

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

TEMA

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA
EXTRACTORA DE GEL DE SÁBILA CON CAPACIDAD DE 150 KG/HORA**

AUTOR:

RICHARD MALDONADO LOYO

DIRECTOR

ING. MILTON JAMI

QUITO, NOVIEMBRE 2014

DECLARACIÓN

Yo, Richard Maldonado Loyo, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por normativa institucional vigente.

Richard Maldonado Loyo

Quito, 12 de Noviembre 2014

Yo Ing. Milton Jami en calidad de Director de la presente tesis certifico que el trabajo previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico fue desarrollado y elaborado en su totalidad por el señor MALDONADO LOYO RICHARD.

Los conceptos desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ing. Milton Jami

AGRADECIMIENTO

A la FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

A mi director de tesis, Ing. Milton Jami, por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, experiencia, paciencia y motivación ha logrado que pueda terminar mis estudios con éxito.

También me gustaría agradecer a mis profesores durante toda mi carrera profesional porque todos han aportado con un granito de arena a mi formación, y en especial al Ing. Milton Jami, Ing. William Díaz, Ing. Patricio Quitiaquez y al Teólogo Iván Donoso, por sus consejos, su enseñanza y más que todo por su amistad.

Al personal administrativo de la Universidad, muy especial para Gina de Mora, que conjuntamente me han ayudado a cumplir con éste sueño de ser profesional y de este modo enfrentar a la sociedad para promover soluciones a sus problemas.

Al grupo TECOM, quienes plasmaron en mí, la idea de la construcción de esta máquina.

DEDICATORIA

El presente trabajo de tesis, me gustaría dedicar a Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hizo realidad este sueño anhelado.

Una dedicatoria muy especial a mi madre María Inés Loyo, que con su paciencia y carácter me ha motivado a terminar mis estudios.

A mi amigo muy especial Diego Lugmaña, quien supo dirigirme a lo largo de mi vida estudiantil.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, en especial a mi abuela María Rogelia Loyo Almeida, a mi padre Ángel Ricardo Maldonado y a mi tío Rubén Elmergildo Loyo; sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

RESUMEN

Capítulo I.

Inicia con el estudio de la historia y generalidades del aloe vera, tales como su hábitat, su estructura, distintas especies, su composición, etc.

A continuación se hace una investigación sobre el proceso de producción de aloe, crecimiento, cosecha, el procesamiento de las hojas, los métodos de separación como son prensado, fileteado manual y fileteado a máquina.

Capítulo II.

Se plantea tres alternativas de diseño de la máquina extractora de gel de sábila basados en la necesidad y demanda correspondiente de la máquina, como primera alternativa se considera una máquina extractora de gel de sábila con rodillos y banda transportadora, como segunda opción una máquina extractora de gel de sábila con rodillos y tolva, y finalmente una máquina extractora de gel de sábila con rodillos y cuchillas.

A continuación se selecciona la alternativa más adecuada mediante el método de criterios ponderados.

Capítulo III.

Se realiza el diseño mecánico de la máquina considerando el diseño de los rodillos los cuales van a estar en contacto con la hoja de sábila, la velocidad angular del sistema de reducción entre el eje motor y el eje motriz, la selección de las poleas o bandas que se usaran en la transmisión.

Se calcula la potencia necesaria para la máquina, se seleccionan catalinas y se calculan las fuerzas que intervienen en esta transmisión así como el momento que generan las mismas.

Se procede a dimensionar los ejes mediante un análisis estático y dinámico, en el análisis estructural se comprueba que los perfiles seleccionados son los correctos.

Se hace una simulación de esfuerzos y deformación de los elementos estructurales mediante el software MDSolid 4.0 e INVENTOR 2014.

Capítulo IV.

Se realiza un análisis de costos con el objetivo de tener una concepción de la inversión inicial de la máquina.

SUMMARY

Chapter I

It begins with the study of the history and an overview of aloe vera, such as its habitat, its structure, different species, its composition, etc.

Then there is an investigation of the production process of aloe, growth, harvesting, the processing of the leaves, the separation methods such as pressing, manual and machine filleting.

Chapter II

Three aloe vera gel extractor machine design alternatives are proposed based on the corresponding need and demand corresponding of the machine, the first alternative is an aloe gel extractor machine with rollers and conveyor, as a second option an aloe gel extractor machine with rollers and hopper, and finally an aloe gel extractor machine with rollers and blades.

Then the best alternative is selected by the weighted criteria method.

Chapter III

The mechanical design of the machine is carried out considering the design of the rollers which will be in contact with the aloe leaf, the angular velocity of the reduction system between the motor shaft and the drive shaft, the selection of the pulleys or belts that will be used in the transmission.

The necessary power for the machine is calculated, sprockets are selected and the forces involved in this transmission as well as the moment generated by them are calculated.

We proceed to dimension the axis using a static and dynamic analysis, the structural analysis shows that the selected profiles are correct.

A simulation of the efforts and deformation of the structural elements is made by the INVENTOR 2014 MDSolid 4.0 software.

Chapter IV

A cost analysis is made in order to have a conception of the initial investment of the machine.

ÍNDICE

	Diseño y construcción de una máquina extractora para gel de sábila con capacidad de 150 Kg/h.....	i
	Objetivos.....	i
	Objetivo General.....	i
	Objetivos Específicos.....	i
	Hipótesis.....	i
1	CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....	1
1.1	Introducción.....	1
1.2	Generalidades del aloe vera.....	2
1.2.1	Características de la planta de aloe vera.....	2
1.2.2	Hábitat.....	3
1.2.3	Estructura de la hoja de aloe vera.....	4
1.3	Descripción del aloe vera.....	6
1.3.1	Otras especies de aloes.....	7
1.4	Composición de la planta de aloe vera.....	7
1.4.1	Toxicidad y efectos secundarios del gel de aloe vera.....	8
1.4.2	Contraindicaciones del aloe vera.....	8
1.5	Aplicaciones y usos medicinales del aloe vera.....	9
1.5.1	Otras propiedades y usos del aloe vera.....	10
1.5.2	Producción y consumo.....	11
1.5.3	Composición nutricional.....	12
1.6	Proceso de producción de aloe.....	13
1.6.1	Crecimiento.....	13
1.6.2	Cosecha.....	14
1.6.3	Procesamiento de las hojas.....	14
1.7	Métodos de separación.....	15
1.7.1	Prensado.....	16
1.7.2	Fileteado manual.....	16
1.7.3	Fileteado a máquina.....	17
1.7.4	Fileteado a máquina – máquina AGS.....	18
2	CAPÍTULO II: FACTIBILIDAD.....	19

2.1	Alternativas propuestas.....	19
2.1.1	Máquina extractora de gel de sábila con rodillos y banda transportadora (alternativa 1)	19
2.1.1.1	Elementos principales.....	20
2.1.1.2	Funcionamiento.....	20
2.1.1.3	Ventajas.....	20
2.1.1.4	Desventajas.....	20
2.1.2	Máquina extractora de gel de sábila con rodillos y tolva (alternativa 2)	21
2.1.2.1	Elementos principales.....	21
2.1.2.2	Funcionamiento.....	21
2.1.2.3	Ventajas.....	22
2.1.2.4	Desventajas.....	22
2.1.3	Máquina extractora de gel de sábila con rodillos y cuchillas (alternativas 3)	22
2.1.3.1	Elementos principales.....	23
2.1.3.2	Funcionamiento.....	23
2.1.3.3	Ventajas.....	23
2.1.3.4	Desventajas.....	23
2.2	Análisis de selección.....	24
2.2.1	Factores de comparación.....	24
2.3	Alternativa más factible.....	24
3	CAPÍTULO III: DISEÑO.....	26
3.1	Parámetros para el diseño.....	26
3.2	Diseño de elementos y partes.....	26
3.3	Diseño de los rodillos.....	27
3.3.1	Ángulo de separación.....	27
3.3.2	Número de rodillos.....	28
3.3.3	Diámetro de rodillos.....	28
3.3.4	Longitud de los rodillos.....	30
3.3.5	Superficie de contacto entre la hoja de sábila y los rodillos...	30
3.3.6	Cargas en los rodillos.....	31
3.3.7	Determinación de la velocidad angular de los rodillos.....	31

3.4	Determinación de la velocidad angular del sistema de reducción.....	33
3.4.1	Relación de transmisión.....	33
3.4.1.1	Trasmisión 2.....	35
3.4.1.2	Trasmisión 1.....	37
3.5	Fuerzas que actúan en las catalinas.....	40
3.5.1	Cálculo del esfuerzo de compresión unitario.....	41
3.5.2	Cálculo del esfuerzo de corte unitario.....	42
3.5.3	Cálculo de fuerzas en la catalina 1.....	43
3.5.4	Cálculo de fuerzas en la catalina 2.....	45
3.5.5	Cálculo de fuerzas en la catalina 3.....	47
3.5.6	Cálculo de fuerzas en la catalina 4.....	48
3.5.7	Cálculo de fuerzas en la catalina 5.....	49
3.5.8	Cálculo de fuerzas en la catalina 6.....	51
3.5.9	Cálculo de fuerzas en la catalina 7.....	53
3.5.10	Cálculo de fuerzas en la catalina 8.....	54
3.6	Cálculo de fuerzas en las poleas de 2" y 16".....	56
3.7	Cargas y momentos presentes en los elementos.....	61
3.7.1	Cálculo de reacciones en el eje del motor.....	61
3.7.1.1	Diagrama de fuerza cortante y momento flector (Plano x-y).....	61
3.7.1.2	Diagrama de fuerza cortante y momento flector (Plano x-z).....	62
3.7.1.3	Momento flector resultante.....	63
3.7.1.4	Factor de seguridad.....	66
3.7.1.5	Diseño dinámico.....	67
3.7.1.5.1	Factor de seguridad k_a	68
3.7.1.5.2	Factor de tamaño k_b	68
3.7.1.5.3	Factor de carga k_c	68
3.7.1.5.4	Factor de temperatura k_d	68
3.7.1.5.5	Factor de confiabilidad k_e	69
3.7.1.5.6	Factor de efectos de concentración de esfuerzos k_f	69
3.7.2	Cálculo de reacciones en el eje de la polea.....	70

3.7.2.1	Diagrama de fuerza cortante y momento flector (Plano x-y).....	70
3.7.2.2	Diagrama de fuerza cortante y momento flector (Plano x-z).....	71
3.7.3	Cálculo de reacciones en el eje del rodillo inferior.....	76
3.7.3.1	Diagrama de fuerza cortante y momento flector (Plano x-y).....	76
3.7.3.2	Diagrama de fuerza cortante y momento flector (Plano x-z).....	77
3.7.4	Cálculo de reacciones en el eje del rodillo superior.....	82
3.7.4.1	Diagrama de fuerza cortante y momento flector (Plano x-y).....	82
3.7.4.2	Diagrama de fuerza cortante y momento flector (Plano x- z).....	83
3.7.5	Cálculo de reacciones eje de transmisión 1.....	88
3.7.5.1	Diagrama de fuerza cortante y momento flector (Plano x-y).....	88
3.7.5.2	Diagrama de fuerza cortante y momento flector (Plano x-z).....	89
3.7.6	Cálculo de reacciones en los rodillos.....	94
3.7.6.1	Diagrama de fuerza cortante y momento flector (Plano x-y).....	94
3.7.6.2	Diagrama de fuerza cortante y momento flector (Plano x-z).....	95
3.8	Análisis estructural.....	99
3.8.1	Viga 2 M_x	100
3.8.2	Viga 2 M_y	100
3.8.3	Viga 2 M_z	101
3.9	Cálculo de la potencia.....	102
3.9.1	Cálculo de la potencia del motor.....	102
3.9.2	Inercias de las masas en movimiento.....	103
3.9.2.1	Inercia de un cilindro macizo.....	103
3.9.2.2	Inercia de un cilindro hueco.....	103

3.9.2.3	Volumen de un cilindro solido.....	104
3.9.2.4	Volumen del cilindro hueco.....	104
3.9.2.5	Masa.....	104
3.9.3	Determinación de aceleración angular.....	104
3.9.4	Torque.....	105
3.9.5	Potencia.....	105
3.9.6	Potencia requerida para mover los rodillos.....	106
3.9.7	Transmisión 1.....	109
3.9.7.1	Determinación de inercia de eje motor.....	110
3.9.7.2	Determinación de inercia de polea de 2 pulgadas.....	111
3.9.7.3	Determinación de inercia de polea de 16 pulgadas...112	
3.9.8	Cálculo de potencia (trasmisión 1).....	113
3.9.9	Eje rodillo inferior.....	114
3.9.9.1	Determinación de inercia eje rodillo inferior (A-B)..	115
3.9.9.2	Determinación de inercia eje rodillo inferior (B-C)..	115
3.9.9.3	Determinación de inercia eje rodillo inferior (D-E)..	116
3.9.9.4	Determinación de inercia eje rodillo inferior (E-F)..	117
3.9.10	Eje rodillo superior.....	119
3.9.10.1	Determinación de inercia eje rodillo superior (A- B).....	119
3.9.10.2	Determinación de inercia eje rodillo superior (B-C).....	120
3.9.10.3	Determinación de inercia eje rodillo superior (D-E).....	121
3.9.10.4	Determinación de inercia eje rodillo superior (E-F).....	121
3.9.11	Determinación de inercia del eje polea.....	123
3.9.12	Determinación de inercia del eje de trasmisión (1).....	125
3.9.13	Determinación de inercia de las catalinas 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 (z =13).....	126
3.9.14	Determinación de inercia de la catalina 2 (z =20).....	129
3.9.15	Determinación de inercia de la catalina 1 (z=12).....	131
3.9.16	Potencia total de los elementos.....	134
3.9.17	Potencia total teórica.....	134

3.10	Selección de catalinas y cadena.....	135
3.10.1	Cálculo de la longitud de la cadena.....	136
3.10.2	Cálculo de la distancia entre centros.....	137
3.11	Bandas.....	137
3.11.1	Distancia entre centros de las poleas.....	137
3.11.1.1	Distancia mínima y máxima entre ejes.....	138
3.11.2	Selección de bandas.....	138
3.11.3	Determinación de la potencia de cálculo.....	139
3.11.4	Selección del perfil de la correa.....	140
3.11.5	Identificación de la correa y polea a utilizar.....	141
3.11.5.1	Diámetro mínimo.....	141
3.11.5.2	Longitud de la correa.....	142
3.11.5.3	Banda trapecial de perfil clásico.....	143
3.11.5.4	Ángulo de contacto.....	143
3.11.5.5	Cálculo de la velocidad de la correa V.....	144
3.12	Selección de la chaveta.....	146
3.12.1	Selección del material.....	146
3.12.2	Dimensiones de chavetas y chaveteros según norma.....	147
3.13	Selección de rodamiento.....	147
3.13.1	Selección de rodamiento programa SKF.....	148
3.14	Juntas soldadas.....	149
3.14.1	Factor de seguridad por falla estática para el metal de soldadura.....	150
3.14.2	Factor de seguridad para falla debida a la fatiga en juntas soldadas.....	151
3.14.3	Soldadura de tapas en los rodillos.....	152
3.14.4	Factor de seguridad por falla estática para el metal de soldadura.....	152
3.14.5	Factor de seguridad para falla debida a la fatiga.....	154
3.15	Diseño de pernos.....	157
3.15.1	Diseño de pernos sujetadores del rodillo inferior.....	159
4	CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE COSTOS.....	162
4.1	Introducción.....	162

4.2	Costos directos.....	162
4.3	Tiempo de utilización de maquinaria.....	164
4.4	Costo utilización de maquinaria.....	169
4.5	Costo mano de obra.....	169
4.6	Costo directo total.....	170

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Composición de la hoja de aloe vera.....	12
Tabla 2.1 Valores de ponderación.....	24
Tabla 2.2 Datos de ponderación.....	24
Tabla 3.1 Número de dientes de catalinas disponibles.....	36
Tabla 3.2 Resultados.....	101
Tabla 3.3 Propiedades físicas.....	101
Tabla 3.4 Inercia transmisión 1.....	113
Tabla 3.5 Inercia rodillo inferior.....	118
Tabla 3.6 Inercia rodillo superior.....	122
Tabla 3.7 Potencia total de los elementos.....	134
Tabla 3.8 Factores de servicio.....	140
Tabla 3.9 Selección del diámetro mínimo de polea.....	141
Tabla 3.10 Banda perfil A.....	143
Tabla 3.11 Característica de las bandas.....	146
Tabla 3.12 Dimensiones de chavetas y chaveteros.....	147
Tabla 3.13 Selección de rodamiento.....	149
Tabla 4.1 Costos de materia prima.....	162
Tabla 4.2 Costos de elementos normalizados.....	163
Tabla 4.3 Tiempo de utilización de maquinaria.....	168
Tabla 4.4 Costo total de utilización de maquinaria.....	169
Tabla 4.5 Costo de mano de obra.....	169
Tabla 4.6 Costo directo total.....	170

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Planta de aloe vera.....	2
Figura 1.2 Hoja entera y corte transversal de aloe vera.....	5
Figura 1.3 Hoja y flor del aloe vera.....	6
Figura 2.1 Esquema de alternativa 1.....	19
Figura 2.2 Esquema de alternativa 2.....	21
Figura 2.3 Esquema de alternativa 3.....	22
Figura 3.1 Máquina extractora de gel de sábila.....	26
Figura 3.2 Rodillos de compresión.....	27
Figura 3.3 Número de rodillos.....	28
Figura 3.4 Longitud de los rodillos.....	30
Figura 3.5 Esfuerzos unitarios.....	31
Figura 3.6 Relación de transmisión.....	34
Figura 3.7 Transmisión catalina - cadena.....	36
Figura 3.8 Transmisión banda - polea.....	38
Figura 3.9 Gráfica de diámetro de poleas.....	39
Figura 3.10 Catalinas.....	40
Figura 3.11 Catalina 1.....	43
Figura 3.12 Catalina 2.....	45
Figura 3.13 Catalina 3.....	47
Figura 3.14 Catalina 4.....	48
Figura 3.15 Catalina 5.....	49
Figura 3.16 Catalina 6.....	51
Figura 3.17 Catalina 7.....	53
Figura 3.18 Catalina 8.....	54
Figura 3.19 Fuerzas y pares de torsión en una polea.....	60
Figura 3.20 Diagrama de fuerza cortante y momento flector del eje del motor (Plano x-y).....	61
Figura 3.21 Diagrama de fuerza cortante y momento flector del eje del motor (Plano x-z).....	62
Figura 3.22 Diagrama de fuerza cortante y momento flector del eje de la polea (Plano x-y).....	70
Figura 3.23 Diagrama de fuerza cortante y momento flector del eje de la polea	

(Plano x-z).....	71
Figura 3.24 Diagrama de fuerza cortante y momento flector del eje rodillo inferior	
(Plano x-y).....	76
Figura 3.25 Diagrama de fuerza cortante y momento flector del eje rodillo inferior	
(Plano x-z).....	77
Figura 3.26 Diagrama de fuerza cortante y momento flector del eje rodillo superior	
(Plano x-y).....	82
Figura 3.27 Diagrama de fuerza cortante y momento flector del eje rodillo superior	
(Plano x-z).....	83
Figura 3.28 Diagrama de fuerza cortante y momento flector del eje de transmisión 1	
(Plano x-y).....	88
Figura 3.29 Diagrama de fuerza cortante y momento flector del eje de transmisión 1	
(Plano x-z).....	89
Figura 3.30 Diagrama de fuerza cortante y momento flector de los rodillos	
(Plano x-y).....	94
Figura 3.31 Diagrama de fuerza cortante y momento flector de los rodillos	
(Plano x-z).....	95
Figura 3.32 Análisis de la estructura.....	99
Figura 3.33 Viga 2.....	100
Figura 3.34 Momento en el eje x.....	100
Figura 3.35 Momento en el eje y.....	100
Figura 3.36 Momento en el eje z.....	101
Figura 3.37 Paso de la hoja a través de los rodillos.....	106
Figura 3.38 Proyección de la presión de arrastre.....	107
Figura 3.39 Elementos de la transmisión 1.....	110
Figura 3.40 Eje de motor.....	110
Figura 3.41 Polea de 2 pulgadas.....	111
Figura 3.42 Polea de 16 pulgadas.....	112
Figura 3.43 Eje rodillo inferior.....	114
Figura 3.44 Eje rodillo superior.....	119
Figura 3.45 Eje de la polea.....	123
Figura 3.46 Eje transmisión 1.....	125
Figura 3.47 Catalina Z =13.....	126
Figura 3.48 Catalina Z =20.....	129

Figura 3.49 Catalina $Z = 12$	131
Figura 3.50 Transmisión 1.....	139
Figura 3.51 Selección del perfil de la correa.....	141
Figura 3.52 Ángulos de contacto.....	144
Figura 3.53 Rodamiento.....	147
Figura 3.54 Diagrama para el diseño de los pernos.....	157

SIMBOLOGÍA

θ	Ángulo de separación.
D_t	Medida de entrada de la hoja
D_f	Medida de salida de la hoja
D_r	Diámetro de los rodillos
u	Coefficiente de fricción
y	Longitud de arco de contacto entre la hoja de sábila y los rodillos
N	Número de hojas de sábila
w	Velocidad angular del rodillo
W_{EXP}	Velocidad angular experimental del rodillo
P_r	Perímetro del rodillo
π	Constante
i	Relación de transmisión
n_s	Número de revoluciones de salida
n_e	Número de revoluciones de entrada
n_1	Velocidad catalina conductora
N_1	Número de dientes de la catalina conductora
N_2	Número de dientes de la catalina conducida
n_2	Velocidad de la catalina conducida
D_1	Diámetro (Rueda Conductora)
D_2	Diámetro (Rueda Conducida)
I	Inercia del cuerpo
d	Diámetro de cilindro macizo
d_{ext}	Diámetro exterior del cilindro hueco
d_{int}	Diámetro interior del cilindro hueco
V	Volumen del cilindro macizo
V_H	Volumen del cilindro hueco
m	Masa del cuerpo
l	Longitud del cuerpo
ρ	Densidad del cuerpo
ω_o	Velocidad inicial
α	Aceleración angular
t	Tiempo

T	Torque
P	Potencia
R	Radio del rodillo
h_o	Separación de los rodillos en la salida de la hoja
h_i	Separación de los rodillos en la entrada de la hoja
P	Presión
A_{ABCD}	Área proyectada
F	Fuerza resultante de la presión
Cg	Centro de gravedad
X	Longitud del rodillo
P_{r1}	Potencia rodillo 1
P_o	Potencia en la transmisión principal
P_1	Potencia eje rodillo inferior
P_2	Potencia eje rodillo superior
P_3	Potencia eje - polea
P_4	Potencia eje transmisión 1
P_5	Potencia catalinas 3-4-5-6-7-8
P_{T5}	Potencia total 5
P_6	Potencia catalina 2
P_7	Potencia catalina 3
P_8	Potencia rodamientos
P_{T8}	Potencia total rodamientos
P_{Tt}	Potencia total teórica
P_R	Potencia real
P_{SEL}	Potencia de selección
f_1	Factor de aplicación de carga
f_2	Factor de diente
L_C	Longitud de la cadena
N_1	Número de dientes de la catalina conductora
N_2	Número de dientes de la catalina conducida
P_c	Paso de la cadena
C	Distancia entre centros cadena
C_M	Distancia máxima
C_m	Distancia mínima

C	Distancia entre centros – poleas
L_B	Longitud de correa
θ_1	Ángulo de contacto polea – menor
θ_2	Ángulo de contacto polea – mayor
f_{serv}	Factor de servicio
P_d	Potencia de diseño
P_t	Potencia a transmitir
V_{max}	Velocidad máxima limite
V_1	Velocidad polea conductora
V_2	Velocidad polea conducida
q_c	Esfuerzo de compresión unitario
σ_c	Esfuerzo de compresión
r_r	Radio del rodillo
q_t	Esfuerzo de corte unitario
σ_c	Esfuerzo de corte
M_1	Momento de la catalina 1
F_{t1}	Fuerza tangencial producida por la catalina 1
F_{R1Y}	Fuerza radial en el eje Y de la catalina 1
F_{R1Z}	Fuerza radial en el eje Z de la catalina 1
M_2	Momento de la catalina 2
F_{t2}	Fuerza tangencial producida por la catalina 2
F_{R2Y}	Fuerza radial en el eje Y de la catalina 2
F_{R2Z}	Fuerza radial en el eje Z de la catalina 2
M_3	Momento de la catalina 3
F_{t3}	Fuerza tangencial producida por la catalina 3
F_{R3Y}	Fuerza radial en el eje Y de la catalina 3
M_4	Momento de la catalina 4
F_{t4}	Fuerza tangencial producida por la catalina 4
F_{R4Y}	Fuerza radial en el eje Y de la catalina 4
M_5	Momento de la catalina 5
F_{t5}	Fuerza tangencial producida por la catalina 5
F_{R5Y}	Fuerza radial en el eje Y de la catalina 5
F_{R5Z}	Fuerza radial en el eje Z de la catalina 5
M_6	Momento de la catalina 6

F_{t6}	Fuerza tangencial producida por la catalina 6
F_{R6Y}	Fuerza radial en el eje Y de la catalina 6
F_{R6Z}	Fuerza radial en el eje Z de la catalina 6
M_7	Momento de la catalina 7
F_{t7}	Fuerza tangencial producida por la catalina 7
F_{R7Y}	Fuerza radial en el eje Y de la catalina 7
F_{R7Z}	Fuerza radial en el eje Z de la catalina 7
M_8	Momento de la catalina 8
F_{t8}	Fuerza tangencial producida por la catalina 8
F_{R8Y}	Fuerza radial en el eje Y de la catalina 8
F_{R8Z}	Fuerza radial en el eje Z de la catalina 8
\varnothing_c	Diámetro de la catalina
L_p	Longitud de paso
L_c'	Longitud de conversión
V	Velocidad
N_R	Número de revoluciones
θ_d	Ángulo de contacto de poleas
H_a	Potencia permitida
K_1	Factor de corrección del ángulo
K_2	Factor de corrección de longitud de banda
H_{TAB}	Potencia tabulada
H_d	Potencia transmitida
H_{Nom}	Potencia nominal
K_S	Factor de servicio
n_d	Factor de diseño
N_b	Relación de potencia
F_c	Fuerza centrífuga
K_c	Parámetro de banda
F_1	Fuerza mayor
F_2	Fuerza menor
ΔF	Diferencia de fuerzas
σ_x	Esfuerzo por flexión
M	Desviación estándar
I / C	Módulo de la sección

M	Momento resultante
M_{YX}	Momento en eje y
M_{ZX}	Momento en eje z
I	Momento de inercia
D	Diámetro
J	Momento Polar
T	Momento Torsor
r	Radio del eje
J	Momento polar de inercia
τ	Esfuerzo por torsión
σ_{eq}	Esfuerzo equivalente
η	Factor de seguridad
S_{ut}	Resistencia última a la tensión
S_e	Resistencia a la fatiga
σ_a	Esfuerzo alternante
S_y	Esfuerzo permisible
σ_m	Esfuerzo medio
τ_{xy}	Esfuerzo por torsión
K_a	Factor de modificación de la condición superficial
K_b	Factor de modificación del tamaño
K_c	Factor de modificación de carga
K_d	Factor de modificación de la temperatura
K_e	Factor de confiabilidad
K_f	Factor de modificación de efectos varios
S'_e	Límite de resistencia a la fatiga
I_u	Es el momento de inercia unitario
J_u	Es el momento polar de inercia unitario
h	Es la medida de la garganta
r	Distancia existente entre el centroide del grupo de juntas y el punto en cuestión de la soldadura
σ_p	Esfuerzo de empuje
k_b	Constante de rigidez del perno
A_d	Área del diámetro mayor del sujetador

A_t	Área de esfuerzo a tensión
l_t	Longitud de la parte roscada de agarre
l_d	Longitud de la parte sin rosca en agarre
E	Modulo de elasticidad
k_m	Constante de rigidez de los elementos
d	Diámetro mayor del sujetador
l	Longitud de agarre del perno
F_p	Carga de prueba
S_p	Resistencia a la Tensión
A_t	Área de Tensión

Diseño y construcción de una máquina extractora para gel de sábila con capacidad de 150 kg/h

Objetivos

Objetivo general

Diseñar y construir una máquina extractora para gel de sábila con capacidad de 150 Kg/h.

Objetivos específicos

- Diseñar una máquina extractora para gel de sábila, con capacidad de procesar cualquier variedad de sábila.
- Diseñar una máquina semiautomática, evitando al máximo posible, el contacto humano en la obtención del gel de sábila.
- Maximizar el proceso de obtención de gel de sábila. (1 hoja por cada 2 segundos)
- Minimizar costos de elaboración, producción y mantenimiento de la máquina extractora de gel de sábila.
- Minimizar la contaminación con el medio ambiente.
- Analizar las diferentes alternativas de diseño.

Hipótesis

La máquina debe diseñarse para todo tipo de hojas de sábila, será fabricada completamente en acero inoxidable, utilizando materiales de la industria nacional y su construcción se realizará desde enero del 2014 hasta julio del 2014.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Introducción

Planta originaria de las costas nororientales de África. El conocimiento del aloe se remonta a la antigüedad, y ya en grabados egipcios aparecen alusiones a su utilización como fuente de salud y bienestar. Aristóteles lo recomendaba a Alejandro Magno para la rápida curación de las heridas de sus soldados; Marco Polo señalaba su uso habitual en la corte china, como alivio de las dolencias estomacales.

Los árabes la usaban como loción hidratante y ellos lo introdujeron en España. El aloe vera fue llevado a América central por los frailes españoles jesuitas. Los indios americanos la empleaban desde acondicionador del cabello hasta como tónico estomacal. En la India está difundido como alivio rápido de irritaciones de la piel.

El redescubrimiento del valor terapéutico del aloe se produce tras los devastadores efectos de la bomba atómica a finales de la Segunda Guerra Mundial: las quemaduras causadas en las poblaciones de Hiroshima y Nagasaki se curaron más rápidamente y, en muchos casos, sin señales, ni cicatrices.

Actualmente el cultivo del aloe se perfila como una “nueva industria” ya que existe un mercado potencial conocedor de las propiedades beneficiosas del aloe y sus productos.¹

1. Cfr. <http://www1.etsia.upm.es/departamentos/botanica/fichasplantas/aloeclass.html>

1.2 Generalidades del aloe vera

El aloe vera es una planta con muchas propiedades y que se aplica en campos muy diversos, sobre todo en cosmética.

El aloe vera es una planta originaria de África que fue exportada a Europa por primera vez a las Islas Canarias. Es más, el aloe vera de estas islas está considerado como el mejor de todos.²

1.2.1 Características de la planta de aloe vera

La planta de aloe vera se caracteriza por sus hojas grandes y carnudas, configuradas en forma de rosetas. El interior de sus hojas posee un jugo que corresponde a una sabia mucilaginosa. Sus flores van de la gama del amarillo al rojo anaranjado y se abren en un racimo en lo alto de la planta. Propia de climas secos y cálidos.³

Esto se observa en la figura 1.1



Figura 1.1 Planta de aloe vera⁴

2. Cfr. <http://www.hogar.mapfre.es/jardineria/plantas-y-flores-de-exterior/2365/propiedades-aloe-vera>

3. Cfr. <http://www.hogar.mapfre.es/jardineria/plantas-y-flores-de-exterior/2365/propiedades-aloe-vera>

⁴ <http://aloevera.saludisima.com/caracteristicas/>

Las plantas de aloe vera son unas de las pocas especies vegetales que poseen más de 70 compuestos con múltiples propiedades curativas. El aloe vera se utiliza en cosmética, terapias, medicinas, tratamientos, siendo muy popular su uso.

Cuenta con nutrientes minerales y naturales, proteínas, resina, aloína, vitaminas, enzimas y aminoácidos. Todos estos componentes ayudan a estimular la reproducción de células nuevas. Además de estos componentes, el aloe vera tiene oligoelementos como calcio, sodio, hierro, cobre, fósforo, zinc o manganeso.

Algunas de las propiedades más características que se puede encontrar en el aloe vera son: regenerador dérmico, cicatrizante, tonificador, astringente, filtro solar, hidratante, emoliente, laxante, colerético, coagulante, desinfectante, desintoxicante, antialérgico, antiinflamatorio, humectante, tónico y eliminador de células muertas, entre otras muchas.

No solamente es utilizada hoy, sino que antiguamente hasta la propia Cleopatra la utilizaba como bálsamo. Por ejemplo, el aloe vera tiene la propiedad de eliminar las manchas de la piel causadas por el sol, aunque para ello se deberá usar durante un largo período de tiempo.

1.2.2 Hábitat

El Aloe vera requiere mucha luz, aunque es preferible que no esté expuesto de forma directa al sol. Tiene dos enemigos naturales: el exceso de agua y las temperaturas por debajo de los 10° C. Por otro lado, es muy resistente a la plagas y a la sequía ambiental. Para evitar las malas condiciones atmosféricas, es conveniente plantar el Aloe en lugares resguardados del frío.⁵

5. Cfr. <http://www1.etsia.upm.es/departamentos/botanica/fichasplantas/aloehab.html>

El terreno tiene que ser arenoso, aunque no es una condición imprescindible, ya que también crece en óptimas condiciones en tierras volcánicas, como es el caso de las Islas Canarias. Lo que sí es muy importante es que el suelo tenga un buen drenaje y sea ligeramente ácido.

El riego no es un elemento imprescindible, gracias a su gran resistencia a la falta de agua. Aun así, es recomendable regarlo poco, lo que permitirá dos recolectas anuales. En caso contrario, sólo se podrán cortar las hojas una vez al año.

1.2.3 Estructura de la hoja de aloe vera

La hoja está compuesta por los siguientes tejidos de fuera hacia dentro:⁶

- ***Capa externa***

Está conformada por un tejido epitelial o piel de la hoja, son células flexibles y resistentes que permiten el intercambio con el exterior.⁷

- ***Vainas poligonales***

Las vainas poligonales están dispuestas a modo de nervios en la parte más exterior de la hoja pegando con la capa externa, ricas en aloína.⁸

6. Cfr. <http://aloevera.saludisima.com/caracteristicas/>

7. Cfr. <http://aloevera.saludisima.com/caracteristicas/>

8. Cfr. <http://aloevera.saludisima.com/caracteristicas/>

- ***Centro de la hoja***

El centro de la hoja consiste en un tejido celular esponjoso que ocupa la mayor parte de la hoja, y a través de cual circula un líquido mucilaginoso donde se encuentran la mayoría de los principios activos de la planta, también denominado gel. La misión de este gel es sellar cualquier corte que se produzca en la planta.⁹

Esto se observa en la figura 1.2

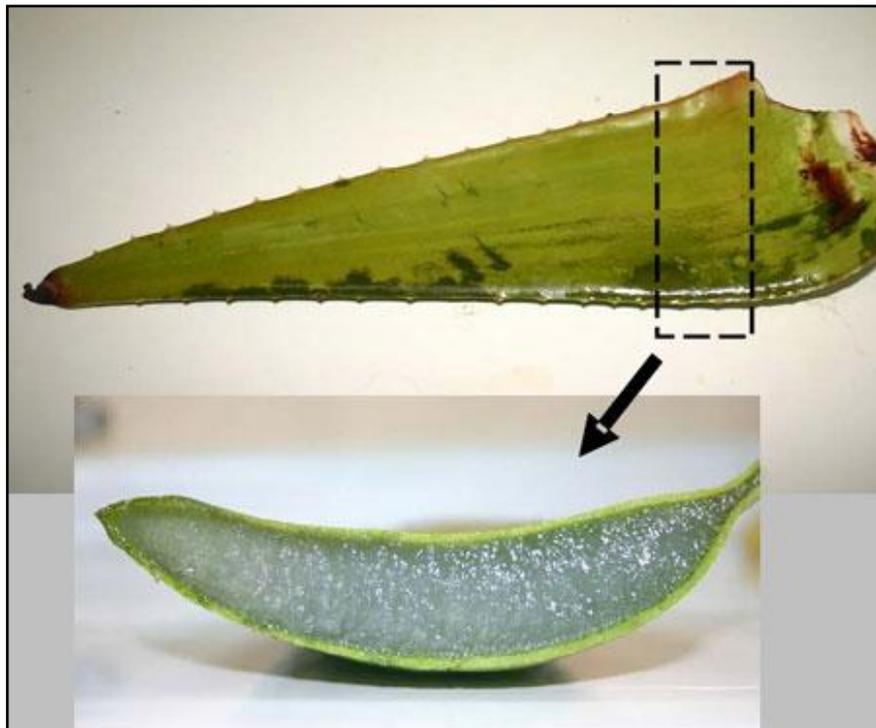


Figura 1.2 Hoja entera y corte transversal de aloe vera¹⁰

9. Cfr. <http://aloevera.saludisima.com/caracteristicas/>

¹⁰ http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182005000300005

1.3 Descripción del aloe vera

- Planta perenne: de la familia de las liliáceas de hasta 60 cm de altura.
- Hojas suculentas: en roseta basal, lanceoladas, abrazadoras con el margen cubierto de espinas, glaucas y con tonos rojizos.
- Flores: amarillas, acampanadas, colgantes, de hasta 2,5 cm de longitud en espigas terminales sobre tallos cilíndricos, leñosos sin hojas.
- Fruto en capsula.¹¹

Esto se observa en la figura 1.3

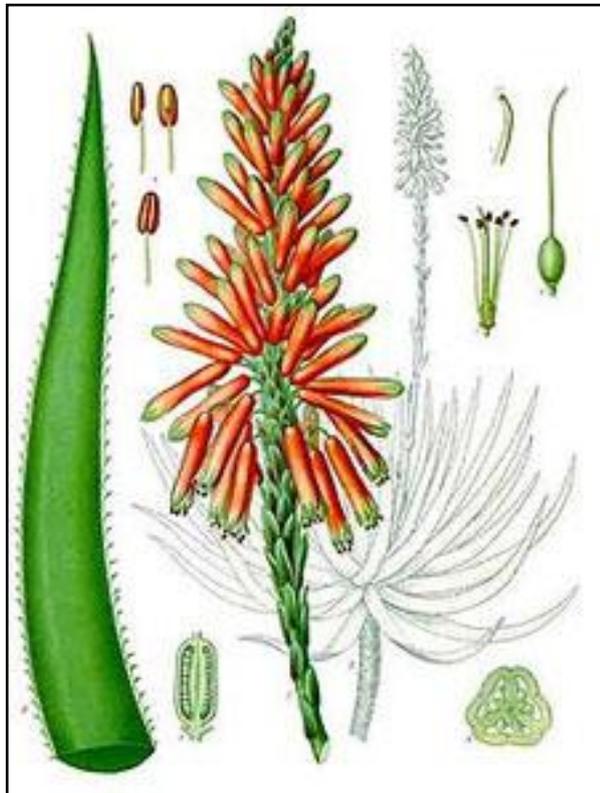


Figura 1.3 Hoja y flor del aloe vera¹²

11. Cfr. <http://www.botanical-online.com/medicinalsaloevera.htm>

12 http://aloeveraysupoderdecura.blogspot.com/2012_03_01_archive.html

1.3.1 Otras especies de aloes

Existen unas 300 especies de aloes. La mayoría de los aloes están distribuidos por África, Madagascar y Arabia. Se trata de plantas perennes en forma de árboles y arbustos suculentos con hojas lanceoladas reunidas en forma de roseta al final de los troncos o de las ramas. Presentan flores tubulares o acampanadas que aparecen reunidas en largas espigas. Las flores van abriéndose desde la base de la inflorescencia hasta la cima de una manera progresiva. Una vez maduras, producen frutos ovales que suelen cambiar de color verde al marrón.

