | Taladrado 4 agujeros en cada accionamiento | 120 |
| | | 104 | Pre soldado | 60 |
| | | 105 | Soldado | 40 |
| | | 106 | Pulido | 20 |
| | | 107 | Limpieza con gel decapante | 15 |
| | Soporte moldes 12 | 108 | Toma de medidas | 40 |
| | | 109 | Corte | 60 |
| | | 110 | Torneado | 240 |
| | | 111 | Barolado | 60 |
| | | 112 | Pre soldado | 180 |
| | | 113 | Soldado | 90 |
| | | 114 | Pulido | 60 |
| | Brazos de accionamiento 6 | 115 | Limpieza con gel decapante | 120 |
| | | 116 | Toma de medidas | 60 |
| | | 117 | Corte | 40 |
| | | 118 | Fresado | 120 |
| | | 119 | Pre soldado | 30 |
| | | 120 | Soldado | 30 |
| | | 121 | Taladrado 2 agujeros en c/u | 60 |
| | | 122 | Pulido | 45 |
| | Ruedas de accionamiento y pasadores de acople 6 | 123 | Limpieza con gel decapante | 30 |
| | | 124 | Toma de medidas | 20 |
| | | 125 | Torneado | 60 |
| | Pasadores molde 12 | 126 | Corte | 30 |
| | | 127 | Toma de medidas | 30 |
| | Pasador 1 o eje de acople 6 | 128 | Corte | 20 |
| | | 129 | Toma de medidas | 10 |
| | Pasador 2 o eje de acople 6 | 130 | Torneado | 90 |
| | | 131 | Toma de medidas | 10 |
| Barras guía muelle 6 | 132 | Torneado | 90 | |
| | 133 | Toma de medidas | 20 | |
| | 134 | Corte | 15 | |
| Muelles 6 | 135 | Torneado | 40 | |
| Montaje cajas 6 | 136 | Formado | 60 | |
| | 137 | Armado | 60 | |

Tabla 39. Continuación

| | | | | |
|--|------------------------------------|-------------------|-----------------------------|-----|
| Sistema elaborador de empanadas | Estructura seguidor de leva | 138 | Toma de medidas | 30 |
| | | 139 | Corte | 60 |
| | | 140 | Pre soldado | 20 |
| | | 141 | Soldado | 30 |
| | | 142 | Taladrado 4 agujeros | 20 |
| | | 143 | Pulido | 25 |
| | | 144 | Limpieza con gel decapante | 15 |
| | Tope seguidor de leva | 145 | Toma de medidas | 10 |
| | | 146 | Corte | 10 |
| | | 147 | Taladrado 1 agujero | 10 |
| | | 148 | Soldado | 10 |
| | | 149 | Pulido | 15 |
| | | 150 | Montaje tope con estructura | 10 |
| | Columna soporte 1. (2) | 151 | Toma de medidas | 15 |
| | | 152 | Corte | 30 |
| | | 153 | Taladrado 5 agujeros en c/u | 40 |
| | | 154 | Pre soldado | 30 |
| | | 155 | Soldado | 20 |
| | | 156 | Pulido | 20 |
| | | 157 | Lavado con gel decapante | 20 |
| | Columna soporte 2. (2) | 158 | Toma de medidas | 15 |
| | | 159 | Corte | 30 |
| | | 160 | Taladrado 7 agujeros en c/u | 50 |
| | | 161 | Pre soldado | 30 |
| | | 162 | Soldado | 20 |
| | | 163 | Pulido | 20 |
| | | 164 | Lavado con gel decapante | 20 |
| | Pasador de acople con rodamiento 4 | 165 | Toma de medidas | 5 |
| 166 | | Taladrado y corte | 60 | |
| Armado sistema | 167 | Montaje | 60 | |
| Sistema dosificador | Tanque dosificador | 168 | Trazado | 40 |
| | | 169 | Corte | 70 |
| | | 170 | Barolado 2 partes | 60 |
| | | 171 | Pre soldado | 40 |
| | | 172 | Soldado | 120 |
| | | 173 | Pulido | 180 |
| | | 174 | Lijado | 40 |
| | | 175 | Lavado con gel decapante | 30 |

Tabla 39. Continuación

| | | | | |
|----------------------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|----|
| Sistema dosificador | Ducto de descarga | 176 | Toma de medidas | 10 |
| | | 177 | Corte plasma | 10 |
| | | 178 | Pulido | 15 |
| | | 179 | Taladrado 4 agujeros en la base | 20 |
| | | 180 | Pre soldado | 15 |
| | | 181 | Soldado | 60 |
| | | 182 | Lavado con gel decapante | 20 |
| | Estructura dosificador | 183 | Toma de medidas | 15 |
| | | 184 | Corte | 40 |
| | | 185 | Pre soldado | 15 |
| | | 186 | Soldado | 40 |
| | | 187 | Taladrado 10 agujeros | 45 |
| | | 188 | Pulido | 15 |
| | | 189 | Lavado con gel decapante | 20 |
| | Seguidor inferior | 190 | Toma de medidas | 10 |
| | | 191 | Corte | 10 |
| | | 192 | Pre soldado | 20 |
| | | 193 | Soldado | 20 |
| | | 194 | Taladrado 2 agujeros | 15 |
| | | 195 | Pulido | 10 |
| | Pasador del seguidor de leva | 196 | Toma de medidas | 10 |
| | | 197 | Torneado | 15 |
| | Acople seguidor | 198 | Toma de medidas | 10 |
| | | 199 | Corte | 10 |
| | | 200 | Torneado | 15 |
| | | 201 | Taladrado 3 agujeros | 20 |
| | | 202 | Pulido | 15 |
| Guía inferior. 2 guías | 203 | Toma de medidas | 10 | |
| | 204 | Corte | 30 | |
| | 205 | Soldado | 30 | |
| | 206 | Taladrado 4 agujeros en c/u | 15 | |
| | 207 | Pulido | 10 | |
| Bocines | 208 | Toma de medidas | 5 | |
| | 209 | Torneado | 20 | |
| | 210 | Taladrado 2 agujeros | 15 | |
| Barra accionamiento 1 | 211 | Toma de medidas | 10 | |
| | 212 | Corte | 15 | |
| | 213 | Taladrado 2 agujero | 10 | |

Tabla 39. Continuación

| | | | | |
|----------------------------|-------------------------------|----------------------|--------------------------|----|
| Sistema dosificador | Barra de accionamiento 2 | 214 | Toma de medidas | 10 |
| | | 215 | Corte | 30 |
| | | 216 | Taladrado 1 agujeros | 15 |
| | Barra de accionamiento 3 | 217 | Toma de medidas | 10 |
| | | 218 | Corte | 30 |
| | | 219 | Taladrado 1 agujeros | 15 |
| | Barra superior | 220 | Toma de medidas | 10 |
| | | 221 | Corte | 10 |
| | | 222 | Torneado | 30 |
| | | 223 | Soldado | 15 |
| | | 224 | Pulido | 10 |
| | Pistón | 225 | Torneado | 20 |
| | | 226 | Taladrado 1 semi agujero | 5 |
| | | 227 | Machuelado | 5 |
| | Accionador cuchara | 228 | Toma de medidas | 4 |
| | | 229 | Corte | 3 |
| | | 230 | Torneado | 5 |
| | | 231 | Soldado | 8 |
| | | 232 | Pulido | 5 |
| | Cuchara corte de dosificación | 233 | Trazado | 15 |
| | | 234 | Corte | 20 |
| | | 235 | Torneado | 20 |
| | | 236 | Pre soldado | 10 |
| | | 237 | Soldado | 25 |
| | | 238 | Pulido | 10 |
| | | 239 | Lavado con gel decapante | 10 |
| | Soporte muelle | 240 | Toma de medidas | 5 |
| 241 | | Torneado | 20 | |
| 242 | | Taladrado 1 agujero | 10 | |
| Tapones guía de estructura | 243 | Trazado | 5 | |
| | 244 | Corte | 18 | |
| | 245 | Taladrado 3 agujeros | 15 | |
| Pasadores de acople. 3 | 246 | Toma de medidas | 5 | |
| | 247 | Torneado | 30 | |
| Boquilla | 248 | Toma de medidas | 5 | |
| | 249 | Torneado | 30 | |

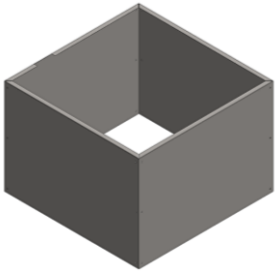


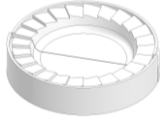
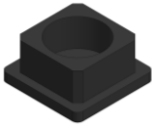

Tabla 39. Continuación

| | | | | | |
|----------------------------|------------------------------|-----|---------------------------------|----|--------------|
| Sistema dosificador | Cubierta dosificador | 250 | Toma de medidas | 15 | |
| | | 251 | Trazado | 20 | |
| | | 252 | Corte | 20 | |
| | | 253 | Barolado | 10 | |
| | | 254 | Pre soldado | 20 | |
| | | 255 | Soldado | 30 | |
| | | 256 | Pulido | 20 | |
| Sistema eléctrico | Soporte base caja de control | 257 | Toma de medidas | 15 | |
| | | 258 | Corte | 20 | |
| | | 259 | Torneado | 20 | |
| | | 260 | Pre soldado | 10 | |
| | | 261 | Soldado | 20 | |
| | | 262 | Taladrado 6 agujeros | 20 | |
| | | 263 | Pulido | 10 | |
| | Circuito de potencia | 264 | Diseño del diagrama de potencia | 40 | |
| | | 265 | Conexión de la fuente | 40 | |
| | | 266 | Conexión de contactor | 20 | |
| | | 267 | Conexión de relé térmico | 20 | |
| | Circuito de control | 268 | Diseño del diagrama de control | 40 | |
| | | 269 | Conexión a la fuente | 20 | |
| | | 270 | Conexión al pulsador NA | 20 | |
| | | 271 | Conexión al pulsador NC | 20 | |
| | | 272 | Conexión luz piloto | 10 | |
| | Gabinete modular | 273 | Trazado | 20 | |
| | | 274 | Taladrado | 30 | |
| | | 275 | Remachado | 10 | |
| | Caja de control | 276 | Montaje riel | 10 | |
| | | 277 | Montaje circuitos de control | 60 | |
| | | 278 | Montaje soporte base | 10 | |
| | Motor | 279 | Conexión caja de control | 10 | |
| | Tiempo total (min) | | | | 10811 |

Fuente: Autor

La construcción de la máquina elaboradora de empanadas no solo conforma la unión de los sistemas, también hay elementos que forman parte de un sub ensamble, la tabla 40 muestra los elementos de sub ensamble.

Tabla 40. Elementos de sub ensamble

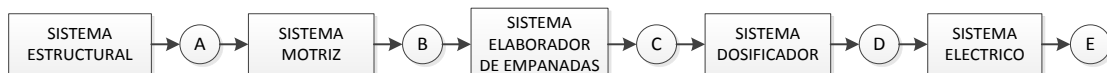
| Elementos sub ensamble | Esquema | Elemento Final. esquema |
|--------------------------------------|---|--|
| Cubierta inferior |  |  |
| Cubierta superior |  | |
| Molde |  | |
| Soportes caucho |  | |
| Abrazadera acero inoxidable AISI 304 |  | |

Fuente: Autor

5.3.3 *Flujogramas de construcción.* Indica el orden a seguir durante el proceso de construcción de cada elemento.

La máquina durante su diseño se fue conformando varios sistemas el cual la unión de estos da como resultado la máquina elaboradora de empanadas, un flujograma de cada sistema permite identificar a cada elemento permitiendo seguir un proceso ordenado para su construcción.

