

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA
CENTRÍFUGA, CON UN MECANISMO DE GIRO DE MARCOS
DE 180 GRADOS, PARA LA EXTRACCIÓN DE MIEL DE
ABEJA CON CAPACIDAD DE 20 KG/H**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

**EDGAR LEONARDO BATSON QUISHPE
OSWALDO ISAÍAS TAPE TOPÓN**

**DIRECTOR: ING. BORYS CULQUI
CODIRECTOR: ING. FRANCISCO TERNEUS**

Sangolquí, 20 de julio del 2012

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA CENTRÍFUGA, CON UN MECANISMO DE GIRO DE MARCOS DE 180 GRADOS, PARA LA EXTRACCIÓN DE MIEL DE ABEJA CON CAPACIDAD DE 20 KG/H” fue realizado en su totalidad por los señores Edgar Leonardo Batson Quishpe y Oswaldo Isaías Taípe Topón, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

Ing. Borys Culqui

DIRECTOR

Ing. Francisco Terneus

CODIRECTOR

Sangolquí, 20 de julio del 2012

LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA CENTRÍFUGA, CON UN MECANISMO DE GIRO DE MARCOS DE 180 GRADOS, PARA LA EXTRACCIÓN DE MIEL DE ABEJA CON CAPACIDAD DE 20 KG/H”

ELABORADO POR:

Edgar Leonardo Batson Quishpe

Oswaldo Isaías Taipe Topón

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Ing. Xavier Sánchez

DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Sangolquí, 30 de julio del 2012

DEDICATORIA

Este proyecto es dedicado a mi familia, a mis padres Norma del Rocío y Leonardo Manuel, que con su paciencia, su perseverancia y su apoyo incondicional, me han ayudado a vencer los obstáculos que se presentaron a lo largo de mi vida y lograron junto a mí este objetivo.

EDGAR LEONARDO BATSON QUISHPE

DEDICATORIA

A mis padres, que son un vivo ejemplo de superación a base de esfuerzo sacrificio y honestidad, quienes me han otorgado la fuerza y sabiduría para seguir adelante.

Y a toda mi familia que siempre me brinda todo su apoyo incondicional.

OSWALDO ISAIÁS TAIPE TOPÓN

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la bendición de estar aquí junto a mi familia y poder brindarnos el sueño anhelado de lograr este objetivo y a todas y cada una de las personas que intervinieron en la elaboración del proyecto.

A mi hermana Arlín Batson apoyo incondicional a lo largo de la culminación del proyecto.

EDGAR LEONARDO BATSON QUISHPE

Agradezco al creador por darme la vida junto a mi familia que siempre han sido y serán un ente de apoyo incondicional, a mi novia por impulsarme día a día para lograr mi objetivo y a todas las personas que fueron parte esencial para lograr mi meta, de manera especial al Tecnólogo Darwin Llumiquinga quien compartió sus conocimientos en la elaboración del proyecto.

OSWALDO ISAÍAS TAÍPE TOPÓN

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
LISTA DE ANEXOS	xvi
RESUMEN	xxiii

CAPÍTULO 1 GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. DEFINICIÓN DEL PROYECTO.....	1
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	2
1.3.1. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3.2. IMPORTANCIA	3
1.3. OBJETIVOS	3
1.5. ALCANCE	3

CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO

2.1. GENERALIDADES.....	5
2.1.1. LA MIEL DE ABEJA.....	5
2.1.2. COMPOSICIÓN DE LA MIEL DE ABEJA	5
2.1.2.1. Características físicas de la miel.	6
2.1.2.2. Características químicas de la miel	8
2.1.2.3. Características biológicas de la miel.....	10
2.1.3. FORMACIÓN DE LA MIEL DE ABEJA.	11
2.1.4. PROCESOS DE OBTENCIÓN DE LA MIEL DE ABEJA.....	12
2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE EXTRACCIÓN DE LA MIEL DE ABEJA	14
2.2.1. EXTRACCIÓN POR GRAVEDAD.....	14
2.2.1.1. Ventaja y desventaja	14
2.2.2. EXTRACCIÓN POR APLASTAMIENTO.....	14
2.2.2.1. Ventaja y desventaja	15
2.2.3. EXTRACCIÓN POR FUERZA CENTRÍFUGA	16
2.2.3.1. Ventaja y desventaja	16

2.3.	PROCESOS DE EXTRACCIÓN DE LA MIEL EN EL ECUADOR.....	16
2.3.1.	PROBLEMAS MÁS FRECUENTES EN LA EXTRACCIÓN DE MIEL EN EL ECUADOR	18
2.4.	CENTRIFUGACIÓN	18
2.4.1.	DEFINICIÓN	18
2.4.2.	DEFINICIÓN DE LA FUERZA CENTRÍFUGA	19
2.5.	TIPOS DE EQUIPOS DE CENTRIFUGACIÓN	20
2.5.1.	CENTRÍFUGA DE SEDIMENTACIÓN	20
2.5.2.	CENTRÍFUGAS DE FILTRO.....	20
2.6.	CLASIFICACIÓN DE CENTRIFUGADORAS DE MIEL.....	21
2.6.1.	CENTRIFUGADORA TANGENCIAL.....	21
2.6.2.	CENTRIFUGADORA RADIAL	22
2.6.3.	CENTRIFUGADORA PARALELO-RADIAL	22
2.7.	PARTES Y MATERIALES DE UNA CENTRIFUGADORA.....	23
2.7.1.	PARTES.....	23
2.7.2.	MATERIALES	24
2.7.2.1.	Aceros Inoxidables	24
2.7.2.2.	Acero A 36.....	25
2.7.2.3.	Acero de transmisión	25
2.7.3.	ELEMENTOS DE DISEÑO	26
2.7.3.1.	Transmisión	26
2.7.3.2.	Teoría del esfuerzo cortante máximo	29
2.7.3.3.	Teoría de la energía de distorsión	29
2.7.3.4.	Rodamientos.....	30
2.7.3.5.	Mecanismos.....	30
2.7.3.6.	Motores eléctricos.....	33
 CAPÍTULO 3 ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS		
3.1.	CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONALIDAD	35
3.2.	PARÁMETROS PARA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	35
3.3.	ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS	37
3.3.1.	ALTERNATIVA A	37
3.3.2.	ALTERNATIVA B	38

3.3.3. ALTERNATIVA C.....	39
3.4. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS Y ESPECIFICACIONES DE UNA SOLUCIÓN.....	40
3.4.1. MATRIZ DE PONDERACIÓN.....	40
3.4.2. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	41
3.4.3. ESPECIFICACIONES DE LA SOLUCIÓN.....	41

CAPÍTULO 4 DISEÑO DE LA MÁQUINA PARA EXTRACCIÓN

4.1. DISEÑO DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA.....	42
4.1.1. PARÁMETROS DE DISEÑO.....	42
4.1.2. FACTOR DE SEGURIDAD.....	42
4.2. ESQUEMA DE LA MÁQUINA.....	44
4.3. SOPORTE ESTRUCTURAL EXTERIOR.....	45
4.3.1. SECCIÓN CÓNICA.....	45
4.3.2. TANQUE CILÍNDRICO.....	46
4.3.3. COLUMNA LARGA IZQUIERDA.....	50
4.3.4. COLUMNA LARGA DERECHA.....	55
4.4. SOPORTE ESTRUCTURAL INTERIOR.....	60
4.4.1. EJE CONDUcido INTERNO.....	60
4.4.2. VIGA HORIZONTAL INFERIOR.....	63
4.4.3. VIGA HORIZONTAL SUPERIOR.....	69
4.5. SISTEMA GENERADOR DE POTENCIA.....	73
4.5.1. CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR.....	73
4.5.2. EJE DE TRASMISIÓN DE POTENCIA.....	75
4.5.3. DISEÑO DEL TABLERO DE CONTROL.....	79
4.6. CONJUNTO BANDA.....	82
4.7. MECANISMO DE GIRO.....	85
4.8. SISTEMA DE PORTAMARCOS.....	85
4.8.1. SOPORTE HEXAGONAL.....	86
4.8.2. CONTENEDOR DEL MARCO.....	89
4.8.3. ESPECIFICACIONES DE DISEÑO.....	93
4.8.3.1. Eléctricas.....	93
4.8.3.2. Potencia.....	93

4.8.3.3. Velocidad.....	93
4.9. TOLERANCIAS	93
4.9.1. DEFINICIÓN.....	93
4.9.2. TIPOS DE AJUSTES A UTILIZAR	94
4.10. PLANOS DE CONSTRUCCIÓN.....	95
4.11. LISTA DE PARTES CODIFICADA.....	96

CAPÍTULO 5 CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE

5.1. LISTA DE MATERIALES.....	100
5.2. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN	102
5.2.1. MAQUINARIA A UTILIZAR	102
5.2.2. DIAGRAMAS DE PROCESOS DE FABRICACIÓN	102
5.3. MONTAJE	115
5.3.1. MANUAL DE OPERACIÓN	121
5.3.1.1. ¿Cómo funciona la máquina?	122
5.3.1.2. Funcionamiento eléctrico	122
5.3.1.3. Funcionamiento del mecanismo de giro	123
5.3.2. PRECAUCIONES QUE SE DEBEN CONSIDERAR PARA OPERAR LA MÁQUINA	124
5.3.3. PASOS A SEGUIR PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA.....	125
5.3.4. MANTENIMIENTO.....	125
5.3.4.1. Herramientas a utilizar en el mantenimiento.....	125

CAPÍTULO 6 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

6.1. PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO.....	127
6.1.1. SISTEMA ELÉCTRICO.....	127
6.1.2. SISTEMA DE EXTRACCIÓN.....	127
6.1.3. SISTEMA DE CONTENEDORES DE MARCOS	128
6.2. PROTOCOLO DE PRUEBAS	128
6.2.1. EQUIPO DE MEDICIÓN	128
6.2.2. PROCEDIMIENTO.....	129

6.3.	LEVANTAMIENTO DE DATOS.....	130
6.3.2.	MEDICIÓN DE VOLTAJES Y CORRIENTES	130
6.3.3.	TOMA DE TIEMPOS DE CICLO DE OPERACIÓN DE LA MÁQUINA.....	131
6.3.4.	TOMA DE DATOS DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN	131
6.4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	132
6.4.1.	ANÁLISIS DIMENSIONALES	132
6.4.2.	ANÁLISIS DE VOLTAJE Y CORRIENTE.....	132
6.4.3.	ANÁLISIS DE PRODUCCIÓN	132

CAPITULO 7 ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO

7.1.	EVALUACIÓN ECONÓMICA	134
7.1.1.	COSTOS DIRECTOS	134
7.1.1.1.	Costos de materiales directos.....	134
7.1.1.2.	Costo de servicios	134
7.1.1.3.	Costo de mano de obra directa.....	134
7.1.1.4.	Costo de diseño.....	135
7.1.2.	COSTOS INDIRECTOS.....	135
7.1.3.	COSTOS DE LA MÁQUINA.....	135
7.2.	EVALUACIÓN FINANCIERA.....	140
7.2.1.	VALOR ACTUAL NETO (VAN)	140
7.2.1.1.	Cálculo de BNt	141
7.2.2.	TASA INTERNA DE RETORNO (TIR).....	142

CAPITULO 8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1.	CONCLUSIONES.....	144
8.2.	RECOMENDACIONES	145
8.3.	BIBLIOGRAFÍA	147

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Composición promedio de la miel de abeja.....	6
Tabla 2.2. Características físicas	7
Tabla 2.3. Porcentaje de utilización de los procesos de extracción de miel ..	17
Tabla 2.4. Propiedades de aceros inoxidables	25
Tabla 3.1. Ponderación.....	40
Tabla 3.2. Matriz de decisión.....	40
Tabla 4.1. Tabla de factores de seguridad	43
Tabla 4.2. Tabla de factores de seguridad del tanque.	49
Tabla 4.3. Tabla de factores de seguridad de la columna izquierda	54
Tabla 4.4. Tabla de factores de seguridad de la columna derecha	59
Tabla 4.5. Tabla de factores de seguridad de la viga inferior	68
Tabla 4.6. Tabla de factores de seguridad de la viga superior.....	72
Tabla 4.7. Inercias del eje conducido	73
Tabla 4.8. Inercias del eje conductor	74
Tabla 4.9. Partes del tablero de control.....	79
Tabla 4.9. Partes del tablero de control (continuación).....	80
Tabla 4.10. Tabla de factores de seguridad del hexágono	88
Tabla 4.11. Tabla de factores de seguridad del portamarco	92
Tabla 4.12. Tolerancias generales para dimensiones lineales.....	94
Tabla 4.13. Lista de partes de la máquina.....	96
Tabla 4.13. Lista de partes de la máquina (continuación)	97
Tabla 4.13. Lista de partes de la máquina (continuación)	98
Tabla 4.13. Lista de partes de la máquina (continuación)	99
Tabla 5.1. Lista de materiales para el proceso de fabricación.....	100
Tabla 5.1. Lista de materiales para el proceso de fabricación (continuación)	101
Tabla 5.2. Lista de partes normalizadas.....	101
Tabla 5.3. Componentes de la centrifugadora.....	121

Tabla 5.3. Componentes de la centrifugadora (continuación)	122
Tabla 5.4. Indicador de focos y pulsadores	123
Tabla 5.5. Descripción de herramientas para mantenimiento	125
Tabla 5.5. Descripción de herramientas para mantenimiento (continuación)	126
Tabla 6.1. Parámetros de funcionamiento del sistema de extracción.....	127
Tabla 6.2. Medidas de los marcos.....	128
Tabla 6.3. Toma de datos dimensional 1	130
Tabla 6.4. Toma de datos eléctricos	130
Tabla 6.5. Tiempos de operación.....	131
Tabla 6.6. Datos de pesos de los marcos de miel.....	131
Tabla 6.7. Toma de datos dimensional 2.....	132
Tabla 6.8. Análisis de producción	132
Tabla 6.8. Análisis de producción (continuación).....	133
Tabla 7.1. Costo de materiales directos	135
Tabla 7.1. Costo de materiales directos (continuación)	136
Tabla 7.2. Costos de servicios	138
Tabla 7.3. Costos mano de obra directa	138
Tabla 7.4. Costo de materiales indirectos.....	138
Tabla 7.5. Otros costos indirectos	139
Tabla 7.6. Costos de diseño.....	139
Tabla 7.7. Costo total de la centrifugadora de miel.....	139
Tabla 7.8. Costo de la centrifugadora de miel (inversión inicial)	140
Tabla 7.9. Precio de la miel	141
Tabla 7.10. Ventas anuales	141
Tabla 7.11. Costos de producción anuales.....	141
Tabla 7.12. Beneficio neto anual.....	141
Tabla 7.13. Cálculo del VAN	142
Tabla 7.14. Cálculo del TIR	143

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 2.1. Origen de la miel	12
Figura 2.2. Obtención de la miel	13
Figura 2.3. Prensado de los panales de miel, en una prensa de aluminio, realizado manualmente	15
Figura 2.4. Extracción de miel por fuerza centrífuga	16
Figura 2.5. Diagrama de la fuerza centrífuga	20
Figura 2.6. Centrifugadora tangencial.....	21
Figura 2.7. Centrifugadora radial	22
Figura 2.8. Centrifugadora paralelo radial.....	23
Figura 2.9. Partes de una centrifugadora	23
Figura 2.10. Diagramas de fuerzas en bandas	27
Figura 2.11. Mecanismos.....	31
Figura 2.12. Máquina girando los cuadros	32
Figura 2.13. Máquina después de girar 180 grados lista para extracción posterior.....	32
Figura 2.14. Motor corriente alterna.....	33
Figura 4.1. Esquema de la máquina	44
Figura 4.2. Diagrama de cuerpo libre de la máquina	44
Figura 4.3. Sección cónica del tanque	45
Figura 4.4. Desarrollo de la sección cónica del tanque	46
Figura 4.5. Diagrama del tanque.....	47
Figura 4.6. Factor de seguridad del tanque	49
Figura 4.7. Diagrama de la columna izquierda.....	50
Figura 4.8. Gráfico del esfuerzo cortante de la columna izquierda	51
Figura 4.9. Gráfico del momento de la columna izquierda	52
Figura 4.10. Factor de seguridad de la columna	53
Figura 4.11. Diagrama de la columna derecha	55
Figura 4.12. Gráfico del esfuerzo cortante de la columna derecha.....	56
Figura 4.13. Gráfico del momento de la columna derecha.....	57
Figura 4.14. Factor de seguridad de la columna derecha.....	58
Figura 4.15. Gráfico de las fuerzas del eje conducido	60

Figura 4.16. Gráfico de cortante del eje conducido	61
Figura 4.17. Gráfico del momento del eje conducido.....	62
Figura 4.18. Gráfico de las fuerzas en la viga horizontal inferior	64
Figura 4.19. Gráfico de cortante la viga inferior.....	66
Figura 4.20. Gráfico del momento de la viga horizontal inferior	66
Figura 4.21. Factor de seguridad de la viga inferior	68
Figura 4.22. Gráfico de fuerzas sobre la viga horizontal superior	69
Figura 4.23. Gráfico del cortante de la viga superior	70
Figura 4.24. Gráfico del momento de la viga superior.....	70
Figura 4.25. Factor de seguridad de la viga superior.....	72
Figura 4.26. Diagrama de cuerpo libre del eje conductor	76
Figura 4.27. Gráfico del cortante del eje conductor.....	77
Figura 4.28. Gráfico del momento del eje conductor.....	77
Figura 4.29. Gráfico del circuito de control	81
Figura 4.30. Gráfico del circuito de potencia.....	81
Figura 4.31. Gráfico superior del mecanismo.....	85
Figura 4.32. Diagrama del cuerpo libre de viga en voladizo	86
Figura 4.33. Factor de seguridad del soporte hexagonal.....	88
Figura 4.34. Diagrama de la sección del contenedor.....	89
Figura 4.35. Diagrama de cuerpo libre del portamarco.....	90
Figura 4.36. Diagrama de cortante del portamarco	90
Figura 4.37. Diagrama de momento del portamarco.....	91
Figura 4.38. Factor de seguridad del portamarco.....	92
Figura 4.39. Codificación de los planos	95
Figura 5.1. Diagrama de procesos del soporte estructural exterior	103
Figura 5.1. Diagrama de procesos del soporte estructural exterior (continuación)	104
Figura 5.2. Soporte estructural exterior (cód. 1000)	105
Figura 5.3. Diagrama de procesos del soporte estructural interior.....	106
Figura 5.4. Soporte estructural interior (cód. 2000).....	107
Figura 5.5. Diagrama de procesos del sistema generador de potencia.....	108
Figura 5.6. Sistema generador de potencia (cód. 3000)	109
Figura 5.7. Diagrama de procesos del conjunto banda.....	110

Figura 5.8. Conjunto banda (cód. 4000).....	111
Figura 5.9. Diagrama de procesos del mecanismo de giro.....	112
Figura 5.10. Mecanismo de giro (cód. 5000).....	112
Figura 5.11. Diagrama de procesos del sistema de portamarcos.....	113
Figura 5.12. Sistema de portamarcos (cód. 6000)	114
Figura 5.13. Diagrama de montaje de la máquina.....	115
Figura 5.13. Diagrama de montaje de la máquina (continuación)	116
Figura 5.13. Diagrama de montaje de la máquina (continuación)	117
Figura 5.13. Diagrama de montaje de la máquina (continuación)	118
Figura 5.13. Diagrama de montaje de la máquina (continuación)	119
Figura 5.14. Centrifugadora de miel	120
Figura 5.15. Centrifugadora de miel	121
Figura 5.16. Cajetín eléctrico	122
Figura 5.17. Mecanismo de giro	124
Figura 6.1. Ciclo de operación de la máquina	129

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A: CÁLCULOS DE DISEÑO

ANEXO B: HOJAS PARA SELECCIÓN DE ACOUPLE DE EJES

ANEXO C: RECOMENDACIONES PARA CÁLCULO DE RODAMIENTOS

ANEXO D: TIPOS DE AJUSTES PARA EJES

ANEXO E: PLANOS DE DISEÑO

ANEXO F: HOJAS DE MANTENIMIENTO

ANEXO G: FOTOS DE PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

NOMENCLATURA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	SECCIÓN CÓNICA
Largo	Largo de la plancha de AISI 304
Ancho	Ancho de la plancha de AISI 304
Espesor	Espesor de la plancha de AISI 304
Dtanque	Diámetro del tanque
Rcono	Radio de la sección cónica
Hcono	Altura de la sección cónica
x	Ángulo de inclinación de la máquina
α	Ángulo de corte de la sección cónica
	TRANSMISIÓN DE POTENCIA
n1	Revoluciones del eje conducido
n2	Revoluciones del eje conductor
Ine1	Inercia de los componentes del eje conducido
Ine2	Inercia de los componentes del eje conductor
le2	Inercia de los componentes del eje conductor
InerT	Inercia total de los elementos a rotar
Ti	Tiempo en alcanzar la velocidad deseada
α_{motor}	Aceleración angular del motor
Torqu	Torque requerido por la máquina
Pr	Potencia en W
Pm	Potencia en Hp
r	Radio de giro de los marcos
Vt	Velocidad periférica
ω	Velocidad angular periférica
P	Potencia
i	Relación de transmisión
Kd	Factores de diseño para centrifugadoras
Pd	Potencia estándar del motor
Pc	Potencia para selección del motor
dp	Diámetro de la polea conductora
Dp	Diámetro de la polea conducida
a	Longitud entre centros de las poleas
Lp	Longitud de la banda
Lp1	Longitud comercial de la banda
a1	Distancia entre centros de la banda
a11	Distancia mínima entre centros
a12	Distancia máxima entre centros
Kt	Factor de corrección de la longitud de la banda

β	Factor de contacto angular
k_2	Factor de contacto
V	Velocidad de la polea conductora
	ESPELOR TANQUE
L_{miel}	Altura de la secci3n cil3ndrica
δ_{miel}	Densidad de la miel
W_{tanq}	Peso del tanque
V_{cono}	Volumen de la secci3n circular
$V_{cilindro}$	Volumen de la secci3n cil3ndrica
V_{Total}	Volumen de la miel en el tanque
masa	Masa de la miel en el tanque
W_{miel}	Peso de la miel
σ_{miel}	Esfuerzo de la miel y el tanque
F_{s15}	Factor de seguridad 15
	EJE CONDUCTOR
T_1	Torque del eje conductor
F_B	Fuerza de flexi3n del eje
F_N	Fuerza ejercida en las poleas
F_1	Fuerza en lado apretado de la polea
F_2	Fuerza en lado flojo de la polea
L_j	Longitud entre chumaceras
L_i	Longitud entre chumacera y polea
D_x	Fuerza ejercida en las chumacera
C_x	Fuerza ejercida en las chumacera
M_1	Momento de dise1o para el eje conductor
F_{s1}	Factor de seguridad 1
d_1	Di3metro del eje conductor
D_1	Di3metro del eje conductor a fatiga
τ_1	Esfuerzo cortante del eje conductor
σ_1	Esfuerzo de flexi3n del eje conductor
τ_{m1}	Esfuerzo cortante del eje conductor m3ximo
τ_{a1}	Esfuerzo cortante del eje conductor m3nimo
σ_{max1}	Esfuerzo m3ximo en el eje conductor
σ_{min1}	Esfuerzo m3nimo en el eje conductor
σ_{equi1}	Esfuerzo equivalente 1 eje conductor
σ_{equi2}	Esfuerzo equivalente 2 eje conductor
$K_{tama1o1}$	Factor de dise1o para an3lisis a fatiga
$K_{confiabilidad1}$	Factor de dise1o para an3lisis a fatiga
K_{carga1}	Factor de dise1o para an3lisis a fatiga
S_{y1}	L3mite de fluencia del A 36
S_{e1}	L3mite de fluencia del A 36 a fatiga
F_{segF1}	Factor seguridad del eje conductor

Cr	Fuerza radial en la sección C
Xo	Factor de carga estática para el rodamiento
Yo	Factor de carga estática para el rodamiento
X1	Factor de carga dinámica para el rodamiento
Y1	Factor de carga dinámica para el rodamiento
C	Capacidad de carga estática
Co	Capacidad de carga dinámica
Dr	Fuerza radial en la sección D
Po	Factor para selección de rodamiento
P1	Factor para selección de rodamiento
EJE CONDUCIDO	
Wmarcopanel	Peso de 1 sección del hexágono
Ax	Fuerza ejercida en el rodamiento
Bx	Fuerza ejercida en el rodamiento
Lb	Longitud entre rodamientos
Lc	Longitud entre rodamientos y polea
T2	Torque del eje conducido
M2	Momento de diseño para el eje conducido
Fs2	Factor de seguridad 2
d2	Diámetro del eje conducido
D2	Diámetro del eje conducido a fatiga
τ_2	Esfuerzo cortante del eje conducido
σ_2	Esfuerzo de flexión del eje conducido
τ_{m2}	Esfuerzo cortante del eje conducido máximo
τ_{a2}	Esfuerzo cortante del eje conducido mínimo
σ_{max2}	Esfuerzo máximo en el eje conducido
σ_{min2}	Esfuerzo mínimo en el eje conducido
σ_{equi3}	Esfuerzo equivalente 1 eje conducido
σ_{equi4}	Esfuerzo equivalente 2 eje conducido
Kconfiabilidad2	Factor de diseño para análisis a fatiga
Ktamaño2	Factor de diseño para análisis a fatiga
Kcarga2	Factor de diseño para análisis a fatiga
Sy2	Límite de fluencia del AISI 304
Se2	Límite de fluencia del AISI 304 a fatiga
FsegF2	Factor seguridad del eje conducido
VIGA INFERIOR	
Lm	Longitud de la viga inferior
Ln	Longitud de la viga inferior dividido para 2
Py	Fuerza ejercida en la viga inferior en el eje y
Px	Fuerza ejercida en la viga inferior en el eje x
By	Fuerza ejercida en la viga inferior en el eje y
Bx	Fuerza ejercida en la viga inferior en el eje x

Qy	Fuerza ejercida en la viga inferior en el eje y
Qx	Fuerza ejercida en la viga inferior en el eje x
Mpanel	Masa del panel carga viva
Wpanel	Peso del panel carga viva
Fapoyo	Fuerza de apoyo de carga del panel
Byvivas	Carga de los 6 paneles carga viva
MpanelM	Masa del panel carga muerta
Mextra1	Peso de componentes adicionales
Mextra2	Peso de componentes adicionales
Deje	Diámetro del eje conducido
heje	Altura del eje conducido
pacero	Densidad del eje conducido
Meje	Masa del eje conducido
Wpanelmarco	Peso del panel, marco y demás componentes
ByDead	Peso de componentes y eje conducido
q1	Cargas de diseño 1
q2	Cargas de diseño 2
Wtotal	Cargas de diseño del perfil
By	Carga de los componentes sobre el eje
M3	Momento de diseño para la viga inferior
La	Largo de la sección de la viga
Ha	Ancho de la sección de la viga
Es	Espesor de la sección de la viga
Inercia1	Inercia de la viga
Q1	Momento estático de primer orden
τ_b	Esfuerzo cortante de la viga
σ_b	Esfuerzo normal de la viga
σ_c	Esfuerzo total normal de compresión
σ_{cr}	Esfuerzo normal de la viga
σ_1	Esfuerzo principal 1 de la viga
σ_2	Esfuerzo principal 2 de la viga
σ_e	Esfuerzo principal de análisis
Fs3	Factor de seguridad 3
E	Módulo de elasticidad del acero
y _{max}	Deflexión de la viga
Dpernoinox	Diámetro del perno inoxidable de 1/2"
AreaV	Área de la viga
Aproyectada1	Área proyectada de la viga
Fs4	Factor de seguridad 4
σ_{viga}	Esfuerzo de la viga en la sección perforada
Apernoinox	Área del perno inoxidable de 1/2"
τ_{perno1}	Esfuerzo cortante del perno de la viga inferior

Fs5	Factor de seguridad 5
	VIGA SUPERIOR
Ax	Fuerza ejercida en la viga superior
Ay	Fuerza ejercida en la viga superior
Jx	Fuerza ejercida en la viga superior
Ox	Fuerza ejercida en la viga superior
M6	Momento generado en la viga
τ_b	Esfuerzo cortante de la viga
σ_b	Esfuerzo normal de la viga
σ_c	Esfuerzo total normal de compresión
σ_{cr}	Esfuerzo normal de la viga
σ_1	Esfuerzo principal 1 de la viga
σ_2	Esfuerzo principal 2 de la viga
σ_e	Esfuerzo principal de análisis
Fs7	Factor de seguridad 7
	ESTRUCTURA
Lp	Longitud de la sección de la estructura 535
Lq	Longitud de la sección de la estructura 428
Lr	Longitud de la sección de la estructura 186
Ls	Longitud de la sección de la estructura 121
Lu	Longitud de la sección de la estructura 62
Lo	Longitud de la sección de la estructura 1332
Lg	Longitud de la sección de la estructura 156
Lv	Longitud de la sección de la estructura 535
	COLUMNA IZQUIERDA
R6y	Fuerza principal de apoyo
Wcol	Peso de la columna
M4	Momento generado en la columna
τ_b	Esfuerzo cortante de la columna izquierda
σ_b	Esfuerzo normal de la columna izquierda
σ_c	Esfuerzo total normal de compresión
σ_{cr}	Esfuerzo normal de la columna izquierda
σ_1	Esfuerzo principal 1 de la columna izquierda
σ_2	Esfuerzo principal 2 de la columna izquierda
σ_e	Esfuerzo principal de análisis de la columna
Fs11	Factor de seguridad 11
	COLUMNA DERECHA
R6y	Fuerza principal de apoyo
Wcol	Peso de la columna
M5	Momento generado en la columna
τ_b	Esfuerzo cortante de la columna derecha
σ_b	Esfuerzo normal de la columna derecha

σ_c	Esfuerzo total normal de compresión
σ_{cr}	Esfuerzo normal de la columna derecha
σ_1	Esfuerzo principal 1 de la columna derecha
σ_2	Esfuerzo principal 2 de la columna derecha
σ_e	Esfuerzo principal de análisis de la columna
Fs6	Factor de seguridad 6
PORTAMARCOS	
Wportama	Peso para la sección del panel
Mextrema	Masa adicional en la sección
Wextrema	Masa adicional en la sección
Wdis	Carga distribuida en la sección
R7y	Reacción en la base de la sección
Mporta	Momento en la sección
InerciaPor	Inercia de la sección rectangular
σ_{porta}	Esfuerzo en la sección rectangular
Fs13	Factor de seguridad 13
APOYO HEXAGONAL	
M	Momento de flexión
m	Masa para carga de la viga
Fv	Fuerza aplicada en la viga
Im	Inercia de la viga
σ_m	Esfuerzo de flexión
σ_1	Esfuerzo principal 1 de la viga
σ_2	Esfuerzo principal 2 de la viga
σ_e	Esfuerzo principal de análisis
Fs14	Factor de seguridad 14

RESUMEN

El presente proyecto contiene el diseño y construcción de una máquina centrifugadora tangencial de miel para el señor Lic. Klever Orlado Taipe Topón quien está creando una empresa dedicada a la producción de miel.

La extracción que se practicaba era por medio de aplastamiento, esta forma de extracción es muy obsoleta, debido a que destruye los marcos de cera y su elaboración tarda aproximadamente 3 meses, para resolver ese problema se buscó otra forma de extracción y una de las más convenientes es por centrifugación.

La centrifugación tangencial es uno de los métodos más eficientes, debido a que extrae mayor cantidad de miel en menor tiempo y no causa daño a la estructura que contiene la miel, esto acelera la producción, porque los cuadros al no sufrir daño regresan a las colmenas, donde las abejas solo se encargan de la producción de miel y no de la reconstrucción de la cera.

La desventaja de las máquinas centrifugadoras existentes es que; extraen la miel de un solo lado del marco luego se tiene que girar los marcos uno por uno esto genera mayor manipulación, la solución que se propuso a este problema es crear un sistema, el cual conecte a todos los seis marcos de miel y puedan girar con un solo movimiento los mismos, dicha máquina fue construida en los talleres TECNITROQUEL y los demás servicios se los contrató dependiendo de la necesidad.

Se realizaron pruebas de funcionamiento, los resultados fueron satisfactorios debido a que; la centrifugadora alcanzó el objetivo planteado al comienzo del proyecto, tanto en producción como en eficiencia y menor daño a la estructura de los marcos de miel.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES

Los apicultores presentan dificultad en la extracción de la miel, por los daños internos que se generan en la estructura de los marcos contenedores del producto, por estas razones buscaron métodos alternativos para la extracción, entre los cuales uno de los más importantes es el proceso de extracción por centrifugación, a continuación se detallan los beneficios:

1. Menor daño a la estructura de los marcos de miel
2. Disminución del tiempo de extracción del producto
3. Mayor extracción de miel que otros métodos

La centrifugación es un proceso estudiado para la separación de sólidos y líquidos, el cual es utilizado en aplicaciones industriales tales como: tanques de sedimentación, decantadores centrífugos, filtros centrífugos, extractores centrífugos etc.

La máquina centrifugadora contiene un mecanismo de giro de los marcos de miel, el cual está acoplado a la misma y pretende terminar con la manipulación de los marcos en el proceso de giro que realiza el apicultor.

La implementación del mecanismo de giro de marcos en el método centrífugo tangencial, facilitará la extracción del producto final de manera más cómoda, disminuirá el tiempo de producción entre cosechas y producirá menor daño a los cuadros de cera.

1.2. DEFINICIÓN DEL PROYECTO.

La miel es un producto que cuenta con un alto valor nutricional, por lo cual la explotación de la misma está en aumento y existe un gran mercado tanto nacional como internacional, debido a que se la utiliza para la elaboración de diferentes productos como:

- Antibióticos
- Productos de uso personal como jabón, shampoo, cremas corporales, etc.
- Endulzantes
- Confiterías

Actualmente existen varias necesidades en la extracción de la miel, que presenta el sector apícola; por lo que se pretende dar solución a los siguientes problemas:

- Disminuir los tiempos muertos de las máquinas tradicionales.
- Reducir el contacto hombre-producto.
- Producir el menor daño posible en los marcos de cera.
- Extraer la mayor cantidad de miel por cuadro.

Con el diseño y construcción del presente proyecto se resuelve las necesidades antes mencionadas, es un aporte que permite ir evolucionando la maquinaria apícola en el medio, para poder tener un mejor desarrollo y una mayor productividad.

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

1.3.1. JUSTIFICACIÓN

En el Ecuador la apicultura no está desarrollada de una forma industrial, por ello, los pequeños productores han visto la necesidad de buscar nuevas formas de mejorar en los siguientes aspectos:

1. Extracción
2. Producción
3. Empaque
4. Transporte

Por lo que el diseño y construcción de la centrifugadora tangencial desarrollará la extracción de la miel de una forma más eficiente que las máquinas tradicionales, dando solución a los problemas antes mencionados.

1.3.2. IMPORTANCIA

La importancia del diseño y construcción de dicha máquina es mejorar la extracción y disminuir el contacto hombre-máquina.

Esto ayudará a aumentar la producción en el sector apícola e incentivará el desarrollo de nuevas maquinarias para dicho sector mejorando así la explotación de manera más eficiente.

1.3. OBJETIVOS

1.4.1. GENERAL

Diseñar y construir una máquina centrífuga con giro de marcos de 180 grados para extraer la miel de abeja con capacidad de 20 kg/h.

1.4.2. ESPECÍFICOS

- Conocer los métodos de extracción de la miel.
- Establecer las variables del proceso de extracción de la miel, para generar alternativas para un diseño óptimo de la máquina.
- Realizar el diseño de la máquina en un software CAD.
- Construir un prototipo de centrifugadora de miel con las características planteadas.
- Realizar pruebas de funcionamiento.

1.5. ALCANCE

El alcance del presente proyecto se enfoca al diseño y construcción de una máquina centrifugadora, que aprovechará el movimiento circular para

producir una fuerza centrífuga, la cual será lo suficientemente alta para poder separar el líquido del sólido.

Dicha máquina presenta las siguientes características:

1. Ser transportable.
2. Girar los marcos en 180° para evitar contacto hombre producto.
3. Poseer un costo acorde a las necesidades de la pequeña industria.
4. Fácil manejo.
5. Movimiento impulsado por un motor.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. GENERALIDADES

2.1.1. LA MIEL DE ABEJA

Es un fluido dulce y viscoso generado por la colonia de abejas melíferas y sus diferentes subespecies, como tal la miel es un producto con unas características físico-químicas muy particulares e interesantes.

Las abejas melíferas elaboran la miel a base del néctar de las flores y de secreciones de partes vivas de plantas, convirtiéndola de una sustancia líquida sin fermentar, en una sustancia estable y alta en carbohidratos.

La abeja contribuye a esta estabilización añadiendo enzimas como la invertasa que contiene la saliva de las abejas y la almacenan en los panales donde madura.

La miel posee sustancias antibacteriales que provienen de las plantas y otras de las glándulas faríngeas de las obreras, que se añaden durante la elaboración de la miel en la colmena.

2.1.2. COMPOSICIÓN DE LA MIEL DE ABEJA

La composición química de la miel varía de una muestra a otra. Por término medio, la miel contiene componentes que se detallan en la tabla 2.1:

Tabla 2.1. Composición promedio de la miel de abeja

Elementos Mayores	<p>Agua: 17%(límite legal: 21%, salvo excepción: Miel de calluna, 23%)</p> <p>Glucosa: 31%</p> <p>Levulosa: 38%</p> <p>Maltosa: 7.5%</p> <p>Sacarosa: 1.5%</p> <p>(Hasta 10% e incluso más en la miel de lavanda)</p> <p>Otros azúcares: una decena</p>	<p>Conjunto de azúcares: 95 a 99% de la materia seca</p>	<p>Materia Seca</p>
Elementos Menores	<p>Ácidos orgánicos</p> <p>Ácidos aminados y proteínas</p> <p>Enzimas: glucosa invertasa glucosa oxidasa Amilasas</p> <p>Vitaminas solubles en agua: B y C en muy débil cantidad</p> <p>Inhibinas y otros factores antibióticos</p> <p>Pigmentos carotinoides (rojos)</p> <p>Y flavonoides (amarillos)</p>		

Fuente: Pierre Jean-Prost, Apicultura: Conocimiento de la abeja. Manejo de la Colmena Cuarta Edición, p 441.

2.1.2.1. Características físicas de la miel.

Entre las principales características de la miel se encuentra su color, aroma y sabor que se describen en los párrafos siguientes y demás características relevantes en la tabla 2.2.

- **Color**

El color varía según los diversos grados de absorción de luz de ciertos pigmentos y otras sustancias desconocidas que se encuentran en la miel.

- **Aroma y sabor**

Varían de acuerdo con el origen floral. Si la flora de la zona es muy aromática, le brindará a la miel esta característica. Esto se debe a la presencia de aceites esenciales que se encuentran en los nectarios de las flores.

Estas condiciones son muy importantes, ya que le dan a la miel lo necesario para lograr un producto atractivo al paladar.

Tabla 2.2. Características físicas

Característica	Valor	Observación
Densidad	1.410-1.435 g/cm ³	Estos valores varían dependiendo en contenido de agua o la madurez de la miel.
Viscosidad		La viscosidad de la miel depende directamente de la temperatura a la cual es sometida, cuando sobrepasa los 35 °C la miel es menos viscosa ,pero cuando su temperatura está por debajo de los 14°C esta se cristaliza.
Conductividad térmica	0,04 W/m.K	La conductividad térmica es 14 veces más conductor que el agua.
Punto de congelación	-1.42 y -1.53°C.	La miel se cristaliza cuando se le baja la temperatura pero el agua que contiene la misma no lo hace hasta llegar a la temperatura señalada.

Fuente: Pierre Jean-Prost, Apicultura: Conocimiento de la abeja. Manejo de la Colmena
Cuarta Edición, p 444

2.1.2.2. Características químicas de la miel

La composición química de la miel permite evaluar su calidad con base en su contenido de agua, azúcares, acidez, cenizas, enzimas, nitrógeno y sustancias insolubles.

A continuación se analiza la contribución de estos parámetros en la calidad química de la miel:

- **Acidez**

Propiedad debida a la presencia de ácidos en la miel, específicamente ácido glucónico que proviene de la glucosa, se mide por el pH o por proporción de iones hidrógeno.¹

Los valores promedio de pH normales para una miel se encuentran comprendidos entre 3.0 y 4.5.

- **Hidroximetilfurfural (HMF)**

Es un compuesto que se forma por descomposición de la fructosa ante la existencia de ácidos, su presencia en la miel puede aumentar por exposición de ésta a altas temperaturas, por lo que se utiliza como indicador de la frescura y envejecimiento de la miel.

No debe contener un HMF superior a 80 mg/kg a nivel mundial pero en la unión europea es de 40 mg/kg máximo.

- **Humedad**

¹ Pierre Jean-Prost, Apicultura: Conocimiento de la abeja. Manejo de la Colmena, Cuarta Edición, p 446.