Son plantas que crecen en lugares de clima cálido y seco sobre suelos sueltos y bien drenados.¹³

1.4 Composición de la planta de aloe vera

En su composición se encuentran diversas sustancias, todas en abundancia, las que en conjunto y en acción con las demás son imprescindibles para el resultado de las muchas aplicaciones para las que se utiliza:

- Polisacáridos de posible acción estimuladora del sistema inmunológico.
- Resinas protectoras.
- Aminoácidos y proteínas de gran valor biológico.
- Vitaminas de apoyo a procesos metabólicos.¹⁴

13. Cfr. <http://www.botanical-online.com/medicinalsaloevera.htm>

14. Cfr. <http://aloevera.saludisima.com/caracteristicas/>

1.4.1 Toxicidad y efectos secundarios del gel de aloe vera

Al utilizar internamente el gel de aloe vera no suele presentar toxicidad aunque hay casos de personas muy sensibles a este producto que han sufrido problemas de hígado.

Al utilizar externamente tampoco suele presentar problemas, excepto en individuos sensibles a los cuales puede producir reacciones cutáneas adversas como picor o hinchazón. En caso de efectos secundarios se debe abandonar el tratamiento inmediatamente.¹⁵

1.4.2 Contraindicaciones del aloe vera

- No debe suministrarse gel de aloe ni latex de aloe por vía interna en mujeres embarazadas o lactantes. Estos productos pueden resultar abortivos. Los componentes del aloe vera se pasan al bebé a través de la leche.
- No debe suministrarse gel de aloe vera ni latex de aloe vera por vía interna a niños menores de 12 años .
- No suministrar gel de aloe ni látex de aloe si sufre de hemorroides.
- Consulte al médico y controle los niveles de azúcar en caso de tomar gel de aloe o látex de aloe si sufre de diabetes.
- No tomar gel de aloe ni látex de aloe después de una intervención quirúrgica o antes de la misma.¹⁶

15. Cfr. <http://www.botanical-online.com/aloeveratoxicidad.htm>

16. Cfr. <http://www.botanical-online.com/aloeveratoxicidad.htm>

1.5 Aplicaciones y usos medicinales del aloe vera

- Lesiones menores de la piel: cortes, congelaciones, heridas, hematomas, llagas, úlceras, de ahí que entra en la composición de muchas cremas para el cuidado de la piel, habiéndose demostrado su poder de curación en la dermatitis.
- Picaduras de insectos: Entre las principales picaduras de insectos tendríamos pulgas, garrapatas, mosquitos, etc.
- Psoriasis: Entre los tratamientos donde se ha manifestado más efectivo el aloe vera se encuentra la psoriasis. Si se mantiene un tratamiento adecuado durante unos 30 días se consigue que el picor y las placas de la piel disminuyan considerablemente.
- Herpes: En el tratamiento del herpes, el uso del gel de aloe, del jugo de aloe y especialmente de la crema de aloe, ayuda a que las heridas no se infecten y, sobre todo, alivia la zona afectada disminuyendo el dolor, la quemazón y el picor.
- Quemaduras: El poder de curación del gel de aloe vera se aplica en la curación de las quemaduras menores producidas por radiaciones. Se utiliza también como protector solar y regenerador de las quemaduras, incluidas las producidas por exposición al sol o quemaduras solares.
- Salud bucodental: El jugo de la planta posee un valor tonificante y astringente, resultando muy útil en casos de gingivitis, llagas en la boca u otras afecciones de la boca.
- Orzuelos: Es una de las mejores soluciones para el tratamiento de los orzuelos.
- Anginas: Igualmente se puede realizar gargarismos con el gel de la planta para combatir las amigdalitis o anginas.
- Aloe vera en cosmética.
- Aloe vera para el acné.
- Aloe vera depilación.
- Aloe vera para la cara.
- Aloe vera para el pelo.
- Aloe vera para las uñas.
- El gel de aloe para la acidez de estómago y la úlcera gástrica.

- El látex de aloe para el estreñimiento.
- Aloe vera para el cáncer y enfermedades inmunitarias.
- Aloe vera para el colesterol.
- Aloe vera para la diabetes.
- Aloe vera, propiedades para la piel.¹⁷

1.5.1 Otras propiedades y usos del aloe vera

El gel que posee el aloe vera en su interior tiene la facilidad de penetrar en la piel y expulsar bacterias y depósitos de grasa que obstruyen los poros.

Los cristales de aloe vera ayudan a solucionar algunos problemas capilares como la caspa o la calvicie. Además, como cuenta con propiedades curativas, es utilizado para tratar las quemaduras, úlceras, heridas, raspaduras y hasta hongos.

Como el aloe vera es también un purgante de rápida acción, se puede utilizar para ayudar a quienes tengan problemas de intestino grueso. Al ser un regenerador dérmico muy potente, también se utiliza contra el acné, las cicatrices, las estrías o los eccemas.¹⁸

El Aloe vera es un ingrediente importante en muchos productos de belleza, ya que penetra en las tres capas de la piel: epidermis, dermis, e hipodermis, y expulsa las bacterias y los depósitos de grasa que tapan los poros.

Al mismo tiempo la acción de los nutrientes naturales, los minerales, las vitaminas, los aminoácidos y las enzimas, estimulan la reproducción de nuevas células.

Es un importante regenerador celular, cicatrizante, tonificador y de alta penetración en la piel, cuando se usa con regularidad, evita las arrugas prematuras y retarda las propias de la edad.¹⁹

17. Cfr. <http://www.botanical-online.com/medicinalsaloevera.htm>

18. Cfr. <http://www.hogar.mapfre.es/jardineria/plantas-y-flores-de-exterior/2365/propiedades-aloe-vera>

19. Cfr. http://ajonegro.es/?page_id=133

1.5.2 Producción y consumo

Existen unas 200 especies, en laderas soleadas, a menudo en lugares rocosos o pedregosos en Europa, en la mayor parte de África, en Madagascar y en algunos puntos de Asia. Abundan, sobre todo, en la región del Cabo de Buena Esperanza. En Chile también se cultiva y es fácil comprar hojas de aloe vera en cualquier gran supermercado chileno. En las provincias del litoral de la península Ibérica crecen sin cultivo diversas especies de este género.

Las principales áreas productoras son:

- Gel de Aloe vera: Texas, Louisiana (EE.UU), México, Antillas, Venezuela e Israel.
- Goma de Aloe: Caribe, Venezuela, Sudáfrica, Zanzíbar, India y China.

La producción de gel de *Aloe vera* ha sido dominada básicamente por compañías estadounidenses, que han invertido grandes sumas de dinero en investigación y desarrollo de la producción, cosecha y procesamiento de éste. Las grandes plantaciones de Aloe se han establecido en Texas y otras áreas alrededor del Golfo de México, dominando el mercado. Australia, Israel, países Centro Americanos y Venezuela también son fuentes importantes de producción.

Nuevos productores requerirán de inversiones importantes en investigación y desarrollo para producir gel a precios competitivos. La producción de goma de Aloe está menos organizada y existen pocas compañías grandes envueltas en los procesos de producción y procesamiento.

En Chile se está desarrollando un atractivo mercado para la hoja fresca y entera, comercializada a través de supermercados y tiendas naturistas, para uso doméstico en preparación de cosméticos, cremas artesanales hidratantes, champú, para curación de quemaduras de sol y heridas, etc.²⁰

20. Cfr. <http://www1.etsia.upm.es/departamentos/botanica/fichasplantas/aloeprod.html>

1.5.3 Composición nutricional

Tabla de composición del aloe vera

Vitaminas

Betacaroteno (Provitamina A)	Vitamina B1 (Tiamina)	Vitamina B2 (Riboflavina)	Ácido Fólico	Vitamina C (Ácido Ascórbico)
Vitamina B3 (Niacina)	Vitamina B6 (Piridoxina)	Vitamina E (Tocoferol)	Colina	

Minerales

Calcio	Magnesio	Sodio	Cobre	Hierro
Manganeso	Potasio	Cinc	Cromo	Germanio

Aminoácidos esenciales y no esenciales

Lisina	Treonina	Vailina	Metionina	Alanina
Leucina	Isoleucina	Fenilalanina	Triptófano	Cistina
Histidina	Arginina	Hydroxypolina	Ácido aspártico	Tirosina
Serina	Ácido glutamínico	Prolina	Glicina	Glicocola

Antraquinonas

Aloína	Isobarbaloína	Barbaloína	Éster de ácido Cinámico	Antraceno
Ácido crisofánico	Ácido cinámico	Emodina de aloe	Ácido aloético	Aceites etéreos
Antranol				
Resitanoles				

Monosacáridos y polisacáridos

Celulosa	Glucosa	Manosa	Galactosa	Aldonentosa
Fructosa	Arabinosa	Xilosa	Glucamamano	Acemanano

Enzimas

Oxidaxa	Catalasa	Lipasa	Alinasa	Amilasa
---------	----------	--------	---------	---------

Otras sustancias

Lignina	Saponinas	Esteroles
---------	-----------	-----------

Tabla 1.1 Composición de la hoja de Aloe vera²¹

²¹ <http://www.aloe-vera.es/gel/componentes.php>

1.6 Proceso de producción de aloe

1.6.1 Crecimiento

El cultivo de Aloe se ve influenciado por una serie de factores. Aproximadamente el 95% del gel consiste en agua, eso significa que el riego es necesario sólo en los países cálidos, donde se cultiva la planta.

A causa de que la base de la raíz es pequeña y poco profunda, el riego debe ser bien planeado. La planta tiene una capacidad limitada para absorber agua y nutriente y por lo tanto el suelo debe ser fertilizado.

Adecuadamente la ventaja del crecimiento de aloe es que la planta es resistente a todo tipo de enfermedades, hongos, plagas de langostas y saltamontes. Además, la planta no es comestible para animales, como cabras, por su amargo sabor y sus efectos laxantes.

La única forma en que la planta puede verse afectada, es si la bacteria *Erwinia* ha comenzado a almacenar un exceso del agua o ha provocado la escasez de nutrientes (poca fertilización).

El Aloe es ampliamente cultivado por una serie de características de la planta:

- De las hojas de la planta son muy grandes.
- De las hojas producen una gran cantidad de gel.
- Las hojas tienen muy poca fibra.
- El procesamiento de las hojas es fácil.
- La planta crece muy rápido.

Las plantas se siembran en un patrón de líneas, alrededor de 1 metro de distancia una de la otra. Las plantas se siembran en hileras paralelas, aproximadamente 1 metro entre las filas.

Entre las plantas de una misma fila, hay una distancia de 90 cm aproximadamente. Esto deja a cada planta aproximadamente 1,30 metros de espacio libre.

En muchas plantaciones hay una pista de cosecha, después de cuatro hileras de plantas y de esta forma se crea una densidad de 8500 plantas por hectárea.²²

1.6.2 Cosecha

Después de la fase de despliegue inicial y 4 años de crecimiento, la planta se puede cosechar 3 o 4 veces al año. En la recolección, se debe cortar la parte inferior (la más grande de las hojas, esto significa un promedio de 6 a 9 hojas por planta.

Una hoja de buena calidad pesa entre 700 y 900 gramos cada una o preferiblemente más. La recolección es un proceso manual.²³

1.6.3 Procesamiento de las hojas

Después del transporte a la fábrica, las plantas tienen que ser lavadas y desinfectadas. Hay dos métodos básicos de tratamiento:

22. Cfr. http://aloeproduction.com/index.php?option=com_content&view=article&id=62&Itemid=73&lang=es

23. Cfr. http://aloeproduction.com/index.php?option=com_content&view=article&id=62&Itemid=73&lang=es

Procesamiento de la hoja entera, incluyendo la cáscara contiene aloína (1 - Método de la hoja entera) y separación de la hoja del gel antes del procesamiento) (2 – método de separación). El método de hoja entera conduce a un producto inaceptable acabado con un gel de baja calidad.

En el método de separación se corta la parte inferior de la hoja, por lo que las hojas tienen la oportunidad de "sangrar". Esto da como resultado que la aloína salga de las hojas. La aloína se menciona como una sustancia picante del exterior de la planta. Esta es la parte de la planta conocida por su sabor amargo y su efecto laxante. Para obtener un buen producto, es importante que la aloína se mantenga fuera del gel final

Después de algún tiempo de filtración, el proceso continúa cortando los bordes espinosos con un cuchillo afilado o bien con un instrumento tipo rallador de queso.²⁴

1.7 Métodos de separación

Después del proceso de preparación, uno de los siguientes tres métodos se utilizan para separar el gel de la hoja.

- Prensado.
- Proceso de fileteado manual.
- Proceso de fileteado de la máquina.
- Proceso de fileteado de la máquina; Máquina de AGS.²⁵

24. Cfr. http://aloeproduction.com/index.php?option=com_content&view=article&id=62&Itemid=73&lang=es

25. Cfr. http://aloeproduction.com/index.php?option=com_content&view=article&id=62&Itemid=73&lang=es

1.7.1 Prensado

En el prensado, las hojas pre-procesadas se colocan sobre una cinta transportadora y se introducen en una prensa. El gel final contiene residuos de aloína remanentes y partes de la hoja, razón por cual que este método no es recomendable.²⁶

1.7.2 Fileteado manual

En el proceso de fileteado manual, los bordes duros y la parte superior de las hojas se cortan. Posteriormente, la hoja se corta longitudinalmente. Cada mitad de hoja está compuesta por la piel y filete que contiene el gel. El filete se corta o se raspa de la hoja.

Esto se puede hacer con un cuchillo afilado, pero a menudo se hace con un cuchillo de diseño propio o bien con una máquina simple. El núcleo de la hoja sigue siendo: un filete de aloe gel húmedo. Posteriormente, el filete debe que ser moldeado para licuar el gel.

Este método tiene; sin embargo, algunas desventajas importantes:

- El método conlleva una mano de obra intensiva y tiene una velocidad de procesamiento baja.
- El rendimiento por hoja es bajo a causa de la gran cantidad de restos de gel en la piel.
- La calidad del producto final es baja, ya que con esta metodología, es difícil conseguir gel cercano a la piel y lamentablemente este es el gel de más alta calidad.
- El riesgo de contaminación del gel aloe por factores externos es alto, porque implica muchas operaciones manuales.²⁷

26. Cfr. http://aloeproduction.com/index.php?option=com_content&view=article&id=62&Itemid=73&lang=es

27. Cfr. http://aloeproduction.com/index.php?option=com_content&view=article&id=62&Itemid=73&lang=es

1.7.3 Fileteado a máquina

En el método de fileteado a máquina, los bordes duros y la parte superior de las hojas se cortan. Luego las hojas se introducen manualmente en un cuchillo eléctrico. La piel de ambos lados de la hoja se elimina en este proceso.

El núcleo de la hoja se conserva: un filete de aloe gel húmedo. Los filetes de Aloe se convierten en líquido en un vaso (tipo de lavadora). Este proceso dura varias horas.

Este método tiene algunas desventajas importantes:

- Una mano de obra intensiva y una velocidad de procesamiento de baja.
- El rendimiento por hoja es bajo porque quedan muchos restos de gel porque el cuchillo de filetear eléctrico tiene una posición fija orientada a la parte más delgada de las hojas a procesar.
- Además cuando la hoja del cuchillo se acerca demasiado a la piel, el aloe gel se contamina a loíña; el cuchillo no se adapta a los diferentes grosores de las hojas y tiene margen de seguridad demasiado alto en el borde de la hoja.
- De la calidad del producto final es baja, en vista de que es posible extraer el gel más cercano a la piel, que es el de más calidad, y eso no ocurre en este proceso. Naturalmente que a veces se utilizan combinaciones de ambos métodos, tales como el corte manual y la licuefacción a una máquina.²⁸

²⁸http://aloeproduction.com/index.php?option=com_content&view=article&id=62&Itemid=73&lang=es

1.7.4 Fileteado a máquina - máquina de AGS

En el método de mecanizado AGS, se cortan tanto los bordes duros como la parte superior de las hojas. Seguidamente se puede depositar las hojas completas en la máquina y se separa la piel en ambos lados de la hoja y así se gana y se recolecta la máxima concentración de aloe gel.

Las principales ventajas de la máquina:

- Un mayor rendimiento por hoja de Aloe - Hasta el 67% más de gel en comparación con los métodos de fileteado manual - Hasta un 43% más de gel en comparación al método de fileteado a máquina normal.
- Un procesamiento de Aloe muy eficiente y rápido (2 hojas por segundo).
- Sólo 1 operador por la máquina y una gran reducción del trabajo manual.
- Una gran reducción de los riesgos de contaminación.
- No se necesita ninguna máquina o equipo adicional (por ejemplo, un vaso o fragmentación).²⁹

29. Cfr. http://aloeproduction.com/index.php?option=com_content&view=article&id=62&Itemid=73&lang=es

CAPÍTULO II

FACTIBILIDAD

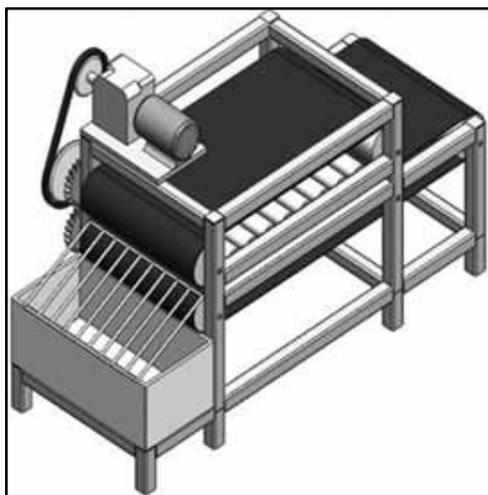
Para el diseño y construcción de la máquina extractora de gel de sábila se parte de diseños hipotéticos y se llevará a cabo una breve descripción de cada una de las alternativas que han sido consideradas y planteadas.

2.1 Alternativas propuestas

Con el objetivo de establecer el mejor sistema (máquina) de extracción de gel de sábila, se establecieron tres posibles diseños o alternativas que pueden cumplir en gran medida con las especificaciones antes mencionadas. A continuación se presenta una descripción del funcionamiento de cada alternativa y sus especificaciones técnicas.

2.1.1 Máquina extractora de gel de sábila con rodillos y banda transportadora (alternativa 1)

Esto se observa en la figura 2.1



Fuente: Autor

Figura 2.1 Esquema de Alternativa 1

2.1.1.1 Elementos principales

- Banda transportadora.
- Guías.
- Bastidor.
- Chumacera.
- Rodillo moleteado.
- Carcasa.
- Transmisión.
- Motor.

2.1.1.2 Funcionamiento

Esta arquitectura consiste en un par de cintas transportadoras que conducen las pencas a un conjunto de rodillos de trituración que cumplen la función de comprimir y extraer el gel. Por el extremo opuesto a la alimentación del dispositivo se ubica una rejilla que recolecta el gel en un contenedor, separándolo de la hoja.

2.1.1.3 Ventajas

- Compacto y modular.
- Operación sencilla.
- Reducción de la manipulación de productos en la línea de producción.
- Operada por una persona.

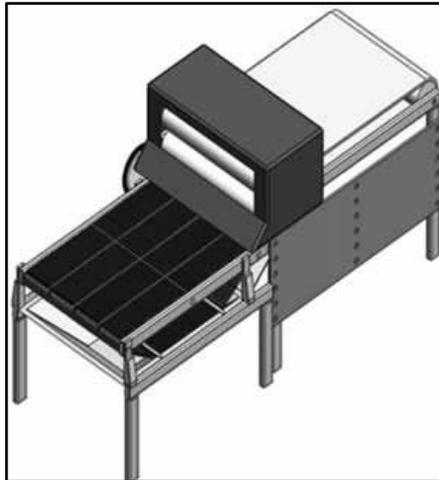
2.1.1.4 Desventajas

- Mezcla del gel con los residuos de la hoja.
- Baja producción de gel.³⁰

30. Cfr. http://www.ingecuc.com/index.php/lectores/volumenes-de-la-revista/volumen-9/item/download/97_22a6dd1012c4204caa2b320d90bf6227

2.1.2 Máquina extractora de gel de sábila con rodillos y tolva (alternativa 2)

Esto se observa en la figura 2.2



Fuente: Autor

Figura 2.2 Esquema de alternativa 2

2.1.2.1 Elementos principales

- Motor.
- Sistema de transmisión.
- Tolva.
- Carcasa porta tornillos.
- Tornillos de arrastre.
- Recolector de chocho.
- Bastidor.

2.1.2.2 Funcionamiento

En este prototipo las hojas pre-procesadas (lavadas, despuntadas y cortadas longitudinalmente) son introducidas en un par de cintas transportadoras, que conducen las pencas al conjunto de rodillos de trituración con la función de comprimir y extraer el gel.

Por el extremo opuesto a la alimentación del dispositivo se ubicada una malla, que separa el gel de la hoja. El gel, por acción de la gravedad, cae a un contenedor que filtra el gel de aloe de los residuos sólidos.

2.1.2.3 Ventajas

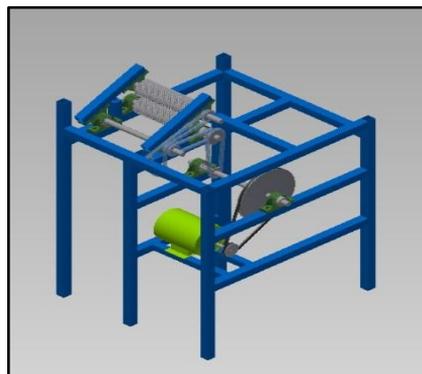
- Operación sencilla.
- Reducción de la manipulación de productos en la línea de producción.
- Operada por una persona.
- Reducción de residuos sólidos en el producto final.
- Mayor volumen de hojas procesadas.

2.1.2.4 Desventajas

- Mezcla del gel con el aminoácido de la hoja.
- Mediana producción de gel.³¹

2.1.3 Máquina extractora de gel de sábila con rodillos y cuchillas (alternativa 3)

Esto se observa en la figura 1.1



Fuente: Autor

Figura 2.3 Esquema de la alternativa 3.

31. Cfr. http://www.ingecuc.com/index.php/lectores/volumenes-de-la-revista/volumen-9/item/download/97_22a6dd1012c4204caa2b320d90bf6227

2.1.3.1 Elementos principales

- Motor Eléctrico.
- Transmisión por correas.
- Eje motriz.
- Rodillo motriz.
- Sistema de Transmisión por cadenas.
- Cuchillas longitudinales y transversales.

2.1.3.2 Funcionamiento

En esta alternativa las pencas de sábila son colocadas por el operario en la guía donde se encuentran las cuchillas transversales de la máquina. En una primera fase las hojas son impulsadas por el operario hasta que un par de rodillos atrapa a la hoja y la lleva hacia las cuchillas longitudinales, cortándola por la parte superior e inferior. Posteriormente, el gel y los residuos de las hojas son impulsadas por los rodillos hacia bandejas diferentes, permitiendo así la extracción de gel.

2.1.3.3 Ventajas

- Operación sencilla.
- Reducción de la manipulación de productos en la línea de producción.
- Operada por una persona.
- Reducción de residuos sólidos en el producto final.
- Mayor volumen de hojas procesadas.
- Compacta y modular.

2.1.3.4 Desventajas

- Las hojas de sábila tienen que ser de un grosor de por lo menos 20 mm.
- Las revoluciones de los rodillos deben ser altas para que el gel y los residuos no se mezclen.

2.2 Análisis de selección

2.2.1 Factores de comparación

Dentro de los factores más importantes a considerarse en la selección son:

Factor	Valor de ponderación
Costo	5/5
Tamaño y Peso	4/5
Seguridad	5/5
Complejidad en su construcción	4/5
Ergonomía	4/5
Mantenimiento	4/5
Disponibilidad de materiales	4/5

Fuente: Autor

Tabla 2.1 Valores de ponderación.

El valor de ponderación se ha determinado por grado de importancia de cada factor.

2.3 Alternativa más factible

En la tabla 2.2 se verifica los factores de ponderación de las alternativas.

FACTORES DE COMPARACIÓN	FACTORES DE PONDERACION	IDEAL	PONDERADA	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
COSTO	1	10	10	3	5	7
TAMAÑO Y PESO	0,8	10	8	2	3	4
SEGURIDAD	1	10	10	4	5	7
COMPLEJIDAD CONSTRUCCIÓN	0,7	10	7	3	4	6
ERGONOMÍA	0,9	10	9	5	5	7
MANTENIMIENTO	0,8	10	8	6	7	8
DISPONIBILIDAD MATERIALES	1	10	10	6	6	7
TOTAL				29	35	46
SELECCIONADA						46

Fuente: Autor

Tabla 2.2 Datos de ponderación.

Como resultado la alternativa 3 presenta la puntuación más alta, por tanto es la que brinda mejor solución para el diseño y fabricación de la máquina.

En el capítulo siguiente se procede al cálculo de dimensiones de los componentes de la máquina.

CAPÍTULO III

DISEÑO

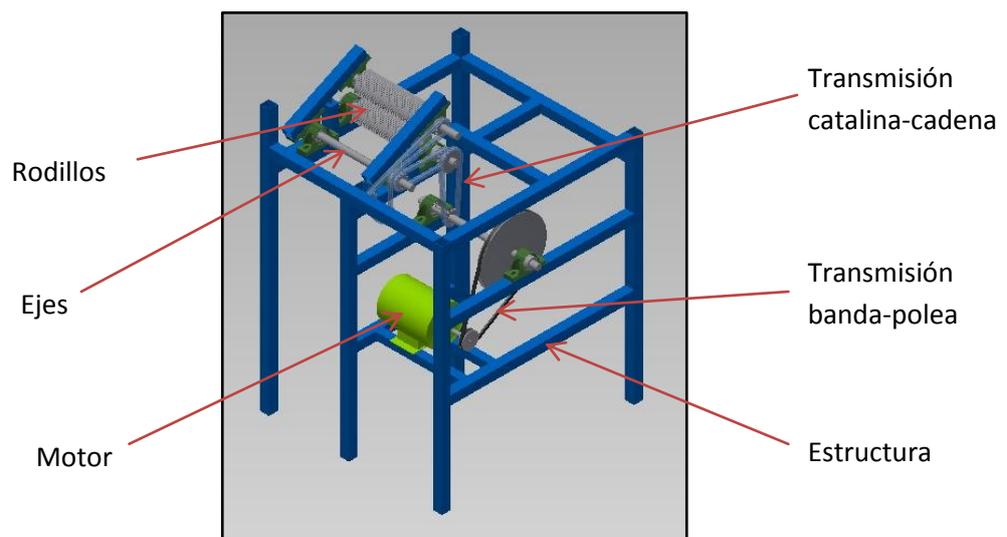
En el presente capítulo se realiza el diseño de las diferentes partes que constituyen el mecanismo y la selección de los elementos normalizados de la máquina extractora de gel de sábila por rodillos y cuchillas, de acuerdo con la alternativa seleccionada en el capítulo anterior.

3.1 Parámetros para el diseño

Los parámetros considerados para el diseño se obtienen con base en las características y propiedades que tiene la hoja de sábila.

- Producción máxima: 30 [hojas/min].
- Espesor de la cascara de la sábila: 2 [mm].
- Espesor mínimo de la hoja de sábila: 20[mm].
- Capacidad máxima de trabajo: 160 [kg/h].

3.2 Diseño de elementos y partes



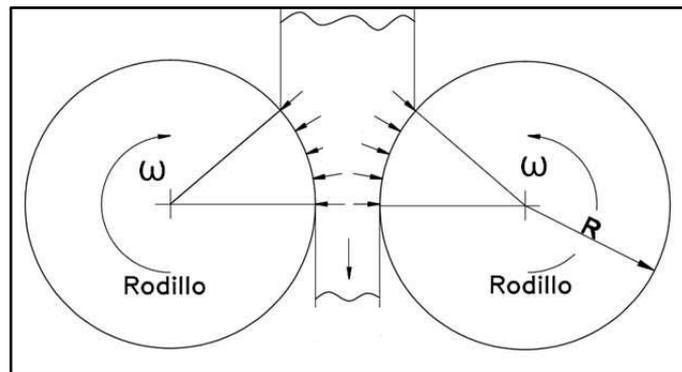
Fuente: Autor

Figura 3.1 Máquina extractora de gel de sábila.

3.3 Diseño de los rodillos

En esta máquina dos rodillos de acero inoxidable, giran en direcciones opuestas siendo $W_1 = W_2$. El producto es atrapado y arrastrado entre los rodillos, sufriendo una fuerza de compresión que arrastra la hoja.

Esto se observa en la figura 3.2



Fuente: Autor

Figura 3.2 Rodillos de compresión.

3.3.1 Ángulo de separación

Se denomina así el ángulo formado por las tangentes a las caras de los rodillos en el punto de contacto entre el producto y los rodillos, dicho ángulo es de suma importancia para determinar el tamaño del par de rodillos necesarios.³²

$$\cos \theta = 1 - \left(\frac{D_t - D_f}{2 * D_r} \right) \quad \text{Ecuación (3.1)}$$

Al ser:

- (θ) Ángulo de separación
- (D_t) Medida de entrada de la hoja
- (D_f) Medida de salida de la hoja
- (D_r) Diámetro de los rodillos

32. Cfr. <http://clubensayos.com/Temas-Variados/Boletines/1463689.html>

En el caso que las partículas sean atraídas por fricción hacia los rodillos:³³

$$\tan \theta = \mu \quad \text{Ecuación (3.2)}$$

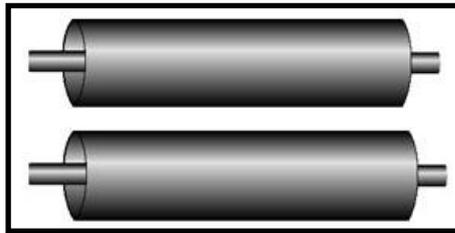
Al ser:

(μ) Coeficiente de fricción entre el producto y los rodillos

3.3.2 Número de rodillos

Al considerar que la hoja de sábila tiene una medida de contacto inicial y que se desea solo arrastrar, se establece que se debe utilizar dos rodillos dispuestos en forma paralela entre sí.

Esto se observa en la figura 3.3



Fuente: Autor

Figura 3.3 Número de rodillos.

3.3.3 Diámetro de rodillos

Los rodillos deben tener un diámetro mínimo requerido para arrastrar a la hoja. Mediante ensayos se determinó:

- Coeficiente de rozamiento $\mu = 0.22$
- Medida de entrada de la hoja $D_t = 20 \text{ mm}$
- Medida de salida de la hoja $D_f = 16 \text{ mm}$

33. Cfr. Kurt Gieck - Reiner Gieck, *Manual de Fórmulas Técnicas*, Alfaomega, 30va. Edición, México, 2000, pág. K10.

Al reemplazar en la ecuación 3.2

$$\tan \theta = u$$

$$\theta = \tan^{-1} * u$$

$$\theta = \tan^{-1} * 0,22$$

$$\theta = 12.41^\circ$$

$$\theta = 0.216 \text{ rad}$$

Que es el ángulo de contacto entre los rodillos y la hoja de sábila.

Al despejar de la ecuación 3.1 y al remplazar el valor del ángulo de separación se tiene:

$$Dr = \frac{Dt - Df}{2 * (1 - \cos\theta)}$$

$$Dr = \frac{20 \text{ mm} - 16 \text{ mm}}{2 * (1 - \cos 12.41)}$$

$$Dr = \frac{4 \text{ mm}}{0.046}$$

$$Dr = 86.95 \text{ mm}$$

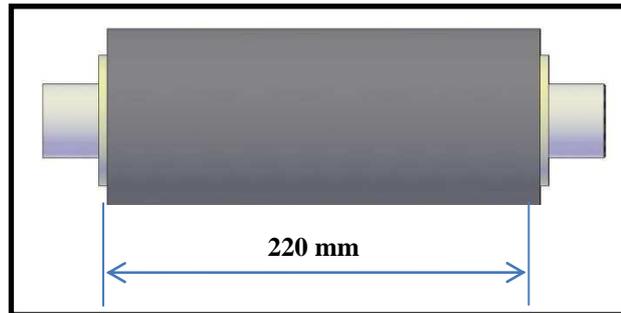
$$Dr \approx 3 \frac{1}{2} \text{ plg}$$

$$Dr = 88.9 \text{ mm}$$

3.3.4 Longitud de los rodillos

Se establece una longitud de 220 mm debido a que permite alcanzar la capacidad requerida y cuyo dimensionamiento depende del cálculo de revoluciones.

Esto se observa en la figura 3.4



Fuente: Autor

Figura 3.4 Longitud de los rodillos.

3.3.5 Superficie de contacto entre la hoja de sábila y los rodillos

Hay que considerar la superficie de contacto, debido a que en esta área se ejercerán las fuerzas de compresión y corte.

Si se parte de la fórmula:³⁴

$$y = \frac{Dr}{2} * \theta \quad \text{Ecuación (3.3)}$$

Al ser:

- (y) Longitud de arco de contacto entre la hoja de sábila y los rodillos
- (θ) Ángulo de contacto en radianes.

El arco de contacto entre la hoja de sábila y los rodillos se obtiene al reemplazar los respectivos valores en la ecuación 3.3

34. Cfr. Kurt Gieck - Reiner Gieck, *Manual de Fórmulas Técnicas*, Alfaomega, 30va. Edición, México, 2000, pág. L4.

$$y = \frac{88.9 \text{ mm}}{2} * 0,216 \text{ rad}$$

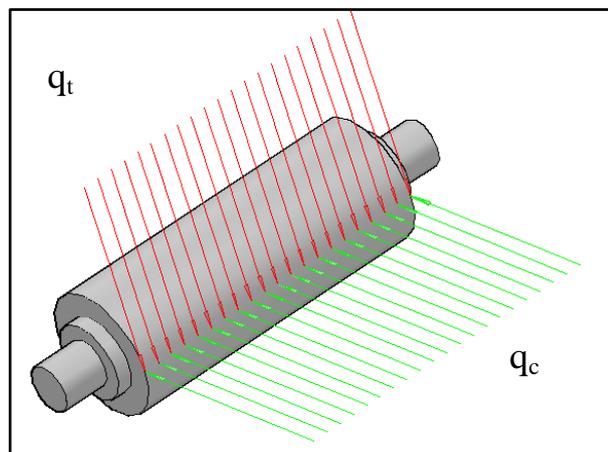
$$y = 9.6 \text{ mm} \approx 10 \text{ mm}$$

3.3.6 Cargas en los rodillos

La carga que se genera en los rodillos depende directamente de las fuerzas de compresión y corte entre la hoja y la superficie de los rodillos.

Los estudios realizados indican que la hoja de sábila tienen un esfuerzo de compresión y corte promedios de $70185.83 \left(\frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}\right)$ y $11718.71 \left(\frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}\right)$ respectivamente. (VER ANEXO 4A)

Esto se observa en la figura 3.5



Fuente: Autor

Figura 3.5 Esfuerzos unitarios.

3.3.7 Determinación de la velocidad angular de los rodillos

Al calcular el perímetro del rodillo y relacionarlo con la longitud promedio que tiene una hoja de sábila, se puede determinar el número de hojas (N) que pueden obtenerse en una revolución compleja.

$$P_r = \pi * D_r \quad \text{Ecuación (3.4)}$$

Al ser:

(P_r) Perímetro

(π) Constante.