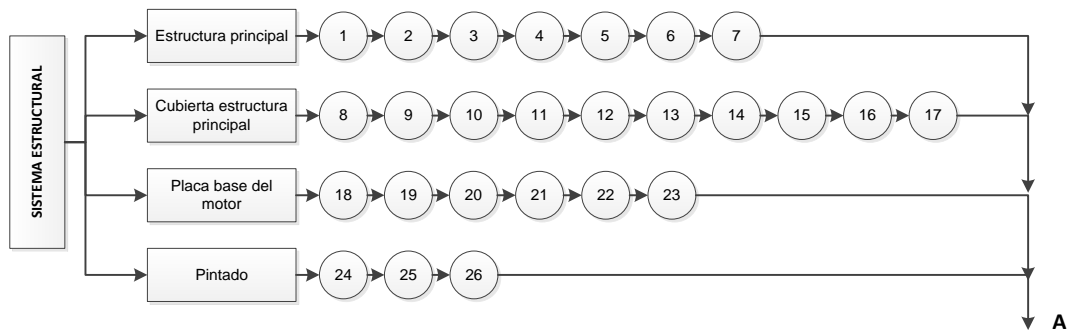
Figura 128. Flujograma de construcción general de los sistemas



Fuente: Autor

5.3.3.1 Flujograma de construcción del sistema estructural.

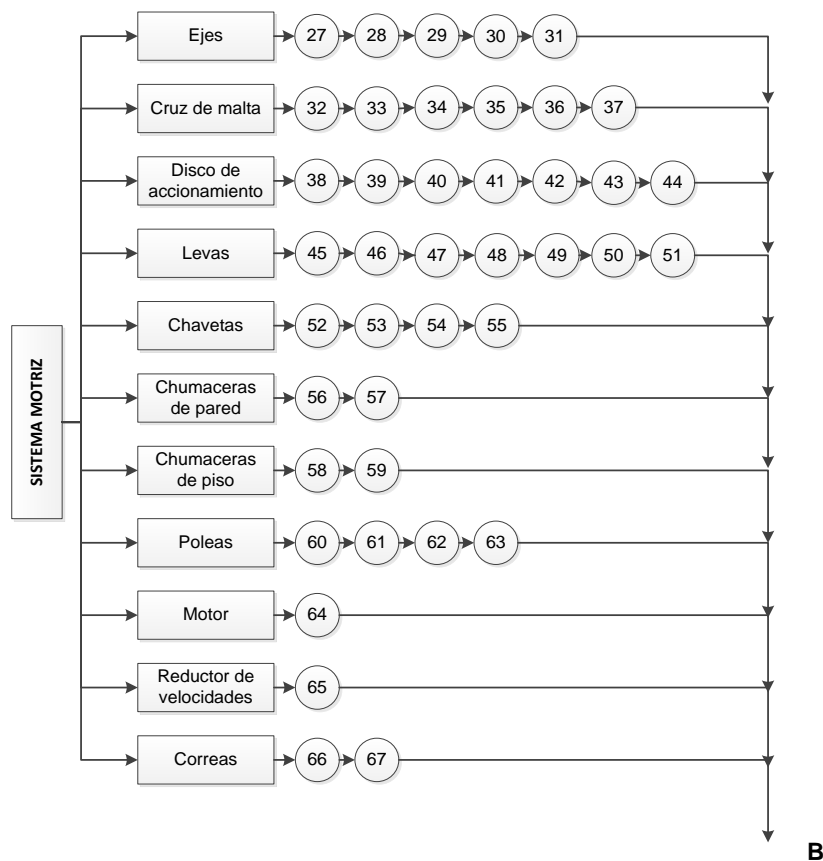
Figura 129. Flujograma de construcción del sistema estructural



Fuente: Autor

5.3.3.2 Flujograma de construcción del sistema motriz.

Figura 130. Flujograma de construcción del sistema motriz

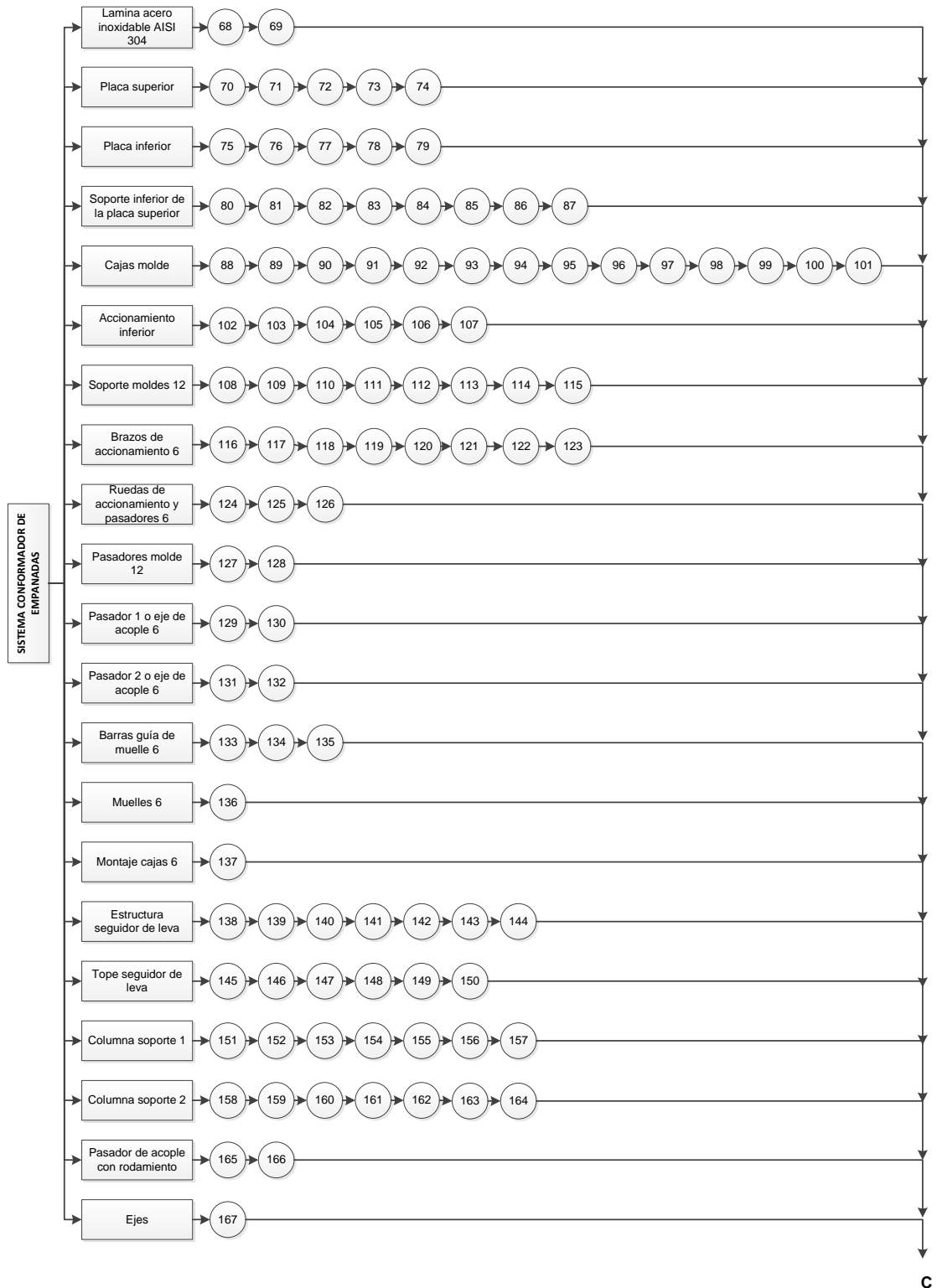


Fuente: Autor

5.3.3.3 Flujograma de construcción del sistema elaborador de empanadas. Proceso en el cual se unen elementos para formar un sistema que cumple la función de

alimentación, dosificado, conformado y expulsión, dichos elementos se acoplan al cuerpo mediante pernos de acero inoxidable con el fin de desmontar fácilmente y realizar la limpieza respectiva.

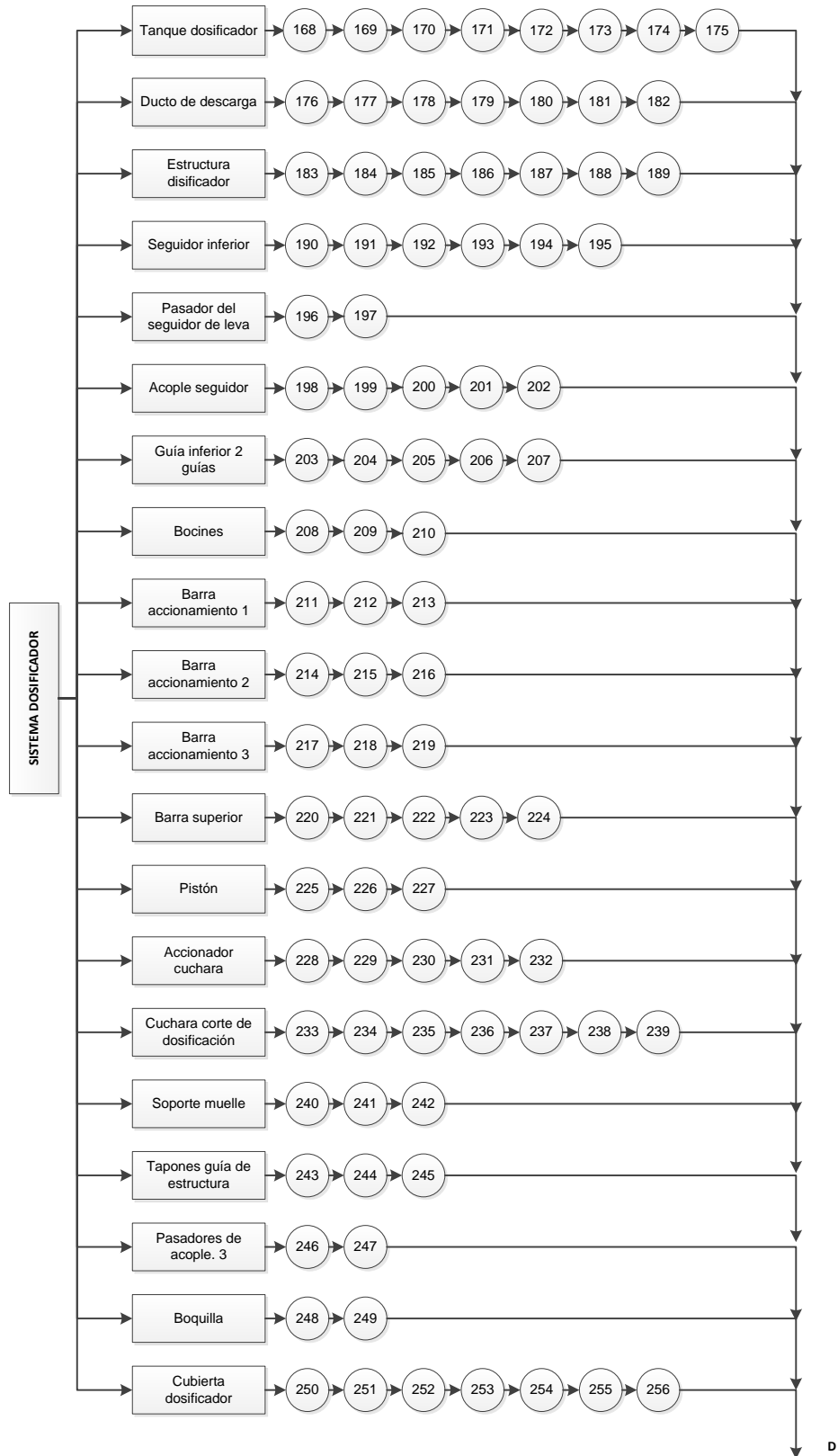
Figura 131. Flujograma de construcción del sistema elaborador de empanadas



Fuente: Autor

5.3.3.4 *Flujograma de construcción del sistema dosificador.*

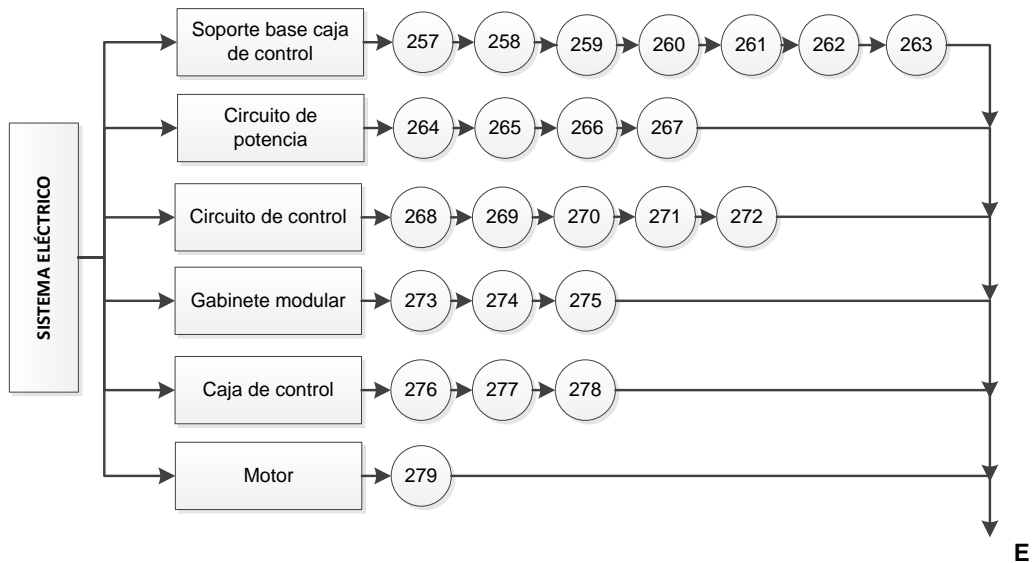
Figura 132. Flujograma de construcción del sistema dosificador



Fuente: Autor

5.3.3.5 Flujograma de construcción del sistema eléctrico.

Figura 133. Flujograma de construcción del sistema eléctrico



Fuente: Autor

5.4 Montaje de la máquina elaboradora de empanadas

Cada sistema de la máquina elaboradora de empanadas para su montaje consta de su respectivo tiempo.

