



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PROTOTIPO
PARA FABRICACIÓN DE PLATOS BIODEGRADABLES A
PARTIR DE BIOMASA”**

Trabajo de Titulación:

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar por el grado académico de:

INGENIERO MECÁNICO

AUTORES: SEGUNDO KLEVER QUISHPILLO AMAGUAYA

LUIS ANDRÉS MORETA SALGUERO

DIRECTOR: Ing. OTTO BALSECA

Riobamba-Ecuador

2020

©2019, Segundo Klever Quishpillo Amaguaya y Luis Andrés Moreta Salguero.

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Segundo Klever Quishpillo Amaguaya y Luis Andrés Moreta Salguero, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados obtenidos son auténticos. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 29 de enero del 2020



Segundo Quishpillo A.
C.I: 060410789-6



Luis Moreta S.
C.I: 060452584-0

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA DE MECÁNICA

El tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: PROYECTO TÉCNICO, **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PROTOTIPO PARA FABRICACIÓN DE PLATOS BIODEGRADABLES A PARTIR DE BIOMASA**, realizado por los señores: **SEGUNDO KLEVER QUISHPILLO AMAGUAYA** y **LUIS ANDRÉS MORETA SALGUERO** ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Edwin Fernando Viteri Núñez
**PRESIDENTE DEL
TRIBUNAL**



29-01-2020

Ing. Otto Fernando Balseca
Sampedro
**DIRECTOR DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**



29-01-2020

Ing. Santiago Alejandro López
Ortiz
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



29-01-2020

DEDICATORIA

Este presente trabajo en primer lugar quiero dedicar a Dios por brindarme sabiduría y salud durante el transcurso de mi vida. A mis padres Segundo y Rosa por ser mis guías durante este camino fuerte pero satisfactorio y por su apoyo en todo momento. A mi abuelita que supo inculcarme con principios y valores, y que siempre será mi ángel guardián. A mis hermanos Jessica y Henry quienes me han brindado su apoyo incondicional, y que siempre me animaron a seguir adelante y nunca desfallecer. A mis amigos y conocidos quienes de una u otra manera me brindaron su apoyo.

Segundo Klever Quishpillo Amaguaya

Dedico este trabajo de titulación en primer lugar a Dios, por nunca dejarme desfallecer, a mis padres María y Luis quienes nunca han dejado de apoyarme durante toda mi carrera, a mis hermanos Alexandra, Diego, Ana y Jefferson quienes con sus palabras de apoyo siempre inculcaron valores importantes para poder llegar hasta aquí y a todos mis familiares y amigos que han formado parte de mi vida durante toda esta etapa gracias por sus consejos y apoyo incondicional.

Luis Andrés Moreta Salguero

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento profundo primero a Dios por brindarme salud y vida, a toda mi familia especialmente a mis padres y hermanos quienes fueron mis pilares fundamentales en el transcurso de mi carrera profesional. A mis amigos por brindarme su amistad y sus palabras de aliento. A mis profesores quienes compartieron sus conocimientos, y fomentaron sus lazos de amistad. A la ESPOCH especialmente a la Escuela de Ingeniería Mecánica por abrirme las puertas del conocimiento y formarme como un profesional.

Segundo Klever Quishpillo Amaguaya

En primer lugar, quiero empezar dando gracias a Dios por brindarme salud y permitirme culminar con esta fase, a mis padres quienes fueron mis pilares fundamentales en el transcurso de mi carrera profesional, a mis hermanos que siempre me brindaron su apoyo, a mi abuelita, tíos, primos y amigos por brindarme su amistad y sus palabras de aliento. A mis profesores quienes compartieron sus conocimientos y fomentaron sus lazos de amistad, a la ESPOCH por darme esa linda oportunidad de estudiar y especialmente a la Escuela de Ingeniería Mecánica por abrirme las puertas del conocimiento y formarme como un profesional.

Luis Andrés Moreta Salguero

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xviii
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT.....	xx
INTRODUCCIÓN	1

CAPITULO I

1.	MARCO REFERENCIAL.....	2
1.1	Antecedentes.....	2
<i>1.1.1</i>	<i>Platos biodegradables</i>	<i>2</i>
<i>1.1.2</i>	<i>Platos biodegradables en el mundo.....</i>	<i>2</i>
<i>1.1.3</i>	<i>Platos biodegradables en América</i>	<i>2</i>
<i>1.1.4</i>	<i>Platos biodegradables en Ecuador.....</i>	<i>3</i>
1.2	Formulación del problema.....	4
1.3	Justificación.....	4
<i>1.3.1</i>	<i>Justificación teórica.....</i>	<i>4</i>
<i>1.3.2</i>	<i>Justificación metodológica.....</i>	<i>5</i>
<i>1.3.3</i>	<i>Justificación práctica.....</i>	<i>5</i>
1.4	Alcance.....	5
1.5	Objetivos.....	5
<i>1.5.1</i>	<i>Objetivo general.</i>	<i>5</i>
<i>1.5.2</i>	<i>Objetivos específicos.</i>	<i>6</i>

CAPITULO II

2.	MARCO TEÓRICO	7
-----------	----------------------------	----------

2.1	Marco conceptual.....	7
2.1.1	<i>Máquina de platos biodegradables.....</i>	7
2.1.2	<i>Matriz de platos biodegradables.....</i>	7
2.1.3	<i>Sistema hidráulico para prensado.....</i>	7
2.1.4	<i>Materiales biodegradables.....</i>	8
2.1.5	<i>Materia prima (biomasa).....</i>	8
2.1.6	<i>Metodología.....</i>	8
2.2	Marco teórico.....	9
2.2.1	<i>Diseño de máquinas.....</i>	9
2.2.2	<i>Tipos de máquinas para fabricar platos biodegradables.....</i>	9
2.2.2.1	<i>Accionamiento hidráulico.....</i>	9
2.2.2.2	<i>Accionamiento neumático:.....</i>	10
2.2.2.3	<i>Accionamiento eléctrico:.....</i>	11
2.2.3	<i>Análisis de esfuerzos.....</i>	12
2.2.4	<i>Coefficientes de seguridad.....</i>	12
2.2.5	<i>Tensiones máximas admisibles.....</i>	13
2.2.6	<i>Diseño de ejes.....</i>	13
2.2.7	<i>Diseño de matriz y punzón.....</i>	13
2.2.7.1	<i>Tipo de procesos.....</i>	14
2.2.8	<i>Aceros para matricería.....</i>	14
2.2.8.1	<i>SAE 1045.....</i>	14
2.2.8.2	<i>SAE 4140:.....</i>	15
2.2.8.3	<i>SAE 8620.....</i>	15
2.2.8.4	<i>BÖHLER M303 Extra.....</i>	16
2.2.8.5	<i>M 304.....</i>	17
2.2.9	<i>Selección de la resistencia eléctrica.....</i>	17
2.2.10	<i>Parámetros de diseño.....</i>	17
2.2.11	<i>Método de Elementos finitos para análisis en la estructura.....</i>	18
2.2.12	<i>Metodología de Diseño Mecánico.....</i>	18
2.2.12.1	<i>Estudios previos.....</i>	18
2.2.12.2	<i>Normas y consideraciones para la fabricación de platos biodegradables.....</i>	22

2.2.12.3	<i>Metodología para el diseño de la máquina prototipo para la fabricación de platos biodegradables.....</i>	23
2.2.12.4	<i>Metodología propuesta por los autores</i>	24

CAPITULO III

3.	DISEÑO MECÁNICO Y CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA PARA FABRICAR PLATOS BIODEGRADABLES.....	26
3.1	Diseño conceptual de la máquina prototipo para la fabricación de platos biodegradables a partir de biomasa	26
3.1.1	<i>Determinación de las especificaciones y requerimientos de la máquina.....</i>	26
3.1.1.1	<i>Voz del usuario.....</i>	26
3.1.1.2	<i>Voz del ingeniero.....</i>	27
3.2	Resultados de la matriz de calidad QFD.....	29
3.2.1	<i>Costos</i>	29
3.2.2	<i>Nivel de automatización.....</i>	29
3.2.3	<i>Mantenimiento</i>	29
3.2.4	<i>Capacidad.....</i>	29
3.2.5	<i>Peso.....</i>	30
3.2.6	<i>Operación</i>	30
3.2.7	<i>Diferentes formas.....</i>	30
3.2.8	<i>Normativa.....</i>	30
3.3	Especificaciones técnicas	30
3.4	Análisis funcional.....	32
3.5	Definición de módulos	32
3.6	Estudio de alternativas de solución para la máquina.	33
3.6.1	<i>Encendido.....</i>	33
3.6.2	<i>Calentamiento de matrices</i>	34
3.6.3	<i>Accionamiento de prensado.....</i>	34
3.6.4	<i>Corte de bordes.....</i>	35
3.7	Alternativas de solución	36
3.8	Alternativas de solución para cada módulo.....	36
3.9	Evaluación de soluciones	40

3.10	Criterios de evaluación del módulo	41
3.11	Diseño de detalle.....	44
3.12	Análisis de fuerzas y diseño de los componentes mecánicos	44
3.12.1	<i>Diseño de las matrices</i>	45
3.12.1.1	<i>Fuerza de embutido.....</i>	45
3.12.1.2	<i>Fuerza de fricción</i>	47
3.12.1.3	<i>Fuerza de sujetadores</i>	49
3.12.1.4	<i>Fuerza de corte</i>	50
3.12.2	<i>Selección del cilindro neumático.....</i>	51
3.12.3	<i>Selección del compresor</i>	53
3.12.3.1	<i>Consumo de aire en condiciones normales.....</i>	53
3.12.4	<i>Diseño estático del bastidor mediante el software ANSYS.....</i>	57
3.12.5	<i>Cálculo del coeficiente de seguridad en los elementos de mayor consideración</i>	59
3.12.5.1	<i>Cálculo del coeficiente de seguridad del perfil 1.....</i>	64
3.12.5.2	<i>Cálculo del coeficiente de seguridad en el perfil 2.....</i>	68
3.12.6	<i>Coefficiente de seguridad en los elementos del bastidor.....</i>	68
3.12.7	<i>Cálculo del coeficiente de seguridad en la matriz</i>	71
3.12.8	<i>Diseño del sistema de calentamiento mecánico mediante el software Ansys</i>	73
3.12.8.1	<i>Análisis térmico con calentamiento en la matriz inferior.....</i>	73
3.12.8.2	<i>Análisis térmico en ambos lados de la matriz.....</i>	77
3.12.9	<i>Diseño de ejes guías</i>	79
3.12.9.1	<i>Ajuste con juego para la parte superior del eje.....</i>	79
3.12.9.2	<i>Ajuste indeterminado para la parte inferior del eje.....</i>	81
3.13	Esquema de los circuitos de potencia y control.....	82
3.13.1	<i>Esquema del circuito neumático</i>	82
3.13.2	<i>Circuito de control del sistema</i>	83
3.13.3	<i>Circuito de control de temperatura</i>	84
3.14	Método constructivo.	85
3.14.1	<i>Construcción de la maquina.....</i>	86
3.14.1.1	<i>Componentes y tiempos de construcción de la maquina.....</i>	86
3.14.1.2	<i>Diagrama de flujo de construcción.....</i>	90
3.14.1.3	<i>Montaje de la máquina para hacer platos biodegradables</i>	94

3.15	Manual de operación y mantenimiento para la máquina de hacer platos biodegradables con biomasa.	95
3.15.1	<i>Manual para la operación de la máquina.....</i>	96
3.15.2	<i>Requisitos de instalación de la máquina.....</i>	96
3.15.3	<i>Directrices de funcionamiento</i>	97
3.16	Manual de Mantenimiento de la Máquina	98
3.16.1	<i>Limpieza del equipo</i>	99
3.16.2	<i>Medidas de prevención.</i>	99
3.17	Análisis de costos.....	100
3.17.1	<i>Costo directo.....</i>	100
3.17.1.1	<i>Materiales</i>	100
3.17.1.2	<i>Mano de obra.....</i>	103
3.17.2	<i>Costos indirectos.</i>	104
3.17.2.1	<i>Costos de ingeniería.....</i>	104
3.17.2.2	<i>Costo total debido a costos indirectos.</i>	104
3.17.3	<i>Costo total de la máquina para hacer platos biodegradables.....</i>	105
3.18	Costo de producción por unidad del plato.....	105

CAPITULO IV

4	PRUEBAS Y RESULTADOS.....	107
4.1	Pruebas	107
4.2	Discusiones de los resultados	107
4.2.1	<i>Plato biodegradable de hoja de plátano</i>	108
4.2.2	<i>Plato biodegradable de material compuesto</i>	109
4.2.3	<i>Plato biodegradable de la corteza de la caña guadua.....</i>	111
4.2.4	<i>Plato biodegradable de yagua de palma.....</i>	113
4.2.5	<i>Permeabilidad de los platos biodegradables.</i>	114
4.2.6	<i>Resistencia mecánica de los platos biodegradables.</i>	116
	CONCLUSIONES.....	118
	RECOMENDACIONES.....	119
	BIBLIOGRAFIA	

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Ventajas de la prensa hidráulica.....	10
Tabla 2-2: Ventajas de la prensa neumática.....	11
Tabla 3-2: Ventajas de la prensa eléctrica.	12
Tabla 4-2: Propiedades químicas del SAE 1045.....	15
Tabla 5-2: Propiedades químicas del SAE 4140.....	15
Tabla 6-2: Propiedades químicas del SAE 8620.....	16
Tabla 7-2: Propiedades químicas del BÖHLER M303.....	16
Tabla 8-2: Propiedades químicas del M 304.....	17
Tabla 9-2: Porcentaje para la elaboración del plato compuesto.....	22
Tabla 1-3: Matriz QFD (Casa de la calidad).....	28
Tabla 2-3: Especificaciones técnicas de la máquina para la fabricación de platos biodegradables a partir de biomasa.	31
Tabla 3-3: Alternativas para el encendido	34
Tabla 4-3: Alternativas para el calentamiento de matrices	34
Tabla 5-3: Alternativas para el accionamiento de prensado	35
Tabla 6-3: Alternativas para el corte de bordes	35
Tabla 7-3: Alternativas número uno.	37
Tabla 8-3: Alternativas número dos.....	38
Tabla 9-3: Alternativas número tres.....	39
Tabla 10-3: Evaluación de cada criterio	41
Tabla 11-3: Evaluación de soluciones respecto a la capacidad.....	42
Tabla 12-3: Evaluación de soluciones respecto al costo.....	42
Tabla 13-3: Evaluación de soluciones respecto al Cumplimiento de la norma RTE INEN 131.	42
Tabla 14-3: Evaluación de soluciones respecto al nivel de automatización.	43
Tabla 15-3: Conclusiones y selección de la mejor alternativa.	43
Tabla 16-3: Dimensiones del cilindro del sistema neumático.....	53
Tabla 17-3: Características técnicas del compresor	56
Tabla 18-3: Cálculo del coeficiente de seguridad en cada elemento de la estructura	70
Tabla 19-3: Cálculo del coeficiente de seguridad de los elementos más importantes	71
Tabla 20-3: Calculo del juego y del apriete para la parte inferior.....	82
Tabla 21-3: Máquinas y herramientas utilizadas	86
Tabla 22-3: Materiales y tiempos de construcción del equipo.....	87
Tabla 23-3: Tiempos empleados en el montaje del equipo.....	94

Tabla 24-3: Tiempo empleado en la construcción y montaje	95
Tabla 25-3: Características de la máquina	96
Tabla 26-3: Manual de mantenimiento	98
Tabla 27-3: Costos materiales mecánicos	100
Tabla 28-3: Costo material eléctrico	101
Tabla 29-3: Costo de mano de obra	103
Tabla 30-3: Costo directo total	104
Tabla 31-3: Costo indirecto total	104
Tabla 32-3: Costo total de la máquina para la fabricación de platos biodegradables	105
Tabla 33-3: Cantidad de materia prima para la elaboración de 9600 platos	105
Tabla 34-3: Costos de los ingredientes	105
Tabla 35-3: Costos operativos para la elaboración de 9600 platos	105
Tabla 1-4: Características óptimas para el conformado del plato de hojas de plátano	108
Tabla 2-4: Condiciones de uso de los platos biodegradables de hojas de plátano	109
Tabla 3-4: Ventajas y desventajas de los platos biodegradables de hojas de plátano	109
Tabla 4-4: Características óptimas para el conformado del plato de material compuesto	110
Tabla 5-4: Condiciones de uso de los platos biodegradables de material compuesto	110
Tabla 6-4: Ventajas y desventajas de los platos biodegradables de material compuesto	111
Tabla 7-4: Características óptimas para el conformado del plato de la corteza de la caña guadua	111
Tabla 8-4: Condiciones de uso de los platos biodegradables de la corteza de la caña guadua	112
Tabla 9-4: Ventajas y desventajas de los platos biodegradables de la corteza de la caña guadua	112
Tabla 10-4: Características óptimas para el conformado del plato de yagua de palma	113
Tabla 11-4: Condiciones de uso de los platos biodegradables de yagua de palma	114
Tabla 12-4: Ventajas y desventajas de los platos biodegradables de yagua de palma	114
Tabla 13-4: Permeabilidad de los platos biodegradables	115
Tabla 14-4: Peso máximo que soportan los platos biodegradables	117

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Prensa hidráulica.....	10
Figura 2-2: Prensa neumática	11
Figura 3-2: Prensa eléctrica	12
Figura 4-2: Características de las hojas de las plátano	19
Figura 5-2: Esquema del proceso de fabricación con las hojas de plátano.....	19
Figura 6-2: Características de la yagua de palma	20
Figura 7-2: Esquema del proceso de fabricación con la yagua de palma	20
Figura 8-2: Características de la corteza de la caña guadua	21
Figura 9-2: Esquema del proceso de fabricación con la corteza de la caña guadua	21
Figura 10-2: Características del material compuesto.....	21
Figura 11-2: Esquema del proceso de fabricación con el material compuesto.....	22
Figura 12-2: Metodología propuesta por los autores	25
Figura 1-3: Matriz morfológica	36
Figura 2-3: Vista isométrica de la alternativa 1.....	37
Figura 3-3: Vista isométrica de la alternativa 2.....	39
Figura 4-3: Vista isométrica de la alternativa 3.....	40
Figura 5-3: Características de los elementos de la máquina	44
Figura 6-3: Matrices de los platos biodegradables	45
Figura 7-3: Plato a embutir con borde	46
Figura 8-3: Plato a embutir sin borde	47
Figura 9-3: Diagrama de cuerpo libre del punzón	48
Figura 10-3: Normas aplicables a los cilindros neumáticos en función del diámetro del émbolo y la carrera.....	52
Figura 11-3: Esquema de la estructura de la máquina.....	57
Figura 12-3: Interfaz ANSYS de la estructura.....	57
Figura 13-3: Análisis de fallo de la estructura por Von Mises	58
Figura 14-3: Deformación total de la estructura	59
Figura 15-3: Carga en los perfiles base (perfil 2 y 3)	59
Figura 16-3: Carga de reacción en el perfil superior (perfil 1)	60
Figura 17-3: Diagrama de fuerzas en el perfil 1.....	61
Figura 18-3: Perfil estructural usado para sostener el pistón.....	62
Figura 19-3: Diagrama de esfuerzo cortante en el perfil 1.....	62
Figura 20-3: Diagrama de momentos en el perfil 1	63
Figura 21-3: Diagrama de fuerzas en el perfil 2 y 3	65

Figura 22-3: Diagrama de esfuerzo cortante en el perfil 2 y 3	66
Figura 23-3: Diagrama de momentos en el perfil 2 y 3	67
Figura 24-3: Tubo cuadrado usado para las bases de la matriz	67
Figura 25-3: Puntos de estudio para el factor de seguridad de la estructura.....	69
Figura 26-3: Diagrama de fuerza cortante de la estructura.....	69
Figura 27-3: Diagrama de momentos de la estructura	70
Figura 28-3: Coeficientes de seguridad en la estructura	71
Figura 29-3: Área de contacto en la matriz (inferior)	72
Figura 30-3: Condiciones iniciales para el análisis térmico con calentamiento en la matriz inferior	73
Figura 31-3: Flujo de calor a través de las matrices mediante el calentamiento de la matriz inferior	74
Figura 32-3: Puntos de temperatura en las matrices mediante calentamiento en la matriz inferior	74
Figura 33-3: Condiciones iniciales del análisis de esfuerzo en las matrices	75
Figura 34-3: Análisis de fallo de las matrices mediante Von Mises.....	76
Figura 35-3: Deformación total de las matrices.....	76
Figura 36-3: Condiciones iniciales para el análisis térmico mediante calentamiento en ambos lados	77
Figura 37-3: Flujo de calor a través de las matrices mediante calentamiento en ambos lados..	78
Figura 38-3: Puntos de temperatura en las matrices mediante calentamiento en ambos lados..	78
Figura 39-3: Ajuste con juego	79
Figura 40-3: Ajuste indeterminado	82
Figura 41-3: Esquema del circuito neumático	83
Figura 42-3: Esquema de entradas y salidas del PLC LOGO.....	84
Figura 43-3: Circuito de control de temperatura.....	85
Figura 44-3: Construcción de la máquina.....	85
Figura 45-3: a) Estructura de la máquina, b) Construcción de la estructura.....	91
Figura 46-3: a) Sistema neumático de la máquina, b) Construcción del sistema neumático.....	92
Figura 47-3: a) Esquema del sistema de matriceria, b) Construcción del sistema matricero	93
Figura 48-3: a) Esquema del sistema de prensado y corte, b) Construcción del sistema de prensado y corte.....	93
Figura 49-3: Inicio del procesado del plato	98
Figura 1-4: Platos biodegradables con hojas de plátano	108
Figura 2-4: Platos biodegradables con material compuesto	110
Figura 3-4: Platos biodegradables con corteza de la caña guadua	112
Figura 4-4: Platos biodegradables con yagua de palma.....	113

Figura 4-5: Ensayos de impermeabilidad	113
Figura 4-6: Ensayos de resistencia.....	113

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3. Función primaria de la máquina	32
Gráfico 2-3: Función secundaria de la máquina	33
Gráfico 3-3. Diagrama de presión-fuerza para el dimensionamiento del cilindro neumático....	52
Gráfico 4-3: Flujograma del proceso de construcción del sistema estructural	91
Gráfico 5-3: Flujograma del sistema neumático	91
Gráfico 6-3: Flujograma del sistema matricero	92
Gráfico 7-3: Flujograma utilizado en la construcción del sistema de prensado y corte.....	93
Gráfico 8-3: Flujograma del proceso de montaje.....	95

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Tabla de zonas de tolerancias de agujero único

Anexo B: Tabla de zonas de tolerancias de eje único

Anexo C: Ficha técnica del cilindro neumático

Anexo D: Ficha técnica del compresor

Anexo E: Especificaciones del tubo cuadrado

Anexo F: Momentos de inercia de secciones

Anexo G: Propiedades de figuras geométricas comunes

Anexo H: Propiedades mecánicas del acero ASTM A36

Anexo I: Propiedades del canal en U

Anexo J: Propiedades de los aceros inoxidables

Anexo K: Planos

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo diseñar y construir una máquina prototipo para la fabricación de platos biodegradables a partir de biomasa agrícola (yagua de palma, corteza de la caña guadua, material compuesto y hoja de plátano), que sea funcional, apto para el consumo alimenticio y amigable con el medio ambiente. En primer lugar, se realizó un análisis de tres alternativas considerando los criterios del usuario y la del ingeniero, dicho esto se optó por una solución en que el diseño de la máquina consta de un sistema de encendido semiautomático, un sistema de calentamiento de las matrices mediante resistencias eléctricas, un sistema de accionamiento neumático para el conformado y para el corte de los bordes del plato mediante un proceso de punzonado. En el diseño de detalle se calculó la fuerza de trabajo mediante procesos de conformado, con la ayuda del software SolidWorks donde se modeló y dimensionó los componentes, verificando así su resistencia y factor de seguridad por medio del método de elementos finitos Ansys. La siguiente fase es la construcción de la máquina, se armó la estructura con el material acero A36, las matrices de embutición y corte se hizo en un torno CNC cuyo material es M304 grado alimenticio, luego se seleccionó el cilindro neumático y finalmente se realizó la instalación del panel de control. Los resultados obtenidos son satisfactorios tanto en el diseño y construcción de la máquina, así como también en el conformado de los platos. Mediante ensayos se concluyó que la mejor alternativa es la yagua de palma ya que brinda mayor resistencia mecánica y una buena permeabilidad. Se recomienda un estricto control de temperatura y tiempo de prensado para cada tipo de biomasa, establecidos en la fase de resultados.

Palabras claves: <MATRIZ PARA CONFORMADO>, <PLATOS BIODEGRADABLES>, <BIOMASA>, <EMBUTICIÓN>, <RESISTENCIA MECÁNICA>, <YAGUA DE PALMA>, <ELEMENTOS FINITOS>, <ACERO M304>, <PERMEABILIDAD>.

ESPOCH - DBRAI
PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS
BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL



21 ENE 2020

REVISIÓN DE RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Por: *[Firma]* Hora: 09:54



ABSTRACT

The present work aimed to design and build a prototype machine for the manufacture of Biodegradable dishes from agricultural biomass (palm yagua, guadua cane bark, composite material and banana leaf), which is functional, suitable for the food consumption and environmentally friendly consumption. First, an analysis of three alternatives was carried out considering the criteria of the user and that of the engineer, that said, a solution was chosen in which the design of the machine consists of a semi-automatic ignition system, a matrix heating system by means of electrical resistors, a pneumatic drive system for forming and for cutting the edges of the plate by means of a punching process. In the design of details, the work force was calculated through forming processes, with the help of SolidWorks software where the components were modeled and sized, thus verifying their resistance and safety factor by means of the Ansys finite element method. The next phase is the construction of the machine, the structure was assembled with the steel material A36, the embossing and cutting dies made on a CNC lathe whose material is M304 food grade, then the pneumatic cylinder was selected and finally the pneumatic cylinder was made control panel installation. The results obtained are satisfactory both in the design and construction of the machine, as well as in the forming of the plates. Through trials it was concluded that the best alternative is palm yagua since it provides greater mechanical strength and good permeability. A strict control of temperature and pressing time is recommended for each type of biomass, established in the results phase.

KEYWORDS: <FORMING MATRIX>, <BIODEGRADABLE PLATES>, <BIOMASS>, <EMBOSSING>, <MECHANICAL RESISTANCE>, <PALM YAGUA>, <FINITE ELEMENTS>, <M304 STEEL>, <PERMEABILITY>.



INTRODUCCIÓN

Material biodegradable es el producto o sustancia que puede descomponerse en los elementos químicos que lo conforman, debido a la acción de agentes biológicos como plantas, animales, microorganismos y hongos, bajo condiciones ambientales naturales. El tiempo de degradación de las sustancias depende de varios factores, principalmente de la complejidad de la sustancia, tipos de organismos degradadores y el medio en el que se encuentran, cada vez son más los ejemplos de materiales biodegradables que poco a poco con la concientización ecológica de mucha gente está llevando a que este tipo de materia prima sean más utilizados. En esta investigación se utilizó biomasa agrícola como: hojas de plátano, yagua de palma, corteza de la caña guadua y material compuesto por su facilidad de adquisición en el medio y mediante estudios previos resultaron ser los más óptimos en el área alimenticia. Una vez usados se pueden compostar o directamente dejar que la naturaleza los descomponga, las biomásas de estos platos desechables biodegradables son renovables, abundantes y de bajo impacto ambiental, también son utilizados para el expendio de alimentos procesados como en comidas rápidas y repostería.

La máquina consta de un sistema estructural sobre el cual se hizo el montaje del sistema neumático que acciona un pistón ensamblado con el punzón y se desplaza hacia la matriz de conformado, en donde previamente se coloca la biomasa. La matriz posee un sistema de calentamiento generado por resistencias eléctricas, el avance del pistón, el tiempo de permanencia y la temperatura de las matrices es controlada desde un tablero de control. Para su diseño y posterior construcción se utiliza varios parámetros de diseño y softwares informáticos para corroborar el cálculo teórico que demuestran el cumplimiento en la fabricación del plato.

CAPITULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1 Antecedentes

1.1.1 Platos biodegradables

Estos platos son parte de una nueva generación de utensilios empleados en la cocina, los cuales son una excelente opción para generar menos basura ya que estos residuos tóxicos que a largo plazo dañan al planeta. Para la fabricación de estos platos se utiliza materia prima orgánica, puede ser celulosa, plátano, aceite de soya y hasta semillas de aguacate, bagazo de la caña, fibras naturales. Todos estos productos se descomponen en el medio ambiente sin dañarlo porque pueden llegar a convertirse en abono, por lo tanto, es un ciclo de vida que no contamina y evita la generación de basura. (smartgreen, 2019)

1.1.2 Platos biodegradables en el mundo

Tailandia y Nepal son los principales países que fabrican estos platos a base de hojas de plátano 100% biodegradables, pero su elaboración es puramente artesanal. Reciclar los plásticos es una manera de controlar la contaminación ambiental pero no es la solución, la verdadera solución sería no usarlos. (EcoInventos, 2018)

Leaf Republic es una compañía alemana que apuesta por la fabricación de platos, vasijas y recipientes 100% biodegradables. Y lo ha conseguido, creando platos hechos solamente con hojas y absolutamente nada más. (TICbeat, 2019)

1.1.3 Platos biodegradables en América

República Dominicana. - Porfirio Báez es la cara detrás de Green Depot, una empresa que presenta productos ecológicos ingeniosos y biodegradables creados con materiales como la palma

recolectadas por comunidades rurales en el país, una alternativa amigable hacia el medio ambiente. (Peguero, 2019)

BAMBOORGANIC son los desechables 100% Biodegradables más usados en la industria Restaurantera y Hotelera en México gracias a su calidad y durabilidad. Nuestros contenedores son 100% Biodegradables Elaborados con Pulpa de Caña de Azúcar. (Bamboorganic)

En Huancayo, una empresa presentó vajillas biodegradables fabricadas a base a productos orgánicos, Esas vajillas están hechas a base de caña de azúcar, un insumo completamente orgánico. (Peru21, 2018)

Un grupo de jóvenes de Perú crearon unos platos biodegradables hechos a base de hojas de plátano. Se trata de “Bio Plant”, un producto desechable hecho con una combinación de hojas, celulosas de papel y cartón. Los platos son resistentes a diferentes temperaturas y pueden contener líquidos o cualquier tipo de alimento. (Guzman, 2019)

1.1.4 Platos biodegradables en Ecuador

LeafPacks son platos hechos con fibras naturales, recolectadas y procesadas bajo criterios de comercio justo con manos de comunidades campesinas, que busca aliviar al planeta del consumo de productos desechables plásticos en la industria alimentaria a través de una alternativa sanitariamente segura, estéticamente atractiva y 100% biodegradable y compostable. (Leafpacks, 2019)

Ecompake nace como una respuesta a la necesidad de evitar el uso de plástico y las graves consecuencias que éste genera en el medio ambiente; para ello incorpora al mercado productos de alta calidad, como lo son platos y vajillas elaborados en base a hojas de palma, las mismas que por su condición natural y por ser recolectadas después del proceso de cambio de hojas, son 100% biodegradables y no ocasiona ningún impacto ambiental. (Ecompake, 2019)

EmpaqueVerde Ecuador es una empresa social con propósito de impactar positivamente. Nos orientamos a fortalecer la Conciencia Ambiental y Consumo Responsable. Sin cargo de conciencia, la opción responsable en envases de un solo uso para servir y/o llevar tus alimentos hechos de Fibras Naturales cien por ciento biodegradables y compostables que devuelven Vida a la Tierra y protegen tu salud. (Empaqueverde, 2019)

1.2 Formulación del problema

Uno de los problemas ambientales que deben solucionar las principales ciudades del mundo ha sido el aprovechamiento de los residuos sólidos. En el Ecuador se cultiva el plátano, la palma, la caña guagua en grandes cantidades, las hojas o cortezas de estas plantas son subutilizadas o desechadas, así como también existen otras biomásas como fibras naturales o materiales compuestos. La propuesta consiste en utilizar estos materiales en la elaboración de platos biodegradables, por lo que surge la pregunta de ¿Cómo se podría aprovechar esta biomasa para producir platos biodegradables?