El contenido de agua en la miel es una de las características más importantes porque determina su grado de conservación. La humedad de la miel puede aumentar durante su extracción y almacenamiento debido a sus propiedades higroscópicas. Estos factores deben tomarse en cuenta en el almacenamiento del producto, a temperaturas bajas y en un ambiente húmedo, absorbe humedad y se diluye, lo cual provoca su fermentación.

Caso contrario, cuando se almacena en un ambiente con poca humedad, la miel pierde agua, de modo que su cuerpo se vuelve más espeso.

Mientras que el porcentaje de humedad permanezca por debajo de 18% no se fermenta, caso contrario por encima de ese valor pueden aparecer procesos fermentativos.

- **Azúcares**

Los azúcares constituyen prácticamente el 80% del peso seco de cualquier miel y por ello, se determinan altamente muchas de sus características como higroscopicidad y viscosidad.

- **Enzimas**

Las mieles son ricas en enzimas. Una de las enzimas de mayor interés en la miel es la diastasa que tiene la facultad de convertir el almidón en glucosa, es muy termolábil, por lo que su ausencia indica calentamiento y/o envejecimiento de la miel.

- **Nitrógeno**

El contenido de compuestos nitrogenados como proteínas y aminoácidos en la miel es muy bajo y se asocia con la presencia de granos de polen, por lo que su localización se ha utilizado como indicador para detectar adulteraciones en mieles comerciales.

- **Sustancias insolubles**

Son materias extrañas como la cera, el propóleo, los granos de arena, algunas partes del cuerpo de las abejas, entre otros, que se consideran impurezas, estos son indicadores de la calidad higiénica de la miel.

2.1.2.3. Características biológicas de la miel

A la miel se le atribuyen una serie de propiedades biológicas, unas están fundadas en experimentación científica y otras la mayoría en recomendaciones basadas en remedios folklóricos o caseros. Entre las más discutidas y evidenciadas están:

2.1.2.3.1. Efectos antibacteriales

Para el uso externo posee propiedades bactericidas debido a que algunas bacterias mueren rápidamente en la miel no esterilizada por calor, que se le atribuye a una sustancia llamada inhibina y a otras sustancias procedentes de plantas.

Las actividades antibacteriales de las mieles de altura (>1,000 m) es por lo menos el doble de las áreas bajas (<1,000 m) por la variación de sus elementos que provoca sus propiedades antibacteriales

2.1.2.3.2. Efectos farmacológicos

La miel ha sido utilizada en la medicina desde tiempos inmemorables. En los últimos cincuenta años se han visto muchos reportes de experimentos que demuestran los efectos de la miel en tejidos y órganos animales.

Una de las áreas donde más se habla sobre los beneficios de la miel es en las quemaduras para la cicatrización de las heridas en algunos hospitales de Francia.²

² Pierre Jean-Prost, Apicultura: Conocimiento de la abeja. Manejo de la Colmena, Cuarta Edición, p 447.

La viscosidad de la miel es una barrera excelente contra microorganismos. Su alta solubilidad en agua la hace fácil de remover. Y sus propiedades corrosivas leves previenen o evitan daños adicionales a los tejidos.

En términos generales al utilizar miel en un paciente es menos probable que se haga daño al mismo, en comparación con las demás sustancias químicas preparadas por el ser humano. Por el contrario, en la mayoría de los casos ha probado ser beneficiosa.

2.1.2.3.3. Valor Nutritivo.

La miel es un producto alimenticio que fue utilizado en la antigüedad debido a que no se conocía endulzantes como: el azúcar de caña, de remolacha o el jarabe de maíz, alto en fructosa, hoy es muy atractivo para la gente por su valor de endulzante natural y un complemento para una dieta balanceada.

Entre los factores nutritivos más atractivos de la miel está el que es un alimento de alto valor calorífico, fácilmente asimilable por su forma natural y es prácticamente pre digerido.

Las enzimas, vitaminas, proteínas y demás componentes activos de la miel son sumamente susceptibles al calor. Mucha miel comercial es pasteurizada y filtrada a presión o ultra-filtrada lo cual destruye muchos de los componentes beneficiosos.

2.1.3. FORMACIÓN DE LA MIEL DE ABEJA.

La miel procede de las plantas por intermedio de las abejas, que utilizan como materia prima la savia elaborada, néctar y mielato las cuales son extraídas de dos maneras.

- Por nectarianos elaboradores de néctar
- Por los insectos picadores y chupadores, pulgones los cuales exudan mielato

Esta es procesada por las abejas las cuales adicionan enzimas y la convierten en miel, que es depositada en las colmenas como se describe en la figura 2.1.

Luego los apicultores proceden a la extracción por diferentes métodos y después es envasada y es utilizada en diversos propósitos.

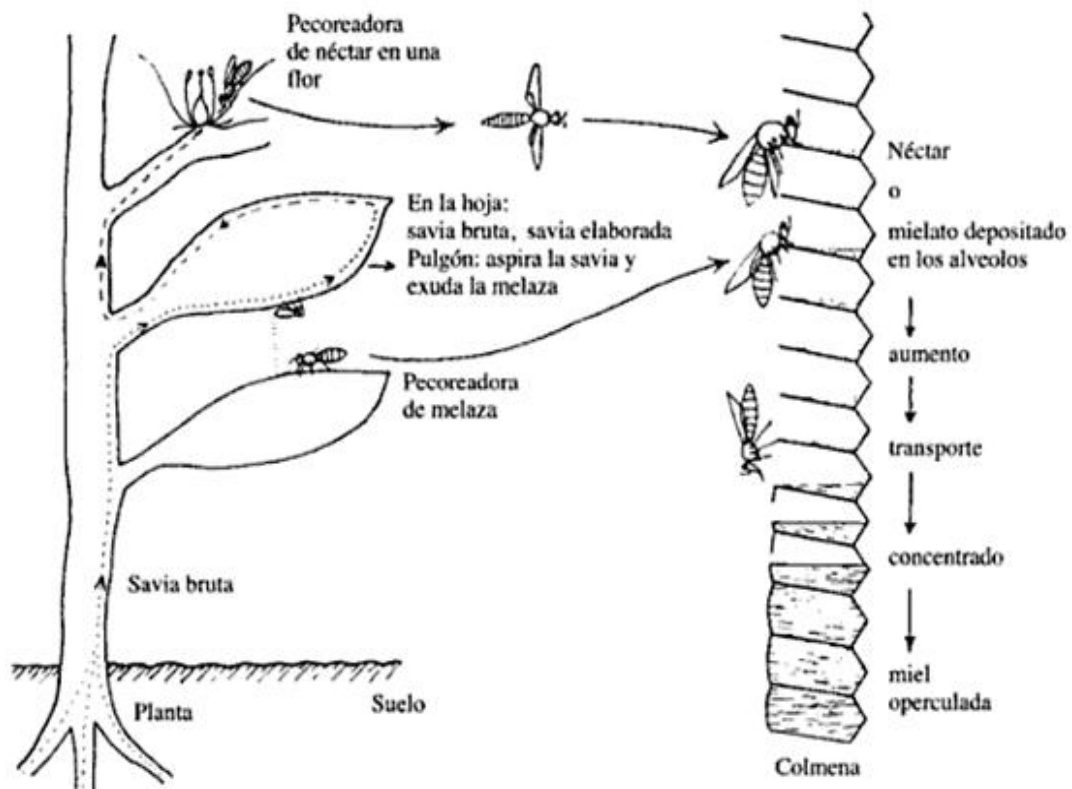


Figura 2.1. Origen de la miel ³

2.1.4. PROCESOS DE OBTENCIÓN DE LA MIEL DE ABEJA

Este proceso se describe en la figura 2.2 y debe ser lo más higiénico posible, la miel es un producto que para no perder sus cualidades nutricionales no debe ser pasteurizada.

³ Pierre Jean-Prost, Apicultura: Conocimiento de la abeja. Manejo de la Colmena, Cuarta Edición, p 439

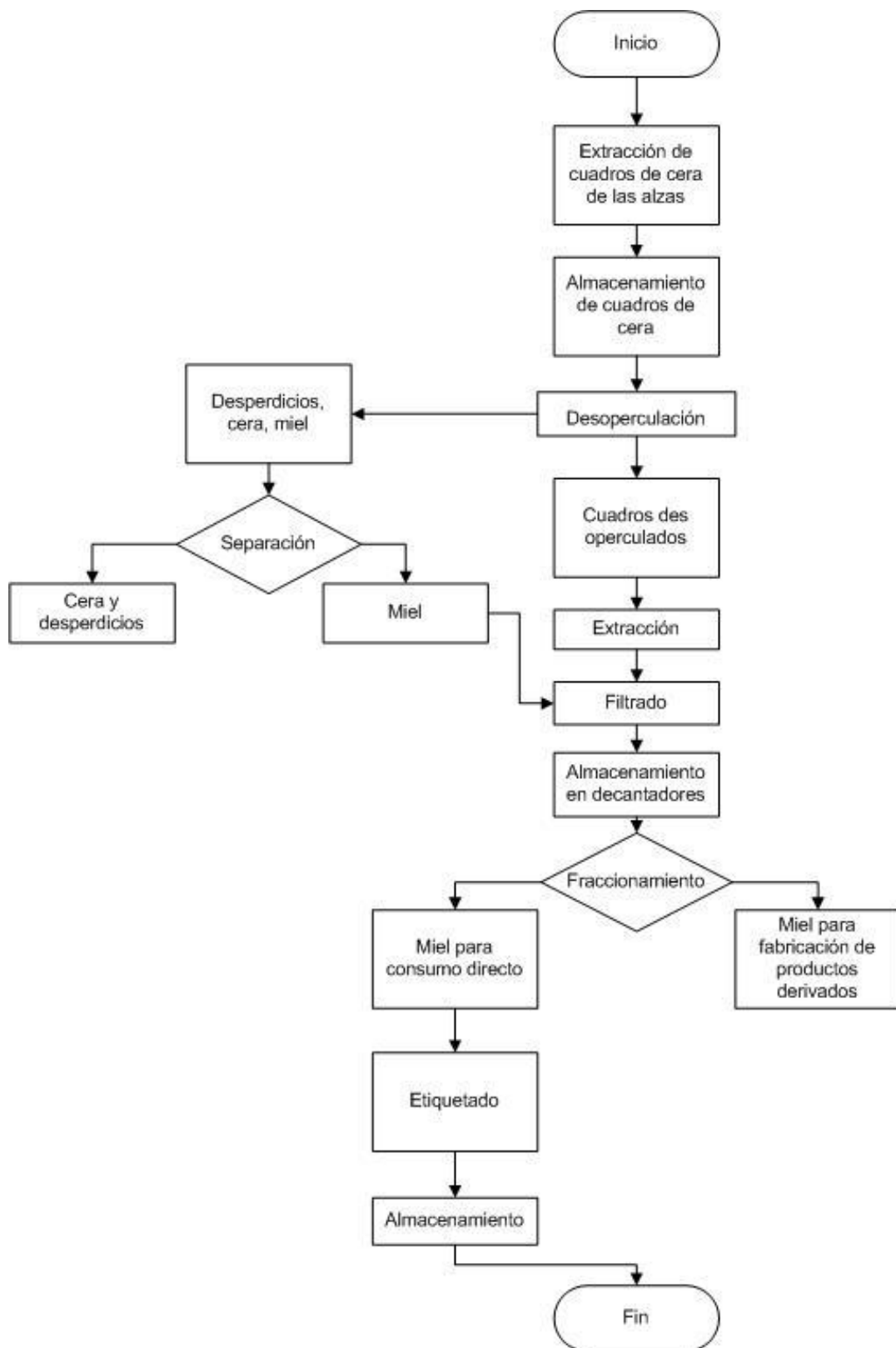


Figura 2.2. Obtención de la miel

2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE EXTRACCIÓN DE LA MIEL DE ABEJA

2.2.1. EXTRACCIÓN POR GRAVEDAD

Cuando se recolectan los panales se hace una selección de los mismos, recortando aquellas zonas del panal que no contengan miel, debido a estar vacías, por contener huevos o contener polen.

A continuación se procede a quitar los tapones de cera y a colocar el panal sobre una malla que está situada sobre un recipiente, esta forma un filtro para que la miel fluya de los panales.

Entonces, tras calentar la habitación, se voltean los marcos dejando que la miel caiga a un recipiente por la gravedad durante tres horas poco a poco después de esto el apicultor los exprime fuertemente y los deja sobre un cesto, bajo el cual se coloca un recipiente y los deja gotear durante 24 horas.

2.2.1.1. Ventaja y desventaja

El proceso de extracción por gravedad cumple con el propósito, pero sin ventaja para la producción por el tiempo que requiere y el daño en los marcos de cera, siendo un proceso rústico que no toma en cuenta ningún tipo de tecnología.

2.2.2. EXTRACCIÓN POR APLASTAMIENTO

Es un proceso de extracción de la miel de una forma brusca, pero también más rápida que consiste en introducir los panales llenos de miel en sacos, los cuales se golpean provocando la rotura de los opérculos y permitiendo la salida de la miel.

Luego se introducen en una prensa que consiste en un tambor lleno de orificios, que consta de un volante y un tornillo sin fin en donde el apicultor aplasta los panales forzando a que la miel se vaya filtrando por los agujeros

y vaya cayendo a un plato situado en su base, que redirige la miel a otro recipiente por medio de una hendidura como se describe en la figura 2.3.



Figura 2.3. Prensado de los panales de miel, en una prensa de aluminio, realizado manualmente.⁴

Realizado el primer prensado, el apicultor afloja la prensa, remueve la masa con la miel y vuelve después a prensarla por segunda vez.

Una vez que ya no cae más miel se saca el residuo de la prensa y se lleva al lugar donde están situadas las colmenas para que las abejas terminen de sacar la miel y la utilicen como alimento.

2.2.2.1. Ventaja y desventaja

La ventaja de este proceso es que la obtención de la miel es de una forma más rápida pero una de sus mayores desventajas es que los cuadros quedan totalmente destruidos.

⁴ <http://www.sabor-artesano.com/elaboracion-miel-antigua.htm>

2.2.3. EXTRACCIÓN POR FUERZA CENTRÍFUGA

El método de centrifugación es uno de los más utilizados en la actualidad, debido a que la extracción de miel por este proceso, facilita la reutilización de los marcos como se describe en la figura 2.4, de tal forma que las abejas no tienen que volver a reconstruir la estructura de cera.



Figura 2.4. Extracción de miel por fuerza centrífuga⁵

2.2.3.1. Ventaja y desventaja

Es un proceso que no presenta desventajas con relación a los otros procesos ya que en este no se destruye los marcos y pueden ser reutilizados aumentando la productividad por cosechas.

2.3. PROCESOS DE EXTRACCIÓN DE LA MIEL EN EL ECUADOR

Los procesos más utilizados en el Ecuador basado en la información tomada de la Asociación de Apicultores de Valle de los Chillos se describen en la tabla 2.3.

⁵ <http://www.mieldealiste.es/produccion.html>

Tabla 2.3. Porcentaje de utilización de los procesos de extracción de miel

Tipo de extracción	Porcentaje de utilidad	Costo	Ventaja	Desventajas
Aplastamiento	10%	Bajo	Este método no presenta ventajas por el impacto que provoca a los marcos de cera	Los cuadros de cera no pueden ser reutilizados por lo que se desperdicia tiempo y se disminuye la cosecha.
Centrifugación Radial	50%	Medio	Están dadas por el número de cuadros que pueden ser centrifugados en una sola parada.	Los cuadros de cera se dañan y tienden a demorar más en la producción. La miel no es extraída en su totalidad de cada marco de cera.
Centrifugación Tangencial	40%	Medio	Los marcos de cera reciben menos daño que en los otros procesos, disminuyen el tiempo de producción. La cantidad de miel extraída de cada marco de cera es mayor.	Hay mayor manipulación de los cuadros de cera. Número reducido de marcos para la extracción.

Fuente: Manuel Navarrete Presidente de la Asociación de Apicultores de el Valle de los Chillos

Estos métodos son los más comunes dependiendo de la localización, extracción y el nivel de capacitación de los apicultores. Además buscan formas más sencillas de extracción, que les ayude a mejorar los métodos comunes y puedan extraer la mayor cantidad de miel en cada cosecha sin dañar los marcos de cera.

2.3.1. PROBLEMAS MÁS FRECUENTES EN LA EXTRACCIÓN DE MIEL EN EL ECUADOR

Los problemas más frecuentes que tienen los apicultores ecuatorianos es el económico porque la mayoría de ellos no cuentan con grandes capitales que les permitan salas de extracción de miel y contar con el suficiente material apícola para realizar un proceso óptimo de producción de miel y se han visto en la necesidad de buscar alternativas que son:

- Máquinas para la extracción de miel que sean trasportables y puedan ser manuales y/o eléctricas
- Maquinaria que realice el menor daño posible a la materia prima
- Maquinaria que tenga el menor contacto hombre producto ya que no disponen de una sala de extracción adecuada
- Que la máquina sea de centrifugación tangencial para tener una mayor extracción de miel y su capacidad no sea menor a cuatro cuadros

2.4. CENTRIFUGACIÓN

2.4.1. DEFINICIÓN

Proceso por el cual se pueden separar sólidos de líquidos de diferente densidad mediante el movimiento rotacional, provocando una fuerza mayor que la de la gravedad, lo que produce la separación de los sólidos o de las partículas de mayor densidad.

El objetivo de la centrifugación es separar los sólidos insolubles (partículas muy pequeñas difíciles de sedimentar) de un líquido. Para ello, se aplica una fuerza centrífuga, con lo cual las partículas tenderán a desplazarse a través del medio en el que se encuentren con la aceleración $a_{\text{rad}} = \text{velocidad angular}^2 \times \text{radio}$ (Aceleración centrípeta o radial)

2.4.2. DEFINICIÓN DE LA FUERZA CENTRÍFUGA

En la mecánica clásica, la fuerza centrífuga es una fuerza ficticia que aparece cuando se describe el movimiento de un cuerpo en un sistema de referencia en rotación.

El calificativo de centrífuga (F_{cf}) significa que huye del centro. La fuerza centrífuga se produce cuando se obliga a un cuerpo a dar vueltas. Según la tercera ley de Newton, cada acción produce una reacción igual y opuesta. Para que el cuerpo de vueltas se aplica una fuerza hacia el centro llamada centrípeta (F_{cp}), así el objeto hace una trayectoria curva en vez de seguir en forma recta.

La fuerza centrífuga es la fuerza ficticia, que para un observador situado sobre una plataforma giratoria, actúa sobre él y le impide permanecer en reposo sobre la plataforma a menos que él mismo realice otra fuerza dirigida hacia el eje de rotación. Así, aparentemente, la fuerza centrífuga tiende a alejar los objetos del eje de rotación.

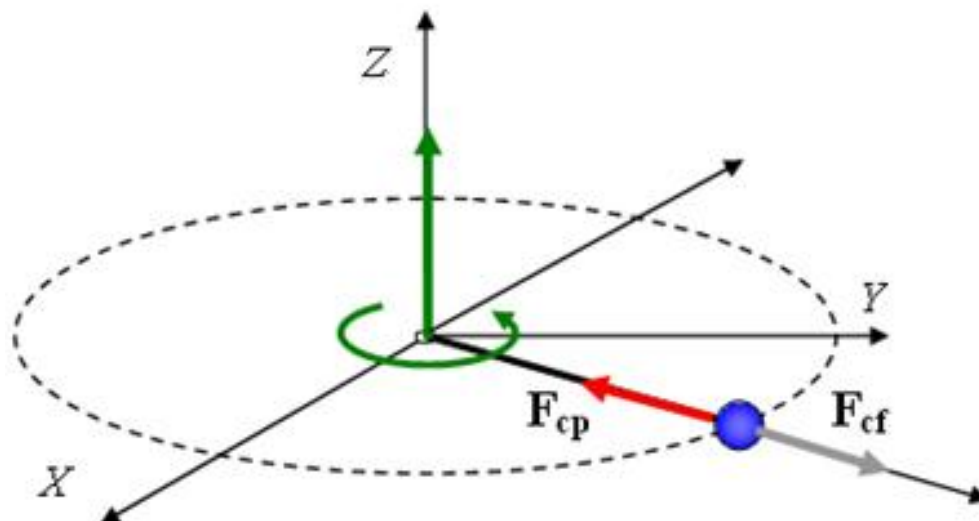


Figura 2.5. Diagrama de la fuerza centrífuga ⁶

2.5. TIPOS DE EQUIPOS DE CENTRIFUGACIÓN

2.5.1. CENTRÍFUGA DE SEDIMENTACIÓN

Se caracteriza por tener un cilindro o un cono de pared sólida que gira alrededor de un eje horizontal o vertical.

Por la fuerza centrífuga, una capa anular de líquido de espesor fijo se sostiene contra la pared. A causa de que esta fuerza es bastante grande comparada con la de la gravedad, la superficie del líquido se encuentra esencialmente paralela al eje de rotación, independientemente de la orientación de la unidad. Las fases densas se hunden hacia afuera y las fases menos densas se levantan hacia adentro. Las partículas pesadas se acumulan sobre la pared y deben retirarse continua y periódicamente.

2.5.2. CENTRÍFUGAS DE FILTRO

Estas operan como el tambor de rotación de una lavadora doméstica. La pared de la canasta está perforada y cubierta con un medio filtrante, como una tela o una rejilla fina, el líquido pasa a través de la pared activado por la fuerza centrífuga dejando una torta de sólidos sobre el medio filtrante. La rapidez de filtración se incrementa con esta fuerza y con la permeabilidad de la torta sólida. Algunos sólidos compresibles no se filtran bien en una centrífuga a causa de la deformación que sufren las partículas por la acción de la fuerza centrífuga, por lo que la permeabilidad de la torta se ve reducida considerablemente. La cantidad de líquido que se adhiere a los sólidos después que éstos se han centrifugado depende también de la fuerza centrífuga aplicada, en general el líquido retenido es considerablemente menor del que queda en la torta que producen otros tipos de filtros.

⁶ http://es.wikipedia.org/wiki/Fuerza_centric%C3%ADfuga

2.6. CLASIFICACIÓN DE CENTRIFUGADORAS DE MIEL

Se clasifican de acuerdo a la posición del cuadro con respecto al eje de rotación y estos pueden ser: tangenciales y radiales.

2.6.1. CENTRIFUGADORA TANGENCIAL

En este tipo de extractores los cuadros se colocan perpendiculares a los radios como se muestra en la figura 2.6.

Los hay de tipo reversible y los que hay que cambiar manualmente para proceder a realizar la extracción de la miel de la otra cara del panel. Esta especialmente indicado para extraer mieles muy viscosas y tener menor cantidad de cera como residuos en la miel debido a que ésta no debe tener ningún otro componente.

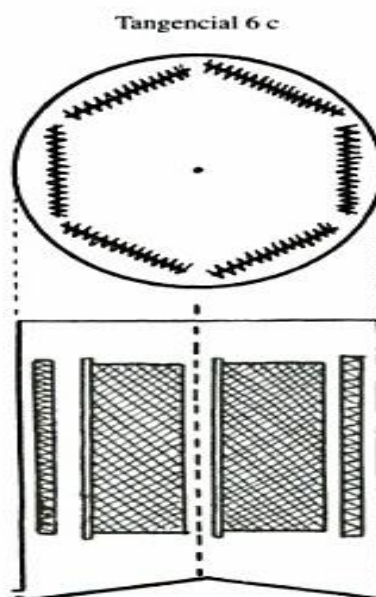


Figura 2.6. Centrifugadora tangencial⁷

⁷ Pierre Jean-Prost, Apicultura: Conocimiento de la abeja. Manejo de la Colmena, Cuarta Edición, p 458

2.6.2. CENTRIFUGADORA RADIAL

Los paneles se disponen en forma radial alrededor del rotor del extractor como se describe en la figura 2.7, es una forma de extracción más rápida, pero extrae mayor cantidad de cera en la miel y la miel no es extraída en su totalidad.

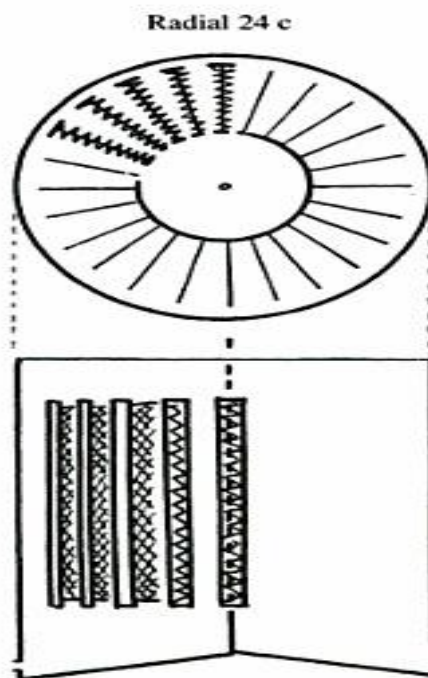


Figura 2.7. Centrifugadora radial⁸

2.6.3. CENTRIFUGADORA PARALELO-RADIAL

Los cuadros se sitúan en el plano del círculo perpendicularmente a los radios, como se describe en la figura 2.8, para poder extraer la miel de la cara superior es necesario darles la vuelta manualmente.

⁸ Pierre Jean-Prost, Apicultura: Conocimiento de la abeja. Manejo de la Colmena, Cuarta Edición, p 458

⁹ Pierre Jean-Prost, Apicultura: Conocimiento de la abeja. Manejo de la Colmena, Cuarta Edición, p 458

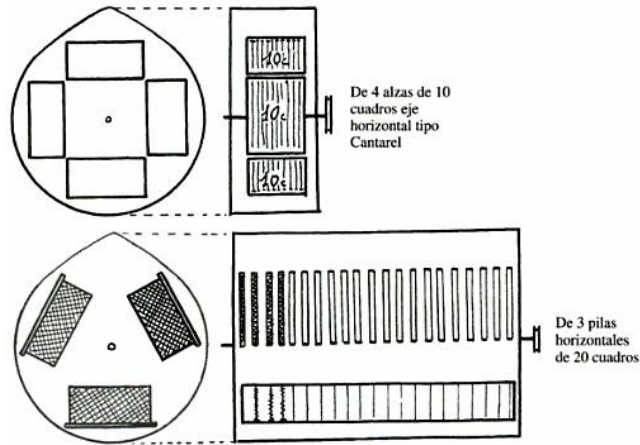


Figura 2.8. Centrifugadora paralelo radial⁹

2.7. PARTES Y MATERIALES DE UNA CENTRIFUGADORA

2.7.1. PARTES

Las partes que está compuesta una centrifugadora de miel se detallan a continuación y en la figura 2.9 se describen sus componentes principales:

- Soporte estructural.
- Sistema generador de potencia.
- Conjunto banda.
- Sistema de portamarcos.



Figura 2.9. Partes de una centrifugadora ¹⁰

2.7.2. MATERIALES

2.7.2.1. Aceros Inoxidables

El término acero inoxidable caracteriza al alto nivel de resistencia a la corrosión que ofrecen las aleaciones en este grupo. Para ser clasificada como acero inoxidable, la aleación debe tener al menos 10% de contenido de cromo. En su mayor parte tiene entre 12 y 18% de cromo.¹¹

Entre sus usos típicos se incluye partes para motores a turbina, cuchillería, tijeras, partes para bombas, piezas para válvulas, instrumentos quirúrgicos, acabados para aviones y equipo marino.¹²

Existen muchos otros grados de acero inoxidable, gran parte de los cuales están patentados por fabricantes particulares. Un grupo que se utiliza para aplicaciones de alta resistencia en las industrias aeroespacial, marina y de vehículos es el tipo de endurecimiento por precipitación.¹³

Los tanques de los extractores de miel son construidos en dos tipos de materiales, acero inoxidable y acero recubierto con epoxi sanitario, los construidos con acero inoxidable utilizan el acero AISI 304 que se caracteriza por brindar una mayor vida útil y escaso mantenimiento en la limpieza del extractor.

En la tabla 2.4 se describen propiedades de varios aceros inoxidables.

¹⁰ <http://www.apiculturaargentina.com.ar/extractorRadial.php>

¹¹ Robert L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas, Segunda Edición, p 39.

¹² Robert L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas, Segunda Edición, p 39.

¹³ Robert L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas, Segunda Edición, p 39.

Tabla 2.4. Propiedades de aceros inoxidables

Designación del material		Condición	Resistencia a la tracción		Resistencia a punto cedente		Ductibilidad (elongación porcentual en 2 pulg)
Número AISI	UNS		Ksi	MPa	Ksi	MPa	
Aceros austeníticos							
201	S20100	Recocido	115	793	55	379	55
		1/4 duro	125	862	75	517	20
		1/2 duro	150	1030	110	758	10
		3/4 duro	175	1210	135	931	5
		Totalmente duro	185	1280	140	966	4
301	S30100	Recocido	110	758	40	276	60
		1/4 duro	125	862	75	517	25
		1/2 duro	150	1030	110	758	15
		3/4 duro	175	1210	135	931	12
		Totalmente duro	185	1280	140	966	8
304	S30400	Recocido	85	586	35	241	60
310	S31000	Recocido	95	655	45	310	45
316	S31600	Recocido	80	552	30	207	60
Aceros ferríticos							
405	S40500	Recocido	70	483	40	276	30
430	S43000	Recocido	75	517	40	276	30
446	S44600	Recocido	80	552	50	345	25
Aceros martensíticos							
410	S41000	Recocido	75	517	40	276	30
416	S41600	Q&T 600	180	1240	140	966	15
		Q&T 1000	145	1000	115	793	20
		Q&T 1400	90	621	60	414	30
431	S43100	Q&T 600	195	1344	150	1034	15
440A	S44002	Q&T 600	280	1930	270	1860	3
Aceros endurecidos por precipitación							
17-4PH	S17400	H 900	200	1380	185	1280	14
		H 1150	145	1000	125	862	19
17-7PH	S17700	RH 950	200	1380	175	1210	10
		TH 1050	175	1210	155	1070	12

Fuente: Robert L. Mott Diseño de Elementos de Máquinas

2.7.2.2. Acero A 36

La denominación A-36 fue establecida por la ASTM. Es un acero estructural el cual tiene un punto mínimo de deformación de 36000 psi (248 MPa) y es en extremo dúctil. Básicamente, es un acero de bajo carbono, rolando en frío, disponible en el mercado en forma de lámina, placa, barra y estructural así como viga de reborde ancho, canales, perfiles y ángulos.¹⁴

2.7.2.3. Acero de transmisión

Son aceros de bajo carbono, el 1018 es el más versátil por sus características; análisis controlado, mejores propiedades mecánicas que otros aceros del mismo tipo por su alto contenido de manganeso, buena soldabilidad, y fácil mecanizado. Cuando se requiere una superficie muy dura pero un centro tenaz, este acero cementado cumple perfectamente.

¹⁴ Robert L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas, Segunda Edición, p 40.

Estirado en frío mejora sus valores de resistencia mecánica, haciéndose muy popular para un sin número de aplicaciones.

2.7.3. ELEMENTOS DE DISEÑO

2.7.3.1. Transmisión

Se denomina transmisión al conjunto de bandas cadenas o engranes que sirven para comunicar fuerza y movimiento desde un motor hasta su punto de aplicación.

Los elementos flexibles, como bandas, cadenas o cables, se utilizan para la transmisión de potencia en distancias comparativamente grandes. Estos elementos se emplean para la sustitución de grupos de engranajes y sus componentes, simplificando mucho una máquina o instalación mecánica. Tienen además la capacidad de absorción de cargas de choque y amortiguamiento de los efectos de fuerzas vibrantes.

Aunque esta ventaja es importante en lo que concierne a la vida de una máquina, el elemento de reducción de costos suele ser el factor principal para seleccionar estos medios de transmisión de potencia.

2.7.3.1.1. Transmisión por Bandas

Es un sistema entre dos ejes que transmiten potencia, torque y movimiento y sus elementos siempre están sometidos a carga ya sea trabajando o no.

En forma general, el sistema impulsor mediante una banda en v, es similar al sistema impulsor por medio de una cadena. No obstante, presenta una diferencia importante. Ambos lados de la banda en forma de V se encuentran en tensión, la misma, que en el lado tenso es mayor en magnitud que la del lado flojo, por lo que la fuerza neta de impulso en las poleas acanaladas es la diferencia de las dos fuerzas como se describe en la siguiente ecuación; figura 2.10.

$$F_N = F_1 - F_2$$

(2.1)¹⁵

O también puede calcularse de la siguiente manera

$$F_N = \frac{T_1}{D_p/2}$$

(2.2)¹⁶

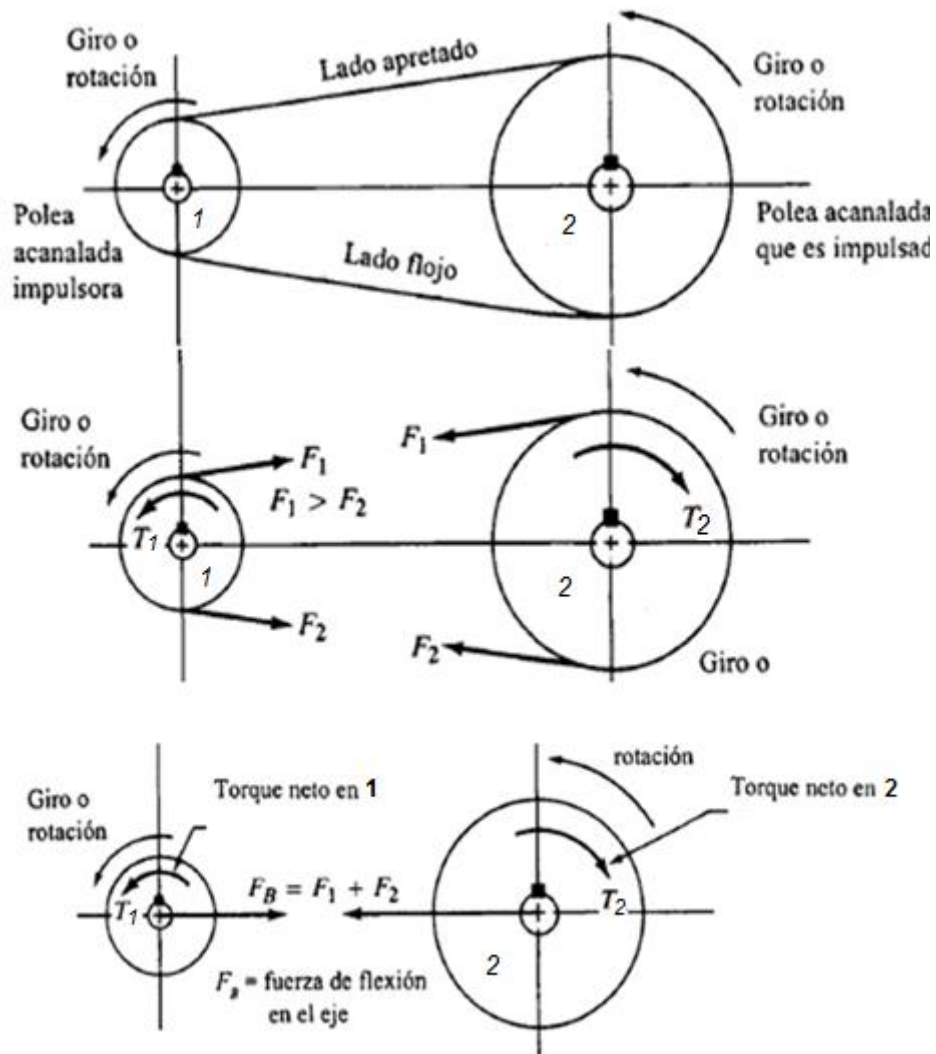


Figura 2.10. Diagramas de fuerzas en bandas¹⁷

De la figura 2.10 se determinan las fuerzas siguientes:

¹⁵ Robert L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas, Segunda Edición, p 290.

¹⁶ Robert L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas, Segunda Edición, p 291.

¹⁷ Robert L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas, Segunda Edición, p 290.

$$F1 = 1.25F_N \quad (2.3)^{18}$$

Fuerza de tensión del lado apretado de la polea.

$$F2 = 0.25F_N \quad (2.4)^{19}$$

Fuerza de tensión del lado flojo de la polea.

$$F_B = F1 + F2 \quad (2.5)^{20}$$

Fuerza neta de deflexión del eje.

Para la consideración del cálculo de bandas, se tomará como referencia, el manual de **TRELLEBORG** que considera diferentes aspectos a seguir para el diseño de este sistema de transmisión, que se indican a continuación:

- a) **Factor de servicio (Kd)** este factor se utiliza para corregir la potencia con la cual se va a calcular el tipo de banda, estos valores se encuentran en el catálogo y depende del tipo de trabajo que va a realizar y bajo diferentes condiciones.
- b) **Potencia de diseño (Pd)** es la potencia que se va a considerar para los cálculos siguientes y tiene la siguiente fórmula.

$$Pd = Kd * Pm \quad (2.6)^{21}$$

- c) **Relación de transmisión (i)** es la relación de velocidades que se tiene entre poleas y se calcula con siguiente ecuación.

$$i = \frac{n1}{n2} \quad (2.7)^{22}$$

- d) **Cálculo de la aproximación de la distancia entre centros (a)** se calcula una distancia de centros aproximada, tomando en cuenta los

¹⁸ Trelleborg, Manual de Diseño HP-E-V-belts, página 29

¹⁹ Trelleborg, Manual de Diseño HP-E-V-belts, página 29

²⁰ Robert L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas, Segunda Edición, p 289.

²¹ Trelleborg, Manual de diseño HP-E-V-belts, página 8

²² Trelleborg, Manual de diseño HP-E-V-belts, página 8

diámetros de las poleas tanto conducida como conductora con la siguiente fórmula.

$$a = \frac{Dp+3dp}{2} \quad (2. 8)^{23}$$

e) Cálculo de longitud de banda (Lp) para el cálculo de la longitud de la banda que involucra los parámetros antes mencionadas, se utiliza la siguiente ecuación:

$$Lp = 2a + 1.57(Dp + dp) + \frac{(Dp-dp)^2}{4a} \quad (2. 9)^{24}$$

Con este valor se busca en los catálogos y se selecciona una banda que se asemeje a éste.

2.7.3.2. Teoría del esfuerzo cortante máximo

La teoría del esfuerzo cortante máximo (MSST por sus siglas en inglés) fue propuesta primero por Coulomb (1773), pero fue descubierta independientemente por Tresca (1868), por lo tanto se llama criterio de fluencia de Tresca²⁵, y se utilizará para el cálculo del diámetro mínimo del eje que involucra parámetros como:

(Sy) Resistencia a la fluencia

(Fs) Factor de seguridad

(M) Momento máximo en la sección a analizar.

(T) Torque máximo en la sección a analizar.

$$d = \left[\frac{32 \cdot Fs}{\pi \cdot Sy} \sqrt{M^2 + T^2} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (2. 9)^{26}$$

2.7.3.3. Teoría de la energía de distorsión

²³ Trelleborg, Manual de diseño HP-E-V-belts, página 9

²⁴ Trelleborg, Manual de diseño HP-E-V-belts, página 9

²⁵ Bernard J. Hamrock, Elementos de máquinas, Segunda Edición, p 235.

²⁶ Bernard J. Hamrock, Elementos de máquinas, Segunda Edición, p 430.

La teoría de la energía de distorsión también es conocida como criterio de Von Mises, postula que la causa de la falla, es por la energía elástica asociada con la deformación por cortante, esta teoría es válida para materiales dúctiles y predice el flujo bajo cargas combinadas²⁷.

$$\sigma_e = (\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1 * \sigma_2)^{1/2} \quad (2. 11)^{28}$$

2.7.3.4. Rodamientos

Es un elemento mecánico que reduce la fricción entre un eje y las piezas conectadas a éste, que le sirve de apoyo y facilita su desplazamiento.

Los rodamientos se denominan también cojinetes no hidrodinámicos. Teóricamente, estos cojinetes no necesitan lubricación, ya que las bolas o rodillos ruedan sin deslizamiento dentro de una pista. Sin embargo, como la velocidad de giro del eje no es exactamente constante, las pequeñas aceleraciones producidas por las fluctuaciones de velocidad, producen un deslizamiento relativo entre bola y pista. Este deslizamiento genera calor. Para disminuir esta fricción se lubrica el rodamiento creando una película de lubricante entre las bolas y la pista de rodadura.

2.7.3.5. Mecanismos

Se denomina mecanismo a un conjunto de sólidos resistentes, móviles unos respecto de otros, conectados entre sí mediante diferentes tipos de uniones, llamadas pares cinemáticos (pernos, uniones de contacto, pasadores, etc.), cuyo propósito es transformar el movimiento producido por un elemento motriz (fuerza de entrada) en un movimiento deseado de salida (fuerza de salida) llamado elemento conducido.

²⁷ Bernard J. Hamrock, Elementos de máquinas, Segunda Edición, p 238.

²⁸ Bernard J. Hamrock, Elementos de máquinas, Segunda Edición, p 238.