5.4.1 Montaje del sistema estructural. El tiempo de montaje de cada elemento se indica en la tabla 41.

Tabla 41. Montaje del sistema estructural

| Montaje del sistema estructural | | |
|---|---------|--------------|
| Operación | Símbolo | Tiempo (min) |
| Traslado de los elementos al sitio de trabajo | M1 | 20 |
| Montaje de la estructura | M2 | 5 |
| Montaje cubierta inferior | M3 | 5 |
| Ajuste de pernos | M4 | 15 |
| SUBTOTAL | | 45 |

Fuente: Autor

5.4.2 Montaje del sistema motriz. El tiempo de montaje de cada elemento se indica en la tabla 42

Tabla 42. Montaje del sistema motriz

| Montaje del sistema motriz | | |
|---|----------------|---------------------|
| Operación | Símbolo | Tiempo (min) |
| Traslado de los elementos al sitio de trabajo | M5 | 20 |
| Montaje chumacera de piso | M6 | 10 |
| Montaje chumaceras de pared | M7 | 15 |
| Montaje ejes | M8 | 8 |
| Montaje cruz de malta | M9 | 5 |
| Montaje disco de accionamiento | M10 | 5 |
| Montaje levas | M11 | 20 |
| Montaje motor | M12 | 10 |
| Montaje reductor de velocidad | M13 | 15 |
| Montaje poleas | M14 | 5 |
| Montaje correa | M15 | 4 |
| Ajuste de pernos | M16 | 15 |
| Subtotal | | 132 |

Fuente. Autor

5.4.3 *Montaje del sistema elaborador de empanadas.* El tiempo de montaje de cada elemento se indica en la tabla 43.

Tabla 43. Montaje del sistema elaborador de empanadas

| Montaje del sistema elaborador de empanadas | | |
|--|----------------|---------------------|
| Operación | Símbolo | Tiempo (min) |
| Traslado de los elementos al sitio de trabajo | M17 | 20 |
| Montaje placa inferior | M18 | 5 |
| Montaje placa superior | M19 | 4 |
| Montaje mecanismos y soporte moldes en cajas | M20 | 30 |
| Montaje cajas molde en placa superior | M21 | 20 |
| Montaje estructura y seguidor de leva | M22 | 15 |
| Montaje columnas 1 y 2 | M23 | 10 |
| Montaje moldes | M24 | 15 |
| Montaje cubiertas | M25 | 10 |
| Ajuste de pernos | M26 | 10 |
| Subtotal | | 139 |

Fuente: Autor

5.4.4 Montaje del sistema dosificador. El tiempo de montaje de cada elemento se indica en la tabla 44.

Tabla 44. Montaje sistema dosificador

| Montaje del sistema dosificador | | |
|---|----------------|---------------------|
| Operación | Símbolo | Tiempo (min) |
| Traslado de los elementos al sitio de trabajo | M27 | 20 |
| Montaje estructura | M28 | 5 |
| Montaje ducto de descarga | M29 | 3 |
| Montaje tanque dosificador | M30 | 1 |
| Montaje mecanismos | M31 | 15 |
| Montaje cuchara corte dosificación | M32 | 4 |
| Montaje cubierta | M33 | 15 |
| Ajuste de pernos | M34 | 15 |
| Subtotal | | 78 |

Fuente: Autor

5.4.5 Montaje del sistema eléctrico. El tiempo de montaje de cada elemento se indica en la tabla 45.

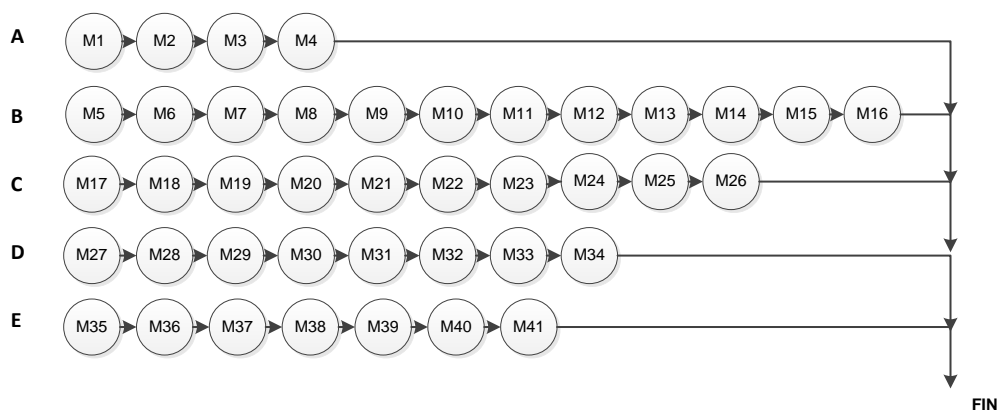
Tabla 45. Montaje del sistema eléctrico

| Montaje del sistema dosificador | | |
|---|----------------|---------------------|
| Operación | Símbolo | Tiempo (min) |
| Traslado de los elementos al sitio de trabajo | M35 | 20 |
| Montaje soporte base caja de control | M36 | 5 |
| Montaje circuito de potencia | M37 | 8 |
| Montaje circuito de control | M38 | 8 |
| Montaje gabinete modular | M39 | 10 |
| Montaje caja de control | M40 | 10 |
| Ajuste de pernos | M41 | 5 |
| Subtotal | | 68 |

Fuente: Autor

5.4.6 Flujograma del montaje de la máquina elaboradora de empanadas. Indica las operaciones de montaje de cada sistema y de la máquina en su totalidad.

Figura 134. Flujograma de montaje de la máquina elaboradora de empanadas



Fuente: Autor

En la tabla 46 se indica los tiempos de construcción y montaje de la máquina elaboradora de empanadas.

Tabla 46. Tiempos de construcción y montaje

| Proceso | Tiempo (min) | Tiempo (h) |
|--|--------------|------------|
| Tiempo de construcción | 10811 | 180,183 |
| Tiempo de montaje | 462 | 7,7 |
| Tiempo total de construcción de la máquina | 11504 | 187,883 |

Fuente: Autor

El tiempo total para construir y realizar el montaje es de 187,883 horas, tiempo en el que se lo divide en jornadas de 5 días a la semana teniendo un total de 24 días laborables en jornadas de trabajo de 8 horas diarias.

5.5 Pruebas de la máquina elaboradora de empanadas

5.5.1 Plan de pruebas. Durante el diseño y construcción de los sistemas de la máquina se llevó a cabo un proceso de ingeniería en espiral en el cual se fueron realizando pruebas durante todo el proceso de construcción. Las pruebas realizadas consisten en tres fases: Pruebas de requerimientos, pruebas de funcionalidad y pruebas de estrés.

Las pruebas de requerimientos se basaron en la validación de los requerimientos iniciales propuestos por el usuario, comprobando que cada uno de estos requerimientos se encuentre satisfecho con el resultado óptimo de la máquina.

En las pruebas de funcionalidad se verificó que el funcionamiento de cada uno de los elementos y de los sistemas sea correcto y se obtengan los resultados esperados.

Las pruebas de resistencia o estrés se las realizó para evaluar el comportamiento de los elementos y el sistema en casos extremos de uso.

5.5.1.1 Pruebas en vacío. Estas pruebas se las realiza para comprobar y verificar el correcto funcionamiento de la máquina sin aplicar carga alguna durante una hora, tiempo en que no debe presentar ninguna falla.

Las pruebas en vacío permiten calcular la potencia mínima que necesita la máquina para su funcionamiento.

En la tabla 47 se muestra los resultados de las pruebas realizadas.

Tabla 47. Resultados obtenidos de pruebas en vacío

| Tipo de prueba | Intensidad de corriente (A) | Voltaje | Número de revoluciones |
|--------------------|-----------------------------|---------|------------------------|
| Arranque sin carga | 8,2 | 56 | 2 rpm |
| | 8,1 | 55,9 | 2 rpm |
| | 8,16 | 56,2 | 2 rpm |
| | 8,24 | 56,1 | 2 rpm |
| Mediana | 8,15 | 56,05 | 2 rpm |

Fuente: Autor

- *Cálculo de la potencia en vacío*

$$P = V * I * \text{COS}\phi \quad (104)$$

Dónde:

P= Potencia (W)

V= Voltaje (V)

I= Corriente (A)

$\text{COS}\phi = 0,78$ Factor de potencia (ver anexo X)

Reemplazando los valores de la tabla 47 en la ecuación 104 se tiene la potencia que consume la máquina elaboradora de empanadas trabajando en vacío.

$$P = 56,05 * 8,15 * 0,78$$

$$P = 0,356 \text{ kW} = 0,48 \text{ HP}$$

5.5.1.2 Pruebas a plena carga. Se aplica carga a la máquina, esto se lo realiza poniendo condumio en el tanque dosificador, masa laminada y cortada de acuerdo al tipo de molde a utilizar. Se verifica su correcto funcionamiento de toda la máquina.

En la tabla 48 muestra los resultados de la máquina a plena carga.

Tabla 48. Resultados obtenidos de pruebas a plena carga

| Tipo de prueba | Intensidad de corriente (A) | Voltaje | Número de revoluciones |
|------------------------|-----------------------------|---------|------------------------|
| Arranque a plena carga | 9,4 | 56 | 2 rpm |
| | 9,43 | 56,3 | 2 rpm |
| | 9,36 | 56.15 | 2 rpm |
| | 9,29 | 56,26 | 2 rpm |
| Mediana | 9.37 | 56,17 | 2 rpm |

Fuente: Autores

- *Cálculo de la potencia a plena carga*

Remplazando los valores de la tabla 46 en la ecuación 84 se tiene la potencia que consume la maquina elaboradora de empanadas trabajando a plena carga.

$$P = 56,17 * 9,37 * 0,78$$

$$P = 0,410 \text{ kW} = 0,550 \text{ HP}$$

5.5.2 Pruebas mecánicas de la máquina elaboradora de empanadas. La máquina para ser aprobada se debe verificar ciertos factores como: ruido, vibración, calentamiento del motor o de los componentes por fricción. Estas pruebas se las realiza durante una jornada de trabajo continuo, tanto en vacío como a plena carga y se verifica su funcionamiento para evitar paros imprevistos de la máquina.

Durante el funcionamiento de la máquina se pudo apreciar el correcto funcionamiento de los mecanismos, tanto para el cierre de la empanada como el dosificado del

condumio obteniendo una empanada formada en su totalidad y sin problemas de que se habrá al pasar al proceso de horneado.