La sociedad moderna está consciente del deterioro ambiental, pero no se plantean soluciones técnicas para mitigar este problema, por esta razón, corresponde a las universidades y de manera específica a las Facultades de Ingeniería Mecánica actuar sobre este problema, generando alternativas factibles, técnicamente bien concebidas bajo normas, parámetros de diseño, para garantizar la resistencia y eficiencia de la máquina que produzca platos biodegradables que coadyuven el cuidado ambiental al mismo tiempo que preserven la salud de la población.

1.3 Justificación

1.3.1 Justificación teórica

Con la fabricación de platos biodegradables el proyecto busca la reducción del uso de plásticos especialmente de poliestireno expandido que no se recicla, siendo uno de los más destacados contaminantes del planeta.

El proyecto de diseño y construcción de una máquina para la fabricación artesanal de platos biodegradables a partir de la biomasa, se justifica plenamente por las siguientes razones:

- Es un proyecto innovador que contribuirá a la protección medio ambiental.
- Permite la aplicación de ciencias de la ingeniería en el cálculo y optimización de los elementos mecánicos que son parte de la máquina.
- Permite la asociación de la teoría y la práctica, que es la mejor manera de aprender.
- Se da solución a un problema ambiental porque reemplaza a los platos plásticos.

En cuanto a los platos biodegradables elaborados con biomasa, las ventajas que presentan son las siguientes:

- La materia prima es moldeable, impermeable y no es tóxico.

- Los platos biodegradables son respetuosos con el medio ambiente y son de bajo costo.

1.3.2 Justificación metodológica

Para la elaboración del proyecto será necesario realizar una revisión de la literatura científica para conocer el estado del arte en este campo. Se consultará artículos científicos y publicaciones acerca del tema en revistas indexadas de alto impacto. En la construcción del equipo se utilizarán las normas y especificaciones técnicas que garanticen el desempeño de la máquina.

1.3.3 Justificación práctica

Este proyecto permitirá fabricar platos biodegradables a partir de la biomasa favoreciendo la conservación del medio ambiente. Esta alternativa técnica permitirá además pasar de una elaboración artesanal como se está realizando actualmente a una fase industrializada para la fabricación en serie de platos biodegradables de alta calidad y bajo costo que podrán luego ser comercializados dependiendo de la demanda potencial del producto.

1.4 Alcance

Este proyecto se enfoca en realizar el diseño y la construcción de una máquina para la elaboración de platos biodegradables a partir de biomasa. Esta máquina contará con un funcionamiento semiautomático. Para finalizar se realizarán las respectivas pruebas con cuatro tipos de biomásas que son: la yagua de palma, la corteza de la caña guadua, la hoja de plátano y el material compuesto, en dos tipos de moldes que son para plato tendido y otro para plato hondo.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general.

- Diseñar y construir una máquina para fabricar platos biodegradables con el uso de biomasa agrícola para aprovechar el uso de residuos sólidos.

1.5.2 Objetivos específicos.

- Diseñar una máquina para la fabricación de platos biodegradables, mediante la metodología del diseño mecánico para su posterior construcción.
- Realizar pruebas de funcionamiento de la máquina verificando la temperatura y tiempo de prensado para obtener una buena compactación y un acabado superficial adecuado.
- Determinar la resistencia y permeabilidad de platos de diferentes biomásas mediante pruebas mecánicas para determinar la aplicación más recomendada.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se recopila la información necesaria tanto del marco conceptual como del marco teórico, a continuación, se detalla estos dos parámetros.

2.1 Marco conceptual

En el marco conceptual se hace un breve resumen de los conceptos básicos de la materia prima, metodología a utilizar, materiales y sistemas de accionamiento.

2.1.1 *Máquina de platos biodegradables.*

Son máquinas que generalmente utilizan una matriz de conformado la misma que opera con la presión transmitida por un cilindro hidráulico o neumático. Esta tecnología no utiliza aditivos sintéticos, colorantes artificiales ni pegamento. (EcoInventos, 2017)

2.1.2 *Matriz de platos biodegradables.*

La matricería estudia y desarrolla técnicas de fabricación de utillajes para obtener piezas en serie. Por extensión, se les llama procesos de matricería a aquellos procedimientos de corte o deformación que se llevan a cabo mediante matrices o troqueles. (Perfection Spring & Stamping Corp., 2017)

2.1.3 *Sistema hidráulico para prensado.*

La prensa es una máquina herramienta que tiene como finalidad lograr la deformación permanente o incluso cortar un determinado material, mediante la aplicación de una carga. (Reyes, 2010)

2.1.4 Materiales biodegradables.

Se considera materiales biodegradables a todos aquellos materiales que pueden ser destruidos por los microorganismos. Son materiales totalmente naturales que pueden ser consumidos por los microorganismos sin dificultad y que por tanto contribuyen a que el ciclo vital siga su curso. Además, al ser productos totalmente naturales, al descomponerse no sueltan elementos químicos ni gases a la atmósfera, por lo que no contaminan ni contribuyen al efecto invernadero. (EcoInventos, 2017)

2.1.5 Materia prima (biomasa).

Las hojas de las plantas a diferencia de otros productos, pueden usarse en horno de microondas y convencional, tienen una dureza superior y son comestibles, es decir, se degradan de manera natural en unos dos meses. “Se reintegran a la tierra completamente como las hojas de los árboles cuando se secan, por lo que pueden funcionar como composta”. (Entrepreneur, 2018)

2.1.6 Metodología.

Para el diseño y construcción de una máquina para fabricar platos biodegradables a partir de biomasa, la primera etapa consiste en la recopilación de información acerca de las diferentes alternativas de máquinas que pueden adaptarse a los requerimientos de diseño preliminar. Luego con la ayuda del software SolidWorks se diseñó los elementos mecánicos que son parte de la máquina, se analizaron los esfuerzos, se seleccionó los materiales que resistan esos esfuerzos, se dimensionó cada elemento y se verificó que las tensiones a las que estuvieron sometidos los elementos mecánicos no superen los valores de tensión máxima admisible, se determinó los coeficientes de seguridad. Luego se procedió a la construcción de la máquina mediante procesos de manufactura, corte, soldadura y ensamblado. Lo mismo se efectuó para el diseño de la matriz para el conformado de los platos biodegradables, una vez determinados todos los parámetros se procedió a su elaboración. Para ello y tomando en cuenta la precisión que se requiere en la construcción de una matriz, se utilizaron máquinas de control numérico (CNC). Cumplidas estas fases se desarrollaron las pruebas correspondientes para analizar los resultados obtenidos. Las pruebas se efectuaron doblando hojas frescas y hojas secas para analizar su comportamiento y con base a un estudio comparativo realizar la mejor elección.

2.2 Marco teórico.

En esta sección se desarrollarla con mayor detalle los parámetros mencionados en el marco conceptual, desde los tipos de materia prima y sus características hasta la metodología utilizada para el diseño de la máquina.

2.2.1 *Diseño de máquinas.*

El diseño mecánico es una tarea compleja que requiere muchas habilidades. Es necesario subdividir grandes relaciones en una serie de tareas simples. La complejidad del tema requiere una secuencia en la que las ideas se presentan y se revisan. La supervivencia de un componente mecánico está frecuentemente relacionada con el esfuerzo y la resistencia. Los aspectos de incertidumbre siempre han estado presentes en el diseño en la ingeniería y se abordan de manera típica mediante el factor de diseño y el factor de seguridad, ya sea en la forma determinista (absoluta) o en un sentido estadístico. (Budynas, y otros, 2008)

2.2.2 *Tipos de máquinas para fabricar platos biodegradables*

Para la fabricación de platos biodegradables se pueden usar diferentes tipos de máquinas, las más utilizada en el mercado son las hidráulicas, las neumáticas y las eléctricas.

2.2.2.1 *Accionamiento hidráulico*

La prensa hidráulica es una máquina capaz de generar una fuerza elevada aplicando sobre ella una fuerza relativamente pequeña. Su funcionamiento se basa en el principio de Pascal. Si llamamos P_1 a la presión del émbolo E_1 y P_2 al émbolo de E_2 , como la presión se transmite de igual forma en todos los puntos del fluido, se cumple que $P_1 = P_2$. (Victor, 2016)

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \quad (1)$$

Donde:

F1: Fuerza en el cilindro 1. [N]

F2: Fuerza en el cilindro 2. [N]

S1: Sección del cilindro 1. [m²]

S2: Seccion del cilindro 2. [m²]

Tabla 1-2: Ventajas de la prensa hidráulica

Ventajas de la prensa hidráulica	
La fuerza total por toda la carrera	Mantiene el total de la fuerza por lo largo de la carrera.
Más capacidad a menos costo	Más fácil y menos caro comprar partes o accesorios.
Menos costo de compra	Bajo precio de compra relacionado con su potencia elevada.
Menos costo de mantenimiento	Son prensas sencillas en su diseño con pocas partes en movimiento y siempre están lubricadas.
Seguridad de sobrecarga incluida	Al tener un máximo de fuerza permitida se abre una válvula de seguridad.

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019



Figura 1-2: Prensa hidráulica

Fuente: (AUTOTEX, 2019)

2.2.2.2 *Accionamiento neumático:*

El sistema neumático es similar al hidráulico con una diferencia importante: en lugar de líquido, utiliza gas (generalmente aire). El aire es recogido en un compresor y luego es forzado a través de las líneas a las diferentes herramientas. Estas máquinas para funcionar tienen un compresor de aire, un depósito para almacenar el aire comprimido y filtros que eliminan los contaminantes transportados. Esta es la base de estas herramientas, es donde se produce, acondicionada y distribuye el aire. (Puromotores, 2017)

La segunda parte es el regulador del aire, que lo controla y asegura el suministro correcto, permitiendo la velocidad de la máquina y conservando el aire comprimido para su uso continuo. Para el proceso de regulación del aire existen válvulas que monitorean el funcionamiento del circuito y permiten su control. (ECD, 2018) Las principales ventajas de la prensa neumática son:

Tabla 2-2: Ventajas de la prensa neumática.

Ventajas de la prensa neumática	
No poseen motores	Lo cual hace que sean mucho más económicas.
Tiene mayor duración	Por lo tanto, a nivel económico se logra ahorrar mucho dinero.
Sus partes móviles son muy pocas	Lo cual hace que la probabilidad de que se rompan se mucho menor o incluso que sus partes de desgasten.
Son máquinas mucho más ligeras	Por lo tanto, su utilización es a la vez mucho más sencilla.
Alcanzan espacios pequeños	Menos espacio de trabajo

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019



Figura 2-2: Prensa neumática

Fuente: (SOLOSTOCKS, 2019)

2.2.2.3 *Accionamiento eléctrico:*

Estas prensas son utilizadas para procesos que requieren una monitorización constante de los resultados y mayores exigencias de precisión y repetibilidad. Los accionamientos son eléctricos y no requieren de ninguna otra fuente de energía neumática o hidráulica., (AGME)

Tabla 3-2: Ventajas de la prensa eléctrica.

Ventajas de la prensa eléctrica	
Son limpias	No se utiliza ningún tipo de fluido a más que el motor eléctricos
Silenciosas	El ruido producido no es muy alto comparado con las otra prensas mecánicas
Ahorradoras de energía	Consumen el 10-20% de energía de lo que consumen otros tipos de prensas.
Mayor capacidad de trabajo	Utilizado para producción a gran escala

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019



Figura 3-2: Prensa eléctrica

Fuente: (AGME)

2.2.3 *Análisis de esfuerzos.*

Una carga estática es una fuerza estacionaria o un par de torsión que se aplica a un elemento. Para ser estacionaria, la fuerza o el par de torsión no deben cambiar su magnitud, ni el punto o los puntos de aplicación, ni su dirección. (Finanzas101, 2019)

2.2.4 *Coefficientes de seguridad*

El coeficiente de seguridad, también conocido como factor de seguridad, es el cociente resultante entre el valor calculado de la capacidad máxima de un sistema y el valor del requerimiento

esperado real al que se verá sometido. Por este motivo, se trata de un número mayor que uno, que indica la capacidad de exceso que tiene el sistema sobre sus requerimientos.

El coeficiente de seguridad es un índice de la seguridad que cabe esperar de un determinado diseño desde un punto de vista referido a su resistencia mecánica. La forma más usual de definir el coeficiente de seguridad de un diseño mecánico es una las siguientes:

- Como cociente entre la resistencia del material y la tensión realmente existente.
- Como cociente entre la fuerza última o máxima para un funcionamiento correcto y la fuerza realmente existente. (INFAIMON, 2018)

2.2.5 Tensiones máximas admisibles.

Se calcula dividiendo el esfuerzo que resiste el material por el factor de seguridad (mayor que 1), de tal manera que, aunque se "sabe" que el material tiene una resistencia dada lo "pone a trabajar" a un esfuerzo menor (el esfuerzo admisible). (Salazar, 2007)

2.2.6 Diseño de ejes

No es necesario evaluar los esfuerzos en todos los puntos de un eje; es suficiente hacerlo en unas cuantas ubicaciones potencialmente críticas. Por lo general, estas ubicaciones se localizan en la superficie exterior, en ubicaciones axiales donde el momento flexionante es grande, donde el par de torsión está presente y donde existen concentraciones de esfuerzo. Por comparación directa de diferentes puntos a lo largo del eje, pueden identificarse unas cuantas ubicaciones críticas sobre las cuales puede basarse el diseño. (Budynas, y otros, 2008)

2.2.7 Diseño de matriz y punzón

Para el diseño de la matriz y el punzón se siguió bajo los criterios de los procesos de embutición y corte el mismo procedimiento que se le aplica a una lámina metálica se aplicó a la hoja en este caso biomasa, pero con diferentes criterios ya que no se encontró detalles específicos para el embutido de una hoja. Así mismo se estudió los tipos de materiales adecuados para la matriz y el punzón que es el AISI 304 el más idóneo para grado alimenticio y por su resistencia a elevadas temperaturas.

2.2.7.1 Tipo de procesos.

Se mencionará los procesos utilizados para el termoformado del plato.

Proceso de embutido.

El proceso de embutido consiste en colocar la lámina de metal sobre un dado y luego presionándolo hacia la cavidad con ayuda de un punzón que tiene la forma en la cual quedará formada la lámina. El número de etapas de embutición depende de la relación que exista entre la magnitud del disco y de las dimensiones de la pieza embutida, de la facilidad de embutición, del material y del espesor de la chapa. Es decir, cuanto más complicadas las formas y más profundidad sea necesaria, tantas más etapas serán incluidas en dicho proceso. (Procesos, 2019)

Troquelado.

En el troquelado se cortan láminas sometiéndolas a esfuerzos cortantes, desarrollados entre un punzón y una matriz, se diferencia del cizallado ya que este último solo disminuye el tamaño de lámina sin darle forma alguna. El producto terminado del troquelado puede ser la lámina perforada o las piezas recortadas. (Procesos, 2019)

2.2.8 Aceros para matricería

Se detallan los principales aceros con sus características, para luego evaluar y seleccionar el adecuado para la construcción de las matrices.

2.2.8.1 SAE 1045

Es un acero utilizado cuando la resistencia y dureza son necesarios en condición de suministro. Responde al tratamiento térmico y al endurecimiento por llama o inducción, pero no es recomendado para cementación o cianurado. Cuando se hacen prácticas de soldadura adecuadas, presenta soldabilidad adecuada. Por su dureza y tenacidad es adecuado para la fabricación de componentes de maquinaria. En matrices se usa para dar soporte a la estructura de la matriz, por ejemplo, porta moldes, bases de matrices de corte, porta aceros (en las matrices cortantes, el soporte de los perfiles cortantes). (Profepedroz, 2014)

Tabla 4-2: Propiedades químicas del SAE 1045.

Propiedades químicas del SAE 1045
0.43 – 0.50 % C
0.60 – 0.90 % Mn
0.04 % P máx.
0.05 % S máx.

Fuente: Profepedroz, 2014

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

2.2.8.2 SAE 4140:

Es un acero medio carbono aleado con cromo y molibdeno, de alta templabilidad y buena resistencia a la fatiga, abrasión e impacto. Este acero puede ser nitrurado para darle mayor resistencia a la abrasión. Es susceptible al endurecimiento por tratamiento térmico. En matrices se usa, por lo general, para columnas guía, bujes, bujes de colada, etc. (Profepedroz, 2014)

Tabla 5-2: Propiedades químicas del SAE 4140.

Propiedades químicas del SAE 4140
0.38 – 0.43% C
0.75 – 1.00 % Mn
0.80 – 1.10 % Cr
0.15 – 0.25 % Mo
0.15 – 0.35 % Si
0.04 % P máx.
0.05 % S máx.

Fuente: Profepedroz, 2014

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

2.2.8.3 SAE 8620

Acero aleado al cromo-níquel-molibdeno para cementación. Ofrece muy buena dureza superficial y gran tenacidad al núcleo. (Profepedroz, 2014)

Tabla 6-2: Propiedades químicas del SAE 8620

Propiedades químicas del SAE 8620
0,18- 0.23% C
0.70 – 0,90 % Mn
0.60 –0,40 % Cr
0.15 – 0.25 % Mo
0.15 – 0.35 % Si
0.35 0.35 P máx.
0.040% S máx.

Fuente: Profepedroz, 2014

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

2.2.8.4 BÖHLER M303 Extra

Acero templado por precipitación para moldes de plástico, con excelente maquinabilidad en durezas más altas, buena estabilidad dimensional, excelentes propiedades de nitruración, buena resistencia a la compresión y al desgaste.

Aplicaciones: herramientas de alta presión para inyección de moldes, como piezas de cámaras, electrónica y electrodomésticos. Moldes de compresión de todos los tipos (contenedores de plástico). Moldes para elastómeros. Moldes para producción de anillos de juntas. Sistemas de canalización en caliente. Herramienta de sujeción. (BOHLER, 2019)

Tabla 7-2: Propiedades químicas del BÖHLER M303

Propiedades químicas del BÖHLER M303
0.27 C
0.30 Si
0.65 Mn
14.5 Cr
1.00 Mo
0.85 Ni

Fuente: (BOHLER, 2019)

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

2.2.8.5 M 304

El acero inoxidable Tipo 304 es el más utilizado de los aceros inoxidables austénicos (cromo/níquel). En la condición de recocido, es fundamentalmente no magnético y se torna magnético al trabajarse en frío. El acero inoxidable Tipo 304L se prefiere en las aplicaciones de soldadura para excluir la formación de carburos de cromo durante el enfriamiento en la región afectada por el calor de la soldadura. Estas aleaciones representan una excelente combinación de resistencia a la corrosión y facilidad de fabricación. Se utiliza para equipos químicos y tuberías, componentes de intercambiadores térmicos, equipos y utensilios de manipulación de lácteos y alimentos, recipientes y componentes criogénicos, aplicaciones arquitectónicas y estructurales expuestas a atmósferas no marinas. (NKS, 2019)

Tabla 8-2: Propiedades químicas del M 304

Propiedades químicas del AISI 304
C ≤ 0.08%
Si ≤ 1.00%
Mn ≤ 2.00%
Cr 18% - 20%
Ni 8% – 10,5%

Fuente: NKS, 2019

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

2.2.9 Selección de la resistencia eléctrica

Se seleccionó cuatro resistencias planas debido a que la transferencia de calor por conducción generada en la matriz debe ser uniforme, también según las necesidades del cliente se los pueden fabricar o si no se le puede comprar bajo especificaciones técnicas. En nuestro caso optamos por comprar bajo características técnicas que la carcasa es de un material acero inoxidable, una potencia de 375 W/cm² y a una temperatura de superficie máx. de 200 grados Celsius.

2.2.10 Parámetros de diseño

Los parámetros que se tienen en cuenta en el troquelado son la forma y los materiales del punzón y la matriz, la velocidad y la fuerza de punzonado, la lubricación, el espesor del material y la holgura o luz entre el punzón y la matriz. La determinación de la luz influirá en la forma y la

calidad del borde cortado. Entre mayor luz exista, el borde cortado será más burdo y provocará una zona más grande de deformación en la que el endurecimiento será mayor. (Salazar, 2016)

2.2.11 Método de Elementos finitos para análisis en la estructura.

La geometría de la pieza, sometida a cargas y restricciones, se subdivide en partes más pequeñas, conocidas como “elementos”, que representan el dominio continuo del problema. La división de la geometría en pequeños elementos resuelve un problema complejo, al subdividirlo en problemas más simples, lo que permite a la computadora hacer las tareas con eficiencia.

El método propone que un número infinito de variables desconocidas, sean sustituidas por un número limitado de elementos de comportamiento bien definido. Esas divisiones pueden tener diferentes formas, tales como triangular, cuadrangular, entre otros, dependiendo del tipo y tamaño del problema. Como el número de elementos es limitado, son llamados de “elementos finitos” palabra que da nombre al método. Los elementos finitos están conectados entre sí por puntos, que se llaman nodos o puntos nodales. Al conjunto de todos estos ítems elementos y nodos se lo denomina malla. Debido a las subdivisiones de la geometría, las ecuaciones matemáticas que rigen el comportamiento físico no se resolverán de una manera exacta, sino aproximada por este método numérico. (Mirlisenna, 2016)

2.2.12 Metodología de Diseño Mecánico

Tiene por objetivo el desarrollo de la metodología general para efectuar el proceso de diseño de una máquina prototipo para la fabricación de platos biodegradables a partir de biomasa. Se presenta la metodología del diseño, para la máquina referida, logrado a partir del estudio del estado del arte del proceso del diseño y siguiendo la metodología que propone el diseño conceptual de la máquina prototipo.

2.2.12.1 Estudios previos

A continuación, se desarrolla todos los pasos de la Etapa Estudios Previos que establece la metodología del diseño de la máquina para la fabricación de platos biodegradables. Para la fabricación de platos biodegradables se consideró la biomasa. Dentro este concepto se elige las hojas de plátano, la corteza de la caña guadua, la yagua de palma y material compuesto como alternativas para la fabricación de este producto. Se seleccionó estos cuatro tipos de biomásas por

su disponibilidad de materia prima en el Ecuador y mediante investigaciones de trabajos previos resultaron ser los más óptimos en la fabricación de platos biodegradables.

➤ Características de las hojas de plátano

Las hojas del plátano son ovaladas, grandes, flexibles que tienen una nervadura central que las divide en dos láminas, emergen por la parte superior del tallo y en su desarrollo pueden alcanzar hasta 3 m de longitud y 60 cm de ancho. Posee gran consistencia, lo que hace que pueda ser usada como plato para servir la comida. Se puede encontrarlas durante todo el año. En algunos países se considera que la comida depositada en una hoja de plátano adquiere los nutrientes que ésta posee, principalmente sustancias antioxidantes que ayudan a nuestro organismo a mantenernos jóvenes y sanos. En la cultura asiática se utiliza para envolver la comida y cocinarla junto con la hoja, absorbiendo ésta el sabor de la hoja y los valores nutricionales. (Eladio, 2019)



Figura 4-2: Características de las hojas de plátano

Fuente: (ELAIO, 2019)

Procesos de fabricación de platos biodegradables con las hojas de plátano

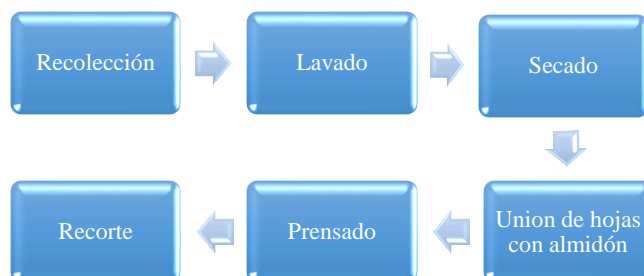


Figura 5-2: Esquema del proceso de fabricación con las hojas de plátano

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

➤ **Características de la yagua de palma.**

Yagua es la vaina de tejido fibroso que rodea la parte más alta y tierna de ciertas palmas. Se recogen las vainas (envolturas o fundas) recién caídas de las palmeras. Estas hojas en ningún caso son arrancadas de los árboles (ni mucho menos se cortan los árboles), sino que de forma natural los árboles dejan caer sus hojas viejas y éstas son recogidas para su posterior uso. Las hojas de palma se estiran y aplastan a mano. (EcuRed, 2015)



Figura 6-2: Características de la yagua de palma

Fuente: (ECURED, 2015)

Procesos de fabricación de platos biodegradables con la yagua de palma



Figura 7-2: Esquema del proceso de fabricación con la yagua de palma

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

➤ **Características de la corteza de la caña guadua.**

La caña guadua (*Guadua Angustifolia*) es una especie, de la familia del bambú, que es cultivada en regiones tropicales y subtropicales de nuestro país, la corteza en si es la capa externa que rodea al tallo, que al pasar el tiempo estas se van desprendiendo y convirtiéndose en abono. (Cruz, 2005)



Figura 8-2: Características de la corteza de la caña guadua

Fuente: (CRUZ, 2005)

Procesos de fabricación de platos biodegradables con la corteza de la caña guadua

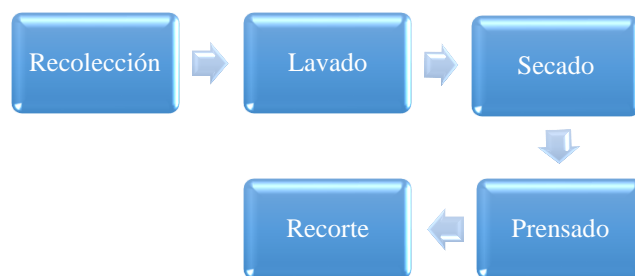


Figura 9-2: Esquema del proceso de fabricación con la corteza de la caña guadua

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

➤ Características del material compuesto.

El material compuesto utilizado en esta investigación para fabricar platos desechables biodegradables, consta de salvado de trigo más harina a los cuales se agrega un aglutinante que generalmente es almidón de yuca. Presenta fácil conformado y es amigable con el medio ambiente.



Figura 10-2: Características del material compuesto

Fuente: (SOLOOPAKOWANIA, 2019)

Tabla 9-2: Porcentaje para la elaboración del plato compuesto

Porcentaje para la elaboración de un plato
<ul style="list-style-type: none">• 1 taza de salvado de trigo• ½ taza de celulosa• 6 cucharadas aserrín fino• 1/2 lt de agua

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Procesos de fabricación de platos biodegradables con el material compuesto



Figura 11-2: Esquema del proceso de fabricación con el material compuesto.

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

También se realizó estudios previos de máquinas similares para conocer que parámetros hay que controlar. El resultado de este estudio es el siguiente:

Louurdes Albán y Nixón Alvia en el año 2017 diseñaron una máquina para fabricar envases biodegradables a partir de especies vegetales. Con base a la investigación teórica y los cálculos realizados, se establecieron como condiciones de operación una temperatura de calentamiento de 83 °C, una fuerza aproximada de 205 N y un tiempo de 15 segundos para realizar el prensado de la hoja y otorgarle la forma deseada. El calentamiento de la hoja se realiza mediante resistencias eléctricas incorporadas en el juego de matriz y punzón de la máquina y la temperatura es controlada mediante un sensor infrarrojo. El tiempo de prensado, la fuerza, y la carrera realizada por el cilindro neumático se regulan mediante un circuito neumático-eléctrico controlados principalmente por una electroválvula y un final de carrera.

2.2.12.2 Normas y consideraciones para la fabricación de platos biodegradables.

Se emplean generalmente matrices de conformado con accionamiento hidráulico o neumático, con terminales de final de carrera y calentamiento por medio de resistencias eléctricas. Las hojas a ser dobladas deben seguir un proceso antes de ser configuradas mediante el conformado en las matrices.

La maquinaria para la fabricación de platos biodegradables a partir de biomasa cumplirá con la norma la norma UNE-EN (UNE-EN) vigente, y la con la norma ecuatoriana RTE INEN 131, cumpliendo con aspectos importantes contemplados en la normativa de manipulación de alimentos.

2.2.12.3 Metodología para el diseño de la máquina prototipo para la fabricación de platos biodegradables.

A partir de la revisión de la bibliografía sobre el diseño concurrente, (Riba, 2002), y del diseño mecánico, (EcoInventos. 2017), (Perfection Spring & Stamping Corp. 2017), (Reyes, Guatavo. 2010), (Entrepreneur. 2018), (Budynas, Richard y Nisbett, Keith. 2008), (Manufacturing terms. 2017), (Revista digital para profesionales de la enseñanza. 2011), se presenta en la figura 16-2 la metodología que se propone para el diseño de una máquina prototipo para la fabricación de platos biodegradables a partir de biomasa.