(D_r) Diámetro del rodillo.³⁵

$$P_r = \pi * (88.9)$$

$$P_r = 279.28 \text{ mm}$$

Una hoja promedio ≈ 260.83 mm (VER ANEXO 4B)

$$N = \frac{260.83 \text{ mm}}{279.28 \text{ mm}}$$

$$N = 0.93 \frac{\text{Hojas}}{\text{Rev}}$$

Al relacionar la capacidad de la máquina con el número de hojas por revolución se obtiene la velocidad angular con la que debe girar nuestro rodillo motriz es decir:

$$\begin{array}{l} 30 \text{ Hojas} \text{ ----- } 1 \text{ minuto} \\ 0.93 \text{ Hojas} \text{ ----- } 1 \text{ Revolución} \end{array}$$

$$w = \frac{30 \frac{\text{Hojas}}{\text{min}}}{0.93 \frac{\text{Hojas}}{\text{Rev}}}$$

$$w = 32.25 \frac{\text{Rev}}{\text{min}}$$

35. Cfr. Kurt Gieck - Reiner Gieck, *Manual de Fórmulas Técnicas*, Alfaomega, 30va. Edición, México, 2000, pág. B3.

3.4 Determinación de la velocidad angular del sistema de reducción

Al realizar las primeras pruebas, se observó que con la velocidad angular teórica a la que giran los rodillos, 32.25 rpm, el gel obtenido quedaba adherido a las cuchillas y rodillos, por lo que se determinó de forma experimental un aumento en la velocidad angular, con la cual, el gel fluye sin ningún problema hacia la bandeja.

$$w_{exp} = 4 * w \quad \text{Ecuación (3.5)}$$

Al ser:

w_{exp} = velocidad angular experimental.

w = velocidad angular teorica.

$$w_{exp} = 4 * 32.25 \frac{Rev}{min}$$

$$w_{exp} = 129 \approx 130 \frac{Rev}{min}$$

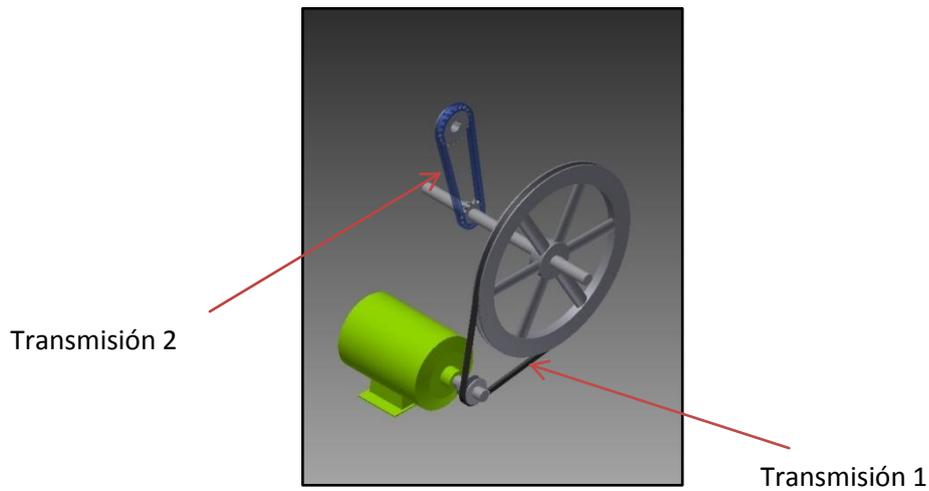
3.4.1. Relación de transmisión

Las bandas y las cadenas, representan los principales elementos flexibles para transmisión de potencia. La alta velocidad del motor hace que las transmisiones por banda sean casi ideales para la primera etapa de reducción. En la condición de baja velocidad y gran par de torsión, las transmisiones con cadena son adecuadas.³⁶

Para la máquina extractora de gel de sábila, se diseñará la relación de transmisión en dos etapas. La relación de transmisión 1 será por medio de banda y poleas, mientras que la relación de transmisión 2 será por medio de cadena y catalinas.

36. Cfr. Kurt Gieck - Reiner Gieck, *Manual de Fórmulas Técnicas*, Alfaomega, 30va. Edición, México, 2000, pág. B3.

Esto se observa en la figura 3.6



Fuente: Autor

Figura 3.6 Relación de transmisión.

La relación de transmisión viene dada por la ecuación 3.6

$$i = \frac{RPM_{maquina}}{RPM_{motor}} \quad \text{Ecuación (3.6)}$$

Al ser:

i = Relación de transmisión

RPM_{motor} = Revoluciones por minuto del motor

$RPM_{maquina}$ = Revoluciones por minuto de la maquina

En el mercado nacional se tiene motores con 1730 RPM y con las revoluciones calculadas de los rodillos, se puede determinar la relación de transmisión para la máquina extractora de gel de sábila.³⁷

$$i = \frac{130 \text{ RPM}}{1730 \text{ RPM}}$$

37. Cfr. <http://www.monografias.com/trabajos82/disenio-sistema-trasmision-polea-banda/disenio-sistema-trasmision-polea-banda.shtml>

$$i = 0.075$$

La relación de transmisión 1 y la relación de transmisión 2, viene dada por la ecuación 3.7

$$i = R_{TB} * R_{TC} \quad \text{Ecuación (3.7)}$$

Al ser:

R_{TB} Relación de transmisión por bandas

R_{TC} Relación de transmisión por cadenas³⁸

$$0.075 = \frac{1}{8} * \frac{3}{5}$$

$$0.075 = \frac{3}{40}$$

$$0.075 = 0.075$$

3.4.1.1. Transmisión 2

La relación de transmisión está dada por la ecuación 3.8

$$i = \frac{n_s}{n_e} \quad \text{Ecuación (3.8)}$$

Al ser:

(n_s) Número de revoluciones de salida.

(n_e) Número de revoluciones de entrada.³⁹

38. Cfr. <http://www.monografias.com/trabajos82/disenio-sistema-trasmision-polea-banda/disenio-sistema-trasmision-polea-banda.shtml>

39. Cfr. Kurt Gieck - Reiner Gieck, *Manual de Fórmulas Técnicas*, Alfaomega, 30va. Edición, México, 2000, pág. M4.

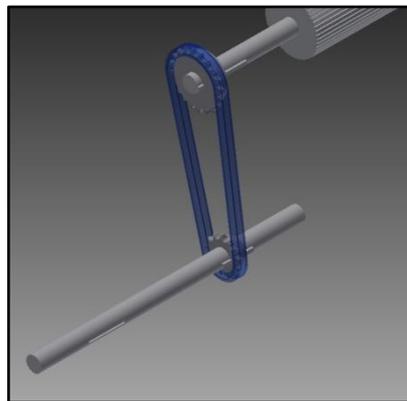
Con $i = 0.6$ y con $n_s = 130 \text{ rpm}$ se calcula el número de revoluciones de entrada. Al despejar de la ecuación 3.8⁴⁰

Se tiene:

$$n_e = \frac{n_s}{i}$$

$$n_e = \frac{130 \text{ rpm}}{0.6} = 216.66 \text{ rpm}$$

Esto se observa en la figura 3.7



Fuente: Autor

Figura 3.7 Transmisión catalina-cadena.

Para determinar el número de dientes de la catalina conducida, se elegirá de acuerdo con la tabla 3.1

Núm.	Números de dientes de catalina disponibles
25	8-30, 32, 34, 35, 36, 40, 42, 45, 48, 54, 60, 64, 65, 70, 72, 76, 80, 84, 90, 95, 96, 102, 112, 120
35	4-45, 48, 52, 54, 60, 64, 65, 68, 70, 72, 76, 80, 84, 90, 95, 96, 102, 112, 120
41	6-60, 64, 65, 68, 70, 72, 76, 80, 84, 90, 95, 96, 102, 112, 120
40	8-60, 64, 65, 68, 70, 72, 76, 80, 84, 90, 95, 96, 102, 112, 120
50	8-60, 64, 65, 68, 70, 72, 76, 80, 84, 90, 95, 96, 102, 112, 120
60	8-60, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 72, 76, 80, 84, 90, 95, 96, 102, 112, 120
80	8-60, 64, 65, 68, 70, 72, 76, 78, 80, 84, 90, 95, 96, 102, 112, 120
100	8-60, 64, 65, 67, 68, 70, 72, 74, 76, 80, 84, 90, 95, 96, 102, 112, 120
120	9-45, 46, 48, 50, 52, 54, 55, 57, 60, 64, 65, 67, 68, 70, 72, 76, 80, 84, 90, 96, 102, 112, 120
140	9-28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 42, 43, 45, 48, 54, 60, 64, 65, 68, 70, 72, 76, 80, 84, 96
160	8-30, 32-36, 38, 40, 45, 46, 50, 52, 53, 54, 56, 57, 60, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 70, 72, 73, 80, 84, 96
180	13-25, 28, 35, 39, 40, 45, 54, 60
200	9-30, 32, 33, 35, 36, 39, 40, 42, 44, 45, 48, 50, 51, 54, 56, 58, 59, 60, 63, 64, 65, 68, 70, 72
240	9-30, 32, 35, 36, 40, 44, 45, 48, 52, 54, 60

Tabla 3.1 Numero de dientes de catalinas disponibles.⁴⁰

40. Cfr. Shigley, Richard G Budynas, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, McGraw-Hill, 8va edición, México, 2008, pág. 892

El número de dientes escogido para la catalina conductora es 12 dientes.

Para el cálculo del número de dientes de la catalina conducida, se utiliza la ecuación 3.9⁴¹

$$N_2 = \frac{n_1}{n_2} * N_1 \quad \text{Ecuación (3.9)}$$

Al ser:

(n_1) Velocidad de la catalina conductora, 216.66 [rpm].

(N_1) Número de dientes de la catalina conductora, 12 [dientes].

(n_2) Velocidad de la catalina conducida, 130 [rpm].

(N_2) Número de dientes de la catalina conducida.

$$N_2 = \frac{216.66 \text{ rpm}}{130 \text{ rpm}} * 12$$

$$N_2 = 19.99 \approx 20 \text{ dientes}$$

3.4.1.2 Transmisión 1

El número de revoluciones de entrada de la transmisión 2, es igual al número de revoluciones de salida de la transmisión 1.

Con $i = 0.125$ y $n_s = 216.66 \text{ rpm}$, al reemplazar en la ecuación 3.8, se tiene:

$$n_e = \frac{n_s}{i}$$

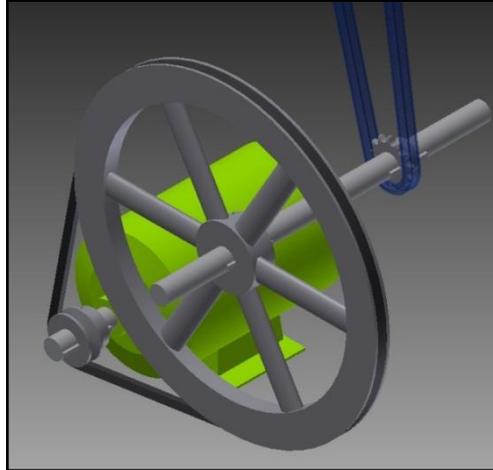
$$n_e = \frac{216.66 \text{ rpm}}{0.125}$$

$$n_e = 1733.28 \text{ rpm}$$

41. Cfr. Kurt Gieck - Reiner Gieck, *Manual de Fórmulas Técnicas*, Alfaomega, 30va. Edición, México, 2000, pág. M4.

Al ser n_e el número de revoluciones a las que gira el motor.

Esto se observa en la figura 3.8



Fuente: Autor

Figura 3.8 Transmisión banda-polea.

En el mercado nacional encontramos motores con 1730 rpm. Por lo cual se escoge uno de estas características.

Para calcular los diámetros de las poleas se utiliza las ecuaciones de relación de transmisión entre las velocidades angulares.⁴²

$$n_e * D_1 = n_s * D_2 \quad \text{Ecuación (3.10)}$$

Al ser:

- (D_1) Diámetro (Rueda Conductora)
- (D_2) Diámetro (Rueda Conducida)
- (n_e) Número de revoluciones de entrada.
- (n_s) Número de revoluciones de salida.

42. Cfr. Kurt Gieck - Reiner Gieck, *Manual de Fórmulas Técnicas*, Alfaomega, 30va. Edición, México, 2000, pág. M4.

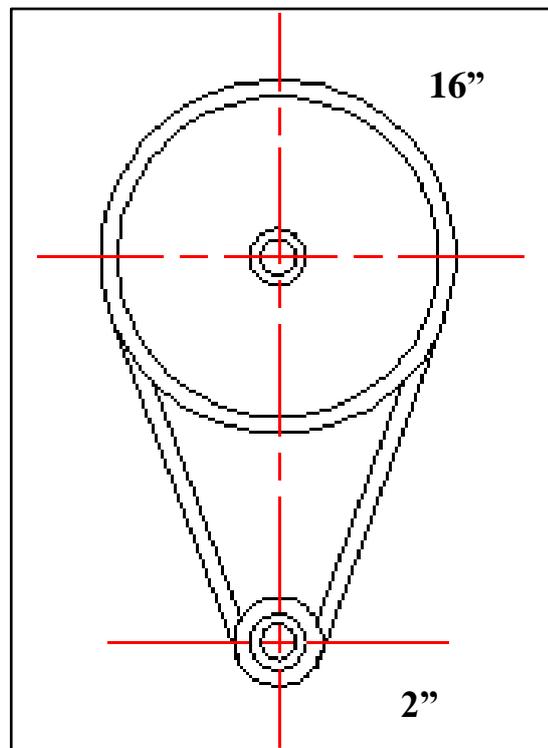
Con $D_1 = 2$ pulgadas y al reemplazar en la ecuación 3.10, se tiene:

$$D_2 = D_1 * \frac{n_e}{n_s}$$

$$D_2 = 2 \text{ pulg} * \frac{1733.28 \text{ rpm}}{216.66 \text{ rpm}}$$

$$D_2 = 16 \text{ pulg}$$

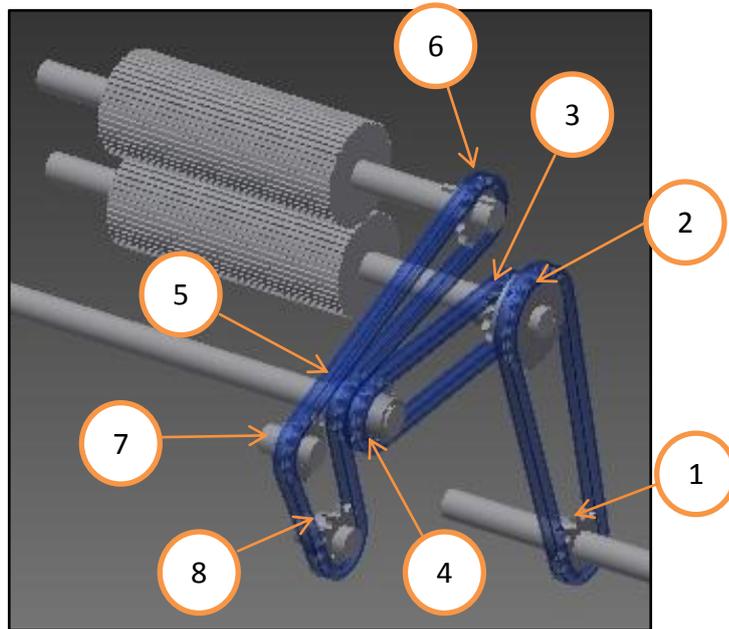
Esto se observa en la figura 3.9



Fuente: Autor

Figura 3.9 Gráfica de diámetro de poleas.

3.5 Fuerzas que actúan en las catalinas



Fuente: Autor

Figura 3.10 Catalinas

Las catalinas forman parte de las transmisiones por cadenas. El tipo de Catalina debe adaptarse a la cadena utilizada en la transmisión por cadena.

Una cadena es un elemento de transmisión de potencia formado por una serie de eslabones unidos mediante pasadores. Este diseño permite flexibilidad y permite además que la cadena transmita grandes fuerzas de tensión. Cuando se transmite potencia entre ejes giratorios, la cadena entra en los dientes de las ruedas dentadas denominadas Catalinas.

La relación de velocidades entre las Catalinas conducidas y motriz es de 1:1, esto se debe a que todos los rodillos giran a la misma velocidad.

El cálculo de fuerzas en la transmisión de movimiento por catalinas es de gran importancia en el diseño mecánico ya que permite determinar las fuerzas resultantes y momentos que actúan en las mismas.

La catalina 1 motriz se encargara de mover al resto de catalinas.

Las catalinas 2 y 3 permiten la transmisión al eje y a su vez moverá el rodillo inferior.

Las catalinas 4 y 5, permiten la transmisión al eje.

La catalina 6 permite la transmisión al eje y a su vez moverá el rodillo superior.

Las catalinas 7 y 8 son móviles, por lo tanto serán las encargadas de templar a la cadena.

Debido a que la transmisión de movimiento se realiza por cadena de rodillos, las fuerzas producidas por la cadena, son perpendiculares al diámetro de paso de las catalinas.

De acuerdo con las dimensiones, del sistema de transmisión de movimiento por cadena de rodillos, se determinaron los ángulos que se forman entre las catalinas y la cadena.

Las fuerzas en la catalina 1, se calcularán al final debido a que es la catalina motriz.

3.5.1 Cálculo del esfuerzo de compresión unitario

$$q_c = \sigma_c * r_r * \tan^{-1}(\varphi) \quad \text{Ecuación (3.11)}$$

Al ser: ⁴³

43. Cfr. Shigley, Richard G Budynas, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, McGraw-Hill, 8va edición, México, 2008, pág.554

- (q_c) Esfuerzo de compresión unitario
- (σ_c) Esfuerzo de compresión
- (r_r) Radio del rodillo
- (μ) Coeficiente de fricción

Al reemplazar en la ecuación (3.11), se tiene:

$$q_c = (70185.83) \left(\frac{Kgf}{m^2} \right) * \left(\frac{88.9}{2} * 10^{-3} \right) (m) * 0.22$$

$$q_c = 686.34 \left(\frac{Kgf}{m} \right)$$

3.5.2 Cálculo del esfuerzo de corte unitario

$$q_t = \sigma_t * r_r * \tan^{-1}(\mu) \quad \text{Ecuación (3.12)}$$

Al ser:

- (q_t) Esfuerzo de corte unitario
- (σ_t) Esfuerzo de corte ⁴⁴

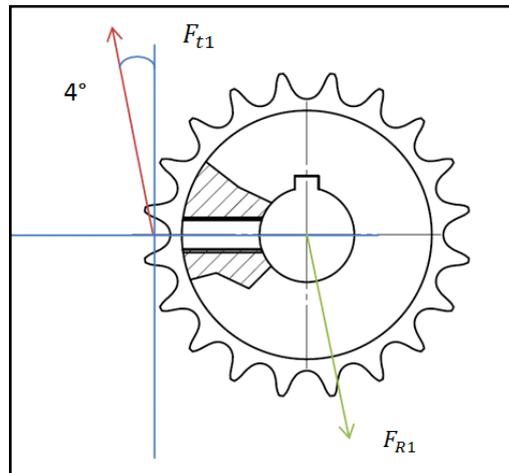
Al reemplazar en la ecuación (3.12), se tiene:

$$q_t = (11718.71) \left(\frac{Kgf}{m^2} \right) * \left(\frac{88.9}{2} * 10^{-3} \right) (m) * 0.22$$

$$q_t = 114.59 \left(\frac{Kgf}{m} \right)$$

44. Cfr. Shigley, Richard G Budynas, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, McGraw-Hill, 8va edición, México, 2008, pág.554

3.5.3 Cálculo de fuerzas en la catalina 1



Fuente: Autor

Figura 3.11 Catalina 1

Para el cálculo de esta catalina, la fuerza debe ser lo suficientemente grande, como para producir un momento el cual sea capaz de vencer el momento resistente en el eje de transmisión.

Para que la catalina pueda mover el eje debe cumplir la siguiente ecuación:⁴⁵

$$M_1 = q_t * r * L \quad \text{Ecuación (3.13)}$$

El momento producido en la Catalina es:⁴⁶

$$M_1 = F_{t1} * \frac{\varnothing_c}{2} \quad \text{Ecuación (3.14)}$$

Al ser:

(F_{t1}) Fuerza tangencial producida por la catalina [kgf]

(\varnothing_c) Diámetro de la catalina [m]

45. Cfr. Kurt Gieck - Reiner Gieck, *Manual de Fórmulas Técnicas*, Alfaomega, 30va. Edición, México, 2000, pág. K1.

46. Cfr. Kurt Gieck - Reiner Gieck, *Manual de Fórmulas Técnicas*, Alfaomega, 30va. Edición, México, 2000, pág. K1.

(L) Longitud del rodillo	[m]
(q _t) Esfuerzo unitario de corte	$\left[\frac{kgf}{m}\right]$

Al remplazar las ecuaciones 3.13 y 3.14 se obtiene la fuerza generada por la Catalina 1, necesaria para mover la Catalina 2.

$$F_{t1} = \frac{2 * q_t * r * L}{\emptyset_c} \quad \text{Ecuación (3.15)}$$

Al reemplazar los datos en la ecuación 3.15 se obtiene:

$$F_{t1} = \frac{2 * 114.59 \left(\frac{Kgf}{m}\right) * 0.0073(m) * 0.43(m)}{0.04107(m)}$$

$$F_{t1} = 17.44 (Kgf)$$

El momento torsor producido por la catalina es:

$$M_1 = F_{t1} * \frac{\emptyset_c}{2} + T_1 \quad \text{Ecuación (3.16)}$$

$$M_1 = 17.44 (Kgf) * \frac{0.04107(m)}{2} + 3.65 * 10^{-3}(N - m) * \left(\frac{1 Kgf}{9.8 N}\right)$$

$$M_1 = 0.358 (Kgf - m)$$

Al aplicar la sumatoria de fuerzas y de acuerdo con el gráfico se determina el valor de las componentes de la fuerza resultante para esta catalina.

$$\sum F_y = 0$$

$$(F_{R1})_y - F_{t1} * \sin(\theta) = 0$$

$$(F_{R1})_y - 17.44 (Kgf) * \text{sen}(4^\circ) = 0$$

$$(F_{R1})_y = 1.216 \text{ (Kgf)}$$

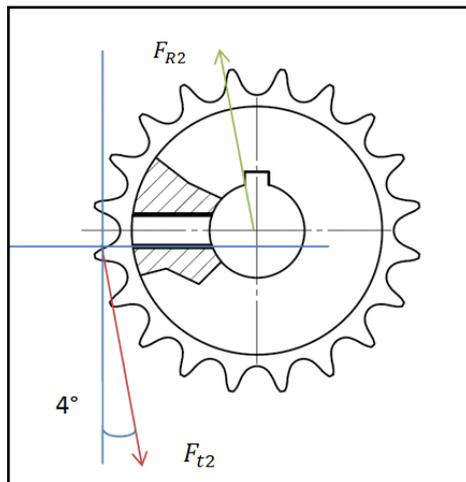
$$\sum F_z = 0$$

$$-(F_{R1})_z + F_{t1} * \cos(\theta) = 0$$

$$-(F_{R1})_z + 17.44(\text{Kgf}) * \cos(4^\circ) = 0$$

$$(F_{R1})_z = 17.39 \text{ (Kgf)}$$

3.5.4 Cálculo de fuerzas en la catalina 2



Fuente: Autor

Figura 3.12 Catalina 2

Para el cálculo de esta catalina, la fuerza debe ser lo suficientemente grande, como para producir un momento el cual sea capaz de vencer el momento resistente de la hoja de sábila.

Al reemplazar los datos en la ecuación 3.15 se obtiene:

$$F_{t2} = \frac{2 * 114.59 \left(\frac{\text{Kgf}}{\text{m}}\right) * 0.0073(\text{m}) * 0.47(\text{m})}{0.07318(\text{m})}$$

$$F_{t2} = 10.70 \text{ (Kgf)}$$

El momento torsor producido por la catalina es:

$$M_2 = F_{t2} * \frac{\emptyset_c}{2} + T_2$$

$$M_2 = 10.70 \text{ (Kgf)} * \frac{0.07318(m)}{2} + 0.026(N - m) * \left(\frac{1 \text{ Kgf}}{9.8 \text{ N}}\right)$$

$$M_2 = 0.394 \text{ (Kgf - m)}$$

Al aplicar la sumatoria de fuerzas y de acuerdo con el gráfico se determina el valor de las componentes de la fuerza resultante para esta catalina.

$$\sum F_y = 0$$

$$-(F_{R2})_y + F_{t2} * \sin(\theta) = 0$$

$$-(F_{R2})_y + 10.70(\text{Kgf}) * \text{sen}(4^\circ) = 0$$

$$(F_{R2})_y = 0.746 \text{ (Kgf)}$$

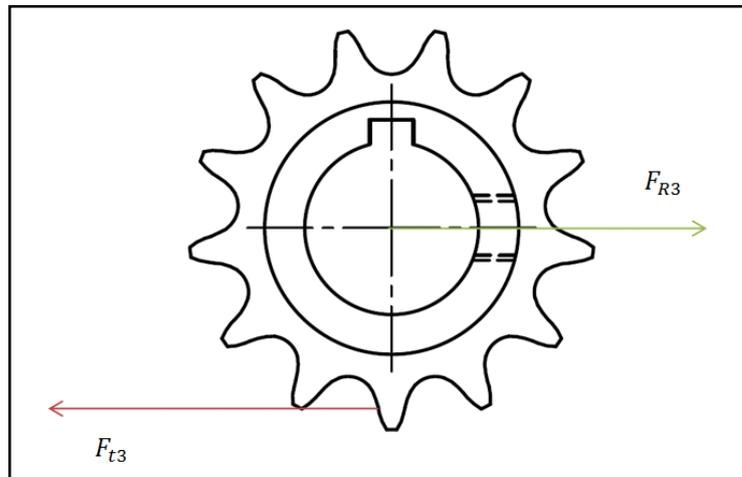
$$\sum F_z = 0$$

$$(F_{R2})_z - F_{t2} * \cos(\theta) = 0$$

$$(F_{R2})_z - 10.70(\text{Kgf}) * \text{cos}(4^\circ) = 0$$

$$(F_{R2})_z = 10.67 \text{ (Kgf)}$$

3.5.5 Cálculo de fuerzas en la catalina 3



Fuente: Autor

Figura 3.13 Catalina 3

Al reemplazar los datos en la ecuación 3.15 se obtiene:

$$F_{t3} = \frac{2 * 114.59 \left(\frac{Kgf}{m}\right) * 0.0073 (m) * 0.47 (m)}{0.04585(m)}$$

$$F_{t3} = 17.07 (Kgf)$$

El momento torsor producido por la catalina es:

$$M_3 = F_{t3} * \frac{\varnothing_c}{2} + T_3$$

$$M_3 = 17.07 (Kgf) * \frac{0.04585 (m)}{2} + 3.35 * 10^{-3}(N - m) * \left(\frac{1 Kgf}{9.8 N}\right)$$

$$M_3 = 0.391 (Kgf - m)$$

Al aplicar la sumatoria de fuerzas y de acuerdo con el gráfico se determina el valor de las componentes de la fuerza resultante para esta catalina.

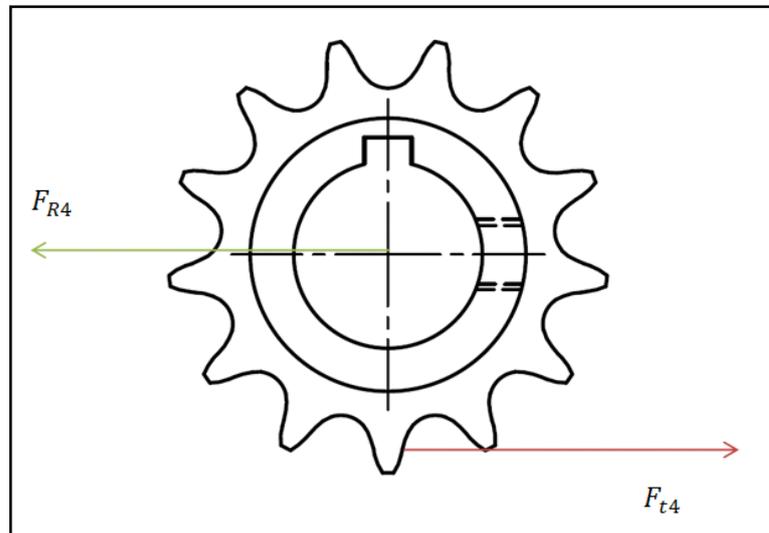
$$\sum F_y = 0$$

$$(F_{R3})_y - F_{t3} = 0$$

$$(F_{R3})_y = F_{t3}$$

$$(F_{R3})_y = 17.07 \text{ (Kgf)}$$

3.5.6 Cálculo de fuerzas en la catalina 4



Fuente: Autor

Figura 3.14 Catalina 4

Al reemplazar los datos en la ecuación 3.15 se obtiene:

$$F_{t4} = \frac{2 * 114.59 \left(\frac{\text{Kgf}}{\text{m}}\right) * 0.0073 \text{ (m)} * 0.44 \text{ (m)}}{0.04585 \text{ (m)}}$$

$$F_{t4} = 15.98 \text{ (Kgf)}$$

El momento torsor producido por la catalina es:

$$M_4 = F_{t4} * \frac{\varnothing_c}{2} + T_4$$

$$M_4 = 15.98 (Kgf) * \frac{0.04585 (m)}{2} + 3.35 * 10^{-3} (N - m) * \left(\frac{1 Kgf}{9.8 N} \right)$$

$$M_4 = 0.364 (Kgf - m)$$

Al aplicar la sumatoria de fuerzas y de acuerdo con el gráfico se determina el valor de las componentes de la fuerza resultante para esta catalina.

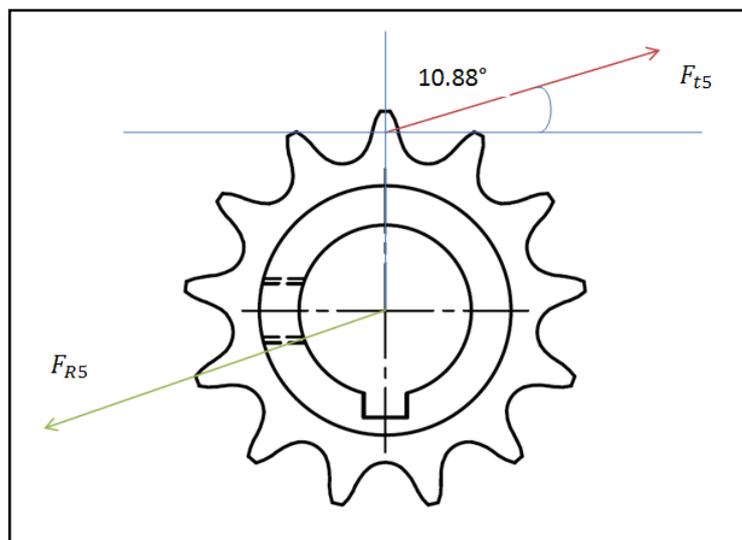
$$\sum F_y = 0$$

$$-(F_{R4})_y + F_{t4} = 0$$

$$(F_{R4})_y = F_{t4}$$

$$(F_{R4})_y = 15.98 (Kgf)$$

3.5.7 Cálculo de fuerzas en las catalinas 5



Fuente: Autor

Figura 3.15 Catalina 5

Al reemplazar los datos en la ecuación 3.15 se obtiene:

$$F_{t5} = \frac{2 * 114.59 \left(\frac{Kgf}{m}\right) * 0.0073(m) * 0.44(m)}{0.04585 (m)}$$

$$F_{t5} = 15.98 (Kgf)$$

El momento torsor producido por la catalina es:

$$M_5 = F_{t5} * \frac{\varnothing_c}{2} + T_5$$

$$M_5 = 15.98(Kgf) * \frac{0.04585 (m)}{2} + 3.35 * 10^{-3}(N - m) * \left(\frac{1 Kgf}{9.8 N}\right)$$

$$M_5 = 0.364 (Kgf - m)$$

Al aplicar la sumatoria de fuerzas y de acuerdo con el gráfico se determina el valor de las componentes de la fuerza resultante para esta catalina.

$$\sum F_y = 0$$

$$-(F_{R5})_y + F_{t5} * \cos(\theta) = 0$$

$$-(F_{R5})_y + 15.98 (Kgf) * \cos(10.88^\circ) = 0$$

$$(F_{R5})_y = 15.69 (Kgf)$$

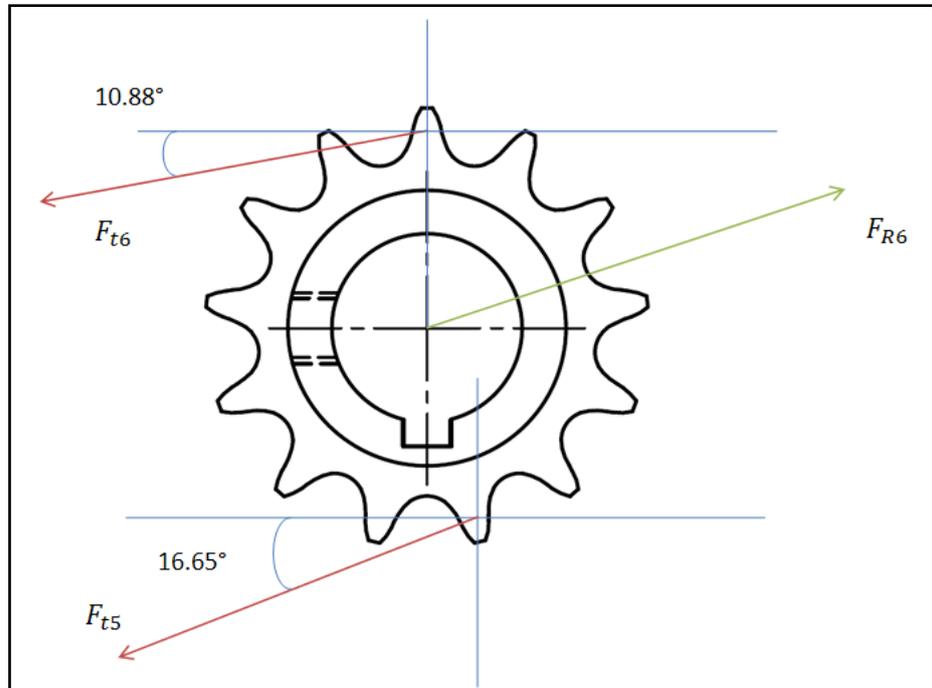
$$\sum F_z = 0$$

$$-(F_{R5})_z + F_{t5} * \sin(\theta) = 0$$

$$-(F_{R5})_z + 15.98 (Kgf) * \sin(10.88^\circ) = 0$$

$$(F_{R5})_z = 3.01 \text{ (Kgf)}$$

3.5.8 Cálculo de fuerzas en la catalina 6



Fuente: Autor

Figura 3.16 Catalina 6

Al reemplazar los datos en la ecuación 3.15 se obtiene:

$$F_{t6} = \frac{2 * q_t * r * L}{\varnothing_c} + F_{t5}$$

$$F_{t6} = \frac{2 * 114.59 \left(\frac{\text{Kgf}}{\text{m}}\right) * 0.0073(\text{m}) * 0.425(\text{m})}{0.04585 (\text{m})} + 15.98 \text{ (Kgf)}$$

$$F_{t6} = 31.42 \text{ (Kgf)}$$

El momento torsor producido por la catalina es:

$$M_6 = (F_{t6} - F_{t5}) * \frac{\varnothing_c}{2} + T_6$$

$$M_6 = (31.42(Kgf) - 15.98(Kgf)) * \frac{0.04585 (m)}{2} + 3.35 * 10^{-3}(N - m) * \left(\frac{1 Kgf}{9.8 N}\right)$$

$$M_6 = 0.354 (Kgf - m)$$

Al aplicar la sumatoria de fuerzas y de acuerdo con el gráfico se determina el valor de las componentes de la fuerza resultante para esta catalina.

$$\sum F_y = 0$$

$$(F_{R6})_y - F_{t5} * \cos(\theta) - F_{t6} * \cos(\alpha) = 0$$

$$(F_{R6})_y - 15.98 (Kgf) * \cos(10.88^\circ) - 31.42 (Kgf) * \cos(16.65^\circ) = 0$$

$$(F_{R6})_y = 45.74 (Kgf)$$

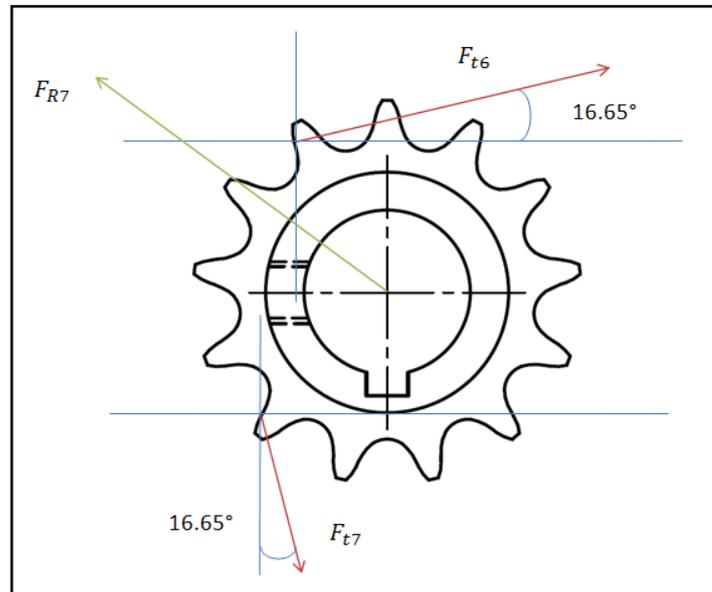
$$\sum F_z = 0$$

$$(F_{R6})_z - F_{t5} * \sin(\theta) - F_{t6} * \sin(\alpha) = 0$$

$$(F_{R6})_z - 15.98 (Kgf) * \sin(10.88^\circ) - 31.42 (Kgf) * \sin(16.65^\circ) = 0$$

$$(F_{R6})_z = 12.01 (Kgf)$$

3.5.9 Cálculo de fuerzas en la catalina 7



Fuente: Autor

Figura 3.17 Catalina 7

Al reemplazar los datos en la ecuación 3.15 se obtiene:

$$F_{t7} = \frac{2 * q_t * r * L}{\varnothing_c} + F_{t6}$$

$$F_{t7} = 0 + 31.42 \text{ (Kgf)}$$

$$F_{t7} = 31.42 \text{ (Kgf)}$$

El momento torsor producido por la catalina es:

$$M_7 = (F_{t7} - F_{t6}) * \frac{\varnothing_c}{2} + T_7$$

$$M_7 = 0 + 3.35 * 10^{-3} \text{ (N - m)} * \left(\frac{1 \text{ Kgf}}{9.8 \text{ N}} \right)$$

$$M_7 = 3.35 * 10^{-3} \text{ (Kgf - m)}$$

Al aplicar la sumatoria de fuerzas y de acuerdo con el gráfico se determina el valor de las componentes de la fuerza resultante para esta catalina.