La velocidad de operación, es la adecuada para que una sola persona pueda retirar la empanada y poner la tortilla en el molde durante el tiempo de reposo de la mesa giratoria.

La vibración y el ruido que se presenta durante su funcionamiento es muy poca, no afecta a quien la esté operando, no necesita ser anclada al piso con pernos.

En la tabla 49 se muestra los resultados de las pruebas con sus respectivas observaciones.

Tabla 49. Resultados de pruebas mecánicas en la máquina

| Elementos | Ruidos moderado | Vibración mínima | Calentamiento | Ningún problema | Observaciones |
|---------------------------------|-----------------|------------------|---------------|-----------------|---|
| Máquina | x | x | | | Presenta un leve ruido y vibración moderado que no afecta |
| Motor | | | | x | |
| Reductor de velocidad | | | | x | |
| Poleas | | | | x | |
| Disco de accionamiento | | | | x | |
| Cruz de malta | | | | x | |
| Levas | | | | x | |
| Sistema elaborador de empanadas | x | | | | Leve ruido por los mecanismos de accionamiento |
| Cajas con los moldes | x | | | | Leve ruido al regresar el molde |
| Cubierta superior | | | | x | |
| Cubierta inferior | x | | | | Ruido, se controló con aislantes |
| Mecanismos dosificador | | | | x | |
| Tanque dosificador | | | | x | |
| Pernos | | | | x | |

Fuente: Autor

5.6 Verificación de la capacidad de producción de la máquina

Inicialmente se comprobó el funcionamiento de la máquina sin ninguna carga, sin condumio en el dosificador y masa en los moldes, observando un funcionamiento adecuado, trabajando a 2 rpm sin presentar ninguna anomalía.

Como segundo paso se realizó las pruebas a plena carga con masa y condumio con el fin de comprobar la selección del motor que se realizó. La máquina se la debe encender antes de poner el condumio en el tanque, para evitar exceso de consumo de corriente al realizar el arranque.

Con la máquina trabajando a plena carga se verifico que no hay disminución en su velocidad de rotación, continua operando a 2 rpm gracias a su sistema motriz mecánico.

Trabajando durante 1 hora la mesa principal da 120 vueltas, en cada vuelta se elaboran 6 empanadas, obteniendo así en el tiempo de una hora una capacidad de producción de 720 empanadas, esta capacidad de producción será la misma para los tres tipos de moldes.

5.7 Verificación de los requerimientos.

En la selección de la alternativa más adecuada tiene gran importancia el criterio del auspiciante, el cual da las características que debe tener la máquina de acuerdo a su necesidad, mientras que el ingeniero los traduce a criterios técnicos y se realiza el diseño de la máquina.

Una vez construida la máquina y realizado las respectivas pruebas y verificado su funcionamiento, es de vital importancia verificar si cumple con todo lo establecido tanto por el auspiciante como por el ingeniero.

5.7.1 Verificación de los requerimientos del usuario. Antes de realizar el diseño, el usuario planteo sus características y requerimientos del producto los mismos que fueron traducidos en criterios técnicos, los cuales tanto las características como los criterios técnicos se verifican que todos se cumplan, la verificación se muestra en las tablas 50 y 51 respectivamente.

Tabla 50. Validación de los requerimientos del usuario.

| Requerimientos del auspiciante | Cumple | No cumple |
|--|--------|-----------|
| Conformado adecuado | X | |
| Fácil operación | X | |
| Alimentación manual | X | |
| Funcionamiento con energía eléctrica | X | |
| Diseño mecánico no neumático | X | |
| Movimiento sea intermitente | X | |
| Rapidez de conformado | X | |
| Tres tipos de empanadas | X | |
| Funcionamiento silencioso | X | |
| Facilidad de desmontaje para limpieza | X | |
| Periodo de mantenimiento mínimo | X | |
| Materiales de la máquina según la norma para alimentos | X | |
| Altura de trabajo adecuada | X | |
| Número de operarios se el mínimo | X | |

Fuente: Autor

5.7.2 Verificación del criterio del ingeniero (voz del ingeniero).

Tabla 51. Verificación de la voz del ingeniero

| Voz del ingeniero | Cumple | No cumple |
|------------------------------------|--------|-----------|
| Fuerza de sellado para la empanada | X | |
| Ergonomía | X | |
| Tiempo de puesta en funcionamiento | X | |
| Suministro de energía 110V | X | |
| Accionamiento con mecanismos | X | |
| Cruz de malta | X | |
| 600 empanadas/hora | X | |
| Diversidad de producción | X | |
| Nivel de ruido | X | |
| Periodos de mantenimiento | X | |
| Confiabilidad 90% | X | |
| Acero inoxidable 304 | X | |
| Dimensiones | X | |
| Un operario | X | |

Fuente. Autor

CAPÍTULO VI

6. ANÁLISIS DE COSTOS, MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA ELABORADORA DE EMPANADAS

En el presente capítulo se realiza un estudio de costos que se basa en información dada por proveedores de materiales, que fueron utilizados para la construcción de la máquina, conjuntamente con su manual de operación y mantenimiento.

6.1 Costos directos y costos indirectos

6.1.1 Costos directos. Es el conjunto de erogaciones en las que incurre en la producción y elaboración de empanadas por concepto de material, mano de obra, gasto de equipos o maquinaria y transporte, que afectan directamente a la fabricación o elaboración de la empanada y sus respectivos procesos.

6.1.1.1 Costos de materiales. Estos costos son aquellos que pueden identificarse como un costo importante que se emplea en la producción de la máquina elaboradora de las empanadas ya terminada, los mismos que se detallan en la tabla 52.

Tabla 52. Costo de materiales

| Descripción | Unidad | Precio unitario (USD) | Cantidad | Sub. Total (USD) |
|--------------------------------------|--------|-----------------------|----------|------------------|
| Acero de transmisión SAE Ø 4" | kg | 1,25 | 3,7 | 4,625 |
| Acero de transmisión SAE 1018 Ø 6" | kg | 3,78 | 3 | 11,34 |
| Acero de transmisión SAE 1018 Ø 3/4" | kg | 5 | 0,25 | 1,25 |
| Acero de transmisión SAE 1018 Ø 5" | kg | 2,281 | 6 | 13,686 |
| Aceite de transmisión CVT valvoline | Lt | 5,25 | 1 | 5,25 |
| Angulo 1X1/8(25x3) | 6m | 6,55 | 0,5 | 3,275 |
| Botonera para cable #12 | unidad | 0,11 | 6 | 0,66 |
| Banda A-A-21 | unidad | 6,75 | 1 | 6,75 |
| Broca domer 10mm HSS | unidad | 7,723 | 1 | 7,723 |
| Broca 8mm | unidad | 6,75 | 1 | 6,75 |
| Broca alemana DIN | unidad | 2,098 | 1 | 2,098 |
| Brocha | unidad | 0,7 | 1 | 0,7 |
| Cepillo de acero rizado 10" | unidad | 1,6 | 1 | 1,6 |
| Cepillo copa 75m | unidad | 6,99 | 1 | 6,99 |

Tabla 52. Continuación

| | | | | |
|--|--------|--------|------|---------|
| Conductor Cu flexible #16 ROJO CABLEC | unidad | 0,246 | 1 | 0,246 |
| Conductor Cu gemelo SPT #2x12 | unidad | 1,176 | 1 | 1,176 |
| Contactora fuerza 9A 3/4 HP 110V | unidad | 12,78 | 1 | 12,78 |
| Chumacera UCP204 3/4" | unidad | 3,929 | 3 | 11,787 |
| Chumacera de pared UCF 205 1" | unidad | 4,333 | 1 | 4,333 |
| Discos de corte acero inoxidable 1mm BOSCH | unidad | 2,25 | 43 | 96,75 |
| Diluyente laca especial | lt | 1,7625 | 6 | 10,575 |
| Enchufe 2 patas reforzado 15A 110V COOPER(486) | unidad | 2,76 | 1 | 2,76 |
| Eje de transmisión SAE 1018 Ø 1/2 | kg | 1,786 | 1,16 | 2,07176 |
| Eje de nylon Ø 3/4 (20mm) | kg | 15,6 | 0,4 | 6,23 |
| Eje de A. Inox Ø 5/8x1/2 | kg | 8,4 | 1 | 8,4 |
| Eje de transmisión SAE 1018 Ø 1" | kg | 0,072 | 60 | 4,32 |
| Eje de nylon Ø 25mm | kg | 18,26 | 0,24 | 4,3824 |
| Esmalte sintético | unidad | 20,813 | 0,5 | 10,4065 |
| Fresa CO 10mm 4F | unidad | 10,71 | 1 | 10,714 |
| Fresa CO 6mm 4F | unidad | 8,214 | 1 | 8,214 |
| Gabinete modular 20x20x15 pesado (I-0311) | unidad | 15,69 | 1 | 15,69 |
| Grasa kendall L-427 | unidad | 5 | 1 | 5 |
| Gel decapante AISI 304 | lt | 10,25 | 1 | 10,25 |
| Guantes caucho | unidad | 1,75 | 1 | 1,75 |
| Gel decapante AISI 304 | unidad | 7,15 | 1 | 7,15 |
| Lima redonda | unidad | 5 | 1 | 5 |
| Lija de agua N600 | unidad | 0,35 | 1 | 0,35 |
| Luz piloto 22mm verde 110V CAMSCO AD1622DS | unidad | 1,34 | 1 | 1,34 |
| Lima redonda 6" | unidad | 4,74 | 1 | 4,74 |
| Lamina 4,5 acero inoxidable | unidad | 3,839 | 1 | 3,839 |
| Machuelos | unidad | 0,85 | 5 | 4,25 |
| Lija de agua N120 | unidad | 0,4 | 2 | 0,8 |
| Motor trifásico WEG 3/4HP 110V | unidad | 125 | 1 | 125 |
| Moto reductor morse 0,97HP | unidad | 200 | 1 | 200 |
| Moldes para empanadas | unidad | 4,6 | 6 | 27,6 |
| Nylon 45mm 1.3/4 | kg | 16,506 | 0,15 | 2,4759 |
| Nylon 2.3/8 (60mm) | kg | 17,6 | 0,25 | 4,393 |
| Nylon Ø 8" | kg | 10,3 | 5 | 51,25 |
| nylon Ø 2 "(50mm) | kg | 16,772 | 0,25 | 4,193 |
| Plancha 3mm | m | 20 | 1,5 | 30 |
| Platina 1x1/8(25X3) | m | 3,49 | 0,5 | 1,745 |
| Plancha de acero inoxidable 304 e=12mm 2B | m | 27,5 | 2 | 55 |
| Plancha acero inoxidable 304 (3mm) | m | 306,96 | 0,75 | 230,22 |
| Plancha de acero inoxidable de 3mm | m | 3,5 | 12 | 42 |