La metodología propuesta consta de cuatro etapas: estudios previos, diseño conceptual, diseño de materialización y diseño de detalle. Estas etapas son cíclicas e integradas. En cada etapa se desarrollan las actividades siguiendo el proceso de diseño mecánico. En la medida de lo posible se establecen además los métodos empleados para su ejecución.

En la etapa de estudios previos se realizó la revisión de la bibliografía sobre el proceso de diseño, las características de las máquinas actuales para la fabricación de platos biodegradables. Es muy importante contar con información sobre la materia prima a procesar, el porcentaje de humedad, lavado, prensado, cuando no existen datos sobre estas características será necesario determinar sus valores mediante procesos experimentales. Así también como la disponibilidad de materia prima y normativa sobre la manipulación de alimentos.

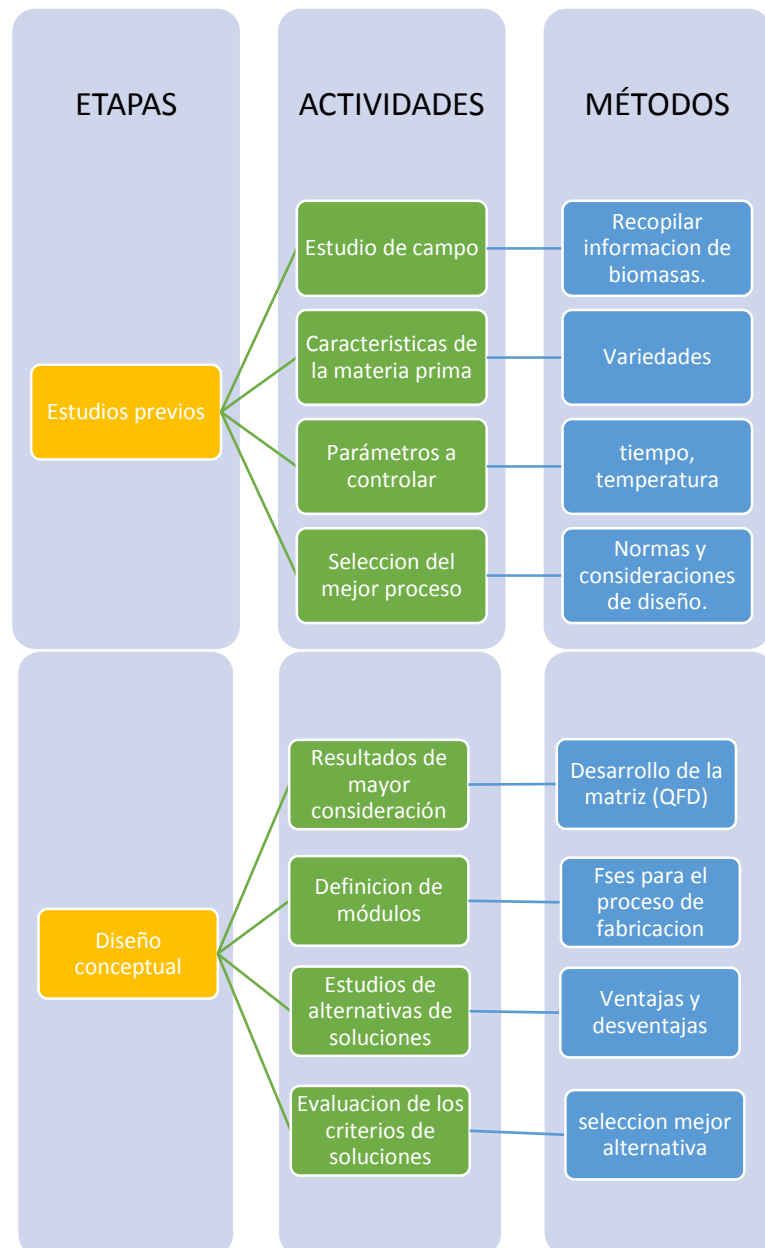
El diseño conceptual es esencial para continuar con la siguiente etapa empleando diferentes métodos, como lista de requerimientos, despliegue de la función de calidad, se determinan los requerimientos técnicos, los cuales deben tener los criterios de clientes, proyectista y el estado de la competencia de productos similares en el mercado. Sobre esta información se realiza el análisis de las funciones y de la estructura morfológica para desarrollar estas funciones. Quedando así el

concepto definido del producto. (BONIFAZ TIXI, Cristian Fabian, & PALLASCO PAGUAY, Marco Antonio pág. 21)

En la etapa de diseño de materialización, con la ayuda del software Solidworks, manuales técnicos, catálogos etc., se realizan los cálculos que garantizan la funcionabilidad y resistencia mecánica de los elementos de la máquina. (BONIFAZ TIXI, Cristian Fabian, & PALLASCO PAGUAY, Marco Antonio pág. 21)

En la etapa de diseño de detalle se elaboran planos de detalles con las especificaciones de materiales y dimensionamiento de los elementos mecánicos.

2.2.12.4 Metodología propuesta por los autores



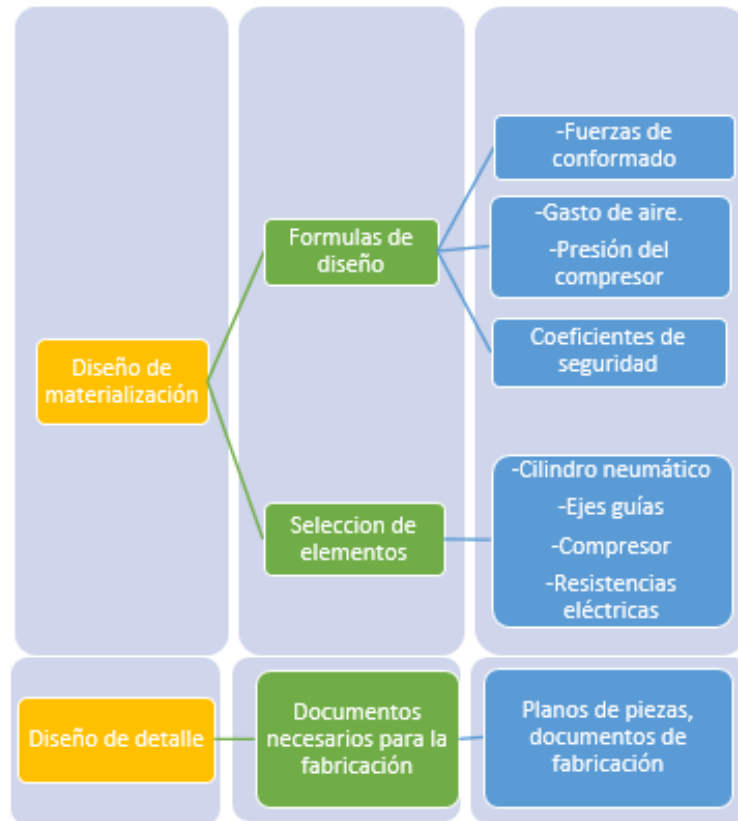


Figura 12-2: Metodología propuesta por los autores

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

CAPITULO III

3. DISEÑO MECÁNICO Y CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA PARA FABRICAR PLATOS BIODEGRADABLES

En este capítulo se tratará sobre el diseño conceptual acerca de las posibles alternativas de soluciones que tendrá la maquina previo a la construcción, así como también el diseño de materialización, dando por terminado con la construcción y un plan de mantenimiento.

3.1 Diseño conceptual de la máquina prototipo para la fabricación de platos biodegradables a partir de biomasa

En esta etapa se ejecutaron los siguientes procedimientos: la determinación de requisitos y especificaciones técnicas para el diseño, el análisis funcional y la definición de módulos:

3.1.1 Determinación de las especificaciones y requerimientos de la máquina

Para el desarrollo de las especificaciones técnicas se usó el método desarrollo de la función de calidad (QFD), mediante el método de ingeniería concurrente denominado casa de la calidad donde se analiza y se trabaja en grupo tomando muy en cuenta los requerimientos del cliente (voz del usuario) y el análisis técnico (voz del ingeniero) para obtener como resultado una máquina que satisfaga las necesidades para la que fue diseñada y se obtenga un producto de mejor calidad con una planificación adecuada. (Riba, 2004)

3.1.1.1 Voz del usuario.

La voz del usuario representa los requerimientos básicos y las características con las que debe contar la máquina para fabricar platos biodegradables a partir de biomasa. (Riba, 2004 pág. 179)

- Prensado y moldeados de platos biodegradables
- Buena presentación del producto.

- Bajo costo.
- Fácil operación.
- Fácil mantenimiento.
- Corto tiempo de prensado.
- Peso ligero.

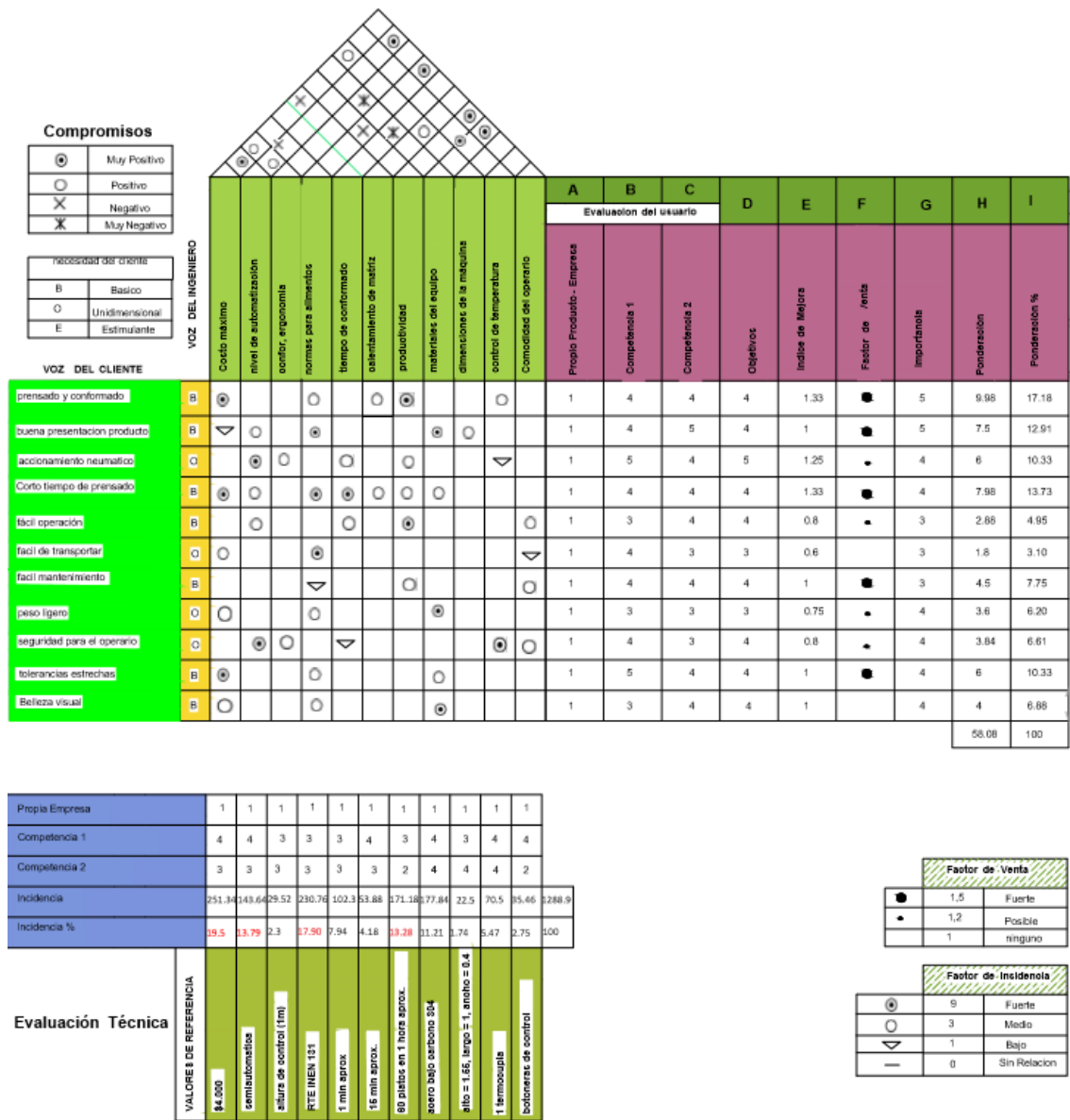
3.1.1.2 Voz del ingeniero.

En esta sección se convierte las necesidades del usuario a características técnicas basadas en criterios de ingeniería:

- Cálculo estructural de la bancada.
- Nivel de automatización.
- Confort, ergonomía.
- Dimensiones del equipo.
- Accionamiento neumático.
- Precalentamiento de matrices óptimo
- Productividad.
- Materiales equipo.
- Norma de manipulación de alimentos.

A continuación, se presenta los resultados de la matriz QDF, según lo que establece el autor (Riba, 2004 pág. 183)

Tabla 1-3: Matriz QFD (Casa de la calidad)



Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

3.2 Resultados de la matriz de calidad QFD.

Mediante el análisis de la matriz de calidad presentamos los resultados con mayor consideración para el diseño de la máquina para la fabricación de platos biodegradables a partir de biomasa se resumen a continuación:

3.2.1 Costos

Es fundamental debido a que se trata de un prototipo que se espera luego fabricarlo en serie, por tanto, debe tener un costo competitivo que le permita obtener ganancias, pero fundamentalmente que impulse el cuidado ambiental, que es una ventaja significativa sobre la competencia.

3.2.2 Nivel de automatización

El nivel de automatización de la máquina es primordial en la puesta en marcha de la máquina como también para los controladores de temperatura y tiempo, sin ello la máquina tendría una eficiencia muy baja.

3.2.3 Mantenimiento

La máquina debe permitir un fácil mantenimiento, de tal suerte que el montaje de sus partes permita acceder sin dificultad a los mismos y pueda ser ejecutado por personal no necesariamente calificado. Para aplicarlo primeramente se tendrá que identificar todos los elementos constitutivos de la máquina especialmente los críticos para el proceso, definir las actividades de mantenimiento que se tienen que realizar a cada uno de los componentes, esto en base a las recomendaciones del productor y a la experiencia de la persona responsable del mantenimiento que en este caso sería el mismo operador, definir frecuencias de cada cuánto se tendrá que intervenir para cada actividad, dividir las actividades que puede realizar el operador, las actividades de tipo mecánico o eléctrico y con esta información se genera un plan de mantenimiento.

3.2.4 Capacidad

La máquina debe ser capaz como mínimo de fabricar 50 platos biodegradables/h. Este número estará en dependencia directa del tipo de biomasa utilizada y del nivel de automatización de la máquina.

3.2.5 *Peso*

Se procurará usar materiales livianos en los elementos que lo permitan y al mismo tiempo que sea robusta para aquellas operaciones como el prensado. El bajo peso facilitará su transporte.

3.2.6 *Operación*

La máquina debe ser operada por un número mínimo de personas. De esta forma se reducen los costos directos del proyecto. La demasiada automatización produce la inflexibilidad de una máquina ya que resulta difícil adaptar nuevos procesos para generar nuevos productos y además exige alta capacitación del personal.

3.2.7 *Diferentes formas*

La máquina debe ser capaz de producir diferentes formas de platos biodegradables, ya sean estos hondos o tendidos. En ambos casos las dimensiones pueden variar también de acuerdo a las necesidades de la demanda. De esta manera los productos fabricados tendrán mejor oportunidad en el mercado competitivo.

3.2.8 *Normativa*

La maquinaria para el procesamiento de alimentos en su diseño debe cumplir lo establecido en la norma UNE-EN 1672-2:2006+A1:2009 vigente y la RTE INEN 131.

3.3 Especificaciones técnicas

En la tabla 2-3 con las especificaciones técnicas que tendrá la máquina para la fabricación de platos biodegradables a partir de biomasa se presenta a continuación y para su elaboración ha sido necesario tomar en cuenta los resultados de la matriz QFD y criterios técnicos de ingeniería adicionales.

Tabla 2-3: Especificaciones técnicas de la máquina para la fabricación de platos biodegradables a partir de biomasa.

Diseñadores Segundo Quishpillo y Luis Moreta	Denominación Máquina para fabricar platos biodegradables a partir de Biomasa	Fecha inicial: 2019 – 01 – 05		
		Última revisión: 2019 – 10 – 22		
Hoja N ^o : 1				
Características:				
Denominación	Fecha	Propone	R/D	Descripción
Función		D	R	Fabricar platos biodegradables
Energía		C	R	Energía eléctrica 110 V.
Materiales		C	R	Acero M304 Acero inoxidable
Vida útil		D	D	95%
Mantenimiento		D	R	Mantenimiento fácil y seguro
Dimensiones		C	D	De acuerdo a planos. Altura de bancada 0.9 m
Seguridad y ergonomía		C	R	El nivel de ruido no debe exceder de 6 db
Construcción y montaje		D	R	Fabricación de platos biodegradables de acuerdo al tamaño de la matriz.
Propone: R/D: D= Deseo, MR= Modificación de requerimiento, C= Cliente, M= Marketing, R= Requerimiento, D= Diseño, P= Producción, F= Fabricación.				

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

3.4 Análisis funcional

La función principal de la máquina es fabricar platos biodegradables a partir de biomasa, los mismos que podrían tener diferentes formas. En el gráfico 1-3 se muestra las operaciones necesarias para la fabricación de este producto que ilustran la función primaria de la máquina.

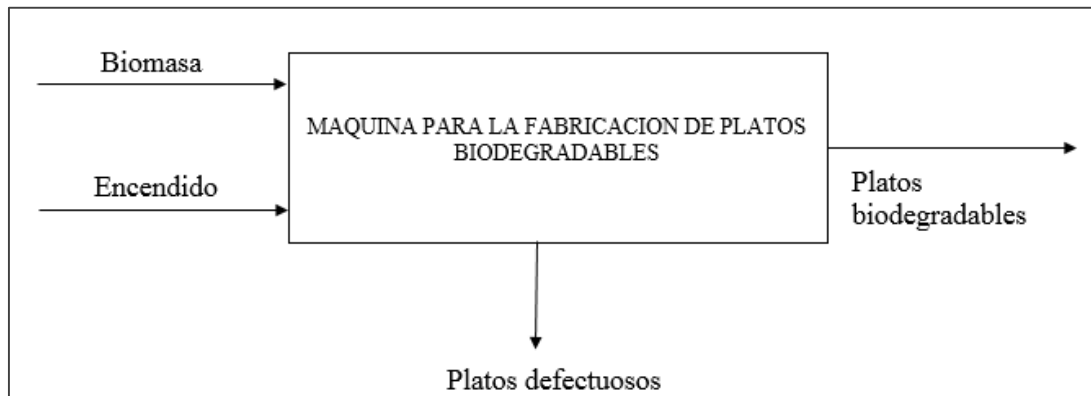


Gráfico: 1-3. Función primaria de la máquina

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Para un primer nivel las variables que ingresa son:

- Biomasa.
- Señal de encendido.

Las variables que salen son

- Platos biodegradables fabricados.
- Productos defectuosos.

3.5 Definición de módulos

La estructura modular permite definir las fases del proceso siguiendo la secuencia de fabricación del producto. Sobre cada una de ellas es necesario analizar las diferentes alternativas para luego elegir la mejor de acuerdo principalmente a las ventajas y desventajas que presenten cada uno de ellos. En el gráfico 2-3 Se muestra el módulo de la máquina que sintetiza el proyecto en su totalidad y las etapas o módulos sobre los cuales se tomarán las decisiones de diseño.

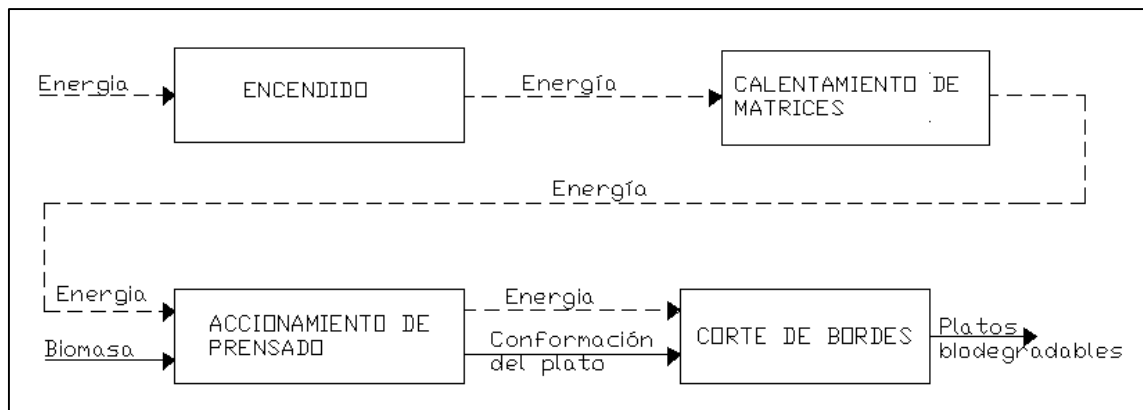


Gráfico 2-3: Función secundaria de la máquina

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

3.6 Estudio de alternativas de solución para la máquina.

En el gráfico 2-3 se muestra la estructura modular de la máquina para fabricar platos biodegradables a partir de biomasa, en donde se observa cada uno de los sistemas que requieren ser seleccionados y diseñados. A partir de estos elementos se seleccionará la mejor alternativa que cumpla con los objetivos planteados y satisfaga los requerimientos solicitados.

Estas etapas son:

- Encendido
- Calentamiento de matrices
- Accionamiento de prensado
- Corte de bordes.

3.6.1 Encendido

El encendido es el inicio del funcionamiento de la máquina para comenzar a trabajar. En la tabla 3-3 vamos a estudiar las ventajas y desventajas de los dos casos que son de manera automática o de manera manual.

Tabla 3-3: Alternativas para el encendido

Encendido	Semiautomático	Ventajas	Reducción de costos
			Conocimiento más detallado del proceso
			Mayor rendimiento del equipo
		Desventajas	Alto costo en programación
	Manual	Ventajas	No se requiere de energía eléctrica
			Fácil montaje
			Elementos de bajo costo
		Desventajas	Bajo rendimiento
Baja calidad del producto terminado			
Bajo ritmo de funcionamiento			

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

3.6.2 Calentamiento de matrices

Para la ayuda de moldeo en la formación del plato es necesario calentar la matriz a temperaturas requeridas por cada materia prima (biomasa), dicho esto se hará el estudio de ventajas y desventajas de cada uno de los calentamientos. En la tabla 4-3 muestra las alternativas para el calentamiento de matrices.

Tabla 4-3: Alternativas para el calentamiento de matrices

Calentamiento de matrices	Por llama	Ventajas	Puede ser libre o forzada
			El tiempo es regulable
		Desventajas	No garantiza uniformidad de calentamiento
			Aplicable para fluidos en movimiento
	Resistencias eléctricas	Ventajas	Poco control de temperatura
			Calentamiento uniforme
			Calentamiento rápido
		Desventajas	Control por sensores
			Elementos poco sensibles
			Riesgo de quemarse al ponerse en contacto
	Calentador infrarrojo	Ventajas	Calentamiento rápido
			Control por sensores
Desventajas		Se necesita energía infrarroja	
		Costo alto de adquisición	

Fuente: Carlos 2013

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

3.6.3 Accionamiento de prensado.

Una vez seleccionada el calentamiento para las matrices, será necesario ver qué tipos de accionamientos nos ayude a adquirir la fuerza necesaria de embutición sin tener muchas pérdidas, y que sea aplicado bajo normas de alimentación, ya que en este caso es una máquina con fines alimenticios. En la tabla 5-3 muestra las alternativas para el accionamiento de prensado.

Tabla 5-3: Alternativas para el accionamiento de prensado

Accionamiento de prensado	Cilindro neumático	Ventajas	El aire es abundante y barato
			Son limpios, no contaminan
			Permiten altas velocidades de trabajo
		Desventajas	Alto nivel de ruido
	Se necesita un compresor		
	Motor eléctrico	Ventajas	Es más barato
			Menos ruidoso
			Fácil montaje
		Desventajas	Mayor rendimiento
	Baja potencia		
	Cilindro hidráulico	Ventajas	Mediano costo
			Alta capacidad de carga
Fácil montaje			
Desventajas		Velocidad de operación lenta	
	Dificultad de instalación por su peso		

Fuente: EcuRed

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

3.6.4 Corte de bordes

Luego del proceso de prensado, se debe tomar en consideración que el plato debe tener aristas de corte para un buen acabado si así lo quisiese. En la tabla 6-3 muestra las alternativas para los cortes, haciendo una breve comparación de ventajas y desventajas de cada uno de las alternativas.

Tabla 6-3: Alternativas para el corte de bordes

Corte de bordes	Punzón	Ventajas	Permite embutir y cortar
			Menos mantenimiento
		Desventajas	Mayor costo en materiales
			Acabado de filos no tan bueno
	Cizalla	Ventajas	Menor cantidad de residuos
			Mayor calidad y rectitud de corte
Desventajas		Necesidad de herramientas auxiliares de corte	
		Menos producción en aplicaciones industriales	

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

3.7 Alternativas de solución

A continuación, se presentan tres tipos de alternativas de solución, para así poder seleccionar la más óptima teniendo en cuenta los requerimientos del usuario que se mencionó anteriormente en la casa de la calidad. Estas alternativas se deben combinar entre sí a cada una de las soluciones verificando que los componentes sean compatibles para así poder obtener una solución viable. En la figura 1-3 se muestran las alternativas de solución.

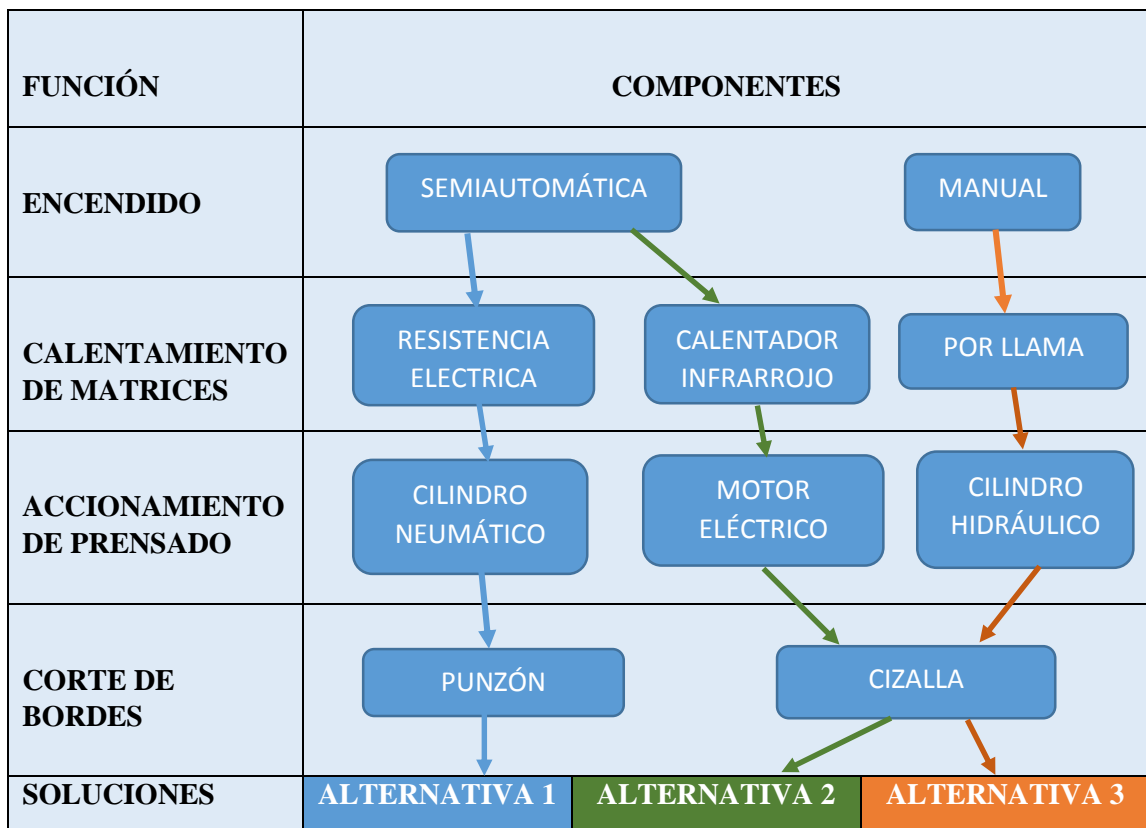


Figura 1-3: Matriz morfológica

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Se utilizará el método ordinal corregido de criterios ponderados propuesto por el autor Carles Riba que selecciona la mejor entre las opciones mostradas.

3.8 Alternativas de solución para cada módulo.

Las alternativas de solución que se proponen a continuación están basadas en la necesidad de obtener un plato biodegradable, conforme a las especificaciones de conformado.

Tabla 7-3: Alternativas número uno.

Operación	Alternativa 1
ENCENDIDO	Semiautomática
CALENTAMIENTO DE MATRICES	Resistencia eléctrica
ACCIONAMIENTO DE PRENSADO	Cilindro neumático
CORTE DE BORDES	Punzón

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Ventajas:

- No necesita de máquinas auxiliares para conformar el plato.

Desventajas:

- Acabado de los bordes del plato no tan precisos.
- Mayor consumo de energía eléctrica.

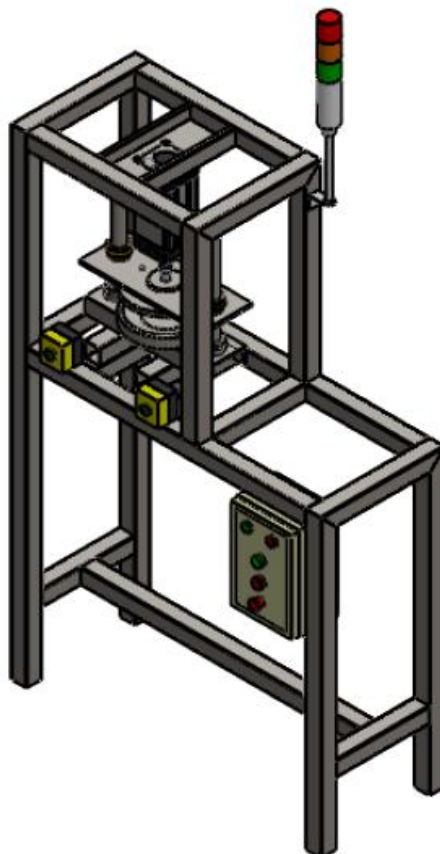


Figura 2-3: Vista isométrica de la alternativa

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Mediante este método el encendido de la máquina será de forma semiautomática, con controles de encendido y apagado, el accionamiento de prensado será mediante un cilindro neumático accionado por un compresor como fuente de energía, para el proceso de termoformado las matrices tendrán un calentamiento mediante resistencias eléctricas, y un proceso de corte de la materia prima mediante punzonado.