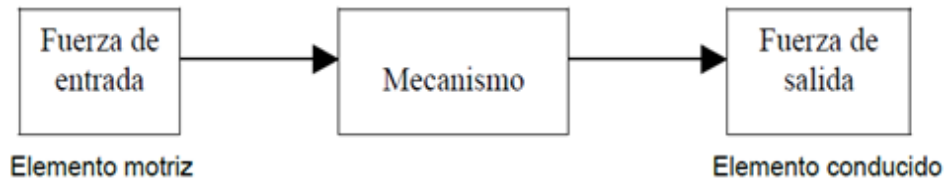


Figura 2.11. Mecanismos

Basándose en principios del álgebra lineal y física, se crean esqueletos vectoriales, con los cuales se forman sistemas de ecuaciones. A diferencia de un problema de cinemática o dinámica básica, un mecanismo no se considera como una masa puntual y, debido a que los elementos que conforman a un mecanismo presentan combinaciones de movimientos relativos de rotación y traslación, es necesario tomar en cuenta conceptos como: centro de gravedad, momento de inercia, velocidad angular, etc.

2.7.3.5.1. Aplicación del Mecanismo

El mecanismo de la máquina se fundamenta en el giro de los marcos en 180 grados para poder extraer la miel de las dos caras, para no tener que sacar los marcos y voltearlos manualmente, esto mejora los tiempos muertos de la máquina y se tiene menor contacto como se describe en las figuras 2.12 y 2.13.

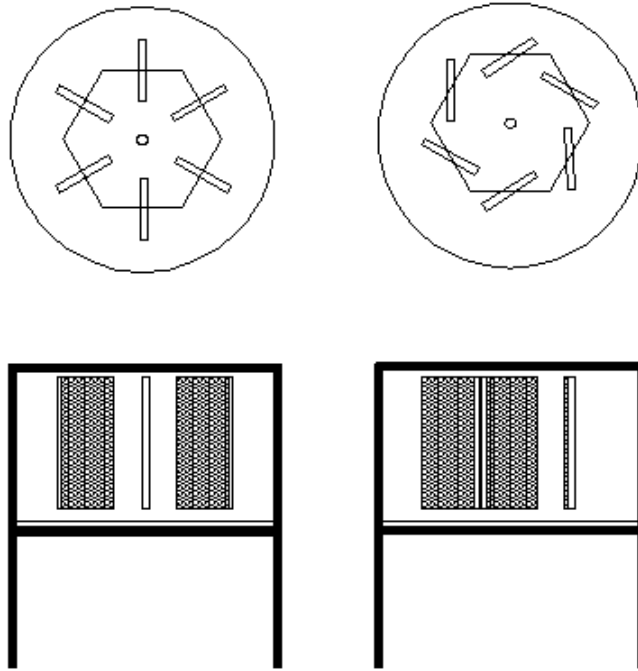


Figura 2.12. Máquina girando los cuadros.

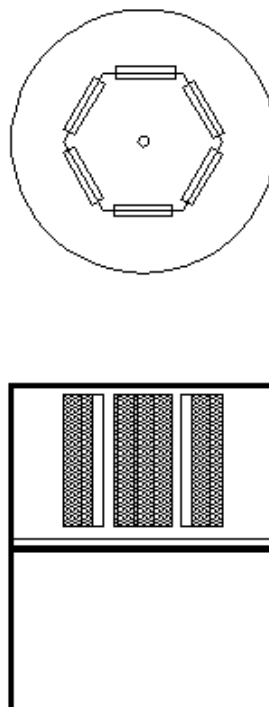


Figura 2.13. Máquina después de girar 180 grados lista para extracción posterior.

2.7.3.6. Motores eléctricos

Un motor eléctrico es un dispositivo que transforma energía eléctrica en energía mecánica a través de diferentes interacciones electromagnéticas.

2.7.3.6.1. Partes de un motor eléctrico

La carcasa o caja que envuelve las partes eléctricas del motor, es la parte externa.

El inductor, llamado estator es una parte fija unida a la carcasa, cuando se trata de motores de corriente alterna, consta de un apilado de chapas magnéticas y sobre ellas está enrollado un bobinado.

El inducido, se llama también rotor, cuando se trata de motores de corriente alterna, consta de un apilado de chapas magnéticas y sobre ellas está enrollado un bobinado, que constituye la parte móvil del motor y resulta ser la salida o eje del motor.

2.7.3.6.2. Motor de corriente alterna

En la actualidad, el motor de corriente alterna es el que más se utiliza para la mayor parte de las aplicaciones, debido fundamentalmente a que se consigue un buen rendimiento, bajo mantenimiento y sencillez en su construcción, sobre todo en los motores asíncronos como se indica en la figura 2.14.

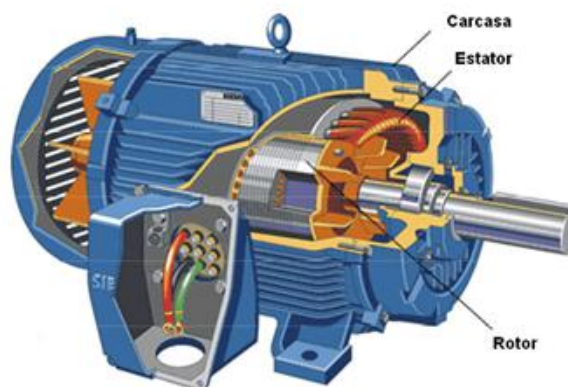


Figura 2.14. Motor corriente alterna²⁹

²⁹ <http://motordecorrientecontinua.com/>

Los motores de corriente alterna se clasifican: por su velocidad de giro, por el tipo de rotor y por el número de fases de alimentación.

a) Por su velocidad de giro:

1. Asíncronos
2. Síncronos

b) Por el tipo de rotor:

1. Motores de anillos rasantes.
2. Motores con colector
3. Motores de jaula de ardilla

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

3.1. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONALIDAD

La máquina debe tener las siguientes características:

- **Giro de marcos**

Debe contar con un sistema que permita girar los marcos de miel para poder extraerla de las dos caras.

- **Transportable**

La máquina debe tener las medidas y peso adecuados para que pueda ser desplazada a cualquier lugar donde la necesite el apicultor y no sobrepasar un diámetro de 1.5 m.

- **Tipo de extracción**

Este sistema debe producir el menor daño a los cuadros de cera y brindar una buena extracción de miel por cuadro.

- **Capacidad**

La máquina tiene que poseer la capacidad de extraer 20 kg/h.

3.2. PARÁMETROS PARA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Los parámetros o especificaciones de selección de alternativas para el diseño y para la construcción de la centrifugadora de miel son los siguientes:

- **Funcionalidad**

Éste, es el parámetro más importante, porque la centrifugadora de miel debe cumplir con las características planteadas en el párrafo 3.1, entre las cuales se destaca las siguientes ventajas: realizar el menor daño posible a los marcos de cera y ser de fácil manipulación.

- **Rendimiento**

El parámetro de rendimiento define el porcentaje de miel extraída en cada carga de marcos.

- **Mantenimiento**

Los elementos que conforman la máquina deben ser los más sencillos, para que el mantenimiento sea el mínimo, además sus repuestos deben ser fáciles de obtener en el mercado nacional, y la máquina debe estar libre de lubricación.

- **Procesos de fabricación**

El proceso de fabricación debe ser lo menos complejo posible, así; tiene que ser acorde a la maquinaria que se encuentra disponible en el medio, con el fin de tener un tiempo de fabricación rápido.

- **Ruido**

Este parámetro tiene que tomarse en cuenta, porque un excesivo ruido en un entorno natural puede alterar a las abejas.

- **Riesgo operacional**

En mayor o menor medida todo riesgo puede devenir en resultados no planeados ni deseados por la manipulación de la máquina, siendo un aspecto importante para el desarrollo del proyecto.

- **Costo de inversión**

El costo es un factor a considerar que no puede ser elevado y debe oscilar entre \$2200 y \$2700.

3.3. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

Para seleccionar el modelo se van a tomar en cuenta tres alternativas, las cuales constan de diferentes tipos de sistemas y materiales.

3.3.1. ALTERNATIVA A

Esta máquina está constituida por las siguientes partes:

- Tanque de acero inoxidable.

Es uno de los materiales más utilizados para la elaboración de alimentos, debido a que no produce oxidación.

- Sistema de transmisión de potencia con bandas.

Una de las ventajas más importantes del sistema de transmisión con bandas, es no requerir lubricación, contiene un sistema de poleas que le permite alcanzar la velocidad deseada para el funcionamiento de la máquina.

- Mecanismo de giro de banda.

Este mecanismo permite girar 180 grados, sin ser un sistema complejo no tiene un costo elevado y consta de un sistema de bloqueo para los marcos.

- Estructuras exteriores de acero A-36.

La estructura se puede componer con este material, por su facilidad de obtenerlo en el mercado y sus propiedades mecánicas que cumplen con los requerimientos del proyecto.

3.3.2. ALTERNATIVA B

Máquina constituida por sus componentes básicos como:

- Diseño del tanque en acero galvanizado.

El acero galvanizado se puede tomar en cuenta, pero requiere mantenimiento para que no disminuyan sus propiedades e incluso de un recubrimiento para un mejor desempeño con la miel.

- Sistema de transmisión de potencia con engranes cónicos.

Los engranes cónicos producen poco ruido, su transmisión es perpendicular y se puede dar una relación de transmisión para regular la velocidad requerida.

- Mecanismo de giro de Grashof.

El Mecanismo de giro de Grashof es uno de los más utilizados, son fáciles de diseñar en la industria y cumple con el propósito de giro de los marcos.

- Estructuras exteriores de acero A-36

La estructura se puede componer con este material, por su facilidad de obtenerlo en el mercado y sus propiedades mecánicas que cumplen con los requerimientos del proyecto.

3.3.3. ALTERNATIVA C

Máquina constituida por sus componentes básicos como:

- Diseño del tanque en acero negro.

El acero negro es un material que requiere mantenimiento e incluso de un recubrimiento para un mejor desempeño con el producto.

- Sistema de transmisión de potencia con bandas.

Una de las ventajas más importantes del sistema de transmisión con bandas, es no requerir lubricación, contiene un sistema de poleas que le permite alcanzar la velocidad requerida para el funcionamiento de la máquina.

- Mecanismo de giro de engranes.

Este mecanismo cumple con el propósito de giro de los marcos, pero requiere de lubricación y mantenimiento.

- Estructuras exteriores de acero A-36.

La estructura se puede componer con este material por su facilidad de obtenerlo en el mercado y sus propiedades mecánicas que cumplen con los requerimientos del proyecto.

3.4. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS Y ESPECIFICACIONES DE UNA SOLUCIÓN

3.4.1. MATRIZ DE PONDERACIÓN

En esta matriz se resalta la importancia de cada parámetro de decisión que fue descrito en el párrafo 3.2 clasificado en diferentes criterios. La ponderación es de acuerdo a la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Ponderación

Criterio	Parámetros	Factor de ponderación (%)
Técnico	Funcionalidad	20
	Rendimiento	10
	Mantenimiento	10
	Procesos de fabricación	10
	Ruido	10
Seguridad industrial	Riesgo operacional	20
Económico	Costo de inversión	20
Total		100

Tabla 3.2. Matriz de decisión

Características	Ponderación	Alternativas		
		A	B	C
Funcionalidad	20	17	16	14
Rendimiento	10	8	7	6
Mantenimiento	10	7	6	5
Procesos de fabricación	10	8	8	7
Ruido	10	7	7	7
Riesgo operacional	20	14	12	16
Costo de inversión	20	17	16	16
Total	100	78	72	71

3.4.2. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

De acuerdo con la matriz la mejor alternativa es la opción A, que obtuvo la mejor puntuación.

3.4.3. ESPECIFICACIONES DE LA SOLUCIÓN.

Las especificaciones de la solución encontrada se detallan a continuación.

Tanque de AISI 304

Se caracteriza por no requerir mantenimiento constante ni recubrimiento para un mejor desempeño y se utiliza para el manejo de alimentos de consumo humano.

Sistema de transmisión de potencia con bandas.

Se identifica por ser un sistema de transmisión con bandas, que no requiere lubricación y contiene un sistema de poleas que le permite alcanzar la velocidad requerida para el funcionamiento de la máquina.

Mecanismo de giro.

Se caracteriza por ser sistema de bandas, que no requiere lubricación y contiene un par de poleas que le permite girar los marcos.

Estructuras exteriores de acero A-36.

Es un material de fácil obtención en sus diferentes formas, en el mercado nacional y sus propiedades mecánicas satisfacen las necesidades del proyec

CAPÍTULO 4

DISEÑO DE LA MÁQUINA PARA EXTRACCIÓN

4.1. DISEÑO DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA

La máquina consta de los siguientes sistemas o subconjuntos:

- Soporte estructural exterior.
- Soporte estructural interior.
- Sistema generador de potencia.
- Conjunto banda.
- Mecanismo de giro.
- Sistema de portamarcos.

4.1.1. PARÁMETROS DE DISEÑO

El diseño se fundamenta en los parámetros del párrafo 3.2, de la alternativa que tuvo mayor puntuación en la selección.

4.1.2. FACTOR DE SEGURIDAD

La confiabilidad es la probabilidad de que el equipo (como partes, ensambles, componentes, máquinas y sistema de máquinas) realizará la función propuesta de manera satisfactoria, o sin falla.

En muchas aplicaciones el motivo de las fallas está dado por una sobrecarga de esfuerzos, corrosión, desgaste y distorsión, a continuación se detalla los valores de factores de seguridad³⁰.

$N = 1.2 - 1.5$ para materiales excepcionales confiables usados bajo condiciones controladas y sujetos a cargas y esfuerzos que puedan determinarse con exactitud, un punto importante es que casi siempre se usa para cargas pequeñas.

³⁰ Aaron Deutchman, Diseño de Máquinas, Segunda edición, p 22.

N= 1.5 – 2 se utiliza para materiales bien conocidos, en condiciones de medio ambiente razonable y sujetos a esfuerzos que puedan calcularse con facilidad.

N = 2 – 2.5 se utiliza para materiales promedio que trabajen en condiciones de medio ambiente ordinarias y con cargas que se puedan calcular.

N = 2.5 – 3 se utiliza para materiales poco conocidos o para materiales frágiles en condiciones promedio.

N = 3 – 4 se utiliza para materiales conocidos los cuales vayan a trabajar en condiciones ambientales inciertas y sujetos a esfuerzos inciertos.

Los rangos referenciales de factores de seguridad que se van a considerar para este proyecto se indican en la tabla 4.1.

Tabla 4.1. Tabla de factores de seguridad

Descripción	Rango	Sustentación
Vigas de soporte superior e inferior	2– 2.5	Presentará cargas establecidas y calculadas de forma estática y dinámica y trabajará bajo condiciones ambientales ordinarias.
Columnas principales izquierda y derecha	2– 2.5	Trabaja bajo condiciones ambientales ordinarias.
Tanque	2– 2.5	Máquina transportable, y estar sujeta a golpes accidentales en el proceso y trabajará bajo condiciones ambientales inciertas.
Portamarcos	2– 2.5	Por el manejo constante del contenedor, las piezas que trabajarán bajo condiciones ambientales ordinarias y las fuerzas que se pueden calcular.
Ejes	2– 2.5	Trabaja bajo cargas que se puedan calcular
Soportes hexagonales	2– 2.5	Trabaja bajo condiciones ambientales ordinarias.

4.2. ESQUEMA DE LA MÁQUINA

El esquema de la máquina está en la figura 4.1, y el diagrama de cuerpo libre, en la figura 4.2.



Figura 4.1. Esquema de la máquina

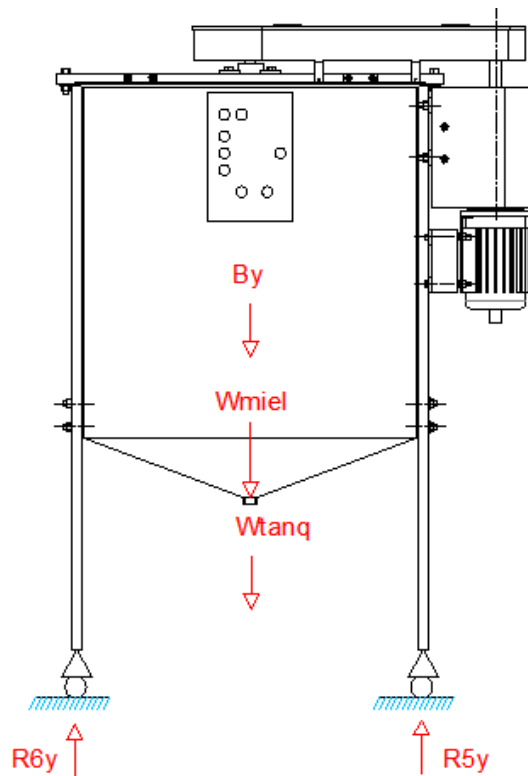


Figura 4.2. Diagrama de cuerpo libre de la máquina

4.3. SOPORTE ESTRUCTURAL EXTERIOR

El soporte estructural exterior está constituido de los siguientes componentes y el cálculo completo de las fuerzas se encuentra en el anexo

A:

- Sección cónica.
- Tanque cilíndrico.
- Columna larga izquierda.
- Columna larga derecha.

4.3.1. SECCIÓN CÓNICA

Para determinar las dimensiones es importante tomar en cuenta el área de la plancha con el fin de optimizar su utilización. Por lo que se establece las siguientes dimensiones:

- Diámetro 776 mm.
- Altura 140 mm.

Estas características se indican en la figura 4.3.

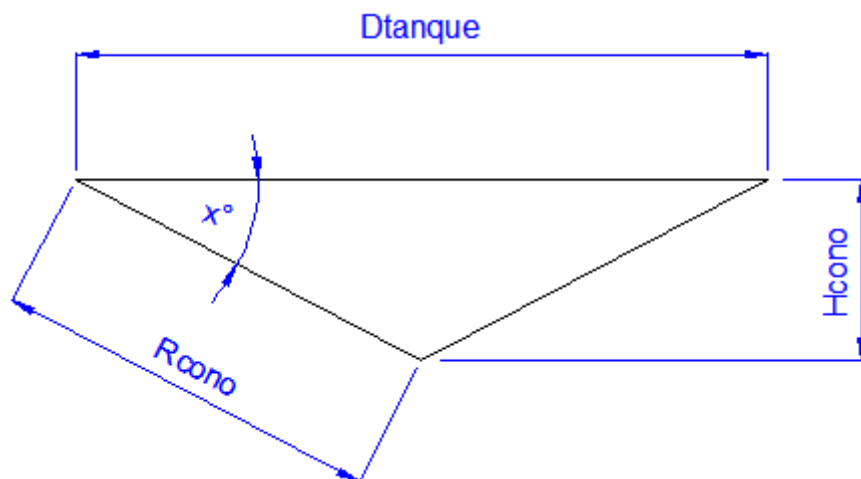


Figura 4.3. Sección cónica del tanque

Datos

Diámetro del tanque

Altura del cono circular

$D_{tanque} := 776 \text{ mm}$

$H_{cono} := 140 \text{ mm}$

Resumen del cálculo

Radio del cono circular

$$R_{\text{cono}} := \sqrt{\left(\frac{D_{\text{tanque}}}{2}\right)^2 + (H_{\text{cono}})^2} = 412.5 \text{ mm}$$

Ángulo de inclinación de sección cónica

$$x := 20 \text{ } ^{\circ}$$

El ángulo de corte (α) de la sección cónica se muestra en la figura 4.4.

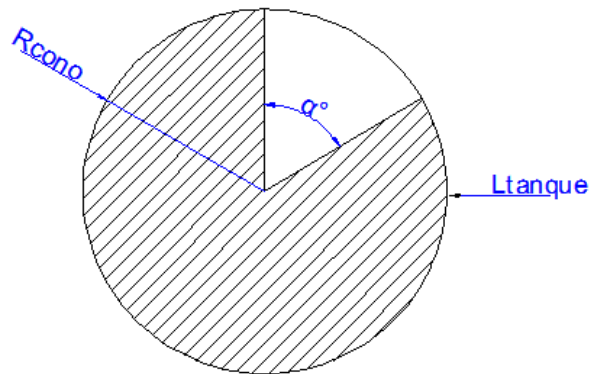


Figura 4.4. Desarrollo de la sección cónica del tanque

$$\alpha := \left[2\pi - \left(\frac{D_{\text{tanque}} \cdot 2\pi}{2 R_{\text{cono}}} \right) \right] \cdot \frac{360}{2\pi} = 21.4 \text{ } ^{\circ}$$

Resultados

Altura sección cónica 140 mm.

Ángulo de inclinación de la sección 20 °.

Ángulo de corte de la sección cónica 21.4 °.

4.3.2. TANQUE CILÍNDRICO

Para determinar el espesor del tanque, se tomará en cuenta las cargas a las cuales va a estar sometido por el producto que se encuentra en la parte inferior.

A continuación se describe las características del tanque en la figura 4.5.

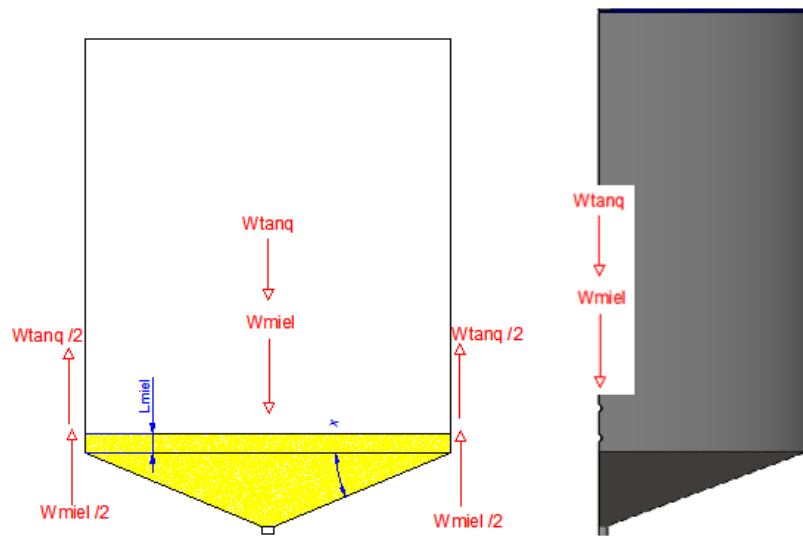


Figura 4.5. Diagrama del tanque

Datos

Diámetro del tanque	Altura del cono circular
$D_{\text{tanque}} := 776 \text{ mm}$	$H_{\text{cono}} := 140 \text{ mm}$
Densidad de la miel	Altura de la sección cilíndrica circular
$\rho_{\text{miel}} := 1.42 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$	$L_{\text{miel}} := 12 \text{ mm}$
$W_{\text{tanq}} := 225.4 \text{ N}$	

Resumen del cálculo

Volumen de la sección cilíndrica y cónica

$$V_{\text{cono}} := \frac{\frac{1}{3} \cdot \pi \cdot \left(\frac{D_{\text{tanque}}}{2}\right)^2 \cdot H_{\text{cono}}}{10^3} = 22070.9 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{cilindro}} := \frac{\pi \cdot \left(\frac{D_{\text{tanque}}}{2}\right)^2 \cdot L_{\text{miel}}}{10^3} = 5675.4 \quad \text{cm}^3$$

Volumen de la miel en el tanque

$$V_{\text{Total}} := V_{\text{cono}} + V_{\text{cilindro}} = 27746.3 \quad \text{cm}^3$$

Masa de la miel en el tanque

$$\text{masa} := \frac{\rho_{\text{miel}} \cdot V_{\text{Total}}}{1000} = 39.4 \quad \text{kg}$$

$$W_{\text{miel}} := \text{masa} \cdot g = 386.1 \quad \text{N}$$

Material: Plancha de Acero AISI 304 espesor 1.2 mm

$$S_{y2} := 310 \quad \text{MPa} \quad S_{u2} := 620 \quad \text{MPa}$$

Perforación en el tanque

$$D_{\text{pernoinox}} := 12.7 \quad \text{mm}$$

Área de la sección cilíndrica de apoyo del tanque

$$A_{\text{proyectada}} := D_{\text{pernoinox}} \cdot 1.2$$

$$A_{\text{proyectada}} = 15.2 \quad \text{mm}^2$$

Esfuerzo en la sección perforada del tanque

$$\sigma_{\text{miel}} := \frac{\frac{W_{\text{miel}}}{2} + \frac{W_{\text{tanq}}}{2}}{A_{\text{proyectada}}} = 20.1 \quad \text{MPa}$$

Factor de seguridad del tanque

$$F_{s15} := \frac{S_{y2}}{\sigma_{\text{miel}}} = 15.5$$

Resultados

Factor de seguridad del tanque 15.5.

Simulación

En la figura 4.6 se muestra la simulación de una plancha AISI 304 con espesor de 1.2 mm.

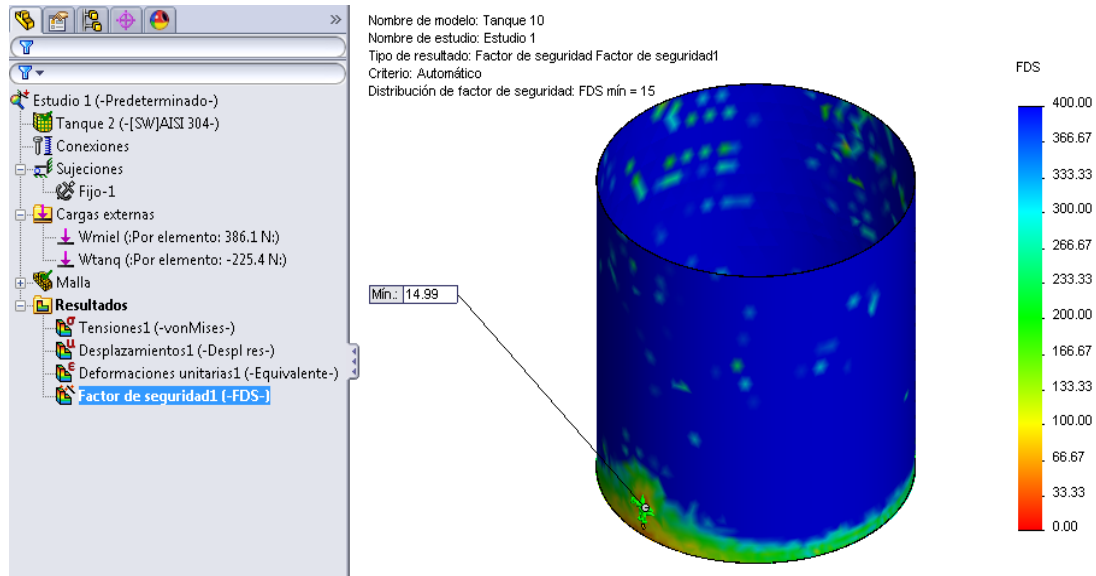


Figura 4.6. Factor de seguridad del tanque

En la figura anterior se describe el factor de seguridad del tanque de 14,99, este factor es de la sección perforada que es el soporte del contenedor.

Resultados.

Factor de seguridad del tanque 14,99.

Resumen de factores de seguridad

Tabla 4.2. Tabla de factores de seguridad del tanque.

	Factor de seguridad			
	Diseño	Solidworks	Error %	Fs. ref.
Tanque	15,50	14,99	3,29	2.5

El factor de seguridad del software respecto al diseño varía en un porcentaje despreciable, con respecto al factor de seguridad establecido para el tanque en la tabla 4.1 varía considerablemente, esto se debe a que el tanque va estar sometido a golpes accidentales y de transporte, por lo que podría deformarse, se consideró un mayor espesor para garantizar su correcto funcionamiento.

4.3.3. COLUMNA LARGA IZQUIERDA

La columna del lado izquierdo de la máquina presenta las cargas que se describen a continuación en la figura 4.7.

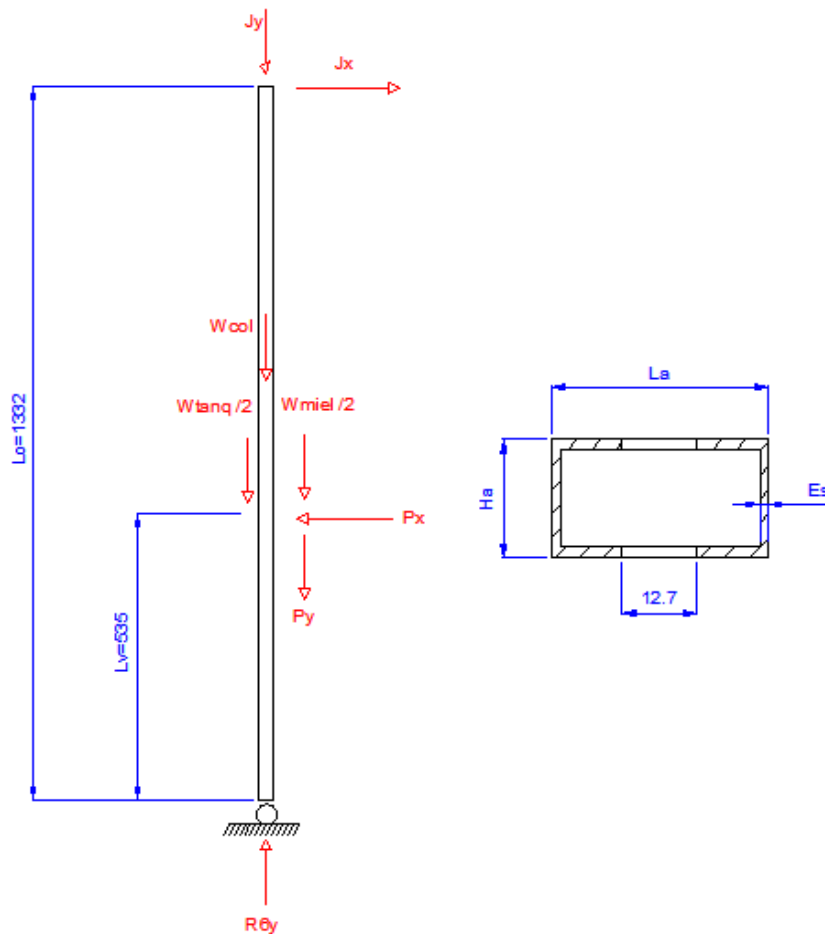


Figura 4.7. Diagrama de la columna izquierda

Datos

Perfil rectangular 2" x 1" x 1.5mm AISI 304

$L_a := 50.8$ mm $H_a := 25.4$ mm $E_s := 1.5$ mm

$Sy_2 := 310$ MPa $Su_2 := 620$ MPa

Longitudes de la columna

$L_v := 535$ mm $L_0 := 1332$ mm

Fuerzas de la columna

$P_y := 389.1$ N $R_{6y} := 743.6$ N $W_{tanq} := 225.4$ N

$$P_x := 13.5 \quad \text{N} \quad W_{\text{miel}} := 386.1 \quad \text{N} \quad J_y := 26.2 \quad \text{N}$$

$$W_{\text{col}} := 2.3 \cdot 9.8 = 22.5 \quad \text{N} \quad J_x := 13.5 \quad \text{N}$$

Resumen de cálculos

Cálculo de las inercias de la sección

$$\text{Inercia1} := \left[\left(\frac{1}{12} \cdot L_a \cdot H_a^3 \right) - \left[\frac{1}{12} (L_a - 2 \cdot E_s) \cdot (H_a - 2 \cdot E_s)^3 \right] \right]$$

$$\text{Inercia1} = 2.5 \times 10^4 \quad \text{mm}^4$$

Área de la sección

Diámetro de la perforación

$$D_{\text{pernoinox}} := 12.7 \quad \text{mm}$$

$$A_{\text{proyectada}} := 2 \cdot D_{\text{pernoinox}} \cdot E_s = 38.1 \quad \text{mm}^2$$

Esfuerzo normal por compresión de la columna izquierda

$$\sigma_c := \frac{R_{6y}}{A_{\text{proyectada}}} = 19.5 \quad \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

A continuación en la figura 4.8 se muestra el gráfico del esfuerzo cortante de la columna analizada como viga, realizado en el programa MDSolids 3.1.

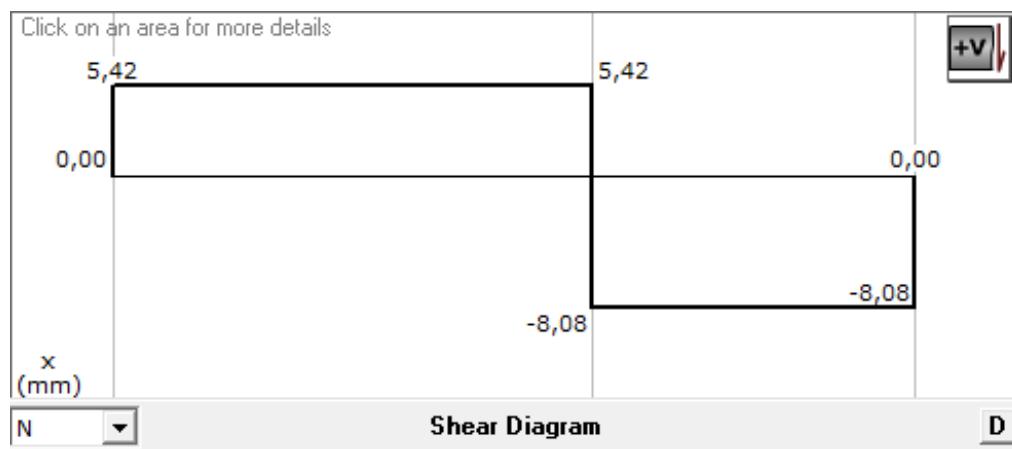


Figura 4.8. Gráfico del esfuerzo cortante de la columna izquierda

En la figura 4.9 se muestra el gráfico del momento de la columna, analizada como viga, realizado en el programa MDSolids 3.1.

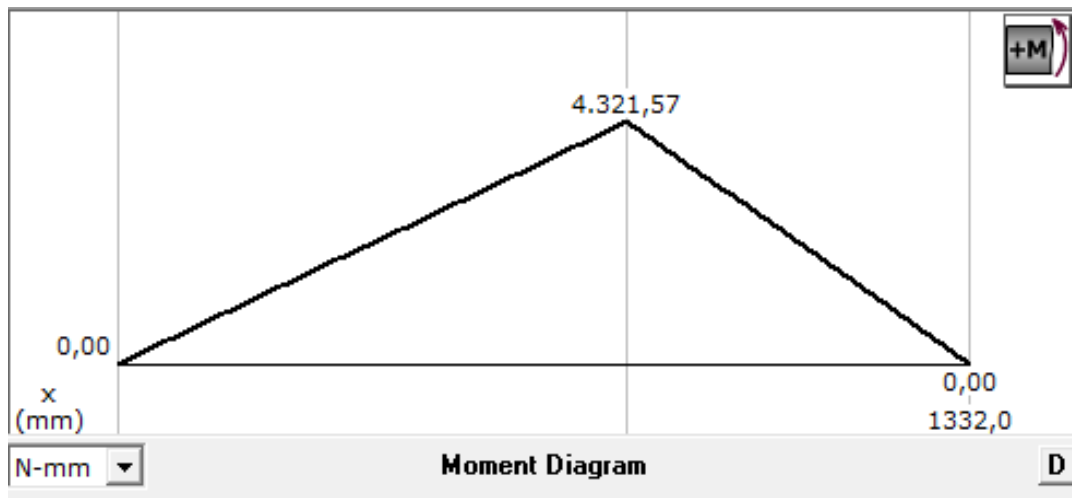


Figura 4.9. Gráfico del momento de la columna izquierda

Momento generado por las fuerzas sobre el perfil

$$M4 := 4321.57 \quad \text{Nmm}$$

Momento estático de primer orden

$$Q1 = \ddot{A} \cdot \ddot{y}$$

$$Q1 := (La - 2Es) \cdot Es \cdot \left(\frac{Ha}{2} - \frac{Es}{2} \right) + 2 \left(\frac{Ha}{2} \cdot Es \right) \cdot \frac{Ha}{4} = 1.1 \times 10^3 \quad \text{mm}^3$$

Esfuerzo cortante de la columna izquierda

$$\tau_b := \frac{Px \cdot Q1}{\text{Inercia1} \cdot 2Es} = 0.2 \quad \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Esfuerzo normal por flexión de la columna izquierda

$$\sigma_b := \frac{M4 \cdot \frac{Ha}{2}}{\text{Inercia1}} = 2.2 \quad \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Esfuerzo total normal de la columna izquierda

$$\sigma_{cr} := \sigma_b + \sigma_c = 21.7 \quad \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Cálculo de los esfuerzos principales de la columna izquierda

$$\sigma_1 := \frac{\sigma_{Cr}}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_{Cr}}{2}\right)^2 + \tau_b^2} = 21.7 \quad \text{MPa}$$

$$\sigma_2 := \frac{\sigma_{Cr}}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_{Cr}}{2}\right)^2 + \tau_b^2} = -1.9 \times 10^{-3} \quad \text{MPa}$$

Aplicando la teoría de energía de distorsión, se tiene

$$\sigma_e := \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1 \cdot \sigma_2} = 21.8 \quad \text{MPa}$$

Factor de seguridad de la columna izquierda a compresión

$$F_{s11} := \frac{S_{y2}}{\sigma_e} = 14.3$$

Resultados.

Factor de seguridad de la columna 14.3.

Simulación

En la figura 4.10 se muestra la simulación de un perfil rectangular de 2"x1" AISI 304 con espesor de 1.5 mm.

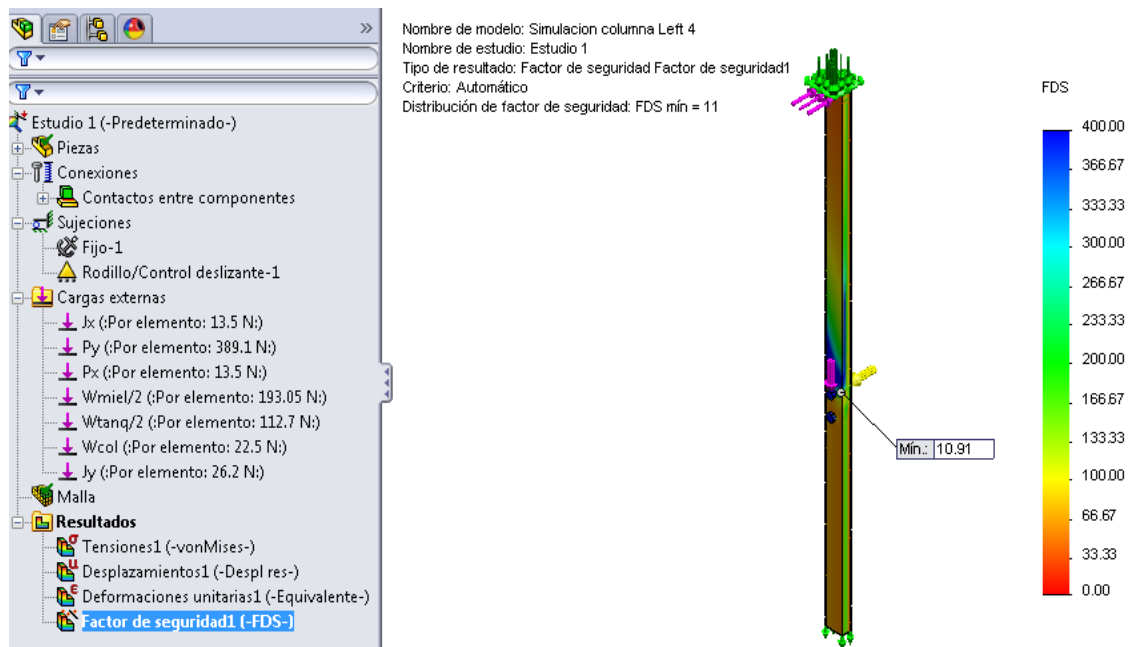


Figura 4.10. Factor de seguridad de la columna

El software presenta un factor de seguridad de 10,91, valor que satisface las necesidades de diseño estático, garantizando su funcionamiento.

Resultados.

Factor de seguridad de la columna izquierda es 10,91.

Resumen de factores de seguridad

Tabla 4.3. Tabla de factores de seguridad de la columna izquierda

	<i>Factor de seguridad</i>			
	<i>Diseño</i>	<i>Solidworks</i>	<i>Error %</i>	<i>Establecido</i>
<i>Columna izquierda</i>	14,30	10,91	23,71	2,5

El factor de seguridad del diseño respecto al software varía en un porcentaje considerable, con respecto al factor de seguridad nominal establecido para la columna en la tabla 4.1 varía ampliamente, esto se debe a que la columna está constituida por el sobrante de material de la viga inferior.

Se determinó en principio que una columna con las dimensiones de 1/2" x 1/2" x 1.2 mm, cumple satisfactoriamente las necesidades de diseño.

4.3.4. COLUMNA LARGA DERECHA

La columna derecha presenta las cargas que se describen a continuación en la figura 4.11.