Tabla 52. Continuación

| | | | | |
|---|--------|--------|------|---------|
| Plancha acero inoxidable 304 (1mm) | m | 119,42 | 1,5 | 179,13 |
| Platina de acero inoxidable 1"x 1/4" | 6m | 44,2 | 2 | 88,4 |
| Pernos 5/16 x 3/4 | unidad | 0,30 | 2 | 0,6 |
| Perno 5/16 x 1 | unidad | 0,30 | 2 | 0,6 |
| Pernos 1/2 x 1/2 | unidad | 0,2 | 12 | 2,4 |
| Pernos 3/8x1" acero inoxidable | unidad | 0,4 | 24 | 9,6 |
| Pernos 1/4 x1/2 acero inoxidable | unidad | 0,52 | 32 | 16,64 |
| Pernos de 1/4 x1" con tuerca y rodela | unidad | 0,5 | 14 | 7 |
| Pernos de 3/8 x 2.5 con tuerca | unidad | 0,52 | 6 | 3,12 |
| Perno acero 7/16 x1" con tuerca y rodela | unidad | 0,625 | 4 | 2,5 |
| Polea tipo "V" de 2" | unidad | 5,25 | 1 | 5,25 |
| Polea tipo "V" de 11" | unidad | 8,25 | 1 | 8,25 |
| Polea tipo "V" de 2" | unidad | 4,45 | 1 | 4,45 |
| Prisioneros 3/8x1" | unidad | 0,2 | 6 | 1,2 |
| Pulsador 22mm monobloq verde CAMSCO FPB-EA1 | unidad | 1,55 | 1 | 1,55 |
| Pulsador 22mm 1NC rojo CAMSCO FPB-EA2 | unidad | 1,69 | 1 | 1,69 |
| Rodamientos NTN 6202LLU | unidad | 3,125 | 2 | 6,25 |
| Resorte de extensión D=5mm | unidad | 1,25 | 1 | 1,25 |
| Resortes 8 espiras | unidad | 1,5 | 6 | 9 |
| Suelda OK FUN 6011 | kg | 13,5 | 1 | 13,5 |
| Suelda A. Inox 3/32 | kg | 21,45 | 2,5 | 53,625 |
| SIERRA/Arco 12" SANDFLEX | unidad | 1,17 | 6 | 7,02 |
| Térmico 16-22A MT32/3K LS gtK-22(B-2030) | unidad | 27,15 | 1 | 27,15 |
| Silicón gris | unidad | 2,68 | 1 | 2,68 |
| Tanque dosificador con accesorios | unidad | 175 | 1 | 175 |
| Tubo cuadrado base del motor | m | 4 | 1,2 | 4,8 |
| Tubo cuadrado 11/2x2mm | 6m | 13,48 | 3 | 40,44 |
| Universal metal vrimer verde | lt | 26,29 | 0,25 | 6,5725 |
| Vinchas N 10 | unidad | 0,23 | 50 | 11,5 |
| Vinchas RSS N15 | unidad | 0,3571 | 7 | 2,4997 |
| Subtotal | | | | 1795,55 |

Fuente: Autor

6.1.1.2 Mano de obra. Este costo se refiere al esfuerzo tanto físico como mental que se aplica durante el proceso de diseño y construcción de la máquina elaboradora de empanadas.

Para determinar el costo se considera el salario mínimo del sector metalmecánico en dónde se detallan los salarios para las diferentes categorías, estos datos se obtienen del anexo Z, los mismos que se detallan en la tabla 53.

Tabla 53. Mano de obra

| Descripción | Categoría | Salario Real/Hora | Horas-Hombre | Subtotal |
|------------------------|-----------|-------------------|--------------|----------|
| Tornero | C1 | 3,5 | 16 | 56 |
| Soldador especializado | C1 | 3,5 | 24 | 84 |
| Ayudantes en general | D2 | 3,48 | 80 | 278,4 |
| Operador oxicorte | C1 | 3,5 | 3,5 | 12,25 |
| Maestro mecánico | C1 | 3,5 | 30 | 105 |
| Total | | | | 535,65 |

Fuente: Autor

6.1.1.3 Equipos y herramientas. Éste costo se refiere al equipo y maquinaria utilizado para construir cada elemento de la máquina elaboradora de empanadas. Los mismos que se detallan en la tabla 54.

Tabla 54. Equipos y herramientas

| Descripción | Costo/Hora | Horas de Equipo | Subtotal |
|----------------------------------|------------|-----------------|----------|
| Cortadora por plasma | 4,5 | 1,5 | 6,75 |
| Soldadora de arco | 1,54 | 6 | 9,24 |
| Soldadora de alta frecuencia TIG | 4,25 | 15 | 63 |
| Torno | 1,35 | 16 | 21,6 |
| Cizalla hidráulica | 1,08 | 4,3 | 4,644 |
| Valoradora | 1,75 | 4,5 | 7,875 |
| Fresadora | 1,75 | 3,7 | 6,475 |
| Taladro de pedestal | 1,75 | 5 | 8,75 |
| Flexómetro | 0,8 | 3,4 | 2,72 |
| Calibrador pie de rey | 0,9 | 2,7 | 2,43 |
| Escuadra | 0,85 | 3,85 | 3,2725 |
| Taladro manual | 1,31 | 3,2 | 4,192 |
| Amoladora | 1,22 | 15 | 18,30 |
| Divisor mecánico | 1,15 | 1 | 1,15 |
| Esmeril | 1,08 | 6,9 | 7,452 |
| Herramientas menores | 1,08 | 33 | 35,64 |
| Total | | | 206,41 |

Fuente: Autor

6.1.1.4 Coste de transporte de materiales. El costo realizado por transporte se ha tomado como referencia el consumo de gasolina por las diferentes distancias desde el sitio de construcción hacia el destino de compra de materiales ya que se contó con vehículo propio así:

Parroquia Cunchibamba (sitio donde se construyó la máquina) hacia Ambato: 3 USD de combustible por lo tanto se viajó un aproximado de 10 veces, por materiales por lo que se tiene un costo de transporte de 30 USD.

6.1.1.5 Costo total directo. Es la suma de los costos totales que se obtuvieron en las tablas anteriores que implica la construcción de la máquina elaboradora de empanadas. El cual se representa en la siguiente tabla 55.

Tabla 55. Costo total directo

| Descripción | Costo |
|---------------------------------|----------------|
| Costo de materiales | 1795,55 |
| Costo de mano de obra | 535,3 |
| Costo de equipos y herramientas | 206,4155 |
| Transporte | 30 |
| Total costos directos | 2567,26 |

Fuente: Autor

6.1.2 Costos indirectos. Es aquel costo que afectan a la construcción de la máquina que no son identificados, relacionándose con estos en forma indirecta con la máquina en los que intervienen como son: los costos ingenieriles, el cual tiene un agregado que está involucrado con la supervisión, diseño y construcción de la máquina.

Tabla 56. Costos indirectos

| Costos Ingenieriles | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Precio total |
|----------------------------|-----------------|---------------|------------------------|---------------------|
| Supervisión | 18 | horas | 7 | 126 |
| Diseño | 12 | horas | 7 | 84 |
| Subtotal | | | | 210 USD |

Fuente: Autor

Para encontrar el costo total indirecto se suma el costo ingenieril y la utilidad, en este caso se trata de un trabajo de investigación por lo tanto la utilidad es 0.

Tabla 57. Costo total indirecto

| Costos | Precio total |
|-----------------|---------------------|
| Ingenieriles | 210 |
| Imprevistos | 42 |
| Utilidad | 0 |
| Subtotal | 252 |

Fuente: Autor

6.1.3 Costo total. Los costos totales de construcción de la máquina es el resultado de sumar los costos directos y los costos indirectos; los precios adquiridos en los diferentes costos ya incluyen el IVA que es el 12% en nuestro país (Ecuador). El cual se representa en la siguiente tabla 58.

Tabla 58. Costo total de la máquina elaboradora de empanadas

| Costo total | Dólares |
|--------------------|----------------|
| Costos directos | 2567,26 |
| Costos indirectos | 252 |
| Total | 2819,26 |

Fuente: Autor

El costo total de la máquina elaboradora de empanadas es de \$ 2819,26 (Dos mil ochocientos diecinueve Dólares con veinte y seis centavos).

6.2 Rentabilidad del equipo

La rentabilidad del equipo es la obtención de beneficios provenientes de adquisición de nuestra máquina elaboradora de empanadas.

6.2.1 Depreciación o amortización. Es la disminución periódica del valor de la máquina en diseño y construcción. El porcentaje de depreciación de la maquinaria (10 % anual), la vida normal de los activos enunciados (máquinas y herramientas) es de 10 años; por lo tanto su costo total, o sea el 100% de su costo se reduce a una décima parte cada año. La décima parte del 100% es el 10%, ($100\% \div 10 = 10\%$). (SRI, 2014)

La depreciación puede verse originada por diversas causas como son:

- *Deterioro físico.* Por el simple transcurso del tiempo.
- *Depreciación funcional.* De acuerdo al mayor o menor desgaste en el uso este.
- *Depreciación económica.* Por los avances tecnológicos que se dan con el tiempo.
- *Deterioro extraordinario.* Debido a siniestros, incendios, inundaciones, etc.

6.2.2 Cálculo de la depreciación. Para poder calcular la depreciación hay que tener en cuenta los siguientes parámetros:

- *Vida útil.* Es la duración que se le asigna a un bien en este caso la máquina elaboradora de empanadas como elemento de provecho para la microempresa "SAL Y DULCE". Las bases utilizadas para la determinación de la vida útil son:
- *Tiempo.* Años.
- *Capacidad de producción.* Producción total que rige en la empresa.
- *Valor de salvamento.* Es la estimación del valor que la máquina que tendrá para la microempresa una vez cumplido su vida útil. Surgirá de la diferencia entre el precio de venta estimado y todas las erogaciones necesarias.

La vida útil de las máquinas herramientas en su 100% es de 10 años se tomará para la máquina se toma una vida útil de 8 años aproximadamente. El valor de salvamento se encuentra por la siguiente ecuación. Ver anexo AA. (SRI, 2014)

$$V_{\text{salvamento}} = V_{\text{inicial}} - \frac{V_{\text{inicial}} * n}{N} \quad (105)$$

Dónde:

$V_{\text{salvamento}}$ = Valor de salvamento en (\$)

V_{inicial} = Valor de costo inicial en (\$)

n = Tiempo de vida útil = 8 años

N = Tiempo de depreciación = 10 años

Remplazando en la ecuación 105 se obtiene que la depreciación anual de la máquina.

$$V_{\text{salvamento}} = 2819,26 - \frac{2819,26 * 8}{10} = \$ 563,83$$

6.2.3 Métodos de depreciación. Determinado el valor a depreciar y establecida la base para la determinación de la vida útil, resta elegir el método para distribuir ese valor

6.2.3.1 Método de la línea recta. Este es el método más conocido, sencillo y más utilizado por las empresas a nivel nacional y consiste en dividir, (el valor inicial menos el valor de salvamento del activo) para la vida útil del mismo.

La ecuación para el cálculo es:

$$D_{\text{anual}}(\$) = \frac{V_{\text{inicial}} - V_{\text{salvamento}}}{N} \quad (106)$$

Dónde:

D_{anual} = Depreciación anual en \$

V_{inicial} = Valor de costo inicial en \$

$V_{\text{salvamento}}$ = Valor de salvamento en \$

N = Tiempo de depreciación en 10 años

$$D_{\text{anual}} = \frac{2819,26 - 563,83}{10} = \$ 225,54$$

Como la máquina se deprecia a 10 años entonces se tiene los siguientes resultados.

Tabla 59. Depreciación anual de la máquina

| Tiempo | Depreciación Anual |
|---------------|--------------------|
| 1 año | 2593,72 |
| 2 años | 2368,18 |
| 3 años | 2142,64 |
| 4 años | 1917,1 |
| 5 años | 1691,56 |
| 6 años | 1466,02 |
| 7 años | 1240,48 |
| 8 años | 1014,94 |
| 9 años | 789,4 |
| 10 años | 0 |

Fuente: Autor

Entonces el valor de salvamento en diez años de vida útil es 563,86 (quinientos sesenta y tres con ochenta y seis centavos de dólares americanos) y su depreciación

corresponde a 225,54 (doscientos veinticinco con cincuenta y cuatro centavos de dólares americanos).

6.2.4 Cálculo de ingresos. La producción mínima mensual de la máquina elaboradora de empanadas se calcula con la siguiente ecuación:

$$P_m = P_t * P_h * D_t \quad (107)$$

Dónde:

P_m = Producción mensual.

Período de trabajo: $P_t = 1$ h/día

Producción: $P_h = 720$ empanadas/h

Días al mes: $D_t = 30$ días

Al remplazar los datos en la ecuación 107 se obtiene que la producción mensual sea:

$$P_m = 1 \frac{h}{día} * 720 \frac{empanadas}{h} * 30 \text{ días}$$
$$P_m = 21600 \text{ empanadas/mes}$$

Entonces se tiene una producción neta mensual de empanadas trabajando 1 hora diaria por máquina es de: 21600 *empanadas/mes*

Una vez determinado la producción de la máquina se calcula el ingreso por venta de empanadas.