Tabla 8-3: Alternativas número dos.

Operación	Alternativa 2
ENCENDIDO	Semiautomática
CALENTAMIENTO DE MATRICES	Calentador infrarrojo
ACCIONAMIENTO DE PRENSADO	Motor eléctrico
CORTE DE BORDES	Cizalla

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Mediante este método el encendido de la máquina será de forma semiautomática, con controles de encendido y apagado, el accionamiento de prensado será mediante un motor eléctrico impulsor, para el proceso de termoformado las matrices tendrán un calentamiento mediante un calentador infrarrojo que es casi poco usual en este tipo de máquinas, y por último el proceso de corte de la materia prima será mediante una maquina cizalladora.

Ventajas:

- Rápido calentamiento en las matrices.
- Buen acabado del plato.

Desventajas:

- Mayor consumo de energía eléctrica.
- Necesita de una máquina para el corte del borde del plato.
- Mayor costo de mantenimiento.

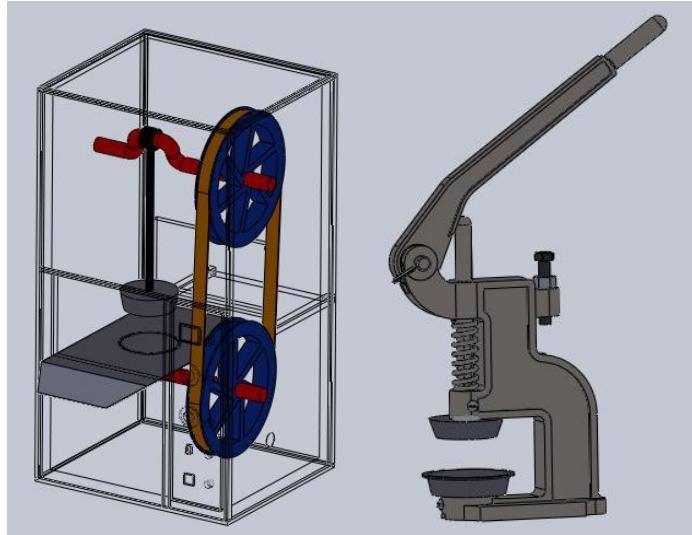


Figura 3-3: Vista isométrica de la alternativa 2.

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Tabla 9-3: Alternativas número tres.

Operación	Alternativa 3
ENCENDIDO	Manual
CALENTAMIENTO DE MATRICES	Por llama
ACCIONAMIENTO DE PRENSADO	Cilindro hidráulico
CORTE DE BORDES	Cizalla

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Mediante este método el encendido de la máquina será de forma manual, que es accionada por el operario, el accionamiento de prensado será mediante un cilindro hidráulico como fuente de energía se utilizará una bomba encargada de hacer circular el líquido, para el proceso de termoformado las matrices tendrán un calentamiento por llama, y por último el proceso de corte de la materia prima será mediante una maquina cizalladora.

Ventajas:

- No necesita energía eléctrica
- Buen acabado del plato.

Desventajas:

- No rigie la normativa para el procesado de alimentos.
- Necesita de una máquina para el corte del del plato.
- Calentamiento lento de las matrices.

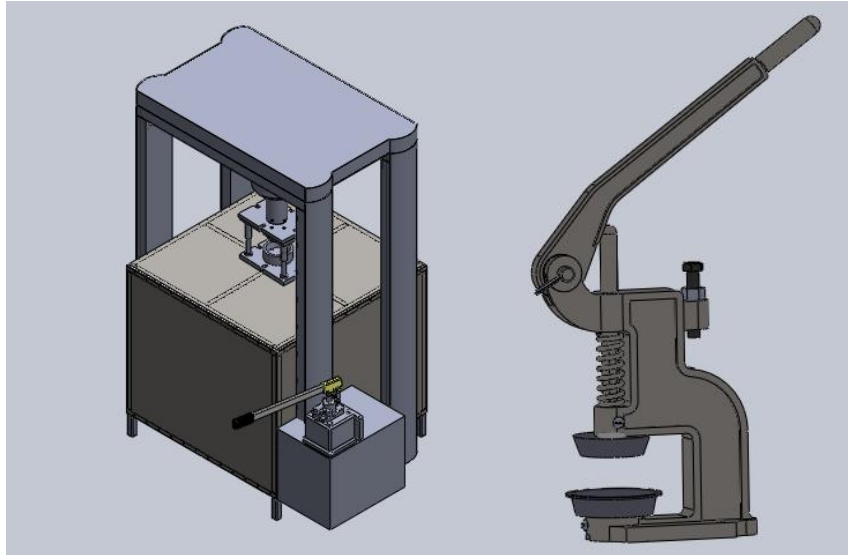


Figura 4-3: Vista isométrica de la alternativa 3.

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

3.9 Evaluación de soluciones

Después de cada despliegue de alternativas, corresponde hacer una evaluación de las mismas, que sirva de base para la posterior toma de decisiones (Riba, 2002 págs. 59-60) (REVELO FLORES, 2017). Para tomar una decisión deben estar presentes los siguientes elementos:

- Alternativas. Como mínimo se debe disponer de dos alternativas lo más adecuado es entre 3 y 6 cuyas características deben ser diferentes. (Riba, 2002 págs. 59-60) (REVELO FLORES, 2017)
- Criterios. Hay que establecer los criterios en base a los cuales las alternativas deberán ser evaluadas. Dado que todas las soluciones de ingeniería intervienen múltiples aspectos, hay que considerar de forma global, en todos los métodos de evaluación aparece el problema de ponderación de criterios. (Riba, 2002 págs. 59-60) (REVELO FLORES, 2017)
- Método ordinal corregido de criterios ponderados. Se recomienda este método sin la necesidad de evaluar los parámetros de cada propiedad y sin tener que estimar numéricamente el peso de cada criterio, permite obtener resultados globales suficientemente significativos. Está basado en tablas donde cada criterio se enfrenta con los restantes criterios y asigna los siguientes valores (Riba, 2002 págs. 59-60) (REVELO FLORES, 2017)
- 1 muestra: la solución es superior o mejor que el de las columnas.

- 0.5 muestra: la solución es igual o equivalente al de las columnas.
- 0 muestra: la solución es inferior o peor que el de las columnas. (Riba, 2002 págs. 59-60) (REVELO FLORES, 2017)

3.10 Criterios de evaluación del módulo

Para la evaluación de criterios se tomará en cuenta los parámetros más determinantes que previamente se obtuvo en la matriz QFD:

- Cumplimiento de la norma RTE INEN 131. Para la manipulación de alimentos. Se considera un parámetro fundamental en la selección de materiales para la matriz.

- Costo. Se tomará en cuenta los costos del material y componentes que no sobrepasen un valor promedio.

- Capacidad. La máquina debe ser capaz de fabricar como mínimo 60 platos/h.

- Nivel de automatización. Se procurará utilizar parámetros de control, por lo que es necesario para la fabricación de los platos biodegradables.

En la tabla 10-3 se evaluará los pesos específicos de cada uno de los criterios anteriores.

Tabla 10-3: Evaluación de cada criterio

Capacidad > Costo > Cumplimiento de la norma RTE INEN 131 = Nivel de automatización						
Criterio	Capacidad	Costo	Cumplimiento de la norma RTE INEN 131	Nivel de automatización	$\Sigma + 1$	Ponderación
Capacidad		1	1	1	4	0,4
Costo	0		1	1	3	0,3
Cumplimiento de la norma RTE INEN 131	0	0		0,5	1,5	0,15
Nivel de automatización	0	0	0,5		1,5	0,15
Sumatoria					10	1

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

A continuación, se realiza la evaluación de los pesos específicos de las distintas soluciones para cada criterio.

Tabla 11-3: Evaluación de soluciones respecto a la capacidad.

Alternativa 1 > Alternativa 3 > Alternativa 2					
Capacidad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	0,5
Alternativa 2	0		0	1	0,167
Alternativa 3	0	1		2	0,333
Sumatoria				6	1

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Tabla 12-3: Evaluación de soluciones respecto al costo.

Alternativa 3 > Alternativa 1 > Alternativa 2					
Costo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	0	2	0,333
Alternativa 2	0		0	1	0,167
Alternativa 3	1	1		3	0,5
Sumatoria				6	1

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Tabla 13-3: Evaluación de soluciones respecto al Cumplimiento de la norma RTE INEN 131.

Alternativa 1 > Alternativa 2 > Alternativa 3					
Cumplimiento de la norma RTE INEN 131	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	0,5
Alternativa 2	0		1	2	0,333
Alternativa 3	0	0		1	0,167
Sumatoria				6	1

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Tabla 14-3: Evaluación de soluciones respecto al nivel de automatización.

Alternativa 1 > Alternativa 2 > Alternativa 3					
Nivel de automatización	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	0,5
Alternativa 2	0		1	2	0,33
Alternativa 3	0	0		1	0,16
Sumatoria				6	1

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

En la tabla 15-3, se presenta los resultados obtenidos al evaluar cada una de las soluciones que se plantearon, de aquí se puede saber también cuál es la solución más óptima que se ajusta a los requerimientos del usuario propuestos técnicamente.

Tabla 15-3: Conclusiones y selección de la mejor alternativa.

Alternativa	Capacidad	Costo	Cumplimiento de la norma RTE INEN 131	Nivel de automatización	Σ	Prioridad
Alternativa 1	0,2	0,099	0,075	0,075	0,449	1
Alternativa 2	0,067	0,050	0,050	0,038	0,205	3
Alternativa 3	0,133	0,15	0,025	0,027	0,335	2

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Conclusión: La alternativa que mayor cumple con los criterios de evaluación es la numero 1, por lo tanto, se opta por esta solución. La máquina estará compuesta por un sistema de encendido semiautomático, la matriz y punzón se calentarán mediante resistencias eléctricas, el accionamiento de prensado será mediante un cilindro neumático y finalmente el corte de la materia prima será mediante el proceso de embutición y punzonado.

3.11 Diseño de detalle

A continuación, se muestra el diseño de detalle que con la ayuda del programa solidworks se modelan los componentes que conforman la máquina, para fabricar platos biodegradables a partir de biomasa, conforme se aprecia en la figura 5-3.

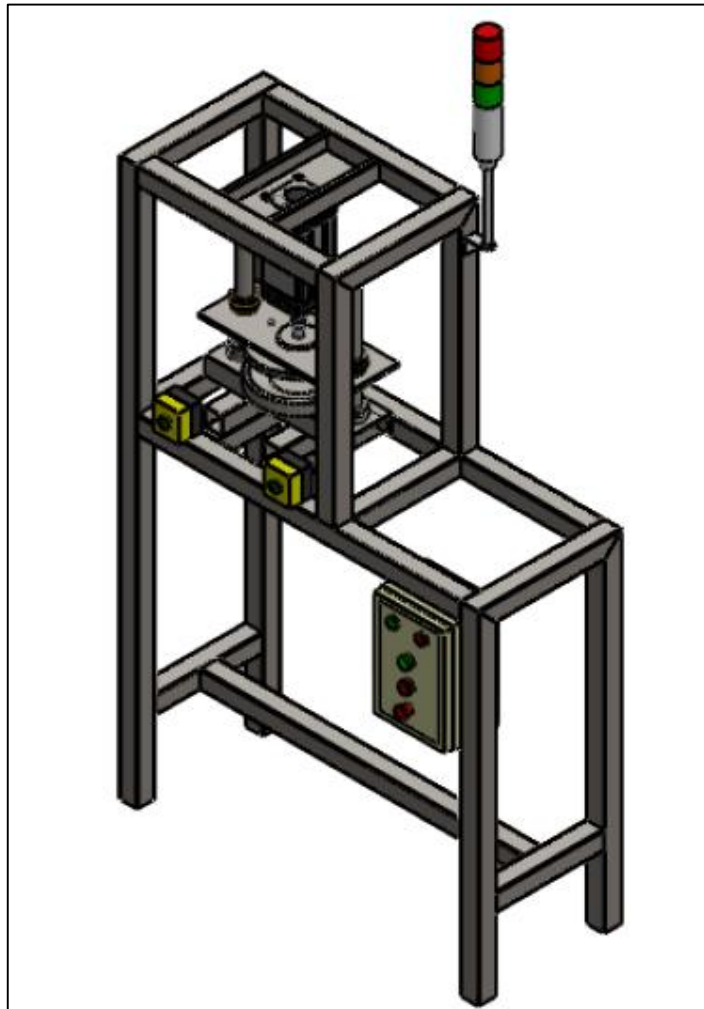


Figura 5-3: Características de los elementos de la máquina

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

3.12 Análisis de fuerzas y diseño de los componentes mecánicos

El proceso consiste en colocar una lámina, que en este caso particular se trata de una hoja de banano, corteza de la caña guadua o yagua, sobre un dado y luego presionarlo hacia una cavidad con ayuda de un punzón que tiene la forma seleccionada en el diseño previo.

Se utilizaron las ecuaciones de conformado que permiten determinar la fuerza de embutido, la fuerza de corte, la fuerza de fricción y la fuerza de los sujetadores si en caso fuese necesario, la sumatoria de todas estas fuerzas deberá ser la fuerza total que requiere el cilindro neumático para el conformado del plato.

3.12.1 Diseño de las matrices



Figura 6-3: Matrices de los platos biodegradables

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

3.12.1.1 Fuerza de embutido

$$p_d = 2 * \pi * r * e * R_{dm} * \ln\left(\frac{R}{r}\right) \quad (2)$$

Donde:

P_d : Fuerza de embutido [N]

e : Espesor del material [m]

R_{dm} : Resistencia a la deformación promedio [Pa]

R : Radio inicial del disco a embutir [m]

r : Radio de la matriz [m]

El coeficiente R_{dm} puede ser reemplazado por la resistencia a la tracción de la lámina, obteniendo la ecuación 2. (Ascamm)

$$P_d = 2 * \pi * r * e * K_{ct} * \ln\left(\frac{D}{d}\right) \quad (3)$$

Donde:

Kct: Resistencia a la tracción [Pa]

d: Diámetro de la matriz [m]

r: Radio de la matriz [m]

e: espesor del material [m]

D: Diámetro inicial de la lámina a embutir [m]

Se conoce la resistencia a la tracción de la biomasa de la yagua de palma que es un valor promedio que puede ser útil para referencia de las otras biomásas. Este valor de $1.043 \cdot 10^6$ [Pa] se determinó en ensayos de laboratorio y es citado por. (ALBÁN ARBOLEDA, 2017 pág. 28)

Para calcular el diámetro inicial del disco D es necesario conocer el dimensionamiento del plato a embutir, en este caso la figura 7-3 muestra la forma del plato con borde.

$$D = \sqrt{d_1^2 + 2s(d_1 + d_2) + d_3^2 - d_2^2} \quad (4)$$

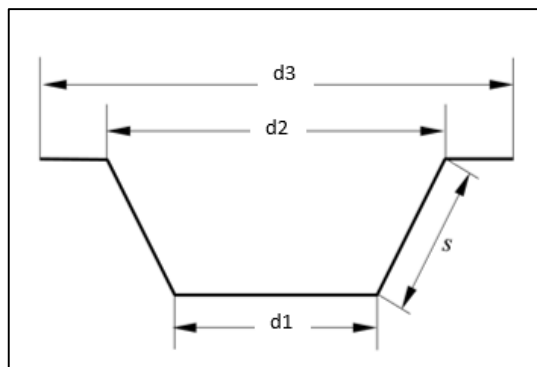


Figura 7-3: Plato a embutir con borde

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Se decide fabricar el plato sin borde como se muestra en la figura 8-3, por tanto, no se considera el d_3

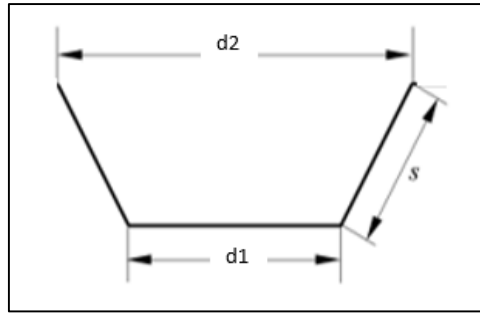


Figura 8-3: Plato a embutir sin borde

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

$$D = \sqrt{(d_1^2 + 2sd_1 + d_2^2)} \quad (5)$$

Donde:

D: Diámetro inicial de la lámina a embutir [m]

d₁: Diámetro interno del plato [m]

d₂: Diámetro externo del plato [m]

s: inclinación del plato [m]

$$s = \sqrt{\left(\left(\frac{0.11}{2}\right)^2 + 0.02^2\right)} = 0,05 \text{ m}$$

$$D = \sqrt{(0,11^2 + 2 * 0,045 * 0,11 + 0,196^2)}$$

$$D = 0.28 \text{ m}$$

Por tanto:

$$p_d = 2 * \pi * 0.11 * 0.002 * 1.043(10)^6 * \ln\left(\frac{0.28}{0.22}\right)$$

$$P_d = 347 \text{ [N]}$$

3.12.1.2 Fuerza de fricción

El diagrama de cuerpo libre se ilustra en la figura 9-3.

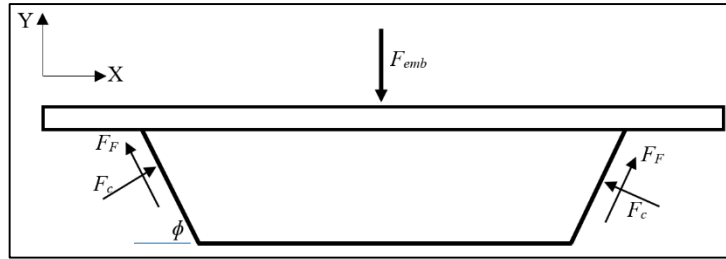


Figura 9-3: Diagrama de cuerpo libre del punzón

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

La sumatoria de fuerzas en Y es:

$$\Sigma F_y = 2F_f * \sin\Phi + 2F_c * \sin(90 - \Phi) - F_{emb} = 0$$

Donde que la fuerza de contacto es igual a:

$$F_c = \frac{F_f}{u_k} \quad (6)$$

Despejando nos queda la siguiente expresión:

$$F_f = \frac{F_{emb}}{2\sin\Phi + \frac{2\sin(90 - \Phi)}{u_k}} \quad (7)$$

Donde:

F_f : Fuerza de fricción [N]

F_c : Fuerza de contacto entre el punzón y la hoja a doblarse [N]

F_{emb} : Fuerza de embutición [N]

Φ : Angulo del plato [grados]

u_k : Coeficiente de la hoja y el metal [adimensional]

Donde: u_k coeficiente de fricción entre el metal y la hoja. Este valor se desconoce para las hojas que estamos usando de prueba. Se asume un valor conocido que es el u_k del césped = 0,36

Para un ángulo $\Phi = 20^\circ$ se tiene:

$$F_f = \frac{347}{2 \sin 20 + \frac{2 \sin(90 - 20)}{0.36}}$$

$$F_f = 58,76 \text{ [N]}$$

3.12.1.3 Fuerza de sujetadores

Para evitar que se formen arrugas en el proceso de embutición se utilizan los sujetadores que son los que sostienen la lámina, en este caso la hoja de biomasa. La presión que se debe aplicar depende del espesor, del material y el tipo de proceso de embutición. La fuerza de los sujetadores se define como F_s .

Antes es necesario determinar si son o no necesarios los sujetadores durante el proceso de embutición. Para esto se usa la relación de embutido R .

$R < 0,4$ la embutición es de una fase y sin pisador

$R > 0,4$ embutición de una fase con pisador

$R > 0,6$ embutición con pisador y varias fases

Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$R = D - d * D \quad (8)$$

Donde:

D : Diámetro inicial de la lámina a embutir [m]

d : Diámetro de la matriz [m]

Para:

$$D = 0.28 \text{ [m]}$$

$$d = 0.22 \text{ [m]}$$

$$R = 0.21 < 0.4$$

De acuerdo a este resultado no sería necesario utilizar pisador.

3.12.1.4 Fuerza de corte

La resistencia al cizallamiento es un valor importante a tener en cuenta para calcular la fuerza necesaria para el corte.

Es importante, además, saber qué fuerza va a ser necesaria cuando se realice el corte para no sobrepasar la fuerza máxima de la punzonadora. La fuerza de corte necesaria depende del perímetro de corte del punzón, del espesor de la chapa y del esfuerzo de corte del material a punzonar.

Para calcular la fuerza de corte se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$F_c = p * e * \tau_c \quad (9)$$

Donde:

F_c : Fuerza de corte [N]

P : Perímetro de corte [m]

e : Espesor del material [m]

τ_c : Esfuerzo de corte $\left[\frac{N}{m^2}\right]$

No se dispone de datos de resistencia al corte de las hojas de banano o de la yagua, pero se puede tomar como referencia el valor de $2.8 * 10^6 \left[\frac{N}{m^2}\right]$ que es de la fibra de la caña guadua según. (Pantoja, N. 2005)

Calculamos el perímetro de corte que es igual a:

$$p = \pi * d \quad (10)$$

Donde:

p : Perímetro de corte [m]

d : Diámetro de la matriz [m]

$$\text{Perímetro} = \pi * 0.22 \text{ [m]}$$

$$\text{Perímetro} = 0.691 \text{ [m]}$$

$$F_c = 0.691 \text{ [m]} * 0.002 \text{ [m]} * 2.8 * 10^6 \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right]$$

$$F_c = 3870 \text{ [N]}$$

De esta forma la fuerza total, que se deberá ejercer sobre la hoja será igual a:

$$F_{\text{total}} = P_d + F_f + F_s + F_c \quad (11)$$

Donde:

P_d : Fuerza de embutición [N]

F_f : Fuerza de fricción [N]

F_s : Fuerza de sujeción [N]

F_c : Fuerza de contacto [N]

$$F_{\text{total}} = 347[\text{N}] + 58,76[\text{N}] + 0[\text{N}] + 3870 \text{ [N]}$$

$$F_{\text{total}} = 4275,76[\text{N}]$$

3.12.2 Selección del cilindro neumático

Para la selección del cilindro neumático se utilizó el catálogo de la marca Festo ya que es una marca líder muy reconocida. En el gráfico 3-3 se puede observar el Diagrama Presión vs Fuerza de los cilindros neumáticos, con esta figura se puede obtener el diámetro del émbolo del cilindro neumático, una vez conocidos la fuerza total que debe ejercer dicho cilindro y la presión de alimentación del sistema. Para el cálculo de la presión del sistema según recomienda la norma ISO 8778 es de 6 bares que viene a ser una presión promedio (S. R. Majumdar).

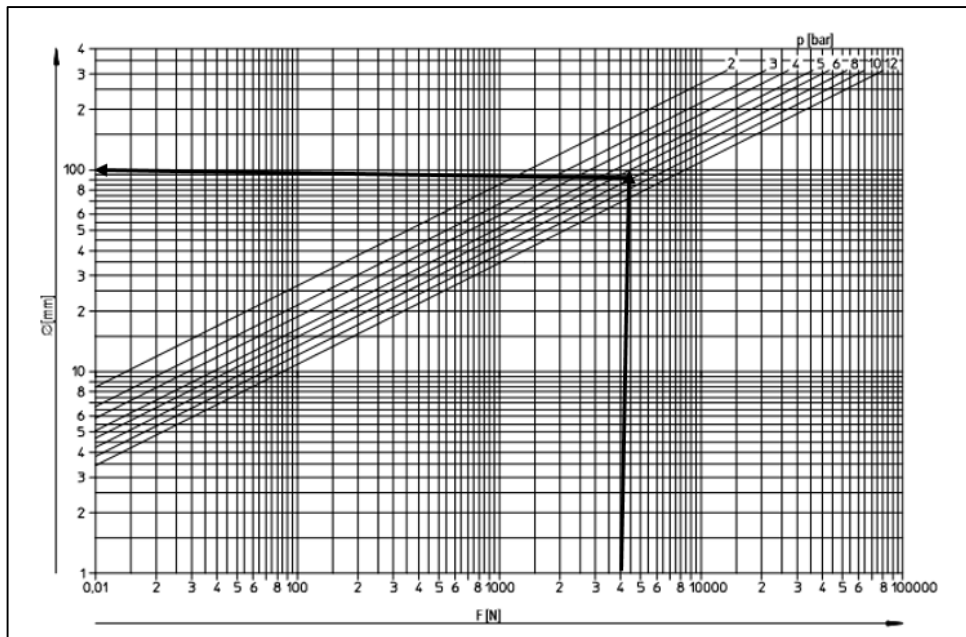


Gráfico 3-3. Diagrama de presión-fuerza para el dimensionamiento del cilindro neumático.

Fuente: Festo

Adicionalmente se conoce también que la longitud de carrera del cilindro que debe ser de 100 mm, esta longitud se calculó tomando en cuenta la distancia entre el la matriz superior y la matriz inferior de tal manera que se pueda colocar la hoja sin ninguna dificultad. Una vez conocidos estos parámetros; diámetro del embolo y la carrera del cilindro neumático se selecciona el cilindro neumático en base a las normas ISO 6432, ISO 15552 e ISO 21287, tal como se muestra en la figura 10-3.

Norma aplicable	Diámetro del émbolo [mm]	Carrera [mm]	Desviación admisible de la carrera [mm]
ISO 6432	8, 10, 12, 16, 20, 25	0 ... 500	+1,5
ISO 15552	32	0 ... 500	+2
	40, 50	500 ... 12500	+3,2
	63	0 ... 500	+2
	80, 100	500 ... 12500	+4
	125, 160	0 ... 500	+4
	200, 250, 320	500 ... 2000	+5
ISO 21287	20, 25	0 ... 500	+1,5
	32, 40, 50	0 ... 500	+2
	63, 80, 100	0 ... 500	+2,5

Figura10-3: Normas aplicables a los cilindros neumáticos en función del diámetro del émbolo y la carrera.

Fuente: Festo

Para este caso se seleccionó bajo la norma ISO 21287 que se encuentra bajo los datos obtenidos del cilindro neumático. En base a estas consideraciones, se seleccionó el cilindro neumático con las siguientes especificaciones generales que se muestran en la tabla 16-3; la ficha técnica se puede ver en el Anexo C.

Tabla 16-3: Dimensiones del cilindro del sistema neumático

Diámetro del embolo	100 mm
Diámetro del vástago	25 mm
Longitud de carrera	100 mm

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Una vez seleccionado el cilindro neumático ahora se seleccionará el compresor para ello se necesita el consumo de aire del cilindro neumático y la presión de trabajo

3.12.3 Selección del compresor

3.12.3.1 Consumo de aire en condiciones normales

Para el cálculo del consumo de aire del cilindro neumático se utilizó las siguientes ecuaciones:

$$Q_{atm} = \frac{P_{man} * Q_{man}}{P_{atm}} \quad (12)$$

Donde:

Q_{atm} : Consumo de aire a condiciones normales $\left[\frac{m^3}{min} \right]$

P_{man} : Presión manométrica [Pa]

P_{atm} : Presión atmosférica [Pa]

Q_{man} : Consumo de aire manométrico (comprimido) $\left[\frac{m^3}{min} \right]$

Dado que Q_{man} es igual a:

$$Q_{man} = n * V \quad (13)$$

Donde:

n: Número de ciclos por minuto $\left[\frac{\text{ciclos}}{\text{min}} \right]$

V: Volumen en cada ciclo $\left[\frac{\text{m}^3}{\text{ciclo}} \right]$

De igual manera el V en cada ciclo será igual a:

$$V = V_{av} + V_{ret} \quad (14)$$

Donde:

V_{av}: Volumen de avance $\left[\frac{\text{m}^3}{\text{ciclo}} \right]$

V_{ret}: Volumen de retroceso $\left[\frac{\text{m}^3}{\text{ciclo}} \right]$

El volumen en cada ciclo se reduce a la siguiente ecuación

$$V = V_{av} + V_{ret} = \frac{\pi(2 * d_e^2 - d_v^2)}{4} * e \quad (15)$$

Dado:

d_e: Diámetro del émbolo [m]

d_v: Diámetro del vástago [m]

e: Carrera [m]

$$V = \frac{\pi}{4} (2 * 0,1^2 - 0,025^2) * 0,1$$

$$V = 1,5217 * 10^{-3} \text{ [m]}$$

Mediante Festo nos recomienda trabajar con 60 ciclos por minuto a condiciones máximas, pero también se puede trabajar al número de ciclo según la aplicación del cilindro neumático.

$$Q_{man} = 60 * 1,5217 * 10^{-3}$$

$$Q_{man} = 0,0913 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{min}} \right]$$

Para calcular el consumo de aire se necesita la presión manométrica y la presión atmosférica una vez conocida el Q_{man} .

La presión atmosférica P_{atm} es iguala $10^5 Pa$, y la presión manométrica es igual a:

$$P_{man} = P_{atm} + P_t \quad (16)$$

Dado:

P_{atm} : Presión atmosférica [Pa]

P_t : Presión de trabajo [Pa]

La presión de trabajo es igual a:

$$P_t = \frac{F}{A} \quad (17)$$

Dado:

F: Fuerza total de trabajo [Pa]

A: Área del cilindro neumático [m²]

El área donde se desplaza el émbolo será igual a:

$$A = \frac{\pi * d_e^2}{4} \quad (18)$$

Donde:

d_e : Diámetro del embolo [m²]

$$A = \frac{\pi * 0,1^2}{4}$$

$$A = 0,00785 \text{ [m}^2\text{]}$$

Ahora se calcula la presión de trabajo:

$$P_t = \frac{4275,76}{0,00785}$$

$$P_t = 544,68 * 10^3 \text{ [Pa]}$$

Una vez conocida estas dos presiones calculamos la presión manométrica:

$$P_{man} = 10^5 + 544,68 * 10^3$$

$$P_{man} = 644,68 * 10^3 [\text{Pa}]$$

Para finalmente obtener el consumo de aire:

$$Q_{atm} = \frac{644,68 * 10^3 (0,0913)}{10^5}$$

$$Q_{atm} = 0,5885 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{min}} \right]$$

$$Q_{atm} = 588,5 \left[\frac{\text{l}}{\text{min}} \right]$$

Una vez obtenido el consumo de aire del cilindro y la presión de trabajo seleccionamos el compresor mediante catálogo. De acuerdo a los parámetros calculados se seleccionó un compresor industrial vertical que a continuación se detalla en la tabla 17-3 y que también se puede ver la ficha técnica del compresor en el Anexo D.