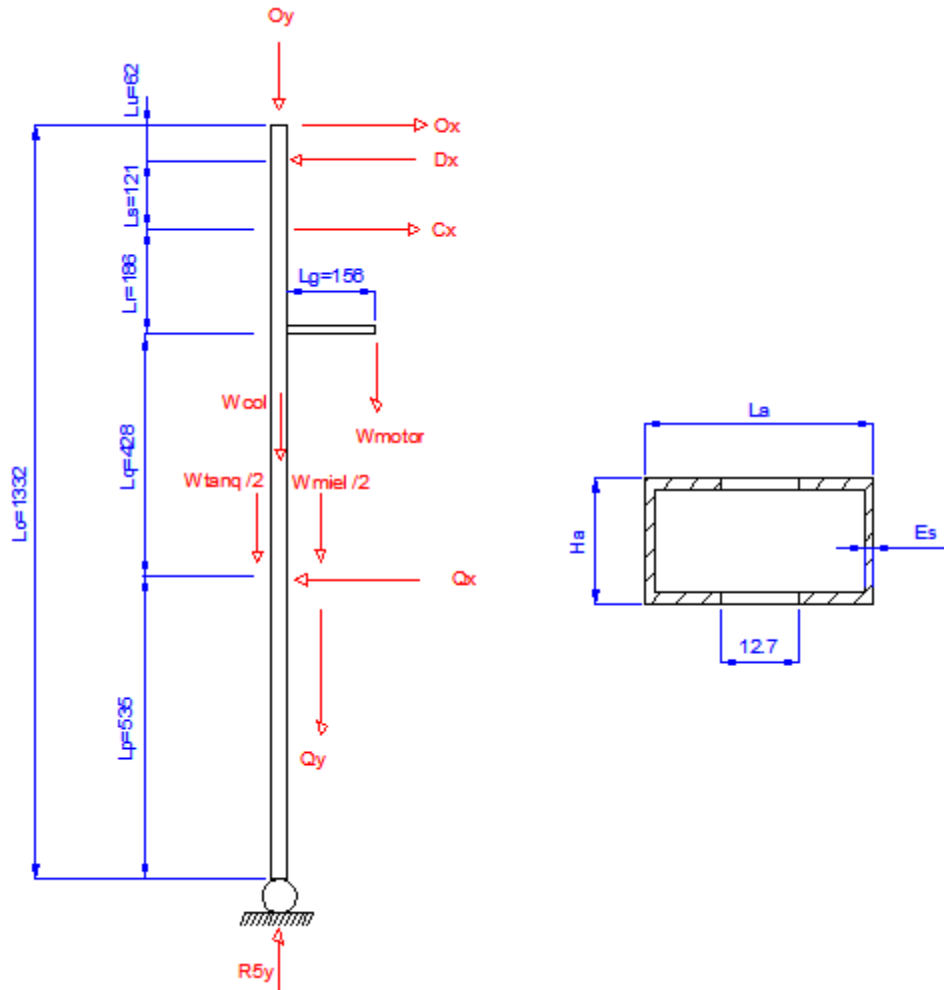


Figura 4.11. Diagrama de la columna derecha

Datos

Características de la columna

$La := 50.8 \text{ mm}$ $Ha := 25.4 \text{ mm}$

$Es := 1.5 \text{ mm}$ $Dperinox := 12.7 \text{ mm}$

Perfil rectangular 2" x 1" x 1.5mm AISI 304

$Sy2 := 310 \text{ Mpa}$ $Su2 := 620 \text{ MPa}$

Fuerzas de la columna

$Ox := 503.1 \text{ N}$ $R5y := 841.6 \text{ N}$ $Wcol := 2.3 \cdot 9.8 = 22.5 \text{ N}$

$$\begin{aligned}
 D_x &:= 1061.6 \quad \text{N} & Q_y &:= 389.1 \quad \text{N} & O_y &:= 26.2 \quad \text{N} \\
 C_x &:= 592.8 \quad \text{N} & W_{\text{miel}} &:= 386.1 \quad \text{N} \\
 Q_x &:= 34.3 \quad \text{N} & W_{\text{tanq}} &:= 225.4 \quad \text{N}
 \end{aligned}$$

Resumen de cálculos

Cálculo de las inercias de la sección

$$\text{Inercia1} := \left[\left(\frac{1}{12} \cdot La \cdot Ha^3 \right) - \left[\frac{1}{12} (La - 2 \cdot Es) \cdot (Ha - 2 \cdot Es)^3 \right] \right] = 2.5 \times 10^4$$

Área de la sección

$$\text{Área} := Ha \cdot La - [(La - 2 \cdot Es) \cdot (Ha - 2 \cdot Es)] = 219.6 \quad \text{mm}^2$$

Esfuerzo normal por compresión de la columna derecha

$$\sigma_c := \frac{R5y}{\text{Área}} = 3.8 \quad \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

A continuación en la figura 4.12 se muestra el gráfico del esfuerzo cortante de la columna derecha analizada como viga, realizado en el programa MDSolids 3.1.

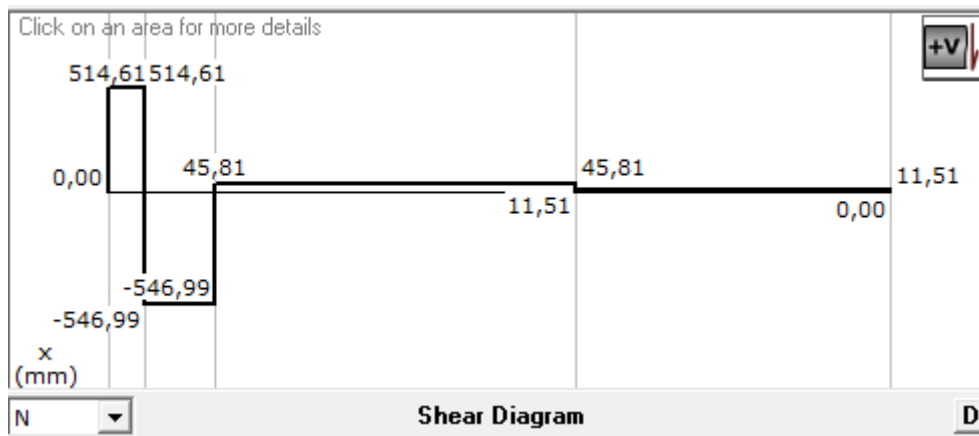


Figura 4.12. Gráfico del esfuerzo cortante de la columna derecha

En la figura 4.13 se muestra el gráfico del momento de la columna derecha analizada como viga, realizado en el programa MDSolids 3.1.

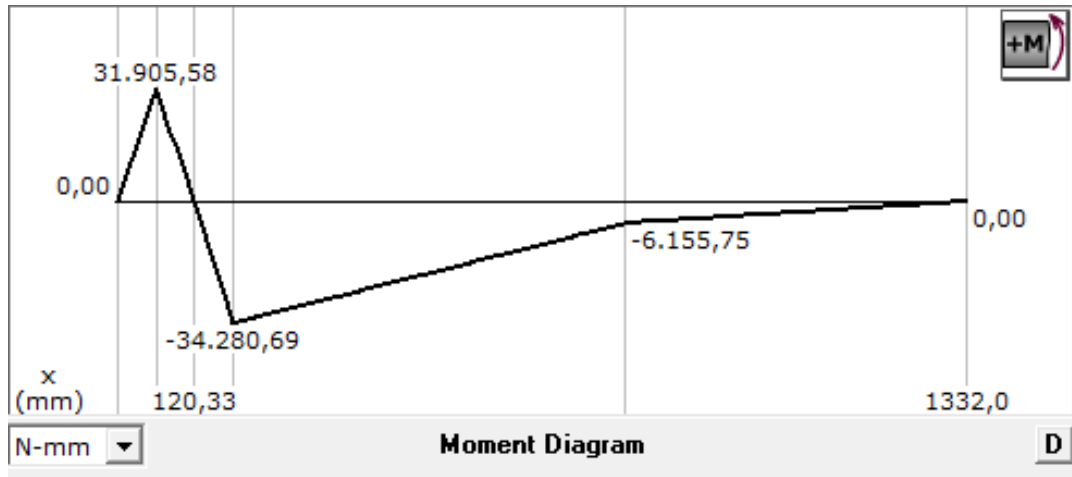


Figura 4.13. Gráfico del momento de la columna derecha

Momento máximo de la columna derecha

$$M5 := 34280.69 \quad \text{N mm}$$

Esfuerzo normal por flexión de la columna derecha

$$\sigma_b := \frac{M5 \cdot \frac{Ha}{2}}{\text{Inercia1}} = 17.7 \quad \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Momento estático del punto crítico

$$Q1 := 2 \left[\text{Es} \cdot \left(\frac{Ha}{2} \right) \right] \cdot \frac{Ha}{4} + [\text{Es} \cdot (La - 2\text{Es})] \cdot \left(\frac{Ha}{2} - \frac{\text{Es}}{2} \right) = 1.1 \times 10^3 \quad \text{mm}^3$$

Esfuerzo cortante de la columna derecha

$$\tau_b := \frac{Dx \cdot Q1}{\text{Inercia1} \cdot 2 \text{Es}} = 15.8 \quad \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Esfuerzo total normal en la columna derecha

$$\sigma_{cr} := \sigma_b + \sigma_c = 21.5 \quad \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Cálculo de esfuerzos principales en la columna derecha

$$\sigma_1 := \frac{\sigma_{cr}}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_{cr}}{2} \right)^2 + \tau_b^2} = 29.9 \quad \text{MPa}$$

$$\sigma_2 := \frac{\sigma_{cr}}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_{cr}}{2} \right)^2 + \tau_b^2} = -8.4 \quad \text{MPa}$$

Aplicando la teoría de energía de distorsión, se tiene

$$\sigma_e := \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1 \cdot \sigma_2} = 34.8 \quad \text{MPa}$$

Factor de seguridad

$$F_s6 := \frac{S_y}{\sigma_e} = 8.9$$

Resultados.

Factor de seguridad de la columna derecha 8.9.

Simulación

En la figura 4.14 se muestra la simulación de un perfil rectangular de 2"x1" AISI 304 con espesor de 1.5 mm.

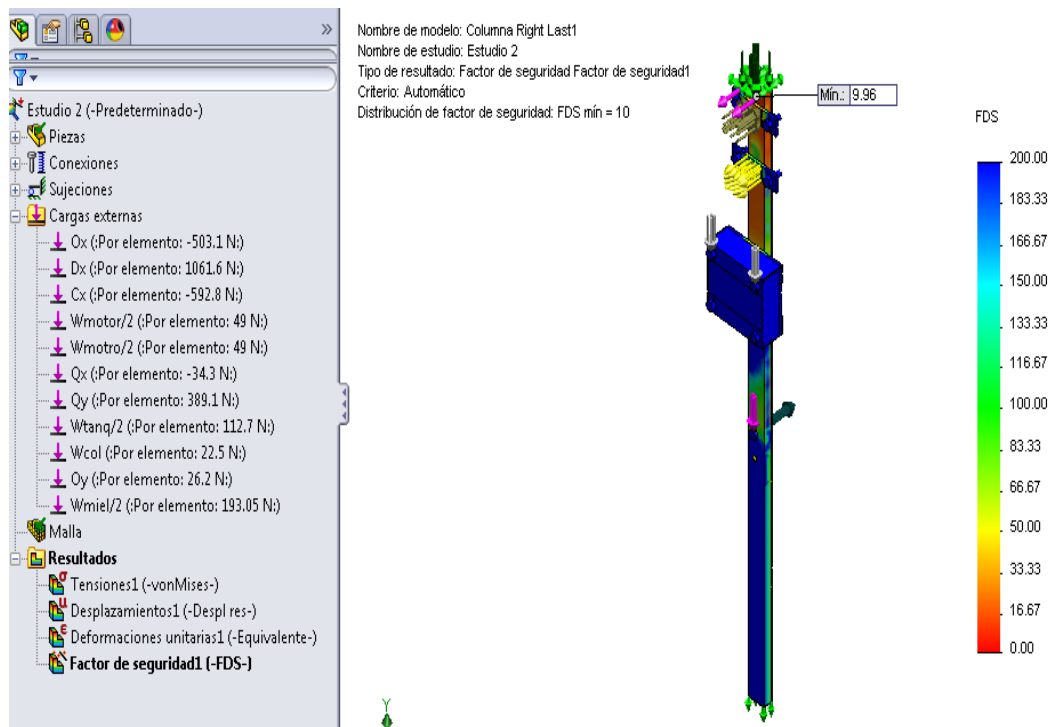


Figura 4.14. Factor de seguridad de la columna derecha

Resultados.

Factor de seguridad de la columna derecha es 9,96

Resumen de factores de seguridad

Tabla 4.4. Tabla de factores de seguridad de la columna derecha

	Factor de seguridad			
	Diseño	Solidworks	Error %	Establecido
Columna derecha	8,90	9,96	11.91	2,5

El factor de seguridad del diseño respecto al software varía en un porcentaje aceptable, con respecto al factor de seguridad nominal establecido para la columna en la tabla 4.1 varía ampliamente, porque este elemento está constituido por el sobrante del material de la viga inferior.

Se determinó en principio que la columna de 1" x 1/2" y espesor de 1,2 mm satisface las necesidades de diseño para la columna derecha.

4.4. SOPORTE ESTRUCTURAL INTERIOR

El soporte estructural interior está constituido de los siguientes componentes y el cálculo completo de las fuerzas se encuentra en el anexo A:

4.4.1. EJE CONDUCIDO INTERNO

Las cargas a las que se encuentra sometido el eje se muestra a continuación en la figura 4.15.

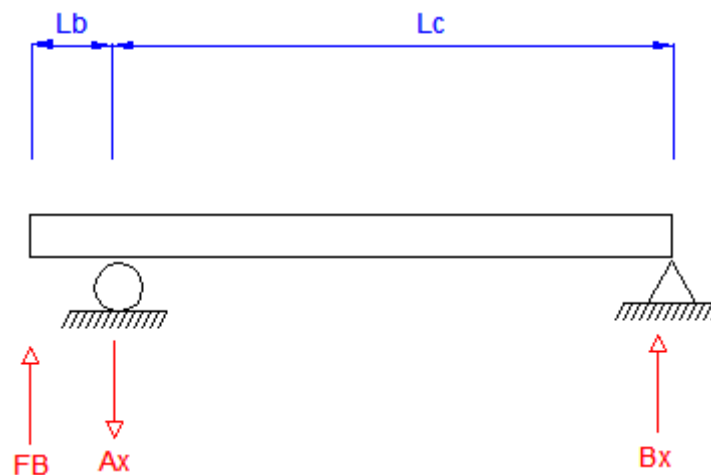


Figura 4.15. Gráfico de las fuerzas del eje conducido

Datos

Fuerza generada por el motor en la polea

$$F_B := 468.8 \quad \text{N}$$

Diámetro de la polea

$$D_p := 203.2 \quad \text{mm}$$

Longitudes del eje conducido

$$L_b := 80 \text{ mm} \quad L_c := 784.4 \text{ mm}$$

Análisis estático

Torque generado por la polea 2 del eje conducido

$$P_c := 0.746 \quad \text{Hp}$$

$$n_2 := \frac{950}{4} \quad \text{Rpm}$$

$$T2 := \frac{9950 \cdot Pc}{n2} = 31.3 \text{ Nm}$$

Resumen del cálculo

Sumatoria de fuerzas en el eje (x)

$$\Sigma Fx := 0$$

$$Ft - Ax + Bx = 0$$

Sumatoria de momentos respecto al punto A

$$\Sigma MA := 0$$

$$-FB \cdot (Lb) + Bx \cdot (Lc) = 0$$

$$Bx := \frac{FB \cdot Lb}{Lc} = 47.8 \text{ N}$$

$$Ax := FB + Bx = 516.6 \text{ N}$$

A continuación en la figura 4.16 se muestra el gráfico del esfuerzo cortante del eje conducido, realizado en el programa MDSolids 3.1.



Figura 4.16. Gráfico de cortante del eje conducido

A continuación en la figura 4.17 se muestra el gráfico del momento del eje conducido, realizado en el programa MDSolids 3.1.

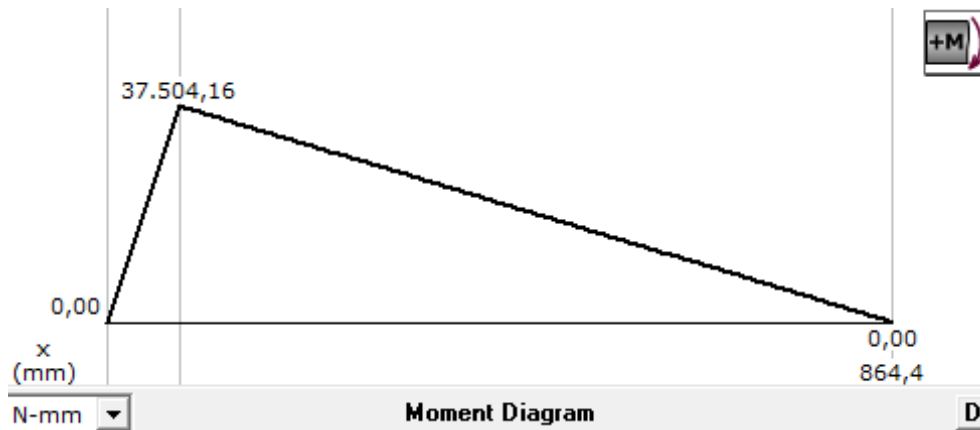


Figura 4.17. Gráfico del momento del eje conducido

Momento generado sobre el eje en la sección crítica

$$M_2 := 37.5 \text{ Nm}$$

Características del eje

$$\text{Material AISI 304} \quad S_{y2} := 310 \text{ MPa} \quad S_{u2} := 620 \text{ MPa}$$

Cálculo del diámetro del eje por la formula de MSST

$$F_{s2} := 2.5$$

$$d_2 := \left[\left[\frac{32(F_{s2})}{\pi S_{y2} \cdot 10^6} \cdot \sqrt{(M_2)^2 + (T_2)^2} \right]^{\frac{1}{3}} \cdot 1000 \right] = 15.9 \text{ mm} \quad (4.3)^{31}$$

Se determina un diámetro mínimo en la sección de 15.9 mm pero se aproximará a 20 mm, para el cálculo siguiente a fatiga.

$$D_2 := 20 \text{ mm}$$

Análisis a fatiga

Esfuerzo cortante del eje conductor

$$\tau_1 := \frac{16 \cdot (T_2 \cdot 1000)}{\pi \cdot D_2^3} = 19.9 \text{ MPa}$$

³¹ Hamrock B., Jacobson B., Schmid S., Elementos de máquinas, segunda edición, p 430.

Esfuerzo de flexión del eje conductor

$$\sigma_1 := \frac{32 \cdot (M_2 \cdot 1000)}{\pi D_2^3} = 47.7 \text{ MPa}$$

Aplicando la teoría del esfuerzo cortante máximo, se tiene

$$\sigma_{\text{equi1}} := \sqrt{\left(\frac{\sigma_{\text{max2}} + \sigma_{\text{min2}}}{2}\right)^2 + 4 \cdot \tau_{\text{m2}}^2} = 39.8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{equi2}} := \sqrt{\left(\frac{\sigma_{\text{max2}} - \sigma_{\text{min2}}}{2}\right)^2 + 4 \cdot \tau_{\text{a2}}^2} = 47.7 \text{ MPa}$$

Cálculo del diámetro del eje

$$S_{e_2} := 0.5 \cdot S_{u_2} \cdot (K_{\text{tamaño2}} \cdot K_{\text{carga2}} \cdot K_{\text{confiabilidad2}}) = 130.9 \text{ MPa}$$

Factor de seguridad a fatiga

$$F_{\text{segF2}} := \frac{S_{y_2}}{\sigma_{\text{equi1}} + \frac{S_{y_2} \cdot \sigma_{\text{equi2}}}{S_{e_2}}} = 2$$

Resultados.

Factor de seguridad dinámico del eje 2.

Se encuentra que la sección resiste para el trabajo determinado con el diámetro mínimo de 20 mm y un factor de seguridad de 2, que está dentro del rango establecido en la tabla 4.1.

4.4.2. VIGA HORIZONTAL INFERIOR

La viga horizontal inferior es la base estructural de todos los componentes, se describe en la figura 4.18 y su análisis completo se encuentra en el anexo A.

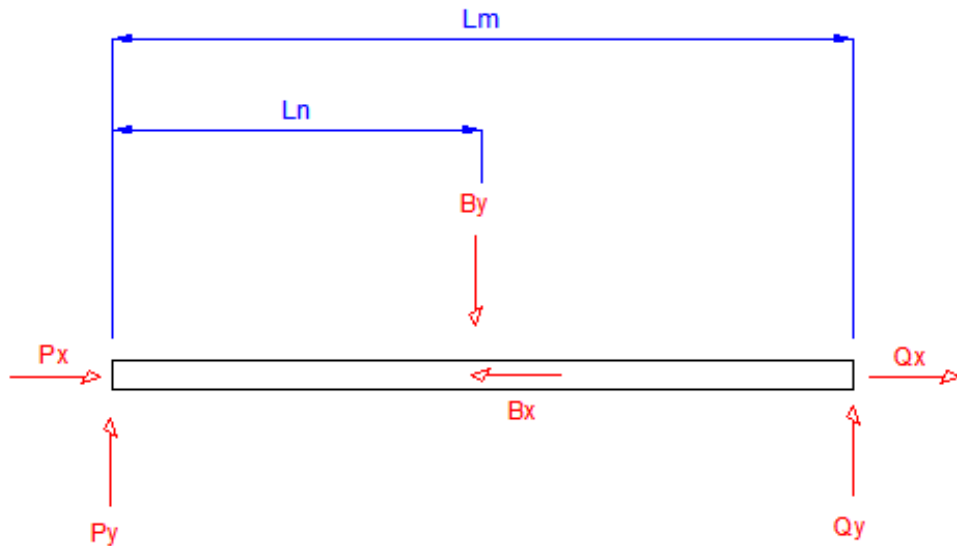


Figura 4.18. Gráfico de las fuerzas en la viga horizontal inferior

Los panales de miel tienen un peso de 2.5 kg., siendo el peso del panal de 1 kg. y el peso promedio de la miel de cada panal de 1.5 kg. mas las masas adicionales detallada a continuación.

Datos

Perfil rectangular de 2"x 1" y espesor 1.5 mm Gravedad
 $Sy_2 := 310 \text{ Mpa}$ $Su_2 := 620 \text{ MPa}$ $g := 9.8 \frac{m}{s^2}$
 $La := 50.8 \text{ mm}$ $Ha := 25.4 \text{ mm}$ $Es := 1.5 \text{ mm}$

Área de la sección

$$\text{Área} := 2[(La - 2 \cdot Es) \cdot Es + Ha \cdot Es] = 219.6 \text{ mm}^2$$

Carga viva

Masa del panal Peso del panal
 $M_{\text{panal}} := 2.5 \text{ kg}$ $W_{\text{panal}} := M_{\text{panal}} \cdot g = 24.5 \text{ N}$

Fuerza de apoyo para cargar el panel

$$F_{\text{apoyo}} := 5 \text{ kg}$$

Fuerza de los 6 paneles

$$B_{\text{vivas}} := W_{\text{panal}} \cdot 6 + F_{\text{apoyo}} \cdot g = 196 \text{ N}$$

Carga muerta

Masa adicional bocines, portamarcos y poleas.

$$M_{extra1} := 3.56 \text{ kg}$$

Masa adicional hexágonos, bocines, polea, templador y mecanismo de giro.

$$M_{extra2} := 9.12 \text{ kg}$$

Datos del eje

$$Deje := 0.0381 \text{ m} \quad heje := 0.8644 \text{ m} \quad \rho_{acero} := 7840 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$M_{eje} := \rho_{acero} \cdot \pi \cdot \frac{Deje^2}{4} \cdot heje = 7.7 \text{ kg}$$

Peso de la viga inferior

$$W_{vigainf} := 1.3 \cdot g = 12.7 \text{ N}$$

Peso del panel, cargas adicionales y el eje

$$W_{panalmarco} := M_{extra1} \cdot g = 34.9 \text{ N}$$

$$By_{Dead} := W_{panalmarco} + M_{eje} \cdot g + M_{extra2} \cdot g + W_{vigainf} = 387.2 \text{ N}$$

Carga de diseño

$$W_{Total} = q1 := 1.4 \cdot By_{Dead} = 542 \text{ N}$$

$$q2 := 1.2 \cdot By_{Dead} + 1.6 \cdot By_{vivas} = 778.2 \text{ N}$$

Cargas de diseño del perfil

$$By := q2 = 778.2 \text{ N}$$

$$Bx := 47.8 \text{ N}$$

Fuerzas en el plano X - Y

Dimensiones de la viga

$$L_m := 776 \text{ mm} \quad L_n := \frac{L_m}{2} = 388 \text{ mm}$$

Resumen de cálculos

Sumatoria de fuerzas respecto al eje y

$$\Sigma F_y := 0$$

$$P_y - B_y + Q_y = 0$$

Sumatoria de momentos respecto al punto P

$$\Sigma M_P := 0$$

$$-B_y \cdot L_n + Q_y \cdot L_m = 0$$

$$Q_y := \frac{B_y \cdot L_n}{L_m} = 389.1 \quad \text{N} \quad P_y := B_y - Q_y = 389.1 \quad \text{N}$$

En la figura 4.19 se muestra el gráfico del cortante de la viga horizontal inferior, realizado en el programa MDSolids 3.1.

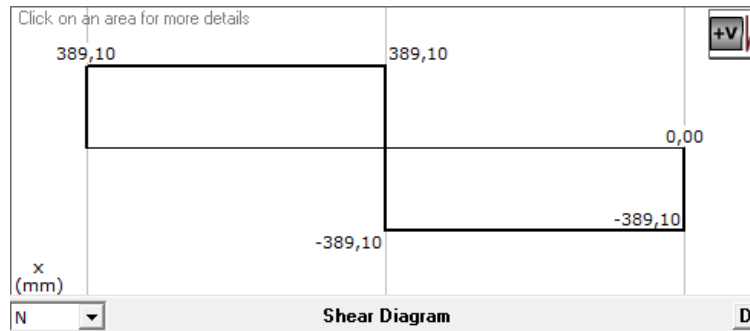


Figura 4.19. Gráfico de cortante la viga inferior

En la figura 4.20 se muestra el gráfico del momento de la viga horizontal inferior, realizado en el programa MDSolids 3.1 y se determina, que la sección crítica está en el punto B que se muestra en la figura 4.18.

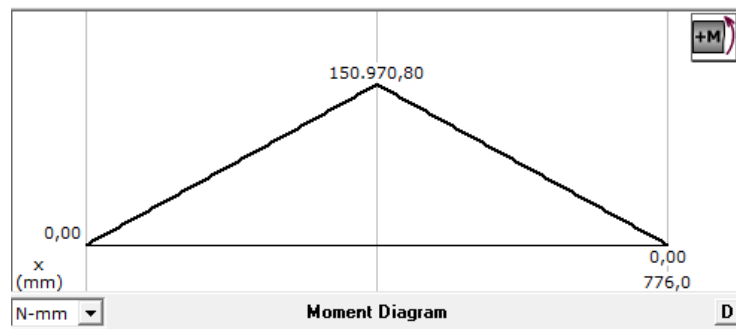


Figura 4.20. Gráfico del momento de la viga horizontal inferior

Momento generado por las fuerzas sobre el perfil

$$M_3 := 150970.8 \quad \text{Nm}$$

Esfuerzo cortante de la viga inferior

$$\tau_b := \frac{By \cdot Q1}{Inercia1 \cdot 2Es} = 11.6 \quad \frac{N}{mm^2}$$

Esfuerzo normal por flexión de la viga inferior

$$\sigma_b := \frac{M3 \cdot \frac{Ha}{2}}{Inercia1} = 77.9 \quad \frac{N}{mm^2}$$

Esfuerzo normal por compresión de la viga inferior

$$\sigma_c := \frac{Bx}{\text{Área}} = 0.2 \quad \frac{N}{mm^2}$$

Esfuerzo total normal de la viga inferior

$$\sigma_{cr} := \sigma_b + \sigma_c = 78.2 \quad \frac{N}{mm^2}$$

Cálculo de los esfuerzos principales de la viga inferior

$$\sigma_1 := \frac{\sigma_{cr}}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_{cr}}{2}\right)^2 + \tau_b^2} = 79.8 \quad \text{MPa}$$

$$\sigma_2 := \frac{\sigma_{cr}}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_{cr}}{2}\right)^2 + \tau_b^2} = -1.7 \quad \text{MPa}$$

Aplicando la teoría de la energía de distorsión de la viga inferior

$$\sigma_e := \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1 \cdot \sigma_2} = 80.7 \quad \text{MPa}$$

Factor de seguridad de la viga inferior

$$Fs3 := \frac{Sy2}{\sigma_e} = 3.8$$

Se determina que la sección resiste para el trabajo establecido, el factor de seguridad satisface las necesidades de diseño para el proyecto.

Resultados.

Factor de seguridad generado en la viga es de 3.8.

Simulación

Simulación del perfil rectangular de 2"x1" AISI 304 con espesor de 1.5 mm.

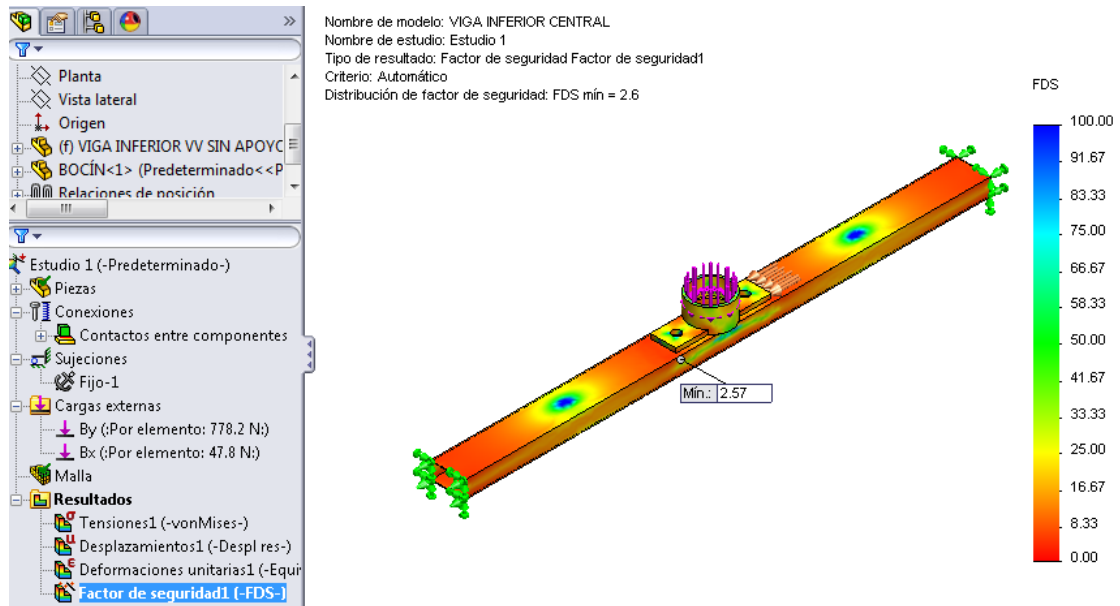


Figura 4.21. Factor de seguridad de la viga inferior

El software presenta un factor de seguridad de 2.57, este valor satisface las necesidades de diseño, garantizando su funcionamiento.

Resultados.

Factor de seguridad de la viga inferior 2.57.

Resumen de factores de seguridad

Tabla 4.5. Tabla de factores de seguridad de la viga inferior

	Factor de seguridad			
	Diseño	Solidworks	Error %	Establecido
Viga inferior	3,8	2,57	32,37	2,5

El factor de seguridad del diseño respecto al software varía en un porcentaje considerable, con respecto al factor de seguridad nominal establecido para la viga, varía de igual manera, se considera una viga de 2"x1" espesor 1.5 mm, que satisface las necesidades planteadas y facilita el montaje de los demás componentes.

4.4.3. VIGA HORIZONTAL SUPERIOR

La viga horizontal superior se describe en la figura 4.22

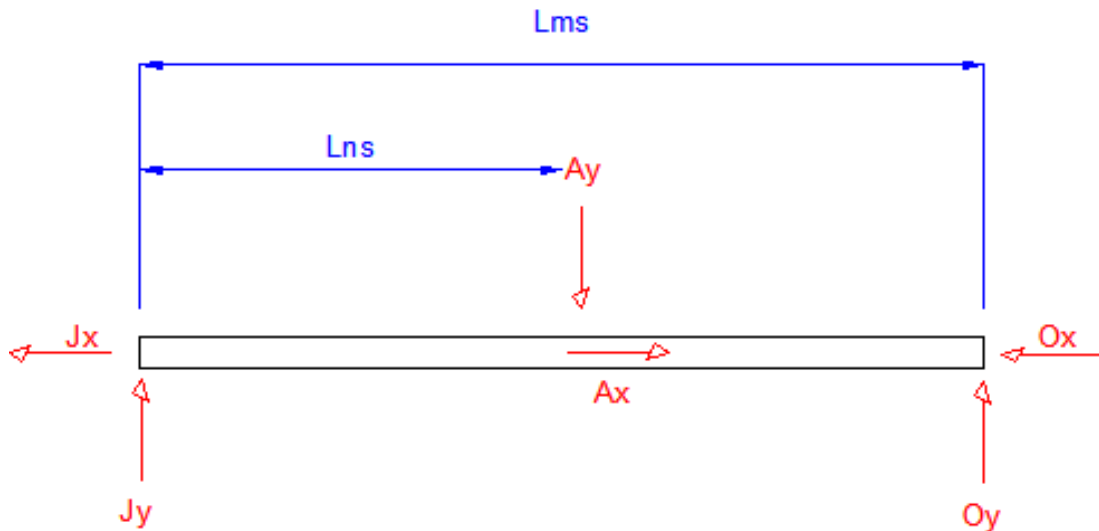


Figura 4.22. Gráfico de fuerzas sobre la viga horizontal superior

Datos

Fuerza de la viga

$$Ax := 516.6 \quad \text{N} \quad \quad Ox := 503.1 \quad \text{N} \quad \quad Jx := 13.5 \quad \text{N}$$

$$Ay := 52.3 \quad \text{N} \quad \quad Jy := 26.2 \quad \text{N}$$

Dimensiones de la viga

$$Lms := 830 \quad \text{mrr} \quad \quad Lns := \frac{Lms}{2} = 415 \quad \text{mrr}$$

Características de la viga

$$La := 50.8 \quad \text{mrr} \quad Ha := 25.4 \quad \text{mrr} \quad \quad Es := 1.5 \quad \text{mrr}$$

$$\text{AISI 304} \quad Sy_2 := 310 \quad \text{MPa}$$

En la figura 4.23 se muestra el gráfico del cortante de la viga horizontal superior, realizado en el programa MDSolids 3.1.

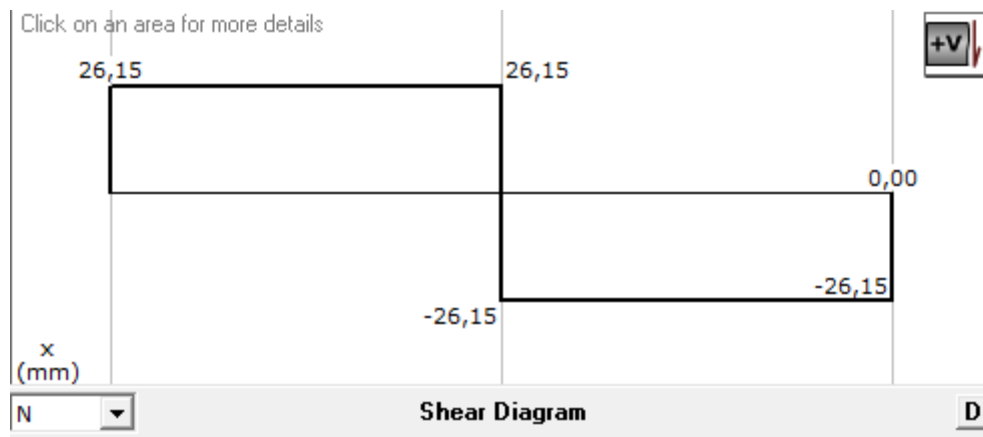


Figura 4.23. Gráfico del cortante de la viga superior

En la figura 4.24 se muestra el gráfico del momento de la viga horizontal superior, realizado en el programa MDSolids 3.1 y se determina que la sección crítica está en el punto A, que se describe en la figura 4.22.

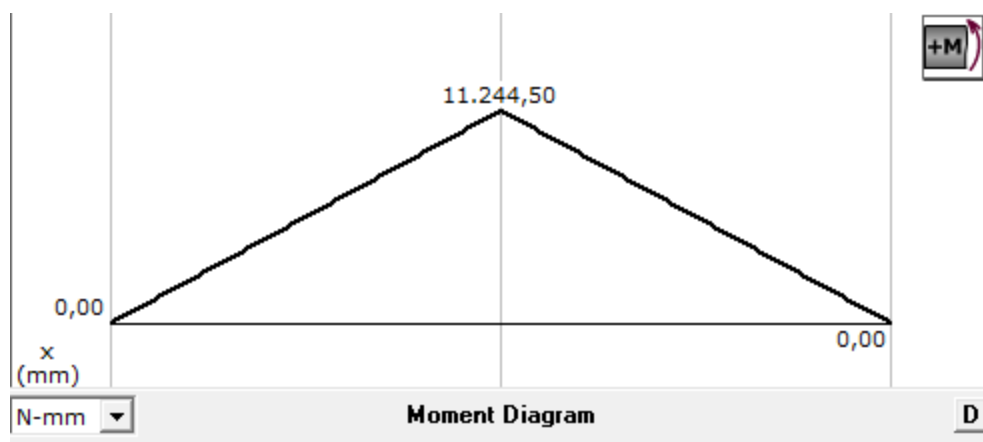


Figura 4.24. Gráfico del momento de la viga superior

Resumen de cálculos

Momento generado por las fuerzas sobre el perfil

$$M_6 := 11244.5 \quad \text{Nmrr}$$

Esfuerzo cortante de la viga superior

$$\tau_b := \frac{A_y \cdot Q_1}{\text{Inercia} \cdot 2Es} = 0.8 \quad \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Área de la sección de la viga superior

$$D_{\text{pernoinox}} := 12.7 \quad \text{mm}$$

$$\text{Área proyectada} := 2 \cdot D_{\text{pernoinox}} \times E_s = 38.1 \quad \text{mm}$$

Esfuerzo normal por flexión de la viga superior

$$\sigma_b := \frac{M_6 \cdot \frac{H_a}{2}}{\text{Inercia}_1} = 5.8 \quad \text{MPa}$$

Esfuerzo normal por compresión de la viga superior

$$\sigma_c := \frac{A_x}{\text{Área proyectada}} = 13.6 \quad \text{MPa}$$

Esfuerzo total normal de la viga superior

$$\sigma_{cr} := \sigma_b + \sigma_c = 19.4 \quad \text{MPa}$$

Cálculo de los esfuerzos principales de la viga superior

$$\sigma_1 := \frac{\sigma_{cr}}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_{cr}}{2}\right)^2 + \tau_b^2} = 19.4 \quad \text{MPa}$$

$$\sigma_2 := \frac{\sigma_{cr}}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_{cr}}{2}\right)^2 + \tau_b^2} = -0.03 \quad \text{MPa}$$

Aplicando la teoría de la energía de distorsión de la viga superior

$$\sigma_e := \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1 \cdot \sigma_2} = 19.4 \quad \text{MPa}$$

Factor de seguridad de la viga superior

$$F_{s7} := \frac{S_{y2}}{\sigma_e} = 16$$

Resultados.

Factor de seguridad generado por esfuerzo en la viga 16.

Simulación

Perfil rectangular de 2"x1" AISI 304 con espesor de 1.5 mm.

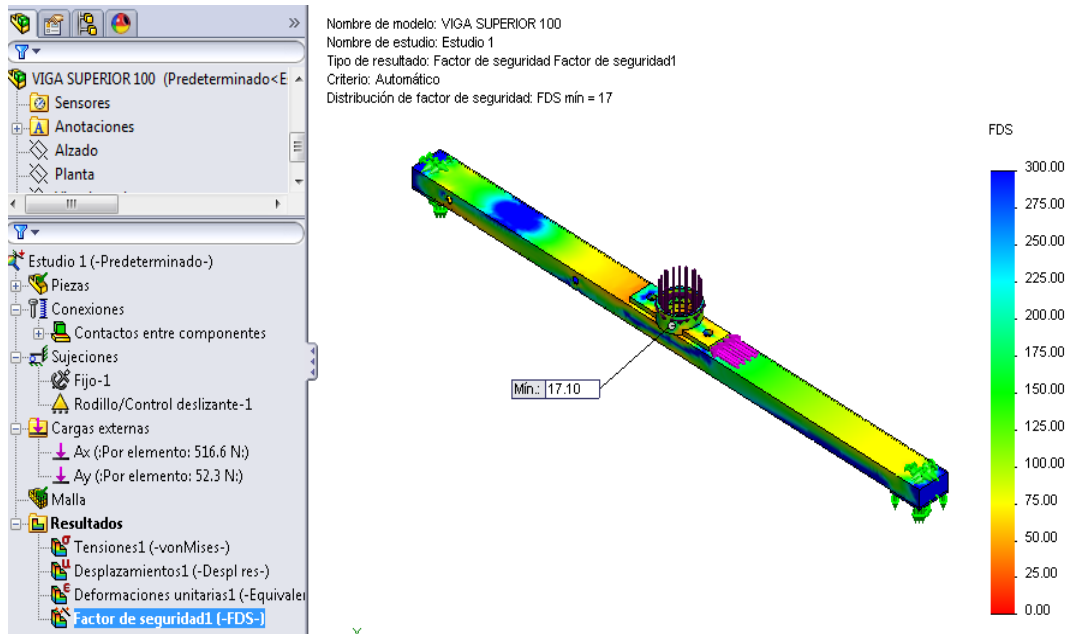


Figura 4.25. Factor de seguridad de la viga superior

El software presenta un factor de seguridad de 17.10, este valor satisface las necesidades de diseño, garantizando su funcionamiento.