Producción media neta anual de empanadas de:

$$P_n = 259200 \text{ empanadas /año}$$

El costo de la empanada en el mercado es de:

$$C_{empanada} = 0,15 \text{ USD/empanadas}$$

El valor de ingreso anual por la venta de empanadas es de:

$$I_{empanadas} = 38880USD$$

6.2.5 Cálculo de egresos.

6.2.5.1 Gastos de construcción de la máquina. El costo total de la máquina elaboradora de empanadas es de 2819,26 USD.

6.2.5.2 Costos por operación y mantenimiento. En la tabla 60 se detalla los costos por operación y mantenimiento.

Tabla 60. Costos de operación y mantenimiento de la máquina

| Detalle | Cantidad | Costo unitario | Total (USD) |
|-------------------------------------|------------------|----------------|-------------------|
| Grasa para lubricación | 2 | 5 | 10 |
| Materiales de limpieza | 2 | 8,5 | 17 |
| Agua para la limpieza | 5 m ³ | 0,03 | 0,15 |
| Operador (básico) | 1 | 354 | 354 |
| Transporte de harina e ingredientes | 4 | 10 | 40 |
| Total gasto mensual | | | 411,15 USD |

Fuente: Autor

El gasto total anual de gastos de operación es de:

$$C_o = 411,15 * 12 \text{ meses}$$

Dónde:

C_o = Costo de operación y mantenimiento durante un año.

$$C_o = 4933.8USD$$

6.2.5.3 Costos de materia prima para elaborar 15 empanadas. Los costos de la materia prima para la elaboración de empanadas se han tomado como referencia un dato experimental de la panadería en mención el cual detalla en la siguiente tabla para la elaboración de 15 empanadas.

Tabla 61. Ingredientes para 15 empanadas

| Ingredientes | Unidad | Cantidad |
|--------------|----------|----------|
| Harina | Tasas | 3 |
| Mantequilla | Gramos | 200 |
| Agua | Litros | 0,5 |
| Sal | Cucharas | 1/4 |
| Huevos | Unidad | 1 |
| Condumio | Kg | 1/4 |

Fuente: Autor

Tabla 62. Cantidad y costo de ingredientes para 15 empanadas

| Ingredientes | Unidad | Cantidad | Precio unitario(\$) | Costo (\$) |
|---|--------|----------|---------------------|---------------|
| Harina | kg | 33 | 1,15 | 37,95 |
| Mantequilla | kg | 9,6 | 2,12 | 20,352 |
| Agua | lt | 2,25 | 1 | 2,25 |
| Huevos | unidad | 48 | 0,12 | 5,76 |
| Sal | kg | 0,5 | 2 | 1 |
| Condumio | kg | 12 | 1,45 | 17,4 |
| Costo total diario (720 empanadas) | | | | 84,712 |

Fuente: Autor

Tabla 63. Costo de ingredientes para 720 empanadas a diario, mensual y anual

| Ingredientes | Unidad | Cantidad | Precio U. | Costo (\$) diario | Costo(\$) mes | Costo (\$) año |
|--------------|--------|----------|--------------|----------------------|------------------|-------------------|
| Harina | kg | 33 | 1,15 | 37,95 | 1138,5 | 13662 |
| Mantequilla | kg | 9,6 | 2,12 | 20,352 | 610,56 | 7326,72 |
| Agua | lt | 2,25 | 1 | 2,25 | 67,5 | 810 |
| Huevos | unidad | 48 | 0,12 | 5,76 | 172,8 | 2073,6 |
| Sal | kg | 0,5 | 2 | 1 | 30 | 360 |
| Condumio | kg | 12 | 1,45 | 17,4 | 522 | 6264 |
| | | | Total | 84,712 | 2541,36 | 30496,32 |

Fuente: Autor

El costo anual de los ingredientes de las empanadas es de:

$$C_{empanada} = 30496,32 \text{ USD}$$

6.2.5.4 Determinación del costo de energía. Para determinar el costo de la energía consumida por la máquina elaboradora de empanadas se determinó el consumo diario, posteriormente se encuentra el valor mensual y anual para luego multiplicar por

el valor vigente del kW-h del sistema interconectado, encontrando así el valor en dólares anual de la energía consumida.

El consumo de energía para un motor de 3/4 Hp monofásico, su consumo es de 1,13 kW/h y la máquina trabajara un tiempo estimado máximo de trabajo de 1 hora diaria.

Para calcular el consumo se tiene la siguiente ecuación:

$$C_{\text{diario}} = C_{\text{motor}} * t \quad (108)$$

Dónde:

C_{diario} = consumo diario (kW-h)

C_{motor} = consumo del motor (kW)

t = Tiempo diario de consumo (horas)

$$C_{\text{diario}} = 1,13 \text{ Kw} * 1 \text{ horas}$$

$$C_{\text{diario}} = 1,13 \text{ Kw} - \text{h}$$

El valor de consumo del kW-h en el Ecuador es de 0,098 dólares. Para calcular el consumo en dólares se tiene la siguiente ecuación.

$$C_{\$} = C_{\text{diario}} * C_{\text{costo}} \quad (109)$$

Dónde:

$C_{\$}$ = costo (\$)

C_{diario} = consumo diario en (kW-h)

C_{costo} = Valor en dólares del (kW-h)

$$C_{\$} = 1,13 \text{ Kw} - \text{h} * \$ 0.098$$

$$C_{\$} = \$ 0.11 \text{ Diarios} * 30 \text{ Días}$$

$$C_{\$} = \$6,6 + (\text{Impuestos y recaudaciones})$$

$$C_{\$} = \$ 3,32 * 12 \text{ meses}$$

$$C_{\$} = \$ 39,86 \text{ anuales}$$

Entonces el valor de pago en consumo de energía eléctrica de la máquina elaboradora de empanadas en el año es de 39,86 USD.

En la tabla 62 se muestra en forma resumida los egresos anuales de producción de la elaboración de empanadas.

Tabla 64. Egresos anuales

| | |
|---|--------------|
| Costos por operación y mantenimiento | 4933,80 USD |
| Costos de materia prima (Ingredientes) | 30496,32 USD |
| Costos de energía eléctrica consumida. | 39,86 USD |
| Egreso total anual | 35469,98USD |

Fuente: Autor

6.3 Evaluación financiera

Cálculo del TIR (tasa interna de retorno) y el VAN (valor actual neto.)

6.3.1 Cálculo del TIR (Tasa Interna de Retorno). Es la tasa de interés por medio de la cual se utiliza como criterio para la aceptación o rechazo de un proyecto, el cual se realiza un análisis de costos para su factibilidad y rentabilidad, a mayor TIR mayor rentabilidad.

Tiempo de evaluación del proyecto $n = 5$, es decir el tiempo estimado de evaluación será 5 años.

En la tabla 63. Se muestra los datos de evaluación financiera.

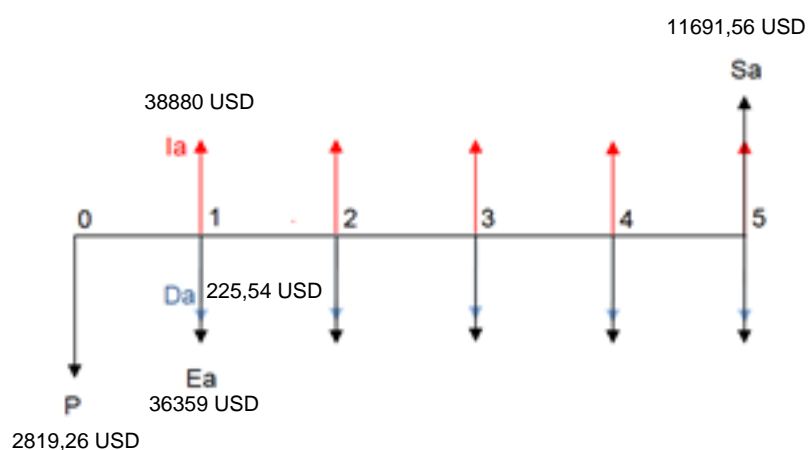
Tabla 65. Datos de evaluación financiera

| Ingreso Anual la | Salvamento n=5 Sa | Inversión Inicial P | Depreciación Anual Da | Egreso Anual Ea |
|-------------------------|--------------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------|
| 38880 USD | 1691,56 USD | 2819,26 USD | 225,54 USD | 36359 USD |

Fuente: Autor

Con los datos de la tabla 65, se realiza el diagrama de evaluación financiera para un periodo de análisis de 5 años, como se indica en la figura 135.

Figura 135. Diagrama de evaluación financiera



Fuente: Autor

De la figura 122 se determina el valor actual neto (VAN), necesario para el cálculo del TIR.

$$VAN = VAI - VAE \quad (110)$$

Dónde:

VAI = Valor anual de ingresos

VAE = Valor anual de egresos

$$VAN = Ia * \left(\frac{P}{A}, i\%, n\right) + Sa * \left(\frac{P}{F}, i\%, n\right) - P - Da * \left(\frac{P}{A}, i\%, n\right) - Ea * \left(\frac{P}{A}, i\%, n\right)$$

$$VAN = (Ia - Da - Ea) \left(\frac{P}{A}, i\%, n\right) + Sa * \left(\frac{P}{F}, i\%, n\right) - P$$

$$VAN = (38880 - 225,54 - 36185,52) \left(\frac{P}{A}, i\%, 5\right) + 1691,56 * \left(\frac{P}{F}, i\%, 5\right) - 2819,26$$

Para distintos valores de interés se encuentra los siguientes resultados que se muestran en la tabla 66.

Cantidad única, valor presente $\frac{P}{F}$

$$\left(\frac{P}{F}, i\%, n\right) = \frac{1}{(1+i)^n} \quad (111)$$

Serie uniforme, valor presente $\frac{P}{A}$

$$\left(\frac{P}{A}, i\%, n\right) = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \quad (112)$$

Con ayuda de las ecuaciones 111 y 112 se calcula los valores de cantidad única y de serie uniforme para los diferentes valores de intereses y se obtiene el VAN, la tabla 64 muestra los valores del VAN en función del interés.

Figura 136. Valor actual neto para diferentes valores de interés

| Interés | VAN |
|---------|---------|
| 5 | 9195,35 |
| 10 | 7590,29 |
| 20 | 5244,19 |
| 30 | 3649,63 |
| 40 | 2519,99 |
| 50 | 1691,08 |
| 60 | 1064,53 |
| 70 | 578,52 |
| 80 | 193,11 |
| 90 | -118,47 |
| 95 | -252,56 |

Fuente: Autor

Para encontrar el valor con exactitud del TIR se aplica la siguiente ecuación:

$$TIR = i\% + \frac{VAN(+)}{VAN(+) + VAN(-)} * \Delta\% \quad (91)$$

$$TIR = 80\% + \frac{193,11}{193,11 + 118,47} * 10\%$$

$$TIR = 86,19\%$$

6.4 Criterios de decisión

Para tener un criterio de aceptación se toma en cuenta la relación entre la tasa interna de retorno y el interés efectivo vigente que proporciona la Corporación Financiera Nacional (CFN) en este caso para un periodo de 5 años el $i=9,45\%$, el interés en mención es el interés pasivo efectivo vigente, además para una correcta aceptación del proyecto se considera los siguientes aspectos: (TIRIRA, 2014)

- Si $VAN < 0$ Rechazar el proyecto porque no permite recuperar la inversión.
- Si $VAN = 0$ Tomar otras alternativas o invertir en el proyecto.
- Si $VAN > 0$ Aceptar el proyecto ya que permite recuperar la inversión.

6.5 Análisis de resultados

Al adquirir el valor del VAN con una tasa de interés efectivo actual da un valor de 2074,59 Dólares Americanos y se observa que el valor es mayor que 0 por lo que según el criterio de comparación se da una conclusión que el proyecto es rentable y viable la construcción de la máquina elaboradora de empanadas además podemos concluir que se puede aceptar el proyecto ya que la panadería obtendrá un rendimiento mayor que el costo de oportunidad del capital

Otro de los criterios de aceptación es el cálculo del TIR en el caso del proyecto en mención el valor del TIR es 74,6% cuyo valor es mayor al interés pasivo efectivo del banco llegando a la conclusión que el proyecto es aceptable.

6.6 Manual de operación

El manual de operación de la máquina elaboradora de empanadas describe las características, especificaciones, precauciones, encendido o puesta en marcha, maneras de operación, mantenimiento, manipulación, solución a posibles problemas y que es necesario el operador.