Tabla 17-3: Características técnicas del compresor

Componente	Característica
Capacidad del compresor	5,5 (HP)
Aire aspirado	640 (lts/min)
Presión máxima	11 bares, 160 psi

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

3.12.4 Diseño estático del bastidor mediante el software ANSYS



Figura 11-3: Esquema de la estructura de la máquina.

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

El análisis de cargas a las que está sometida el bastidor se lo realizo en ANSYS. Las fuerzas presentes están en función de la presión que puede generar el pistón, el mismo genera una presión de 80 psi obtenido anteriormente, como se conoce la relación presión es igual a fuerza sobre área, en función del diámetro se puede determinar el área. Obteniendo una fuerza de 4330 N que actúan en el bastidor.

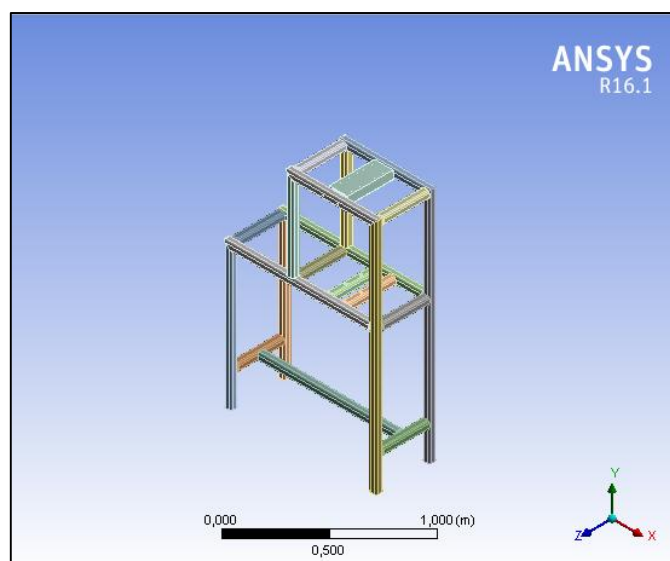


Figura 12-3: Interfaz ANSYS de la estructura

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

En el primer análisis se realizó el esfuerzo equivalente de Von Mises, que es un criterio de fallo en estructuras para determinar los esfuerzos estáticos permisibles en estructuras o componentes de máquinas. El límite elástico del acero A36 usado en el bastidor presenta un límite elástico de $2.5e8 \text{ N/m}^2$, el valor máximo que genera el pistón es de $1.24e7$, como se observa este valor no supera el límite elástico entonces el bastidor va a soportar las cargas que generará el pistón.

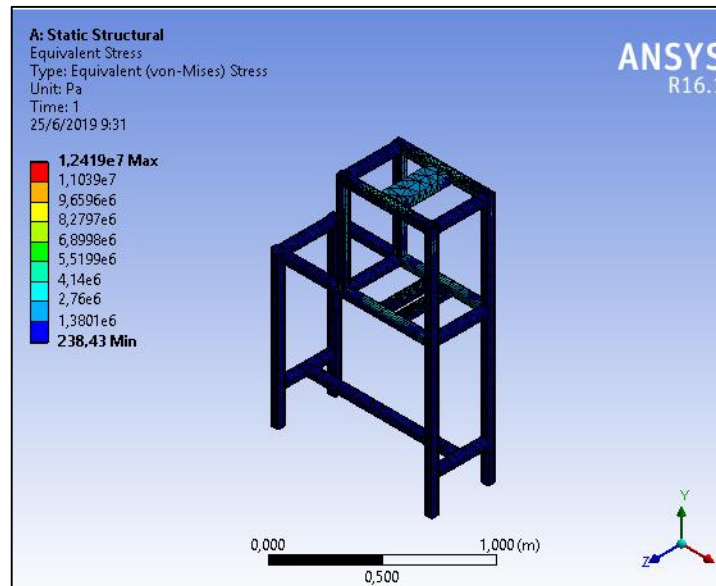


Figura 13-3: Análisis de fallo de la estructura por Von Mises

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

En el siguiente análisis se realiza el estudio de deformación total en el bastidor, aquí se determina si la deformación del bastidor no supera la gráfica del límite elástico, significa que el momento que se retire la carga la deformación cesará y la pieza regresará a la posición inicial. La deformación máxima es de 0.04373 mm que presenta en el soporte debido a la forma del material que es un perfil c, y está sometido a la reacción que produce el pistón.

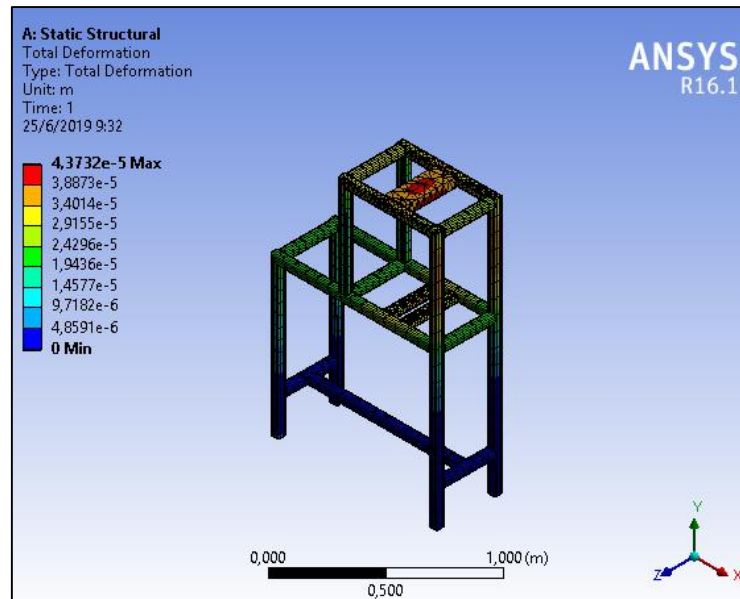


Figura 14-3: Deformación total de la estructura

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

3.12.5 Cálculo del coeficiente de seguridad en los elementos de mayor consideración

Las fuerzas actúan en los perfiles que se muestran a continuación en las figuras. En esta zona donde se da el proceso de embutición. La fuerza es generada por un cilindro neumático, el cilindro neumático transmite una presión de 80 psi que es igual a 551,580KPa, debido a que posee un diámetro de cilindro de 100 mm, se puede calcular la fuerza del mismo.

Ahora se recalcula la fuerza de trabajo a la presión de 551,580KPa del compresor.

$$F = P * A = \left(551580,8 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} * 7,85 \times 10^{-3} \text{m}^2 \right)$$

$$F = 4330 \text{ [N]}$$

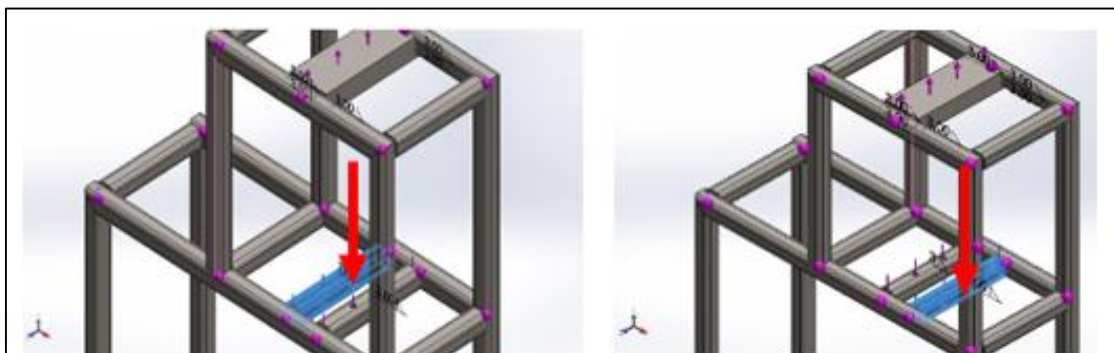


Figura 15-3: Carga en los perfiles base (perfil 2 y 3)

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

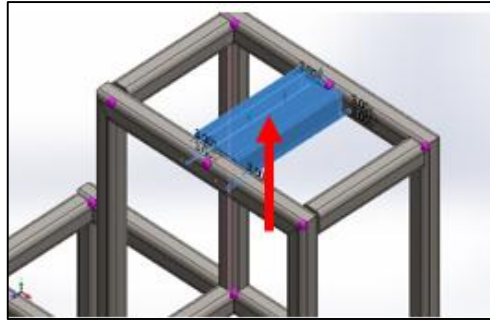


Figura 16-3: Carga de reacción en el perfil superior (perfil 1)

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Aplicando una presión de 80 psi se obtiene una fuerza de embutición de 4330 N, a esta fuerza se le suma el peso de los elementos como la matriz y de las dos placas.

$$\text{Masa matriz} = \text{Matriz inferior} + \text{Matriz superior}$$

$$\text{Masa matriz} = 5,2 \text{ kg} + 5,5 \text{ kg} = 10,7 \text{ kg}$$

$$\text{Masa de las placas} = 7,3 [\text{Kg}]$$

$$\text{Masa total} = \text{Masa matriz} + \text{Masa placas}$$

$$\text{Masa total} = 18 [\text{Kg}]$$

$$\text{Peso elementos} = \left(18 \text{kg} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)$$

$$\text{Peso elementos} = 176,4 [\text{N}]$$

Este peso se suma a la fuerza que genera el pistón y será la fuerza total a la que está sometida el bastidor de la máquina.

$$P_{\text{total}} = 4330 + 176,4 = 4506.4$$

$$\mathbf{P_{\text{total}} = 4506.4 [\text{N}]}$$

Análisis de fuerzas en el perfil 1

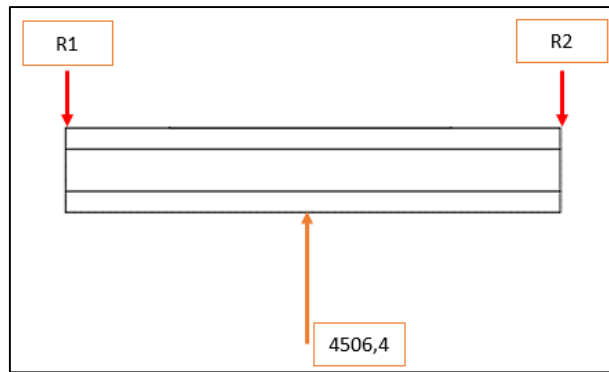


Figura 17-3: Diagrama de fuerzas en el perfil 1.

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

$$\sum F = 0$$

$$-R1 - R2 + 4506.4 = 0$$

$$\sum M = 0$$

$$R1 (0,3m) - 4506.4(0,15m) = 0$$

$$R1 = 2253.2 \text{ N}$$

$$R2 = 2253.2 \text{ N}$$

Al ser un elemento empotrado en sus dos extremos se aplica la siguiente fórmula para obtener los momentos en cada punto, considerando la dirección de la fuerza y las reacciones para establecer el sentido de los mismos.

$$M = \frac{PL}{8} \quad (19)$$

Donde:

M: Momento flector máximo [Nm]

L: Longitud de la viga [m]

P: Carga que soporta la viga [N]

$$M_1 = \frac{4506.4(0,3)}{8} = 168,990 \text{ [Nm]}$$

$$M_P = - \frac{4506.4(0,3)}{8} = - 168,990 \text{ [Nm]}$$

$$M_2 = \frac{4506.4(0,3)}{8} = 168,990 \text{ [Nm]}$$

El perfil usado para sostener el pistón es un perfil U como se muestra a continuación.



Figura 18-3: Perfil estructural usado para sostener el pistón

Fuente: Dipac

los diagramas de esfuerzo cortante y de momentos se muestra a continuación

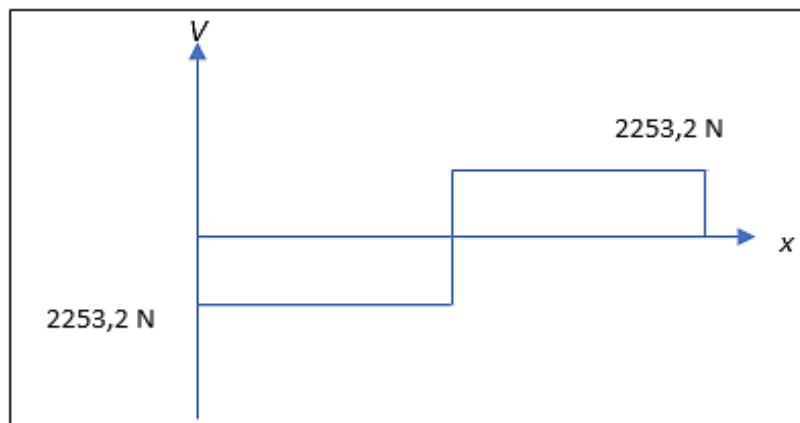


Figura 19-3. Diagrama de esfuerzo cortante en el perfil 1

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

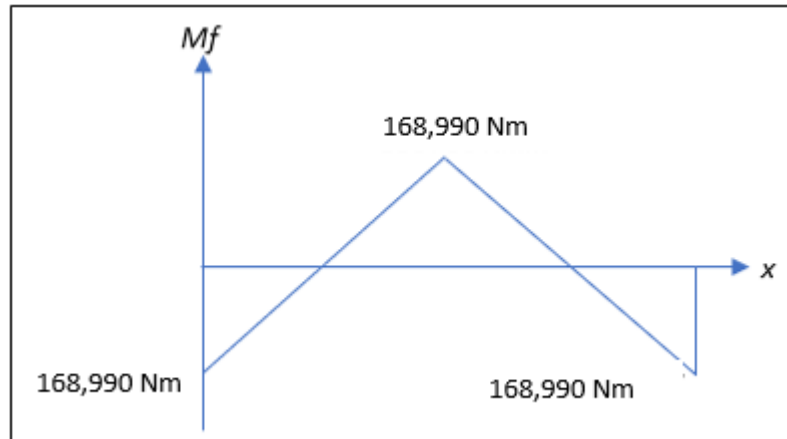


Figura 20-3: Diagrama de momentos en el perfil 1

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Teniendo los valores de la fuerza cortante y momento máximo se encuentra los esfuerzos debido al cortante y flexión.

Esfuerzo a flexión

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{M_{\text{máx}}}{S} \quad (20)$$

Donde:

$\sigma_{\text{máx}}$: Esfuerzo flector máximo [Pa]

$M_{\text{máx}}$: Momento máximo que genera la fuerza en el elemento [Nm]

S: Módulo de la sección [m³]

Las medidas del perfil utilizado para la construcción del bastidor están en el anexo F, la fórmula para el módulo de la sección del perfil U se tiene

$$S = \frac{BH^3 - bh^3}{6H} = \frac{50(150)^3 - 48(146)^3}{6(150)} = 21519,41\text{mm}^3 = 2,1519 \times 10^{-5} [\text{m}^3]$$

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{M}{S} = \frac{168,990 \text{ Nm}}{2,1519 \times 10^{-5} \text{ m}^3}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = 7,85 \times 10^6 [\text{Pa}]$$

Esfuerzo cortante

$$\tau_{\text{máx}} = \frac{V * S}{I * b} \quad (21)$$

Donde:

$\tau_{\text{máx}}$: Esfuerzo cortante máximo [Pa]

V: Fuerza cortante [N]

S: Modulo de sección [m³]

I: Momento de inercia [m⁴]

b: Espesor de la sección transversal [m]

$$\tau_{\text{máx}} = \frac{2253,2\text{N} * 2,1519 \times 10^{-5} \text{m}^3}{1,09 \times 10^{-7} \text{m}^4 * 0,15 \text{m}}$$

$$\tau_{\text{máx}} = 2,9655 \times 10^6 \text{ [Pa]}$$

Luego se procedió a calcular los esfuerzos principales.

$$\sigma_1 = \sigma_{\text{máx}} \quad (22)$$

$$\tau_{xy} = \tau_{\text{máx}} \quad (23)$$

3.12.5.1 Cálculo del coeficiente de seguridad del perfil 1

Para el cálculo del coeficiente de seguridad se empleó la teoría de Von Mises debido a que es más conservador, dicho esto el esfuerzo mediante Von Mises está dado por:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_{xy}^2} \quad (24)$$

Donde:

σ' : Esfuerzo de Von Mises [MPa]

σ_1 : Esfuerzo principal a flexión [Pa]

τ_{xy} : Esfuerzo principal a corte [Pa]

$$\sigma' = \sqrt{7850000^2 + 3 * 2960000^2}$$

$$\sigma' = 9,3758[\text{MPa}]$$

Una vez conociendo el valor de Von Mises se calcula el coeficiente de seguridad.

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma'} \quad (25)$$

Donde:

N: coeficiente de seguridad [adimensional]

Sy: Esfuerzo de fluencia del material [MPa]

El esfuerzo a fluencia del acero A36 es 250MPa.

$$\eta = \frac{250\text{MPa}}{9,37\text{Mpa}}$$

$$\eta = 26,68$$

Análisis de fuerzas en el perfil 2 y 3

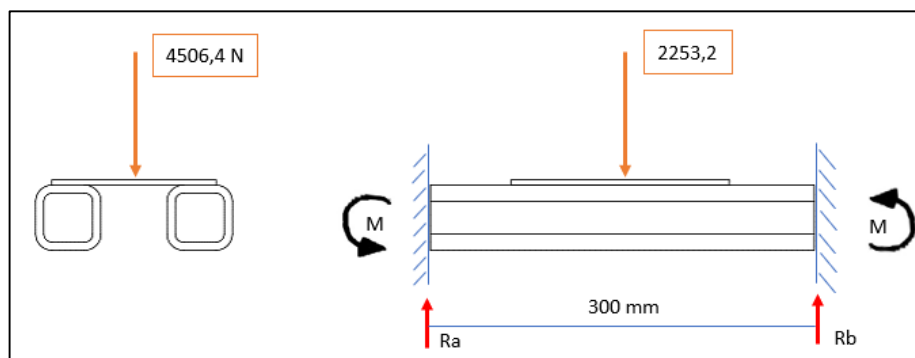


Figura 21-3: Diagrama de fuerzas en el perfil 2 y 3

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

En el diagrama de fuerzas se observa, que la fuerza total se divide en dos, esto se debe a que la placa está apoyada en los dos perfiles.

$$\sum F = 0$$

$$R_a + R_b - 2253,2 = 0$$

$$\sum M = 0$$

$$R_a (0,3\text{m}) - 2253,2(0,15\text{m}) = 0$$

$$R_a = 1126,6 \text{ N}$$

$$R_b = 1126,6 \text{ N}$$

Al ser un elemento empotrado en sus dos extremos se aplica la siguiente fórmula para obtener los momentos en cada punto, considerando la dirección de la fuerza y las reacciones para establecer el sentido de los mismos.

$$M_1 = \frac{2253,2(0,3)}{8} = -84495 \text{ Nmm}$$

$$M_p = -\frac{2253,2(0,3)}{8} = 84495 \text{ Nmm}$$

$$M_2 = \frac{2253,2(0,3)}{8} = -84495 \text{ Nmm}$$

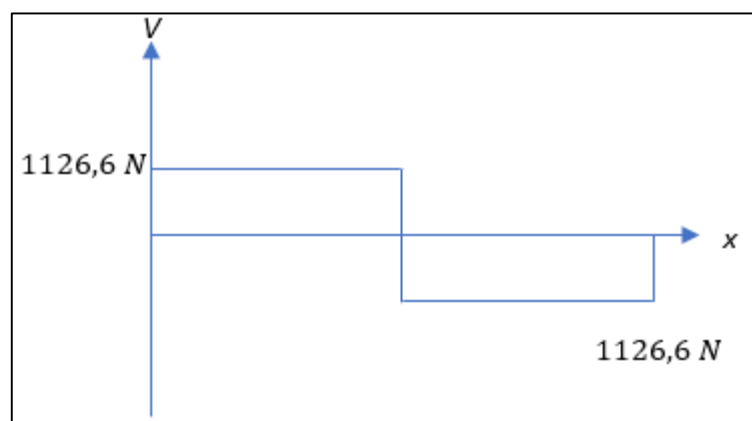


Figura 22-3: Diagrama de esfuerzo cortante en el perfil 2 y 3

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

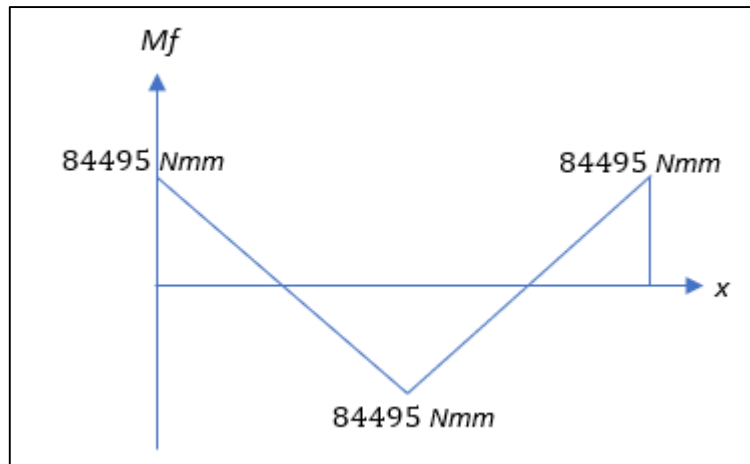


Figura 23-3: Diagrama de momentos en el perfil 2 y 3

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Las medidas del perfil utilizado para la construcción del bastidor están en el anexo y la fórmula para el módulo de la sección del tubo cuadrado se tiene en el Anexo E.

Cálculo del módulo de la sección S

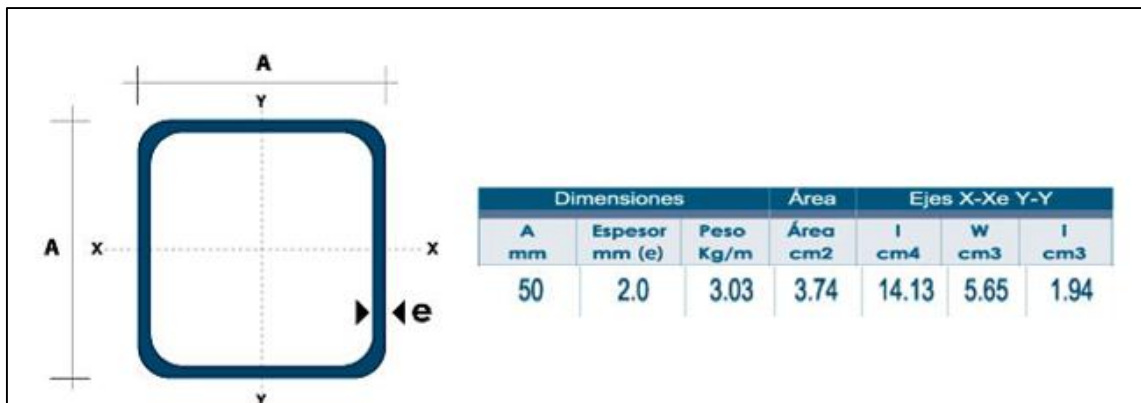


Figura 24-3: Tubo cuadrado usado para las bases de la matriz

Fuente: Dipac

$$S = \frac{C^4 - C_1^4}{6C} = \frac{(0,05)^4 - (0,046)^4}{6(0,050)} = 5,908 \times 10^{-6} \text{m}^3$$

Cálculo del esfuerzo a flexión

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{M}{S} = \frac{84,495 \text{ Nm}}{5,908 \times 10^{-6} \text{m}^3}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = 14,3013 * 10^6 [\text{Pa}]$$

Esfuerzo cortante

$$\tau_{\text{máx}} = \frac{1126,6\text{N} * 5,908 \times 10^{-6} \text{m}^3}{1,413 \times 10^{-7} \text{m}^4 * 0,05\text{m}}$$

$$\tau_{\text{máx}} = 942,102 \times 10^3 [\text{Pa}]$$

Esfuerzo mediante Von Mises

$$\sigma' = \sqrt{(14,3013 * 10^6)^2 + 3 * (942,102 \times 10^3)^2}$$

$$\sigma' = 14,3940 [\text{MPa}]$$

3.12.5.2 Cálculo del coeficiente de seguridad en el perfil 2

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma'} = \frac{250\text{MPa}}{14,3013 \text{Mpa}}$$

$$\eta = 17,36$$

Para el perfil 3 se aplican los mismos resultados calculados en el perfil 2 ya que son los mismos

3.12.6 Coeficiente de seguridad en los elementos del bastidor

El análisis de cada uno de los elementos del bastidor se lo realizó mediante el software Frame Design, es una aplicación que permite el análisis de fuerzas en armaduras y estructuras. Por medio del software se obtuvieron valores que permitieron determinar los diagramas de cortante y de momentos.

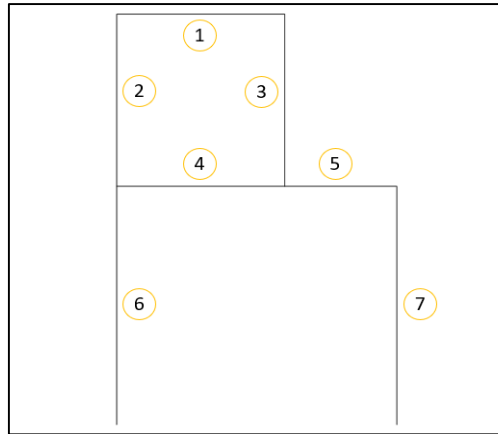


Figura 25-3: Puntos de estudio para el factor de seguridad de la estructura

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

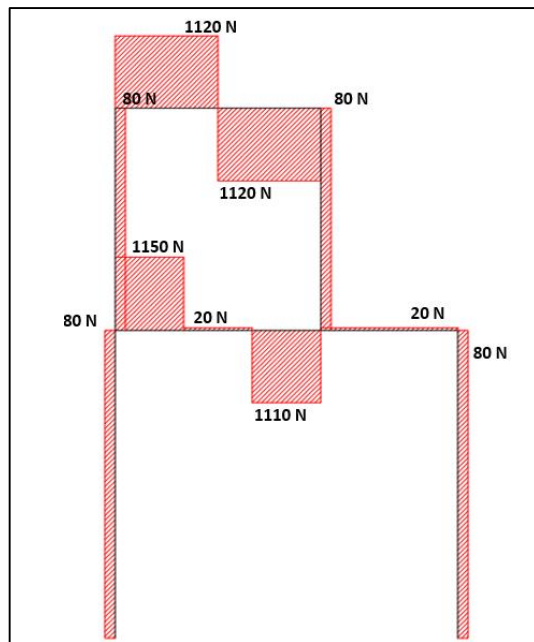


Figura 26-3: Diagrama de fuerza cortante de la estructura

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

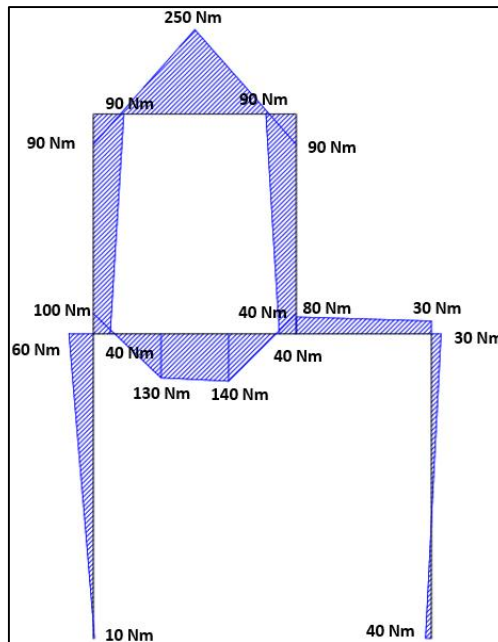


Figura 27-3: Diagrama de momentos de la estructura

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Con los datos mostrados en las figuras se puede determinar el esfuerzo máximo en cada elemento y por último obtener el coeficiente de seguridad.

Tabla 18-3: Cálculo del coeficiente de seguridad en cada elemento de la estructura

N°	Fuerza cortante	Momento flector	Módulo de sección	Esfuerzo cortante	Esfuerzo flector	Von Mises	Factor de seguridad
	(N)	(Nm)	(m ³)	(N/m ²)	(N/m ²)	MPa	adimensional
1	1120	250	5,91E-06	9,37E+05	4,23E+07	10,0102	26
2	80	90	5,91E-06	6,69E+04	1,52E+07	13,2004	18,93
3	80	90	5,91E-06	6,69E+04	1,52E+07	13,2004	18,93
4	1150	140	5,91E-06	9,62E+05	2,37E+07	15,7586	15,86
5	20	80	5,91E-06	1,67E+04	1,35E+07	12,5000	19,59
6	80	60	5,91E-06	6,69E+04	1,02E+07	10,2006	24,50
7	80	40	5,91E-06	6,69E+04	6,77E+06	6,6910	37,36

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

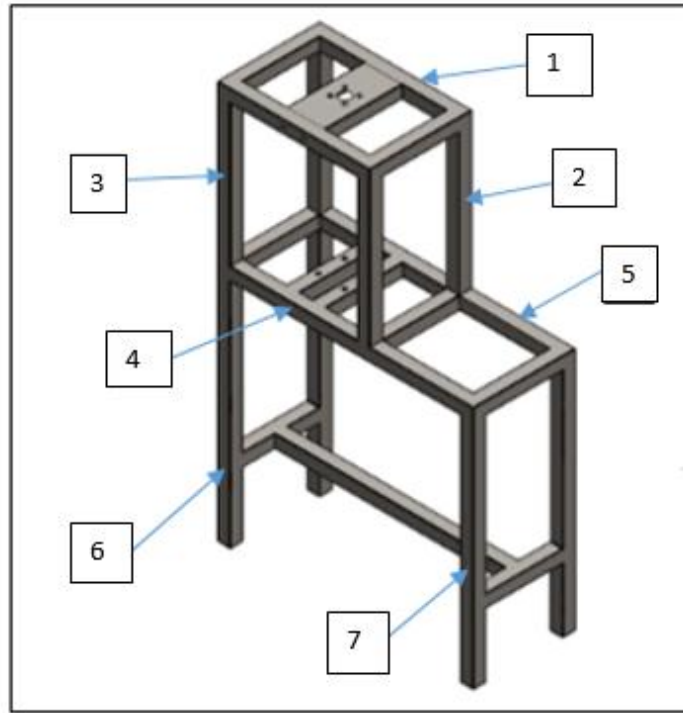


Figura 28-3: Coeficientes de seguridad en la estructura

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

En la siguiente tabla se realizará una comparación de los elementos de mayor consideración de la estructura bajo el método de Von Mises tanto del calculado como del M.E.F

Tabla 19-3: Cálculo del coeficiente de seguridad de los elementos más importantes

Elemento	Calculado		M.E.F	
	Von Mises (Mpa)	F.s	Von Mises (Mpa)	F.s
Perfil Superior (soporte)	9,3758	26,68	9,6588	25,88
Perfil Inferior (base)	14,3940	17,36	14,301e6	17,48

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

3.12.7 Cálculo del coeficiente de seguridad en la matriz

El principal esfuerzo al que está sometido la matriz es la compresión que ejerce el pistón, este genera una fuerza de 4506,4 N que se divide para el área de contacto en la matriz. El área de contacto se muestra en la figura 29-3.