Resultados.

Factor de seguridad de la viga inferior 17.10.

Resumen de factores de seguridad.

Tabla 4.6. Tabla de factores de seguridad de la viga superior

	Factor de seguridad			
	Diseño	Solidworks	Error %	Fs. ref
Viga superior	16,00	17,10	6,88	2.5

El factor de seguridad del diseño respecto al software varía en un porcentaje aceptable, con respecto al factor de seguridad nominal establecido para la viga en la tabla 4.1 varía considerablemente, porque este elemento está constituido por el sobrante del material de la viga inferior.

Se determinó en principio una viga de 1/2" x 1/2" espesor 1.2 que satisface las necesidades de diseño para la viga superior, pero dificulta el acople de los demás componentes de la misma.

4.5. SISTEMA GENERADOR DE POTENCIA

El sistema generador de potencia está constituido de los siguientes componentes y el cálculo completo de las fuerzas se encuentra en el anexo A:

- Cálculo de la potencia del motor.
- Eje de transmisión de potencia (motriz A externo)

4.5.1. CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR

Los cálculos de inercias de cada sección se determinaron con el programa Solidworks y se describen en la tabla 4.7 y 4.8.

Datos

Tabla 4.7. Inercias del eje conducido

ELEMENTO	MATERIAL	CANTIDAD	MASA (kg)	d (m)	INERCIA PARCIAL kg.m ²	INERCIA TOTAL kg.m ²
Eje conducido B interno	AISI 304	1,0	5,99	0,57	3E-01	2,27
Soporte hexágono superior	AISI 304	1,0	3,76	0,57	8E-02	1,31
Conjunto bocín superior	AISI 305	6,0	0,21	0,57	8E-05	0,41
Soporte hexagonal inferior	AISI 304	1,0	3,71	0,57	8E-02	1,29
Polea de giro	Alumino	6,0	0,10	0,57	3E-05	0,20
Conjunto bocín inferior	AISI 304	6,0	0,12	0,57	3E-05	0,23
Polea de giro grande	Alumino	1,0	0,86	0,57	2E-03	0,28
Contenedor del marco y puerta	AISI 304	6,0	3,16	0,57	1E-01	6,79
Marco de miel	Pino	6,0	0,29	0,57	2E-02	0,66
Miel del marco	Miel	6,0	1,50	0,57	2E-02	3,02
			19,7			16,5

Tabla 4.8. Inercias del eje conductor

ELEMENTO	MATERIAL	CANT	MASA (kg)	INERCIA PARCIAL kg.m²	INERCIA TOTAL kg.m²
Polea del eje motriz A	Aluminio	1	0,10	0,000	0,00
Eje motriz A externo	Ac. de transmisión.	1	1,40	0,012	0,01
			1,51		0,01

El eje conductor gira a las siguientes RPM

$$n1 := 950 \quad \text{rpm}$$

El eje conducido gira a las siguientes RPM

$$n2 := \frac{n1}{4} = 237.5 \quad \text{rpm}$$

Inercia total de los cuerpos que actúan sobre el eje conducido

$$Ine2 := 16.5 \quad \text{Kgm}^2$$

Inercia total de los cuerpos que actúan sobre el eje conductor

$$Ine1 := 0.01 \quad \text{Kgm}^2$$

La inercia efectiva se determina de la siguiente forma

$$Ie2 := Ine2 \left(\frac{n2}{n1} \right)^2 = 1 \quad \text{Kgm}^2$$

La inercia efectiva total es la suma de todas las inercias

$$InerT := Ie2 + Ine1 = 1 \quad \text{Kgm}^2$$

El motor debe vencer la inercia efectiva total de todos los cuerpos en un tiempo estimado para alcanzar las revoluciones necesarias para la extracción de miel.

$$T_i := 3.7 \text{ seg}$$

Aceleración angular requerida

$$\alpha_{\text{motor}} := \frac{n_2 \cdot \frac{2 \cdot \pi}{60}}{T_i} = 6.7 \frac{\text{rad}}{\text{seg}^2}$$

Torque requerido

$$\text{Torqu} := I_{\text{nerT}} \cdot \alpha_{\text{motor}} = 7 \text{ N.m}$$

Potencia requerida

$$P_r := \text{Torqu} \cdot \left(n_1 \cdot \frac{2 \cdot \pi}{60} \right) = 696.3 \text{ W}$$

$$P_m := \frac{P_r}{746} = 0.9 \text{ Hp}$$

Resultados.

Se requiere un motor con una potencia mínima de 0.9 HP.

4.5.2. EJE DE TRASMISIÓN DE POTENCIA

Las cargas a las que se encuentra sometido el eje se muestran en el análisis estático en la figura 4.26.

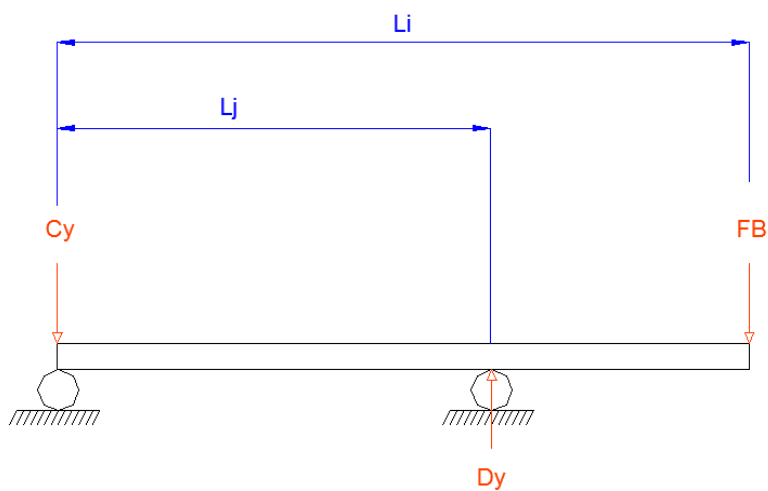


Figura 4.26. Diagrama de cuerpo libre del eje conductor

Datos

Características del motor potencia neta, rpm y polea

$$P_c := 0.746 \text{ kW} \quad n_1 := 950 \text{ Rpm}$$

$$d_p := 50 \text{ mm} \quad D_p := 203.2 \text{ mm}$$

Cálculo del torque del eje

$$T_1 := \frac{950 \cdot P_c}{n_1} = 7.8 \text{ N.m}$$

Cálculo de fuerza de transmisión

$$F_N := \frac{T_1}{\frac{d_p}{1000}} = 312.5 \text{ N}$$

Fuerza del lado apretado

$$F_1 := 1.25 \cdot F_N = 390.7 \text{ N}$$

Fuerza del lado flojo

$$F_2 := 0.25 \cdot F_N = 78.1 \text{ N}$$

Fuerza de flexión del eje

$$F_B := F_1 + F_2 = 468.8 \text{ N}$$

Resumen de cálculos

Cálculo de reacciones

$$\sum M_c := 0$$

$$\sum F_x := 0$$

$$D_x := \frac{F_B \cdot L_i}{L_j} = 1061.6 \text{ N}$$

$$C_x := D_x - F_B = 592.8 \text{ N}$$

En la figura 4.27 se muestra el gráfico del cortante del eje conductor, se lo realizó en el programa MDSolids 3.1.

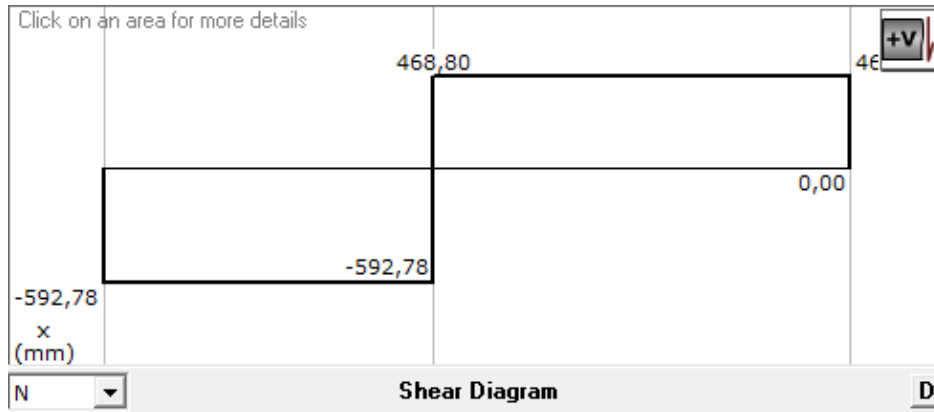


Figura 4.27. Gráfico del cortante del eje conductor

En la figura 4.28 se muestra el gráfico del momento del eje conductor, se lo realizó en MDSolids 3.1, y se determina la sección crítica está en el punto D que se muestra en la figura 4.26.

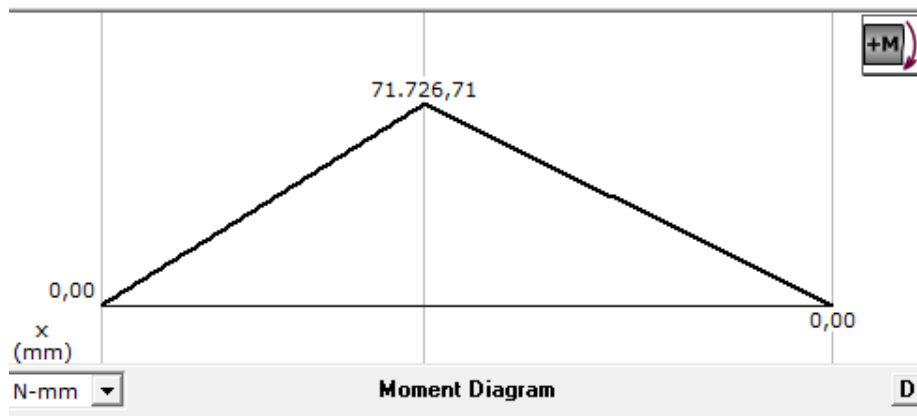


Figura 4.28. Gráfico del momento del eje conductor.

Momento generado sobre el eje en la sección crítica

$$M1 := 71.73 \quad \text{Nm}$$

Cálculo del diámetro del eje por la fórmula de MSST

Material SAE 1018

$$Sy_1 := 310.1 \quad \text{MPa} \quad Su_1 := 570.3 \quad \text{MPa} \quad Fs_1 := 2.5$$

$$d1 := \left[\left(\frac{32Fs_1}{\pi Sy_1 \cdot 10^6} \cdot \sqrt{M1^2 + T1^2} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot 1000 \right] = 18.1 \quad \text{mm}$$

Se determina un diámetro mínimo en la sección de 18.1mm., pero se aproximará a 20 mm. a continuación se realizará un análisis a fatiga.

Análisis a fatiga

$$D1 := 0.020 \text{ m}$$

Esfuerzo cortante del eje conductor

$$\tau_1 := \frac{(T1 \cdot 1000) \cdot \left(\frac{D1 \cdot 1000}{2} \right)}{\pi \cdot \frac{(D1 \cdot 1000)^4}{32}} = 5 \text{ MPa}$$

Esfuerzo de flexión del eje conductor

$$\sigma_1 := \frac{M1 \cdot 1000 \cdot \frac{D1 \cdot 1000}{2}}{\pi \cdot \frac{(D1 \cdot 1000)^4}{64}} = 91.3 \text{ MPa}$$

Aplicando la teoría de falla del esfuerzo cortante máximo en el eje

$$\sigma_{equi1} := \sqrt{\left(\frac{\sigma_{max1} + \sigma_{min2}}{2} \right)^2 + 4 \cdot \tau_1^2} = 9.9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{equi2} := \sqrt{\left(\frac{\sigma_{max1} - \sigma_{min2}}{2} \right)^2 + 4 \cdot \tau_1^2} = 91.3 \text{ MPa}$$

Selección del diámetro del eje sometido a fatiga

$$Se_1 := 0.5 \cdot Su_1 \cdot K_{tamaño1} \cdot K_{carga1} \cdot K_{confiabilidad1} = 206.4 \text{ MPa}$$

Factor de seguridad a fatiga

$$F_{segF1} := \frac{Sy_1}{\sigma_{equi1} + \frac{Sy_1 \cdot \sigma_{equi2}}{Se_1}} = 2.1$$

Resultados.

El factor de seguridad del eje es de 2.1

Se determina que la sección resiste para el trabajo establecido con el diámetro mínimo de 20 mm. y un factor de seguridad de 2.1, este factor es acorde a lo establecido en la tabla 4.1.

4.5.3. DISEÑO DEL TABLERO DE CONTROL

El control del tablero está dado por un circuito, que al cerrar la tapa permite el accionamiento de la máquina, caso contrario, si la tapa no está cerrada o en su funcionamiento es abierta la máquina dejará de operar.

El tiempo de extracción puede ser variable dependiendo la necesidad del operario haciendo uso del temporizador.

En la tabla 4.9 se describe los componentes que se utilizarán para la construcción de dicho control y su simbología.

Tabla 4.9. Partes del tablero de control

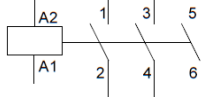
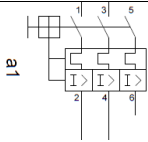
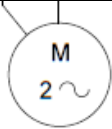
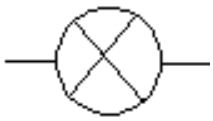
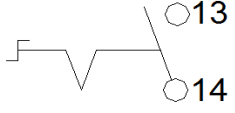
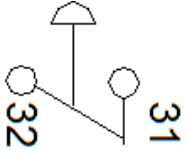


Descripción	Función	Simbología
Contactor	Ceder el paso de la energía al motor	
Guarda motor	Cortar la energía si existe una sobrecarga	
Motor	Convierte energía eléctrica en energía mecánica	

Tabla 4.9. Partes del tablero de control (continuación)

Luz indicadora	Se acciona según el control del tablero.	
Micro switch normalmente abierto	Cierra el circuito.	
Pulsador normalmente abierto	Permite el paso de energía al pulsarlo.	
Relé auxiliar	Sistema que funciona a base de bobinas las cuales controlan diferentes micro switch.	
Temporizador	Sistema que controla diferentes microswitchs en función del tiempo.	

El diseño del circuito de control se muestra en la figura 4.29, y el diseño del circuito de potencia en la figura 4.30., la simulación se realizó en el programa Festo Fluidsim.

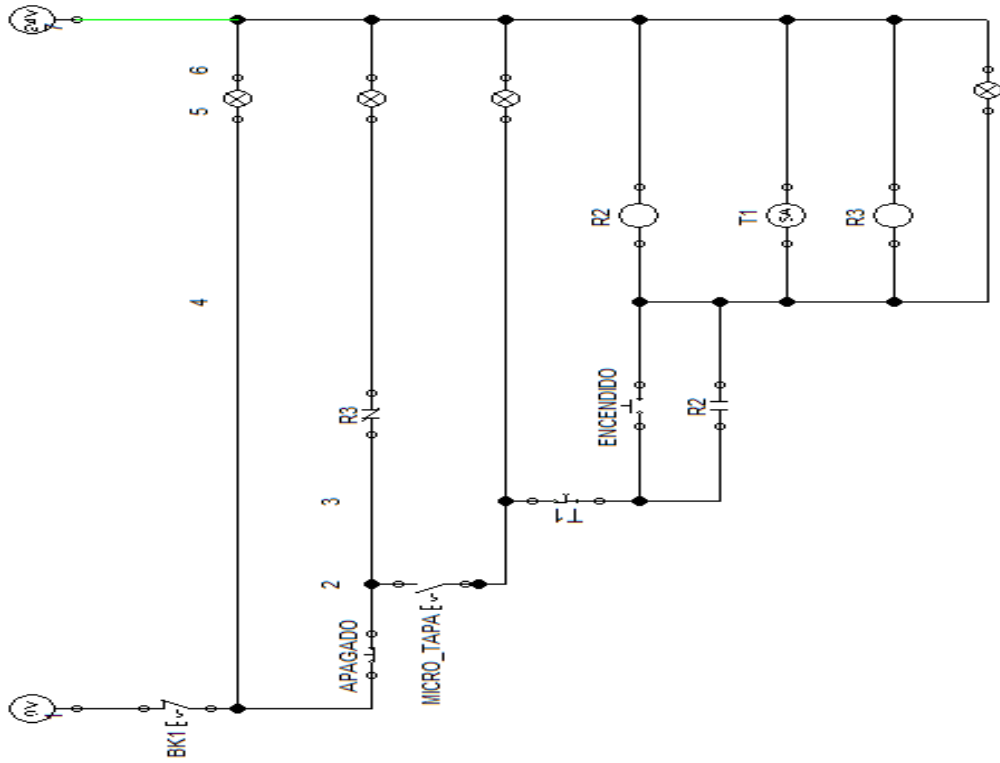


Figura 4.29. Gráfico del circuito de control

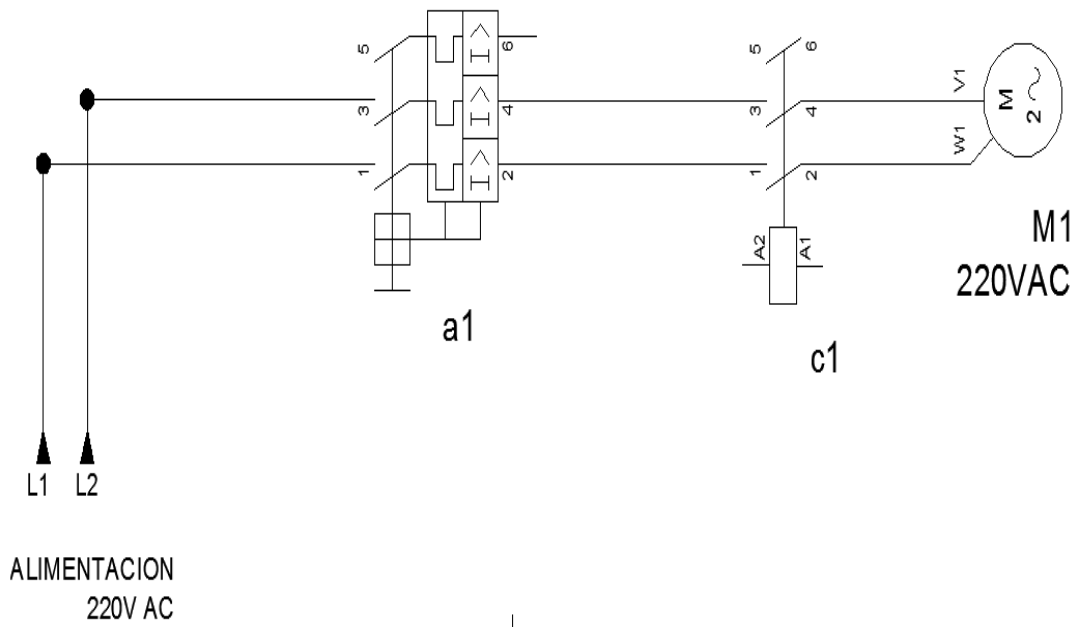


Figura 4.30. Gráfico del circuito de potencia

4.6. CONJUNTO BANDA

La función de este conjunto es la reducción de las (rpm) que se generan en el motor para alcanzar la velocidad tangencial especificada.

Datos

Distancia donde se encuentra el marco de miel

$$r := 0.248 \quad \text{m}$$

Velocidad periférica

$$V_t := \frac{950}{4} \cdot \frac{2\pi}{60} \cdot r = 6.2 \quad \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Velocidad angular

$$\omega := \frac{V_t}{r} = 24.9 \quad \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Relación de velocidad de las poleas

$$i := \frac{n_1}{n_2} = 4$$

Resumen de cálculos

Cálculo de los factores de servicio para centrífugas

$$K_{d1} := 1$$

Incremento del factor de servicio

0.1 para incremento de temperaturas.

$$K_d := K_{d1} + 0.1$$

K_d se considera un factor dependiendo la función que va a desempeñar

El valor de la potencia es:

$$P_d := P_m \cdot K_d$$

$$P_d = 1 \quad \text{Hp}$$

Se selecciona un motor comercial de 1 Hp

$$P_c := 0.746 \text{ kW}$$

Para este sistema de potencia se recomienda la banda tipo A

Diámetro de la polea conductora

$$d_p := 50.8 \text{ mm}$$

Diámetro de la polea conducida

$$D_p := d_p \cdot i = 203.2 \text{ mm}$$

Selección de la polea en el catálogo de la Trelleborg

$$D_p = 203.2 \text{ mm}$$

Distancia entre centros

$$a := 571 \text{ mm}$$

Cálculo de la longitud de la banda

$$L_p := 2a + 1.57(D_p + d_p) + \frac{(D_p - d_p)^2}{4a}$$

$$L_p = 1550.9 \text{ mm}$$

Se selecciona un largo de la banda según el catálogo de la Trelleborg que es 1550 mm.

$$L_{p1} := 1550 \text{ mm}$$

Cálculo del valor real de la distancia entre centros

$$a_1 := a - \frac{L_p - L_{p1}}{2} = 570.5 \text{ mm}$$

Distancia mínima entre centros

$$a_{11} := a_1 - 20 = 550.5 \text{ mm}$$

Distancia máxima entre centros

$$a_{12} := a_1 + 40 = 610.5 \text{ mm}$$

Factor de corrección de la longitud de la banda

$$K_t := 0.99$$

Factor de corrección de contacto

$$\frac{D_p - d_p}{a_1} = 0.3$$

Por el valor encontrado se define que:

$$\beta := 163^\circ$$

$$k_2 := 0.96$$

Se determinó utilizar una sola banda que cumple con las especificaciones de diseño.

Resultados.

Se va a utilizar un par de poleas y una banda con las siguientes características

Diámetro de las Poleas

$$D_p = 203.2 \quad \text{mm} \quad \text{Diámetro de la polea conducida}$$

$$d_p = 50.8 \quad \text{mm} \quad \text{Diámetro de la polea conductora}$$

Especificación de la Banda

Se selecciona una banda Tipo A 60 y la longitud es:

$$L_{p1} = 1550 \quad \text{mm}$$

4.7. MECANISMO DE GIRO

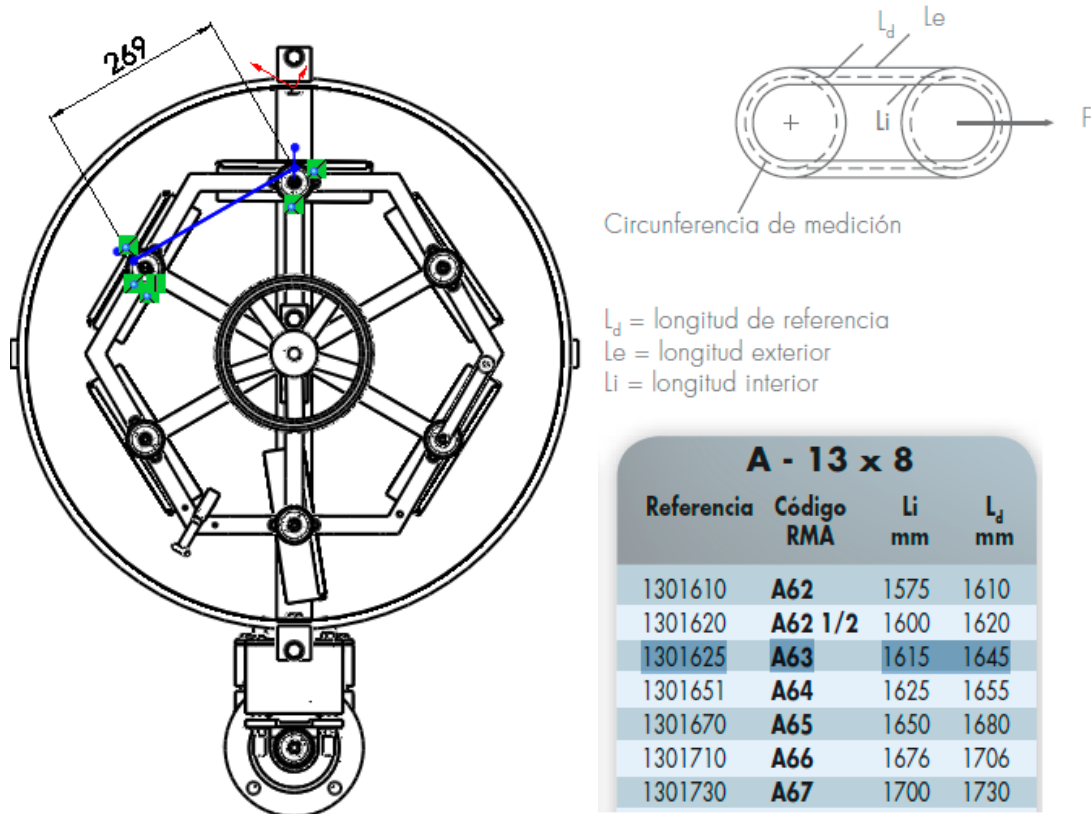


Figura 4.31. Gráfico superior del mecanismo

La dimensión que rodea a las poleas es de 1614 mm, con este valor se selecciona una banda A 63.

4.8. SISTEMA DE PORTAMARCOS

El sistema de portamarcos está constituido de los siguientes componentes y el cálculo completo de las fuerzas se encuentra en el anexo A:

- Soporte hexagonal.
- Contenedor del marco.

4.8.1. SOPORTE HEXAGONAL

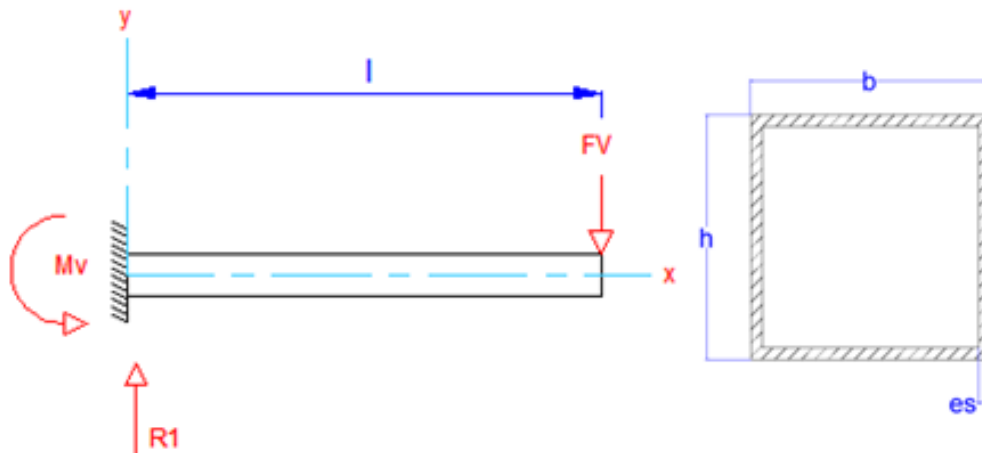


Figura 4.32. Diagrama del cuerpo libre de viga en voladizo

Datos

$$L := 248 \text{ mm} \quad b := 25.4 \text{ mm} \quad h := 25.4 \text{ mm} \quad es := 1.2 \text{ mm}$$

Masa de la sección del hexágono, bocín, eje, polea y marco de miel.

$$m := 7.30 \text{ kg}$$

Fuerza de apoyo para cargar el panel

$$F_{\text{apoyo}} := 5 \text{ kg}$$

$$F_v := (m + F_{\text{apoyo}}) \cdot g = 120.54 \text{ N}$$

Características del material AISI 304

$$S_{y2} := 310 \text{ Mpa} \quad S_{u2} := 620 \text{ Mpa}$$

Resumen de cálculos

Cálculo del Momento

$$M := L \cdot F_v = 3 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

Cálculo de la deflexión máxima

$$I_m := \frac{1}{12} b \cdot h^3 - \frac{1}{12} (b - 2 \cdot es) (h - 2es)^3 = 1.1 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

Cálculo del esfuerzo normal a flexión

$$\sigma_m := \frac{M \cdot \frac{h}{2}}{I_m} = 33.4 \quad \text{MPa}$$

Momento estático de primer orden

$$Q_1 := 2 \left[es \cdot \left(\frac{b}{2} \right) \right] \frac{b}{4} + [es \cdot (h - 2 \cdot es)] \cdot \left(\frac{b}{2} - \frac{es}{2} \right) = 5.3 \times 10^2 \quad \text{mm}^3$$

Esfuerzo cortante de la viga

$$\tau_b := \frac{F_v \cdot Q_1}{I_m \cdot 2es} = 2.3 \quad \text{MPa}$$

Cálculo de esfuerzos principales en la viga

$$\sigma_1 := \frac{\sigma_m}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_m}{2} \right)^2 + \tau_b^2} = 33.6 \quad \text{MPa}$$

$$\sigma_2 := \frac{\sigma_m}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_m}{2} \right)^2 + \tau_b^2} = -0.2 \quad \text{MPa}$$

Aplicación de la teoría de energía de distorsión

$$\sigma_e := \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1 \cdot \sigma_2} = 33.6 \quad \text{MPa}$$

Factor de seguridad

$$F_{s14} := \frac{S_y}{\sigma_e} = 9.2$$

Resultados

Factor de seguridad del soporte hexagonal es 9.2.

Simulación

Perfil cuadrado de 1" x 1" AISI 304 con espesor de 1.2 mm.

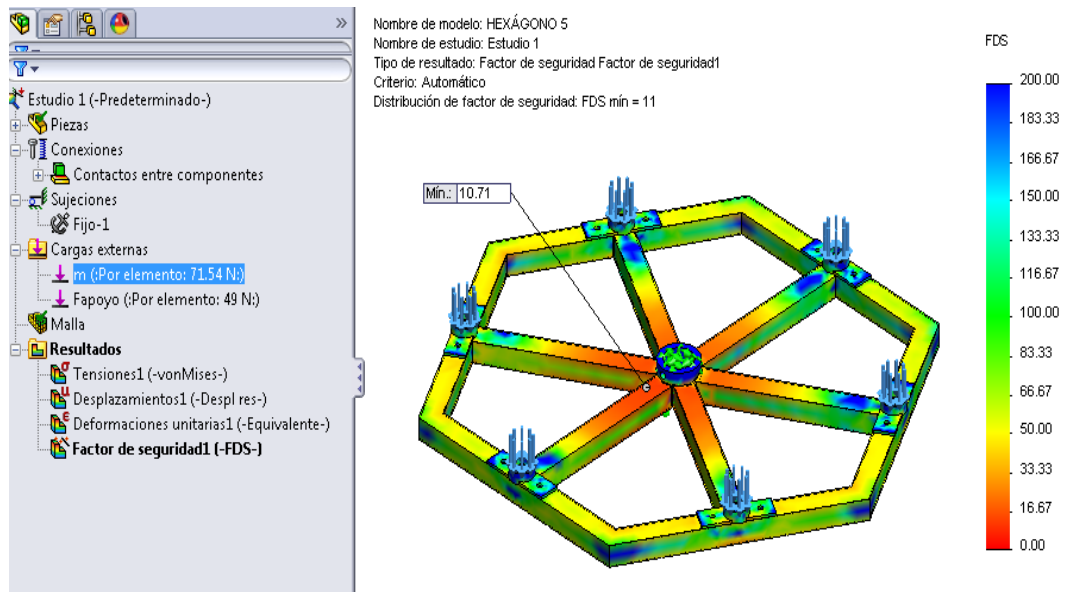


Figura 4.33. Factor de seguridad del soporte hexagonal

Resultados.

Factor de seguridad del soporte hexagonal es 10.71.

Resumen de factores de seguridad

Tabla 4.10. Tabla de factores de seguridad del hexágono

	Factor de seguridad			
	Diseño	Solidworks	Error %	Establecido
Hexágono	9,2	10,71	16,41	2,5

El factor de seguridad del diseño respecto al software varía en un porcentaje considerable, pero respecto al factor de seguridad nominal establecido para el hexágono en la tabla 4.1 varía cuantiosamente, porque una tubería de menor dimensión dificulta el montaje de los componentes.

Se determinó en principio que un perfil con las dimensiones de 1/2" x 1/2" x 1.2 mm, cumple satisfactoriamente las necesidades de diseño pero dificulta el montaje de los demás accesorios.

4.8.2. CONTENEDOR DEL MARCO

El contenedor del marco es la base donde se sujeta el panel de miel y se muestra el diagrama del mismo en la figura 4.34.

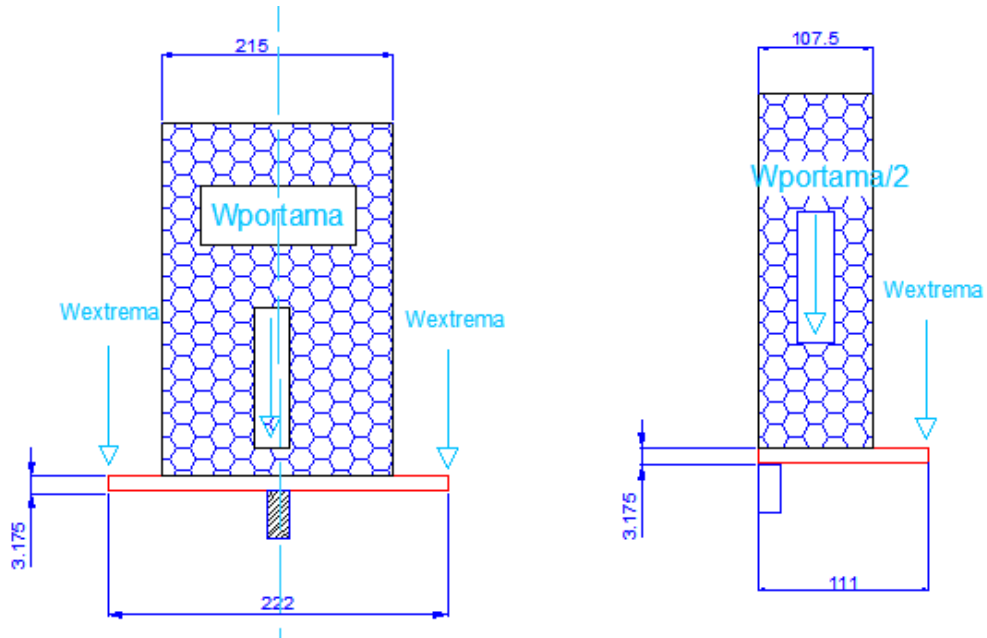


Figura 4.34. Diagrama de la sección del contenedor

Datos

Sección rectangular 2" x 1/8" AISI304

Gravedad

$Sy_2 := 310$ Mpa $Su_2 := 620$ MPa

$g := 9.8 \frac{m}{s^2}$

Características del panel de miel

Masa del panel

$M_{panel} := 2.5$ kg

Resumen de cálculos

Masas que actúan sobre el portamarcos

$M_{extrema} := \frac{4.87}{2} = 2.4$ kg

$W_{portama} := (M_{panel}) \cdot g = 24.5$ N

$W_{extrema} := M_{extrema} \cdot g = 23.9$ N

Carga distribuida del panel de miel

$$W_{dis} := \frac{W_{portama}}{2} = 0.1 \frac{N}{mm}$$

$$R_{7y} := \frac{W_{portama}}{2} + W_{extrema} = 36.1 \text{ N}$$

En la figura 4.35 se muestra el gráfico de distribución de las fuerzas de la sección del portamarco.

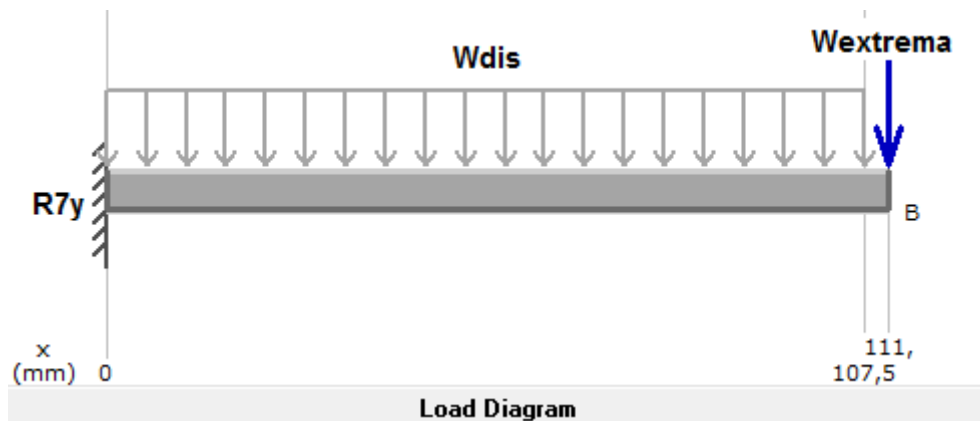


Figura 4.35. Diagrama de cuerpo libre del portamarco.

En la figura 4.36 se muestra el gráfico del cortante del portamarco realizado en el programa MDSolids 3.1 y se determina como sección crítica la parte inicial.

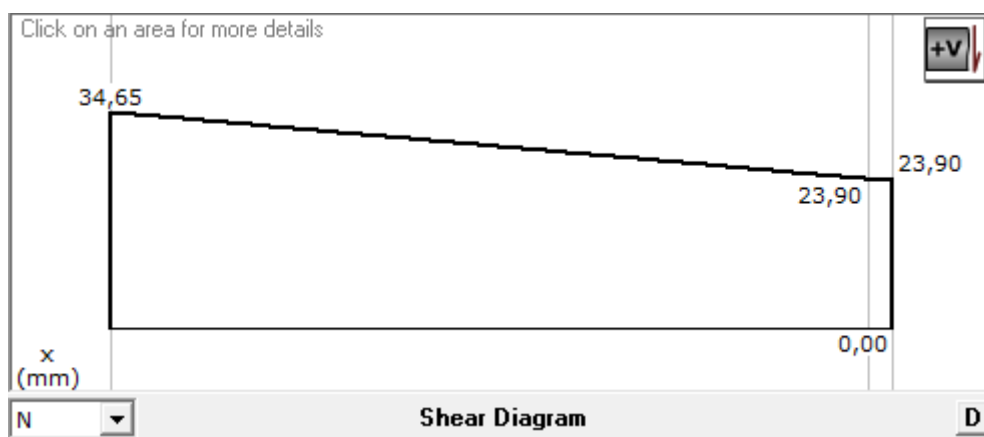


Figura 4.36. Diagrama de cortante del portamarco

En la figura 4.37 se muestra el gráfico del momento del portamarco realizado en el programa MDSolids 3.1.

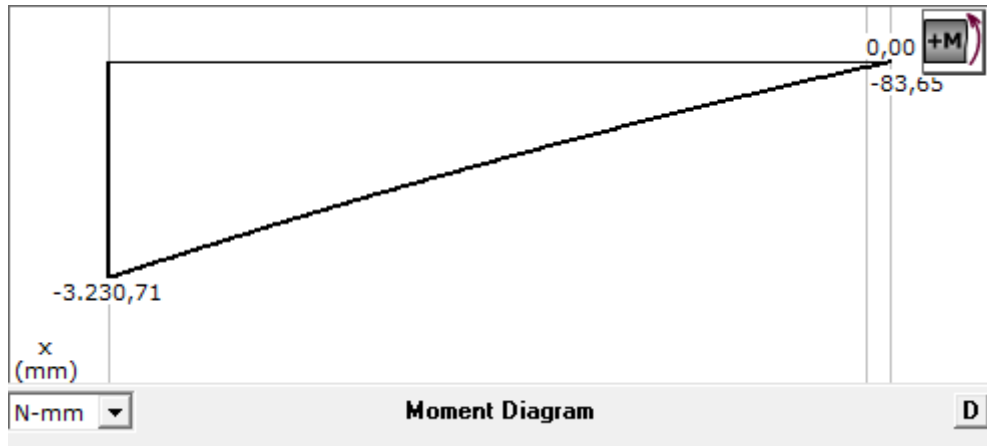


Figura 4.37. Diagrama de momento del portamarco.

Momento generado en la sección

$$M_{\text{porta}} := 3230.71 \quad \text{Nmrr}$$

Inercia de la sección

$$\text{InerciaPor} := \frac{1}{12} \cdot (50.8 \cdot 3.175^3) = 135.5 \quad \text{mm}^4$$

Esfuerzo máximo a flexión del portamarco

$$\sigma_{\text{porta}} := \frac{M_{\text{porta}} \cdot \frac{3.175}{2}}{\text{InerciaPor}} = 37.9 \quad \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Factor de seguridad de la sección del portamarco

$$F_{s13} := \frac{S_{y2}}{\sigma_{\text{porta}}} = 8.2$$

Resultados.