$$\sum F_y = 0$$

$$-(F_{R7})_y + F_{t7} * \sin(\theta) + F_{t6} * \cos(\alpha) = 0$$

$$-(F_{R7})_y + 15.98 (Kgf) * \text{sen}(16.65^\circ) + 31.42 (Kgf) * \text{cos}(16.65^\circ) = 0$$

$$(F_{R7})_y = 34.68 (Kgf)$$

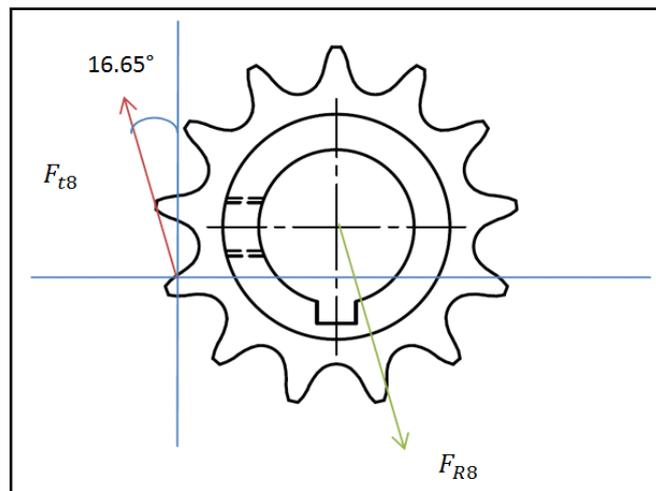
$$\sum F_z = 0$$

$$(F_{R7})_z + F_{t6} * \sin(\theta) - F_{t7} * \cos(\alpha) = 0$$

$$(F_{R7})_z - 31.42 (Kgf) * \text{sen}(10.88^\circ) + 31.42 (Kgf) * \text{cos}(16.65^\circ) = 0$$

$$(F_{R7})_z = 0.75 (Kgf)$$

3.5.10 Cálculo de fuerzas en la catalina 8



Fuente: Autor

Figura 3.18 Catalina 8

Al reemplazar los datos en la ecuación 3.15 se obtiene:

$$F_{t8} = \frac{2 * q_t * r * L}{\emptyset_c}$$

$$F_{t8} = \frac{2 * 114.59 \left(\frac{Kgf}{m}\right) * 0.0073(m) * 0.048(m)}{0.04585 (m)}$$

$$F_{t8} = 1.744 (Kgf)$$

El momento torsor producido por la catalina es:

$$M_8 = (F_{t8}) * \frac{\emptyset_c}{2} + T_8$$

$$M_8 = 1.744 (Kgf) * \frac{0.04585 (m)}{2} + 3.35 * 10^{-3} (N - m) * \left(\frac{1 Kgf}{9.8 N}\right)$$

$$M_8 = 0.04 (Kgf - m)$$

Al aplicar la sumatoria de fuerzas y de acuerdo con el gráfico se determina el valor de las componentes de la fuerza resultante para esta catalina.

$$\sum F_y = 0$$

$$(F_{R8})_y - F_{t8} * \text{sen}(\alpha) = 0$$

$$(F_{R8})_y - 1.744 (Kgf) * \text{sen}(16.65^\circ) = 0$$

$$(F_{R8})_y = 0.5 (Kgf)$$

$$\sum F_z = 0$$

$$-(F_{R8})_z + F_{t8} * \cos(\theta) = 0$$

$$-(F_{R8})_z + 1.744 (Kgf) * \cos(16.65^\circ) = 0$$

$$(F_{R8})_z = 1.67 (Kgf)$$

3.6 CÁLCULO DE FUERZAS EN LAS POLEAS DE 2" Y 16"

Datos:

$$P = 0.95 \text{ HP}$$

$$W = 1730 \text{ RPM}$$

$$D_1 = 2 \text{ pulg}$$

$$D_2 = 16 \text{ pulg}$$

$$\text{Banda A - 53} \rightarrow L_B = 55 \text{ pulg}$$

Para encontrar la velocidad de la polea de 2 pulgadas, se utiliza: ⁴⁷

$$V = \frac{\pi * D_1 * N_R}{12} \quad \text{Ecuación (3.17)}$$

$$V = \frac{\pi * 2 \text{ pulg} * 1730 \text{ rpm}}{12}$$

$$V = 905.82 \frac{\text{pies}}{\text{min}}$$

La longitud de paso, viene dada por la ecuación (3.18)

$$L_p = L_B + L_c' \quad \text{Ecuación (3.18)}$$

Al ser:

(Lc') Longitud de conversión 1.3 (VER ANEXO 4H)

47. Cfr. Shigley, Richard G Budynas, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, McGraw-Hill, 6ta edición, México, 2002, pág.1079

$$Lp = 55 + 1.3 = 56.3 \text{ pulg}$$

La distancia entre centros se calcula con la ecuación (3.19)

$$C = \frac{1}{4} \left\{ - \left[\frac{\pi}{2} (D_2 + D_1) - Lp \right] + \sqrt{\left[\frac{\pi}{2} (D_2 + D_1) - Lp \right]^2 - 2 * (D_2 - D_1)^2} \right\} \quad \text{Ecuación (3.19)}$$

$$C = \frac{1}{4} \left\{ - \left[\frac{\pi}{2} (16 + 2) - 56.3 \right] + \sqrt{\left[\frac{\pi}{2} (16 + 2) - 56.3 \right]^2 - 2 * (16 - 2)^2} \right\}$$

$$C = \frac{1}{4} \left\{ -[-28.02] + \sqrt{[785.43 - 392]} \right\}$$

$$C = \frac{1}{4} \{ [28.02 + 19.83] \}$$

$$C = 11.06 \text{ pulg} = 280.92 \text{ mm} \approx 281 \text{ mm}$$

El ángulo de contacto viene dado por la ecuación (3.20)

$$\theta_d = \pi - 2 \sin^{-1} \left(\frac{D_2 - D_1}{2 * C} \right) \quad \text{Ecuación (3.20)}$$

$$\theta_d = \pi - 2 \sin^{-1} \left(\frac{16 - 2}{2 * 11.06} \right)$$

$$\theta_d = 1.77 \text{ rad}$$

El coeficiente de fricción efectivo es 0.5123

$$\exp(0.5123 * \theta_d) \quad \text{Ecuación (3.21)}$$

$$\exp(0.5123 * 1.77) = 2.477$$

La potencia permitida se calcula con la ecuación (3.22)

$$Ha = K_1 * K_2 * H_{TAB} \quad \text{Ecuación (3.22)}$$

Al ser:

(K_1) Factor de corrección del ángulo, interpolando 0.74 (VER ANEXO 4I)

(K_2) Factor de corrección de longitud de banda 0.95 (VER ANEXO 4J)

(H_{TAB})Potencia tabulada 0.47 HP (VER ANEXO 4K)

$$Ha = 0.74 * 0.95 * 0.47$$

$$Ha = 0.332 \text{ HP}$$

La potencia transmitida se calcula con la ecuación (3.23)

$$Hd = H_{Nom} * Ks * n_d \quad \text{Ecuación (3.23)}$$

Al ser:

(H_{Nom}) Potencia nominal 0.95 HP

(Ks) Factor de servicio 1.1 (VER ANEXO 4L)

(n_d) Factor de diseño 1

$$Hd = 0.95HP * (1.1) * (1) = 1.04 \text{ Hp}$$

La relación de potencia viene dada por la ecuación (3.24)

$$Nb = \frac{Hd}{Ha} \quad \text{Ecuación (3.24)}$$

$$Nb = \frac{1.04}{0.332}$$

$$Nb = 3.1 \approx 3$$

La fuerza centrífuga se calcula con la ecuación (3.25)

$$F_c = K_c * \left(\frac{v}{1000}\right)^2 \quad \text{Ecuación (3.25)}$$

Al ser:

(Kc) Parámetro de banda 0.561 (VER ANEXO 4M)

$$F_c = 0.561 * \left(\frac{905.82}{1000}\right)^2$$

$$F_c = 0.46 \text{ Lb}$$

La potencia se basa en la ecuación (3.26)

$$\Delta F = \frac{63025 * \left(\frac{H_d}{Nb}\right)}{\eta * \left(\frac{D_1}{2}\right)} \quad \text{Ecuación (3.26)}$$

$$\Delta F = \frac{63025 * \left(\frac{1.04}{3}\right)}{1730 * \left(\frac{2}{2}\right)}$$

$$\Delta F = 12.62 \text{ lb}$$

La fuerza mayor viene dada por la ecuación (3.27)

$$F_1 = F_c + \frac{\Delta F * \exp f \theta_d}{\exp f \theta_d - 1} \quad \text{Ecuación (3.27)}$$

$$F_1 = 0.46 + \frac{12.62 * 2.477}{2.477 - 1}$$

$$F_1 = 21.62 \text{ lb}$$

La fuerza menor se calcula con la ecuación (3.28)

$$F_2 = F_1 - \Delta F \quad \text{Ecuación (3.28)}$$

$$F_2 = 21.62 \text{ lb} - 12.62 \text{ lb}$$

$$F_2 = 9 \text{ lb}$$

Esto se observa en la figura 3.19

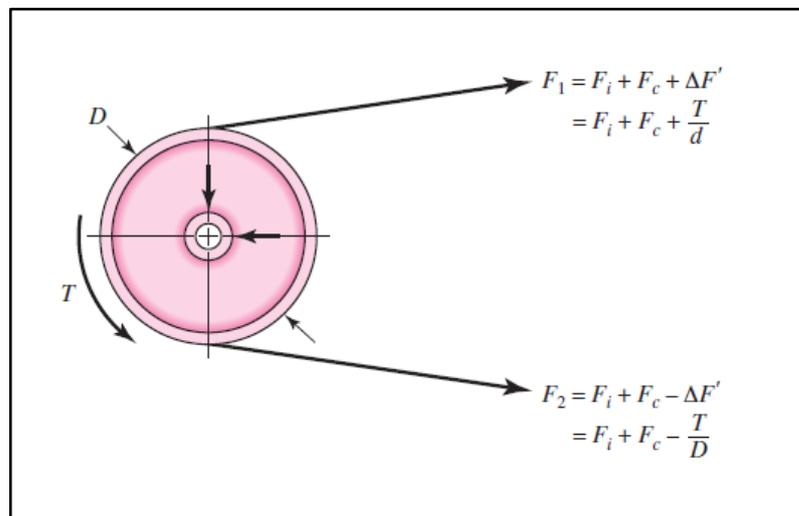


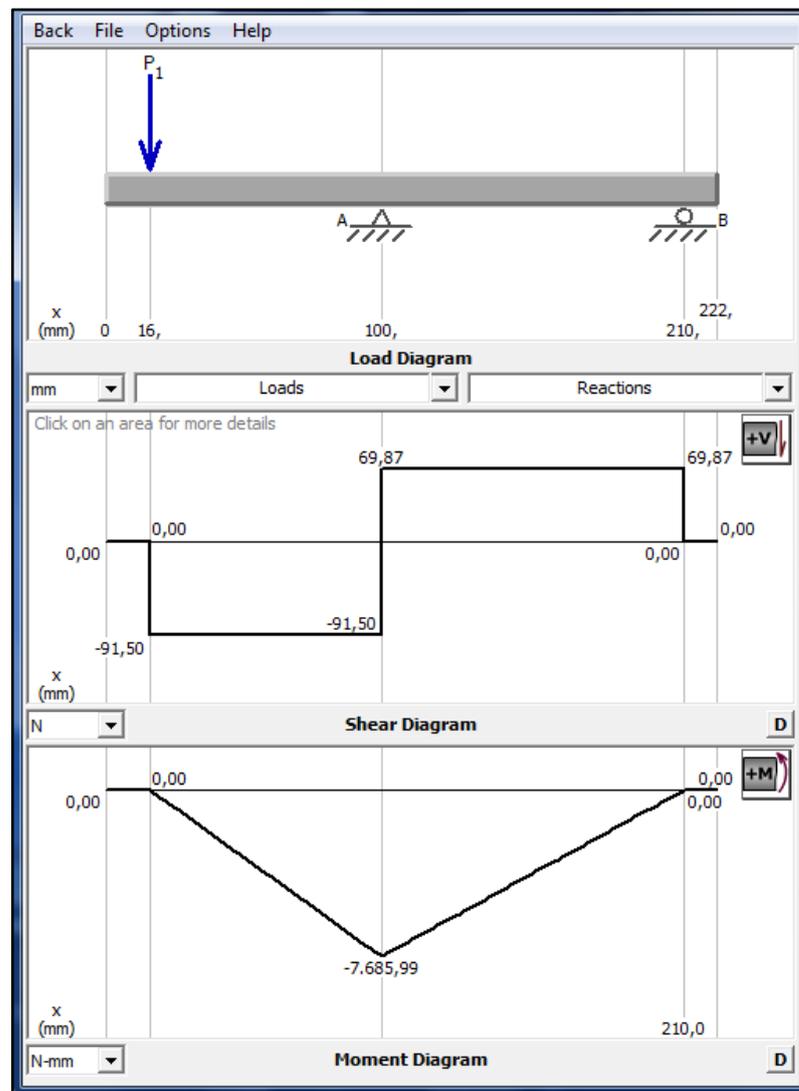
Figura 3.19 Fuerzas y pares de torsión en una polea.⁴⁸

48. Cfr. Shigley, Richard G Budynas, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, McGraw-Hill, 8va edición, México, 2008, pág.1079

3.7 Cargas y momentos presentes en los elementos

3.7.1 Cálculo de reacciones en el eje del motor

3.7.1.1 Diagrama de fuerza cortante y momento flector (Plano X-Y)



Fuente: Autor

Figura 3.20 Diagrama de fuerza cortante y momento flector del eje del motor (plano x-y).

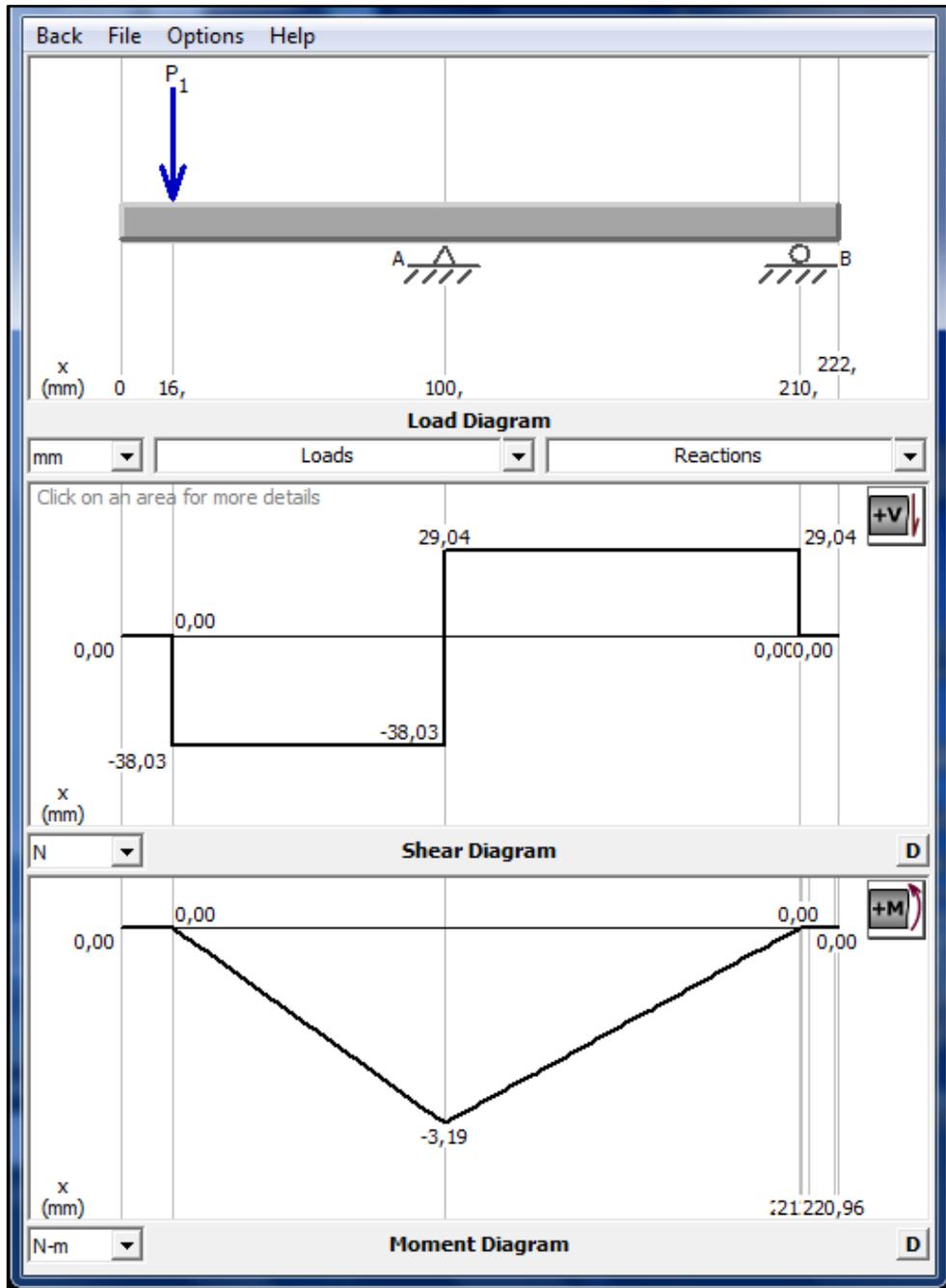
Resultados:

$$R_A = 36.28 \text{ lb} \quad \uparrow$$

$$R_B = 15.71 \text{ lb} \quad \downarrow$$

$$M = -7.68 \text{ N-m}$$

3.7.1.2 Diagrama de fuerza cortante y momento flector (Plano X-Z)



Fuente: Autor

Figura 3.21 Diagrama de fuerza cortante y momento flector del eje del motor (plano x-z).

Resultados:

$$R_A = 67.08 \text{ lb} \quad \uparrow$$

$$R_B = 29.04 \text{ lb} \quad \downarrow$$

$$M = -3.19 \text{ N-m}$$

El punto crítico se encuentra en el punto de apoyo A, dado que en este punto tenemos el mayor momento y cargas.

Esfuerzo máximo a flexión:⁴⁹

$$\sigma_x = \frac{M}{I/C} \quad \text{Ecuación (3.29)}$$

Al ser:

(M) Desviación estándar N- M

(I / C) Modulo de la sección m³

(σ_x) Esfuerzo por flexión Pa

3.7.1.3 Momento flector resultante

$$M = \sqrt{(M_{YX})^2 + (M_{ZX})^2} \quad \text{Ecuación (3.30)}$$

Al ser:⁵⁰

(M) Momento resultante N. m

(M_{YX}) Momento en eje y N.m

(M_{ZX}) Momento en eje z N.m

$$M = \sqrt{(7.68 \text{ N. m})^2 + (3.19 \text{ N. m})^2}$$

$$M = 8.31 \text{ N} - \text{m}$$

$$M = 0.84 \text{ Kgf} - \text{m}$$

49. Cfr. Shigley, Richard G Budynas, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, McGraw-Hill, 6ta edición, México, 2002, pág.114

50. Cfr. Kurt Gieck - Reiner Gieck, *Manual de Fórmulas Técnicas*, Alfaomega, 30va. Edición, México, 2000, pág. D18.

Momento de inercia: ⁵¹

$$I = \frac{\pi}{64} * (D^4) \quad \text{Ecuación (3.31)}$$

$$I = \frac{\pi}{64} * (0.016 \text{ m})^4$$

$$I = 3.21 * 10^{-9} \text{ m}^4$$

Al reemplazar en la ecuación (3.29):

$$\sigma_x = \frac{0.84 \text{ Kgf} - m}{\frac{3.21 * 10^{-9} \text{ m}^4}{0.008 \text{ m}}}$$

$$\sigma_x = 2093457.94 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_x = 2.97 \frac{\text{Klb}}{\text{pulg}^2}$$

Momento Polar: ⁵²

$$J = \frac{\pi}{32} * (D^4) \quad \text{Ecuación (3.32)}$$

$$J = \frac{\pi}{32} * (0.016 \text{ m})^4$$

$$J = 6.43 * 10^{-9} \text{ m}^4$$

51. Cfr. Kurt Gieck - Reiner Gieck, *Manual de Fórmulas Técnicas*, Alfaomega, 30va. Edición, México, 2000, pág. P3.

52. Cfr. Shigley, Richard G Budynas, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, McGraw-Hill, 6ta edición, México, 2002, pág.124

Esfuerzo por torsión: ⁵³

$$\tau = \frac{T*r}{J}$$

Ecuación (3.33)

Al ser:

- (T) Momento Torsor N.m
- (r) Radio del eje m
- (J) Momento polar de inercia m⁴
- (τ) Esfuerzo por torsión Pa

$$\tau = \frac{1.62 \text{ Kgf} - m * 0.008 \text{ m}}{6.43 * 10^{-9} \text{ m}^4}$$

$$\tau = 2015552.1 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}^2}$$

$$\tau = 2.86 \frac{\text{klb}}{\text{plg}^2}$$

Esfuerzo equivalente:⁵⁴

$$\sigma_{eq} = \sqrt{(\sigma_x)^2 + 3 * (\tau)^2}$$

Ecuación (3.34)

Al ser:

- (σ_{eq}) Esfuerzo equivalente Pa
- (σ_x) Esfuerzo por flexión Pa
- (τ) Esfuerzo por Torsión Pa

53. Cfr. Shigley, Richard G Budynas, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, McGraw-Hill, 6ta edición, México, 2002, pág.124

54. Cfr. Shigley, Richard G Budynas, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, McGraw-Hill, 6ta edición, México, 2002, pág.437

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\left(2.97 \frac{Klb}{pulg^2}\right)^2 + 3 * \left(2.86 \frac{klb}{plg^2}\right)^2}$$

$$\sigma_{eq} = 5.77 \text{ Kpsia}$$

3.7.1.4 Factor de seguridad

$$\eta = \frac{Sy}{\sigma_{eq}} \quad \text{Ecuación (3.35)}$$

Al ser: ⁵⁵

(η)	Factor de seguridad	Pa
(Sy)	Esfuerzo permisible	Pa
(σ_{eq})	Esfuerzo equivalente	Pa

$$\eta_s = \frac{50 \text{ Kpsia}}{5.77 \text{ Kpsia}}$$

$$\eta_s = 8.66$$

La recta de Goodman, se tiene: ⁵⁶

$$\frac{\sigma_m}{S_{ut}} + \frac{\sigma_a}{S_e} = \frac{1}{n} \quad \text{Ecuación (3.36)}$$

$$\sigma_m = \sqrt{3(\tau_{xy})^2} \quad \text{Ecuación (3.37)}$$

55. Cfr. Shigley, Richard G Budynas, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, McGraw-Hill, 6ta edición, México, 2002, pág.25

56. Cfr. Shigley, Richard G Budynas, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, McGraw-Hill, 6ta edición, México, 2002, pág.408

Al ser:

(σ_m) Esfuerzo medio Pa
 (τ_{xy}) Esfuerzo por torsión. Pa

$$\sigma_m = \sqrt{3 \left(2.86 \frac{klb}{plg^2} \right)^2}$$

$$\sigma_m = 4.95 \text{ Kpsi}$$

$$\sigma_a = \sigma_x = 2.97 \text{ Kpsi}$$

3.7.1.5 Diseño dinámico

La ecuación de Marín puede escribirse como:⁵⁷

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * K_f * S_e' \quad \text{Ecuación (3.38)}$$

Al ser:

K_a = Factor de modificación de la condición superficial.

K_b = Factor de modificación del tamaño.

K_c = Factor de modificación de la carga.

K_d = Factor de modificación de la temperatura.

K_e = Factor de confiabilidad.

K_f = Factor de modificación de efectos varios.

S_e' = Límite de resistencia a la fatiga.⁵⁸

El acero inoxidable 304 tiene un $S_{ut} = 82.4 \text{ Kpsi}$ (VER ANEXO 4N)

$$S_e' = 0.5 * S_{ut} \quad \text{Ecuación (3.39)}$$

57. Cfr. Shigley, Richard G Budynas, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, McGraw-Hill, 8va edición, México, 2008, pág.279

58. Cfr. Shigley, Richard G Budynas, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, McGraw-Hill, 8va edición, México, 2008, pág.274

$$S_e' = 0.5 * 82.4 \text{ Kpsi}$$

$$S_e' = 41.2 \text{ Kpsi}$$

3.7.1.5.1 Factor de superficie K_a ⁵⁹

$$K_a = a * (S_{ut})^b \quad \text{Ecuación (3.40)}$$

Con $a = 2.70$ y $b = -0.265$ (VER ANEXO 4O)

$$K_a = 2.70 * (82.4)^{-0.265}$$

$$K_a = 0.838$$

3.7.1.5.2 Factor de tamaño K_b ⁶⁰

$$K_b = 1.24 * d^{-0.107} \quad \text{Ecuación (3.41)}$$

$$K_b = 1.24 * (25.4)^{-0.107}$$

$$K_b = 0.877$$

3.7.1.5.3 Factor de carga K_c

$$K_c = 0.59 \text{ (VER ANEXO 4P)}$$

3.7.1.5.4 Factor de temperatura K_d

$$K_d = 1 \text{ (VER ANEXO 4Q)}$$

59. Cfr. Shigley, Richard G Budynas, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, McGraw-Hill, 8va edición, México, 2008, pág.279

60. Cfr. Shigley, Richard G Budynas, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, McGraw-Hill, 8va edición, México, 2008, pág.280

3.7.1.5.5 Factor de confiabilidad K_e

Con una confiabilidad del 95 % se tiene:

$$K_e = 0.868 \text{ (VER ANEXO 4R)}$$

3.7.1.5.6 Factor de efectos de concentración de esfuerzos K_f

$$K_f = 1$$

Al reemplazar en la ecuación (3.38), se tiene:

$$S_e = 0.838 * 0.877 * 0.59 * 1 * 0.868 * 1 * 41.2 \text{ Kpsi}$$

$$S_e = 15.5 \text{ Kpsi}$$

Al reemplazar en la ecuación (3.36), se tiene:

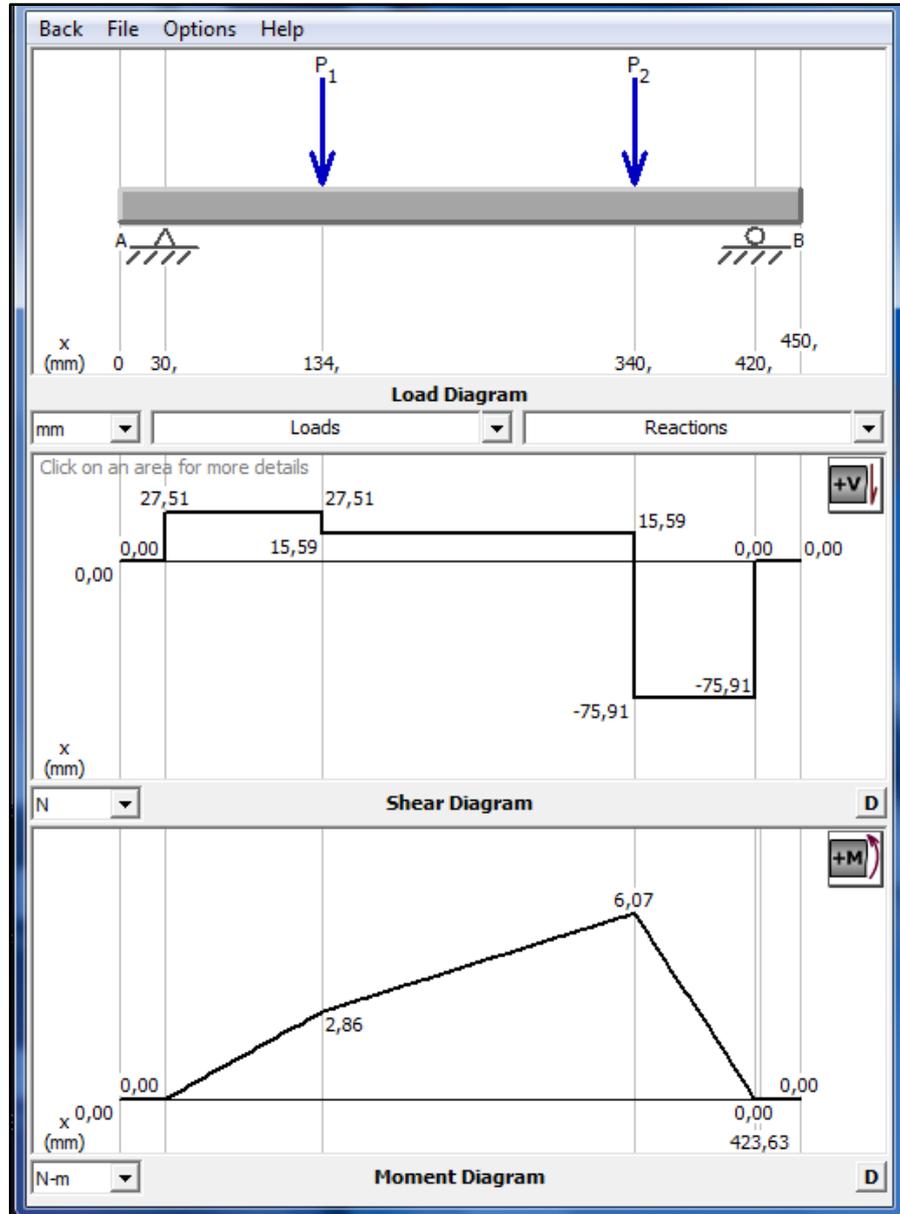
$$\frac{9.45 \text{ Kpsi}}{82.4 \text{ Kpsi}} + \frac{2.97 \text{ Kpsi}}{15.5 \text{ Kpsi}} = \frac{1}{n}$$

$$0.11 + 0.19 = \frac{1}{n}$$

$$n = 3.3$$

3.7.2 Cálculo de reacciones en el eje de la polea

3.7.2.1 Diagrama de fuerza cortante y momento flector (Plano X-Y)



Fuente: Autor

Figura 3.22 Diagrama de fuerza cortante y momento flector del eje de la polea (plano x-y).

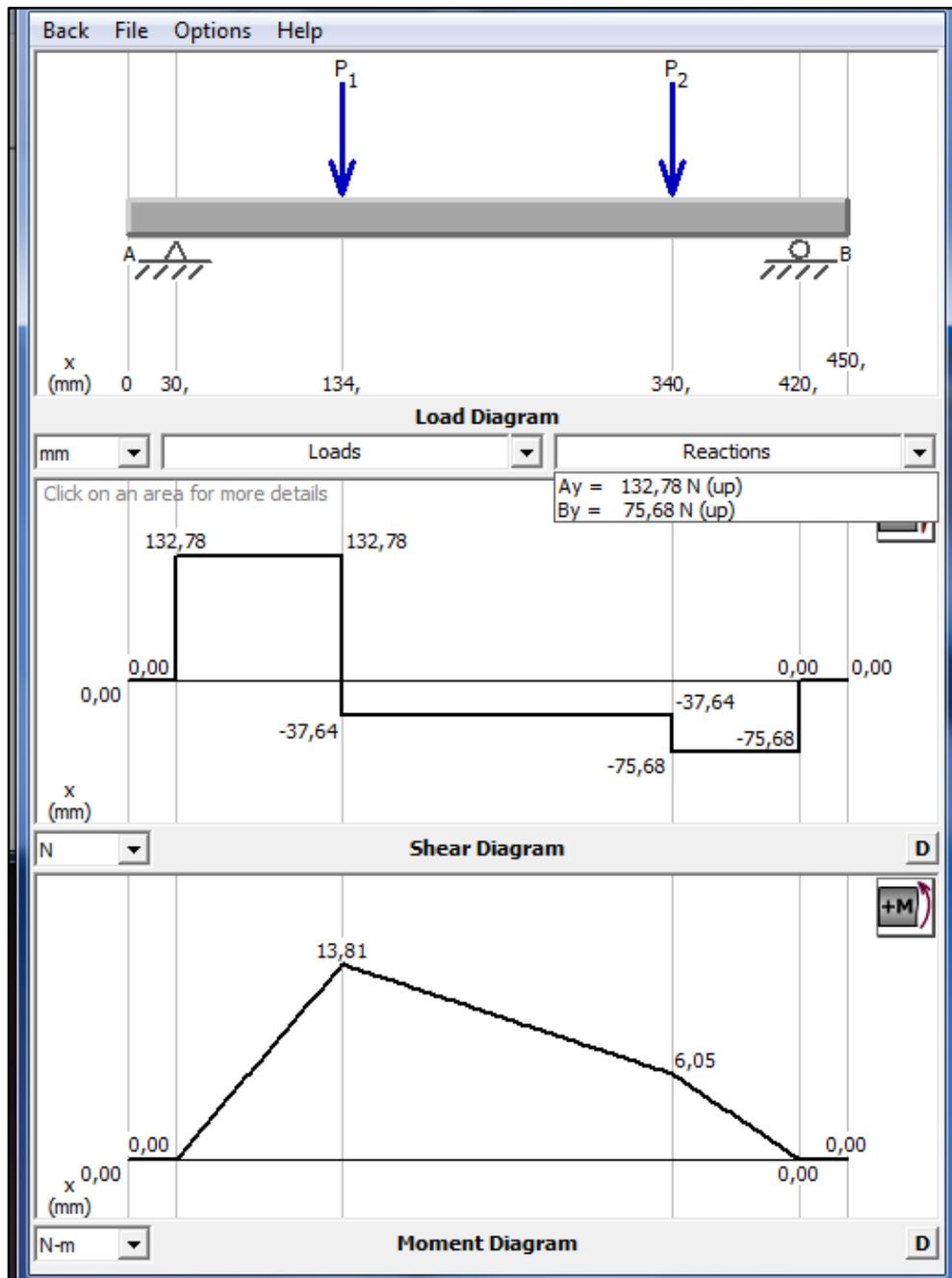
Resultados:

$$R_A = 27.51 \text{ N} \quad \uparrow$$

$$R_B = 75.91 \text{ N} \quad \uparrow$$

$$M = 6.07 \text{ N-m}$$

3.7.2.2 Diagrama de fuerza cortante y momento flector (Plano X-Z)



Fuente: Autor

Figura 3.23 Diagrama de fuerza cortante y momento flector del eje de la polea (plano x-z).

Resultados:

$$R_A = 132.78 \text{ N } \uparrow$$

$$R_B = 75.68 \text{ N } \uparrow$$

$$M = 13.81 \text{ N-m}$$

El punto crítico se encuentra en los puntos de acción de las fuerzas, dado que en esos puntos tenemos los mayores momentos y cargas.

Al reemplazar en la ecuación (3.30):

$$M = \sqrt{(6.07 N - m)^2 + (13.81 N - m)^2}$$

$$M = 15.08 N - m$$

$$M = 1.53 Kgf - m$$

Al reemplazar en la ecuación (3.31):

$$I = \frac{\pi}{64} * (D^4)$$

$$I = \frac{\pi}{64} * (0.0254 m)^4$$

$$I = 2.04 * 10^{-8} m^4$$

Al reemplazar en la ecuación (3.29):

$$\sigma_x = \frac{1.53 Kgf - m}{\frac{2.04 * 10^{-8} m^4}{0.0127 m}}$$

$$\sigma_x = 952500 \frac{Kgf}{m^2}$$

$$\sigma_x = 1.35 \frac{Klb}{pulg^2}$$

Al reemplazar en la ecuación (3.32):

$$J = \frac{\pi}{32} * (0.0254 \text{ m})^4$$

$$J = 4.086 * 10^{-8} \text{ m}^4$$

Al reemplazar en la ecuación (3.33):

$$\tau = \frac{7.25 * 10^{-4} \text{ Kgf} - m * 0.0127 \text{ m}}{4.086 * 10^{-8} \text{ m}^4}$$

$$\tau = 225.5 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}^2}$$

$$\tau = 3.2 * 10^{-4} \frac{\text{klb}}{\text{plg}^2}$$

Al reemplazar en la ecuación (3.34):

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\left(1.35 \frac{\text{Klb}}{\text{pulg}^2}\right)^2 + 3 * \left(3.2 * 10^{-4} \frac{\text{klb}}{\text{plg}^2}\right)^2}$$

$$\sigma_{eq} = 1.35 \text{ Kpsia}$$

Al reemplazar en la ecuación (3.35):

$$\eta_s = \frac{50 \text{ Kpsia}}{1.35 \text{ Kpsia}}$$

$$\eta_s = 37.03$$

Al reemplazar en la ecuación (3.37):

$$\sigma_m = \sqrt{3 \left(3.2 * 10^{-4} \frac{\text{klb}}{\text{plg}^2}\right)^2}$$

$$\sigma_m = 5.54 * 10^{-4} \text{ Kpsi}$$

$$\sigma_a = \sigma_x = 1.35 \text{ Kpsi}$$

El acero inoxidable 304 tiene un $S_{ut} = 82.4 \text{ Kpsi}$ (VER ANEXO 4N)

Al reemplazar en la ecuación (3.39):

$$S_e' = 0.5 * 82.4 \text{ Kpsi}$$

$$S_e' = 41.2 \text{ Kpsi}$$

Al reemplazar en la ecuación (3.40):

Con $a = 2.70$ y $b = -0.265$ (VER ANEXO 4O)

$$K_a = 2.70 * (82.4)^{-0.265}$$

$$K_a = 0.838$$

Al reemplazar en la ecuación (3.41):

$$K_b = 1.24 * (25.4)^{-0.107}$$

$$K_b = 0.877$$

$$K_c = 0.59 \text{ (VER ANEXO 4P)}$$

$$K_d = 1 \text{ (VER ANEXO 4Q)}$$

Con una confiabilidad del 95 % se tiene:

$$K_e = 0.868 \text{ (VER ANEXO 4R)}$$

$$K_f = 1$$

Al reemplazar en la ecuación (3.38), se tiene:

$$S_e = 0.838 * 0.877 * 0.59 * 1 * 0.868 * 1 * 41.2 \text{ Kpsi}$$

$$S_e = 15.5 \text{ Kpsi}$$

Al reemplazar en la ecuación (3.36), se tiene:

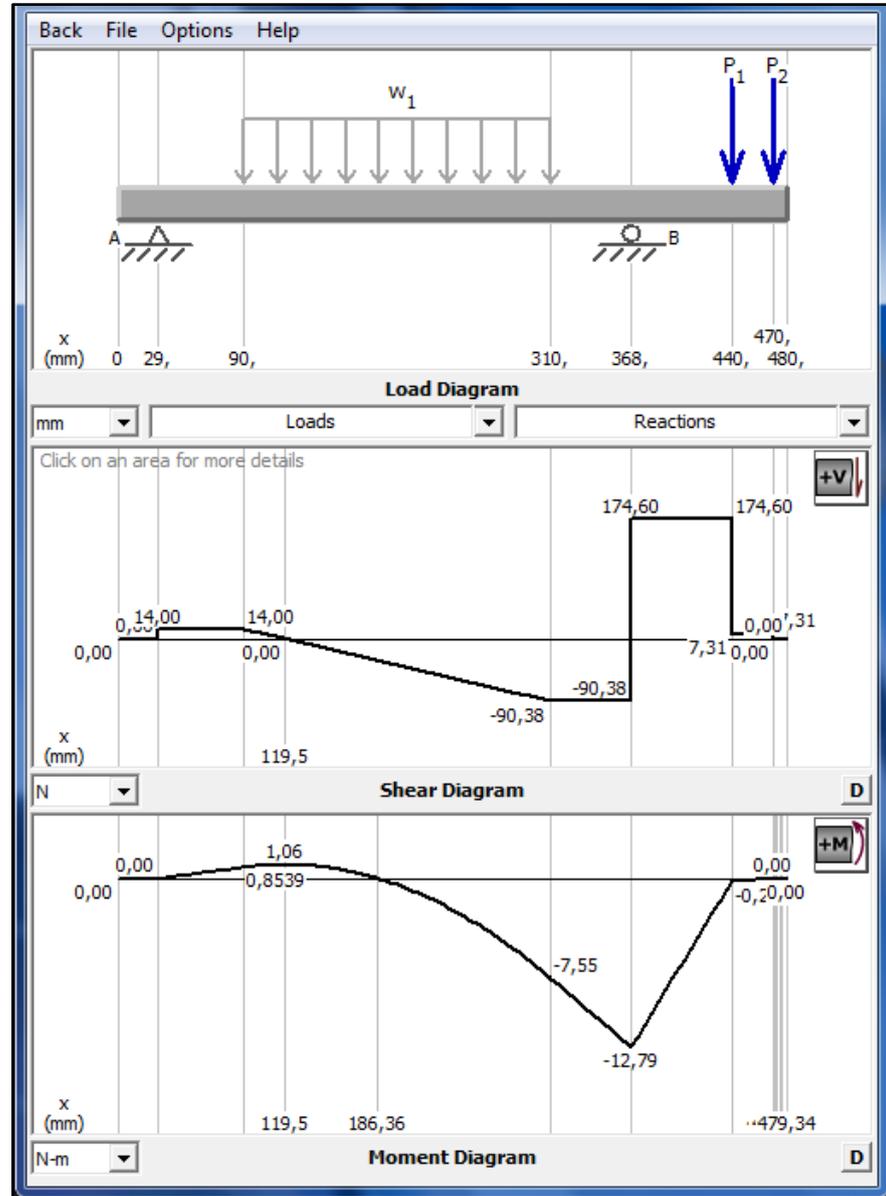
$$\frac{5.54 * 10^{-4} \text{ Kpsi}}{82.4 \text{ Kpsi}} + \frac{1.35 \text{ Kpsi}}{15.5 \text{ Kpsi}} = \frac{1}{n}$$

$$6.72 * 10^{-6} + 0.087 = \frac{1}{n}$$

$$n = 11.48$$

3.7.3 Cálculo de reacciones en el eje del rodillo inferior

3.7.3.1 Diagrama de fuerza cortante y momento flector (Plano X-Y)



Fuente: Autor

Figura 3.24 Diagrama de fuerza cortante y momento flector del eje rodillo inferior (plano x-y).