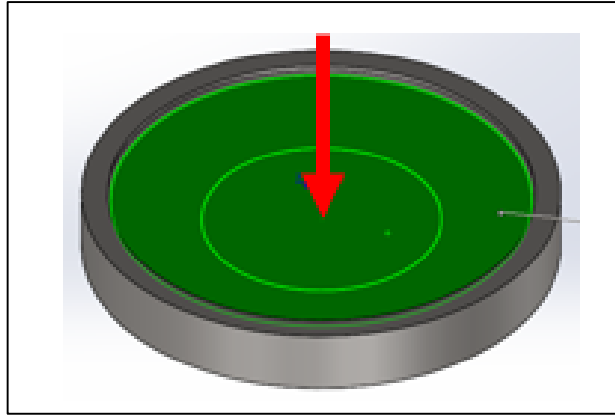


Figura 29-3: Área de contacto en la matriz (inferior)

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

$$A = 0.03 \text{ [m}^2\text{]}$$

Se calcula la presión:

$$P = \frac{F}{A} \quad (26)$$

Donde:

P: Presión ejercida sobre la matriz [Pa]

A: Área en contacto de la fuerza [m²]

$$P = \frac{4506,4\text{N}}{0.03\text{m}^2}$$

$$P = 150,213 \times 10^3 \text{ [Pa]}$$

El esfuerzo máximo a la compresión es de 500 MPa, obtenido de tablas, dando un coeficiente de seguridad de

$$\eta = \frac{S_y}{P} \quad (27)$$

Donde:

S_y: Resistencia ultima a la compresión [MPa]

n: Coeficiente de seguridad [adimensional]

$$\eta = \frac{500\text{Mpa}}{150,213 \times 10^3 \text{Pa}}$$

$$\eta = 3328$$

El valor del coeficiente de seguridad es alto debido al espesor de la matriz, y a las propiedades que posee el acero inoxidable.

3.12.8 Diseño del sistema de calentamiento mecánico mediante el software Ansys

Para el diseño de la matriz y el punzón (matriz superior), se realizó siguiendo el proceso de embutición y corte. La matriz y el punzón se diseñó en el software solidworks de acuerdo a las dimensiones del plato que deseamos obtener, para después realizar su análisis de deformaciones y puntos de temperaturas en el software ansys.

3.12.8.1 Análisis térmico con calentamiento en la matriz inferior

Para el análisis térmico se tomaron en cuenta las cuatro resistencias ubicadas en la parte inferior de la matriz. Estas resistencias calientan a la matriz de acero inoxidable 304 hasta 150 °C. en la siguiente figura 30-3 se muestran las condiciones iniciales que se toman en cuenta en el análisis.

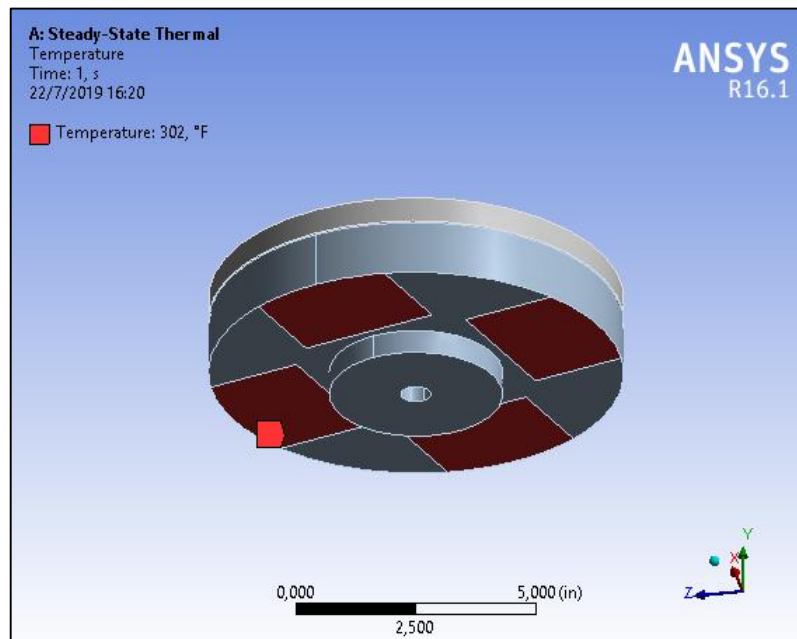


Figura 30-3: Condiciones iniciales para el análisis térmico con calentamiento en la matriz inferior

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

En el siguiente análisis se obtiene el valor del flujo de calor, que es la cantidad de energía térmica que fluye a través de un área determinada durante un determinado periodo de tiempo.

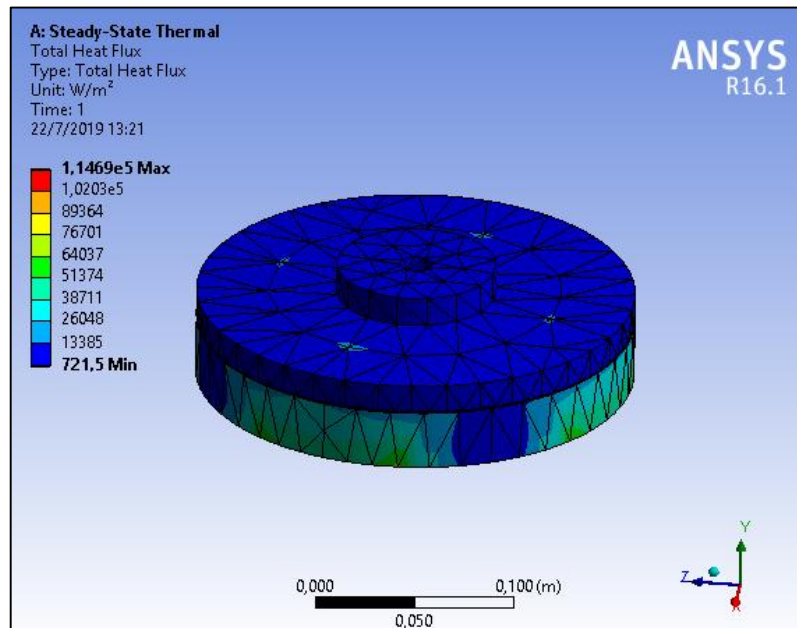


Figura 31-3: Flujo de calor a través de las matrices mediante el calentamiento de la matriz inferior

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

En el siguiente análisis se visualiza la temperatura en los diferentes puntos, la parte superior de la matriz es el punto que menos temperatura alcanza obteniendo un valor de 58 °C.

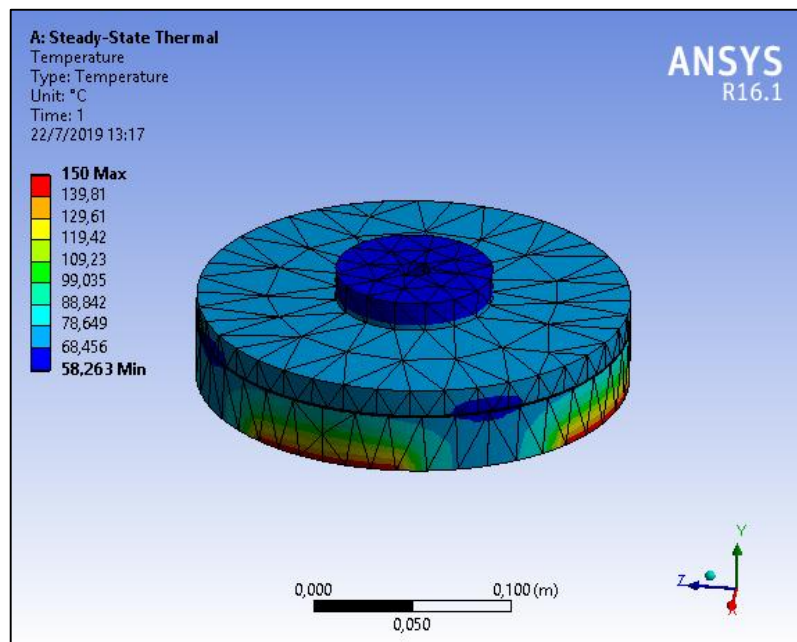


Figura 13-3: Puntos de temperatura en las matrices mediante calentamiento en la matriz inferior

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Análisis de esfuerzos en las matrices

Las condiciones iniciales para el análisis de esfuerzos en los platos, se aplica una presión máx. calculada anteriormente. que es generada por el pistón, a continuación, se detalla mediante el software Ansys el análisis de fallo mediante Von Mises y las deformaciones de las matrices.

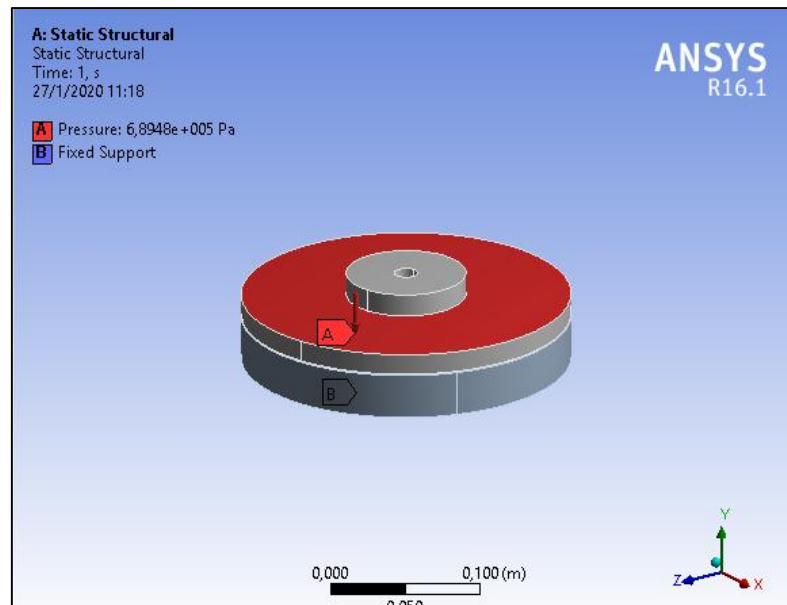


Figura 33-3: Condiciones iniciales del análisis de esfuerzo en las matrices

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

El esfuerzo equivalente se determinó en función de la presión que genera el pistón sobre la matriz, este esfuerzo no debe superar el límite elástico del material ($1.93e11$ Pa), los resultados obtenidos son un esfuerzo máximo generado de $1.157e-5$

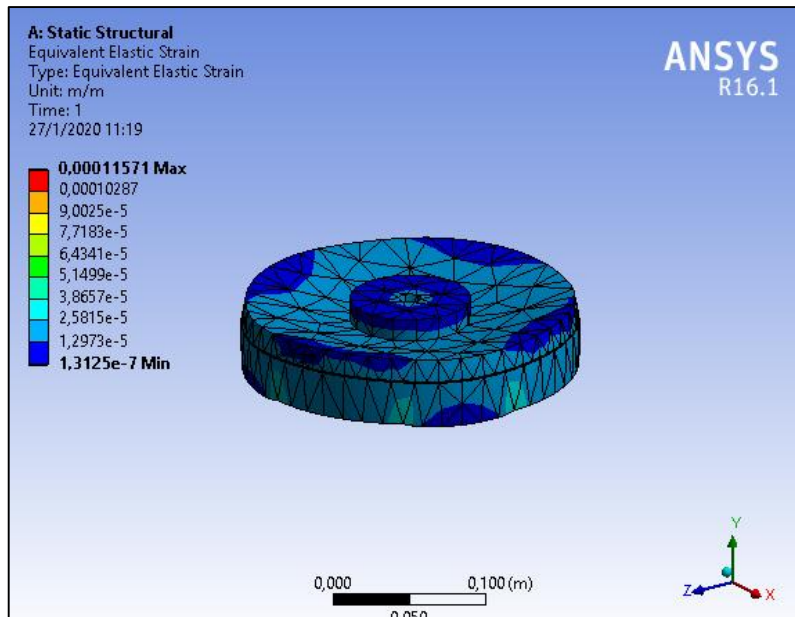


Figura 34-3: Análisis de fallo de las matrices mediante Von Mises

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

El material presenta una deformación de 0.0050677 mm en la parte superior de la matriz debido a la fuerza que ejerce el pistón. Es una deformación aceptable que no causara daño alguno a la estructura interna del material de la matriz.

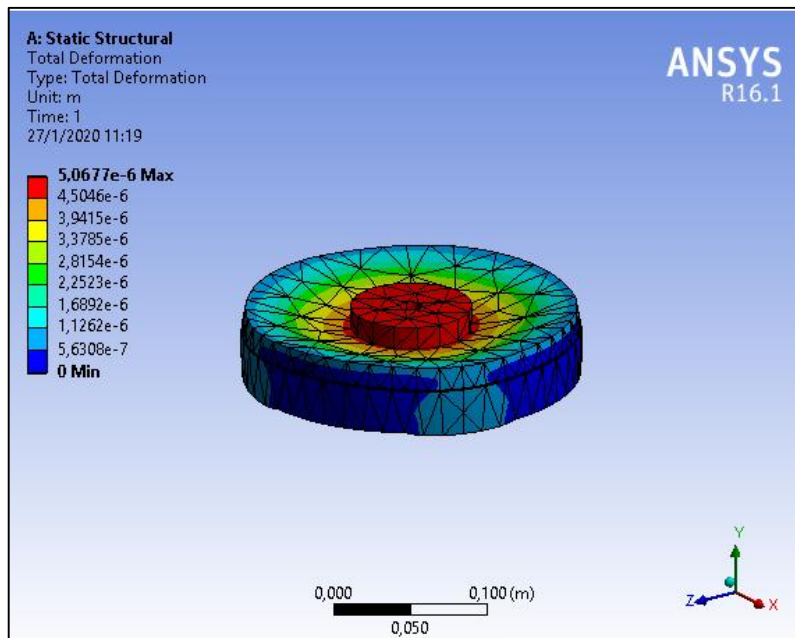


Figura 35-3: Deformación total de las matrices

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

3.12.8.2 Análisis térmico en ambos lados de la matriz

Para el análisis térmico se tomaron en cuenta las cuatro resistencias ubicadas en la parte inferior de la matriz y cuatro ubicadas en la parte superior de la matriz. Estas resistencias calientan a la matriz de acero inoxidable 304 hasta 150 °C. en el siguiente gráfico se muestran las condiciones iniciales que se toman en cuenta en el análisis.

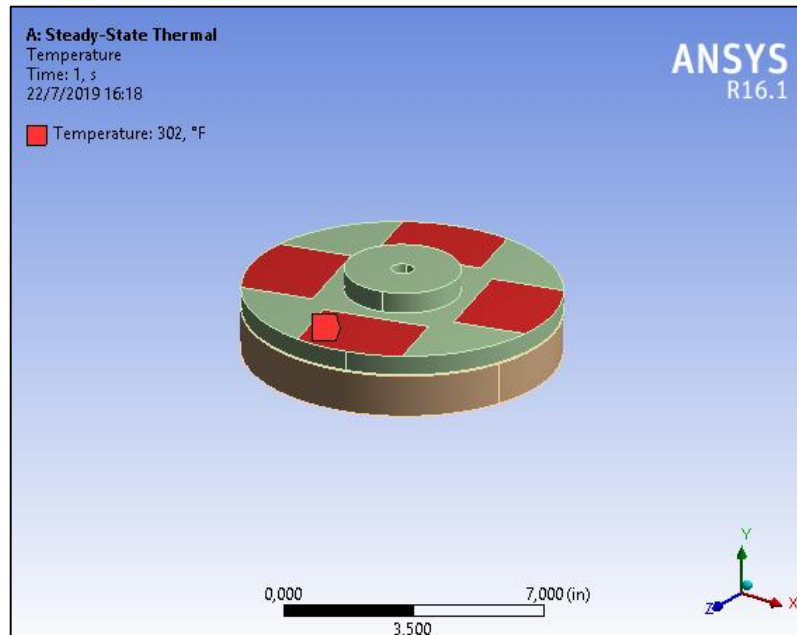


Figura 36-3: Condiciones iniciales para el análisis térmico mediante calentamiento en ambos lados

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

En el primer análisis se obtiene el valor del flujo de calor, que es la cantidad de energía térmica que fluye a través de un área determinada durante un determinado periodo de tiempo. La temperatura es el resultado, mientras que el flujo de calor es el proceso

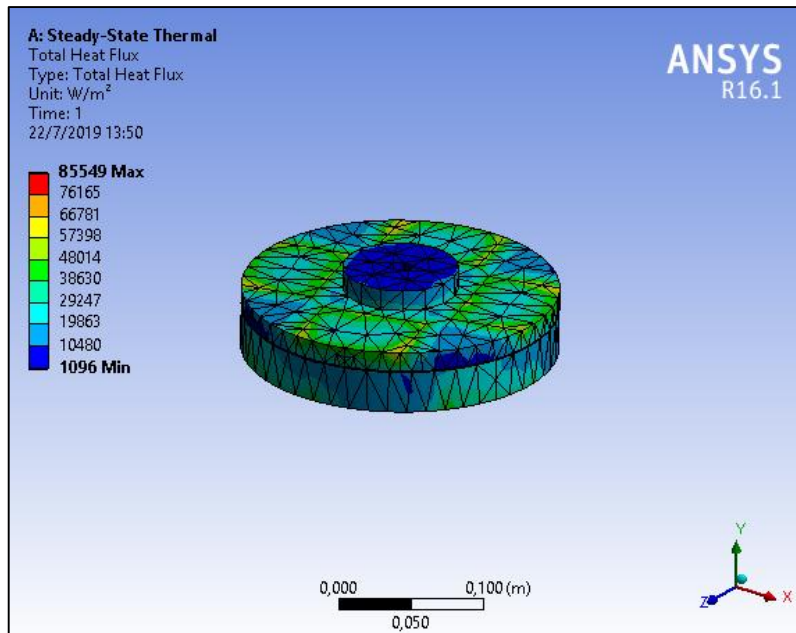


Figura 37-3: Flujo de calor a través de las matrices mediante calentamiento en ambos lados

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

En el siguiente análisis se obtienen los puntos de temperatura cuando la resistencia están a la temperatura establecida durante un tiempo adecuado, se observa que en este caso se obtiene una temperatura mínima de 80 °C.

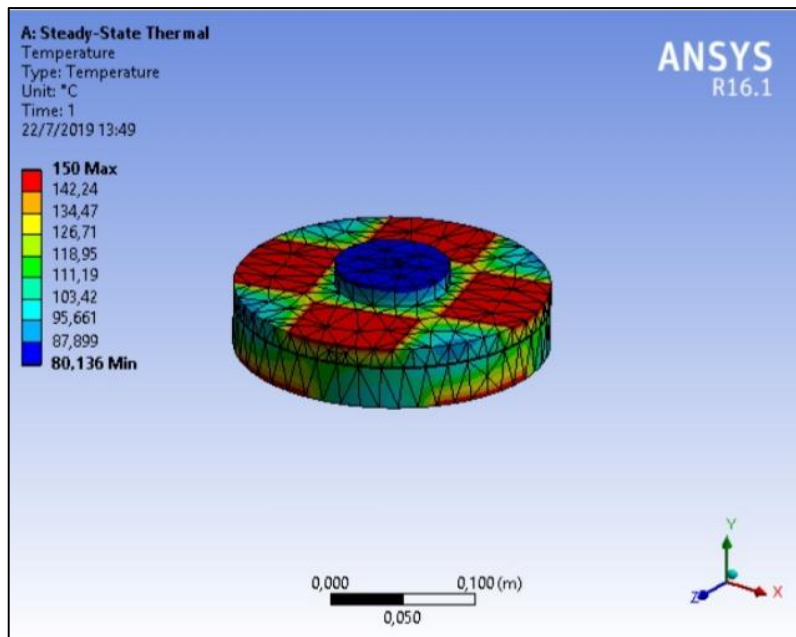


Figura 38-3: Puntos de temperatura en las matrices mediante calentamiento en ambos lados

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

3.12.9 Diseño de ejes guías

Para el sistema de guiado por eje se utilizaron ejes macizos, sobre los que se desplazan rodamientos de agujas, de escaso rozamiento y casquillos lineales de fricción. En esta unidad de rodadura lineal, el rodamiento está firmemente integrado en un soporte rígido. Los rodamientos de agujas se utilizan con frecuencia cuando es importante conseguir una gran precisión de posicionado y una alta eficacia. Por ello, estos rodamientos deben funcionar sin sacudidas y con un rozamiento reducido. Las buenas propiedades de rodadura de los sistemas de guiado por eje no dependen únicamente de los rodamientos. Las tolerancias de forma y de posición de la construcción ejercen una gran influencia. Cuanto más precisa es la fabricación de la construcción y más cuidadoso haya sido el montaje, tanto mejores serán las propiedades de rodadura.

3.12.9.1 Ajuste con juego para la parte superior del eje

Es la diferencia de medidas de dos piezas que han de acoplarse antes de montar, es decir en este caso positivo cuando el diámetro del eje es inferior al diámetro del agujero.

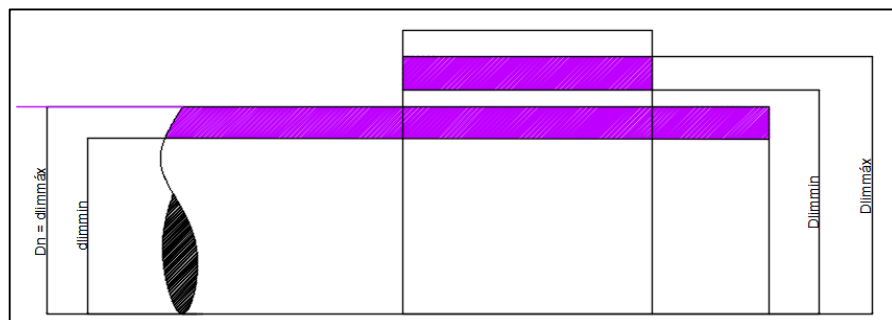


Figura 39-3: Ajuste con juego

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

El eje seleccionado posee un diámetro nominal de 32 mm con un valor de tolerancia IT 6 a 7 que viene a ser el número de calidad para la fabricación mecánica de precisión y piezas que deban acoplarse. Como deseamos obtener un ajuste con juego en este caso eje único mediante tabla 8.8 del prontuario de máquinas de Larburu ver Anexo B. Seleccionamos una zona de tolerancia h7 para el eje único con G6 para el agujero y así poder tener un ajuste con juego para piezas que están sometidas a deslizamiento. A continuación, se va a detallar el juego máximo y mínimo que debe tener las piezas para que no exista trabas en el momento de su desplazamiento.

$$32 \frac{h7}{G6} = 32 \left(\frac{0}{-25} \right)$$

Cálculos de los diámetros límites del agujero y del eje:

$$D_{\text{lim máx}} = D_n + E_s \quad (28)$$

Donde:

$D_{\text{lim máx}}$: Diámetro límite máximo del agujero [mm]

D_n : Diámetro nominal [mm]

E_s : Desviación superior del agujero [mm]

$$D_{\text{lim máx}} = 32 + 0,025 = 32,025 \text{ [mm]}$$

$$D_{\text{lim mín}} = D_n + E_i \quad (29)$$

Donde:

$D_{\text{lim mín}}$: Diámetro límite mínimo del agujero [mm]

D_n : Diámetro nominal [mm]

E_i : Desviación inferior del agujero [mm]

$$D_{\text{lim mín}} = 32 + 0,009 = 32,009 \text{ [mm]}$$

$$d_{\text{lim máx}} = D_n + e_s \quad (30)$$

Donde:

$d_{\text{lim máx}}$: Diámetro límite máximo del eje [mm]

D_n : Diámetro nominal [mm]

e_s : Desviación superior del eje [mm]

$$d_{\text{lim máx}} = 32 + 0 = 32 \text{ [mm]}$$

$$d_{\text{lim min}} = D_n - e_i \quad (31)$$

Donde:

$d_{\text{lim min}}$: Diámetro límite mínimo del eje [mm]

D_n : Diámetro nominal [mm]

e_i : Desviación inferior del eje [mm]

$$d_{\text{lim min}} = 32 - 0.025 = 31,975 \text{ [mm]}$$

Cálculos del juego máximo y mínimo:

$$J_{\text{máx}} = D_{\text{lim máx}} - d_{\text{lim min}} \quad (32)$$

Donde:

$J_{\text{máx}}$: Juego máximo [mm]

$D_{\text{lim máx}}$: Diámetro límite máximo del agujero [mm]

$d_{\text{lim min}}$: Diámetro límite mínimo del eje [mm]

$$J_{\text{máx}} = 32,025 - 31,975 = \mathbf{0,05 \text{ [mm]}}$$

$$J_{\text{min}} = D_{\text{lim min}} - d_{\text{lim máx}} \quad (33)$$

Donde:

J_{min} : Juego mínimo [mm]

$D_{\text{lim min}}$: Diámetro límite mínimo del agujero [mm]

$d_{\text{lim máx}}$: Diámetro límite máximo del eje [mm]

$$J_{\text{min}} = 32,009 - 32 = \mathbf{0.009 \text{ [mm]}}$$

3.12.9.2 Ajuste indeterminado para la parte inferior del eje

En este tipo de ajuste hay una zona de tolerancia que se han de interferirse de manera que se produzcan un juego o un apriete.

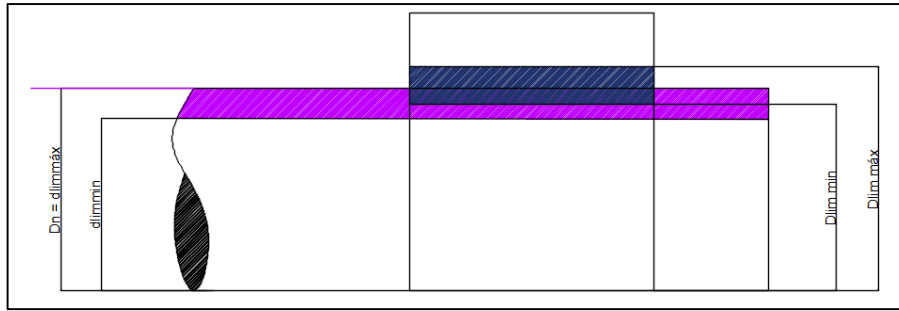


Figura 40-3: Ajuste indeterminado

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

En este caso seleccionamos una zona de tolerancia de h6 para el eje único y J7 para el agujero, por lo que en la base donde va montado la placa que sujeta a la matriz hembra debe permanecer fijo.

$$32 \frac{h7}{J6} = 32 \left(\begin{array}{c} 0 \\ -25 \\ 10 \\ -6 \end{array} \right)$$

Cálculos de los diámetros límites del agujero y del eje, así como también el juego y el apriete que debe existir entre el eje y el agujero.

Tabla 20-3: Calculo del juego y del apriete para la parte inferior.

$D_{lim \text{ máx}}$	$D_{lim \text{ mín}}$	$d_{lim \text{ máx}}$	$d_{lim \text{ mín}}$	Juego	Apriete
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
32,01	31,994	32	31,975	0,035	0.006

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

3.13 Esquema de los circuitos de potencia y control.

3.13.1 Esquema del circuito neumático

El sistema se compone de una válvula direccional monoestable pilotada eléctricamente y un cilindro neumático de doble efecto. Cuando existe presión de aire a la entrada y la bobina de la válvula no es excitada, el vástago del cilindro permanece retraído. Al generarse una secuencia automática o en su defecto cuando se acciona de modo manual el actuador, los terminales de la bobina reciben tensión eléctrica, lo que provoca que los componentes internos de la válvula se desplacen generando un cambio en el sentido del flujo del aire comprimido y haciendo que el

vástago quede extendido. Dada la disposición vertical del cilindro los estados retraído y extendido corresponderían a las posiciones arriba y abajo de la matriz respectivamente.

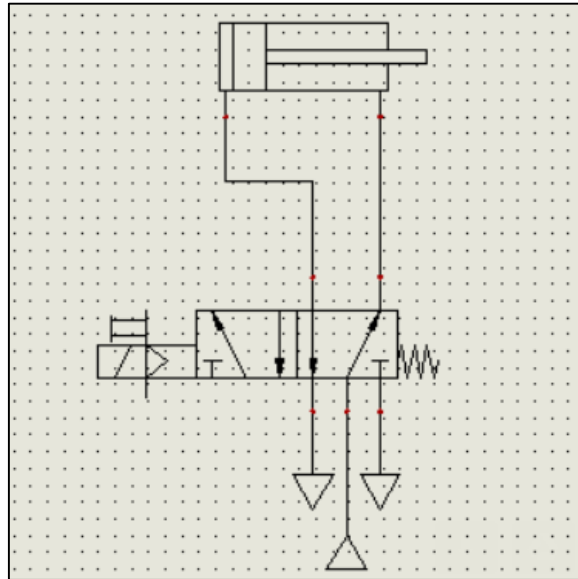


Figura 41-3: Esquema del circuito neumático

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

3.13.2 Circuito de control del sistema

En el esquema se muestra la conexión de los pulsadores asociados a las entradas digitales del automático, estos al ser accionados conducen una tensión de 24Vdc hacia los terminales de entrada, haciendo que se desencadene la acción correspondiente determinada por el programa de usuario previamente cargado en la memoria del controlador.