6.6.1 Vista general del equipo. En la figura 137 se muestra la máquina elaboradora de empanadas con sus elementos generales.

Figura 137. Vista general del equipo



Fuente: Autor

6.6.2 *Accesorios de la máquina elaboradora de empanadas.* En los siguientes numerales se describe los accesorios utilizados en la máquina.

6.6.2.1 *Moldes para empanadas.* Es un elemento que le da la forma a la empanada, sellando de manera que no se abra durante su cocción en un horno, son tres tipos de moldes respecto a su tamaño que se intercambian fácilmente en la máquina elaboradora de empanadas.

Figura 138. Moldes para empanadas



Fuente: Autor

El equipo está diseñado para que los moldes sean intercambiables según el tamaño de la empanada que se quiere hacer, se fija a un soporte molde de teflón que a su vez se ajustan a la base de acero inoxidable mediante un tornillo.

Figura 139. Base o soporte molde



Fuente: Autor

6.6.3 *Caja de control.* Cumple la función de encender y apagar la máquina, posee un relé térmico que da mayor protección al motor, en la figura 140 se muestran sus elementos internos y externos.

Figura 140. Caja de control



Fuente Autor

6.7 Características de la máquina elaboradora de empanadas

En la tabla 66 se detalla las características más relevantes de la máquina, las mismas que permiten tener una visión de cómo es, así como se presentan las diferentes máquinas industriales utilizadas en el sector de la panificación.

Tabla 66. Características de la máquina

| Máquina elaboradora de empanadas | |
|---|---|
| Características generales | Dimensiones generales: Ancho = 0,90 m Largo = 0,90 m Alto mesa principal de trabajo = 108,5 m Diámetro mesa principal de trabajo = 0,80 m Alto (caja de control) = 1,40 m Alto tanque de alimentación dosificador =1,73 m |
| | Capacidad de producción: hasta 720 empanadas/h. |
| | Material de construcción de Acero Inoxidable AISI 304 Estructura: tubo cuadrado estructural Ejes y elementos principales de transmisión: acero inoxidable AISI 304 y acero de transmisión SAE 1018 |
| | Motor monofásico de 3/4 HP. Fuente de corriente eléctrica de 110V. |
| | Reductor de velocidad marca MORSE Potencia: 0.97 HP Relación: 40:1 |
| | Peso total de la máquina 206,8 kg |
| | Moldes (Intercambiables): Plástico Base moldes pequeños: Teflón Boquilla de dosificación: Teflón Pistón para empuje de condumio: Teflón |

Fuente: Autor

6.8 Instalación del equipo

La máquina elaboradora de empanadas para su funcionamiento y alta durabilidad en el su lugar de trabajo se recomienda tener en cuenta lo siguiente:

- Colocar la máquina en una superficie lisa y plana, que no haya desniveles para el apoyo en sus cuatro patas, por el peso de la máquina que es moderadamente alto no necesita pernos de anclaje para su fijación al piso.
- Conectar el equipo a línea de corriente eléctrica.

6.8.1 *Requisitos necesarios.* Para poner en funcionamiento la máquina elaboradora de empanadas se requiere lo siguiente:

- Piso de concreto sólido y plano.
- Suministro de corriente eléctrica de 110V.

6.9 Instrucciones de operación

6.9.1 *Colocación de moldes y regulación de la dosificación.* En la tabla 67 se muestra y enumera el procedimiento necesario para que el operario pueda cambiar el tamaño de molde y regular la dosificación necesaria de acuerdo al molde a utilizar ya que una empanada más pequeña necesita una cantidad pequeña de condumio.

Tabla 67. Cambio de moldes y regulación de la dosificación











| | |
|---|---|
| 1. Apagar el equipo presionando el pulsador rojo. |  |
| 2. Desconectar el equipo de la corriente eléctrica. |  |
| 3. Quitar el perno de ajuste del molde. |  |

Tabla 67. Continuación

| | |
|---|---|
| <p>4. Retirar el molde de la base de acero inoxidable.</p> |  |
| <p>5. Colocar el nuevo molde, si es pequeño, utilizar con su base.</p> |  |
| <p>6. Colocar el perno de ajuste y apretar normalmente.</p> |  |
| <p>7. Quitar la cubierta de protección de los mecanismos del sistema dosificador.</p> |  |
| <p>8. Aflojar el perno de la barra de regulación.</p> |  |
| <p>9. Subir o bajar la barra que regula la cantidad de condumio a dosificar y apretar el perno de ajuste.</p> |  |
| <p>10. Colocar la cubierta y apretar sus pernos de ajuste.</p> |  |

Fuente: Autor

6.9.2 *Puesta en marcha de la máquina elaboradora de empanadas.* Para la puesta en marcha o puesta en funcionamiento la máquina se muestra el procedimiento en la tabla 68.








Tabla 68. Puesta en marcha de la máquina elaboradora de empanadas

| | |
|--|--|
| <p>1. Conectar el equipo a la línea de alimentación eléctrica de 110V.</p> |  |
| <p>2. Colocar condumio en el tanque dosificador.</p> |  |
| <p>3. Colocar la tortilla en el molde.</p> |  |
| <p>4. Presionar el pulsador verde para encender el equipo.</p> |  |
| <p>5. Seguir colocando tortillas en el molde y a su vez retirar la empanada ya elaborada</p> |  |

Fuente: Autor

6.9.3 Limpieza del equipo. Luego de cada trabajo de la máquina es necesario realizar una limpieza adecuada como se detalla en la tabla 69.

Tabla 69. Limpieza del equipo

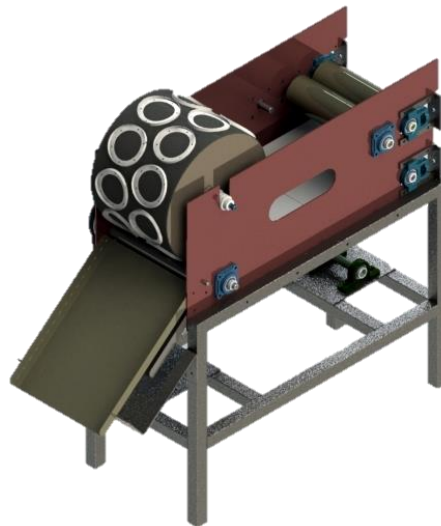
| | |
|--|--|
| <p>1. Desconectar el equipo de su fuente de alimentación.</p> |  |
| <p>2. Quitar la abrazadera que une el tanque con el acople de dosificación</p> |  |
| <p>3. Sacar el tanque y lavarlo con agua utilizando detergente para platos</p> |  |
| <p>4. Retirar los meldes de la máquina y limpiar</p> |  |
| <p>5. Retirar la cubierta para limpiar por dentro, se puede retirar las cajas para realizar una limpieza mayor limpieza.</p> |  |
| <p>6. En caso de ensuciarse las cubiertas de la estructura, retirar y lavarlas con agua y detergente.</p> |  |
| <p>7. Antes de trabajar en la máquina, limpiarla para quitar residuos de polvo.</p> |  |

Fuente: Autor

- *Nota.* Durante la limpieza de la máquina con agua no utilizar cloro, blanqueadores, esponjillas que rallan o sueltan partículas metálicas oxidables, no lo limpie con los mismos elementos (trapos, esponjas, etc.) con los que haya limpiado materiales ferrosos puede generar fenómenos de corrosión. (www.socadacom.co)

La masa para las tortillas o arepas antes de poner en el molde de la máquina elaboradora de empanadas debe pasar por un proceso de laminación para luego pasar a otra máquina donde se cortan los discos (tortillas), en la figura 141 se muestra una máquina para el corte de discos.

Figura 141. Máquina cortadora de discos para empanadas



Fuente: Autor

6.10 Manual de mantenimiento

La máquina elaboradora de empanadas con el uso continuo y el paso del tiempo sus elementos sufren desgastes y deterioros por falta de un adecuado mantenimiento o mal uso de la máquina, si embargo no es corregido algún desperfecto y continúan operándola puede llegar a un paro total de la máquina lo que significaría aumento de costos y sin la producción diaria

El tipo de mantenimiento que se debe aplicar a la máquina es el mantenimiento preventivo, ya que se encarga de prevenir al máximo fallas en las máquinas detectándolas antes de que estas sucedan, evitando en lo posible que se llegue a un mantenimiento correctivo.

6.10.1 *Listado de requerimientos para el mantenimiento de la máquina.* En las tablas siguientes se detalla los requerimientos que son de mucha importancia para el mantenimiento de la máquina y así darle una larga duración a sus elementos la máquina en general, el requerimiento de limpieza a diario antes de su uso es de vital importancia ya que hay que mantener un estándar de normas higiénicas a la hora de manipular alimentos.

6.10.1.1 *Requerimientos de limpieza*

Tabla 70. Requerimientos de limpieza

| Código | Trabajo a realizar | Frecuencia |
|---------------|---|-------------------|
| LI 01 | Limpieza con agua tibia y jabón neutro | Diaria |
| LI 02 | Limpieza completa | Cada semana |
| LI 03 | Limpieza de motor y reductor de velocidad | 3 meses |
| LI 04 | Limpieza de correas | 1 mes |

Fuente: Autor

6.10.1.2 *Requerimientos de lubricación.*

Tabla 71. Requerimientos de lubricación

| Código | Trabajo a realizar | Frecuencia |
|---------------|---|-------------------|
| LU 01 | Lubricación con grasa rodamientos, chumaceras, graseros, nodos, correderas, cruz de malta, levas. | 1 mes |
| LU 02 | Cambio de aceite | 6 meses |

Fuente: Autor

Para la lubricación con grasa se recomienda utilizar grasa multiuso litio #2 azul y para el cambio de aceite SAE 20-50.

6.10.1.3 *Requerimientos mecánicos.* Se refiere a la inspección cuando sea necesario, cuando se vean o se perciban ciertas anomalías en su funcionamiento.

Tabla 72. Requerimientos mecánicos

| Código | Trabajo a realizar | Frecuencia |
|---------------|---|-------------------|
| M 01 | Inspección de rodamientos. | 4 meses |
| M 02 | Inspección de correas | 1 mes |
| M 03 | Inspección moto reductor (temperatura, vibraciones, balanceo, rotación) | 3 meses |
| M 04 | Inspección mecanismos | 3 meses |
| M 05 | Cambio de rodamientos | 1 año |
| M 06 | Cambio de correa | 6 meses |
| M 07 | Ajuste y revisión de piezas metálicas, seguros y tornillos | 2 meses |

Fuente: Autor

6.10.1.4 *Requerimientos eléctricos.*

Tabla 73. Requerimientos eléctricos

| Código | Trabajo a realizar | Frecuencia |
|---------------|---|-------------------|
| E 01 | Revisión de toma corriente y enchufe | Cada semana |
| E 02 | Revisión sistema eléctrico del motor | 6 meses |
| E 03 | Revisión caja de control | Anual |
| E 04 | Revisión del voltaje y amperaje del sistema eléctrico | Anual |

Fuente: Autor

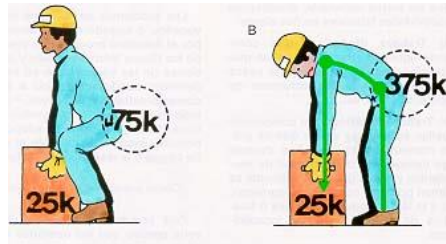
6.11 **Riesgos y medidas preventivas para el operador**

Los posibles riesgos que debe conocer el operador y como prevenir en base a recomendaciones para que no sufra daño alguno se detalla en los siguientes numerales

6.13.1 Riesgos ergonómicos. La postura, los sobreesfuerzos, la iluminación inadecuada, el disconfort podrían estarle generando al operador no solo diversas lesiones en su organismo sino que podrían estar afectando la producción.

En la máquina elaboradora de empanadas se presenta este riesgo al moverla de un lugar a otro, su peso es considerablemente alto para una sola persona, para mover o levantar la máquina se debe realizarlo mínimo entre seis personas.

Figura 142. Forma correcta de transporte de cargas



Fuente: (INSTH, 1997)

6.13.2 Riesgos por corte y aplastamiento. Las manos y en casos mínimos los pies están siempre expuestos a riesgos por lesiones, aplastamientos y cortes.