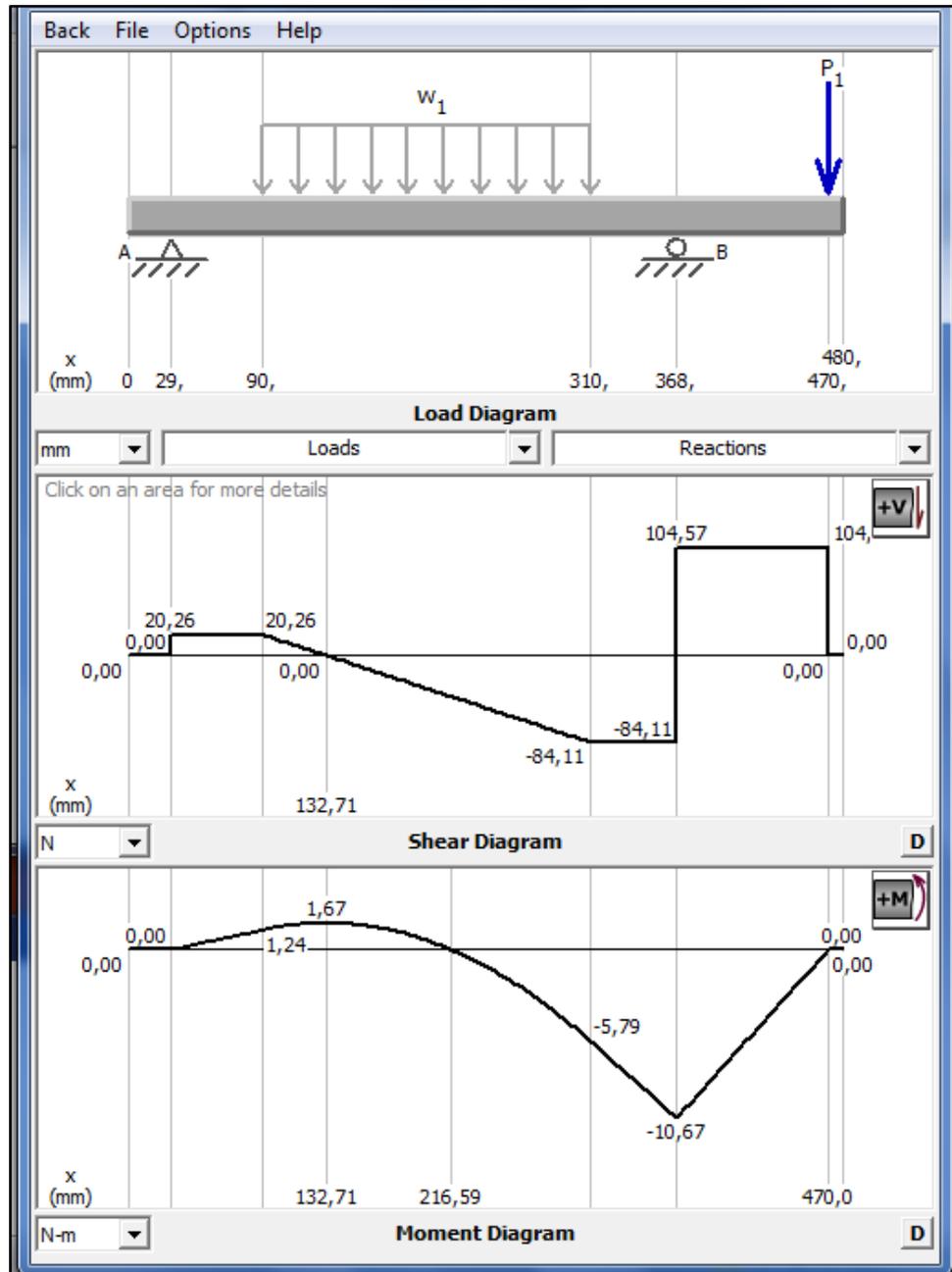
Resultados:

$$R_A = 14 \text{ N} \quad \uparrow$$

$$R_B = 264.98 \text{ N} \quad \uparrow$$

$$M = -12.79 \text{ N-m}$$

3.7.3.2 Diagrama de fuerza cortante y momento flector (Plano X-Z)



Fuente: Autor

Figura 3.25 Diagrama de fuerza cortante y momento flector del eje rodillo inferior (plano x-z).

Resultados:

$$R_A = 20.26 \text{ N} \quad \uparrow$$

$$R_B = 188.68 \text{ N} \quad \uparrow$$

$$M = -10.67 \text{ N-m}$$

El punto crítico se encuentra en el punto de apoyo B, dado que en este punto tenemos el mayor momento y cargas.

Al reemplazar en la ecuación (3.30):

$$M = \sqrt{(12.79 N - m)^2 + (10.67 N - m)^2}$$

$$M = 16.65 N - m$$

$$M = 1.69 Kgf - m$$

Al reemplazar en la ecuación (3.31):

$$I = \frac{\pi}{64} * (0.0254 m)^4$$

$$I = 2.04 * 10^{-8} m^4$$

Al reemplazar en la ecuación (3.29):

$$\sigma_x = \frac{1.69 Kgf - m}{\frac{2.04 * 10^{-8} m^4}{0.0127 m}}$$

$$\sigma_x = 1052107.84 \frac{Kgf}{m^2}$$

$$\sigma_x = 1.49 \frac{Klb}{pulg^2}$$

Al reemplazar en la ecuación (3.32):

$$J = \frac{\pi}{32} * (0.0254 m)^4$$

$$J = 4.086 * 10^{-8} m^4$$

Al reemplazar en la ecuación (3.33):

$$\tau = \frac{5.15 * 10^{-4} \text{ Kgf} - m * 0.0127 \text{ m}}{4.086 * 10^{-8} \text{ m}^4}$$

$$\tau = 340.51 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}^2}$$

$$\tau = 4.83 * 10^{-4} \frac{\text{klb}}{\text{plg}^2}$$

Al reemplazar en la ecuación (3.34):

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\left(1.49 \frac{\text{Klb}}{\text{pulg}^2}\right)^2 + 3 * \left(4.83 * 10^{-4} \frac{\text{klb}}{\text{plg}^2}\right)^2}$$

$$\sigma_{eq} = 1.49 \text{ Kpsia}$$

Al reemplazar en la ecuación (3.35):

$$\eta_s = \frac{50 \text{ Kpsia}}{1.49 \text{ Kpsia}}$$

$$\eta_s = 33.5$$

Al reemplazar en la ecuación (3.37):

$$\sigma_m = \sqrt{3 \left(4.83 * 10^{-4} \frac{\text{klb}}{\text{plg}^2}\right)^2}$$

$$\sigma_m = 8.36 * 10^{-4} \text{ Kpsi}$$

$$\sigma_a = \sigma_x = 1.49 \text{ Kpsi}$$

El acero inoxidable 304 tiene un $S_{ut} = 82.4 \text{ Kpsi}$ (VER ANEXO 4N)

Al reemplazar en la ecuación (3.39):

$$S_e' = 0.5 * 82.4 \text{ Kpsi}$$

$$S_e' = 41.2 \text{ Kpsi}$$

Al reemplazar en la ecuación (3.40):

Con $a = 2.70$ y $b = -0.265$ (VER ANEXO 4O)

$$K_a = 2.70 * (82.4)^{-0.265}$$

$$K_a = 0.838$$

Al reemplazar en la ecuación (3.41):

$$K_b = 1.24 * (25.4)^{-0.107}$$

$$K_b = 0.877$$

$$K_c = 0.59 \text{ (VER ANEXO 4P)}$$

$$K_d = 1 \text{ (VER ANEXO 4Q)}$$

Con una confiabilidad del 95 % se tiene:

$$K_e = 0.868 \text{ (VER ANEXO 4R)}$$

$$K_f = 1$$

Al reemplazar en la ecuación (3.38), se tiene:

$$S_e = 0.838 * 0.877 * 0.59 * 1 * 0.868 * 1 * 41.2 \text{ Kpsi}$$

$$S_e = 15.5 \text{ Kpsi}$$

Al reemplazar en la ecuación (3.36), se tiene:

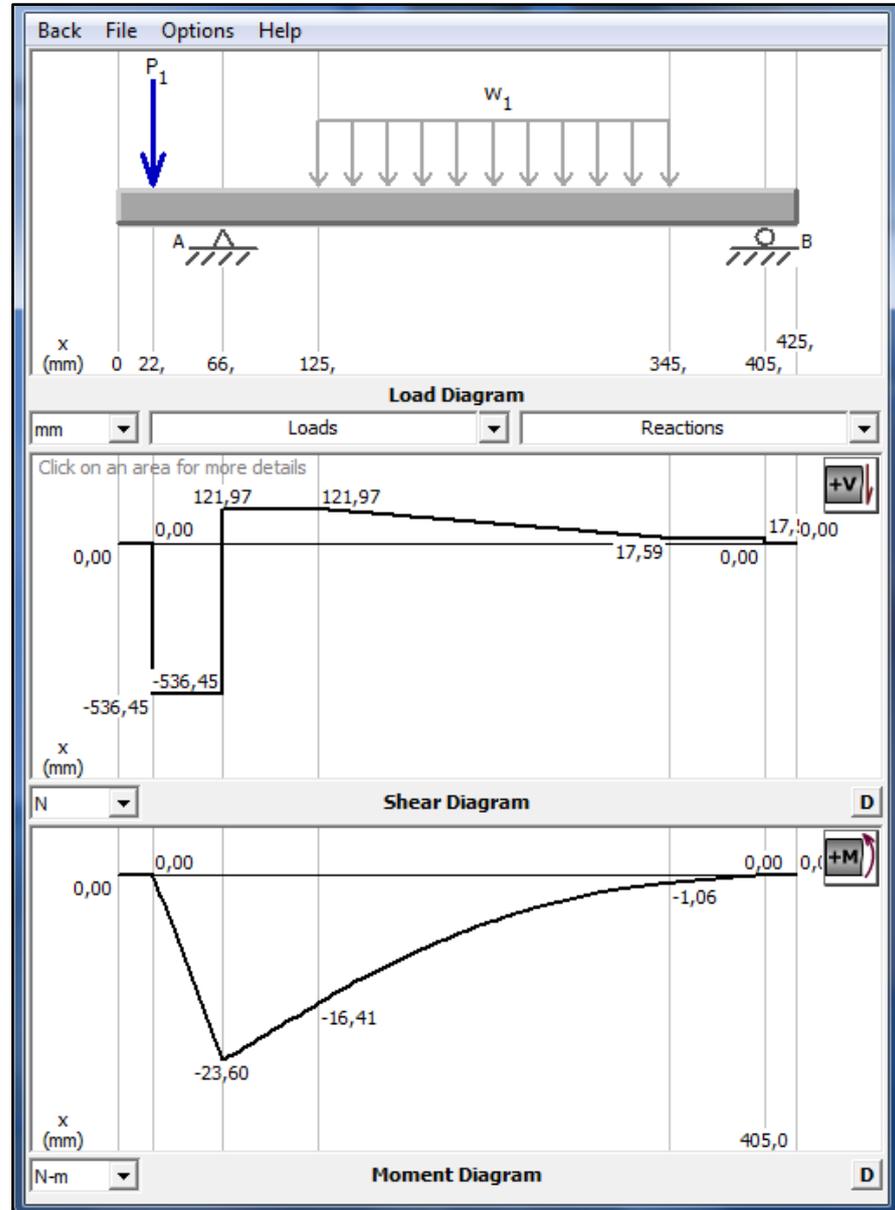
$$\frac{8.36 * 10^{-4} \text{ Kpsi}}{82.4 \text{ Kpsi}} + \frac{1.49 \text{ Kpsi}}{15.5 \text{ Kpsi}} = \frac{1}{n}$$

$$4.68 * 10^{-6} + 0.096 = \frac{1}{n}$$

$$n = 10.4$$

3.7.4 Cálculo de reacciones en el eje del rodillo superior

3.7.4.1 Diagrama de fuerza cortante y momento flector (Plano X-Y)



Fuente: Autor

Figura 3.26 Diagrama de fuerza cortante y momento flector del eje rodillo superior (plano x-y).

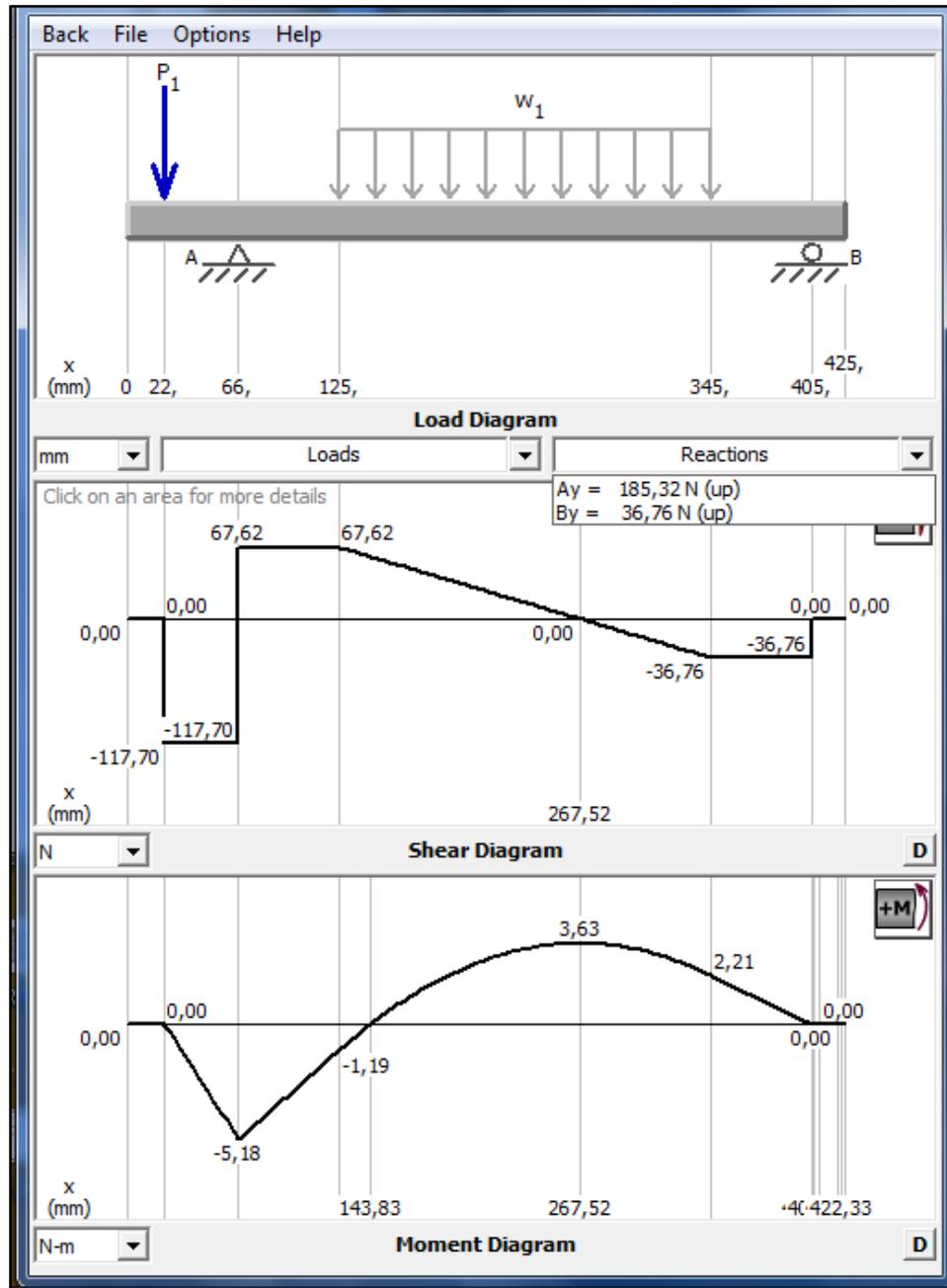
Resultados:

$$R_A = 658.42 \text{ N } \uparrow$$

$$R_B = 17.59 \text{ N } \downarrow$$

$$M = -23.60 \text{ N-m}$$

3.7.4.2 Diagrama de fuerza cortante y momento flector (Plano X-Z)



Fuente: Autor

Figura 3.27 Diagrama de fuerza cortante y momento flector del eje rodillo superior (plano x-z).

Resultados:

$$R_A = 185.32 \text{ N } \uparrow$$

$$R_B = 36.76 \text{ N } \downarrow$$

$$M = -5.18 \text{ N-m}$$

El punto crítico se encuentra en el punto de apoyo A, dado que en este punto tenemos el mayor momento y cargas.

Al reemplazar en la ecuación (3.30):

$$M = \sqrt{(23.60 N - m)^2 + (5.18 N - m)^2}$$

$$M = 24.16 N - m$$

$$M = 2.46 Kgf - m$$

Al reemplazar en la ecuación (3.31):

$$I = \frac{\pi}{64} * (0.0254 m)^4$$

$$I = 2.04 * 10^{-8} m^4$$

Al reemplazar en la ecuación (3.29):

$$\sigma_x = \frac{2.46 Kgf - m}{\frac{2.04 * 10^{-8} m^4}{0.0127 m}}$$

$$\sigma_x = 1531470.58 \frac{Kgf}{m^2}$$

$$\sigma_x = 2.17 \frac{Klb}{pulg^2}$$

Al reemplazar en la ecuación (3.32):

$$J = \frac{\pi}{32} * (0.0254 m)^4$$

$$J = 4.086 * 10^{-8} m^4$$

Al reemplazar en la ecuación (3.33):

$$\tau = \frac{4.39 * 10^{-4} \text{ Kgf} - m * 0.0127 \text{ m}}{4.086 * 10^{-8} \text{ m}^4}$$

$$\tau = 136.69 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}^2}$$

$$\tau = 1.94 * 10^{-4} \frac{\text{klb}}{\text{plg}^2}$$

Al reemplazar en la ecuación (3.34):

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\left(2.17 \frac{\text{Klb}}{\text{pulg}^2}\right)^2 + 3 * \left(1.94 * 10^{-4} \frac{\text{klb}}{\text{plg}^2}\right)^2}$$

$$\sigma_{eq} = 2.17 \text{ Kpsia}$$

Al reemplazar en la ecuación (3.35):

$$\eta_s = \frac{50 \text{ Kpsia}}{2.17 \text{ Kpsia}}$$

$$\eta_s = 23.04$$

Al reemplazar en la ecuación (3.37):

$$\sigma_m = \sqrt{3 \left(1.94 * 10^{-4} \frac{\text{klb}}{\text{plg}^2}\right)^2}$$

$$\sigma_m = 3.36 * 10^{-4} \text{ Kpsi}$$

$$\sigma_a = \sigma_x = 2.17 \text{ Kpsi}$$

El acero inoxidable 304 tiene un $S_{ut} = 82.4 \text{ Kpsi}$ (VER ANEXO 4N)

Al reemplazar en la ecuación (3.39):

$$S_e' = 0.5 * 82.4 \text{ Kpsi}$$

$$S_e' = 41.2 \text{ Kpsi}$$

Al reemplazar en la ecuación (3.40):

Con $a = 2.70$ y $b = -0.265$ (VER ANEXO 4O)

$$K_a = 2.70 * (82.4)^{-0.265}$$

$$K_a = 0.838$$

Al reemplazar en la ecuación (3.41):

$$K_b = 1.24 * (25.4)^{-0.107}$$

$$K_b = 0.877$$

$$K_c = 0.59 \text{ (VER ANEXO 4P)}$$

$$K_d = 1 \text{ (VER ANEXO 4Q)}$$

Con una confiabilidad del 95 % se tiene:

$$K_e = 0.868 \text{ (VER ANEXO 4R)}$$

$$K_f = 1$$

Al reemplazar en la ecuación (3.38), se tiene:

$$S_e = 0.838 * 0.877 * 0.59 * 1 * 0.868 * 1 * 41.2 \text{ Kpsi}$$

$$S_e = 15.5 \text{ Kpsi}$$

Al reemplazar en la ecuación (3.36), se tiene:

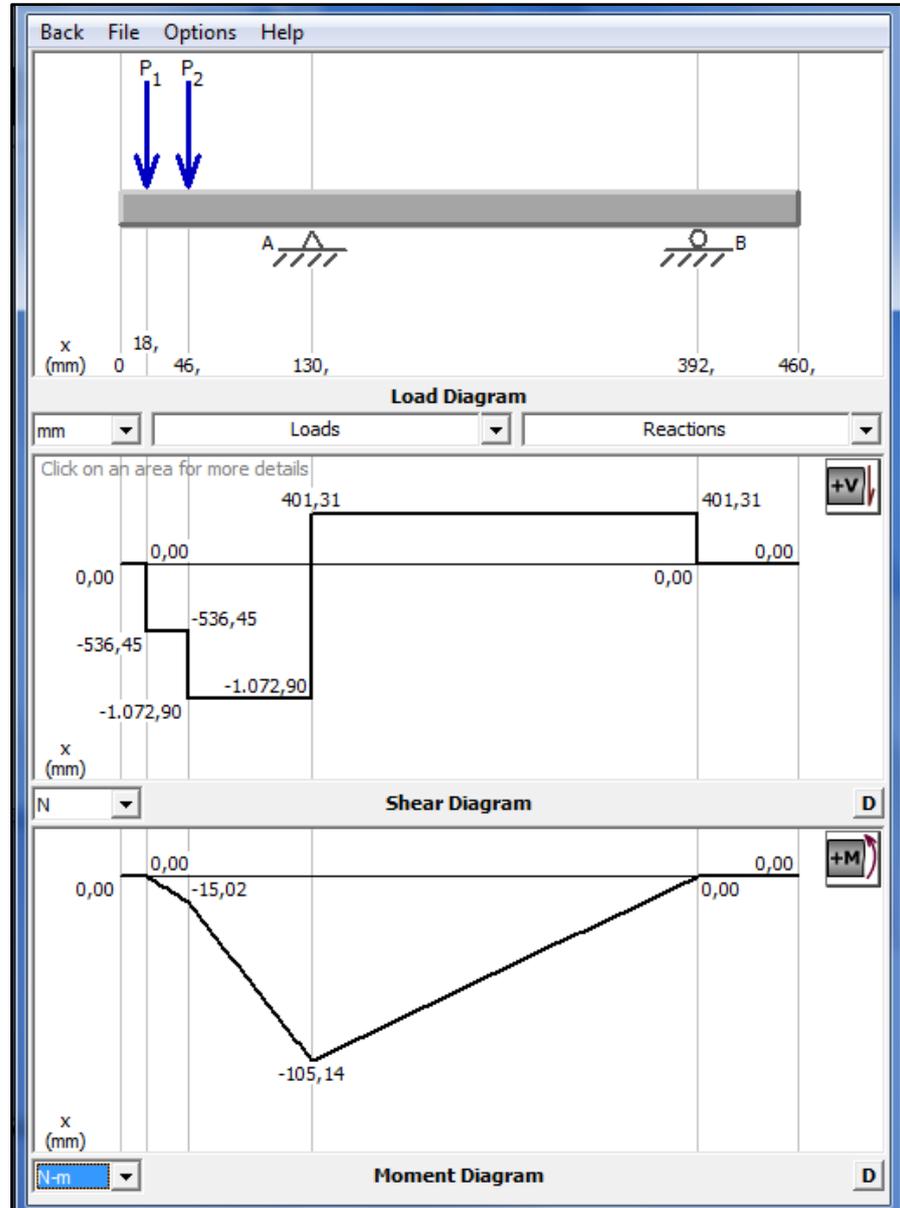
$$\frac{3.36 * 10^{-4} \text{ Kpsi}}{82.4 \text{ Kpsi}} + \frac{2.17 \text{ Kpsi}}{15.5 \text{ Kpsi}} = \frac{1}{n}$$

$$4.07 * 10^{-6} + 0.14 = \frac{1}{n}$$

$$n = 7.14$$

3.7.5 Cálculo de reacciones eje de transmisión 1

3.7.5.1 Diagrama de fuerza cortante y momento flector (Plano X-Y)



Fuente: Autor

Figura 3.28 Diagrama de fuerza cortante y momento flector del eje de transmisión 1 (plano x-y).

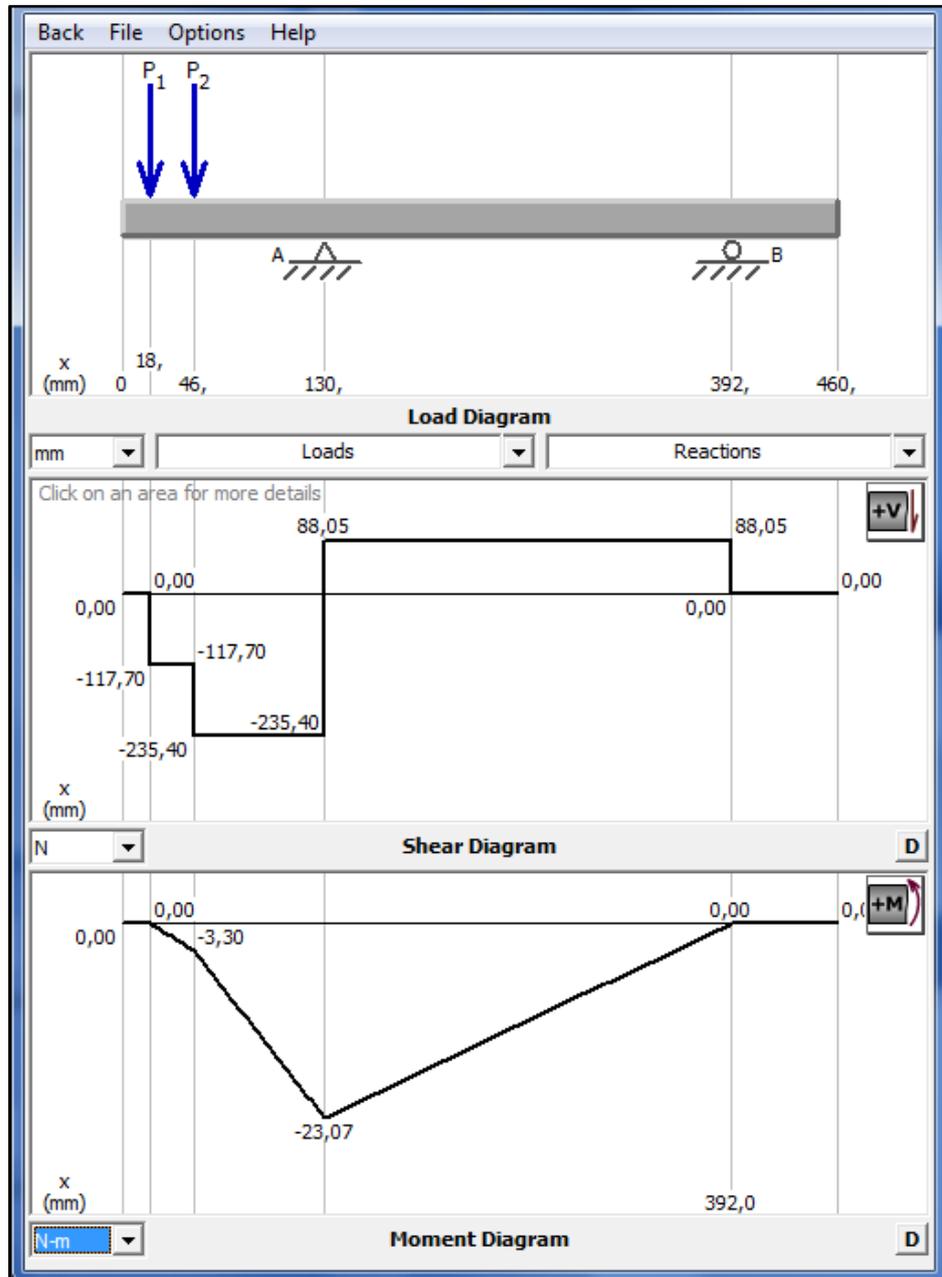
Resultados:

$$R_A = 1474.21 \text{ N } \uparrow$$

$$R_B = 401.31 \text{ N } \downarrow$$

$$M = -105.14 \text{ N-m}$$

3.7.5.2 Diagrama de fuerza cortante y momento flector (Plano X-Z)



Fuente: Autor

Figura 3.29 Diagrama de fuerza cortante y momento flector del eje de transmisión 1 (plano x-z).

Resultados:

$$R_A = 323.45 \text{ N } \uparrow$$

$$R_B = 88.05 \text{ N } \downarrow$$

$$M = -23.07 \text{ N-m}$$

El punto crítico se encuentra, en el punto de apoyo A, dado que en este punto tenemos el mayor momento y cargas.

Al reemplazar en la ecuación (3.30):

$$M = \sqrt{(105.14 N - m)^2 + (23.07 N - m)^2}$$

$$M = 107.64 N - m$$

$$M = 10.98 Kgf - m$$

Al reemplazar en la ecuación (3.31):

$$I = \frac{\pi}{64} * (0.0254 m)^4$$

$$I = 2.04 * 10^{-8} m^4$$

Al reemplazar en la ecuación (3.29):

$$\sigma_x = \frac{10.98 Kgf - m}{\frac{2.04 * 10^{-8} m^4}{0.0127 m}}$$

$$\sigma_x = 6835588.235 \frac{Kgf}{m^2}$$

$$\sigma_x = 9.702 \frac{Klb}{pulg^2}$$

Al reemplazar en la ecuación (3.32):

$$J = \frac{\pi}{32} * (0.0254 m)^4$$

$$J = 4.086 * 10^{-8} m^4$$

Al reemplazar en la ecuación (3.33):

$$\tau = \frac{7.42 * 10^{-4} \text{ Kgf} - m * 0.0127 \text{ m}}{4.086 * 10^{-8} \text{ m}^4}$$

$$\tau = 230.89 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}^2}$$

$$\tau = 3.27 * 10^{-4} \frac{\text{klb}}{\text{plg}^2}$$

Al reemplazar en la ecuación (3.34):

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\left(9.702 \frac{\text{Klb}}{\text{pulg}^2}\right)^2 + 3 * \left(3.27 * 10^{-4} \frac{\text{klb}}{\text{plg}^2}\right)^2}$$

$$\sigma_{eq} = 9.70 \text{ Kpsia}$$

Al reemplazar en la ecuación (3.35):

$$\eta_s = \frac{50 \text{ Kpsia}}{9.70 \text{ Kpsia}}$$

$$\eta_s = 5.15$$

Al reemplazar en la ecuación (3.37):

$$\sigma_m = \sqrt{3 \left(3.27 * 10^{-4} \frac{\text{klb}}{\text{plg}^2}\right)^2}$$

$$\sigma_m = 5.66 * 10^{-4} \text{ Kpsi}$$

$$\sigma_a = \sigma_x = 9.702 \text{ Kpsi}$$

El acero inoxidable 304 tiene un $S_{ut} = 82.4 \text{ Kpsi}$ (VER ANEXO 4N)

Al reemplazar en la ecuación (3.39):

$$S_e' = 0.5 * 82.4 \text{ Kpsi}$$

$$S_e' = 41.2 \text{ Kpsi}$$

Al reemplazar en la ecuación (3.40):

Con $a = 2.70$ y $b = -0.265$ (VER ANEXO 4O)

$$K_a = 2.70 * (82.4)^{-0.265}$$

$$K_a = 0.838$$

Al reemplazar en la ecuación (3.41):

$$K_b = 1.24 * (25.4)^{-0.107}$$

$$K_b = 0.877$$

$$K_c = 0.59 \text{ (VER ANEXO 4P)}$$

$$K_d = 1 \text{ (VER ANEXO 4Q)}$$

Con una confiabilidad del 95 % se tiene:

$$K_e = 0.868 \text{ (VER ANEXO 4R)}$$

$$K_f = 1$$

Al reemplazar en la ecuación (3.38), se tiene:

$$S_e = 0.838 * 0.877 * 0.59 * 1 * 0.868 * 1 * 41.2 \text{ Kpsi}$$

$$S_e = 15.5 \text{ Kpsi}$$

Al reemplazar en la ecuación (3.36), se tiene:

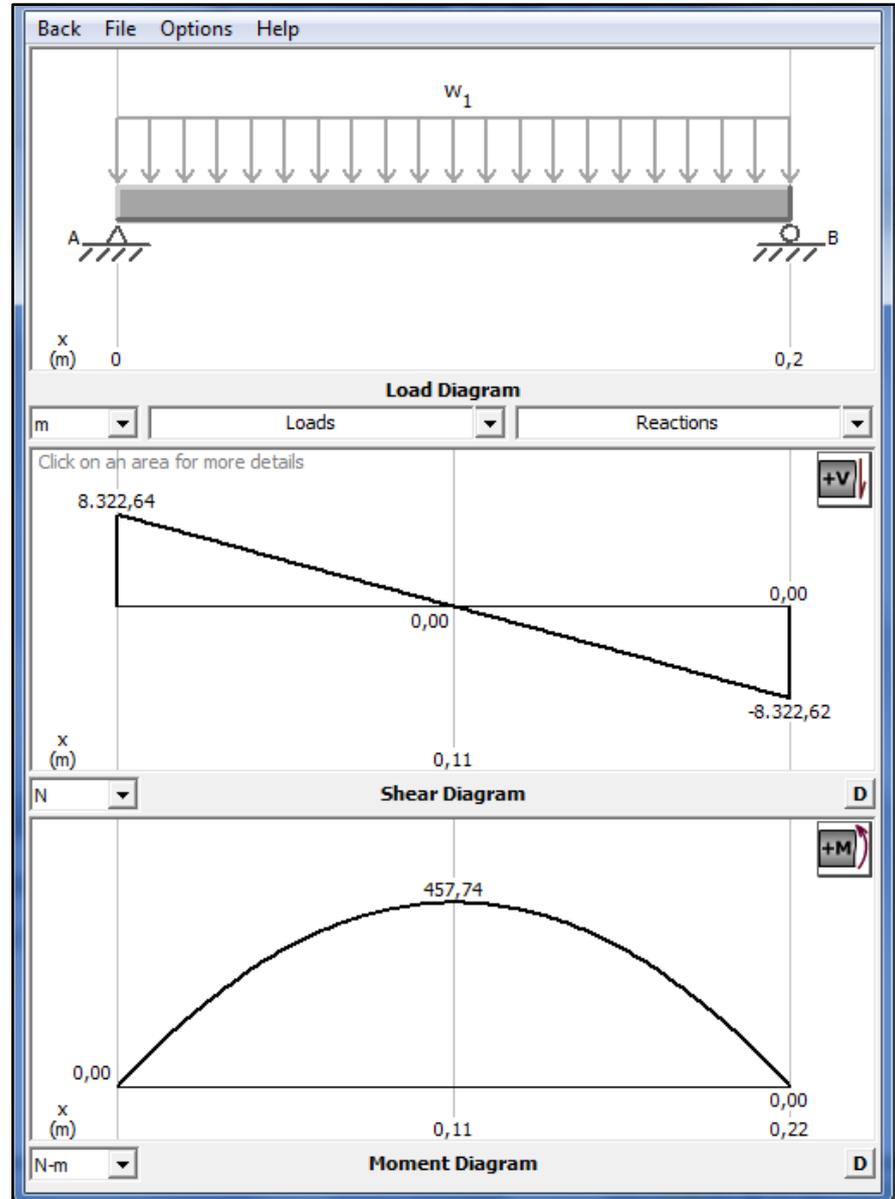
$$\frac{3.27 * 10^{-4} \text{ Kpsi}}{82.4 \text{ Kpsi}} + \frac{9.702 \text{ Kpsi}}{15.5 \text{ Kpsi}} = \frac{1}{n}$$

$$3.96 * 10^{-6} + 0.62 = \frac{1}{n}$$

$$n = 1.59$$

3.7.6 Cálculo de reacciones en los rodillos

3.7.6.1 Diagrama de fuerza cortante y momento flector (Plano X-Y)



Fuente: Autor

Figura 3.30 Diagrama de fuerza cortante y momento flector de los rodillos (plano x-y)

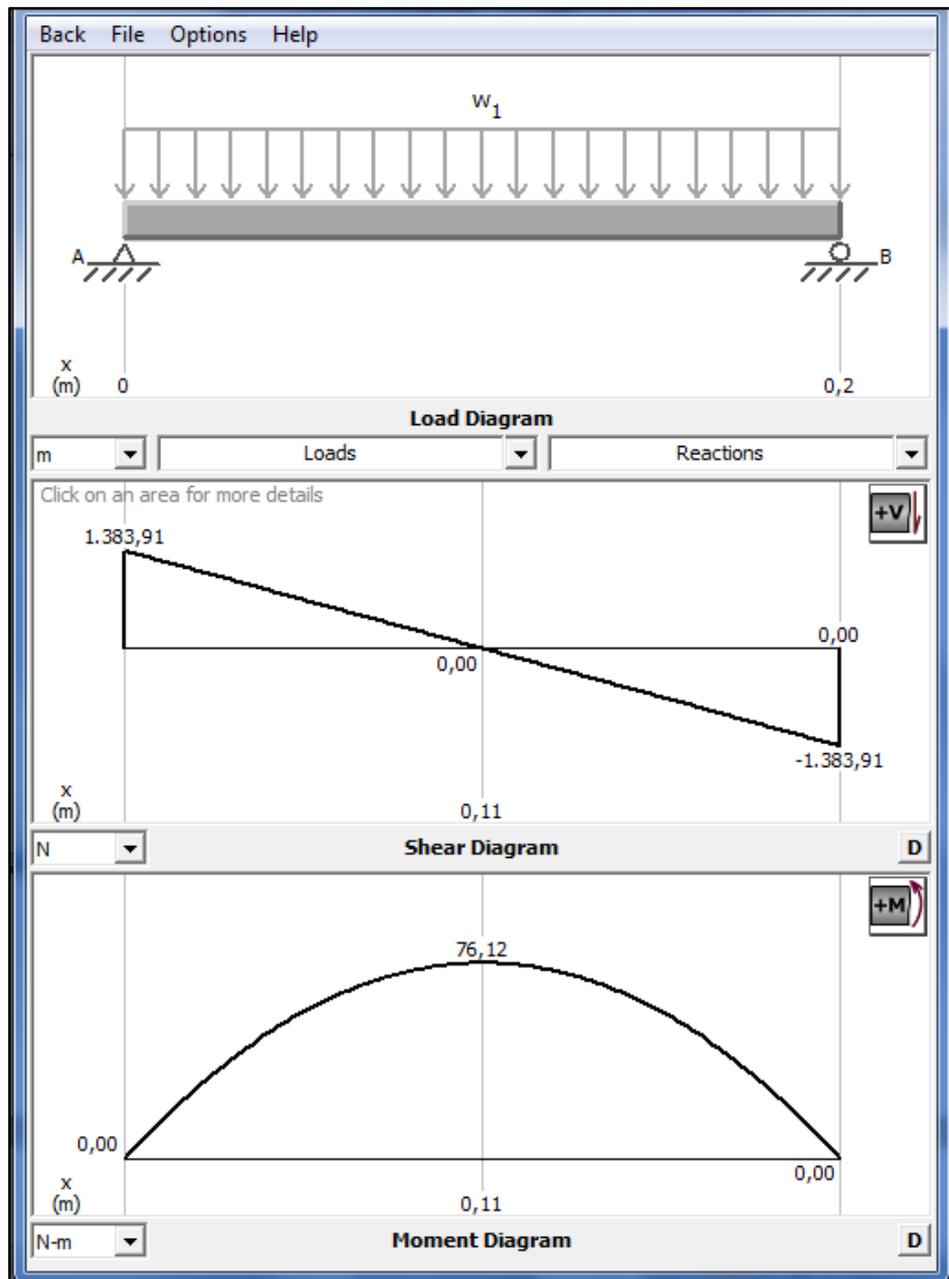
Resultados:

$$R_A = 8322.64 \text{ N } \uparrow$$

$$R_B = 8322.64 \text{ N } \uparrow$$

$$M = 457.74 \text{ N-m}$$

3.7.6.2 Diagrama de fuerza cortante y momento flector (Plano X-Z)



Fuente: Autor

Figura 3.31 Diagrama de fuerza cortante y momento flector de los rodillos (plano x-z)

Resultados:

$$R_A = 1383.91 \text{ N } \uparrow$$

$$R_B = 1383.91 \text{ N } \uparrow$$

$$M = 76.12 \text{ N-m}$$

El punto crítico se encuentra en el centro del rodillo, dado que en este punto tenemos el mayor momento y cargas.