Factor de seguridad del portamarco es de 8.2.

Simulación

Perfil rectangular de 2" x 1/8" AISI 304.

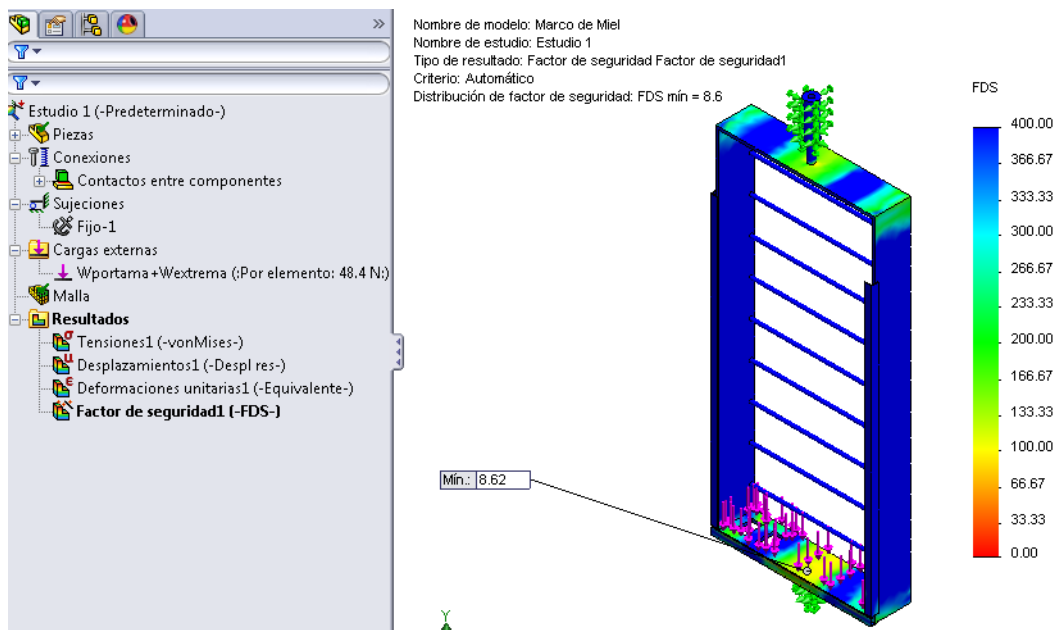


Figura 4.38. Factor de seguridad del portamarco.

El software presenta un factor de seguridad de 8.62, este valor satisface las necesidades de diseño, garantizando su funcionamiento.

Resultados.

Factor de seguridad del portamarco 8.62.

Resumen de factores de seguridad

Tabla 4.11. Tabla de factores de seguridad del portamarco

	Factor de seguridad			
	Diseño	Solidworks	Error %	Fs. ref.
Portamarco	8,20	8,62	5,12	2,5

El factor de seguridad del diseño respecto al software varía en un porcentaje despreciable, pero respecto al factor de seguridad nominal establecido para el portamarco en la tabla 4.1 varía considerablemente, porque el perfil de 2" x 1/8" facilita la manipulación constante sin poder deformarse por impactos

accidentales. En principio un perfil 2" x 1/16" satisface los requerimientos del diseño.

4.8.3. ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

Las especificaciones finales obtenidas de los cálculos anteriores son las que se detallan a continuación.

4.8.3.1. Eléctricas

Voltaje.

El voltaje necesario para que el tablero y motor trabajen es de 220 V.

Corriente.

El motor opera con corriente alterna de 3.4 A.

4.8.3.2. Potencia

El motor opera con 1 Hp de potencia a 950 RPM

4.8.3.3. Velocidad

La velocidad periférica es de 6 m/s por esta razón la distancia desde el eje hasta el marco de miel es de 248 mm, esta longitud es la mínima requerida para alcanzar dicha velocidad.

4.9. TOLERANCIAS

4.9.1. DEFINICIÓN.

La definición es el margen de error admisible en la fabricación de los componentes y se detallan en la tabla 4.12.

Esta tabla se utilizará como guía para el desarrollo de los elementos del presente proyecto.

Tabla 4.12. Tolerancias generales para dimensiones lineales³²

Clase de tolerancia		Desviaciones admisibles respecto al nominal (en mm)							
Designación	Descripción	0,51 ¹	más de	más de	más de	más de	más de	más de	más de
		hasta 3	3 hasta 6	6 hasta 30	30 hasta 120	120 hasta 400	400 hasta 1000	1000 hasta 2000	2000 hasta 4000
f	fin	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	
m	media	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
c	grosera	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4
v	muy grosera		±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±6	±8

Considerando que la estructura no es un instrumento de precisión se utilizará una tolerancia de designación (c) que se estima acorde a las medidas nominales de cada sección.

Para las piezas de precisión, en este caso están involucrados los ejes, bocines y todas las piezas que van a ser maquinadas, se utilizará una tolerancia media (m) que se establece de acuerdo a la función que realiza cada elemento.

4.9.2. TIPOS DE AJUSTES A UTILIZAR

Las condiciones de funcionamiento de una pieza obliga a establecer holguras o aprietos entre ellas y aquellas sobre las que se monta; por ejemplo, la condición de apriete entre un eje y un rodamiento tanto como eje único o agujero único para poder realizar estos montajes, implica que debe haber una serie de condiciones funcionales como; tipo de material, como se lleve a cabo el montaje y si es desmontable entre otros.

Para el desarrollo de las piezas de este proyecto, como ejes y bocines se tomará en cuenta las tablas del Anexo D, donde se puede visualizar el tipo de ajuste dependiendo de la funcionalidad que vaya a desarrollar.

³² NORMA NBR ISO 2768-1, Literal 2768 -1 y -2

4.10. PLANOS DE CONSTRUCCIÓN.

La codificación de los planos se describe en la figura 4.39.

Los planos se encuentran en el Anexo E.

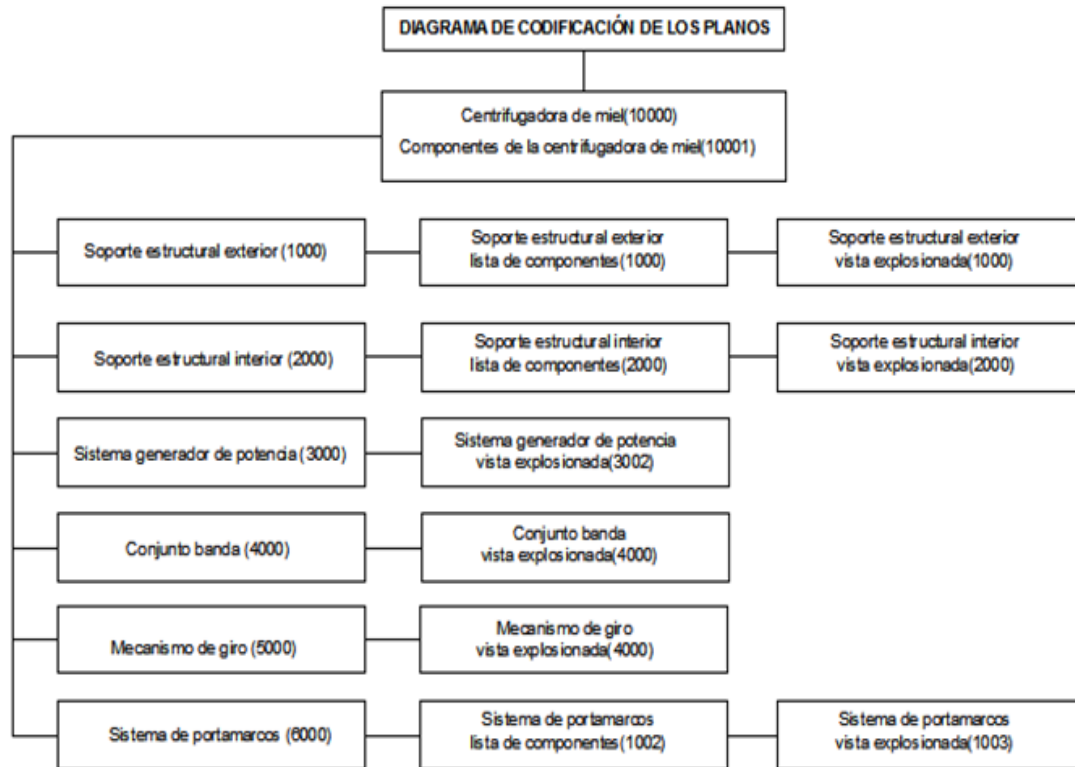


Figura 4.39. Codificación de los planos

4.11. LISTA DE PARTES CODIFICADA

La lista de partes completa se detalla en la tabla 4.13:

Tabla 4.13. Lista de partes de la máquina

Códigos	Especificación	Material	Observación
10000	Conjunto	Varios	Máquina centrífuga de miel
10001	Tuerca soporte motor	Ac. Galv.	Tuerca Galv. UNC 3/8"
10002	Tuerca soporte chumacera	Ac. Galv.	Tuerca Galv. UNC 1/2"
10003	Perno autoperforante	Ac. Galv.	Perno autoperforante 3/16"x1"
10004	Arandela autoperforante	Ac. Galv.	Arandela autoperforante 3/16"
10006	Perno Inox. Soporte	AISI 304	Perno Inox UNC 1/2" x 2"
10007	Arandela Inox. Soporte	AISI 304	Arandela Plana Inox. 1/2"
10008	Tuerca Inox. Soporte	AISI 304	Tuerca Inox UNC 1/2"
1100	Tanque	AISI 304	Plancha Ac. Inox e=1.2 mm
1101	Soporte del tanque	AISI 304	Varilla Inox. 5/16"
1102	Placas del tanque	AISI 304	Platina Inox. 2"x1/8"
1103	Cono del tanque	AISI 304	Plancha Ac. Inox e=1.2 mm, h=140
1104	Boquilla de salida	AISI 304	Boquilla 1"
1200	Soportes de la máquina		
1201	Columna corta	AISI 304	Tubo 40x20x1.5mm
1202	Columnas larga	AISI 304	Tubo 2"x1"x1.5mm
1203	Soporte cruz inferior	AISI 304	Tubo 40x20x1.5mm
1300	Placas del tanque		
1301	Placa soporte del motor	AISI 304	Platina Inox. 1-1/2"x1/4"
1301-1	Perno soporte motor	Ac. Galv.	Perno Galv. UNC 3/8"x1-1/2"
1302	Placa soporte de la chumacera	AISI 304	Platina Inox. 1-1/2"x1/4"
1400	Caja de mando eléctrico	Varios	Cajetín h=300; a=200 ; p=150 mm
2000	Soporte estructural interior		
2100	Vigas soportes de la máquina	AISI 304	
2101	Viga horizontal superior	AISI 304	Tubo 2"x1"x1.5mm
2102	Viga horizontal inferior	AISI 304	Tubo 2"x1"x1.5mm
2103	Placa soporte de la máquina	AISI 304	Platina Inox. 2"x1/4"
2200	Eje conducido B interno	AISI 304	Eje Inox. 1-1/2"
2300	Sistemas de rodamientos	Varios	
2301	Bocín superior del eje B	AISI 304	Platina Inox. 2"x1/4", Eje Inox. 2-1/2"
2302	Rodamiento superior del eje B	Varios	Rodamiento 6205 DDU ARS

Tabla 4.13. Lista de partes de la máquina (continuación)

2303	Bocín inferior del eje B	AISI 304	Platina Inox. 2"x1/4", Eje Inox. 2-1/2"
2304	Rodamiento inferior del eje B	Varios	Rodamiento 3205B,TVH
2400	Tapa de la centrifugadora	Acrílico	Plancha de acrílico 4mm
2401	Bisagra conectora a la viga	Ac. Galv.	Bisagras 3"
2402	Bisagra conectora de tapas	Ac. Galv.	Bisagras 1-1/2"
3000	Sistema generador de potencia		
3100	Motor	Varios	Motor 1 Hp 950RPM
3101	Perfil soporte del motor	A-36	Perfil tipo "U" 60x36x3mm
3102	Perno soporte motor	Ac. Galv.	Perno Galv. UNC 3/8" x1-1/2"
3200	Matrimonio		
3201	Acople principal	Ac. Fund.	Acople Lovejoy L-095
3202	Acople secundario	Ac. Fund.	Acople Lovejoy L-095
3300	Eje		
3301	Eje motriz A externo	Ac. De Tras.	Eje de transmisión 1-1/4"
3400	Sistema de rodamiento del Eje A		
3401	Chumaceras del eje A	Varios	Chumacera UCP 205.16
3401-1	Perfil soporte de la chumacera	A-36	Perfil Tipo "G" 100x50x15x2 mm
3401-2	Perno soporte chumacera	Ac. Galv.	Perno Galv.UNC 1/2"x2"
3401-3	Perno soporte chumacera cortos	Ac. Galv.	Perno Galv.UNC 1/2"x1"
3500	Soportes y Protectores	Ac. Galv.	
3501	Protector del sistema	Ac. Galv.	Plancha Ac.Galv. e=1mm
3502	Soporte chumacera	A-36	Plancha Ac.Galv. e=2mm,140x57mm
3503	Soporte lateral chumacera	A-36	Plancha Ac.Galv. e=2mm,157x100mm
3504	Soporte motor	A-36	Plancha Ac.Galv. e=2mm,170x74 mm
3505	Soporte lateral motor	A-36	Plancha Ac.Galv. e=2mm,146x60 mm
4000	Conjunto banda		
4100	Banda motora	Varios	Banda A 60
4200	Protector de la banda	Ac. Galv.	Plancha Ac.Galv. e=1mm
4201	Protector de la banda sup.	Ac. Galv.	Plancha Ac.Galv. e=1mm
4202	Protector de la banda inf.	Ac. Galv.	Plancha Ac.Galv. e=1mm
4203	Bisagra	Ac. Galv.	Bisagras 3"

Tabla 4.13. Lista de partes de la máquina (continuación)

4204	Placas sostén de la banda	Ac. Galv.	Platina Inox. 3/4"x1/8"
4300	Polea del eje motriz A	Aluminio	Polea 1 ranura 2"x 1/2"
4400	Polea del eje conducido B	Aluminio	Polea 1 ranura 8"x 1/2"
5000	Mecanismo de giro		
5100	Polea de giro	Aluminio	Polea 1 ranura 2"x 1/2"
5200	Banda de giro	Varios	Banda A 63
5300	Templador		
5301	Rodamiento del templador	Varios	Rodamiento 6005
5302	Tuerca del templador	Ac.Galv.	Tuerca Galv. UNC 3/8"
5303	Perno del templador	AISI 304	Varilla roscada 3/8", L=70 mm
5304	Brazo del templador	AISI 304	Varilla Inox16mm
5305	Base del templador	AISI 304	Platina Inox. 3/4"x2mm
5306	Cajetín del templador	AISI 304	Tubo 1"x1"x1.2mm
5307	Eje del templador	AISI 304	Varilla Inox. 8mm
5308	Seguro del perno	AISI 304	Seguro 3/8"
5309	Arandela del perno	AISI 304	Arandela Plana 3/8"
5400	Bloqueo		
5401	Placa del bloqueo	AISI 304	Platina Inox. 3/4"x1/4"
5402	Botón del bloqueo	AISI 304	Varilla Inox. 8mm
5403	Caja del resorte	AISI 304	Tubo Inox 1"
5404	Eje del bloqueo	AISI 304	Varilla Inox. 8mm
5405	Resorte	Ac. Temp	Resorte, D=2 mm y h=20mm
5406	Soporte bajo del templador	AISI 304	Platina Inox. 3/4"x1/8"
5500	Perno Inox cabeza hexagonal	AISI 304	Perno Inox. Allen M8
6000	Sistema de portamarcos		
6100	Contenedores de los marcos		
6101	Contenedor del marco	AISI 304	Platina Inox 2"x1/8", Varilla Inox. 3/16"
6101-1	Placa larga del marco	AISI 304	Platina Inox. 2"x1/8"
6101-2	Placa corta del marco	AISI 304	Platina Inox. 2"x1/8"
6102	Puerta del contenedor del marco	AISI 304	Varilla Inox. 3/16"
6102-1	Soportes de la puerta del marco sup.	AISI 304	Plancha Ac. Inox e=1.2 mm
6102-2	Soportes de la puerta del marco inf.	AISI 305	Plancha Ac. Inox e=1.2 mm
6200	Soporte hexagonal de los paneles		

Tabla 4.13. Lista de partes de la máquina (continuación)

6201	Soporte hexagonal superior	AISI 304	Tubo 1"x1"x1.2mm, Eje Inox. 2"
6201-1	Bocín superior del hexágono	AISI 304	Eje Inox. 1.1/4"
6202	Soporte hexagonal inferior	AISI 304	Tubo 1"x1"x1.2mm, Eje Inox. 2"
6202-1	Bocín inferior del hexágono	AISI 304	Eje Inox. 1-1/4"
6300	Ejes internos de los paneles		
6301	Eje soportamarcos superior	AISI 304	Eje Inox. 3/4"
6302	Eje soportamarcos inferior	AISI 304	Eje Inox. 3/4"
6400	Sistemas de rodamientos		
6401	Bocín superior del panel	AISI 304	Platina Inox. 1"x1/4", Eje Inox. 1.1/4"
6401-1	Rodamiento superior del panel	Varios	Rodamiento 6000.2RSR
6401-2	Perno Inox interno	AISI 304	Perno Inox. UNC 1/4" x 2"
6401-3	Arandela Inox interna	AISI 304	Arandela Plana Inox. 1/4"
6401-4	Tuerca Inox interna	AISI 304	Tuerca Inox. UNC 1/4"
6402	Bocín inferior del panel	AISI 304	Platina Inox. 1"x1/4", Eje Inox. 1-1/4"
6402-1	Rodamiento inferior del panel	Varios	Rodamiento 6000.2RSR

CAPÍTULO 5

CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE

5.1. LISTA DE MATERIALES.

Los materiales que se utilizan en la construcción de la máquina son de dos tipos, los que tienen contacto con el producto y los que no, cada uno de ellos cumplen con las diferentes especificaciones internacionales que son: AISI, ASTM, ANSI, AWS.

A continuación se detalla los tipos de materiales que se van a utilizar en la construcción de la máquina.

Tabla 5.1. Lista de materiales para el proceso de fabricación

Detalle de materiales para la fabricación				
Ord	Cant	Descripción	Material	Especificación
1	1	Plancha de acero inoxidable	AISI 304	Dimensión 2400 x 1200 mm; Espesor= 1.2 mm
2	1	Tubo cuadrado de acero inoxidable	AISI 304	Dimensión 25.4 x 25.4 x 6000 mm; Espesor= 1.2 mm
3	1	Tubo rectangular de acero inoxidable	AISI 304	Dimensión 50.8 x 25.4 x 6000 mm; Espesor= 1.5 mm
4	1	Platina Inox	AISI 304	Dimensión 2"x 1/4"x6000 mm;
5	1	Platina Inox	AISI 304	Dimensión 25.4 x 3 x 1000 mm;
6	5	Varilla de acero inoxidable	AISI 304	Dimensión 6000 mm; Diámetro = 5 mm
7	1	Varilla de acero inoxidable	AISI 304	Dimensión 6000 mm; Diámetro = 8 mm
8	1	Varilla de acero inoxidable	AISI 304	Dimensión 6000 mm; Diámetro = 6.35 mm
9	1	Eje de acero inoxidable	AISI 304	Longitud= 874 mm Diámetro= 38.1 mm

**Tabla 5.1. Lista de materiales para el proceso de fabricación
(continuación)**

10	1	Eje de transmisión	AISI 1018	Longitud= 340 mm Diámetro= 30 mm
11	2	Eje de acero inoxidable	AISI 304	Longitud= 50 mm Diámetro= 50.8 mm
14	1	Eje de acero inoxidable	AISI 304	Longitud = 700 mm Diámetro = 19.05
15	1	Eje de acero inoxidable	AISI 304	Longitud = 170 mm Diámetro = 31.75 mm

Tabla 5.2. Lista de partes normalizadas

Ord	Cant.	Descripción	Características
1	1	Motor de 1 hp	950 rpm - 220 y 110 V
2	1	Polea Tipo A	Diámetro 8 in Material: Aluminio
3	7	Polea Tipo A	Diámetro 2 in Material: Aluminio
4	1	Lovejoy L-095	Diámetro máximo 30 mm Material: Acero fundido
5	1	Banda A	Banda A 60
6	1	Banda A	Banda A 63
7	1	Rodamiento de doble hilera de contacto angular	Serie 3205B,TVH
8	1	Rodamiento de bolas rígidas	Serie 6205 DDU ARS
9	12	Rodamiento de bolas rígidas	Serie 6000. 2RSR
10	10	Prisioneros	Prisionero 5/16" x1/2"
11	16	Perno auto perforante	3/16" x 1"
12	8	Pernos Inox UNC	1/2" x 2"
13	24	Pernos Inox UNC	1/4" x 2"
14	6	Pernos Inox Allen	M 8
15	4	Perno Galv. UNC	1/2" x 2"
16	4	Perno Galv. UNC	1/2" x 1"
17	8	Perno Galv. UNC	3/8" x 1-1/2"

5.2. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

5.2.1. MAQUINARIA A UTILIZAR

Para la construcción de las diferentes partes de la máquina se va a utilizar la maquinaria que se detalla a continuación:

- Torno paralelo.
- Taladro fresador de pedestal.
- Fresadora.
- Esmeril.
- Amoladora.
- Roladora.
- Máquina para soldadura Smaw.
- Máquina para soldadura Tig.
- Cortadora de disco.
- Taladro.
- Prensa hidráulica.
- Dobladora.

5.2.2. DIAGRAMAS DE PROCESOS DE FABRICACIÓN

La máquina consta de elementos principales los cuales son; Soporte estructural exterior figura 5.2, Soporte estructural interior figura 5.4, Sistema generador de potencia figura 5.6, Conjunto banda figura 5.8, Mecanismo de giro figura 5.10 y Sistema de portamarcos figura 5.12 las partes antes mencionadas cumplen un proceso de fabricación el cual se detalla en los siguientes diagramas de procesos que se detallan en las figuras; Diagrama de procesos del soporte estructural exterior figura 5.1, diagrama de procesos del soporte estructural interior figura 5.3, diagrama de procesos del sistema generador de potencia figura 5.5, diagrama de procesos del conjunto banda figura 5.7, diagrama de procesos del mecanismo de giro figura 5.9, diagrama de procesos del sistema de portamarcos figura 5.11, el diagrama de procesos del montaje de la máquina figura 5.13 y la máquina en la figura 5.14.

Diagrama de operación de procesos
 Soporte estructural exterior
 Código: 1000
 Cantidad: 1

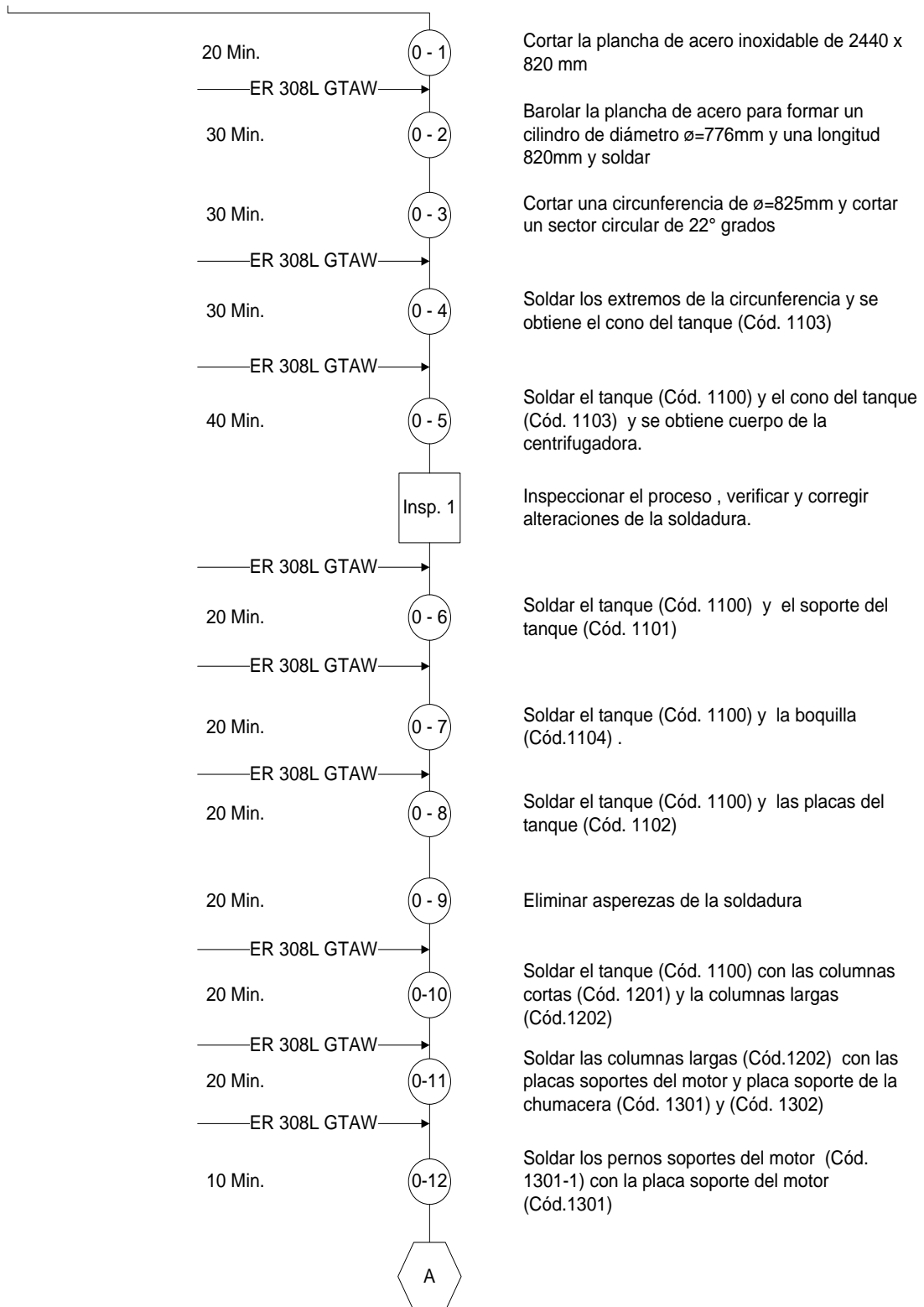


Figura 5.1. Diagrama de procesos del Soporte estructural exterior

Diagrama de operación de procesos
 Soporte estructural exterior
 Código: 1000
 Cantidad: 1

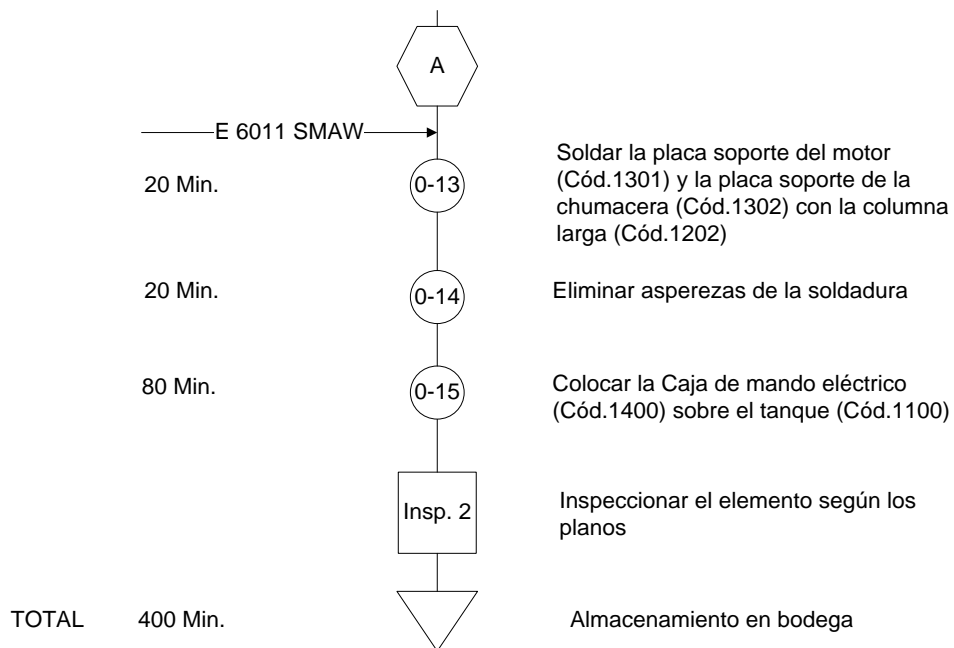


Figura 5.1. Diagrama de procesos del Soporte estructural exterior (continuación)

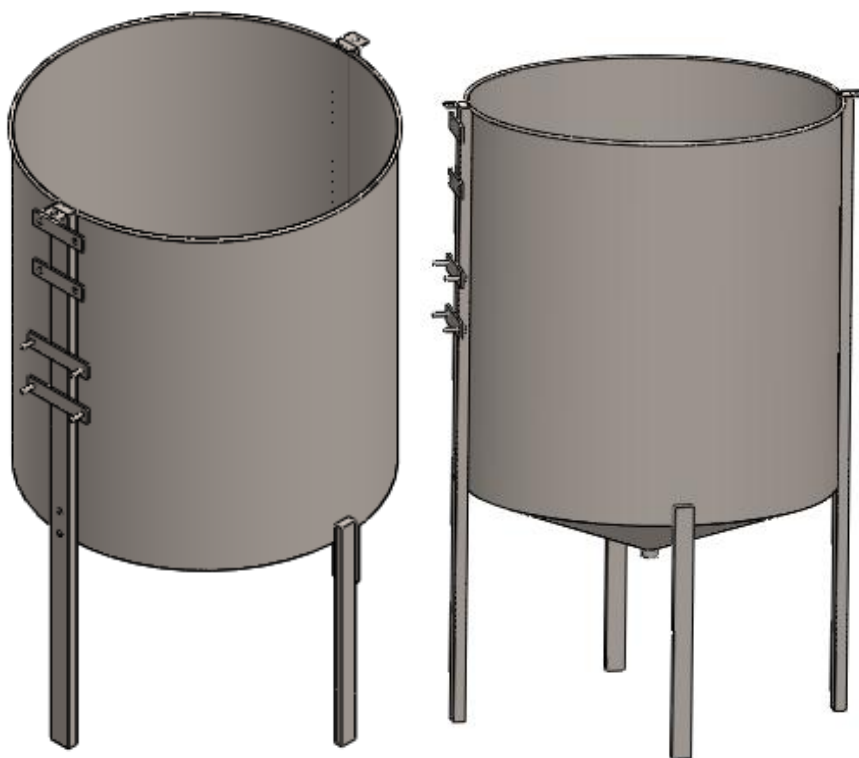


Figura 5.2. Soporte estructural exterior (Cód. 1000)

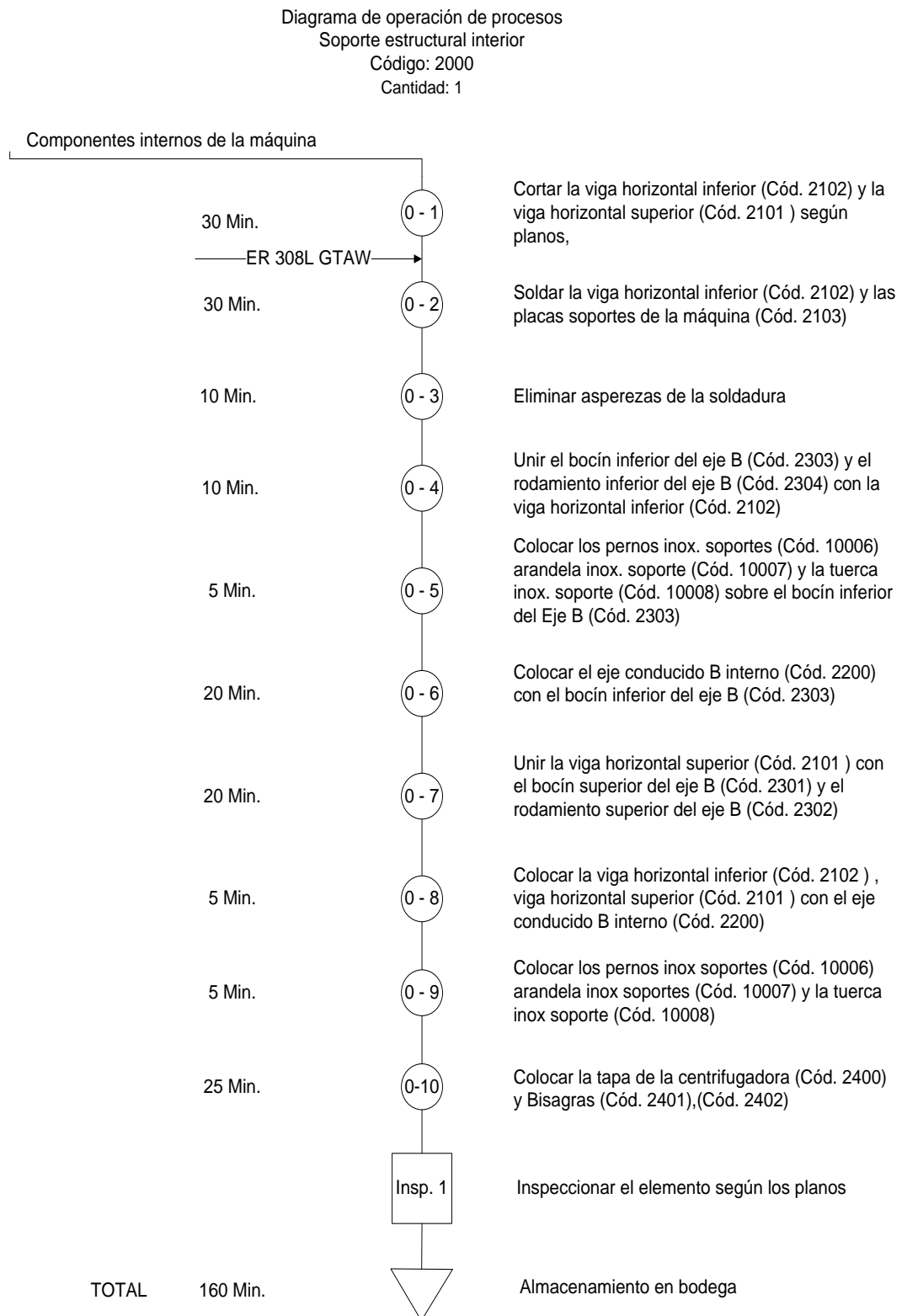
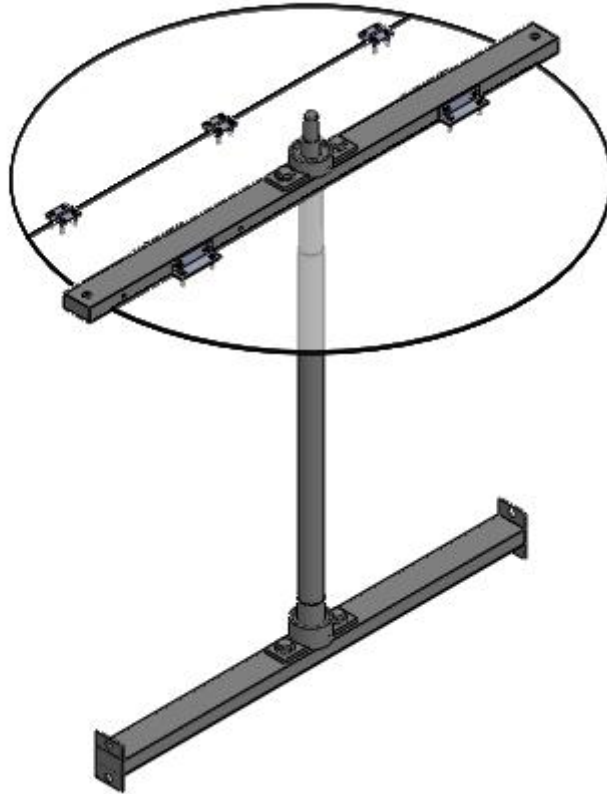


Figura 5.3. Diagrama de procesos del Soporte estructural interior



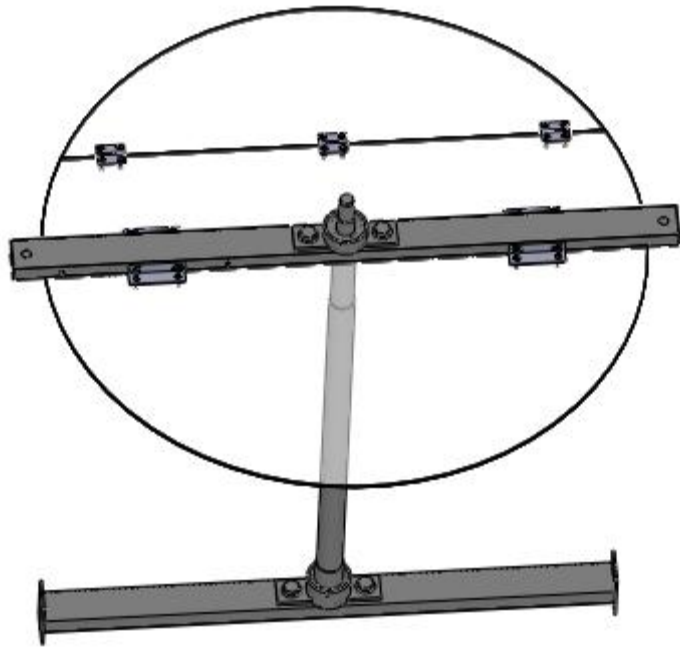


Figura 5.4. Soporte estructural interior (Cód. 2000)

Diagrama de operación de procesos
 Sistema Generador de Potencia
 Código: 3000
 Cantidad: 1