Por su parte a las salidas se conectan las luces piloto, la bobina de la electroválvula y la bobina del contactor que comanda la resistencia de calentamiento. Cada salida de relé dispone de dos terminales de conexión, uno lleva conectado el conductor con el potencial que se desee transmitir en dependencia de la tensión a la que trabaje la carga a accionar y el otro terminal se conecta directamente hacia la carga. Estos actuadores modificarán su estado de encendido a apagado o viceversa en función del estado de las variables de proceso.

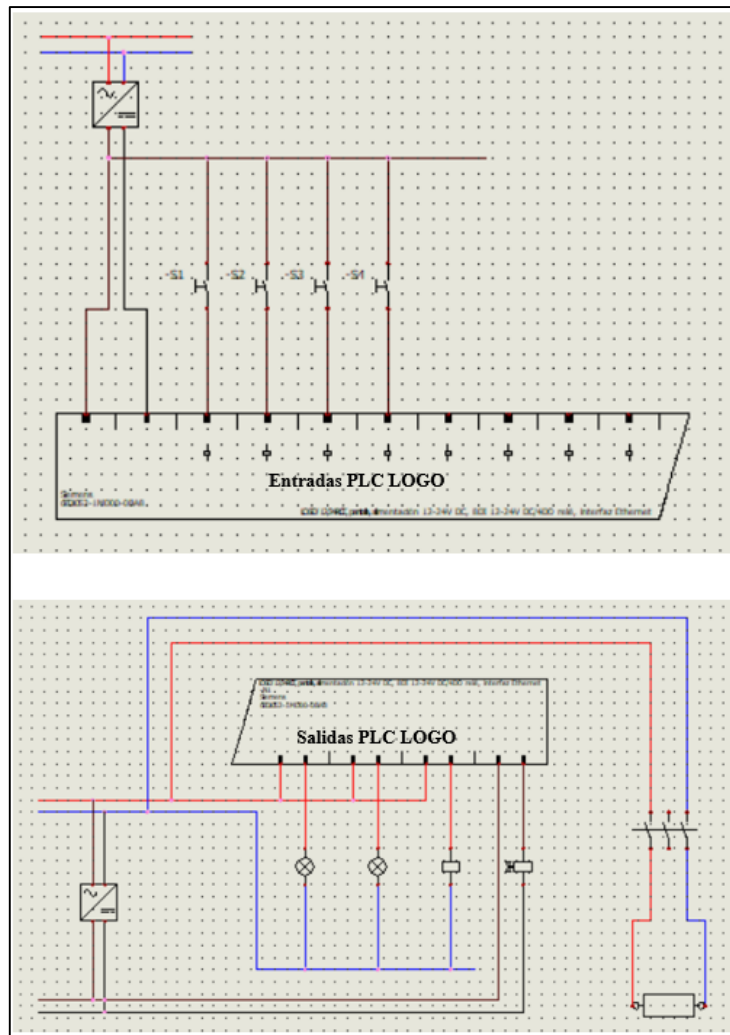


Figura 42-3: Esquema de entradas y salidas del PLC LOGO.

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

3.13.3 Circuito de control de temperatura

El controlador lleva asociado un módulo de expansión que cuenta con dos entradas analógicas que pueden ser usadas para conectar sensores pt100. Este tipo de detector varía su resistencia eléctrica en función de la temperatura. El módulo se encarga del acondicionamiento de la señal recibida y su posterior conversión a variables interpretables por el autómata.

Mediante el panel de control incorporado en el PLC se ingresa la consigna de temperatura, una vez establecido este valor, el autómata añade y resta cierta cantidad a este dato de modo que se crea una banda de histéresis, la cual servirá para hacer la comparación de la temperatura detectada con la deseada, si el valor de la temperatura medida es menor que la el límite inferior de la banda de histéresis entonces se activa la salida que corresponde al accionamiento de la resistencia eléctrica, por el contrario, si el valor detectado excede el límite superior de banda la salida se

desactiva. De este modo se consigue que la temperatura se mantenga dentro del rango de operación adecuado para los diferentes tipos de materiales utilizados.

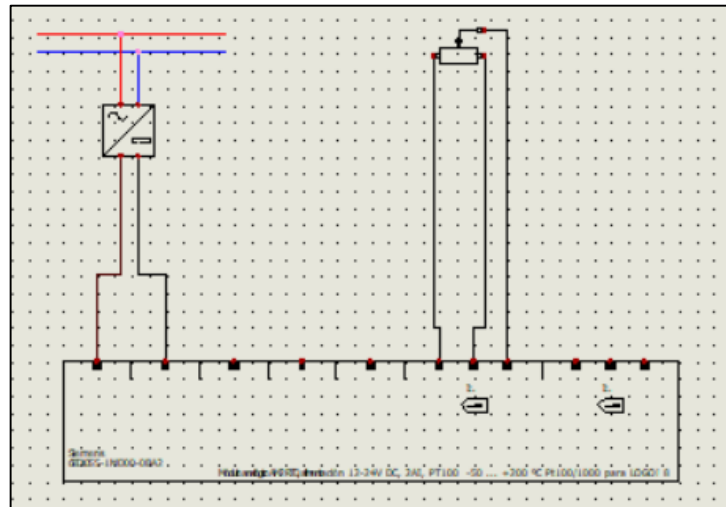


Figura 43-3: Circuito de control de temperatura

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

3.14 Método constructivo.

A continuación, realizaremos una breve descripción acerca de la construcción y su posterior montaje de la máquina para hacer platos biodegradables a partir de biomasa, siguiendo una serie de procesos realizados para cada elemento, utilizando materiales, equipos y herramientas adecuadas para adquirir su optimización de recursos.



Figura 44-3: Construcción de la máquina

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

3.14.1 Construcción de la máquina

Para la construcción de la máquina para hacer platos biodegradables se utilizaron las siguientes máquinas y herramientas.

Tabla 21-3: Máquinas y herramientas utilizadas

Máquinas	Herramientas
Torno convencional	Calibrador pie de rey
Torno CNC	Flexómetro
Fresadora	Amoladora
Soldadora de arco eléctrico	Machuelos
Taladro de banco	Disco de corte
Compresor	Cuchillas
Alesadora	Juego de llaves
Bruñidora	Brocas
	Limatón
	Martillo
	Insertos
	Porta herramientas
	Fresas
	Micrómetro
	Pirómetro óptico
	Cabezal alezador

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

3.14.1.1 Componentes y tiempos de construcción de la máquina

En la tabla 22-3 se muestra la lista de materiales y tiempos de construcción clasificados por sistemas que conforman la máquina para hacer platos biodegradables.

Tabla 22-3: Materiales y tiempos de construcción del equipo.

Sistema	Elementos	N.º	Operaciones	Tiempo (min)	Cantidad de elementos	Tiempo total (min)
Estructural	Bastidor	1	Toma de medidas	30	1	1450
		2	Corte	90	1	
		3	Pre soldado	90	1	
		4	Verificación de medidas	20	1	
		5	Soldado	480	1	
		6	Pulido	180	1	
		7	Pintado	560	1	
	Base del cilindro neumático	8	Toma de medidas	8	1	106
		9	Corte	30	1	
		10	Pre soldado	5	1	
		11	Verificación de medidas	3	1	
		12	Soldado	10	1	
		13	Pulido	5	1	
		14	Pintado	5	1	
		15	Taladrado de agujeros	10	4	
Neumático	Cilindro neumático	16	Armado	5	1	5
	Tuberías de aire	17	Armado	5	2	10
	Acoples de entrada y salida	18	Armado	5	2	10
Matricería	Ejes guías	19	Toma de medidas	5	2	280
		20	Corte	5	2	

Tabla 22-3: (Continuación) Materiales y tiempos de construcción del equipo.

		21	Refrentado de caras	10	2	
		22	Torneado	90	2	
		23	Taladrado de agujeros	10	2	
		24	Machueliado	20	2	
	Tope roscado	25	Toma de medidas	2	2	364
		26	Cilindrado	60	2	
		27	Fresado	60	2	
		28	Roscado	60	2	
	Rodamientos de palillos	29	Armado	1	2	2
	Bocines roscados 1	30	Toma de medidas	15	2	630
		31	Corte	10	2	
		32	Refrentado de caras	10	2	
		33	Torneado	190	2	
		34	Roscado	120	2	
	Anillos sujetadores	35	Toma de medidas	5	4	240
		36	Corte	5	4	
37		Refrentado	10	4		
38		Torneado	20	4		
39		Roscado	20	4		
Bocines roscados 2	40	Toma de medidas	15	2	970	
	41	Corte	10	2		
	42	Torneado	190	2		
	43	refrentado	10	2		

Tabla 22-3: (Continuación) Materiales y tiempos de construcción del equipo.

		44	Roscado	120	2		
		45	taladrado	60	2		
		46	Machuelo	90	2		
	Placa superior		47	Toma de medidas	20	2	2920
			48	Corte	30	2	
			49	Bruñido	420	2	
			50	Alesado de orificios	960	2	
			51	Verificación de medidas	10	2	
			52	Pintado	20	2	
	Placa inferior		53	Toma de medidas	20	2	2280
			54	Corte	30	2	
			55	Bruñido	210	2	
56			Alesado de orificios	860	2		
57			Verificación de medidas	10	2		
58			Pintado	10	2		
Prensado y Corte	Matriz macho	59	Toma de medidas	20	2	480	
		60	Torneado	30	2		
		61	mecanizado	90	2		
		62	Roscado	20	2		
		63	Taladrado	20	4		
		64	Machueliado	20	4		
	Matriz hembra		65	Toma de medidas	20	2	480
			66	Torneado	30	2	

Tabla 22-3: (Continuación) Materiales y tiempos de construcción del equipo.

		67	mecanizado	90	2	
		68	Roscado	20	2	
		69	Taladrado	20	4	
		70	Machueliado	20	4	
	Resistencias planas	71	Armado	2	4	8
	Aros de protección	72	Toma de medidas	2	2	84
		73	Corte	5	2	
		74	perforado	10	6	
		75	Pintado	5	2	
Eléctrico	Circuito de potencia y control	76	Armado y programación	480	1	480
					Total	10799

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

3.14.1.2 Diagrama de flujo de construcción.

A continuación, se presenta la secuencia de la construcción que tuvieron los sistemas: estructural, neumático, matricería, prensado y corte, eléctrico que conforma la máquina para hacer platos biodegradables.

Sistema estructural.

En los siguientes flujogramas muestran el proceso de construcción del sistema estructural y su forma terminada.

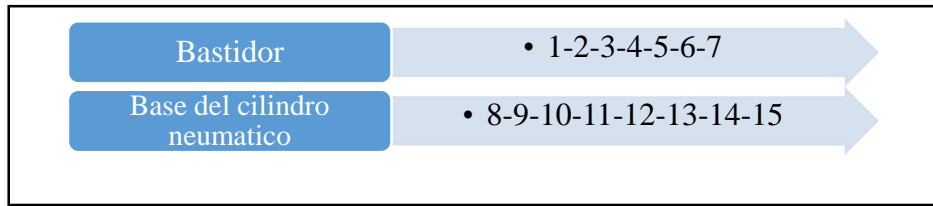


Gráfico 4-3: Flujograma del proceso de construcción del sistema estructural

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

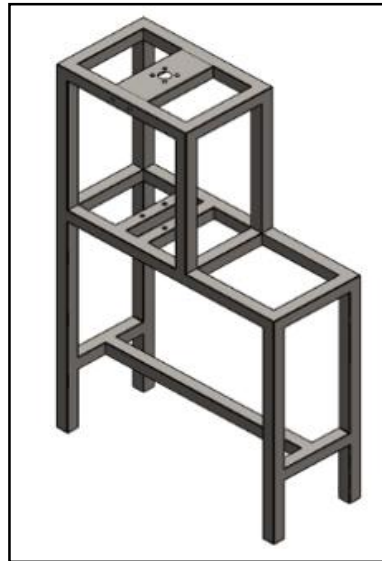


Figura 45-3: a) Estructura de la máquina, b) Construcción de la estructura

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Sistema Neumático

En el siguiente flujograma se muestra el sistema de accionamiento neumático de la máquina, el modelado en SolidWorks y también la forma real del sistema se puede ver en las siguientes figuras.

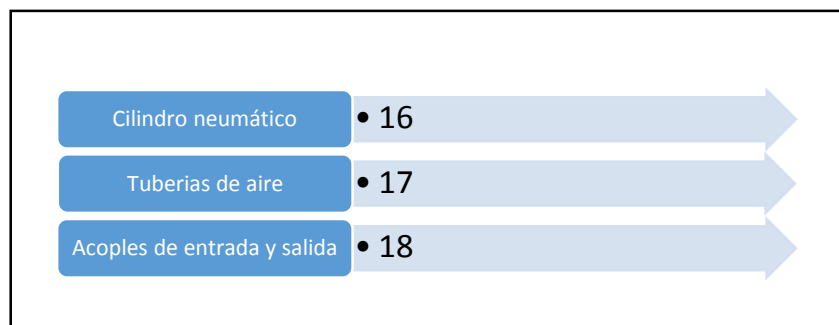


Gráfico 5-3: Flujograma del sistema neumático

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

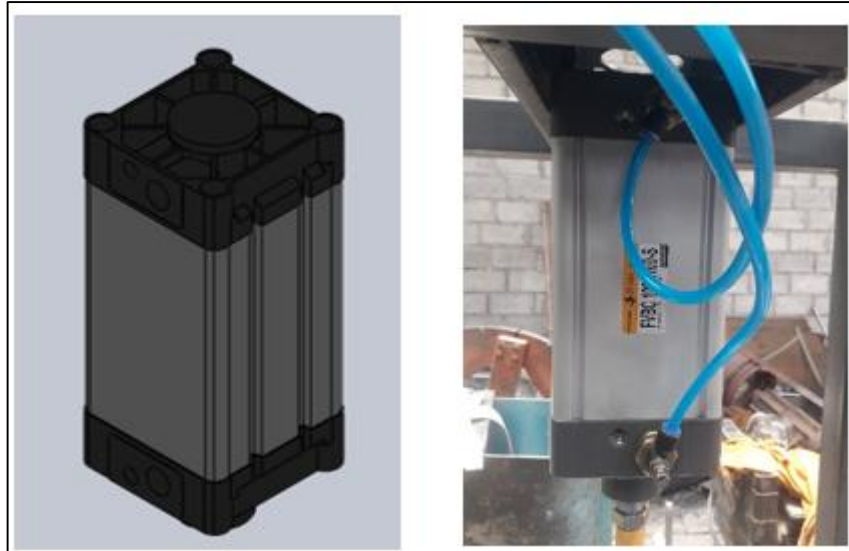


Figura 46-3: a) Sistema neumático de la máquina, b) Construcción del sistema neumático

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Sistema de Matricería

En el siguiente flujograma se muestran el proceso de construcción del sistema matricero de la máquina, con sus respectivos gráficos en SolidWorks y su forma terminada.

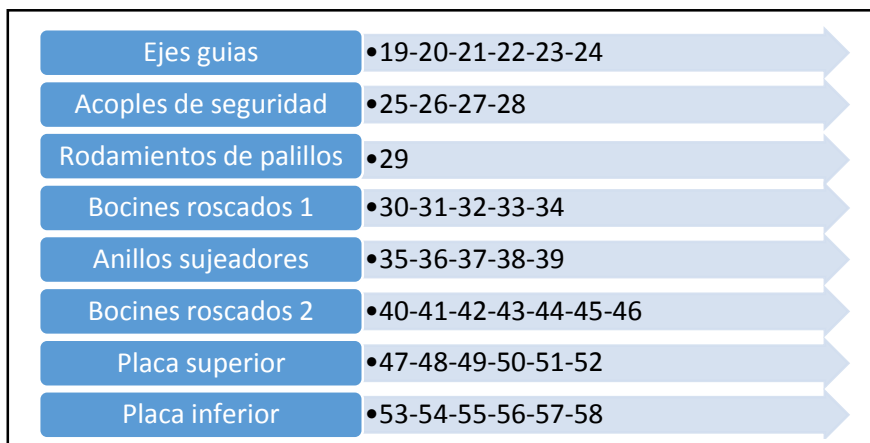


Gráfico 6-3: Flujograma del sistema matricero

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

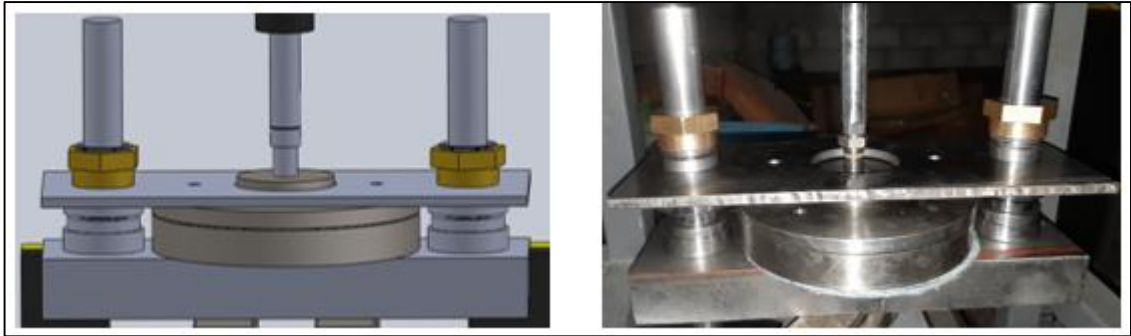


Figura 47-3: a) Esquema del sistema de matriceria, b) Construcción del sistema matricero

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Sistema de Prensado y Corte

Las siguientes ilustraciones indican el proceso de construcción del Sistema de Prensado y Corte de la máquina, así también el modelado y su representación gráfica una vez terminado su construcción.

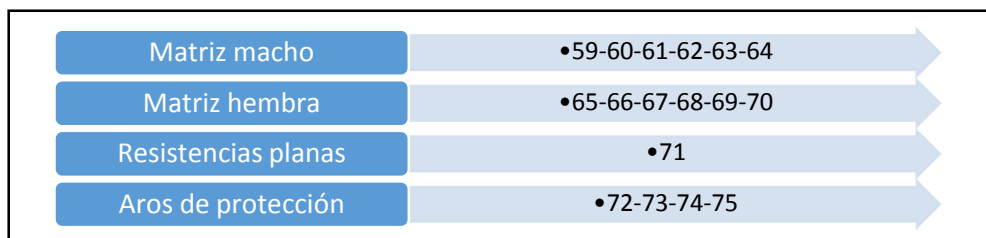


Gráfico 7-3: Flujoograma utilizado en la construcción del sistema de prensado y corte

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

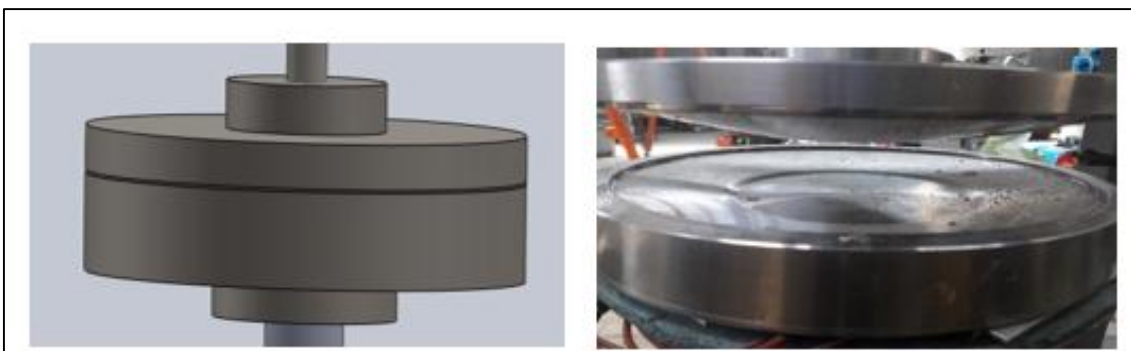


Figura 48-3: a) Esquema del sistema de prensado y corte, b) Construcción del sistema de prensado y corte

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

3.14.1.3 Montaje de la máquina para hacer platos biodegradables

Para el proceso de montaje de cada uno de los sistemas, en la tabla 23-3 se detalla el tiempo empleado y las operaciones que se hizo para su posterior ensamble total de la máquina.

Tabla 23-3: Tiempos empleados en el montaje del equipo

Sistema	Operaciones	Símbolo	Tiempo (min)
Estructural	Montaje del bastidor	M1	20
	Montaje de la base del cilindro neumático	M2	10
Neumático	Montaje del cilindro neumático, tuberías y acoples	M3	5
Matricería	Montaje de los ejes guías	M4	10
	Montaje de los topes roscados	M5	3
	Montaje de los rodamientos de palillos	M6	2
	Montaje de los bocines roscados 1	M7	2
	Montaje de los anillos sujetadores	M8	2
	Montaje de los bocines roscados 2	M9	2
	Montaje de la placa superior	M10	2
	Montaje de la placa inferior	M11	2
Prensado y Corte	Montaje de la matriz macho	M12	5
	Montaje de la matriz hembra	M13	5
	Montaje de las resistencias planas	M14	2
	Montaje de los aros de protección	M15	2
Eléctrico	Montaje del armado y programación	M16	20
		Total	94

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

En el siguiente flujograma se detalla de una manera más visual todos los procesos que se utilizó para el montaje de la máquina.

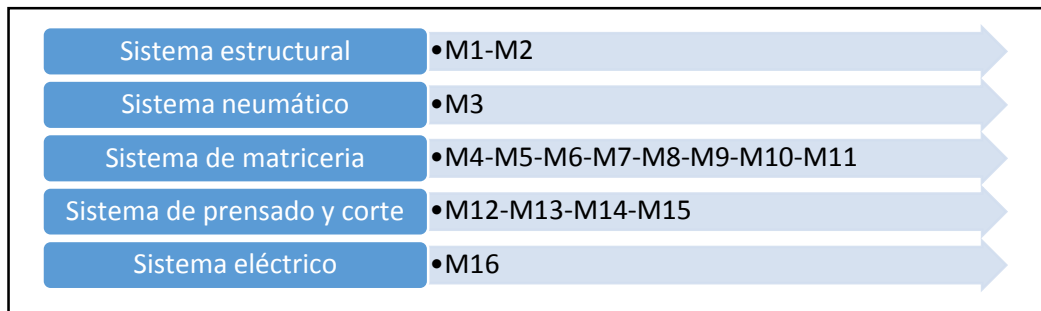


Gráfico 8-3: Flujograma del proceso de montaje

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

En la tabla 24-3 se indican los tiempos totales en minutos, empleados en la construcción y montaje de la máquina para hacer platos biodegradables.

Tabla 24-3: Tiempo empleado en la construcción y montaje

Descripción del proceso	Tiempo (min)	Tiempo (horas)
Etapa de construcción	10799	179.98
Etapa de montaje	94	1.56
Total	10893	181.54

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

El tiempo empleado para que la máquina entre en funcionamiento es de 10893 minutos, lo cual transformado a una jornada laboral de ocho horas diarias nos da como resultado en un mes, 2 días, 5 horas y 54 minutos que aproximadamente se puede realizar un mes y 3 días.

3.15 Manual de operación y mantenimiento para la máquina de hacer platos biodegradables con biomasa.

En el manual de operación el objetivo es dar a conocer las características y funcionamiento de la máquina, como un correcto mantenimiento preventivo para en un futuro que la máquina no sufra daños ni paradas indeseadas.

3.15.1 Manual para la operación de la máquina

El manual de operación de la máquina ayuda y facilita al operador a una correcta manipulación del funcionamiento del equipo y además nos permite tomar las medidas de precaución necesarias cuando el equipo se encuentre en funcionamiento.

En la tabla 25-3 se indican las características principales de la máquina para hacer platos biodegradables con biomasa.

Tabla 25-3: Características de la máquina

MAQUINA DE HACER PLATOS BIODEGRADABLES CON BIOMASA			
Características Generales	Alto		1,55 m
	Ancho		0,4 m
	Largo		1 m
	Peso		105Kg
	Material	Estructura	Tubo estructural cuadrado A36
Sistema de prensado y corte		Acero inox. 304L	
Características Técnicas	Capacidad aprox. de producción	60 platos/hora	
	Cilindro Neumático	0,1-1 MPa	
	Voltaje	110 V	

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

3.15.2 Requisitos de instalación de la máquina

Este equipo requiere del cumplimiento de varios parámetros para obtener un correcto funcionamiento. Los cuales se detalla a continuación.

- Colocar la máquina en una superficie plana, para que la estructura de la máquina quede nivelada.
- Suministro de corriente 110V monofásico.
- Contar con un espacio óptimo para un correcto desempeño del operario.
- Se recomienda el uso de la máquina en un ambiente adecuado con el fin de precautelar los equipos eléctricos.

3.15.3 Directrices de funcionamiento

Antes del encendido de la máquina, se debe tomar en cuenta los siguientes parámetros:

- Verificar que no exista ningún tipo de desnivel entre la máquina y la superficie sobre la cual se encuentra instalada.
- Revisar que todos los componentes que conforman nuestra máquina se encuentren limpios y sin ningún tipo de residuos que pueda afectar en el funcionamiento del equipo.
- Revisar que las conexiones de las resistencias de calentamiento se encuentren conectadas correctamente.
- Revisar que los ejes guías se encuentren lubricados.
- Verificar que los interruptores que se encuentran ubicados en el panel de control de la máquina se encuentren apagados.

Una vez que se ha revisado y comprobado las indicaciones antes mencionadas, se procede a iniciar el proceso de fabricación de los platos biodegradables de la siguiente forma:

- 1) Conectar a la máquina a una fuente de energía eléctrica.
- 2) Conectar el compresor a una fuente de energía eléctrica.
- 3) Conectar el compresor al sistema neumático de la máquina.
- 4) Encender el compresor para su carga requerida por el cilindro neumático
- 5) Encender la máquina utilizando el control ON que se encuentra en el panel de control.
- 6) Espere un lapso de tiempo de 20 minutos para el calentamiento de las matrices.
- 7) Colocar la biomasa en la matriz inferior para su posterior termoformado del plato.
- 8) Presionar las botoneras de arranque del avance del cilindro neumático.
- 9) Esperar el tiempo requerido del prensado para la obtención del plato.
- 10) Retirar el plato de la matriz inferior.



Figura 49-3: Inicio del procesado del plato

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

3.16 Manual de Mantenimiento de la Máquina

Un manual de mantenimiento viene relacionado con el buen desempeño de la máquina, ya que con el pasar del tiempo debido a su trabajo realizado los elementos o sistemas sufren desgastes, averías hasta incluso la parada de la máquina, para esto presentamos un plan de mantenimiento que nos ayudara a preservar y mantener la máquina en condiciones óptimas sin presentar fallo alguno.

Tabla 26-3: Manual de mantenimiento

Plan de mantenimiento preventivo de la máquina para hacer platos biodegradables				
Actividad	Realizó	Frecuencia	Periodo	Observaciones
Limpiar	Operario	Diario	10 min	Limpiar las matrices y secar con trapo
Lubricar ejes guías	Operario	Diario	3 min	Limpiar antes de lubricar
Lubricar el vástago del cilindro	Operario	Semanal	1 min	Estar la superficie limpia
Verificar y ajustar los topes roscados	Operario	Diario	1 min	Utilizar la herramienta adecuada

Tabla 26-3: (Continuación) Manual de mantenimiento

Verificar y ajustar las tuberías de aire	Operario	Semanal	2 min	Trabajar con presiones adecuadas
Revisar y ajustar pernos de sujeción de la matriz superior	Operario	Semanal	2 min	Utilizar la llave adecuada
Revisar el compresor	Operario	Anual	20 min	Limpiar el polvo, cambiar el filtro
Revisar el circuito eléctrico	Técnico	Quimestral	20 min	Revisar terminales de entrada y salida

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

3.16.1 Limpieza del equipo

Una vez terminado de realizar el trabajo dejar la máquina en condiciones óptimas libre de cualquier impureza que exista en el transcurso de operación, para ello hemos realizado una serie de pasos que se detallan a continuación.

- 1) Desconectar la máquina de la fuente de suministro.
- 2) Enrollar los cables de conexión del tablero de control y del compresor de aire.
- 3) Limpiar la matriz superior e inferior con un cepillo de cerdas suaves e ir retirando los residuos acumulados en dicha matriz.
- 4) Limpiar el panel de control y la estructura con una franela limpia y húmeda.

3.16.2 Medidas de prevención.

Es muy importante tener en cuenta que al manipular la máquina estamos corriendo el riesgo de que suframos algún tipo de accidente físico, para la seguridad del operario hemos decidido tomar en cuenta los siguientes parámetros:

- No colocar las manos sobre la matriz inferior durante el funcionamiento de la máquina.
- Colocar las manos sobre los pulsadores de avance del cilindro neumático durante la ejecución.
- No topar las resistencias mientras este caliente, porque se podría sufrir algún tipo de quemadura.

3.17 Análisis de costos.

El objetivo es describir detalladamente los gastos económicos que se necesitaron para la construcción de la máquina, incluyendo mano de obra, maquinaria utilizada y el tiempo de ingeniería para su diseño.

3.17.1 Costo directo.

El costo directo para la construcción de la maquina se refiere a la compra de los materiales mecánicos como eléctricos, así también el costo de la mano de obra para su construcción.