Al reemplazar en la ecuación (3.30):

$$M = \sqrt{(457.74 N - m)^2 + (76.12 N - m)^2}$$

$$M = 464.02 N - m$$

$$M = 47.34 Kgf - m$$

Al reemplazar en la ecuación (3.31):

$$I = \frac{\pi}{64} * [(0.0889 m)^4 - (0.0736 m)^4]$$

$$I = 1.62 * 10^{-6} m^4$$

Al reemplazar en la ecuación (3.29):

$$\sigma_x = \frac{47.34 Kgf - m}{\frac{1.62 * 10^{-6} m^4}{0.044 m}}$$

$$\sigma_x = 1286038.39 \frac{Kgf}{m^2}$$

$$\sigma_x = 1.82 \frac{Klb}{pulg^2}$$

Al reemplazar en la ecuación (3.32):

$$J = \frac{\pi}{32} * [(0.0889 m)^4 - (0.0736 m)^4]$$

$$J = 3.25 * 10^{-6} m^4$$

Al reemplazar en la ecuación (3.33):

$$\tau = \frac{0.77 \text{ Kgf} - m * 0.044 \text{ m}}{3.25 * 10^{-6} \text{ m}^4}$$

$$\tau = 10424.61 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}^2}$$

$$\tau = 0.014 \frac{\text{klb}}{\text{plg}^2}$$

Al reemplazar en la ecuación (3.34):

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\left(1.82 \frac{\text{Klb}}{\text{pulg}^2}\right)^2 + 3 * \left(0.014 \frac{\text{klb}}{\text{plg}^2}\right)^2}$$

$$\sigma_{eq} = 1.82 \text{ Kpsia}$$

Al reemplazar en la ecuación (3.35):

$$\eta_s = \frac{50}{1.82}$$

$$\eta_s = 27.47$$

Al reemplazar en la ecuación (3.37):

$$\sigma_m = \sqrt{3 \left(0.014 \frac{\text{klb}}{\text{plg}^2}\right)^2}$$

$$\sigma_m = 0.024 \text{ Kpsi}$$

$$\sigma_a = \sigma_x = 1.82 \text{ Kpsi}$$

El acero inoxidable 304 tiene un $S_{ut} = 82.4 \text{ Kpsi}$ (VER ANEXO 4N)

Al reemplazar en la ecuación (3.39):

$$S_e' = 0.5 * 82.4 \text{ Kpsi}$$

$$S_e' = 41.2 \text{ Kpsi}$$

Al reemplazar en la ecuación (3.40):

Con $a = 2.70$ y $b = -0.265$ (VER ANEXO 4O)

$$K_a = 2.70 * (82.4)^{-0.265}$$

$$K_a = 0.838$$

Al reemplazar en la ecuación (3.41):

$$K_b = 1.24 * (25.4)^{-0.107}$$

$$K_b = 0.877$$

$$K_c = 0.59 \text{ (VER ANEXO 4P)}$$

$$K_d = 1 \text{ (VER ANEXO 4Q)}$$

Con una confiabilidad del 95 % se tiene:

$$K_e = 0.868 \text{ (VER ANEXO 4R)}$$

$$K_f = 1$$

Al reemplazar en la ecuación (3.38), se tiene:

$$S_e = 0.838 * 0.877 * 0.59 * 1 * 0.868 * 1 * 41.2 \text{ Kpsi}$$

$$S_e = 15.5 \text{ Kpsi}$$

Al reemplazar en la ecuación (3.36), se tiene:

$$\frac{0.024}{82.4} + \frac{1.82}{15.5} = \frac{1}{n}$$

$$2.91 * 10^{-4} + 0.11 = \frac{1}{n}$$

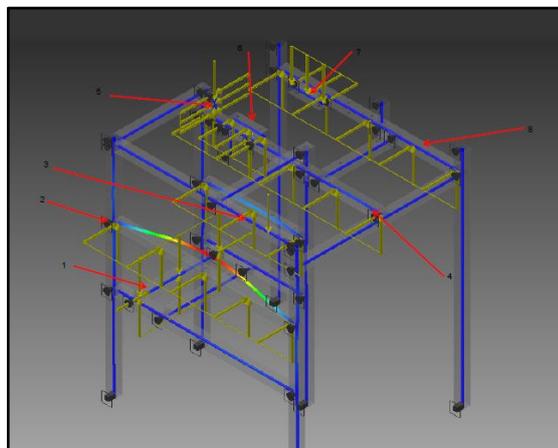
$$n = 9.06$$

3.8 Análisis estructural

Consiste en encontrar los efectos de las cargas en la estructura, en la forma de fuerza cortante y momento flector.

Depende de la geometría de la estructura (forma y tamaño generales), de los tipos de apoyo y de las cargas aplicadas sobre la estructura.

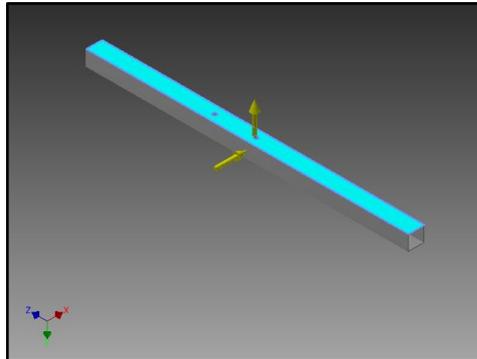
Esto se observa en la figura 3.32



Fuente: Autor

Figura 3.32 Análisis de la estructura.

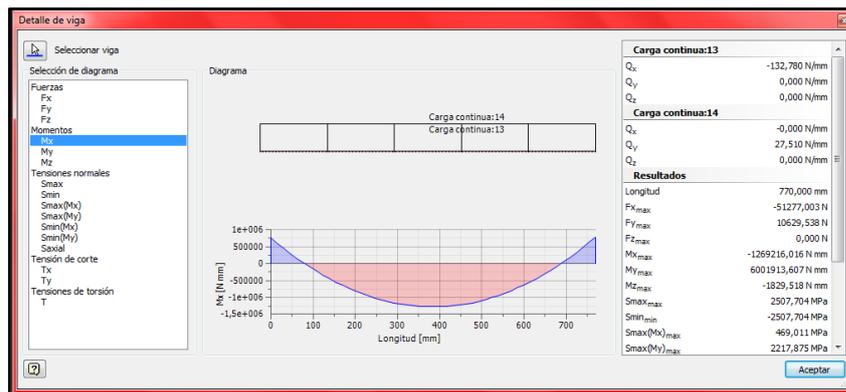
Como se puede observar en la figura 3.33, la viga 2 es la que sufre mayor deformación.



Fuente: Autor

Figura 3.33 Viga 2.

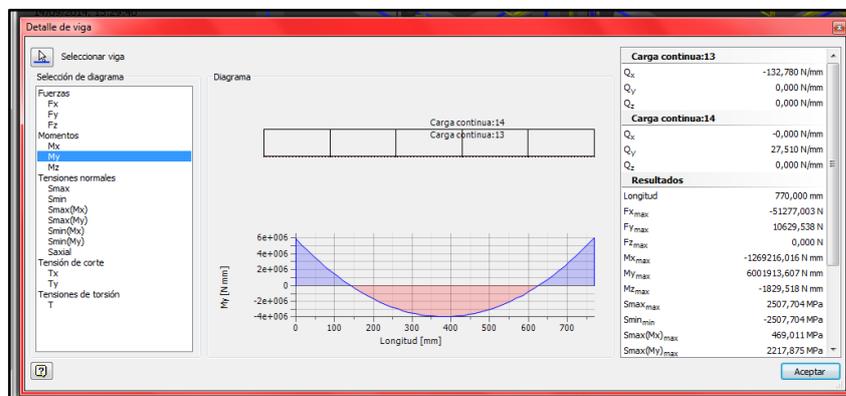
3.8.1 Viga 2 Mx



Fuente: Autor

Figura 3.34 Momento en el eje X.

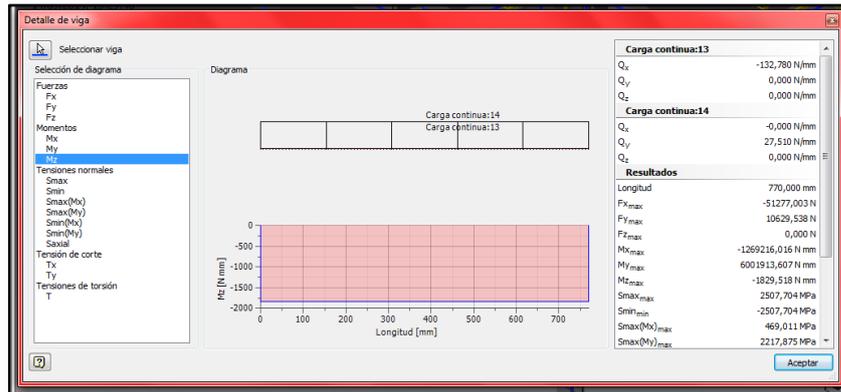
3.8.2 Viga 2 My



Fuente: Autor

Figura 3.35 Momento en el eje Y.

3.8.3 Viga 2 Mz



Fuente: Autor

Figura 3.36 Momento en el eje Z.

Carga continua:13	
Q_x	-132,780 N/mm
Q_y	0,000 N/mm
Q_z	0,000 N/mm
Carga continua:14	
Q_x	-0,000 N/mm
Q_y	27,510 N/mm
Q_z	0,000 N/mm
Resultados	
Longitud	770,000 mm
$F_{x_{max}}$	-51277,003 N
$F_{y_{max}}$	10629,538 N
$F_{z_{max}}$	0,000 N
$M_{x_{max}}$	-1269216,016 N mm
$M_{y_{max}}$	6001913,607 N mm
$M_{z_{max}}$	-1829,518 N mm
$S_{max_{max}}$	2507,704 MPa
$S_{min_{min}}$	-2507,704 MPa
$S_{max(Mx)_{max}}$	469,011 MPa
$S_{max(My)_{max}}$	2217,875 MPa

Q_z	0,000 N/mm
Resultados	
Longitud	770,000 mm
$F_{x_{max}}$	-51277,003 N
$F_{y_{max}}$	10629,538 N
$F_{z_{max}}$	0,000 N
$M_{x_{max}}$	-1269216,016 N mm
$M_{y_{max}}$	6001913,607 N mm
$M_{z_{max}}$	-1829,518 N mm
$S_{max_{max}}$	2507,704 MPa
$S_{min_{min}}$	-2507,704 MPa
$S_{max(Mx)_{max}}$	469,011 MPa
$S_{max(My)_{max}}$	2217,875 MPa
$S_{min(Mx)_{min}}$	-469,011 MPa
$S_{min(My)_{min}}$	-2217,875 MPa
$S_{axial_{max}}$	0,000 MPa
$T_{x_{max}}$	502,705 MPa
$T_{y_{max}}$	-104,209 MPa
T_{max}	0,445 MPa

Fuente: Autor

Tabla 3.2 Resultados.

Material	Acero inoxidable
Densidad	8,08 g/cm ³
Masa	1,36574 kg
Área	225997 mm ²
Volumen	169027 mm ³
Centro de gravedad	x=0,00283488 mm y=0 mm z=386,867 mm

Nombre	Acero inoxidable	
General	Densidad de masa	8,08 g/cm ³
	Límite de elasticidad	250 MPa
	Resistencia máxima a tracción	540 MPa
Tensión	Módulo de Young	193 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,3 su
	Módulo cortante	74,2308 GPa
Nombre(s) de pieza	viga774	

Fuente: Autor

Tabla 3.3 Propiedades físicas.

$$\sigma_{adm} = \frac{M_{max}}{S_{x-x}} \quad \text{Ecuación (3.42)}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{S_y}{n} \quad \text{Ecuación (3.43)}$$

Al igualar las ecuaciones 3.42 y 3.43, se tiene:

$$\frac{M_{max}}{S_{x-x}} = \frac{S_y}{n} \quad \text{Ecuación (3.44)}$$

Al reemplazar valores y al despejar n , se tiene:

$$n = \frac{S_y * S_{x-x}}{M_{max}}$$

$$n = \frac{250 \frac{N}{mm^2} * 169027 mm^3}{6134645.84 N - mm}$$

$$n = 6.88$$

3.9 Cálculo de la potencia

3.9.1 Cálculo de la potencia del motor

Para el cálculo de la potencia del motor es indispensable conocer los siguientes parámetros:

- Inercia de las masas en movimiento
- Aceleración angular, desde velocidad angular en inicial, hasta velocidad angular de trabajo.
- Con los parámetros anteriores se determina el torque necesario para mover los elementos que componen la máquina.

Antes de realizar el cálculo de la potencia se detalla a continuación las ecuaciones que se utilizan para encontrar los datos de los tres parámetros anteriores.

3.9.2 Inercias de las masas en movimiento

La mayoría de las partes que componen la máquina son cilindros huecos y cilindros macizos.

3.9.2.1 Inercia de un cilindro macizo

$$I = \frac{m \cdot d^2}{8} \quad \text{Ecuación (3.45)}$$

Al ser:

(I) Inercia del cuerpo [$\text{kg} \cdot \text{m}^2$]

(m) Masa del cilindro [kg]

(d) Diámetro del cilindro macizo [m]⁶¹

3.9.2.2 Inercia de un cilindro hueco

$$I = \frac{m}{8} (d_{ext}^2 + d_{int}^2) \quad \text{Ecuación (3.46)}$$

Al ser:

(d_{ext}) Diámetro exterior del cilindro hueco [m]

(d_{int}) Diámetro interior del cilindro hueco [m]⁶²

61. Cfr. Shigley, Richard G Budynas, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, McGraw-Hill, 8va edición, México, 2008, pág. 1013

62. Cfr. Shigley, Richard G Budynas, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, McGraw-Hill, 8va edición, México, 2008, pág. 1013

3.9.2.3 Volumen de un cilindro sólido ⁶³

$$V = \frac{\pi}{4} * d^2 * l \quad \text{Ecuación (3.47)}$$

3.9.2.4 Volumen del cilindro hueco

$$V_H = \frac{\pi}{4} * (d_{ext}^2 - d_{int}^2) * l \quad \text{Ecuación (3.48)}$$

Al ser:

(V_H) Volumen del cilindro hueco [m^3]

(l) Longitud del cuerpo [m] ⁶⁴

3.9.2.5 Masa

$$m = v * \delta \quad \text{Ecuación (3.49)}$$

Al ser:

(m) Masa del cuerpo [kg]

(δ) Densidad del cuerpo [kg/m^3] ⁶⁵

3.9.3 Determinación de aceleración angular ⁶⁶

$$W = w_o + \alpha.t \quad \text{Ecuación (3.50)}$$

63. Cfr. Shigley, Richard G Budynas, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, McGraw-Hill, 8va edición, México, 2008, pág. 1013

64. Cfr. Shigley, Richard G Budynas, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, McGraw-Hill, 8va edición, México, 2008, pág. 1013

65. Cfr. Shigley, Richard G Budynas, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, McGraw-Hill, 8va edición, México, 2008, pág. 1013

66. Cfr. R.C Hibbeler, *Mecánica de Materiales*, Editorial Pearson, 6ta Edición, México, 2006, pág.187

Al ser:

(w_o) Velocidad angular inicial $\left(\frac{rad}{seg}\right)$

(α) Aceleración angular $\left(\frac{rad}{seg^2}\right)$

(t) Tiempo (seg)

El tiempo promedio para estabilizar la velocidad de la máquina es de 0,25 segundos.

Ya que el sistema parte del reposo entonces ($w_o = 0$) entonces la aceleración angular es igual a:

$$\alpha = \frac{w}{t} \quad \text{Ecuación (3.51)}$$

3.9.4 Torque

La ecuación del torque es la siguiente: ⁶⁷

$$T = I * \alpha \quad \text{Ecuación (3.52)}$$

Al ser:

(T) Torque [N-m]

3.9.5 Potencia

La expresión para determinar la potencia requerida para poner en movimiento a los elementos móviles del sistema es la siguiente: ⁶⁸

67. Cfr. R.C Hibbeler, *Mecánica de Materiales*, Editorial Pearson, 6ta Edición, México, 2006, pág.187

68. Cfr. R.C Hibbeler, *Mecánica de Materiales*, Editorial Pearson, 6ta Edición, México, 2006, pág.187

$$P = T * W$$

Ecuación (3.53)

Al ser:

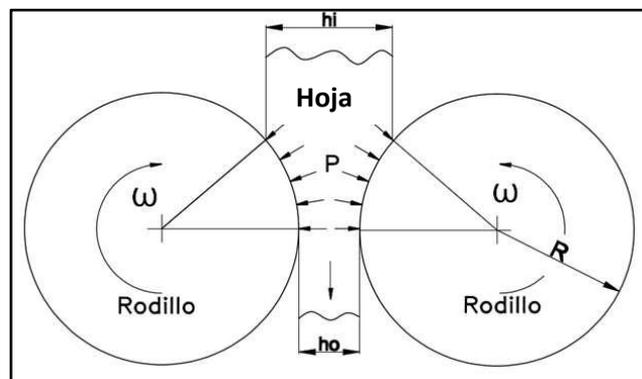
(P) Potencia [vatios]

3.9.6 Potencia requerida para mover los rodillos

Para realizar el cálculo de la potencia que se requiere para cortar la hoja de sábila, se considera:

- Velocidad del rodillo = 130 (rpm) = 13.61 $\left(\frac{rad}{seg}\right)$
- Longitud del rodillo = 0.22 (m)
- Diámetro del rodillo = 0.0889 (m)
- Paso entre rodillos = 0.016 (m)
- Presión = 70185.83 $\left(\frac{Kgf}{m^2}\right)$

Esto se observa en la figura 3.37



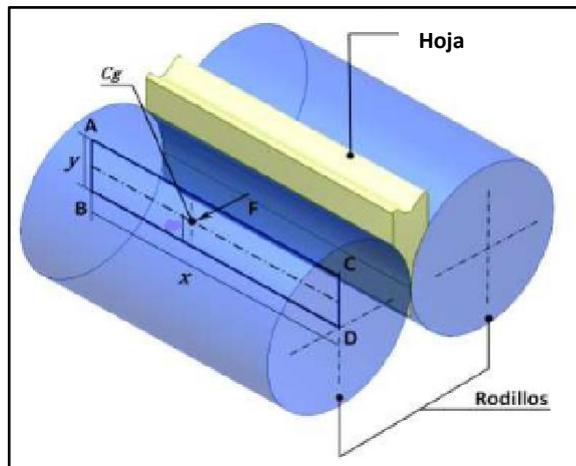
Fuente: Autor

Figura 3.37 Paso de la hoja a través de los rodillos.

Al ser:

- (h_i) Separación de los rodillos en la entrada de la hoja.
- (h_o) Separación de los rodillos en la salida de la hoja.
- (R) Radio del rodillo.
- (P) Presión.

En la figura 3.38 se representa la proyección de la distribución de presión en los rodillos.



Fuente: Autor

Figura 3.38 Proyección de la presión de arrastre.

Al ser:

- (A_{ABCD}) Área proyectada, con longitud x -ancho y .
- (F) Fuerza resultante de la presión.
- (C_g) Centro de gravedad.

El centro de gravedad viene dada por:⁶⁹

$$C_g = \frac{y}{2} \quad \text{Ecuación (3.54)}$$

El área proyectada se calcula:⁷⁰

$$A_{ABCD} = x * y \quad \text{Ecuación (3.55)}$$

Al ser:

- (x) Longitud del rodillo 0.22 [m].

69. Cfr. Shigley, Richard G Budynas, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, McGraw-Hill, 6ta edición, México, 2002, pág. 190

70. Cfr. Kurt Gieck - Reiner Gieck, *Manual de Fórmulas Técnicas*, Alfaomega, 30va. Edición, México, 2000, pág. B1.

Al reemplazar en la ecuación 3.55:

$$A_{ABCD} = 0.22 \text{ m} * 0.010 \text{ m}$$

$$A_{ABCD} = 2.2 * 10^{-3} \text{ m}^2$$

La fuerza resultante de la presión, es igual al producto de la presión por el área proyectada: ⁷¹

$$F = P * A_{ABCD} \quad \textbf{Ecuación (3.56)}$$

Al ser:

$$P = 70185.83 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}^2}$$

$$A_{ABCD} = 2.2 * 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$F = 70185.83 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}^2} * 2.2 * 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$F = 154.40 \text{ Kgf}$$

Esta resultante provoca un torque: ⁷²

$$T = F * d \quad \textbf{Ecuación (3.57)}$$

Al ser:

$$F = 154.40 \text{ Kgf}$$

$$d = \frac{y}{2} = \frac{0.010 \text{ m}}{2} = 0.005 \text{ m}$$

$$T = 154.42 \text{ Kgf} * 0.005 \text{ m}$$

71. Cfr. Kurt Gieck - Reiner Gieck, *Manual de Fórmulas Técnicas*, Alfaomega, 30va. Edición, México, 2000, pág. O1.

72. Cfr. Kurt Gieck - Reiner Gieck, *Manual de Fórmulas Técnicas*, Alfaomega, 30va. Edición, México, 2000, pág. M1.

$$T = 0.77 \text{ Kgf} - m$$

$$T = 7.56 \text{ N} - m$$

La potencia que se consume en cada rodillo es ⁷³:

$$P = T * \omega \quad \text{Ecuación (3.58)}$$

Al ser:

$$T = 7.56 \text{ N} - m$$

$$\omega = 130 \text{ RPM} = 13.61 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

$$P = 7.56 \text{ N} - m * 13.61 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

$$P = 102.89 \text{ w}$$

Por lo tanto la potencia necesaria en los rodillos es:

$$P_{r1} = 2 * P \quad \text{Ecuación (3.59)}$$

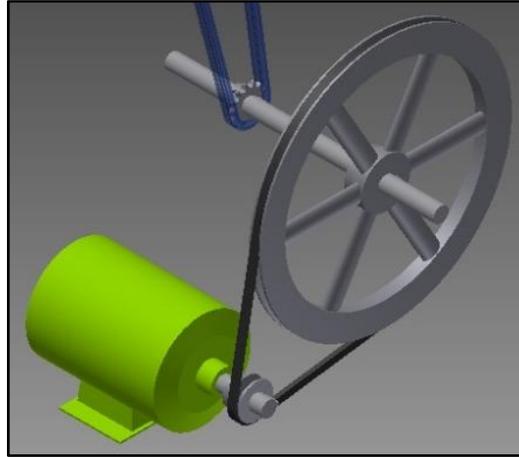
$$P_{r1} = 2 * 102.89 \text{ w}$$

$$P_{r1} = 205.78 \text{ w}$$

3.9.7 Transmisión 1

En la figura 3.39, se muestran los componentes de la transmisión 1.

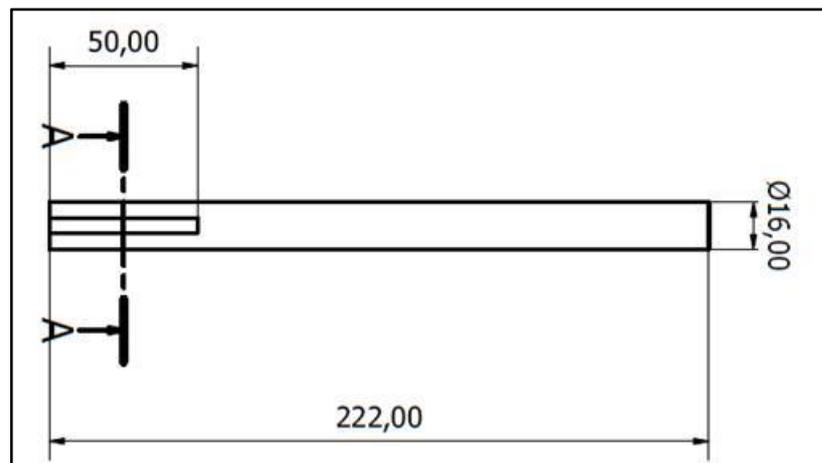
73. Cfr. Kurt Gieck - Reiner Gieck, *Manual de Fórmulas Técnicas*, Alfaomega, 30va. Edición, México, 2000, pág. M1.



Fuente: Autor

Figura 3.39 Elementos de la transmisión 1.

3.9.7.1 Determinación de inercia de eje motor.



Fuente: Autor

Figura 3.40 Eje de motor.

Datos:

$$\delta = 7850 \text{ kg/ m}^3$$

$$L = 0.222 \text{ m}$$

$$D = 0.016 \text{ m}$$

Al reemplazar en la ecuación 3.47:

$$V = \frac{\pi}{4} * (0.016 \text{ m})^2 * 0.222 \text{ m}$$

$$V = 4.46 * 10^{-5} m^3$$

Al reemplazar en la ecuación 3.49:

$$m = 4.46 * 10^{-5} m^3 * 7850 \frac{Kg}{m^3}$$

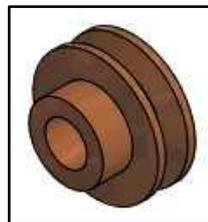
$$m = 0.35 Kg$$

Al reemplazar en la ecuación 3.45:

$$I = \frac{0.35 Kg * (0.016 m)^2}{8}$$

$$I = 8.97 * 10^{-5} Kg - m^2$$

3.9.7.2 Determinación de inercia de polea de 2"



Fuente: Autor

Figura 3.41 Polea de 2 pulgadas.

Datos:

$$\delta = 2700 \text{ kg/m}^3$$

$$L = 0.044 \text{ m}$$

$$d_{ext} = 2 \text{ pulg} = 0.0508 \text{ m}$$

$$d_{int} = 0.016 \text{ m}$$

Al reemplazar en la ecuación 3.48:

$$V_H = \frac{\pi}{4} * (0.0508m^2 - 0.016m^2) * 0.044m$$

$$V_H = 8.03 * 10^{-5} m^3$$

Al reemplazar en la ecuación 3.49:

$$m = 8.03 * 10^{-5} m^3 * 2700 \frac{Kg}{m^3}$$

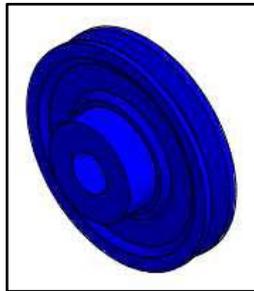
$$m = 0.21 Kg$$

Al reemplazar en la ecuación 3.46:

$$I = \frac{0.21 Kg}{8} (0.0508m^2 + 0.016m^2)$$

$$I = 7.69 * 10^{-5} Kg - m^2$$

3.9.7.3 Determinación de inercia de polea de 16”



Fuente: Autor

Figura 3.42 Polea de 16 pulgadas.

Datos:

$$\delta = 2700 \text{ kg/m}^3$$

$$L = 0.0254 \text{ m}$$

$$d_{ext} = 16 \text{ pulg} = 0.4064 \text{ m}$$

$$d_{int} = 0.0254 \text{ m}$$

Al reemplazar en la ecuación 3.48:

$$V_H = \frac{\pi}{4} * (0.4064m^2 - 0.0254m^2) * 0.0254m$$

$$V_H = 3.28 * 10^{-3} m^3$$

Al reemplazar en la ecuación 3.49:

$$m = 3.28 * 10^{-3} m^3 * 2700 \frac{Kg}{m^3}$$

$$m = 8.86 Kg$$

Al reemplazar en la ecuación 3.46:

$$I = \frac{8.86 Kg}{8} (0.4064m^2 + 0.0254m^2)$$

$$I = 0.183 Kg - m^2$$

El momento de inercia total que tiene la transmisión principal sería igual a la sumatoria todas sus inercias parciales:

Cantidad	Denominación	Inercia (Kg-m ²)
1	Eje del motor	8.97 * 10 ⁻⁵
1	Polea 2''	7.69 * 10 ⁻⁵
1	Polea 16''	0.183
	Total	0.183

Fuente: Autor

Tabla 3.4 Inercia transmisión 1.

3.9.8 Cálculo de potencia (transmisión 1)

Al reemplazar los valores en la ecuación 3.51:

Datos:

$$\omega = 216.66 \text{ rpm} = 22.68 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

$$t = 0.25 \text{ seg}$$

$$\alpha = \frac{22.68 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}}{0.25 \text{ seg}}$$

$$\alpha = 90.72 \frac{\text{rad}}{\text{seg}^2}$$

El torque se determina mediante la ecuación 3.52:

$$T = 0.183 \text{ kg-m}^2 * 86.56 \text{ rad/seg}^2$$

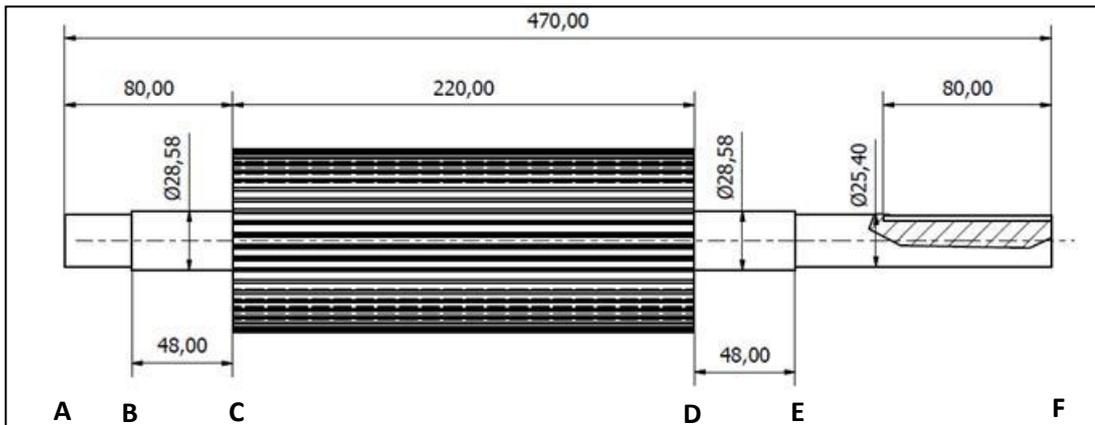
$$T = 16.60 \text{ N-m}$$

La potencia está dada por la ecuación 3.53:

$$P_o = 16.60 \text{ N-m} * 22.68 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

$$P_o = 376.52 \text{ w}$$

3.9.9 Eje rodillo inferior



Fuente: Autor

Figura 3.43 Eje rodillo inferior.

3.9.9.1 Determinación inercia eje rodillo inferior (AB)

Datos:

$$\delta = 7800 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$l = 0.032 \text{ m}$$

$$d = 0.0254 \text{ m}$$

Al reemplazar en la ecuación 3.47:

$$V = \frac{\pi}{4} * (0.0254\text{m}^2) * 0.032\text{m}$$

$$V = 1.62 * 10^{-5} \text{ m}^3$$

Al reemplazar en la ecuación 3.49:

$$m = 1.62 * 10^{-5} \text{ m}^3 * 7800 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$m = 0.126 \text{ Kg}$$

Al reemplazar en la ecuación 3.45:

$$I = \frac{0.126 \text{ Kg} * (0.0254 \text{ m})^2}{8}$$

$$I = 1.019 * 10^{-5} \text{ Kg} - \text{m}^2$$

3.9.9.2 Determinación inercia eje rodillo inferior (BC)

Datos:

$$\delta = 7800 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$l = 0.048 \text{ m}$$

$$d = 0.0285 \text{ m}$$

Al reemplazar en la ecuación 3.47:

$$V = \frac{\pi}{4} * (0.0285m^2) * 0.048m$$

$$V = 3.06 * 10^{-5} m^3$$

Al reemplazar en la ecuación 3.49:

$$m = 3.06 * 10^{-5} m^3 * 7800 \frac{Kg}{m^3}$$

$$m = 0.238 Kg$$

Al reemplazar en la ecuación 3.45:

$$I = \frac{0.238 Kg * (0.0285 m)^2}{8}$$

$$I = 2.42 * 10^{-5} Kg - m^2$$

3.9.9.3 Determinación inercia eje rodillo inferior (DE)

Datos:

$$\delta = 7800 \text{ kg} / m^3$$

$$l = 0.048 \text{ m}$$

$$d = 0.0285 \text{ m}$$

$$V = 3.06 * 10^{-5} m^3$$

$$m = 0.238 Kg$$

$$I = 2.42 * 10^{-5} \text{ Kg} - \text{m}^2$$

3.9.9.4 Determinación inercia eje rodillo inferior (EF)

Datos:

$$\delta = 7800 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$l = 0.122 \text{ m}$$

$$d = 0.0254 \text{ m}$$

Al reemplazar valores en la ecuación 3.47:

$$V = \frac{\pi}{4} * (0.0254\text{m}^2) * 0.122\text{m}$$

$$V = 6.18 * 10^{-5} \text{ m}^3$$

Al reemplazar en la ecuación 3.49:

$$m = 6.18 * 10^{-5} \text{ m}^3 * 7800 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$m = 0.482 \text{ Kg}$$

Al reemplazar en la ecuación 3.45:

$$I = \frac{0.482 \text{ Kg} * (0.0254 \text{ m})^2}{8}$$

$$I = 3.88 * 10^{-5} \text{ Kg} - \text{m}^2$$

El momento de inercia total en el rodillo motriz será la sumatoria de todos sus componentes.

Cantidad	Denominación	Inercia (Kg-m ²)
1	Eje Rodillo Inferior AB	1.019 * 10 ⁻⁵
1	Eje Rodillo Inferior BC	2.42 * 10 ⁻⁵
1	Eje Rodillo Inferior DE	2.42 * 10 ⁻⁵
1	Eje Rodillo Inferior EF	3.88 * 10 ⁻⁵
	Total	9.73 * 10 ⁻⁵

Fuente: Autor

Tabla 3.5 Inercia rodillo inferior.