Figura 143. Riesgo de corte



Fuente: (LETSPREVENT, 2013)

Los riesgos por corte que se pueden presentar en la máquina elaboradora de empanadas es al momento de quitar las cubiertas ya que son de un espesor de 1mm, si no se toma precauciones al momento de coger las cubiertas pueden cortarse.

Figura 144. Riesgo por aplastamiento



Fuente: (CARTELING, 2013)

Los riesgos por aplastamiento se pueden generar al momento de mover la máquina, no levantarla cogiendo con las manos bajo sus patas, y tener cuidado con los pies al bajarla.

Se puede presentar otro riesgo por aplastamiento, si al momento que la máquina está en funcionamiento meten las manos en el puesto que se realiza el sellado de la empanada.

Figura 145. Riesgo al meter las manos en el puesto de sellado



Fuente: Autor

6.13.3 Riesgo eléctrico. Este riesgo puede ocasionar graves lesiones al operador por contacto directo o indirecto de una fuente de alimentación eléctrica o a su vez la caja de controles.

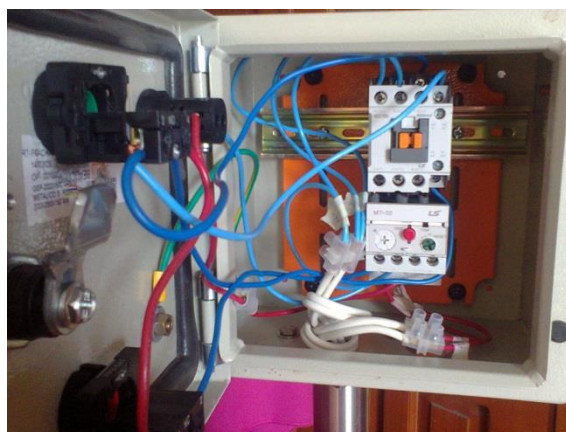
Figura 146. Riesgo eléctrico



Fuente: (CEFEG, 2012)

En la máquina elaboradora de empanadas el riesgo eléctrico que se podría ocasionar es al manipular la caja de control, si existe alguna falla se debe hacer revisar por un técnico.

Figura 147. Caja de control



Fuente: Autor

CAPÍTULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

Se analizó los parámetros de diseño que debe cumplir la máquina como lo es en la capacidad de producción de empanadas en otras microempresas panificadoras.

Los requisitos mencionados por el auspiciante al inicio del proyecto se cumplieron y verificaron, así como también los criterios técnicos del Director de tesis.

La máquina diseñada cumple con la expectativa del auspiciante en que sea totalmente mecánica, su funcionamiento total se consigue en base a mecanismos.

La máquina cumple con las normas sanitarias requeridas para el manejo de alimentos y con normas laborales como lo es los riesgos y medidas para el operador, la construcción de la máquina se la realizó en su mayoría en acero inoxidable 304, se hizo una excepción con la estructura principal ya que no está en contacto con los alimentos.

La máquina diseñada tiene una capacidad de producción de 720 empanadas/hora, con variación en el tamaño de las empanadas al cambiar moldes más pequeños.

Las pruebas realizadas en vacío y a plena carga en la máquina no presentó ninguna anomalía, calentamiento o trabamiento en sus mecanismos.

7.2 Recomendaciones

Antes de poner en funcionamiento la máquina elaboradora de empanadas se debe realizar una limpieza de las partes que estarán en contacto con el alimento, puede haber presencia de polvo por lo cual es necesario poner un cobertor luego de terminar su trabajo diario.

Verificar que la fuente de alimentación sea de 110V antes de poner en funcionamiento la máquina.

Para realizar la limpieza se debe apagar la máquina, desmontar sus elementos como lo es la tolva, la boquilla de dosificación, el ducto de dosificación, los moldes, si utiliza los moldes pequeños, retirarlos con sus bases, todos estos elementos se los puede lavar fuera de la máquina.

Se recomienda que la limpieza total se realice semanalmente, para lo cual hay que desmontar todos sus elementos de la mesa principal y sistema dosificador.

Realizar el mantenimiento de la máquina de acuerdo al plan recomendado.

Durante su funcionamiento si presenta algún ruido o trabamiento apagar inmediatamente la máquina y revisar la posible avería.

BIBLIOGRAFÍA

ALBIZ. 2011. Equipos industriales. [En línea] 18 de Marzo de 2011. [Citado el: <http://buenos-aires.all.biz/> de febrero de 2014.]

AVNER, Sydney H. 1988. *Introducción a la metalurgia física*. México : McGRAW-Hill, 1988.

CAMPAÑA, Enriquez. 2011. *Diseño y construcción de una máquina capsuladora para envases plásticos tpa rosca de 250 mililitros hasta 1000 mililitros con una capacidad de 26 botellas por minuto para la microempresa ANDIPACK*. Sangolquí : Departamento de ciencias de la energía y mecánica, 2011.

CANIMOLT. 2012. Panificación. [En línea] 6 de Octubre de 2012. [Citado el: 8 de Enero de 2014.] <http://www.canimolt.org/revista-canimolt>.

CARTELING. 2013. Etiquetas de Seguridad. [En línea] 3 de Enero de 2013. [Citado el: 23 de Mayo de 2014.] <http://www.carteling.com/es/>.

CASADEMONT. 2011. Cocinas Industriales. [En línea] 4 de Noviembre de 2011. [Citado el: 30 de Marzo de 2014.] <http://www.garciacasademont.com/>.

DIPAC, Productos de acero. 2011. Ambato : s.n., 2011.

MORSE, Raider catálogo reductores sin fin-corona. 2000. Barcelona : s.n., 2000.

CEFEG. 2012. Colsultoria de formacion SA. [En línea] 2 de MARZO de 2012. [Citado el: 29 de Mayo de 2014.] <http://www.cfeg.cat/>.

ELERGONOMISTA. 2005. Proceso de Panificación. [En línea] Agosto de 6 de 2005. [Citado el: 9 de Enero de 2014.] <http://www.elergonomista.com/alimentos/panificacion.htm>.

EMPAMEC. 2010. [En línea] 6 de Agosto de 2010. [Citado el: 20 de Marzo de 2014.] <http://www.empamec.com.ar/es/index.php>.

FIGUERAS, EE ZAYAS. 2010. *Aportación al estudio de levas desmodrómicas*. Barcelona : s.n., 2010.

GALEON. 2000. Etapas de elaboración del pan. [En línea] 4 de Febrero de 2000. [Citado el: 10 de Enero de 2014.] <http://rodwenvega.galeon.com/proceso.htm>.

GALLEGOS. 2008. Descripción del proceso de fabricación. [En línea] 5 de Enero de 2008. [Citado el: 8 de Enero de 2014.] www.tecnoalbura.net.

GALVES, Remigio. 2002. Manual de Seguridad. [En línea] 2002. [Citado el: 31 de Agosto de 2013.] www.esPOCH.edu.com.

IMPULSORA GASTRONÓMICA. 2014. Maquinas Manuales de empanadas. [En línea] 4 de Enero de 2014. [Citado el: 23 de Febrero de 2014.]
<http://www.impulsoraweb.com.ar/shop/categorias.asp?id=338>.

MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS. 2012. Como soldar aceros inoxidable. [En línea] 1 de Febrero de 2012. [Citado el: 2 de Abril de 2014.]
<http://www.demaquinasyherramientas.com/soldadura/como-soldar-acero-inoxidable>.

CONSIDERACIONES PARA TRABAJAR EN ACERO INOXIDABLES. 2010.
Procesos. [En línea] 2 de Marzo de 2010. [Citado el: 2 de Abril de 2014.]
http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=2&ved=0CCgQFjABahUKEwj4nsD5n-LGAhVKGZIKHYIJA8c&url=http%3A%2F%2Fwww.metalactual.com%2Frevista%2F20%2Fprocesos_consideracionesII.pdf&ei=MQCpVbjCEcqqyASJk424DA&usg=AFQjCN GqmjADUnt4ytnq-ZB.

ACEROS INOXIDABLES. 2012. [En línea] 3 de Enero de 2012. [Citado el: 1 de Abril de 2014.] http://www.utp.edu.co/~publio17/ac_inox.htm.

Insert bearing & Pillow block. **CMB. 2008.** Lima : s.n., 2008.

INSTH. 1997. Guías técnicas de manipulación manual de cargas. [En línea] 14 de Abril de 1997. [Citado el: 8 de mayo de 2014.]
<http://www.valencia.edu/cgt/prevencion/CARGAMAN.htm>.

INGENIERÍA INVESTIGACIÓN. 2010. Evaluación de corrosión. [En línea] 6 de Agosto de 2010. [Citado el: 2 de Julio de 2014.]
dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3705137.pdf.

ITALGI. 2013. Cortadora de disco para tapas de empanadas. [En línea] 3 de Diciembre de 2013. [Citado el: 11 de Enero de 2014.]
<http://buenosaires.evisos.com.ar/cortadora-de-discos-para-tapas-de-empanadas-1-id-217783>.

JORDAN. 1997. [En línea] 5 de enero de 1997. [Citado el: 1 de Enero de 2014.]
<https://es.wikipedia.org/wiki/Empanada>.

KEYWAYS, STANDARD. 2000. Dimensiones chaveteros y chavetas S/DIN 6885/1 - 6886 y 6887. [En línea] 4 de Enero de 2000. [Citado el: 13 de 03 de 2015.]
<http://www.cadersa.es/Pag72.htm>.

LETSPREVENT. 2013. RIESGOS LABORALES. [En línea] 26 de Mayo de 2013.
[Citado el: mayo de 12 de 2014.] <http://www.letsprevent.com/>.

MAQUILAR. 2003. Maquinas de hacer empanadas. [En línea] 2 de Diciembre de 2003. [Citado el: 29 de Marzo de 2014.]
<http://www.maquilar.com.ar/page/maquinas/id/2/title/L%C3%ADnea+MCE1+-+Mediana+Producci%C3%B3n>.

TODO MÁQUINA. 2010. Armadora cerradora de empanadas. [En línea] 12 de Febrero de 2010. [Citado el: 18 de Febrero de 2014.] http://www.todo-maquina.com.ar/product.php?id_product=13.

PAN CON PAN, 2003. Laminadora de masa. [En línea] 4 de Febrero de 2003. [Citado el: 10 de Enero de 2014.] <http://panaderiaindustrial.com.ar/catalogo/>.

PIRELLI. 1998. *Catalogo de correas Trapeciales*. Mexico : s.n., 1998.

RIVA, Carles. 2002. *Diseño concurrente*. Barcelona : UPC, 2002.

FAG, Rodamientos. 2000. WL41, España : s.n., 2000.

SCHAUM, Daniel. 1991. *Física General*. México : McGraw-Hill, 1991. 968-422-927-5.

SHIGLEY, Joseph y MITCHELL Larry. 2008. *Diseño en Ingeniería Mecánica*. 2008.

SMITH. 1998. 465-466.

SUMITEC. 2010. 304. [En línea] 2 de Enero de 2010. [Citado el: 1 de Abril de 2014.]
<http://www.sumiteccr.com/navegadores/sumitec.html>.

TIRIRA, Lenin. 2014. *Diseño y construcción de una máquina despulpadora*.
Riobamba : Facultad de Mecánica, 2014.

MINISTERIO DE TRABAJO. 2014. Salario minimo sectorial. [En línea] 23 de Enero de 2014. [Citado el: 18 de Julio de 2014.] <http://www.relacioneslaborales.gob.ec/salarios-minimos-sectoriales-2014>.

WIKIPEDIA. 2013. Aparatos Eléctricos. [En línea] 2013. [Citado el: 04 de Enero de 2013.] https://es.wikipedia.org/wiki/Aparato_el%C3%A9ctrico.

WIKIPEDIA. 2013. Relleno Gastronomía. [En línea] 9 de Marzo de 2013. [Citado el: 8 de Enero de 2014.] [https://es.wikipedia.org/wiki/Relleno_\(gastronom%C3%ADa\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Relleno_(gastronom%C3%ADa)).