Componentes del sistema generador de potencia de la máquina

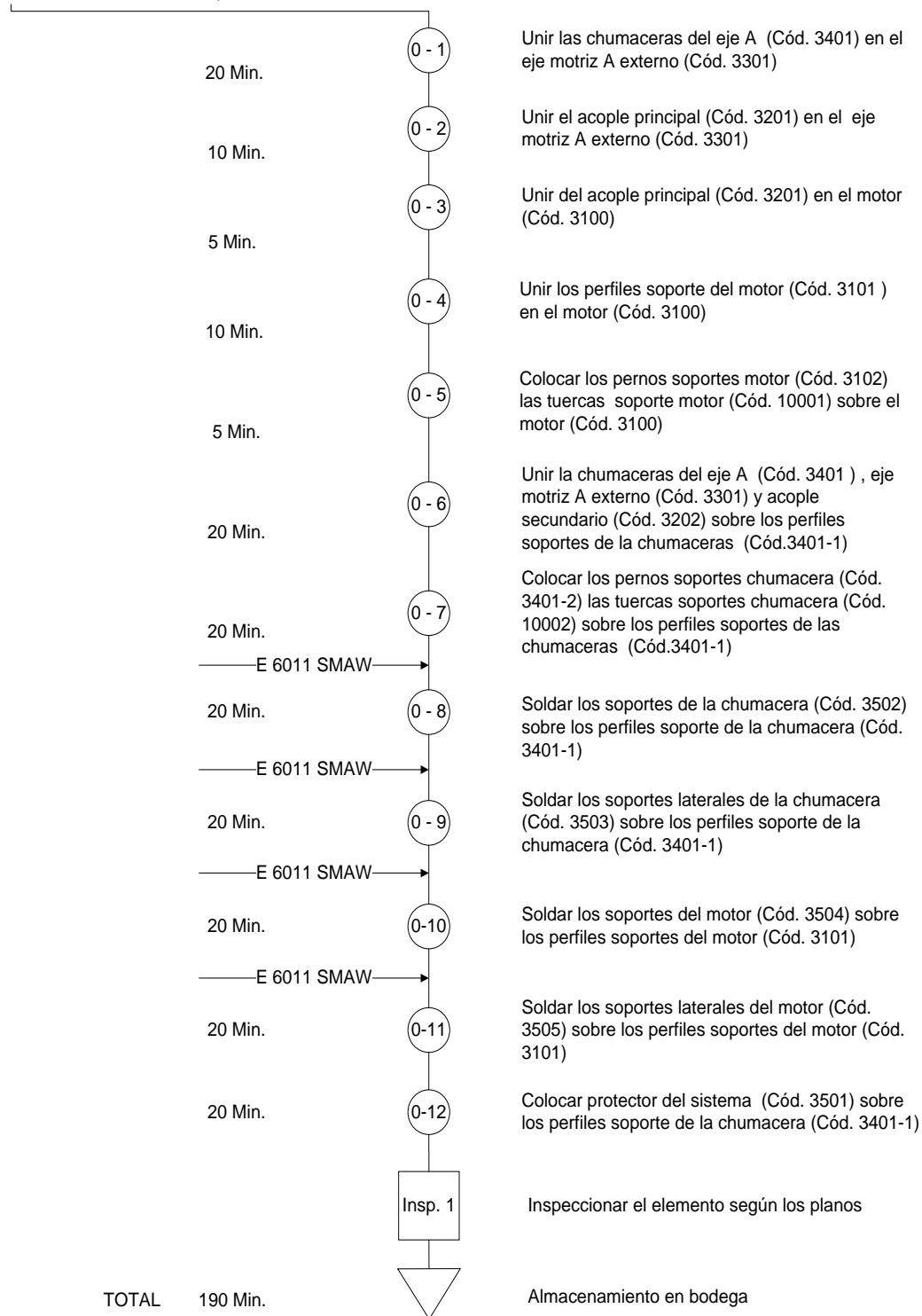


Figura 5.5. Diagrama de procesos del sistema generador de potencia

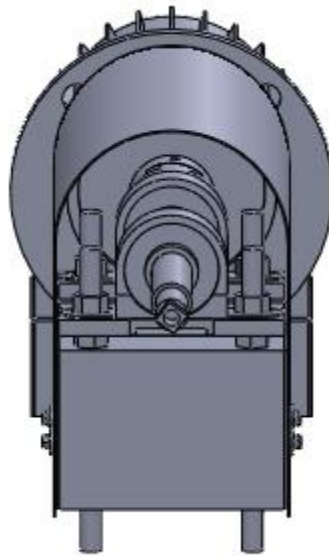
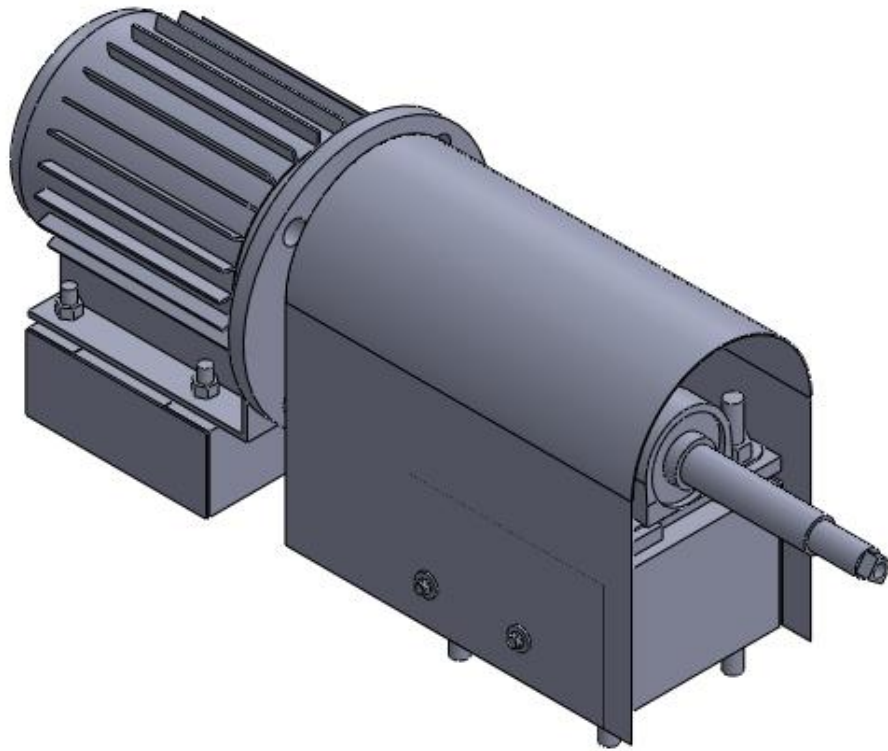


Figura 5.6. Sistema Generador de Potencia (Cód. 3000)

Diagrama de operación de procesos
 Conjunto Banda
 Código: 4000
 Cantidad: 1

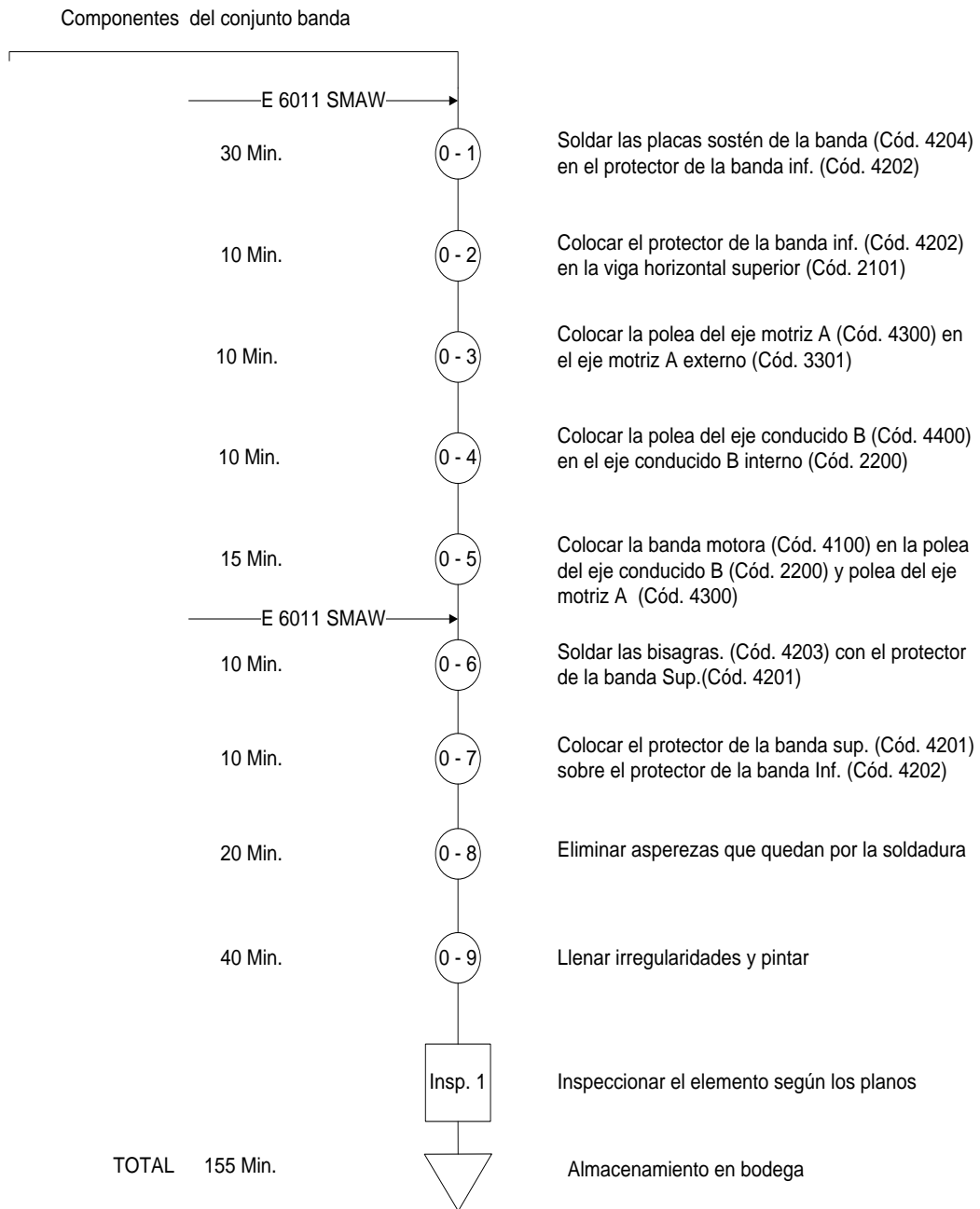


Figura 5.7. Diagrama de procesos del Conjunto Banda

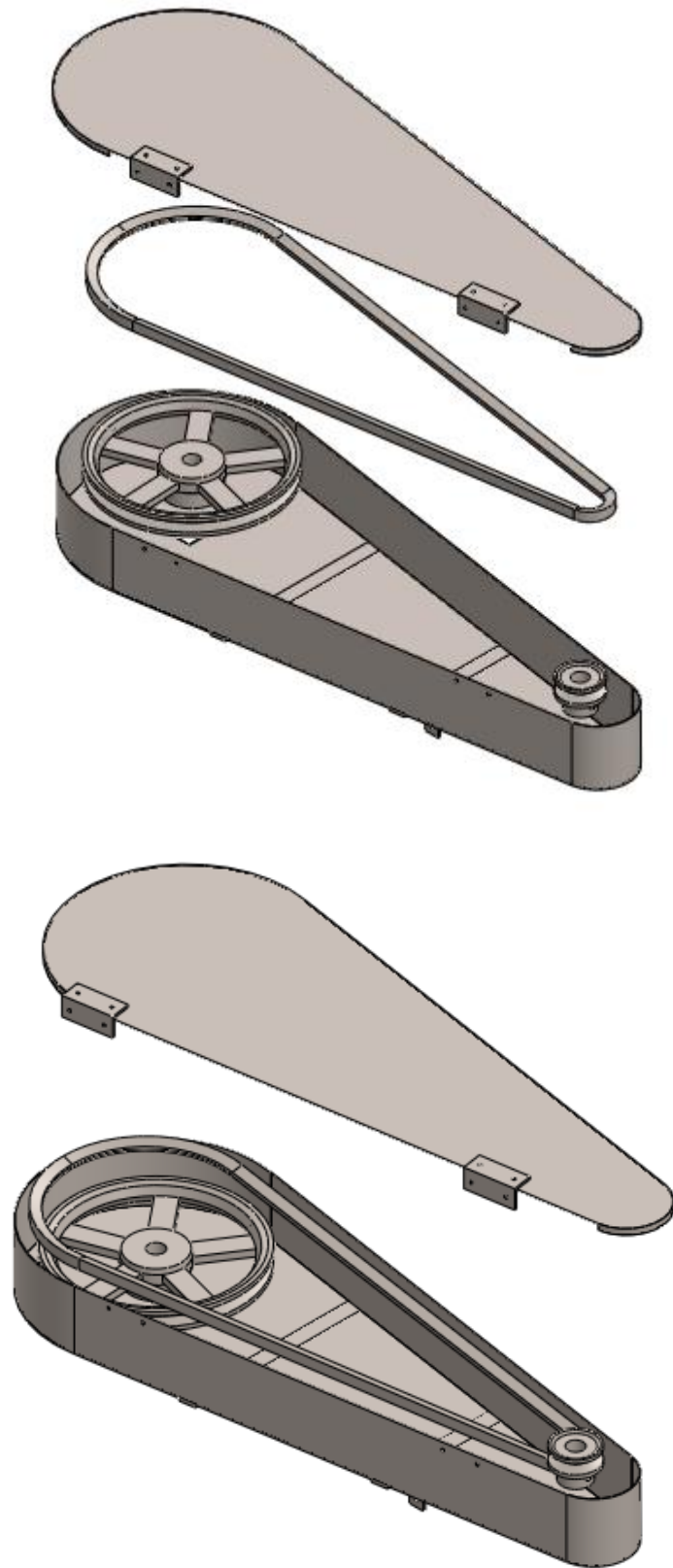


Figura 5.8. Conjunto Banda (Cód. 4000)

Diagrama de operación de procesos
 Mecanismo de Giro
 Código: 5000
 Cantidad: 1

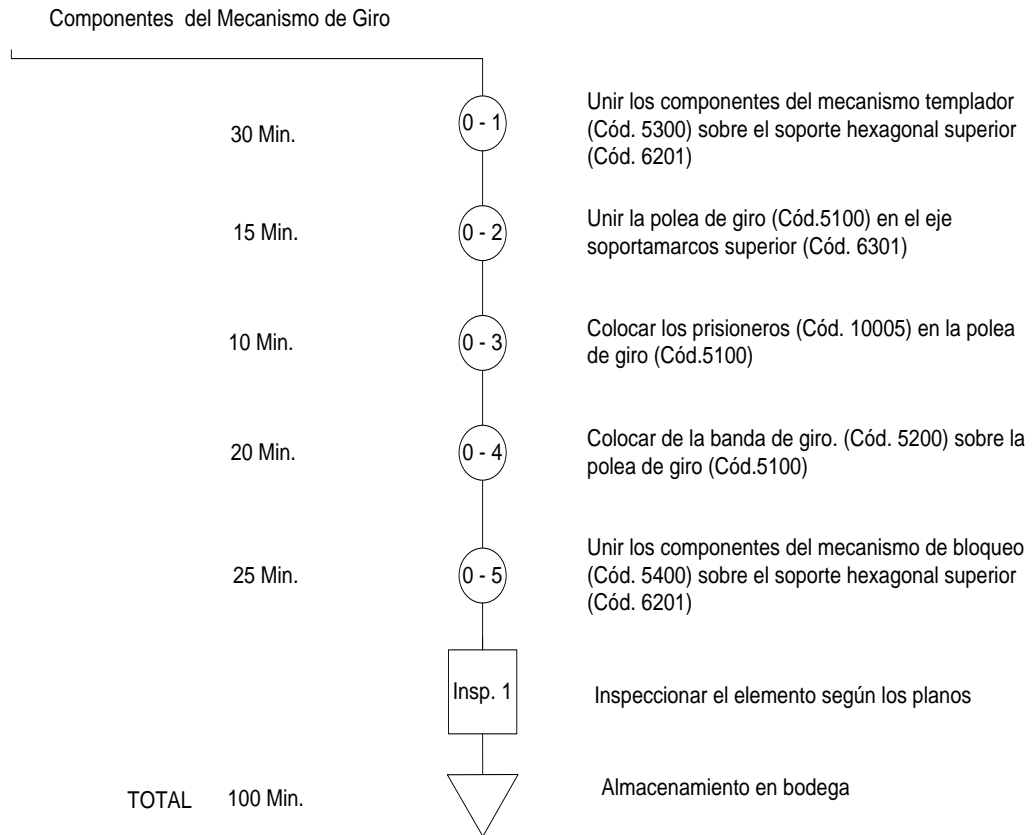


Figura 5.9. Diagrama de procesos del Mecanismo de Giro

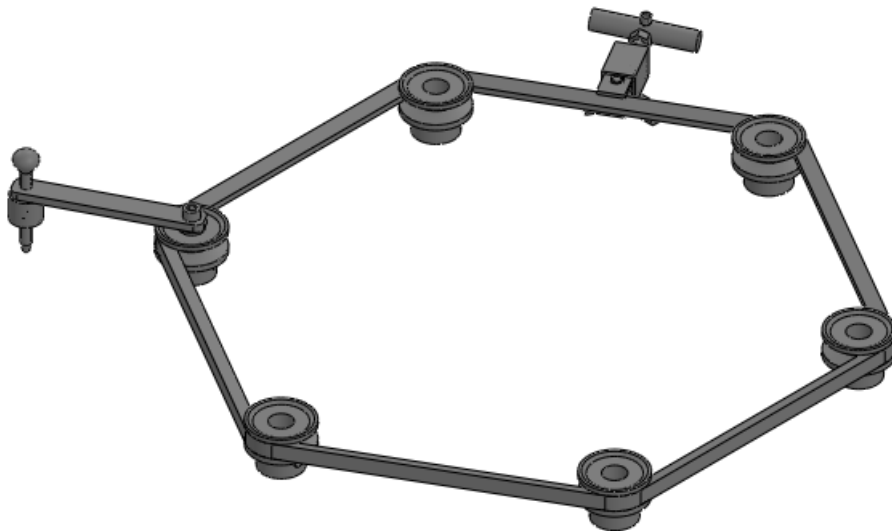


Figura 5.10. Mecanismo de Giro (Cód. 5000)

Diagrama de operación de procesos
 Sistema de Portamarcos
 Código: 6000
 Cantidad: 1

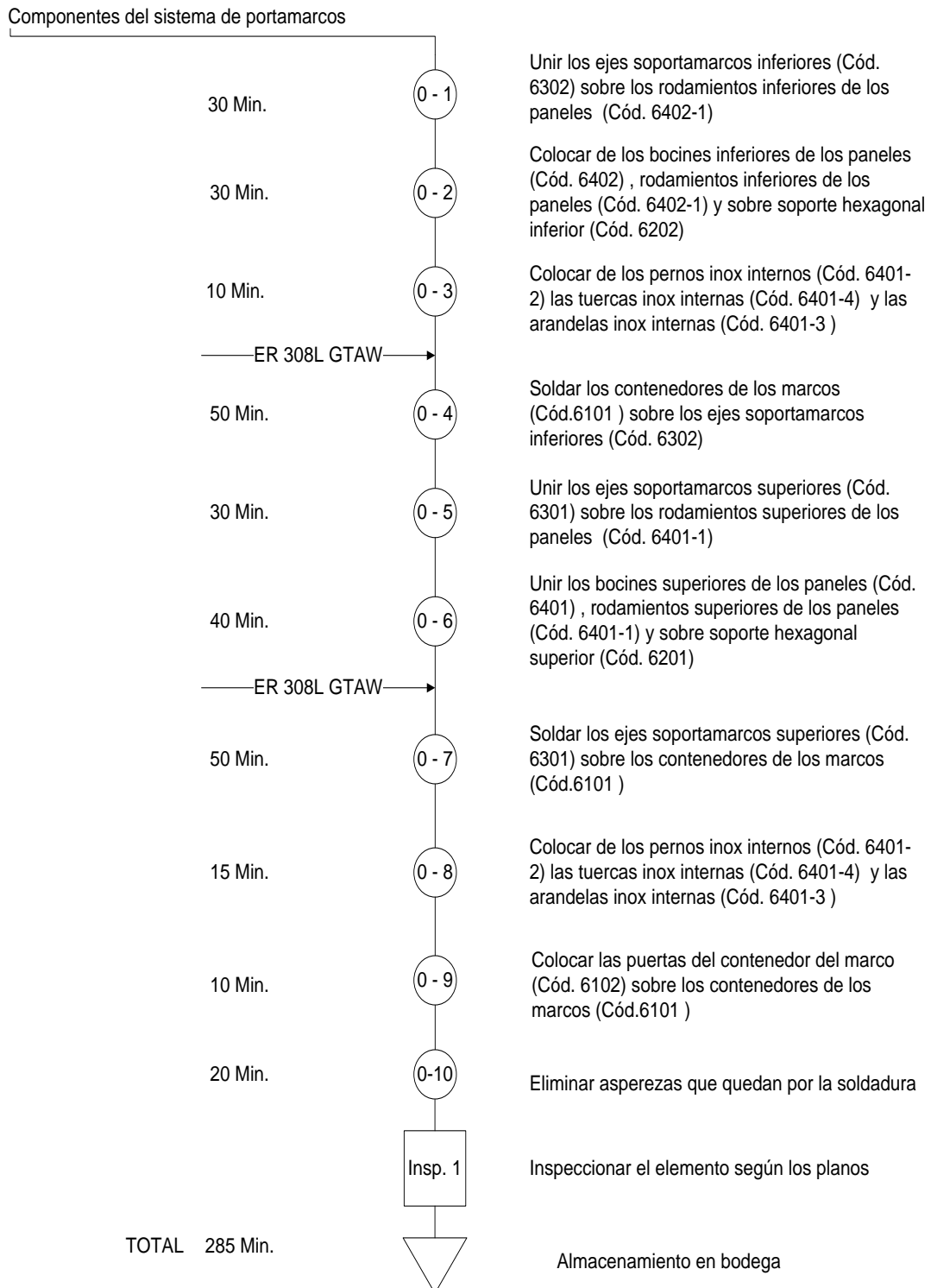


Figura 5.11. Diagrama de procesos del Sistema de Portamarcos

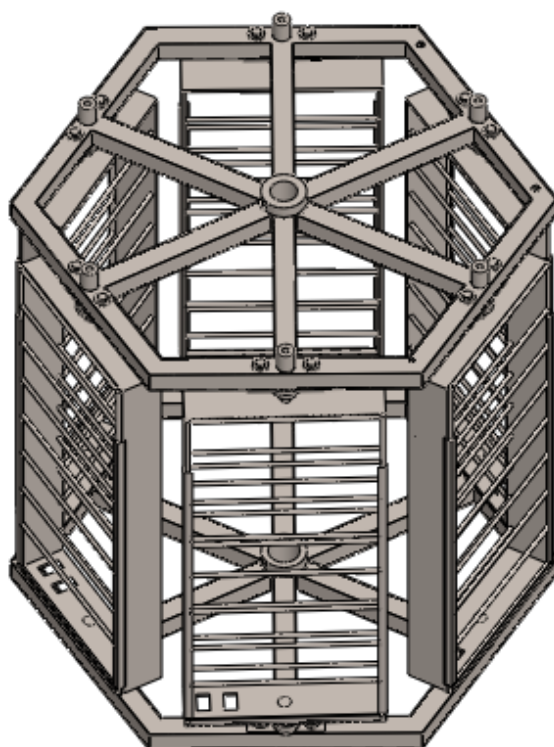
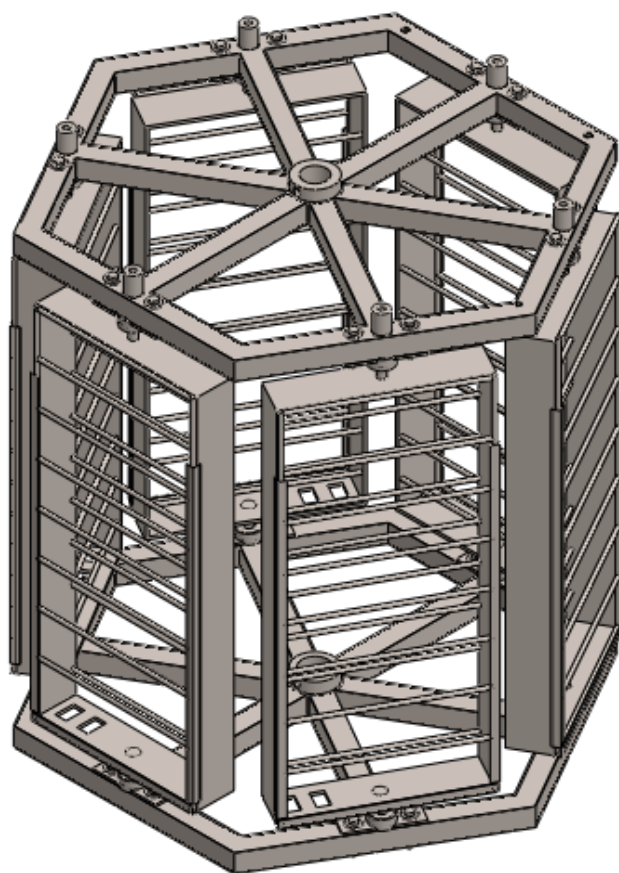


Figura 5.12. Sistema de Portamarcos (Cód. 6000)

5.3. MONTAJE

Diagrama de Ensamble de la Máquina
Código: 10000

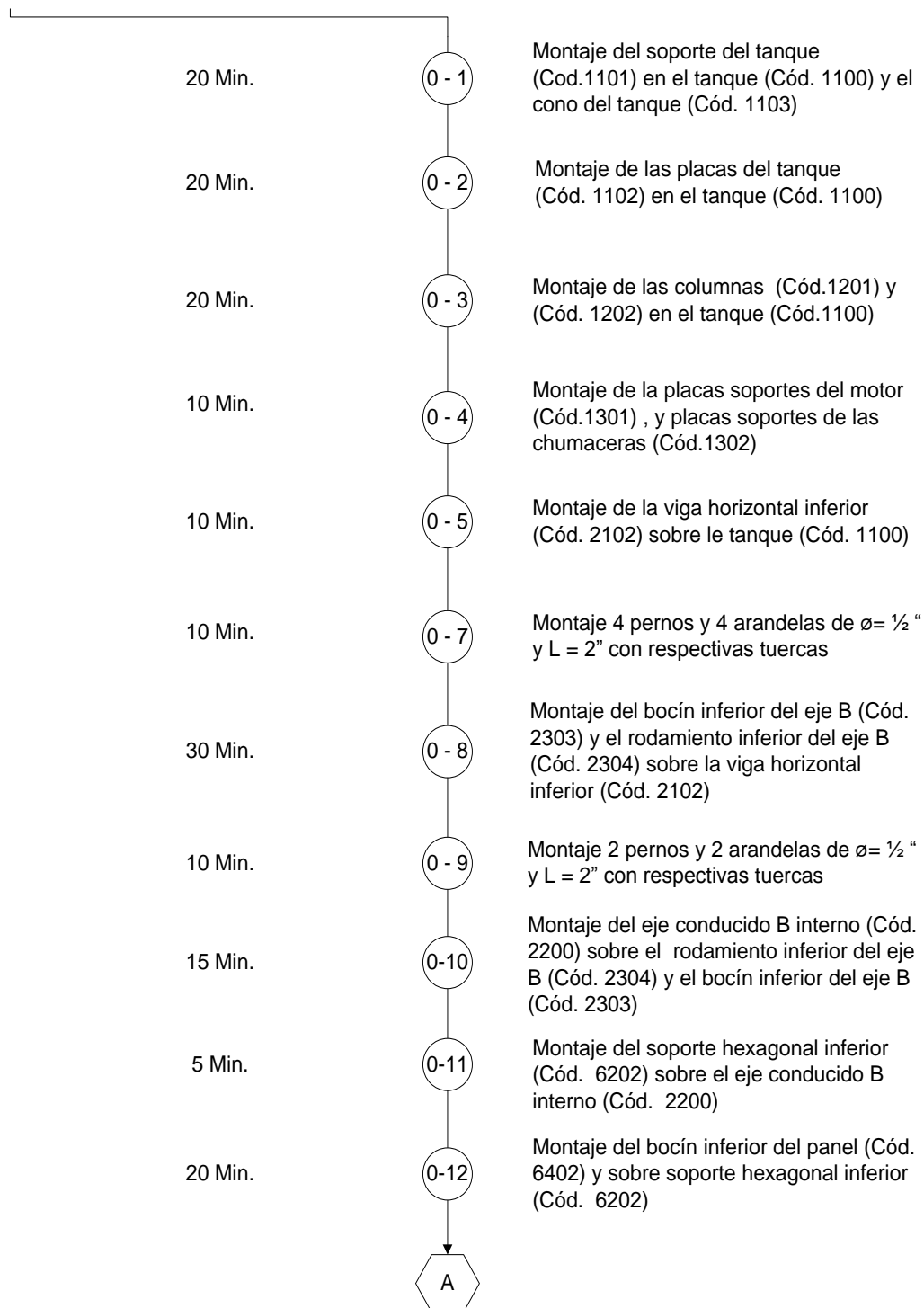


Figura 5.13. Diagrama de montaje de la máquina

Diagrama de Ensamble de la Máquina
Código: 10000

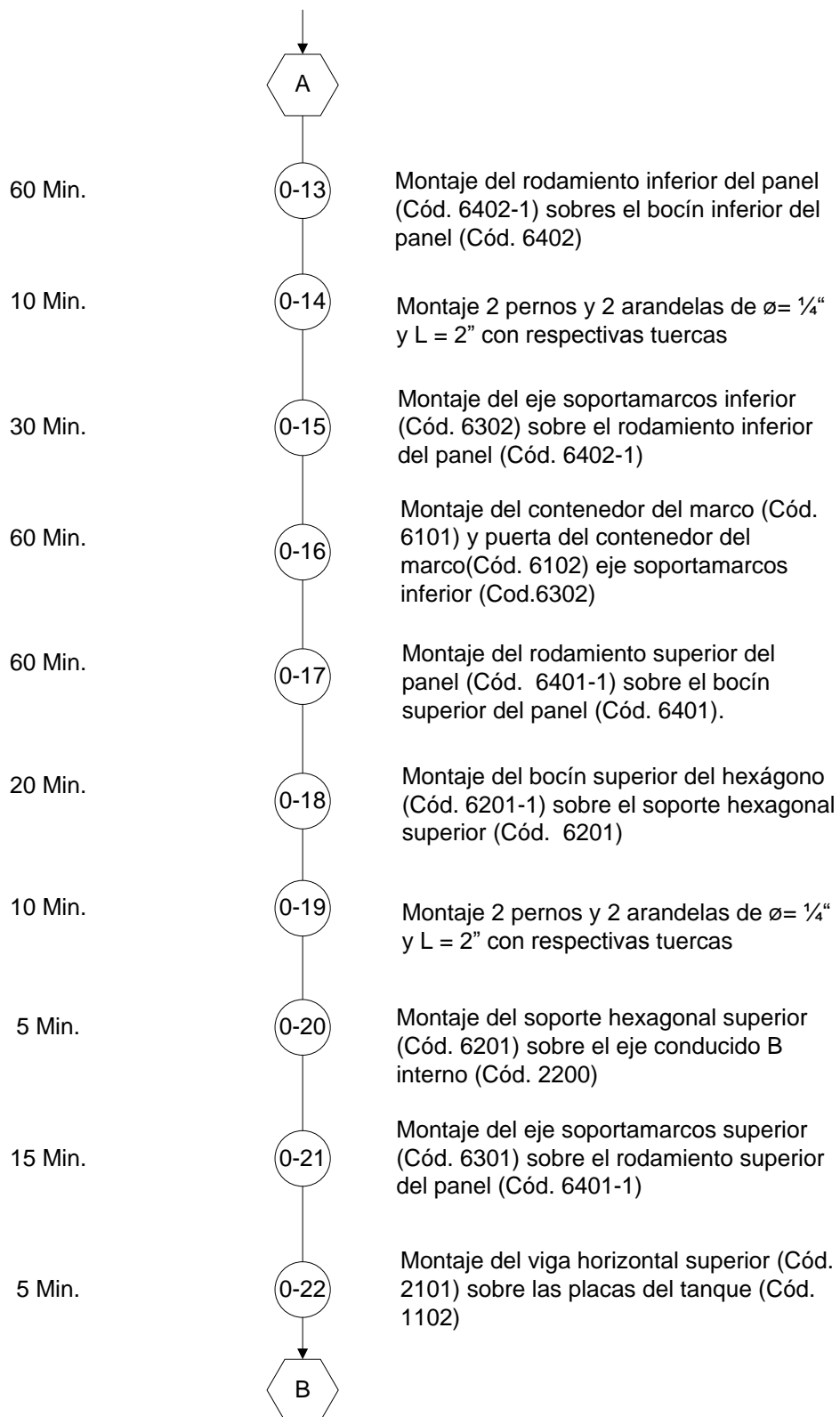


Figura 5.13. Diagrama de montaje de la máquina (continuación)

Diagrama de Ensamble de la Máquina
Código: 10000

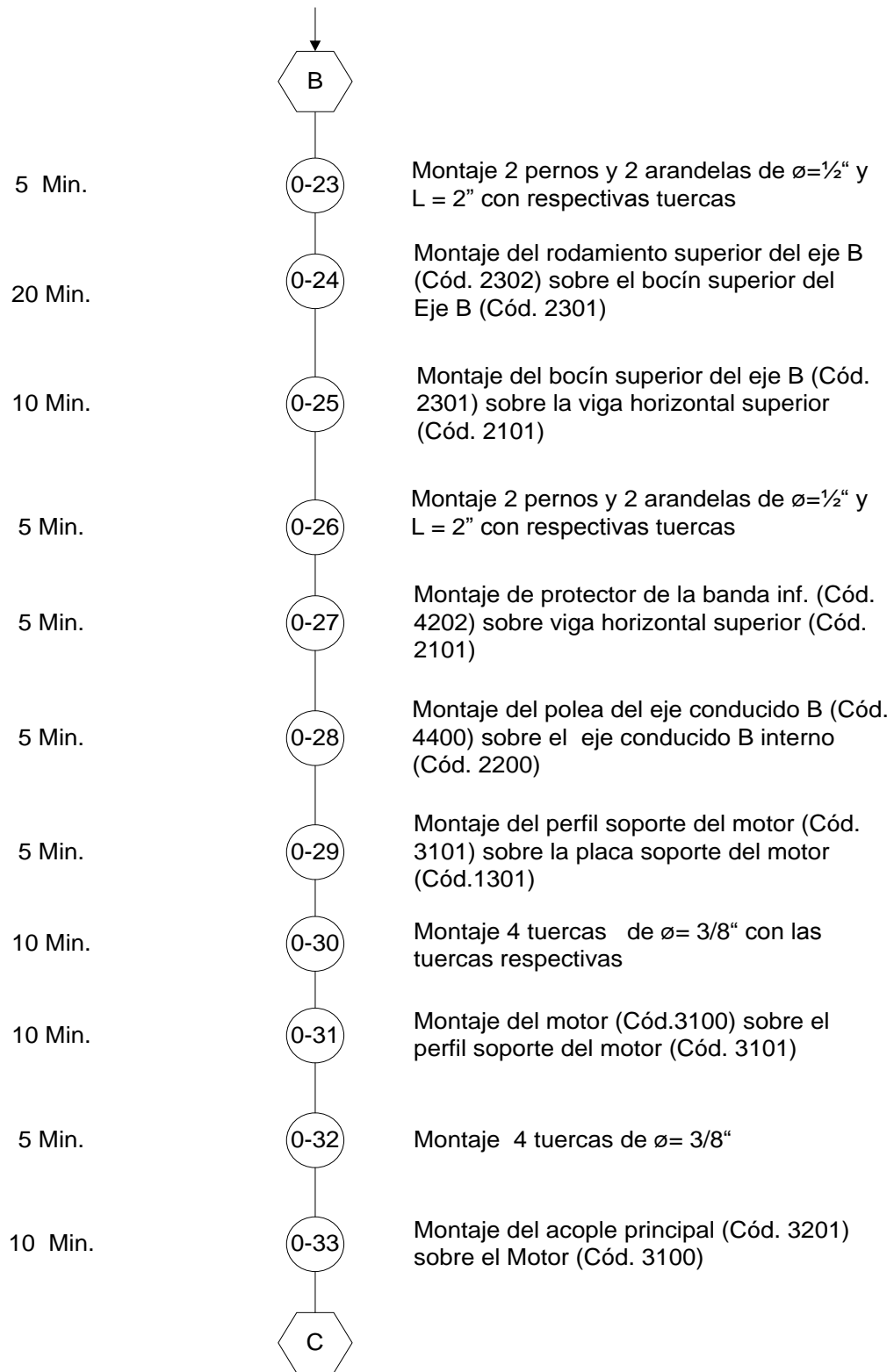


Figura 5.13. Diagrama de montaje de la máquina (continuación)

Diagrama de Ensamble de la Máquina
Código: 10000

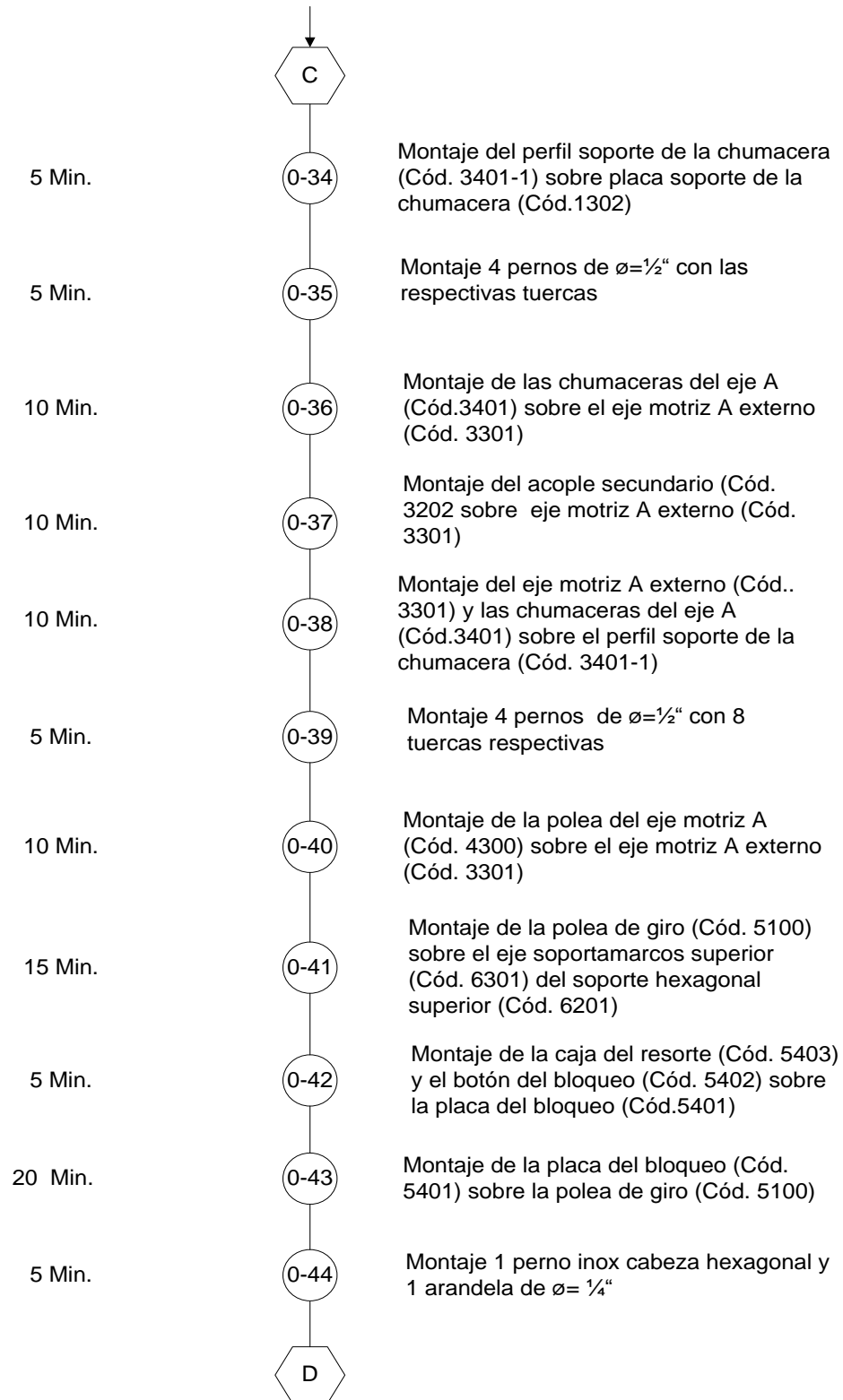


Figura 5.13. Diagrama de montaje de la máquina (continuación)

Diagrama de Ensamble de la Máquina
Código: 10000

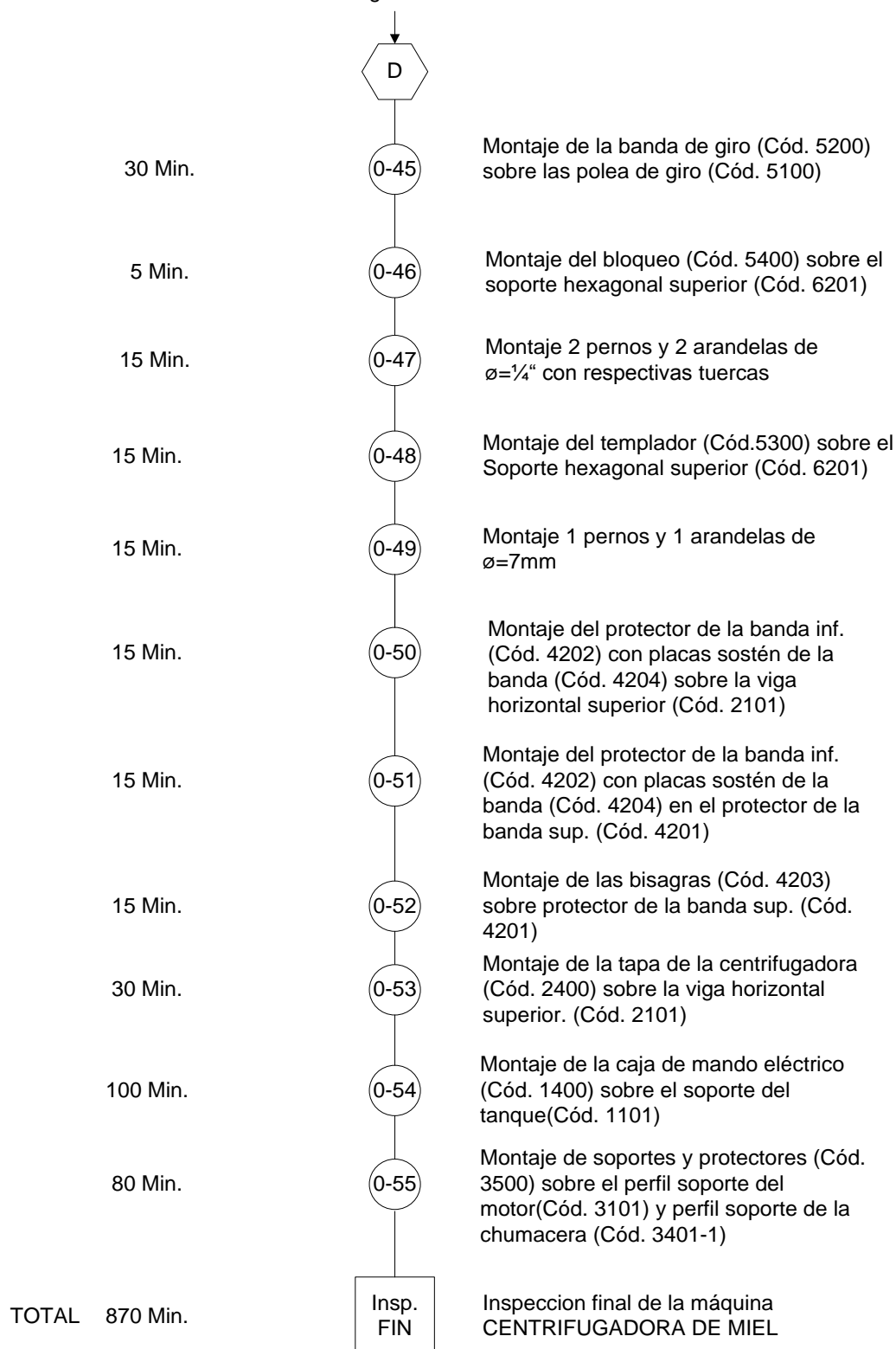


Figura 5.13. Diagrama de montaje de la máquina (continuación)

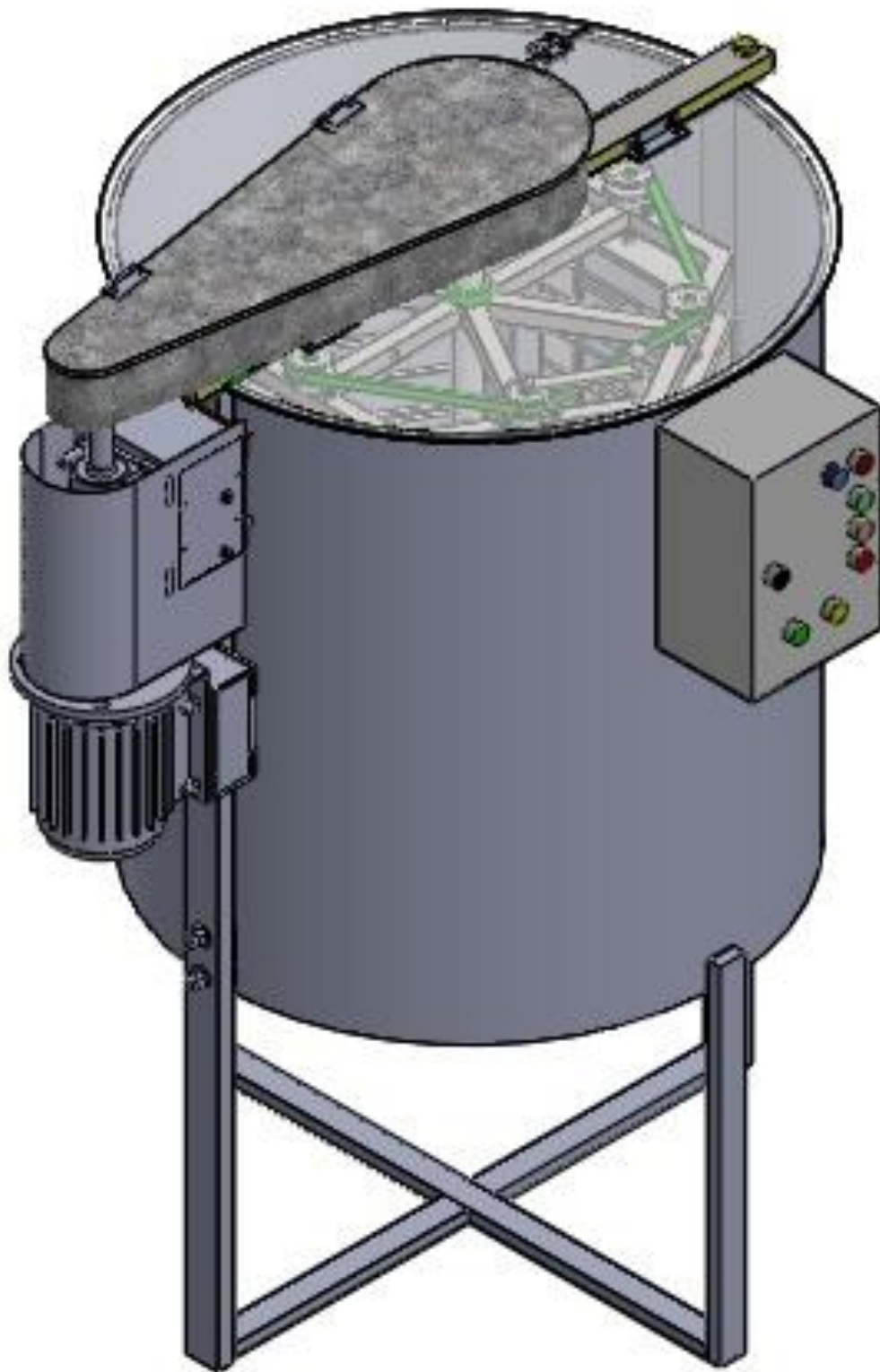


Figura 5.14. Centrifugadora de Miel

5.3.1. MANUAL DE OPERACIÓN

Este manual permite operar la máquina de una forma correcta y segura, en la figura 5.15 se especifica las partes de la centrifugadora.