Al reemplazar los valores en la ecuación 3.51:

Datos:

$$w = 130 \text{ rpm} = 13.61 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

$$t = 0.25 \text{ seg}$$

$$\alpha = \frac{13.61 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}}{0.25 \text{ seg}}$$

$$\alpha = 54.44 \frac{\text{rad}}{\text{seg}^2}$$

El torque se determina mediante la ecuación 3.52:

$$T = 9.73 * 10^{-5} \text{ kg} - \text{m}^2 * 54.44 \text{ rad} / \text{seg}^2$$

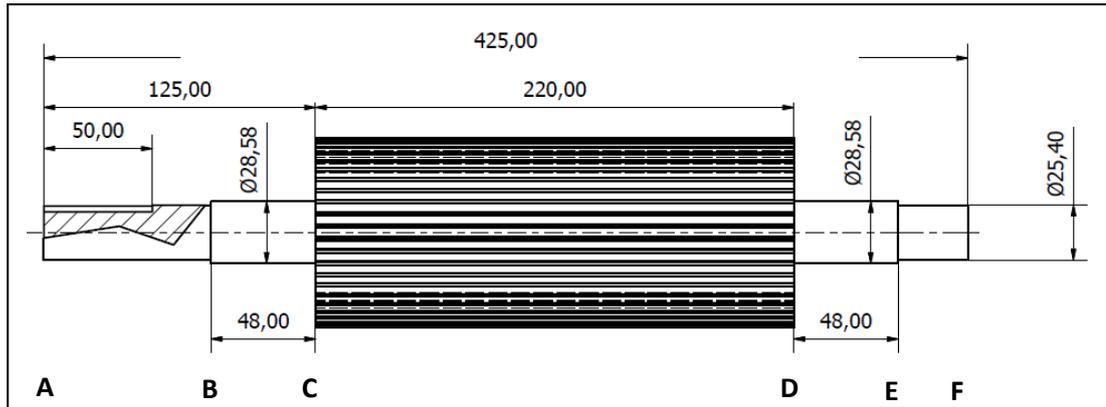
$$T = 5.29 * 10^{-3} \text{ N} - \text{m}$$

La potencia está dada por la ecuación 3.53:

$$P_1 = 5.29 * 10^{-3} \text{ N} - \text{m} * 13.61 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

$$P_1 = 0.072 \text{ W}$$

3.9.10 Eje rodillo superior



Fuente: Autor

Figura 3.44 Eje rodillo superior.

3.9.10.1 Determinación inercia eje rodillo superior (AB)

Datos:

$$\delta = 7800 \text{ kg/m}^3$$

$$l = 0.077 \text{ m}$$

$$d = 0.0254 \text{ m}$$

Al reemplazar valores en la ecuación 3.47:

$$V = \frac{\pi}{4} * (0.0254\text{m}^2) * 0.077\text{m}$$

$$V = 3.9 * 10^{-5} \text{ m}^3$$

Al reemplazar en la ecuación 3.49:

$$m = 3.9 * 10^{-5} \text{ m}^3 * 7800 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$m = 0.304 \text{ Kg}$$

Al reemplazar en la ecuación 3.45:

$$I = \frac{0.304 \text{ Kg} * (0.0254 \text{ m})^2}{8}$$

$$I = 2.45 * 10^{-5} \text{ Kg} - \text{m}^2$$

3.9.10.2 Determinación inercia eje rodillo superior (BC)

Datos:

$$\delta = 7800 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$l = 0.048 \text{ m}$$

$$d = 0.0285 \text{ m}$$

Al reemplazar en la ecuación 3.47:

$$V = \frac{\pi}{4} * (0.0285 \text{ m}^2) * 0.048 \text{ m}$$

$$V = 3.06 * 10^{-5} \text{ m}^3$$

Al reemplazar en la ecuación 3.49:

$$m = 3.06 * 10^{-5} \text{ m}^3 * 7800 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$m = 0.238 \text{ Kg}$$

Al reemplazar en la ecuación 3.45:

$$I = \frac{0.238 \text{ Kg} * (0.0285 \text{ m})^2}{8}$$

$$I = 2.42 * 10^{-5} \text{ Kg} - \text{m}^2$$

3.9.10.3 Determinación inercia eje rodillo superior (DE)

Datos:

$$\delta = 7800 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$l = 0.048 \text{ m}$$

$$d = 0.0285 \text{ m}$$

$$V = 3.06 * 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$m = 0.238 \text{ Kg}$$

$$I = 2.42 * 10^{-5} \text{ Kg} - \text{m}^2$$

3.9.10.4 Determinación inercia eje rodillo superior (EF)

Datos:

$$\delta = 7800 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$l = 0.032 \text{ m}$$

$$d = 0.0254 \text{ m}$$

Al reemplazar valores en la ecuación 3.47:

$$V = \frac{\pi}{4} * (0.0254\text{m}^2) * 0.032\text{m}$$

$$V = 1.62 * 10^{-5} \text{ m}^3$$

Al reemplazar en la ecuación 3.49:

$$m = 1.62 * 10^{-5} \text{ m}^3 * 7800 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$m = 0.126 \text{ Kg}$$

Al reemplazar en la ecuación 3.45:

$$I = \frac{0.126 \text{ Kg} * (0.0254 \text{ m})^2}{8}$$

$$I = 1.02 * 10^{-5} \text{ Kg} - \text{m}^2$$

El momento de inercia total en el rodillo motriz será la sumatoria de todos sus componentes.

Cantidad	Denominación	Inercia (Kg-m ²)
1	Eje Rodillo Superior AB	2.45 * 10 ⁻⁵
1	Eje Rodillo Superior BC	2.42 * 10 ⁻⁵
1	Eje Rodillo Superior DE	2.42 * 10 ⁻⁵
1	Eje Rodillo Superior EF	1.02 * 10 ⁻⁵
	Total	8.31 * 10 ⁻⁵

Fuente: Autor

Tabla 3.6 Inercia rodillo superior.

Al reemplazar los valores en la ecuación 3.51:

Datos:

$$w = 130 \text{ rpm} = 13.61 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

$$t = 0.25 \text{ seg}$$

$$\alpha = \frac{13.61 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}}{0.25 \text{ seg}}$$

$$\alpha = 54.44 \frac{\text{rad}}{\text{seg}^2}$$

El torque se determina mediante la ecuación 3.52:

$$T = 8.31 * 10^{-5} \text{ kg} - \text{m}^2 * 54.44 \text{ rad} / \text{seg}^2$$

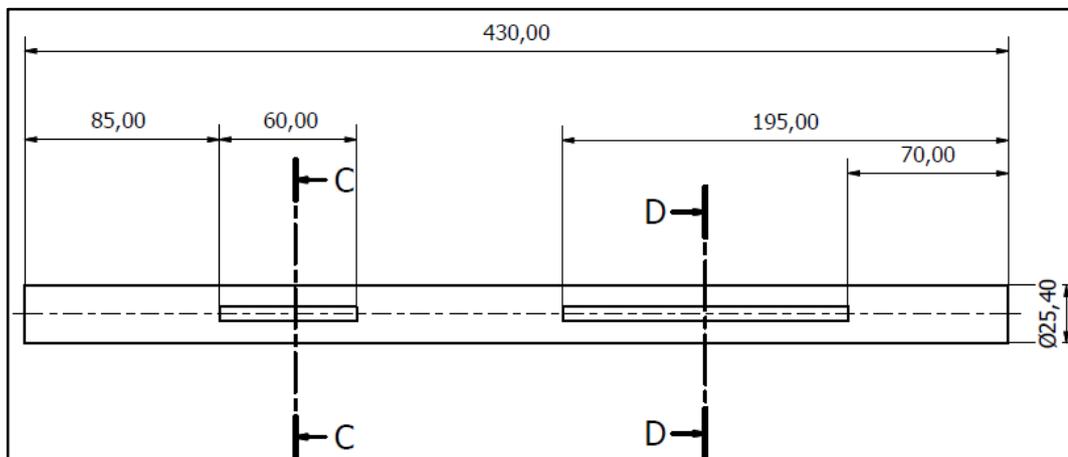
$$T = 4.52 * 10^{-3} \text{ N} - \text{m}$$

La potencia está dada por la ecuación 3.53:

$$P_2 = 4.52 * 10^{-3} \text{ N} - \text{m} * 13.61 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

$$P_2 = 0.061 \text{ W}$$

3.9.11 Determinación de inercia del eje polea



Fuente: Autor

Figura 3.45 Eje de la polea

Datos:

$$\delta = 7800 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$l = 0.430 \text{ m}$$

$$d = 0.0254 \text{ m}$$

Al reemplazar en la ecuación 3.47:

$$V = \frac{\pi}{4} * (0.0254\text{m})^2 * (0.430\text{m})$$

$$V = 2.17 * 10^{-4} \text{ m}^3$$

Al reemplazar en la ecuación 3.49:

$$m = 2.17 * 10^{-4} \text{ m}^3 * 7800 \text{ kg} / \text{ m}^3$$

$$m = 1.699 \text{ kg}$$

Al reemplazar valores en la ecuación 3.45:

$$I = 1.699 \text{ kg} * (0.0254\text{m})^2 / 8$$

$$I = 1.37 * 10^{-4} \text{ kg} - \text{ m}^2$$

Datos:

$$\alpha = 54.44 \frac{\text{rad}}{\text{seg}^2}$$

$$w = 13.61 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

El torque se determina mediante la ecuación 3.52:

$$T = 1.37 * 10^{-4} \text{ kg} - \text{ m}^2 * 54.44 \text{ rad} / \text{ seg}^2$$

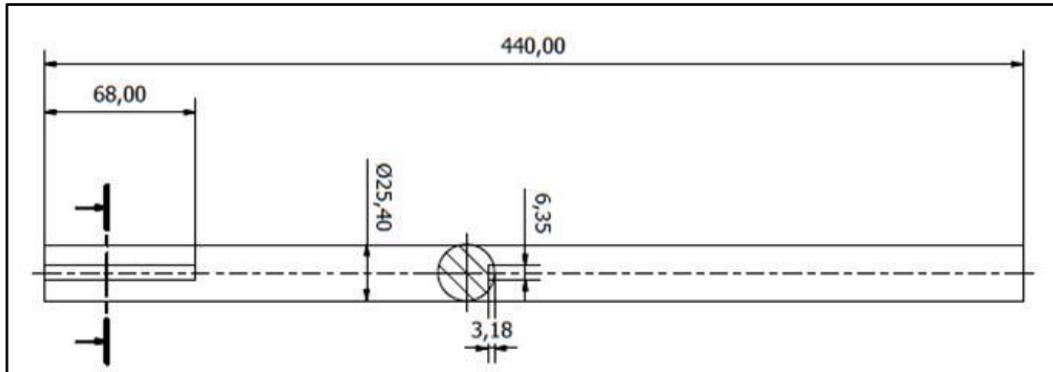
$$T = 7.45 * 10^{-3} \text{ N} - \text{ m}$$

La potencia está dada por la ecuación 3.53:

$$P_3 = 7.45 * 10^{-3} \text{ N-m} * 13.61 \text{ rad} / \text{ seg}$$

$$P_3 = 0.10 w$$

3.9.12 Determinación de inercia del eje transmisión (1)



Fuente: Autor

Figura 3.46 Eje transmisión (1).

Datos:

$$\delta = 7800 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$l = 0.44 \text{ m}$$

$$d = 0.0254 \text{ m}$$

Al reemplazar en la ecuación 3.47:

$$V = \frac{\pi}{4} * (0.0254\text{m})^2 * 0.44\text{m}$$

$$V = 2.22 * 10^{-4} \text{ m}^3$$

Al reemplazar en la ecuación 3.49:

$$m = 2.22 * 10^{-4} \text{ m}^3 * 7800 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$m = 1.739 \text{ kg}$$

Al reemplazar valores en la ecuación 3.45:

$$I = 1.739 \text{ kg} * (0.0254\text{m})^2 / 8$$

$$I = 1.402 * 10^{-4} \text{ kg} - \text{m}^2$$

Datos:

$$\alpha = 54.44 \frac{\text{rad}}{\text{seg}^2}$$

$$w = 13.61 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

El torque se determina mediante la ecuación 3.52:

$$T = 1.402 * 10^{-4} \text{ kg} - \text{m}^2 * 54.44 \text{ rad} / \text{seg}^2$$

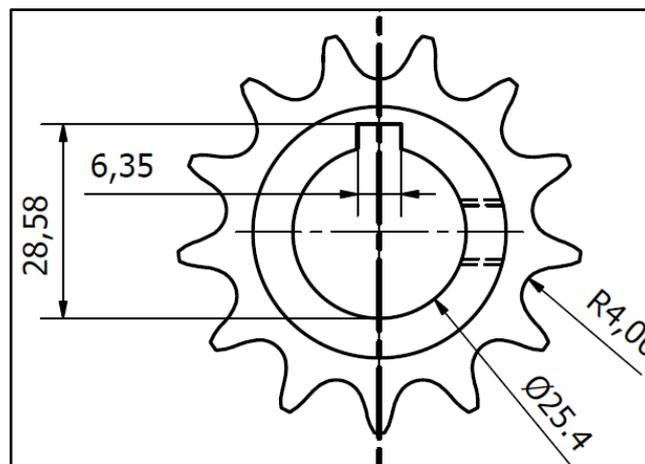
$$T = 7.63 * 10^{-3} \text{ N} - \text{m}$$

La potencia está dada por la ecuación 3.53:

$$P_4 = 7.63 * 10^{-3} \text{ N-m} * 13.61 \text{ rad} / \text{seg}$$

$$P_4 = 0.10 \text{ W}$$

3.9.13 Determinación de inercia de las catalinas 3-4-5-6-7-8 (Z=13)



Fuente: Autor

Figura 3.47 Catalina Z = 13.

Datos:

$$\delta = 7850 \text{ kg / m}^3$$

$$l_1 = 0.0072 \text{ m}$$

$$l_2 = 0.0208 \text{ m}$$

$$d_p = 0.053 \text{ m}$$

$$d_i = 0.254 \text{ m}$$

$$d_2 = 0.037 \text{ m}$$

Al reemplazar en la ecuación 3.48:

$$V_{H1} = \frac{\pi}{4} * (0.053\text{m}^2 - 0.0254\text{m}^2) * (0.0072\text{m})$$

$$V_1 = 1.22 * 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$V_{H2} = \frac{\pi}{4} * (0.037\text{m}^2 - 0.0254\text{m}^2) * (0.0208\text{m})$$

$$V_{H2} = 1.18 * 10^{-5} \text{ m}^3$$

Al reemplazar en la ecuación 3.49:

$$m_1 = 1.22 * 10^{-5} \text{ m}^3 * 7850 \text{ kg / m}^3$$

$$m_1 = 0.09577 \text{ kg}$$

$$m_2 = 1.18 * 10^{-5} \text{ m}^3 * 7850 \text{ kg / m}^3$$

$$m_2 = 0.0926 \text{ kg}$$

Al reemplazar valores en la ecuación 3.46:

$$I_1 = 0.09577 \text{ kg} * (0.053\text{m}^2 + 0.0254\text{m}^2) / 8$$

$$I_1 = 4.13 * 10^{-5} \text{ kg} - \text{m}^2$$

$$I_2 = 0.0926 \text{ kg} * (0.037\text{m}^2 + 0.0254\text{m}^2) / 8$$

$$I_2 = 2.33 * 10^{-5} \text{ kg} - \text{m}^2$$

La inercia total es:

$$I_T = I_1 + I_2$$

$$I_T = 4.13 * 10^{-5} \text{Kg} - \text{m}^2 + 2.33 * 10^{-5} \text{Kg} - \text{m}^2$$

$$I_T = 6.46 * 10^{-5} \text{ kg} - \text{m}^2$$

Datos:

$$\alpha = 54.44 \frac{\text{rad}}{\text{seg}^2}$$

$$\omega = 13.61 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

El torque se determina mediante la ecuación 3.52:

$$T = 6.46 * 10^{-5} \text{ Kg} - \text{m}^2 * 54.44 \text{ rad} / \text{seg}^2$$

$$T = 3.51 * 10^{-3} \text{ N} - \text{m}$$

La potencia está dada por la ecuación 3.53:

$$P_5 = 3.51 * 10^{-3} \text{N} - \text{m} * 13.61 \text{ rad} / \text{seg}$$

$$P_5 = 0.047 \text{ w}$$

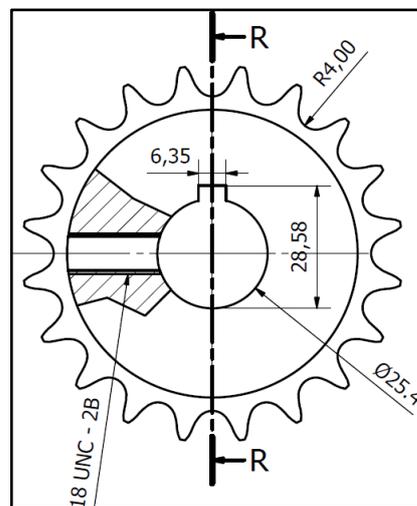
La potencia total es:

$$P_T = P_5 * 6$$

$$P_T = 0.047 * 6$$

$$P_{T5} = 0.28 \text{ w}$$

3.9.14 Determinación de inercia de la catalina 2 (Z=20)



Fuente: Autor

Figura 3.48 Catalina Z = 20.

Datos:

$$\delta = 7850 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$l_1 = 0.0072 \text{ m}$$

$$l_2 = 0.0208 \text{ m}$$

$$d_p = 0.08118 \text{ m}$$

$$d_i = 0.254 \text{ m}$$

$$d_2 = 0.064 \text{ m}$$

Al reemplazar en la ecuación 3.48:

$$V_{H1} = \frac{\pi}{4} * (0.08118\text{m}^2 - 0.0254\text{m}^2) * (0.0072\text{m}) = 3.418 * 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$V_{H2} = \frac{\pi}{4} * (0.064\text{m}^2 - 0.0254\text{m}^2) * (0.0208\text{m}) = 5.63 * 10^{-5} \text{ m}^3$$

Al reemplazar en la ecuación 3.49:

$$m_1 = 3.418 * 10^{-5} \text{ m}^3 * 7850 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$m_1 = 0.2683 \text{ kg}$$

$$m_2 = 5.63 * 10^{-5} \text{ m}^3 * 7850 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$m_2 = 0.441 \text{ kg}$$

Al reemplazar valores en la ecuación 3.46:

$$I_1 = 0.2683 \text{ kg} * (0.08118\text{m}^2 + 0.0254\text{m}^2) / 8$$

$$I_1 = 2.426 * 10^{-4} \text{ kg} - \text{m}^2$$

$$I_2 = 0.441 \text{ kg} * (0.064\text{m}^2 + 0.0254\text{m}^2) / 8$$

$$I_2 = 2.619 * 10^{-4} \text{ kg} - \text{m}^2$$

La inercia total es:

$$I_T = I_1 + I_2$$

$$I_T = 2.426 * 10^{-4} \text{ Kg} - \text{m}^2 + 2.619 * 10^{-4} \text{ Kg} - \text{m}^2$$

$$I_T = 5.045 * 10^{-4} \text{ kg} - \text{m}^2$$

Datos:

$$\alpha = 54.44 \frac{\text{rad}}{\text{seg}^2}$$

$$w = 13.61 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

El torque se determina mediante la ecuación 3.52:

$$T = 5.045 * 10^{-4} * \text{kg} \cdot \text{m}^2 * 54.44 \text{ rad} / \text{seg}^2$$

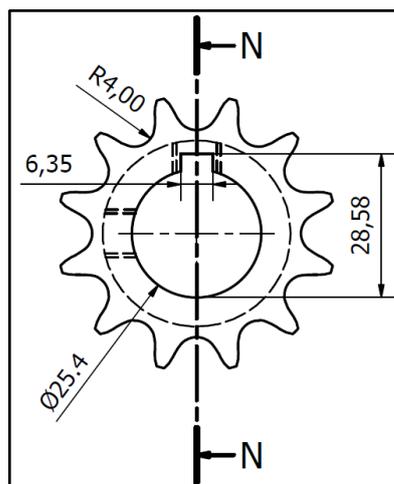
$$T = 0.027 \text{ N} \cdot \text{m}$$

La potencia está dada por la ecuación 3.53:

$$P_6 = 0.027 \text{ N} \cdot \text{m} * 13.61 \text{ rad} / \text{seg}$$

$$P_6 = 0.37 \text{ W}$$

3.9.15 Determinación de inercia de la catalina 1 (Z=12)



Fuente: Autor

Figura 3.49 Catalina Z = 12.

Datos:

$$\delta = 7850 \text{ kg / m}^3$$

$$l_1 = 0.0072 \text{ m}$$

$$l_2 = 0.0208 \text{ m}$$

$$d_p = 0.04907 \text{ m}$$

$$d_i = 0.0254 \text{ m}$$

$$d_2 = 0.033 \text{ m}$$

Al reemplazar en la ecuación 3.48:

$$V_{H1} = \frac{\pi}{4} * (0.04907\text{m}^2 - 0.0254\text{m}^2) * (0.0072\text{m})$$

$$V_{H1} = 9.96 * 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$V_{H2} = \frac{\pi}{4} * (0.033\text{m}^2 - 0.0254\text{m}^2) * (0.0208\text{m})$$

$$V_{H2} = 7.25 * 10^{-6} \text{ m}^3$$

Al reemplazar en la ecuación 3.49:

$$m_1 = 9.96 * 10^{-6} \text{ m}^3 * 7850 \text{ kg / m}^3$$

$$m_1 = 0.078 \text{ kg}$$

$$m_2 = 7.25 * 10^{-6} \text{ m}^3 * 7850 \text{ kg / m}^3$$

$$m_2 = 0.0569 \text{ kg}$$

Al reemplazar valores en la ecuación 3.46:

$$I_1 = 0.078 \text{ kg} * (0.04907\text{m}^2 + 0.0254\text{m}^2) / 8$$

$$I_1 = 2.986 * 10^{-5} \text{ kg} - \text{m}^2$$

$$I_2 = 0.0569 \text{ kg} * (0.033\text{m}^2 + 0.0254\text{m}^2) / 8$$

$$I_2 = 1.233 * 10^{-5} \text{ kg} - \text{m}^2$$

La inercia total es:

$$I_T = I_1 + I_2$$

$$I_T = 2.986 * 10^{-5} \text{Kg} - \text{m}^2 + 1.233 * 10^{-5} \text{Kg} - \text{m}^2$$

$$I_T = 4.219 * 10^{-5} \text{ kg} - \text{m}^2$$

Datos:

$$\alpha = 90.72 \frac{\text{rad}}{\text{seg}^2}$$

$$\omega = 22.68 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

El torque se determina mediante la ecuación 3.52:

$$T = 4.219 * 10^{-5} \text{ kg} / \text{m}^2 * 90.72 \text{ rad} / \text{seg}$$

$$T = 3.82 * 10^{-3} \text{ N} - \text{m}$$

La potencia está dada por la ecuación 3.53:

$$P_7 = 3.82 * 10^{-3} \text{ N} - \text{m} * 22.68 \text{ rad} / \text{seg}$$

$$P_7 = 0.086 \text{ w}$$

3.9.16 Potencia total de los elementos

Cantidad	Denominación	Potencia (w)
1	Eje Rodillo Inferior	0.072
1	Eje Rodillo Superior	0.061
1	Eje Polea	0.10
1	Eje Transmisión 1	0.10
6	CATALINAS (Z=13)	0.28
1	CATALINAS (Z=20)	0.37
1	CATALINAS (Z=12)	0.086
	TOTAL	1.069

Fuente: Autor

Tabla 3.7 Potencia total de los elementos.

3.9.17 POTENCIA TOTAL TEORICA

Una vez obtenidas las potencias de todos los elementos, se procede a calcular la potencia total teórica requerida para la máquina extractora de gel de sábila:

$$P_{Tt} = P_{r1} + P_o + P_e \quad \text{Ecuación (3.60)}$$

$$P_{Tt} = 205.78 w + 376.52 w + 1.069 w$$

$$P_{Tt} = 583.36 (W)$$

Calculado el valor teórico, se puede calcular la potencia real del motor ya que solo se ha considerado la potencia requerida por el sistema, pero no las pérdidas ocasionadas en la transmisión y la eficiencia del motor.

La eficiencia del motor se establece en un 90%, la eficiencia del sistema mediante banda es 95% y de la transmisión por cadena 96%.⁷⁴

74. Cfr. <http://www.monografias.com/trabajos82/disenio-sistema-trasmision-polea-banda/disenio-sistema-trasmision-polea-banda.shtml>

Por lo tanto:

$$P_R = \frac{P_{Tt}}{\eta_m * \eta_{tb} * \eta_{tc}} \quad \text{Ecuación (3.61)}$$

$$P_R = \frac{583.36 \text{ w}}{0.9 * 0.95 * 0.96}$$

$$P_R = 710.72 (W) \approx 0.95 \text{ HP}$$

Se selecciona un motor de 1 HP (746 W) para la máquina, con 1730 RPM.

3.10 Selección de catalinas y cadena

Para la transmisión 2 se ha escogido utilizar catalinas y cadena, ya que es un sistema de transmisión con una eficiencia del 96 %.

Las características básicas de las transmisiones de cadena incluyen una relación constante puesto que no se involucra al deslizamiento ni el arrastre, vida larga y capacidad para impulsar varios ejes a partir de una sola fuente de potencia.⁷⁵

Para seleccionar las catalinas y cadena se considera que:

- Potencia a transmitir en kilovatios.
- Velocidad de los ejes motriz y conducido.
- Características del grupo motriz.
- Distancia entre centros.

El cálculo de la potencia de selección de la cadena se determina por:

$$P_{sel} = f_1 * f_2 * P \quad \text{Ecuación (3.62)}$$

75. Cfr. <http://www.renold.es/nmsruntime/saveasdialog.asp?IID=1113&sID=860>

Al ser:

- (f_1) Factor de aplicación de carga.
- (f_2) Factor de diente.
- (P) Potencia a transmitir 0.71 [kW]

$$P_{sel} = 1.3 * 1.495 kW * 0.71 kW$$

$$P_{sel} = 1.37 Kw$$

De acuerdo con el ANEXO 4C se tiene un factor de carga de 1.3. Después de realizar una interpolación en el ANEXO 4D, se tiene un factor de diente de 1.495.

Por la tanto la cadena a emplearse según los ANEXOS 4E, 4F y 4G es una estándar de rodillos N°40 y paso 1/2 pulgada.

3.10.1 Cálculo de la longitud de la cadena

La longitud de la cadena se calcula con la siguiente fórmula: ⁷⁶

$$Lc = \frac{N_1 + N_2}{2} + \frac{2 * C}{P_c} + \frac{P_c * \left(\frac{N_2 - N_1}{\pi}\right)^2}{C} \quad \text{Ecuación (3.63)}$$

Al ser:

- (Lc) Longitud de la cadena [pulg]
- (N_1) Número de dientes de la catalina conductora 12 [dientes]
- (N_2) Número de dientes de la catalina conducida 20 [dientes]
- (P_c) Paso de la cadena 1/2 [pulg]
- (C) Distancia entre centros 30 pasos

$$Lc = \frac{12 + 20}{2} + \frac{2 * 30}{\frac{1}{2}} + \frac{\frac{1}{2} * \left(\frac{20 - 12}{\pi}\right)^2}{30}$$

76. Cfr. <http://www.renold.es/nmsruntime/saveasdialog.asp?IID=1113&sID=860>

$$Lc = 16 + 72.8 + 0.178$$

$$Lc = 89.15 \text{ pasos}$$

3.10.2 Cálculo de la distancia entre centros ⁷⁷

$$C = \frac{P}{8} * \left[(2 * L - N_2 - N_1) + \sqrt{(2 * L - N_2 - N_1)^2 - \left(\frac{\pi}{3.88} * (N_2 - N_1)^2 \right)} \right]$$

$$C = \frac{0.5}{8} * \left[(2 * 89.15 - 20 - 12) + \sqrt{(2 * 89.15 - 20 - 12)^2 - \left(\frac{\pi}{3.88} * (20 - 12)^2 \right)} \right]$$

$$C = \frac{0.5}{8} * [(146.31) + \sqrt{21407.28 - 51.82}]$$

$$C = 18.27 \text{ pasos}$$

$$C = 232.12 \text{ mm} \approx 233 \text{ mm}$$

3.11 Bandas

3.11.1 Distancia entre centros de las poleas

La distancia entre centros de poleas debe ser elegida de forma tal que permita colocar las poleas sin chocar. ⁷⁸

$$C \leq (D_1 + D_2) \quad \text{Ecuación (3.64)}$$

$$C = (2'' + 16'')$$

$$C = 18''$$

77. Cfr. <http://www.renold.es/nmsruntime/saveasdialog.asp?IID=1113&sID=860>

78. Cfr. Dayco, Catálogo de Correas Industriales, 2010

3.11.1.1 Distancia mínima y máxima entre ejes

Distancia mínima: ⁷⁹

$$C_m = 0.7 * C \quad \text{Ecuación (3.65)}$$

Distancia máxima: ⁸⁰

$$C_M = 2 * C \quad \text{Ecuación (3.66)}$$

Por tanto:

$$C_m = 0.7 * 16 = 11.2 \text{ pulg} = 281.01 \text{ mm}$$

$$C_M = 2 * 16 = 32 \text{ pulg} = 812.8 \text{ mm}$$

3.11.2 Selección de bandas

En primera instancia partiremos de los siguientes datos iniciales:

Velocidad Angular $w = 1730 \frac{rev}{min}$

Potencia $P = 0.95 \text{ HP}$

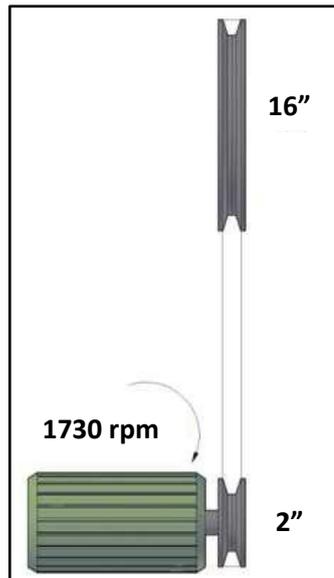
Distancia entre centros $c = 281 \text{ mm} = 13.06 \text{ pulgadas}$

Diámetro de las poleas (según gráfica)

Esto se observa en la figura 3.50

79. Cfr. www.polmangueras.com

80. Cfr. <http://www.correasrincon.com.ar/>



Fuente: Autor

Figura 3.50 Transmisión 1.

3.11.3 Determinación de la potencia de cálculo

Debido a que las máquinas conducidas tienen formas particulares de funcionamiento, se debe prevenir fallas debidas a los golpes, vibraciones o estiramientos. De forma similar, las máquinas motoras, algunas son más suaves que otras, o tienen un impulso inicial o un giro a tirones.

Estas situaciones se consideran a través de un factor de servicio (f_{serv}) que aumenta la potencia a transmitir para obtener la potencia de diseño que considera las características de la máquina y el motor utilizado.⁸¹

$$P_d = P_t * f_{serv} \quad \text{Ecuación (3.67)}$$

En la tabla 3.8, se puede hallar el motor utilizado y la máquina que más se asemeja a su diseño.

81. Cfr. <http://www.correasrincon.com.ar/>

Maquinas	Motor eléctrico sincrónico.			Motor eléctrico de alto par.		
	Motor de combustión interna multicilindro. Turbinas.			Motor de combustión interna monocilindro		
	8h/d	16h/dia	24h/d	8h/d	16h/d	24h/d
	Carga ligera					
Agitadores de líquidos. Bombas y compresores centrifugos. Transportadores de banda. Ventiladores. Máquinas herramientas de corte continuo	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
Carga normal						
Bombas y compresores de 3 y más cilindros. Trituradoras de granos. Transportadores de cadena. Fresadoras	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
Carga pesada						
Bombas y compresores de uno y dos cilindros. Elevadores de cangilones. Cepilladoras y mortajadoras	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
Carga muy pesada						
Mecanismos de elevación de grúas. Prensas. Cizallas	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8

Tabla 3.8 Factores de servicio.⁸²

Se obtiene así el factor (f_{serv}), el cual se multiplica por la potencia a transmitir, para obtener la potencia de diseño, es decir:

Por lo tanto:

$$P_d = 0.95HP * 1.1$$

$$P_d = 1.04 HP \approx 1 HP$$

3.11.4 Selección del perfil de la correa

La selección del perfil puede ser realizada a partir de recomendaciones como las brindadas en las figuras por supuesto, la selección del perfil debe corresponder con las disponibilidades prácticas del tipo de perfil elegido.⁸³

Esto se observa en la figura 3.51

82. Cfr. <http://www.correasrincon.com.ar/>

83. Cfr. <http://www.correasrincon.com.ar/>

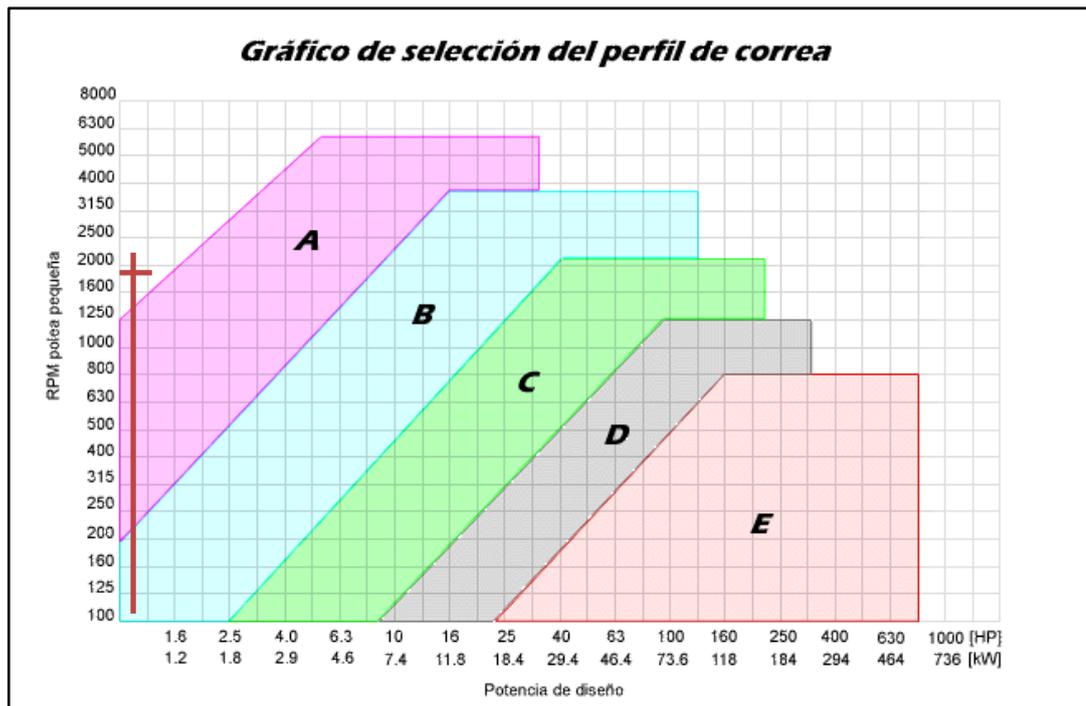


Figura 3.51 Selección del perfil de la correa.⁸⁴

Dado que las RPM y la potencia (P) son bajas no nos referiremos a la figura sino consideraremos una banda que cumpla con los diámetros y velocidades mínimas para su correcto funcionamiento. Por lo cual hemos seleccionado un perfil tipo V por su fácil adquisición y bajos costos referentes a otras bandas.