3.17.1.1 Materiales

Tabla 27-3: Costos materiales mecánicos

Ítem	Materiales mecánicos	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total(usd)
1	Tubo estructural cuadrado 2in x 3mm. Longitud total: 6 m	2,5	15,50	38,75
2	Acero 303	4	350,00	1400
3	Plancha de acero AISI 1045 de 20 mm de espesor	35mmx20mm	38,00	38,00
4	Perfil estructural ASTM A36	1	15,00	15,00

Tabla 27-3: (Continuación) Costos materiales mecánicos

5	Barra de acero al carbono AISI 1045	0,5	25,00	25,00
6	Bocines	4	10,00	40,00
7	Tope roscado	2	25,00	50,00
8	Pernos	8	1,00	8,00
9	Rodamientos	2	5,00	5,00
10	Anillos sujetadores	4	12	48
SUBTOTAL 1				1619,75

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Tabla 28-3: Costo material eléctrico

Ítem	Materiales eléctricos	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total(usd)
1	Cilindro ISO SE D50mm	1	230	230
2	Logo 8 12/24RC 12/24VDC 4D1/4DO(RLY)	1	166,61	166,61
3	Resistencias planas	4	28	112
4	Termocupla 300 °C PT 100, c/resorte	2	44,19	88,38
5	Silenciador bronce sinterizado 1/8	2	0,80	1,60
6	Racor recto 1/4 x 6mm	3	1,25	3,75
7	Electro válvula 5/2-1/4, MO, 110 VAC	1	38,89	38,89
8	Regulador de flujo 3/8 x 6mm DE	2	7,54	15,08

Tabla 28-3: (Continuación) Costo material eléctrico

9	Pulsador 22mm monoblock CSC rojo 1NC	1	0,73	0,73
10	Pulsador 22mm monoblock CSC verde 1NA	1	0,73	0,73
11	Gabinete metálico liviano BEAUC 300x200x150mm	1	19,52	19,52
12	Pulsador 22mm MET hongo 40 mm CSC GIRC rojo	1	2,16	2,16
13	Luz 22mm LED CSC verde 110 V	1	1,37	1,37
14	Luz 22mm LED CSC roja 110 V	1	1,24	1,24
15	Interruptor 3P DIX para candado 20ª on off	1	7,70	7,70
16	Contactador LS MC_18b 5HP 4,5 KW 110 VAC	1	19,04	19,04
17	Torre de emergencia CSC 70mm DIA 3 pisos roja, amarilla, verde	1	25,05	25,05
18	Terminal puntera simple 18 amarilla (1U)	100	0,01	1,63
19	Cable flexible centelsa TFF 18 AWG blanco	3	0,16	0,48
20	Cable flexible centelsa TFF 18 AWG negro	3	0,16	0,48
21	Cable flexible centelsa TFF 18 AWG amarillo	3	0,16	0,48

Tabla 28-3: (Continuación) Costo material eléctrico

22	Cable flexible centelsa TFF 18 AWG azul	3	0,16	0,48
23	Horquilla cilindro ISO SE 50mm	2	13,93	13,93
24	Terminal puntera simple 16 rojo (1U)	100	0,01	1,70
25	Breaker riel CSC 1P 2A	1	3,02	3,02
26	Pivote cilindro ISO SE 50 mm	2	16,55	33,10
27	MOD expansión logo AM2 RTD 12/24 VDC	1	118,56	158,56
SUBTOTAL 2				947,71

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

3.17.1.2 Mano de obra

En el costo de mano de obra se toma en cuenta la construcción de cada uno de los elementos de la máquina, el desplazamiento de los materiales al lugar de trabajo y los costos de máquina herramientas y de los operarios.

Tabla 29-3: Costo de mano de obra

Cantidad	Descripción	Días-Hombre	USD/día	Valor total (USD)
1	Maestro Mecánico	23	30	690,00
SUBTOTAL 3				690,00

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Tabla 30-3: Costo directo total

Descripción	Costo USD
Subtotal 1	1619,75
Subtotal 2	947,71
Subtotal 3	690,00
TOTAL	3257,46

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

3.17.2 Costos indirectos.

En los costó indirecto se refiere al tiempo empleado para el diseño de la máquina.

3.17.2.1 Costos de ingeniería.

Se debe tomar en cuenta el tiempo empleado para el diseño de la máquina fue de 60 horas, esto representa esto representa 7,5 días de trabajo, y el valor por cada hora de trabajo de un ingeniero es de 10 dólares por lo tanto tenemos como resultado \$600.

3.17.2.2 Costo total debido a costos indirectos.

Tabla 31-3: Costo indirecto total

Costos indirectos	Valor total (usd)
Costos de ingeniería	600,00
Utilidad	0
TOTAL	600,00

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

3.17.3 Costo total de la máquina para hacer platos biodegradables.

El costo total para la construcción de la maquina será la sumatoria de los costos directos y de los costos indirectos

Tabla 32-3: Costo total de la máquina para la fabricación de platos biodegradables

Descripción	Valor total (usd)
Costos directos	3257,46
Costos indirectos	600,00
TOTAL	3857,46

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

El costo total de la máquina de platos biodegradables es de 3857,46 dólares americanos.

3.18 Costo de producción por unidad del plato.

La máquina idealmente va a producir 1 unidad en 60 segundos, dando así una producción mensual de 9600 platos, en la mano de obra se va a contratar un operario a tiempo completo, a continuación, se presentan costos de producción de los platos de material compuesto.

Tabla 33-3: Cantidad de materia prima para la elaboración de 9600 platos

Ingredientes	Cantidad (1 plato)	Cantidad (9600 platos)
Salvado de trigo	0,025 Kg	240 Kg
Celulosa	0,010 Kg	96 Kg
Aserrín	0,010 Kg	96 Kg
Agua	0,5 lt	4800 lt

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Tabla 34-3: Costo de los ingredientes

Ingredientes	Cantidad	Costos (\$)	Costo para la cantidad (9600 platos) (\$)
Salvado de trigo	50 Kg	30	144
Celulosa	50 Kg	10	19,2
Aserrín	50 Kg	2	3,84
Agua	4800 lt	10	10
		Costo total	177,04

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Tabla 35-3: Costos operativos para la elaboración de 9600 platos

Costos operativos para la elaboración de 9600 platos			
Descripción	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
Materia prima	9600		177,04
Mano de obra	1	450	450
Servicios básicos	1	130	130
Transporte	1	10	10
Arriendo	1	200	200
Equipo	1	3857,46	3857,46
		Total	4824,5

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

El precio total para fabricar 9600 platos mensualmente es de \$ 967,04

$$\left(\frac{\$ 4824,5}{9600} \right) = \$ 0,502$$

La fabricación de un plato biodegradable de material compuesto es de \$ 0,502. A este valor sacando el 12% del IVA el precio sube a \$ 0,56.

El valor del precio calculado para la biomasa del material compuesto sirve como referencia para el precio de las demás biomásas.

CAPITULO IV

4 PRUEBAS Y RESULTADOS

Los materiales utilizados en la construcción de la máquina para fabricar platos desechables biodegradables han sido totalmente detallados durante la fase de diseño, se tomó en cuenta las especificaciones técnicas y recomendaciones necesarias de materiales que son aptos para la fabricación y manejo de platos para el expendio de productos alimenticios.

En cuanto a la materia prima para la fabricación de estos platos, se utilizó la palma de yagua, las hojas de caña guadua, material compuesto y hojas de plátano.

4.1 Pruebas

Las pruebas efectuadas en la máquina para la fabricación de platos biodegradables tuvieron como principal objetivo demostrar la eficiencia del diseño realizado e identificar algún error de funcionamiento del equipo para su posterior corrección. Para evaluar la efectividad del funcionamiento de la máquina se realizaron pruebas que tenían como variable de salida la temperatura óptima, el tiempo de prensado y la efectividad del conformado del plato, es decir que los platos tengan una buena compactación y un acabado superficial adecuado. También se puede observar el probable daño causado a la biomasa por efecto de la fuerza de prensado o la temperatura.


4.2 Discusiones de los resultados

Los resultados obtenidos son satisfactorios tanto en el diseño y construcción de la máquina, así como también en el conformado de los platos. Los parámetros evaluados con las diferentes biomásas evidencian ciertas características propias de cada material, las mismas que se detalla a continuación haciendo un breve análisis de comparación luego de la fase de pruebas.

4.2.1 Plato biodegradable de hoja de plátano

Para el desarrollo de pruebas con hojas de plátano se realizó algunos ensayos, modificando varios parámetros como la temperatura que se varió desde 60°C hasta 90°C, el tiempo de prensado desde 15 segundos hasta 1min, estos parámetros fueron tan fundamentales en el conformado del plato ya que si dejamos mucho tiempo o la temperatura es muy alta la hoja tiende a quemarse. Después de cinco ensayos se determinó las características óptimas que debe tener para el proceso de conformado del plato:

Tabla 1-4: Características óptimas para el conformado del plato de hojas de plátano

Características óptimas para el conformado del plato					
Biomasa	Presión de prensado [Psi]	Temperatura de prensado [°C]	Tiempo de prensado [s]	Tiempo de degradación [días]	Resultados
Hoja de plátano	80	90°	20	30	

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019



Figura 1-4: Platos biodegradables con hojas de plátano

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Los platos biodegradables de hojas de plátano se pueden utilizar para lo siguiente:

Tabla 2-4: Condiciones de uso de los platos biodegradables de hojas de plátano

Condiciones de uso	Apto para:
Temperatura ambiente	Frutas Confitería Postres Alimentos sólidos y líquidos

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Ventajas y desventajas de los platos biodegradables de hojas de plátano:

Tabla 3-4: Ventajas y desventajas de los platos biodegradables de hojas de plátano

Ventajas	Desventajas
Biodegradable Compostable Impermeable Fácil obtención de materia prima Fácil moldeabilidad Rápida degradación	No apto a temperaturas altas Poseen poca resistencia


Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

4.2.2 Plato biodegradable de material compuesto

Para el desarrollo de pruebas con el material compuesto se realizó algunos ensayos, modificando varios parámetros como la temperatura que se varió desde 60°C hasta 100°C, el tiempo de prensado desde 15 segundos hasta 1min, estos parámetros fueron tan fundamentales en el conformado del plato ya que si dejamos mucho tiempo o la temperatura es muy alta tiende a secarse la masa sin obtener la forma adecuada. Después de cinco ensayos aproximadamente se determinó las características óptimas que debe tener para el proceso de conformado del plato:

Tabla 4-4: Características óptimas para el conformado del plato de material compuesto

Características óptimas para el conformado del plato					
Biomasa	Presión de prensado [Psi]	Temperatura de prensado [°C]	Tiempo de prensado [s]	Tiempo de degradación [días]	Resultados
Material compuesto	80	100°	40	90	

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019



Figura 2-4: Platos biodegradables con material compuesto

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Los platos biodegradables de material compuesto se pueden utilizar para lo siguiente:

Tabla 5-4: Condiciones de uso de los platos biodegradables de material compuesto

Condiciones de uso	Apto para:
Temperatura ambiente	Bocaditos Confitería Alimentos sólidos

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Ventajas y desventajas de los platos biodegradables de material compuesto:

Tabla 6-4: Ventajas y desventajas de los platos biodegradables de material compuesto

Ventajas	Desventajas
Biodegradable Compostable Resistente Fácil moldeabilidad Fácil de conseguir la materia prima	No reutilizable No apto para líquidos


Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

4.2.3 Plato biodegradable de la corteza de la caña guadua

Para el desarrollo de pruebas con la corteza de caña guadua se realizó algunos ensayos, modificando varios parámetros como la temperatura que se varió desde 60°C hasta 120°C, el tiempo de prensado desde 15 segundos hasta 1min, estos parámetros fueron tan fundamentales en el conformado del plato, la temperatura de conformado es muy alta comparada con las otras biomásas debido a que presentan tejidos fibrosos. Después de cinco ensayos aproximadamente se determinó las características óptimas que debe tener para el proceso de conformado del plato:

Tabla 7-4: Características óptimas para el conformado del plato de la corteza de la caña guadua

Características óptimas para el conformado del plato					
Biomasa	Presión de prensado [Psi]	Temperatura de prensado [°C]	Tiempo de prensado [s]	Tiempo de degradación [días]	Resultados
Corteza de la caña guadua	80	110°- 120°	50-60	90	

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019



Figura 3-4. Platos biodegradables con corteza de la caña guadua

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Los platos biodegradables de la corteza de caña guadua se pueden utilizar para lo siguiente:

Tabla 8-4: Condiciones de uso de los platos biodegradables de la corteza de la caña guadua

Condiciones de uso	Apto para:
Microondas	Confitería
Horno	Frutas
	Pasteles
	Helados

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Ventajas y desventajas de los platos biodegradables de la corteza de caña guadua:

Tabla 9-4: Ventajas y desventajas de los platos biodegradables de la corteza de la caña guadua

Ventajas	Desventajas
Biodegradable	Poco resistente
Compostable	
Reutilizable	
Acabado liso	
Fácil de conseguir	
Impermeable	


Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

4.2.4 Plato biodegradable de yagua de palma

Para el desarrollo de pruebas con la yagua de palma se realizó algunos ensayos, modificando varios parámetros como la temperatura que se varió desde 60°C hasta 120°C, el tiempo de prensado desde 30 segundos hasta 90 segundos, estos parámetros fueron tan fundamentales en el conformado del plato, la temperatura de conformado es muy alta comparada con las otras biomásas debido a que presentan tejidos fibrosos. Después de cinco ensayos aproximadamente se determinó las características óptimas que debe tener para el proceso de conformado del plato:

Tabla 10-4: Características óptimas para el conformado del plato de yagua de palma

Características óptimas para el conformado del plato					
Biomasa	Presión de prensado [Psi]	Temperatura de prensado [°C]	Tiempo de prensado [s]	Tiempo de degradación [días]	Resultados
Yagua de palma	80	120°	60-90	90	

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

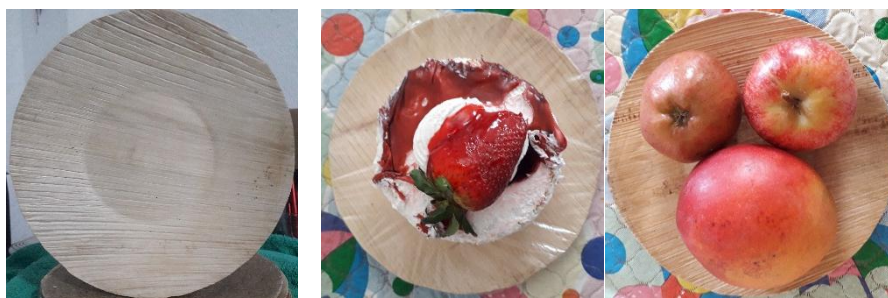


Figura 4-4: Platos biodegradables con yagua de palma

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Los platos biodegradables de la yagua de palma se pueden utilizar para lo siguiente:

Tabla 11-4: Condiciones de uso de los platos biodegradables de yagua de palma

Condiciones de uso	Apto para:
Microondas Horno	Frutas Postres Confitería Helados Alimentos sólidos y líquidos

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Ventajas y desventajas de los platos biodegradables de yagua de palma:

Tabla 12-4: Ventajas y desventajas de los platos biodegradables de yagua de palma

Ventajas	Desventajas
Biodegradable Compostable Reutilizable Resistente Impermeable	Un poco difícil su obtención por el tiempo y transporte

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

4.2.5 Permeabilidad de los platos biodegradables.

Para determinar la permeabilidad se procedió a colocar un volumen de agua determinado en los platos biodegradables de cada biomasa y después de un tiempo determinado se midió el volumen de agua restante en cada plato y así determinamos el porcentaje de permeabilidad de los platos de cada biomasa.

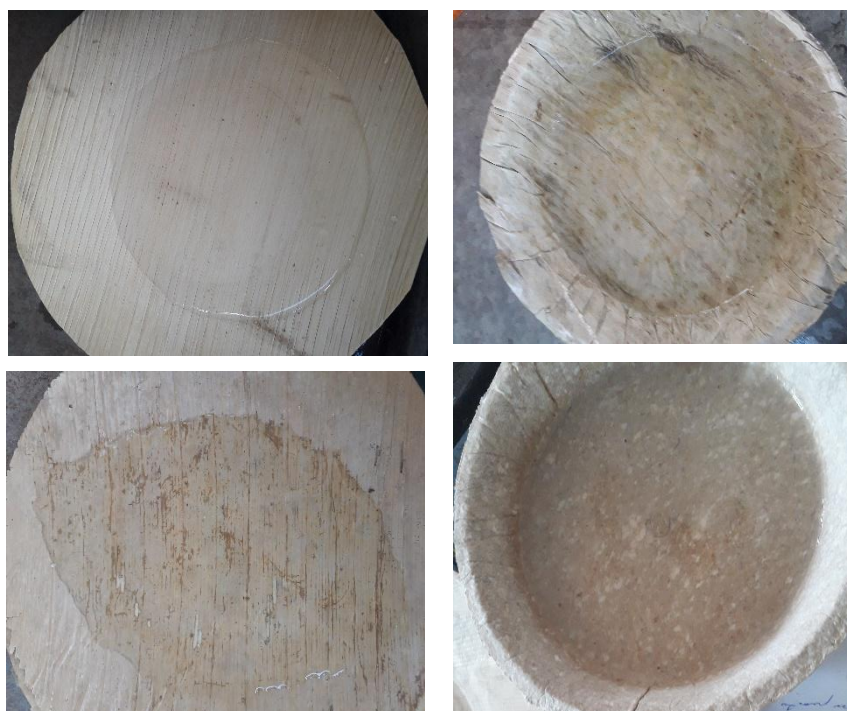


Figura 4-5: Ensayos de impermeabilidad

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Tabla 13-4: Permeabilidad de los platos biodegradables

Yagua de palma			
Tiempos (min)	Volumen inicial (ml)	Volumen final (ml)	Porcentaje de permeabilidad (%)
5	60	60	0
10	60	60	0
15	60	60	0
20	60	60	0
25	60	60	0
30	60	60	0
Hoja de plátano			
Tiempos (min)	Volumen inicial (ml)	Volumen final (ml)	Porcentaje de permeabilidad (%)
5	60	60	0
10	60	60	0
15	60	60	0
20	60	60	0
25	60	60	0
30	60	60	0
Corteza de caña guadua			
Tiempos (min)	Volumen inicial (ml)	Volumen final (ml)	Porcentaje de permeabilidad (%)
5	60	60	0
10	60	60	0
15	60	60	0
20	60	60	0
25	60	60	0
30	60	60	0

Tabla 13-4: (Continuación) Permeabilidad de los platos biodegradables

Material compuesto			
Tiempos (min)	Volumen inicial (ml)	Volumen final (ml)	Porcentaje de permeabilidad (%)
5	60	59,3	1,67
10	60	58,7	2,67
15	60	58	4
20	60	57	5
25	60	55	9
30	60	52	14

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

4.2.6 Resistencia mecánica de los platos biodegradables.

Como sabemos los platos van a estar sometidos a fuerzas normales por lo tanto para calcular la resistencia de los platos se procedió de la siguiente manera: se colocó el plato en una estructura que servía de soporte y una vez ahí se empezaba a colocar pesos en el interior del plato hasta que esta tienda a romperse, obteniendo los siguientes resultados.



Figura 4-6: Ensayos de resistencia

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Tabla 14-4: Peso máximo que soportan los platos biodegradables

Yagua de palma	Hoja de plátano	Corteza de caña guadua	Material compuesto
Peso máx. (lb)	Peso máx. (lb)	Peso máx. (lb)	Peso máx. (lb)
35	2	2,6	20,4

Fuente: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

Realizado por: Segundo Quishpillo y Luis Moreta. 2019

CONCLUSIONES

Al finalizar con el diseño y construcción de la máquina para la fabricación de platos biodegradables se puede concluir con lo siguiente.

- El diseño de los elementos mecánicos de la bancada, soporte de matrices, matrices de prensado, guías de deslizamiento y ejes de sujeción, fueron diseñados con el soporte de teoría científica del diseño en ingeniería mecánica y a su vez verificados mediante una simulación en el software ANSYS obteniendo resultados satisfactorios.
- La selección del equipo neumático permitió alcanzar los requerimientos de carga necesarios para el conformado del plato además el control de tiempo, temperatura fueron óptimos y también son ajustables al tipo de materia prima que se utiliza. Las matrices, ejes y elementos mecánicos adicionales, garantizan la calidad e higiene del producto, bajo la consideración que servirán para almacenar productos alimenticios
- Los platos cien por ciento impermeables son los de yagua de palma, corteza de la caña guadua y hoja de plátano, solo el plato de material compuesto no es permeable ya que a medida que pasa el tiempo pierde el porcentaje de permeabilidad por su composición química.
- El plato con mayor resistencia mecánica a ser deformado es el de la yagua de palma que soporta un peso máximo de 35 lb, seguido por el material compuesto que soporta hasta 22lb.
- Las pruebas realizadas permiten seleccionar la mejor alternativa de materia prima para la obtención de los platos biodegradables. Se llegó a determinar que los platos de yagua de palma, poseen mejor textura, impermeabilidad y mayor resistencia, por lo que pueden ser utilizados para servir alimentos preparados, con la ventaja adicional que pueden reutilizarse.
- Mediante la metodología y los cálculos respectivamente la máquina cumple con los objetivos planteados, eso quiere decir que la máquina funciona a cabalidad.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda una temperatura óptima de 90°C para el prensado de las hojas de plátano como del material compuesto y una presión de 80 psi.
- Para el conformado del plato mediante la corteza de la caña guadua como de la yagua de palma se recomienda una temperatura óptima de 110°C y una presión de 80 psi.
- Para un mejor acabado del plato se recomienda conseguir una máquina cizalladora circular para los bordes del plato, y así lograr una mejor presentación.
- Se deben realizar estudios considerando otras alternativas de biomasa, y para el diseño y construcción de este tipo de máquinas para fabricar platos biodegradables, se recomienda tomar como línea base la metodología planteada en este proyecto.
- Como la máquina construida constituye un prototipo, se recomienda para futuros desarrollos realizar el respectivo análisis y mejora en la parte de la automatización para una mayor producción.
- Se recomienda no tocar las matrices una vez encendida la máquina ya que podría provocar quemaduras por la alta temperatura a la que encuentra.
- Para los materiales de las matrices se recomienda que sean de grado alimenticio, con alta resistencia a elevadas temperaturas así no habrá ningún problema que se corroa o que tienda a oxidarse.

BIBLIOGRAFIA

AGME. prensas electricas agme. [En línea] [Consulta:15 diciembre del 2019]. Disponible en: <http://www.agme.net/es/prensas/prensas-electricas-agme>.

ALBÁN ARBOLEDA, Lourdes Tamara, & ALVIA ALVARADO, Nixon Stick. Diseño de una máquina para fabricar envases biodegradables a partir de especies vegetales. [En línea] (Tesis). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador. 2017. pág. 18. [Consulta: 2019-04-27]. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/128260/D-CD88613.pdf>

Ascamm, F. Teoría de la Embutición. *Fundacion Ascamm. Brunel, J.* [En línea]. [Consulta: 25 abril del 2019]. Disponible en: <http://www.foodnewlatam.com>.

Bamboorganic. Productos desechables biodegradables. [En línea] [Consulta: 15 diciembre del 2019]. Disponible en: <http://www.bamboorganic.com/>.

Bohler. Voestalpine. [En línea] [Consulta: 11 diciembre del 2019]. Disponible en: <https://www.acerosboehler.com.ar/es/M303.php>.

BONIFAZ TIXI, Cristian Fabian, & PALLASCO PAGUAY, Marco Antonio. Diseño y Construcción de una máquina clasificadora de fresas a razón de 100 kg/h. [En línea] (Tesis). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2017. [Consulta: 2019-05-27]. Disponible en: <http://dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6955/1/15T00664.pdf>

Budynas, Richard G. & Nisbett, J. Keith. *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. 8va ed.* México : McGraw-Hill/Interamericana, 2008.

Carlos. Radiación, conducción y convección: tres formas de transferencia de calor. [En línea]. [Consulta: 22 diciembre del 2019]. Disponible en: <https://nergiza.com/radiacion-conduccion-y-conveccion-tres-formas-de-transferencia-de-calor/>.

Cerón, José. *Desarrollo de aspectos metodológicos en el diseño de matrices progresivas.* Santander : Universidad de Cantabria, 2013.

Cruz, Méndez. Curado y preservación de caña guadua seleccionando agentes. [En línea]. [Consulta: 15 diciembre del 2019] . Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/416/1/CURADO%20Y%20PRESERVACION%20DE%20CA%20C3%91A%20GUADUA%20S-ELECCIONANDO%20AGENTES%20Y.pdf>.

ECD. Confidencial digital. [En línea]. [Consulta: 29 diciembre del 2019]. Disponible en: <https://www.elconfidencialdigital.com/articulo/motor/Sabes-funcionan-maquinasneumaticas/20180607135249112787.html>.

EcoInventos. Platos biodegradables hechos con hojas naturales que se descomponen en 28 días. [En línea]. [Consulta: 25 septiembre del 2018]. Disponible en: <https://ecoinventos.com/platos-biodegradables-hechos-con-hojas-naturales/>.

EcoInventos. Platos desechables hecho de hojas. [En línea] [Consulta: 15 diciembre del 2019]. Disponible en: <https://ecoinventos.com/platos-desechables-hechos-de-hojas/>.

Ecompake. Vajilla reusable a base de hojas. 100% libre de químicos, 100% biodegradable. [En línea]. [Consulta: 15 noviembre del 2019]. Disponible en: <https://ecompake.com/>.

EcuRed. Accionador neumático. [En línea]. [Consulta: 10 noviembre del 2019]. Disponible en: https://www.ecured.cu/Accionador_neum%C3%A1tico.

EcuRed. Yagua. [En línea]. [Consulta: 15 noviembre del 2019]. Disponible en: <https://www.ecured.cu/Yagua>.

Eladio. Hojas de platano. [En línea]. [Consulta: 15 noviembre del 2019]. Disponible en: <http://www.frutaseladio.com/es/hoja-de-platano>.

Empaqueverde. SÚMATE! Elige la vida, Juntos podemos devolver vida a la tierra. [En línea]. [Consulta: 15 noviembre del 2019]. Disponible en: <https://www.empaqueverde.com/web/>.

Entrepreneur. Vajilla biodegradable. [En línea]. [Consulta: 24 septiembre del 2019]. Disponible en: <https://www.entrepreneur.com/article/264806>.

Finanzas101. Course Hero. [En línea]. [Consulta: 12 noviembre del 2019]. Disponible en: <https://www.coursehero.com/file/39085471/A1docx/>.

Guzman, Alejandra. Noticias ya. [En línea]. [Consulta: 15 octubre del 2019]. Disponible en: <https://noticiasya.com/2019/08/29/latinos-crean-platos-biodegradables-hechos-con-hojas-de-platano/>.

INFAIMON. Coeficiente de seguridad:Toda una filosofía de diseño. [En línea]. [Consulta: 15 octubre del 2019]. Disponible en: <https://blog.infaimon.com/coeficiente-de-seguridad-filosofia-diseno/>.

Leafpacks. El futuro en una hoja. [En línea]. [Consulta: 15 diciembre del 2019]. Disponible en: <http://leafpacks.com/>.

Mirlisenna, Giuseppe. *Blog ESSS.* [En línea]. [Consulta: 24 diciembre del 2019]. Disponible en: <https://www.esss.co/es/blog/metodo-de-los-elementos-finitos-que-es/>.

NKS. Acero inoxidable 304 y 304L. [En línea]. [Consulta: 11 diciembre del 2019]. Disponible en: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:voQBBk9zm44J:https://nks.com/es/distribuidor-de-acero-inoxidable/acero-inoxidable-304/+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=ec>.

Peguero, Alexandra. Acento. [En línea]. [Consulta: 15 diciembre del 2019]. Disponible en: <https://acento.com.do/2019/ecologia/8726718-green-depot-empresa-dominicana-con-productos-ecologicos-que-preservan-el-medio-ambiente/>.

Perfection Spring & Stamping Corp. Introducción a la matricería. [En línea]. [Consulta: 26 septiembre del 2018]. Disponible en: https://www.matriceriaymoldes.es/recursos/Materias_especificas/Matricer%C3%ADa/Leccion_1.php.

Peru21. Peruanos crean vajillas biodegradables con materiales orgánicos. [En línea]. [Consulta: 15 diciembre del 2019]. Disponible en: <https://peru21.pe/peru/huancayo-crean-vajillas-biodegradables-materiales-organicos-video-nndc-425080-noticia/>.

Procesos. Ingeniería industrial. [En línea]. [Consulta: 11 diciembre del 2019]. Disponible en: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:Uy9FmkYzKYMJ:https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/procesos-industriales/procesos-de-conformado/+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=ec>.

Profepedroz. Materiales más usados en la fabricación de matrices. [En línea]. [Consulta: 11 diciembre del 2019]. Disponible en: <https://bibliografiadecatedra.wordpress.com/2014/08/31/materiales-mas-utilizados-en-la-fabricacion-de-matrices/#content>.

Puomotores. Definición de los sistemas hidráulicos y neumáticos. [En línea]. [Consulta: 29 diciembre del 2019]. Disponible en: <https://www.puomotores.com/13098980/definicion-de-los-sistemas-hidraulicos-y-neumaticos>.

REVELO FLORES, Mariam Gabriela. *Diseño y simulación de una máquina cortadora de patrones.* Quito : Universidad Central del Ecuador, 2017. págs. 30-45.

Reyes, Guatavo. *Cálculo y selección del equipo hidráulico para máquina de compactación de material reciclable.* México D.F : Instituto Politécnico Nacional, 2010.

Riba, Carles. *Diseño concurrente.* Barcelona : Ediciones UPC, 2002. 84-8301-598-6.

Salazar, Bryan. Proceso de doblado. [En línea]. [Consulta: 10 enero del 2019]. Disponible en: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/procesos-industriales/procesos-de-conformado/>.

Salazar, Jorge. *Resistencia de Materiales Básica para estudiantes de Ingeniería.* Manizales : Universidad Nacional de Colombia, 2007. I.S.B.N 978-958-8280-08-0.

Smartgreen. La importancia de saber qué son los platos biodegradables. [En línea]. Consulta: 15 diciembre del 2019]. Disponible en: <https://smartgreen.com.mx/>.

TICbeat. leaf-republic-platos-biodegradables. [En línea]. [Consulta: 15 diciembre del 2019]. Disponible en: <https://www.ticbeat.com/innovacion/leaf-republic-platos-biodegradables/>.

UNE-EN 1672-2:2006+A1:2009. *Maquinaria para proceso de alimentos. Conceptos básicos. Parte 2: Requisitos de higiene.*

Victor. La gran importancia de la física. [En línea]. [Consulta: 29 diciembre del 2019]. Disponible en: <http://victorfem.blogspot.com/2016/09/hidrostatica.html>.