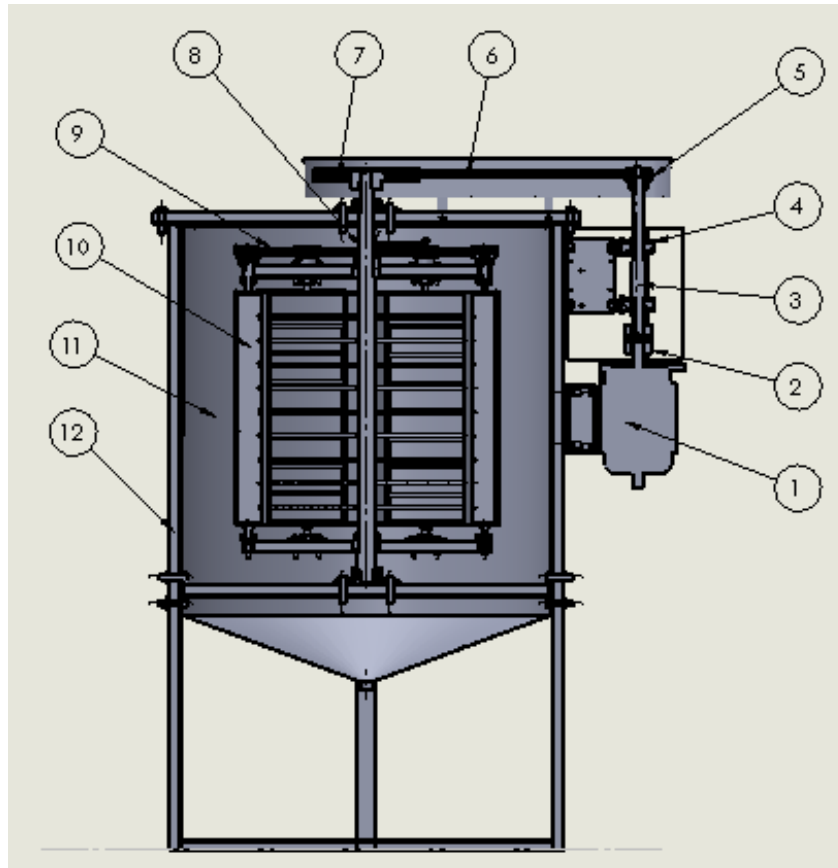


Figura 5.15. Centrifugadora de miel

Tabla 5.3. Componentes de la centrifugadora

Número	Parte	Especificación técnicas
1	Motor	Motor 1 Hp 950RPM
2	Matrimonio	Acople Lovejoy L-095
3	Eje conductor	Eje de transmisión 1-1/4"
4	Chumacera	Chumacera UCP 205.16
5	Polea	Polea 1 ranura 2"x 1/2"
6	Banda	Banda A 60
7	Polea	Polea 1 Ranura 8"x 1/2"
8	Eje conducido	Eje Inox. 1-1/2"
9	Mecanismo de giro	Polea 1 ranura 2"x 1/2"

Tabla 5.3. Componentes de la centrifugadora (continuación)

10	Contenedor de marcos de miel	Platina Inox. 2"x1/8"
11	Tanque	Plancha AISI 304 e=1.2 mm
12	Estructura	Tubo rectangular

5.3.1.1. ¿Cómo funciona la máquina?

Su funcionamiento se basa en la fuerza centrífuga que separa la cera de la miel, la misma que es lanzada a la pared del tanque y por medio de la gravedad se desplaza hasta la punta del cono

5.3.1.2. Funcionamiento eléctrico

La centrifugadora opera con un tablero de control que se describe en la figura 5.16, la misma se encuentra dotada de cinco focos indicadores con diferentes colores, además de eso consta de dos pulsadores; uno normalmente abierto que sirve para el encendido y el normalmente cerrado para el apagado, que se describen detalladamente en la tabla 5.4.

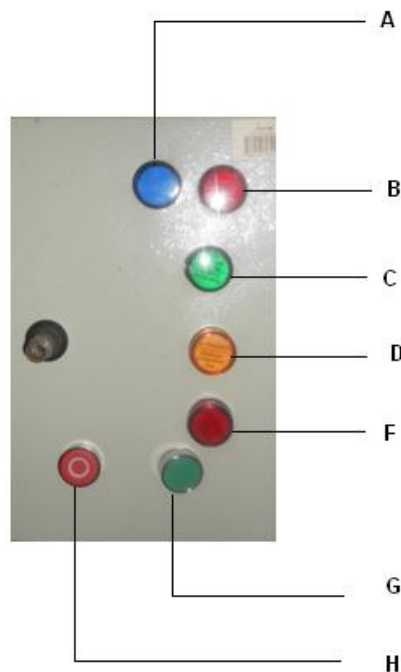


Figura 5.16. Cajetín eléctrico

Tabla 5.4. Indicador de Focos y Pulsadores

Letra	Descripción
A	(Luz azul ENCENDIDA) Indica que la máquina está conectada a una fuente de energía de 220 V. Todo el tablero esta electrificado por lo que la máquina puede operar.
B	(Luz roja ENCENDIDA) Indica que la máquina se detiene si hay una sobrecarga.
C	(Luz verde ENCENDIDA) Se enciende cuando la centrifugadora está en funcionamiento
D	(Luz tomate ENCENDIDA) Se enciende cuando la tapa de la puerta está cerrada y se puede operar la máquina, caso contrario la centrifugadora no se enciende.
F	(Luz roja ENCENDIDA) Indica que la máquina está apagada y cuando se enciende la máquina la luz se apaga.
G	(Pulsador Verde) Normalmente abierto, sirve para poner en marcha la centrifugadora siempre y cuando la luz tomate este encendida.
H	(Pulsador Rojo) Normalmente cerrado, apaga la máquina en cualquier intervalo de tiempo.

5.3.1.3. Funcionamiento del mecanismo de giro

El mecanismo de giro, es un sistema de poleas que se encuentran unidas por una banda, la misma, que al girar un contenedor permite que los demás contenedores tomen el mismo movimiento, como se describe en la figura 5.17 y consta con un sistema de bloqueo, el cual consiste en enclavar el brazo de giro a la estructura interna y esto frustra el movimiento de los contenedores cuando empieza la centrifugación.

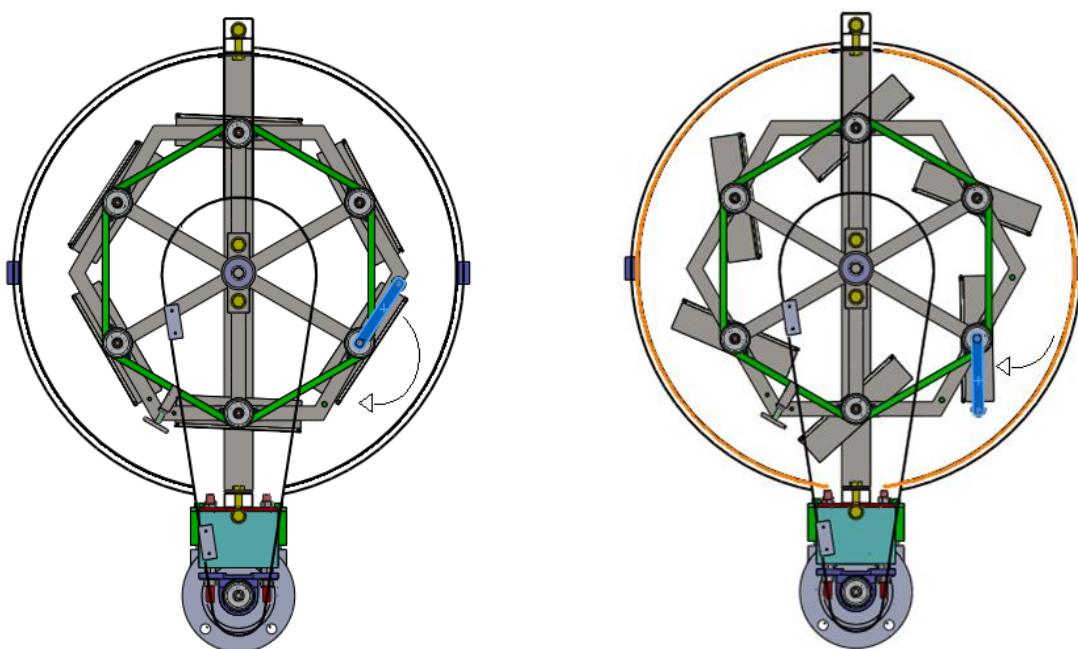


Figura 5.17. Mecanismo de giro

5.3.2. PRECAUCIONES QUE SE DEBEN CONSIDERAR PARA OPERAR LA MÁQUINA

Las precauciones más importantes que se deben considerar son:

- No dejar ningún objeto dentro de la máquina, ya que podría dañar tanto la estructura interna como externa.
- Verificar que la tapa de la máquina se encuentre cerrada, caso contrario no encenderá.
- Esperar que la máquina se detenga en su totalidad antes de abrir la tapa y poder retirar lo marcos ya que el operario podría sufrir daños físicos.
- Verificar que el sistema de giro esté en la posición de bloqueo antes de comenzar la extracción.
- Constatar que la llave está cerrada para que no haya fugas de miel cuando la máquina esté funcionando.
- No abrir el protector de la transmisión mientras la máquina esté en operación.

5.3.3. PASOS A SEGUIR PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA

1. Abrir la tapa de la máquina.
2. Introducir los marcos de miel en los contenedores en cada cavidad dependiendo del ancho del marco.
3. Cerrar la tapa de la máquina y proceder a encender la misma con la descripción que se encuentra en la tabla 5.4.
4. Al terminar el primer ciclo de funcionamiento se procede a girar los marcos como se muestra en la figura 5.17.
5. Repetir el paso número 3.
6. Terminada la extracción de las dos caras se procede a sacar los cuadros y repetir todos los pasos anteriores para las siguientes extracciones.

5.3.4. MANTENIMIENTO.

Se llevará a cabo un mantenimiento después de cada operación y otro en un período anual, este proceso se lo realizará con un checklist (lista de chequeo), la lista se detalla en el Anexo F.

5.3.4.1. Herramientas a utilizar en el mantenimiento

Tabla 5.5. Descripción de herramientas para mantenimiento

Descripción	Numeración	Función
Llave Allen	5/16"	Ajuste de prisionero de las poleas del sistema de giro
Llave Allen	5/16"	Ajuste de prisionero de polea conductora del sistema de transmisión
Llave Allen	5/16"	Ajuste de prisioneros de bocín de estructura hexagonal
Llave de boca	15	Ajuste prisionero de polea conducida
Llave de boca	19	Ajuste de estructura interna y externa de la máquina
Destornillador Estrella	N/A	Ajuste de bisagras de las tapas

**Tabla 5.5. Descripción de herramientas para mantenimiento
(continuación)**

Llave Allen	3/16"	Ajuste de los prisioneros de las chumaceras
Llave de boca	3/8"	Regulación de la altura del motor

CAPÍTULO 6

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.

6.1. PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO

Los parámetros a considerar para el funcionamiento de la máquina se detallan a continuación.

6.1.1. SISTEMA ELÉCTRICO

Parámetros eléctricos:

- Voltaje.

El voltaje necesario para que el tablero y motor trabajen es de 220 v.

- Corriente.

El motor opera con corriente alterna de 3.4 amperios.

6.1.2. SISTEMA DE EXTRACCIÓN

Los parámetros de extracción se detallan en la tabla 6.1.

Tabla 6.1. Parámetros de funcionamiento del sistema de extracción

Descripción	Valor
Distancia desde el centro del eje hasta el marco de miel.	248 mm
Velocidad tangencial o de periferia.	6 m/s
Ciclo de operación	4 minutos.

Los datos de la tabla 6.1 son los que establecen una condición óptima de extracción.

6.1.3. SISTEMA DE CONTENEDORES DE MARCOS

Las medidas de los marcos de miel con los cuales se puede operar la máquina se detallan en la tabla 6.2.

Tabla 6.2. Medidas de los marcos

Descripción	Medidas	
	Alto (mm)	Ancho (mm)
Cuadros recolectores de miel grandes	450	215
Cuadros recolectores de miel medianos	450	150

6.2. PROTOCOLO DE PRUEBAS

En el protocolo de pruebas se toman en cuenta los factores más significativos, antes y después de operar la máquina.

- Inspección general.
- Inspección dimensional.
- Medición de voltajes y corrientes.
- Ciclos de operación de la máquina.

6.2.1. EQUIPO DE MEDICIÓN

Para las pruebas se utilizan los siguientes instrumentos de medición.

Cronómetro:

- Apreciación : 0,01 segundo
- Alcance : Indefinido

Multímetro:

- Apreciación 0.1 voltios.
- Alcance voltaje 1000 v AC y DC

- Alcance corriente 10 A

Flexómetro:

- Apreciación 1 mm.
- Alcance 5 m

Balanza:

- Apreciación 0.1 kg.
- Alcance 15 kg

6.2.2. PROCEDIMIENTO

1. Con el flexómetro, medir las distancias que se solicitan en la tabla 6.3
2. Tomar el multímetro y evaluar los datos de la tabla 6.4
3. Pesar los marcos antes de la extracción y llenar la tabla 6.6
4. Abrir la tapa de la centrifugadora y sacar la puerta del contenedor colocar el marco en el mismo y cerrar la compuerta
5. Encender la máquina y tomar los tiempos que se producen en un ciclo de operación los cuales se detalla en la Figura 6.1 y llenar la tabla 6.5



Figura 6.1. Ciclo de operación de la Máquina

6. Terminado el ciclo de operación sacar los marcos y pesarlos, llenar la tabla 6.6 en el ítem correspondiente.
7. Terminado el procedimiento lavar la máquina con abundante agua.

6.3. LEVANTAMIENTO DE DATOS

Para poder evaluar se toman los siguientes tipos de datos que son:

6.3.1. INSPECCIÓN DIMENSIONAL:

Tabla 6.3. Toma de datos dimensional 1

Descripción	Medida Nominal (mm)	Tolerancia (mm)	Equipo de medición (mm)	Medida real (mm)	Estado
Distancia entre centros de los ejes	571	± 2	Flexómetro	569	OK
Distancia de los contenedores al eje conducido	248	± 1.2	Flexómetro	250	NO OK
Distancia del contenedor al tanque	125	± 1.2	Flexómetro	126	OK
Radio del tanque	776	± 2	Flexómetro	774	OK
Altura del tanque	816	± 2	Flexómetro	818	OK
Ancho del contenedor	222	± 1.2	Flexómetro	223	OK
Altura del contenedor	491	± 2	Flexómetro	492	OK
Altura del cono	140	± 1.2	Flexómetro	142	NO OK
Distancia de brazos de apoyo	1317	± 3	Flexómetro	1318	OK
Radio del hexágono	603	± 2	Flexómetro	605	OK
Longitud del eje conductor	356	± 1.2	Flexómetro	354	NO OK

6.3.2. MEDICIÓN DE VOLTAJES Y CORRIENTES

Tabla 6.4. Toma de datos eléctricos

Descripción	Medida nominal	Tolerancia	Equipo de medición	Medida real	Estado
Corriente	3.4 A	± 0.1 A	Multímetro	3.5 A	OK
Voltaje	220 V	± 5 V	Multímetro	224 V	OK

6.3.3. TOMA DE TIEMPOS DE CICLO DE OPERACIÓN DE LA MÁQUINA

Se establece una tolerancia de ± 30 (seg.) en el proceso de extracción.

Tabla 6.5. Tiempos de operación

Descripción	Tiempo de carga (Seg.)	Tiempo de extracción lado 1 (Seg.)	Tiempo de giro de marcos (Seg.)	Tiempo de extracción del lado 2 (Seg.)	Tiempo de descarga (Seg.)
Primer ciclo de extracción	330,56	240,12	15,2	240,23	200,76
Segundo ciclo de extracción	358,06	240,21	10,45	240,1	187,57
Tercer ciclo de extracción	349,49	239,82	11,69	240,18	185,03
Cuarto ciclo de extracción	366,25	240,09	11,4	240,04	180,67

6.3.4. TOMA DE DATOS DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN

Tabla 6.6. Datos de pesos de los marcos de miel

Descripción	Equipo de medición	Peso de marcos de miel antes de la extracción (Kg)	Peso de marcos de miel después de la extracción (Kg)	Miel extraída (kg)
Primer ciclo de extracción	Balanza	14.1	5.9	7
Segundo ciclo de extracción	Balanza	12	6	6
Tercer ciclo de extracción	Balanza	13.8	6.5	7.3
Cuarto ciclo de extracción	Balanza	11	6	5

6.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.4.1. ANÁLISIS DIMENSIONALES

La inspección dimensional de todos los componentes menos de 3, cumple satisfactoriamente con las tolerancias establecidas.

Los componentes que no cumplen las tolerancias, pasaron por un reproceso, siendo las medidas después las que se detallan en la tabla 6.7.

Tabla 6.7. Toma de datos dimensional 2

Descripción	Medida Nominal (mm)	Tolerancia (mm)	Equipo de medición (mm)	Medida real (mm)	Estado
Distancia de los contenedores al eje conducido.	248	± 1.2	Flexómetro	249	OK
Altura del cono.	140	± 1.2	Flexómetro	141	OK
Longitud del eje conductor.	356	± 1.2	Flexómetro	355	OK

6.4.2. ANÁLISIS DE VOLTAJE Y CORRIENTE

Los voltajes que son proporcionados por la Empresa Eléctrica Quito satisfacen la demanda de la máquina y opera sin ningún tipo de problema.

6.4.3. ANÁLISIS DE PRODUCCIÓN

La productividad de la máquina se refleja en la tabla 6.8, mostrando un resultado satisfactorio.

Tabla 6.8. Análisis de producción

Descripción	Tiempo de operación (min)	Producción de miel (Kg)
Primer ciclo de extracción	17,11	7
Segundo ciclo de extracción	17,27	6
Tercer ciclo de extracción	17,10	7.3

Tabla 6.8. Análisis de producción (continuación)

Cuarto ciclo de extracción	17,3	5
SUMA TOTAL	68,78	25.3

Como se puede observar la producción total de la máquina en cuatro ciclos de operación es de 25.3 kg en un tiempo de 1.14 horas, relacionando estos valores se obtiene que la máquina produce 22 kg/h, esta cantidad sobrepasa a lo estimado de una forma satisfactoria en un 10%.

CAPITULO 7

ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO

7.1. EVALUACIÓN ECONÓMICA

7.1.1. COSTOS DIRECTOS

Se refiere a los materiales que forman parte integral de la máquina, servicios de fabricación y mano de obra.

7.1.1.1. Costos de materiales directos

Costos de materiales directos

Se refiere a los materiales que se encuentran físicamente y forman parte integral de la máquina y se detallan en la tabla 7.1.

7.1.1.2. Costo de servicios

Son los costos que constituyen el uso de equipos y máquinas herramientas que no se dispone en el taller, se detallan en la tabla 7.2.

7.1.1.3. Costo de mano de obra directa

Es el costo del personal que realiza diferentes actividades en el proceso de construcción de la máquina. El valor asignado a la hora de trabajo de un obrero se considera como 2.50 USD/hora

Las actividades realizadas por el obrero son las siguientes:

- Cortes realizados según los planos individuales.
- Perforaciones en los diferentes elementos de la máquina.
- Limpieza de los componentes de la máquina.

- Pintura de los elementos externos tales como los protectores de la banda, todos los soportes tanto del motor y chumaceras.
- Ensamblaje de la máquina.

Estos costos se detallan en la tabla 7.3.

7.1.1.4. Costo de diseño

Son los costos que abarcan los gastos en el proceso de diseño del prototipo y se detallan en la tabla 7.6

7.1.2. COSTOS INDIRECTOS

7.1.2.1. Costos de materiales indirectos

Son los materiales necesarios para el proceso de construcción, pero no necesariamente se encuentran en la máquina y se detallan en la tabla 7.4.

7.1.2.2. Otros costos indirectos

Se detallan en la tabla 7.5.

7.1.3. COSTOS DE LA MÁQUINA

El costo de la máquina es la suma de todos los costos descritos en los párrafos anteriores y se detallan en la tabla 7.7.

Tabla 7.1. Costo de materiales directos

Descripción	Cant.	Costo Unitario (USD)	Subtotal (USD)
Acople Lovejoy L-095	1	16,96	18,62
Arandela autoperforante 3/16"	16	0,5	8,78
Arandela Plana Inox. 1/2"	10	0,1	1,10
Arandela Plana Inox. 1/4"	24	0,06	1,58
Arandela Plana 3/8"	1	0,06	0,07
Banda A 60	1	7,14	7,84
Banda A 63	1	7,14	7,84

Tabla 7.1. Costo de materiales directos (continuación)

Descripción	Cant.	Costo Unitario (USD)	Subtotal (USD)
Bisagras 1-1/2"	3	0,45	1,48
Bisagras 3"	4	0,71	3,12
Bocín Roscado Inox.	1	14,29	15,68
Boquilla 1"	1	2	2,20
Breaker	1	10,71	11,76
Cable eléctrico	10	0,72	7,90
Caja metálica	1	23,21	25,48
Chumacera UCP 205.16	2	8,51	18,68
Contador	1	13,39	14,70
Eje de transmisión 1-1/4"	0,38	11,17	4,66
Eje Inox. 1-1/2"	0,89	40,63	39,69
Eje Inox. 1-1/4"	0,18	29,91	5,91
Eje Inox. 2"	0,1	73,21	8,04
Eje Inox. 2-1/2"	0,07	118,75	9,12
Eje Inox. 3/4"	0,73	10,27	8,23
Foco Eléctrico	4	1,61	7,07
Micro switch	1	8,04	8,82
Motor 1 Hp 950RPM	1	125	137,20
Perfil tipo "U" 60x36x3mm	1	4	4,39
Perfil Tipo "G" 100x50x15x2 mm	1	4,1	4,50
Perno autopercorante 3/16"x1"	16	0,9	15,81
Perno Inox UNC 1/2"x2"	8	0,35	3,07
Perno Inox. UNC 1/4"x2"	24	0,2	5,27
Perno Inox. Allen M8	6	0,67	4,41
Perno Galv. UNC 1/2"x2"	4	0,34	1,5
Perno Galv. UNC 1/2"x1"	4	0,34	1,5
Perno Galv.UNC 3/8"x1-1/2"	8	0,03	0,26
Plancha Ac. Galv. e=1mm	1	15	16,46
Plancha Ac. Galv. e=2mm	0,5	16,96	9,31
Plancha Ac. Inox e=1.2 mm	1	147,21	161,58
Plancha de acrílico 4mm	1	20	21,95
Platina Inox. 1"x1/4"	0,3	9,38	3,09
Platina Inox. 1-1/2"x1/4"	0,8	12,5	10,98
Platina Inox. 2"x1/4"	0,25	18,86	5,18
Platina Inox. 2"x1/8"	8,7	8,00	76,77

Tabla 7.1. Costo de materiales directos (continuación)

Descripción	Cant.	Costo Unitario (USD)	Subtotal (USD)
Platina Inox. 3/4"x2mm	1	4,46	4,90
Platina Inox. 3/4"x1/8"	2	2,9	6,37
Platina Inox. 3/4"x1/4"	1	1,82	2
Polea 1 ranura 2"x 1/2"	7	1,7	13,06
Polea 1 Ranura 8"x 1/2"	1	6,25	6,86
Porta fusible	1	7,15	7,85
Prisionero 5/16"x1/2"	10	0,35	3,84
Pulsador	2	1,78	3,91
Relé auxiliar	1	10,71	11,76
Relé térmico	1	13,39	14,70
Resorte	1	2,3	2,52
Rodamiento 3205B,TVH	1	17,15	18,82
Rodamiento 6000.2RSR	12	2,95	38,86
Rodamiento 6205 DDU ARS	1	21,57	23,68
Seguro 3/8"	3	0,08	0,26
Temporizador	1	22,33	24,51
Tubo Inox 1"	0,02	25	0,55
Tubo 1"x1"x1.2mm	1	40	43,90
Tubo 2"x1"x1.5 mm	1	80,36	88,20
Tubo 40x20x1.5mm	0,5	40	21,95
Tuerca Galv. UNC 3/8"	18	0,4	7,90
Tuerca Inox. UNC 1/2"	10	0,15	1,65
Tuerca Inox. UNC 1/4"	24	0,07	1,84
Tuerca Galv. UNC 1/2"	12	0,08	1,05
Varilla Inox. 16mm	1	2,68	2,94
Varilla Inox. 3/16"	18	1,34	26,47
Varilla Inox. 5/16"	3	2,28	7,51
Varilla Inox. 8mm	1	1,79	1,96
Varilla roscada 3/8"	1	1,99	2,18
TOTAL USD			1111,56

Tabla 7.2. Costos de servicios

Descripción	Cant.	Costo Unitario (USD)	Subtotal
Servicio de barolado (Unidad)	1	15	15
Servicio de soldadura TIG (4in)	120	3	360
Servicios y uso de herramientas (horas)	120	5	600
Servicio de Corte (c/u)	10	0,7	7
Servicio de Dobles	5	0,7	3,5
TOTAL USD			985,5

Tabla 7.3. Costos mano de obra directa

Descripción	Cant. Horas	Costo Unitario (USD)	Subtotal (USD)
Mano de obra obreros	150	2,5	375
TOTAL USD			375

Tabla 7.4. Costo de materiales indirectos

Descripción	Cant.	Costo Unitario (USD)	Subtotal (USD)
Electrodo Aga 308x3/32 Uni Ace-Inox	30	0,89	30,00
Electrodo Aga 6011 x1/8	10	0,25	2,80
Discos de corte	5	3,75	21,00
Discos de pulido	5	0,92	5,15
Polifan 4"x1/2x7/8cCamelflex Grano	1	3,13	3,50
Juego de llaves Hexagonales	1	6,45	7,22
Juego de destornilladores	1	13,57	15,20
Llave mixta 1/2"	1	4,46	5,00
Llave mixta 1/4"	1	4,46	5,00
TOTAL USD			89,87

Tabla 7.5. Otros costos Indirectos

Ítem	Subtotal (USD)
Energía Eléctrica Construcción	50
Energía Eléctrica Diseño	20
Agua	10
Teléfono	20
Internet	20
Vehículo	20
Combustible	50
Alimentación	40
Imprevistos	20
TOTAL USD	250

Tabla 7.6. Costos de diseño

Ítem.	Costo (USD)	Tiempo (Mes)	Subtotal (USD)
Diseñador	500	1	500
Impresiones	7	1	7
Material técnico	7	2	14
TOTAL USD			521

Tabla 7.7. Costo total de la centrifugadora de miel

Ítem	Subtotal (USD)	Porcentaje
Costo materiales	1201,43	36
Costos indirectos	250	8
Costo de diseño	521	16
Costo de servicios	985,5	30
Costo mano de obra	375	11
TOTAL	3332,93	100

7.2. EVALUACIÓN FINANCIERA

La evaluación financiera consiste en verificar que tan rentable es la construcción de la máquina mediante el cálculo del valor actual neto y la tasa interna de retorno.

Se ha determinado que la vida útil de la máquina, va a ser de 5 años debido a que está constituida de acero y otros materiales que tienen una elevada durabilidad.

Para la evaluación financiera los costos del proyecto se deben agrupar según se detalla en la tabla 7.8.

Tabla 7.8. Costo de la centrifugadora de miel (Inversión inicial)

Ítem	Subtotal (USD)
Costo materiales	1201,43
Costo de servicios	985,50
Costo mano de obra	375,00
TOTAL	2561,93

7.2.1. VALOR ACTUAL NETO (VAN)

Es un procedimiento que permite determinar si se cumple con el objetivo básico financiero: maximizar la inversión mediante el cálculo de un flujo de caja futuro, verificando si el proyecto de inversión es recomendable y sea aceptado.

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} - I_0$$

(7.1)

VAN = Flujo de caja neta – Inversión.

De donde:

BN_t : Beneficio neto del flujo del período t

I_0 : Inversión Inicial

n : Número de años

i : Tasa de descuento , rentabilidad mínima que se espera del proyecto

7.2.1.1. Cálculo de BNt

El beneficio neto se calcula haciendo uso de las tablas 7.9, 7.10, 7.11, 7.12 y 7.13.

Tabla 7.9. Precio de la miel

Ítem	Valor (USD)
Precio de miel (c/kg)	5

Tabla 7.10. Ventas anuales

Ítem	Unidad	Valor
Cajones de marcos	u	240,0
Marcos por cajón	u	10,0
Cantidad de miel por marco	kg	2,0
Cantidad de extracción 55% de la miel en el marco	kg	1,1
TOTAL DE PRODUCCIÓN (Kg)	kg	2640,0
VENTAS	USD	13200,0

Tabla 7.11. Costos de producción anuales

Ítem	Valor (USD)	Valor Total (USD)
Costo de los envase de miel (c/kg)	0,6	1584
Costo de la extracción de miel (c/kg)	0,6	1584
Costo del transporte	400	400
Costos de mantenimiento de marco (c/15días)	40	960
Costos de infraestructura (c/3meses)	800	3200
Operador de extracción	40	160
TOTAL DE COSTOS PRODUCCION (USD)		7728

Tabla 7.12. Beneficio neto anual.

Ítem	Valor (USD)
Ventas	13200
Costo de producción	7728
Beneficio neto	5312

La proyección de la máquina es a cinco años y la inflación para maquinarias tomada en cuenta para el proyecto produce un incremento del 10% anual y se detalla en la tabla 7.13.

Tabla 7.13. Cálculo del VAN

Cálculo del VAN						
n	0	1	2	3	4	5
Io	2561,93					
BNt		5312,00	5843	6427,50	7070,27	7777,30
i	20%	20%	20%	20%	20%	20%
(1+i)^n	1	1,20	1,44	1,72	2,07	2,48
fnc = BNt / (1+i)^n		4426,7	4057,8	3719,63	3409,66	3125,52
van	16177,33					

El resultado del VAN es mayor al de la inversión, por lo que el proyecto va a producir ganancias por encima de la rentabilidad exigida y es aceptable.

7.2.2. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

La tasa interna de retorno es un indicador de rentabilidad de un proyecto, a mayor valor, mayor rentabilidad, y se refiere a la evaluación del proyecto en función de una tasa única de rendimiento por período, y se resume en el cálculo del VAN igualado a cero.

$$\sum_{t=0}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} - I_0 = 0 \quad (7.2)$$

La tasa interna de retorno se compara con la tasa de descuento, si es mayor se deduce que el proyecto es rentable.

Tabla 7.14. Cálculo del TIR

Cálculo de la TIR						
n	0	1	2	3	4	5
lo	2561,93					
BN	-2561,93	5312,0	5843,2	6427,52	7070,27	7777,30
TIR %	216	%				

El resultado del TIR de la tabla 7.14 es mayor que la tasa de descuento asumida del 20%, por lo que se concluye que el proyecto es rentable.

CAPITULO 8

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. CONCLUSIONES

- El generar maquinaria con características particulares para el sector apícola en el Ecuador ayuda a incentivar la producción masiva de miel y explotar de una manera técnica este producto.
- La densidad de la miel varía dependiendo de la temperatura y madurez de la misma, esto interviene directamente con el tiempo de extracción y la fluidez en las paredes del tanque.
- Al analizar los métodos de extracción de la miel se verificó que uno de los más óptimos es por centrifugación tangencial, que cumple de manera acertada con la extracción y el volumen establecido.
- Para la construcción de la máquina se analizó tres alternativas y se determinó la más acertada con un puntaje de 78 superior en un 8.3% respecto a los otras.
- La alternativa seleccionada está constituida principalmente de acero inoxidable AISI 304, por ser un material adecuado para el manejo de alimentos de consumo humano y de productos de características particulares como la miel.
- El mecanismo de bandas es una solución acertada para el giro de marcos con una mínima manipulación hombre-máquina
- El software “SolidWorks 2011” fue una de las herramientas más importantes porque colabora con el diseño y una esquematización de la máquina previa a la construcción.

- La extracción que genera la máquina es de 22 kg/h, esta es mayor en un 10 % a lo planteado.
- El resultado del VAN es mayor al de la inversión, y el TIR es mayor que la tasa de descuento asumida del 20%, por lo que el proyecto va a producir ganancias por encima de la rentabilidad exigida.

8.2. RECOMENDACIONES

- Es importante determinar el tipo de proceso de extracción, el tipo de máquina para un correcto funcionamiento y que los resultados sean los esperados en volumen de producción.
- La utilización del acero inoxidable AISI 304, posee prestaciones acordes a las necesidades de manejo de alimentos de consumo humano.
- El software “SolidWorks 2011”, posee herramientas particulares para el desarrollo de diseños de ingeniería, aclarando los diseños previos a la construcción.
- Para la colocación de los marcos se recomienda enclavarlos en las perforaciones que cuenta cada portamarcos, para evitar una posible inestabilidad.
- Dependiendo de la madurez de la miel se puede variar el tiempo de extracción regulando el temporizador.
- Es importante tomar en cuenta medidas de seguridad básicas para que no sufra daños tanto el operario como la máquina, no es aconsejable realizar adecuaciones adicionales porque podría exceder la capacidad y disminuir su eficiencia operativa.

- Se recomienda extraer la miel del tanque cada dos períodos para evitar llegar al nivel de la viga horizontal inferior, a su vez al rodamiento y a todo el conjunto.
- Debemos tener en cuenta una tolerancia de las piezas a construir para poder ensamblar todos los elementos sin ningún tipo de problema.

8.3. BIBLIOGRAFÍA

1. ROBERT L. MOTT; Diseño de Elementos de Máquina. Traducido del inglés por Virgilio González 4ta. Ed. México. Editorial Prentice Hall. 2006. Biblioteca Escuela Politécnica del Ejército; Sangolquí – Ecuador.
2. DEUTSCHMAN, A. MICHELS, W. WILSON, C. Diseño de Máquinas, Teoría y Práctica. Traducido del inglés por José Armando Garza Cárdenas. 1ra Ed. México. Editorial Continental. 1991.
3. SHIGLEY, J.E. MISCHKE, C.R. Diseño en Ingeniería Mecánica, Traducido del inglés por Javier León Cárdenas. 6ta. Ed. Editorial Mc GrawHill. México. 2002. Biblioteca Escuela Politécnica del Ejército; Sangolquí – Ecuador.
4. BERNARD J. HAMROCK.; Elementos de Máquinas, Traducido del inglés por Ana García Hernández 2da Ed. Editorial McGraw-Hill. México 1999 Biblioteca Escuela Politécnica del Ejército; Sangolquí – Ecuador.
5. ROBERT L. MOTT; Mecánica de Fluidos Aplicada. Traducido del inglés por Carlos Roberto Cordero 6ta Ed. Editorial Pearson Education. México 2005 Biblioteca Escuela Politécnica del Ejército; Sangolquí – Ecuador.
6. SERWAY R.A.; Física para Ciencias e Ingeniería, 6ta Ed. Editorial Thomson, 2005. Biblioteca Escuela Politécnica del Ejército; Sangolquí – Ecuador.
7. LARBURU N.; Máquinas Prontuario, 3ra Ed. Editorial Paraninfo. 1991 Biblioteca Escuela Politécnica del Ejército; Sangolquí – Ecuador.
8. JEAN-PROST Pierre; Apicultura: Conocimiento de la abeja. Manejo de la Colmena, 4ta Ed. Editorial Mundi-Prensa, 2007. Biblioteca Escuela Politécnica del Ejército; Sangolquí – Ecuador.

9. ECUADOR, INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. Código de dibujo técnico y mecánico. Normalización #009. Quito. 1989.
10. A.I. Root; Enciclopedia de cría científica y práctica de las abejas, Octava Edición © 1959 Biblioteca Escuela Politécnica del Ejército; Sangolquí – Ecuador.
11. TRELLEBORG, Manual de diseño HP-E-V-belts, Segunda Edición © 2008

DIRECCIONES INTERNET:

1. <http://www.sabor-artesano.com/elaboracion-miel-antigua.htm>. Elaboración tradicional de la miel, Español, 2008
2. <http://www.mieldealiste.es/produccion.html> Producción, Español, 2011
3. http://es.wikipedia.org/wiki/Fuerza_centrifuga, Fuerza Centrifuga, Español, 2012.
4. <http://www.apiculturaargentina.com.ar/extractorRadial.php>, Productos, Español, 2008.
5. <http://motordecorrientecontinua.com/>, Motor, Español, 2010