3.11.5 Identificación de la correa y polea a utilizar⁸⁵

3.11.5.1 Diámetro mínimo

Sección	A	B	C	D	E
Diámetro primitivo mínimo [mm]	63	100	160	280	400

Tabla 3.9 Selección del diámetro mínimo de polea.⁸⁶

84. Cfr. <http://www.correasrincon.com.ar/>

85. Cfr. <http://www.correasrincon.com.ar/>

86. Cfr. <http://www.correasrincon.com.ar/>

3.11.5.2 Longitud de la correa

$$L_B = \frac{(D_1 + D_2) * \pi}{2} + 2 * c + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4 * C} \quad \text{Ecuación (3.68)}$$

Al ser:

- (L_B) Longitud de la correa (*mm*)
- (c) Distancia entre ejes (*mm*)
- (D_2) Diámetro de la polea conducida (*mm*)
- (D_1) Diámetro de la polea conductora (*mm*)⁸⁷

$$L_B = \frac{(50.8 \text{ mm} + 406.4 \text{ mm}) * \pi}{2} + 2 * 281 \text{ mm} + \frac{(406.4 \text{ mm} - 50.8 \text{ mm})^2}{4 * 281 \text{ mm}}$$

$$L_B = 717.80 \text{ mm} + 562 \text{ mm} + 112.50 \text{ mm}$$

$$L_B = 1392.3 \text{ mm}$$

$$L_B = 54.81 \text{ pulgadas}$$

$$L_B \approx 55 \text{ pulgadas}$$

87. Cfr. <http://www.indarbelt.es/html/formulas.htm>

3.11.5.3 Banda trapezoidal de perfil clásico

"A" SECTION 0.5" TOP WIDTH x 0.31" THICKNESS x 40° ANGLE

Note - For A Section, add 2 inches for outside length - Example: A15 + 2 Inches = 17" approximate outside length

Belt Number	Outside Length (in.)	Approx. Weight (lbs.)	Belt Number	Outside Length (in.)	Approx. Weight (lbs.)	Belt Number	Outside Length (in.)	Approx. Weight (lbs.)	Belt Number	Outside Length (in.)	Approx. Weight (lbs.)			
A15	4L160	16.0	0.10	A46	4L480	48.0	0.30	A78	4L800	80.0	0.40	A111	113.0	0.75
A16	4L170	17.0	0.10	A47	4L490	49.0	0.30	A79	4L810	81.0	0.40	A112	114.0	0.80
A17	4L180	18.0	0.10	A48	4L500	50.0	0.30	A80	4L820	82.0	0.40	A113	115.0	0.80
A18	4L190	19.0	0.10	A49	4L510	51.0	0.30	A81	4L830	83.0	0.40	A114	116.0	0.80
A19	4L200	20.0	0.10	A50	4L520	52.0	0.30	A82	4L840	84.0	0.40	A115	117.0	0.80
A20	4L210	21.0	0.10	A51	4L530	53.0	0.30	A83	4L850	85.0	0.40	A116	118.0	0.80
A21	4L220	22.0	0.10	A52	4L540	54.0	0.30	A84	4L860	86.0	0.40	A118	120.0	0.80
A22	4L230	23.0	0.10	A53	4L550	55.0	0.30	A85	4L870	87.0	0.40	A119	121.0	0.80
A23	4L240	24.0	0.15	A54	4L560	56.0	0.30	A86	4L880	88.0	0.40	A120	122.0	0.80
A24	4L250	25.0	0.20	A55	4L570	57.0	0.30	A87	4L890	89.0	0.40	A124	126.0	0.80
A25	4L260	26.0	0.20	A56	4L580	58.0	0.30	A88	4L900	90.0	0.40	A128	128.0	0.80
A26	4L270	27.0	0.20	A57	4L590	59.0	0.30	A89	4L910	91.0	0.40	A130	132.0	0.80
A27	4L280	28.0	0.20	A58	4L600	60.0	0.30	A90	4L920	92.0	0.40	A133	135.0	0.80
A28	4L290	29.0	0.20	A59	4L610	61.0	0.30	A91	4L930	93.0	0.50	A134	136.0	0.80
A29	4L300	30.0	0.20	A60	4L620	62.0	0.30	A92	4L940	94.0	0.50	A135	137.0	0.90
A30	4L310	31.0	0.20	A61	4L630	63.0	0.30	A93	4L950	95.0	0.50	A136	138.0	0.90
A31	4L320	32.0	0.20	A62	4L640	64.0	0.30	A94	4L960	96.0	0.50	A137	139.0	0.90
A32	4L330	33.0	0.20	A63	4L650	65.0	0.30	A95	4L970	97.0	0.50	A140	142.0	0.95
A33	4L340	34.0	0.20	A64	4L660	66.0	0.30	A96	4L980	98.0	0.50	A144	146.0	1.00
A34	4L350	35.0	0.20	A65	4L670	67.0	0.30	A97	4L990	99.0	0.50	A157	159.0	1.10
A35	4L360	36.0	0.20	A66	4L680	68.0	0.40	A98	4L1000	100.0	0.50	A158	160.0	1.10
A36	4L370	37.0	0.20	A67	4L690	69.0	0.40	A99		101.0	0.50	A162	162.0	1.10
A37	4L380	38.0	0.20	A68	4L700	70.0	0.40	A100		102.0	0.50	A173	175.0	1.15
A38	4L390	39.0	0.20	A69	4L710	71.0	0.40	A101		103.0	0.50	A180	182.0	1.15
A39	4L400	40.0	0.20	A70	4L720	72.0	0.40	A103		105.0	0.50	A196	198.0	1.31
A40	4L410	41.0	0.20	A71	4L730	73.0	0.40	A104		106.0	0.50	A197	199.0	1.31
A41	4L420	42.0	0.20	A72	4L740	74.0	0.40	A105		107.0	0.50	A210	212.0	1.35
A42	4L430	43.0	0.20	A73	4L750	75.0	0.40	A106		108.0	0.55	A221	223.0	1.40
A43	4L440	44.0	0.20	A74	4L760	76.0	0.40	A107		109.0	0.57	A256	258.0	1.70
A44	4L450	45.0	0.30	A75	4L770	77.0	0.40	A108		110.0	0.60	A258	260.0	1.75
A45	4L460	46.0	0.30	A76	4L780	78.0	0.40	A109		111.0	0.65			
	4L470	47.0	0.30	A77	4L790	79.0	0.40	A110		112.0	0.70			

Tabla 3.10 Banda perfil A.⁸⁸

Se selecciona del catálogo la polea de sección tipo A que más se ajuste a nuestros requerimientos en este caso la A53.

3.11.5.4 Ángulo de contacto

Los ángulos de contacto o abrazamiento de la polea menor y de la polea mayor son, respectivamente:⁸⁹

$$\theta_1 = \pi - 2 * \text{sen}^{-1} \left(\frac{D_2 - D_1}{2 * c} \right) \quad \text{Ecuación (3.69)}$$

$$\theta_1 = \pi - 2 * \text{sen}^{-1} \left(\frac{16 - 2}{2 * 11.06} \right)$$

$$\theta_1 = 1.77 \text{ rad} = 101.46^\circ$$

88. Cfr. JB-9-Power-Transmission-Belt-Catalog-2013-WEB BANDA

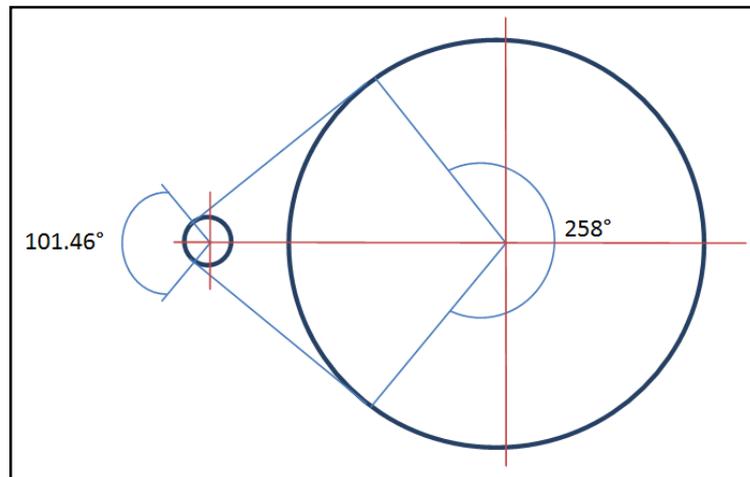
89. Cfr. Shigley, Richard G Budynas, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, McGraw-Hill, 6ta edición, México, 2002, pág. 1077

$$\theta_2 = \pi + 2 * \text{sen}^{-1} \left(\frac{D_2 - D_1}{2 * c} \right) \quad \text{Ecuación (3.70)}$$

$$\theta_2 = \pi + 2 * \text{sen}^{-1} \left(\frac{16 - 2}{2 * 11.06} \right)$$

$$\theta_2 = 4.51 \text{ rad} = 258^\circ$$

Esto se observa en la figura 3.52



Fuente: Autor

Figura 3.52 Ángulos de contacto

La polea menor es la que regula el diseño, es decir, que la polea menor está transmitiendo su máxima potencia cuando la correa comienza a deslizar, mientras que la polea mayor no está desarrollando su máxima capacidad en este punto.

3.11.5.5 Cálculo de la velocidad de la correa V

La velocidad de la correa debe ser lo mayor posible, para disminuir la cantidad de correas necesarias en la transmisión, pero nunca debe superar la velocidad máxima límite (V_{max}), para que el efecto de la fuerza centrífuga no disminuya la capacidad atractiva de la correa.

Polea conductora⁹⁰

$$w_1 = 1730 \frac{rev}{min}$$

$$w_1 = 1730 \frac{rev}{min} * \frac{1min}{60s} * \frac{2\pi rad}{1 rev}$$

$$w_1 = 181.16 \frac{rad}{s}$$

$$V_1 = w * r \leq V_{max}$$

Ecuación (3.71)

$$V_1 = 181.16 \frac{rad}{s} * 2 \text{ pulg} * 25.4 \text{ mm}/1000 \text{ mm}/2$$

$$V_1 = 4.60 \text{ m/s}$$

Polea Conducida

$$w_2 = 216.66 \frac{rev}{min}$$

$$w_2 = 216.66 \frac{rev}{min} * \frac{1min}{60s} * \frac{2\pi rad}{1 rev}$$

$$w_2 = 22.68 \frac{rad}{s}$$

$$V_2 = w * r \leq V_{max}$$

$$V_2 = 22.68 \frac{rad}{s} * 16 \text{ pulg} * 25.4 \text{ mm}/1000 \text{ mm}/2$$

$$V_2 = 4.60 \text{ m/s}$$

90. Cfr. Kurt Gieck - Reiner Gieck, *Manual de Fórmulas Técnicas*, Alfaomega, 30va. Edición, México, 2000, pág. L4.

La sección tipo A, cumple con los parámetros de velocidad máxima y diámetro mínimo requerido por lo cual es seleccionada para ser el elemento flexible para la primera parte en la transmisión.

SECC.	ANCHO BASE MAYOR		ESPESOR		DIAM. MÍNIMO	FLEXION MAX	VELOC.MAX.
	mm	Pulg	mm	Pulgadas	POLEA mm	Flex/seg	mt/seg
A	9	3/8	8	5/16	63	100	40
B	15	5/8	13	17/32	100	100	40

Tabla 3.11 Característica de las bandas.⁹¹

3.12 Selección de la chaveta

Las función principal de las cuñas o chavetas es la de fijar a la polea sobre su eje y también el de transmitir movimiento de rotación desde un eje hasta el elemento que la soporta.

3.12.1 Selección del material

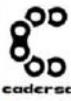
Se elige un acero bonificado para maquinaria BOHLER V-945 (AISI 1045), con una resistencia ultima de 650-750 $\left(\frac{N}{mm^2}\right)$ y un límite a la fluencia de 340 $\left(\frac{N}{mm^2}\right)$. Es un acero que contiene 0.45% C, 0.25% Si y 0.65% Mn. Sus aplicaciones son: árboles de transmisión, ejes, pernos, tuercas, ganchos, pines de sujeción, pasadores, cuñas, chavetas, portamatrices.

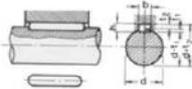
La longitud del cubo de una polea por lo general es mayor que el diámetro del eje para que exista estabilidad.

91. Cfr. <http://www.plasticaucho.com>

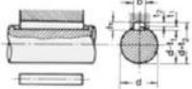
3.12.2 Dimensiones de chavetas y chaveteros según norma

DIMENSIONES CHAVETEROS Y CHAVETAS S/DIN 6885/1 - 6886 y 6887
STANDARD KEYWAYS S/DIN 6885/1 - 6886 and 6887





Chaveta paralela
S/DIN-6885/1



Chaveta de cuña
S/DIN-6886

Ø eje d mm desde-hasta	Medidas chaveta b x h mm	Medidas del chavetero en el cubo				Medidas de los ejes en el cubo de la rueda	
		Chaveta paralela S/DIN 6885/1		Chaveta de cuña S/DIN 6886 y 6887		Ø m/m desde-hasta	Tol. H-7 m/m
		d + t ₂ m/m	Tol. admisible 'en altura'm/m	d + t ₂ m/m	Tol. admisible (en altura)m/m		
16-22	6x6	d+2,6	+0,1	d+2,1	+0,1	10-18	+0,018 0
22-30	8x7	d+3,0		d+2,4			
30-38	10x8	d+3,4		d+2,8			
38-44	12x8	d+3,2		d+2,6		30-50	+0,025 0
44-50	14x9	d+3,6		d+2,9			
50-58	16x10	d+3,9		d+3,2		50-80	+0,030 0
58-65	18x11	d+4,3		d+3,5			
65-75	20x12	d+4,7		d+3,9		80-120	+0,035 0
75-85	22x14	d+5,6		d+4,8			
85-95	25x14	d+5,4	+0,2	d+4,6	+0,2	120-180	+0,040 0

Tabla 3.12 Dimensiones de chavetas y chaveteros.⁹²

Mediante la tabla y el diámetro del eje de 1plg = 25.4 mm. Se elige una chaveta de la siguiente forma: b x h = 8 x 7 mm; como se utilizara una chaveta plana, el chavetero será de 28.4 mm.

3.13 Selección de rodamiento



Fuente: Autor

Figura 3.53 Rodamiento.

92. Cfr. <http://www.cadersa.es>

3.13.1 Selección de rodamiento programa SKF

Information

Title: rodamientos bolas

Name: Richard

Lubrication

Lubrication specification method:

SKF grease

Grease:

GE2:Standard grease, average speed and temperature for D>62

EP additives:

No

Running conditions

	Time	Speed	Temp	Radial load	Axial load
		<i>r/min</i>	<i>°C</i>	<i>kN</i>	<i>kN</i>
Interval 1:	100	216.66	0.0	0.536	0.117

Contamination factor

Cleanliness classification:

Normal cleanliness (e.g. shielded bearing)

Clean assembly; good sealing system relative to the operating conditions.

Relubrication according to manufacturers specifications.

Shielded bearings that are greased for life with appropriate sealing capacity for the operating conditions.

Detailed Results - SKF Rating Life & ISO 281 Basic Rating Life

Bearing type: Deep groove ball bearings, Single row

Designation: 6001-Z

SKF rating life

L_{10mh}: 936000 *hours*

L_{10m}: 12200 *10⁶rev*

ISO basic rating life

L_{10h}: 78700 *hours*

L₁₀: 1020 *10⁶rev*

Speed: 216.66 *r/min*
 Temperature: 0.0 °C
 Operating viscosity: 2270 *mm²/s*
 Viscosity ratio, κ : 22.3
 Contamination factor, η_c : 0.58
 SKF life modification factor, a_{SKF} : 11.9

Resulting loads

Radial load: 0.536 *kN*
 Axial load: 0.117 *kN*
 Equivalent load: 0.536 *kN*

Summary - SKF Rating Life

Bearing type: Deep groove ball bearings, Single row

Designation: 6001-Z

Clearance: Normal

Designation	d	D	B	C	C ₀	L _{10m}	L _{10mh}	Notes
	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>kN</i>	<i>kN</i>	<i>10⁶rev</i>	<i>hours</i>	
6001-Z *	12.0	28.0	8.0	5.4	2.36	12200	936000	

*SKF Explorer bearing

Tabla 3.13 Selección de rodamiento.⁹³

3.14 Juntas soldadas

Puesto que los elementos a diseñar tienen que soportar momentos tanto torsor como flector, es necesario calcular los esfuerzos máximos para dichos momentos.

Para determinar el esfuerzo máximo a flexión se utilizara la expresión:⁹⁴

$$\sigma_x = \frac{M \cdot r}{I} + \frac{F}{A} \qquad \text{Ecuación (3.72)}$$

93. Cfr. <http://www.skf.com/co/knowledge-centre/engineering-tools/skfbearingselect.html>

94. Cfr. Shigley, Richard G Budynas, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, McGraw-Hill, 6ta edición, México, 2002, pág. 540

Donde r es la diferencia entre el centroide del grupo de juntas y el punto en cuestión de la soldadura, mientras que I es el momento de inercia del grupo de soldadura con respecto al centroide.

De acuerdo a esto se calcula el momento flector resultante, con la ecuación (3.30):

$$M = \sqrt{(M_{YX})^2 + (M_{ZX})^2}$$

El esfuerzo cortante máximo, se determina mediante la ecuación:⁹⁵

$$\tau = \frac{T * r}{J} + \frac{V}{A} \quad \text{Ecuación (3.73)}$$

Donde J es el momento polar de inercia del grupo de soldadura con respecto al centroide.

3.14.1 Factor de seguridad por falla estática para el metal de soldadura

Para el cálculo del módulo de inercia de la sección transversal, se utilizara la ecuación:⁹⁶

$$I = 0.707 * h * I_u \quad \text{Ecuación (3.74)}$$

Al ser:

I_u : Es el momento de inercia unitario. (VER ANEXO 4S)

El esfuerzo cortante máximo para el rodillo inferior, se determina mediante la ecuación (3.33):

$$\tau = \frac{T * r}{J}$$

95. Cfr. Shigley, Richard G Budynas, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, McGraw-Hill, 6ta edición, México, 2002, pág. 543

96. Cfr. Shigley, Richard G Budynas, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, McGraw-Hill, 6ta edición, México, 2002, pág. 548

Para el cálculo del momento polar de inercia se utiliza la siguiente ecuación:⁹⁷

$$J = 0.707 * h * J_u \quad \text{Ecuación (3.75)}$$

Al ser:

J_u : Es el momento polar de inercia unitario. (VER ANEXO 4T)

h : Es la medida de la garganta.

r : Distancia existente entre el centroide del grupo de juntas y el punto en cuestión de la soldadura.

Para el cálculo de seguridad para falla estático se utiliza la teoría de la energía de la distorsión, es decir se utiliza la ecuación (3.35):

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

Para calcular factores de seguridad en soldadura se utilizan los valores del metal base. (VER ANEXO 4N)

3.14.2 Factor de seguridad para falla debida a la fatiga en juntas soldadas.

Para calcular el factor de seguridad debido a la fatiga, se utiliza el método de la línea de Goodman modificada con la ecuación (3.36).

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

Se procede a calcular S_e' , con la ecuación (3.38):

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_e * K_f * S_e'$$

97. Cfr. Shigley, Richard G Budynas, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, McGraw-Hill, 6ta edición, México, 2002, pág. 545

El factor de superficie K_a para soldaduras y material primario en sus alrededores, debe basarse siempre en un acabado superficial como sale de la forja. (VER ANEXO 4O).

3.14.3 Soldadura de tapas en los rodillos

Para el cálculo de soldaduras en los rodillos, se toma el rodillo inferior. En el rodillo hay dos tapas, una en cada lado, es por esto que se selecciona en el diagrama de momentos la sección crítica, y se encuentra que esta se encuentra en tapa posterior.

La tapa se encuentra soldada en dos partes, en el diámetro interior y en el diámetro exterior, para el cálculo de los factores de seguridad se toma la soldadura interior, ya que esta tiene el momento de inercia menor al de la soldadura exterior.

Se calcula el momento flector resultante, con la ecuación (3.30):

$$M = \sqrt{(12.79 N - m)^2 + (10.67 N - m)^2}$$

$$M = 16.65 N - m$$

$$M = 1.69 Kgf - m$$

3.14.4 Factor de seguridad por falla estática para el metal de soldadura

Para el cálculo del módulo de inercia de la sección transversal, se utilizara la ecuación (3.74):

$$I = 0.707 * h * I_u$$

$$I_u = \frac{d^3}{6}$$

$$I_u = \frac{(0.0381 \text{ m})^3}{6}$$

$$I_u = 9.21 * 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$I = 0.707 * 0.007 \text{ m} * 9.21 * 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$I = 4.55 * 10^{-8} \text{ m}^4$$

Para determinar el esfuerzo máximo a flexión se utilizara la ecuación (3.72):

$$\sigma_x = \frac{1.69 \text{ Kgf} - \text{m} * 0.01905 \text{ m}}{4.55 * 10^{-8} \text{ m}^4}$$

$$\sigma_x = 707571.428 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_x = 1.004 \frac{\text{Klb}}{\text{pulg}^2}$$

El esfuerzo cortante máximo, se determina mediante la ecuación (3.33):

$$\tau = \frac{T * r}{J}$$

Para el cálculo del momento polar de inercia se utiliza la ecuación (3.75):

$$J_u = \frac{d(3b^2 + d^2)}{6}$$

$$J_u = \frac{0.0381 \text{ m} (3 * (0.0381 \text{ m})^2 + (0.0381 \text{ m})^2)}{6}$$

$$J_u = 3.687 * 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$J = 0.707 * 0.007 \text{ m} * 3.687 * 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$J = 1.82 * 10^{-7} \text{ m}^4$$

Una vez determinado los datos necesarios se procede a calcular, el esfuerzo cortante máximo:

$$\tau = \frac{5.15 * 10^{-4} \text{ Kgf} - \text{m} * 0.01905 \text{ m}}{1.82 * 10^{-7} \text{ m}^4}$$

$$\tau = 53.90 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}^2}$$

$$\tau = 7.65 * 10^{-5} \frac{\text{klb}}{\text{plg}^2}$$

Al reemplazar en la ecuación (3.34):

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\left(1.004 \frac{\text{Klb}}{\text{pulg}^2}\right)^2 + 3 * \left(7.65 * 10^{-5} \frac{\text{klb}}{\text{plg}^2}\right)^2}$$

$$\sigma_{eq} = 1.004 \text{ Kpsia}$$

Al reemplazar en la ecuación (3.35):

$$\eta_s = \frac{50 \text{ Kpsia}}{1.004 \text{ Kpsia}}$$

$$\eta_s = 49.8$$

3.14.5 Factor de seguridad para falla debida a la fatiga.

Para calcular el factor de seguridad debido a la fatiga, se utiliza el método de Goodman con la ecuación (3.36).

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

Al reemplazar en la ecuación (3.37):

$$\sigma_m = \sqrt{3 \left(7.65 * 10^{-5} \frac{klb}{plg^2} \right)^2}$$

$$\sigma_m = 1.32 * 10^{-4} \text{ Kpsi}$$

$$\sigma_a = \sigma_x = 1.004 \text{ Kpsia}$$

El acero inoxidable 304 tiene un $S_{ut} = 82.4 \text{ Kpsi}$ (VER ANEXO 4N)

Al reemplazar en la ecuación (3.39):

$$S_e' = 0.5 * 82.4 \text{ Kpsi}$$

$$S_e' = 41.2 \text{ Kpsi}$$

Al reemplazar en la ecuación (3.40):

Con $a = 39.9$ y $b = -0.995$ (VER ANEXO 4O)

$$K_a = 39.9 * (82.4)^{-0.995}$$

$$K_a = 0.495$$

Al reemplazar en la ecuación (3.41):

$$K_b = 1.24 * (25.4)^{-0.107}$$

$$K_b = 0.877$$

$$K_c = 0.59 \text{ (VER ANEXO 4P)}$$

$$K_d = 1 \text{ (VER ANEXO 4Q)}$$

$$K_{f*} = 2.7 \text{ (VER ANEXO 4U)}$$

$$K_e = \frac{1}{K_{f*}} \quad \text{Ecuación (3.76)}$$

$$K_e = \frac{1}{2.7}$$

$$K_e = 0.37$$

$$K_f = 1$$

Al reemplazar en la ecuación (3.38), se tiene:

$$S_e = 0.495 * 0.877 * 0.59 * 1 * 0.37 * 1 * 41.2 \text{ Kpsi}$$

$$S_e = 3.9 \text{ Kpsi}$$

Al reemplazar en la ecuación (3.36), se tiene:

$$\frac{1.32 * 10^{-4} \text{ Kpsi}}{82.4 \text{ Kpsi}} + \frac{1.004 \text{ Kpsia}}{3.9 \text{ Kpsi}} = \frac{1}{n}$$

$$1.60 * 10^{-6} + 0.25 = \frac{1}{n}$$

$$n = 4$$

3.15 Diseño de pernos

Para el diseño de pernos se tomaran en consideración los pernos que sujetan a las chumaceras del rodillo inferior con la estructura de la maquina extractora de gel de sábila.

Los pernos utilizados en la maquina peladora de chochos hidratados son:

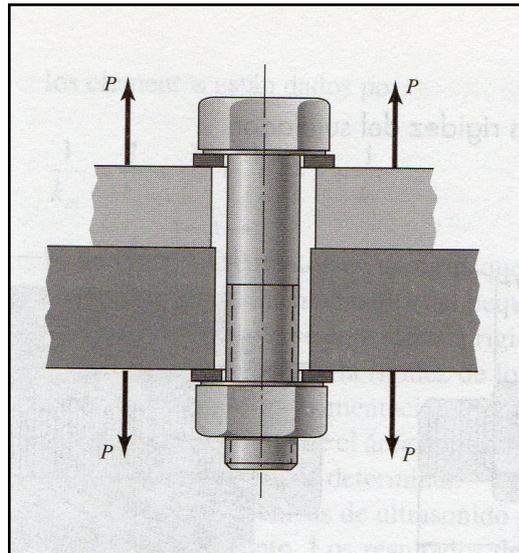


Figura 3.54 Diagrama para el diseño de los pernos.⁹⁸

En donde el esfuerzo de empuje se lo determinara mediante la siguiente expresión:

$$\sigma_p = \frac{P}{A} \quad \text{Ecuación (3.77)}$$

Al ser:

$$\sigma_p = \text{Esfuerzo de empuje} \quad \left(\frac{kgf}{m^2}\right)$$

$$P = \text{Fuerza de empuje} \quad (kgf)$$

$$A = \text{Área de la sección} \quad (m^2)$$

98. Cfr. Shigley, Richard G Budynas, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, McGraw-Hill, 6ta edición, México, 2002, pág. 469

El módulo de rigidez del perno se lo determina con la siguiente expresión:⁹⁹

$$k_b = \frac{A_d * A_t * E}{A_d * l_t + A_t * l_d} \quad \text{Ecuación (3.78)}$$

Al ser:

$$k_b = \text{Constante de rigidez del perno} \quad \left(\frac{\text{kgf}}{\text{m}}\right)$$

$$A_d = \text{Área del diámetro mayor del sujetador} \quad (\text{m}^2)$$

$$A_t = \text{Área de esfuerzo a tensión} \quad (\text{m}^2) \text{ (VER ANEXO 4V)}$$

$$l_t = \text{Longitud de la parte roscada de agarre} \quad (\text{m})$$

$$l_d = \text{Longitud de la parte sin rosca en agarre} \quad (\text{m})$$

$$E = \text{Modulo de elasticidad} \quad \left(\frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}\right) \text{ (VER ANEXO 4N)}$$

En donde la constante de rigidez de los elementos es:¹⁰⁰

$$k_m = \frac{0.577 * \pi * E * d}{2 * \ln \left[5 * \left(\frac{0.577 * l + 0.5 * d}{0.577 * l + 2.5 * d} \right) \right]} \quad \text{Ecuación (3.79)}$$

Al ser:

$$k_m = \text{Constante de rigidez de los elementos} \quad \left(\frac{\text{kgf}}{\text{m}}\right)$$

$$d = \text{Diámetro mayor del sujetador} \quad (\text{m})$$

$$l = \text{Longitud de agarre del perno} \quad (\text{m})$$

La constante C, se la determina utilizando la siguiente expresión:¹⁰¹

$$C = \frac{k_b}{k_b + k_m} \quad \text{Ecuación (3.80)}$$

99. Cfr. Shigley, Richard G Budynas, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, McGraw-Hill, 6ta edición, México, 2002, pág. 469

100. Cfr. Shigley, Richard G Budynas, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, McGraw-Hill, 6ta edición, México, 2002, pág. 472

101. Cfr. Shigley, Richard G Budynas, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, McGraw-Hill, 6ta edición, México, 2002, pág. 479

En donde la carga de prueba obtenida, F_p se la determina utilizando la siguiente expresión:¹⁰²

$$F_p = S_p * A_t \quad \text{Ecuación (3.81)}$$

Al ser:

$$\begin{aligned} F_p &= \text{Carga de prueba} && (kgf) \\ S_p &= \text{Resistencia a la Tensión} && \left(\frac{kgf}{m^2}\right) \text{ (VER ANEXO 4W)} \\ A_t &= \text{Área de Tensión} && (m^2) \end{aligned}$$

Para la precarga s utiliza la ecuación:¹⁰³

$$F_i = 0.75 * F_p \quad \text{Ecuación (3.82)}$$

En donde el factor estático se lo determina mediante la siguiente expresión:¹⁰⁴

$$\eta_s = \frac{(A_t * \sigma_b) - F_i}{C * P} \quad \text{Ecuación (3.83)}$$

3.15.1 Diseño de pernos sujetadores del rodillo inferior

Los pernos utilizados en la máquina extractora de gel de sábila son de acero inoxidable ANSI/ASME B 18.2.1-3/8-16 UNC-3

El esfuerzo de empuje se lo determinara mediante la ecuación (3.77):

$$\sigma_p = \frac{P}{A}$$

102. Cfr. Shigley, Richard G Budynas, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, McGraw-Hill, 6ta edición, México, 2002, pág. 488

103. Cfr. Shigley, Richard G Budynas, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, McGraw-Hill, 6ta edición, México, 2002, pág. 488

104. Cfr. Shigley, Richard G Budynas, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, McGraw-Hill, 6ta edición, México, 2002, pág. 486

$$\sigma_p = \frac{2 * 849.25 \text{ kgf}}{\pi * \frac{(9.525 * 10^{-3} \text{ m})^2}{4}}$$

$$\sigma_p = 23836676.42 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

El módulo de rigidez del perno está definido con la ecuación (3.78):

$$k_b = \frac{\pi * \frac{(9.525 * 10^{-3} \text{ m})^2}{4} * 5 * 10^{-5} \text{ m}^2 * 40 \text{ Kpsi}}{\left(\pi * \frac{(9.525 * 10^{-3} \text{ m})^2}{4} * 0.0254 \text{ m} \right) + (5 * 10^{-5} \text{ m}^2 * 0.0508 \text{ m})}$$

$$k_b = 0.03276 \text{ Kpsi} - \text{m}$$

La constante de rigidez de los elementos de acuerdo a la ecuación (3.79):

$$k_m = \frac{0.577 * \pi * 40 \text{ Kpsi} * 9.525 * 10^{-3} \text{ m}}{2 * \ln \left\{ 5 * \left[\frac{(0.577 * 0.0762 \text{ m}) + (0.5 * 9.525 * 10^{-3} \text{ m})}{(0.577 * 0.0762 \text{ m}) + (2.5 * 9.525 * 10^{-3} \text{ m})} \right] \right\}}$$

$$k_m = 0.2698 \text{ Kpsi} - \text{m}$$

La constante C, se la determina utilizando la ecuación (3.80):

$$C = \frac{0.03276 \text{ Kpsi} - \text{m}}{0.03276 \text{ Kpsi} - \text{m} + 0.2698 \text{ Kpsi} - \text{m}}$$

$$C = 0.108$$

La resistencia de prueba mínima $S_p = 33 \text{ Kpsi}$, con grado SAE 1 y un intervalo de tamaños de ¼ a 1 ½ ”.

Con un perno UNC de 3/8”, se tiene un $A_t = 0.0775 \text{ pulg}^2$.

$$F_p = 23250046.5 \frac{kgf}{m^2} * 5 * 10^{-5} m^2$$

$$F_p = 1162.50 kgf$$

Para la precarga se utiliza la ecuación (3.82):

$$F_i = 0.75 * 1162.50 kgf$$

$$F_i = 871.876 kgf$$

El factor estático se lo determina mediante la ecuación (3.83):

$$\eta_s = \frac{\left(5 * 10^{-5} m^2 * 23836676.42 \frac{kgf}{m^2}\right) - 871.876 kgf}{0.108 * 2 * 849.25 kgf}$$

$$\eta_s = 1.74$$

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE COSTOS

4.1 Introducción

En este capítulo se realiza un estudio de los costos de diseño, construcción y montaje del prototipo de máquina para la extracción de gel de sábila.

4.2 Costos directos

Los costos directos se refieren a todos esos costos de materias primas, accesorios, uniones, equipos, motores.

La tabla 4.1 presenta los costos de los materiales a utilizarse en la máquina extractora de gel de sábila, cotizados en el mes de Enero del 2014.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
Plancha Acero Inox. AISI 304 e=1 (mm). Dim. 2440 x 1220 (mm)	1	140	140
Tubo Acero Inox. Cuadrado AISI 304 40x40x1,5 (mm)	3	49	147
Eje Acero Inox. AISI 304 Ø 3 1/2". Longitud 470 (mm)	1	39,2	39,2
Eje Acero Inox. AISI 304 Ø 1 1/2"	1	20,26	20,26
Cuchillas Acero Inox. AISI 304 e=1 (mm)	2	12	24
Portacuchillas Acero Inox. AISI 304 e=3 (mm)	2	22	44
SUBTOTAL			414,46

Fuente: Tecom (2014)

Tabla 4.1 Costos de materia prima

En la tabla 4.2 se muestran los costos de elementos normalizados.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
Pernos Acero Inox. Ø 3/8". Longitud 3"	16	0,8	12,8
Pernos Acero Inox. Ø 3/8". Longitud 2"	4	0,65	2,6
Pernos Acero Inox. Ø 1/4". Longitud 2 1/2"	6	0,6	3,6
Pernos Acero Inox. Ø 3/8". Longitud 2 1/4"	4	0,65	2,6
Pernos Acero Inox. Ø 1/4". Longitud 3/4"	2	0,5	1
Pernos Acero Inox. Ø 1/4". Longitud 1"	8	0,5	4
Pernos Acero Inox. Ø 5/16". Longitud 2"	4	0,6	2,4
Perno Acero 3/8". Longitud 3"	4	0,5	2
Perno M6 x 60	10	0,18	1,8
pernos M6 x 25	4	0,12	0,48
Tuerca 3/8"	28	0,2	5,6
Tuerca 1/4"	16	0,18	2,88
Tuercas M8	4	0,2	0,8
Tuercas M6	14	0,18	2,52
Abrazaderas de plástico	3	0,2	0,6
Chumacera de piso 1"	10	14	140
Polea de Aluminio 2"	1	3	3
Polea de Aluminio 16"	1	20	20
Arandela plana 3/8" tipo A	8	0,05	0,4
Arandela de presión 3/8"	26	0,1	2,6
Arandela de presión 1/4"	6	0,1	0,6
Arandela plana 3/8" tipo B	44	0,05	2,2
Arandela plana 1/4"	4	0,05	0,2
Chavetas 1/4 x 1/4 x 1 1/2"	4	0,25	1
Chavetas 1/4 x 1/4 x 3"	2	0,75	1,5
Prisionero 5/16 x 1/4"	6	0,25	1,5
Prisionero 5/16 x 1"	1	0,6	0,6
Prisionero M6 x 10	1	0,3	0,3
Tornillos 3/16 x 1/2"	20	0,05	1
Remaches	52	0,05	2,6
Piñón sencillo 40B x 12T	1	7	7
Piñón sencillo 40B x 13T	6	7	42
Piñón sencillo 40B x 20T	1	14	14
Banda A53	1	9	9
Rodamientos 6001ZZ	2	4	8
Resortes Longitud 120 (mm)	2	20	40
Resortes Longitud 60 (mm)	1	8	8
Cadena Paso 40 x 1/2"	1	27	27
Motor WEB 1HP. 1730 RPM	1	170	170
Interruptor	1	4,5	4,5
Cable	2	1,8	3,6
Tapas de Acero Inox. e=8 (mm)	11	1,75	19,25
SUBTOTAL			575,53

Fuente: Tecom (2014)

Tabla 4.2 Costos de elementos normalizados

4.3 Tiempo de utilización de maquinaria

Son todos esos costos por concepto de utilización de maquinaria y equipo como torno, fresadoras, soldadoras, plegadoras, dobladoras.

No.	Descripción	Cant.	Torno		Fresadora		Suelda		Dobladora		Taladro		Tronzadora		Cizalla		Mortajadora		
			Min.	Total Min.	Min.	Total Min.	Min.	Total Min.	Min.	Total Min.	Min.	Total Min.	Min.	Total Min.	Min.	Total Min.	Min.	Total Min.	
1	Rodillos inoxidables L220xD88mm	2	180	360	60	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Piñón 40B x Z 13	6	45	270	0	0	0	0	0	0	15	90	0	0	0	0	45	270	
3	Piñón 40B X Z 20	1	45	45	0	0	0	0	0	0	15	15	0	0	0	0	45	45	
4	Piñón 40B X Z 12	1	45	45	0	0	0	0	0	0	15	15	0	0	0	0	45	45	
5	Porta cuchillas Horizontales Lateral-acero inox AISI 304 L129xA35 e=3mm	2	0	0	60	120	30	60	0	0	30	60	10	20	0	0	0	0	
6	Porta cuchillas Horizontales-acero inox AISI 304 L294xA35 e=3mm	2	0	0	60	120	30	60	0	0	30	60	10	20	0	0	0	0	
7	Cuchillas Horizontales acero inox AISI 304 L294xA55 e=3mm	2	0	0	120	240	0	0	0	0	30	60	0	0	0	0	0	0	
8	Porta cuchillas Verticales-acero inox AISI 304 De40xdi13xL130	2	90	180	0	0	30	60	30	60	30	60	45	90	30	60	0	0	

No.	Descripción	Cant.	Torno		Fresadora		Suelda		Dobladora		Taladro		Tronzadora		Cizalla		Mortajadora	
			Min.	Total Min.	Min.	Total Min.	Min.	Total Min.	Min.	Total Min.	Min.	Total Min.	Min.	Total Min.	Min.	Total Min.	Min.	Total Min.
9	Eje roscado de porta cuchillas verticales D13xL193	2	60	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	Cuchillas Verticales acero inox AISI 304 e=3mm	2	0	0	0	0	0	0	20	40	30	60	0	0	30	60	0	0
11	Eje AISI 1018 para poleas L430xD25,40mm	1	30	30	90	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Eje AISI 1018 para catalinas L85xD3/8	2	120	240	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Topes para regulación de distancia entre rodillos d 25,4mm	2	60	120	0	0	25	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Polea 16 pulg un canal	1	45	45	0	0	0	0	0	0	15	15	0	0	0	0	45	45
15	Polea 2 pulg un canal	1	45	45	0	0	0	0	0	0	15	15	0	0	0	0	45	45
16	(Brazo porta rodillo superior) Tubo cuadrado inox 1 1/2"xL350mm (soporte de dos chumaceras)	2	0	0	0	0	0	0	0	0	45	90	5	10	0	0	0	0

No.	Descripción	Cant.	Torno		Fresadora		Suelda		Dobladora		Taladro		Tronzadora		Cizalla		Mortajadora	
			Min.	Total Min.	Min.	Total Min.	Min.	Total Min.	Min.	Total Min.	Min.	Total Min.	Min.	Total Min.	Min.	Total Min.	Min.	Total Min.
17	Tubo Cuadrado Inox 1 1/2 pulg L990mm (Parantes)	6	0	0	0	0	30	180	0	0	0	0	5	30	0	0	0	0
18	Tubo Cuadrado Inox 1 1/2 pulg L774mm (Travesaños laterales)	2	0	0	0	0	30	60	0	0	0	0	5	10	0	0	0	0
19	Tubo Cuadrado Inox 1 1/2 pulg L774mm (Travesaños laterales) chumacera rodillo inferior y de polea	2	0	0	0	0	30	60	0	0	20	40	5	10	0	0	0	0
20	Tubo Cuadrado Inox 1 1/2 pulg L420mm (Travesaños laterales)	1	0	0	0	0	30	30	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0
21	Tubo Cuadrado Inox 1 1/2 pulg L420mm (Travesaños laterales) chumaceras rodillo inferior y polea	2	0	0	0	0	30	60	0	0	20	40	5	10	0	0	0	0
22	Tubo Cuadrado Inox 1 1/2 pulg L315mm (Travesaños laterales)	1	0	0	0	0	30	30	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0

No.	Descripción	Cant.	Torno		Fresadora		Suelda		Dobladora		Taladro		Tronzadora		Cizalla		Mortajadora	
			Min.	Total Min.	Min.	Total Min.	Min.	Total Min.	Min.	Total Min.	Min.	Total M.	Min.	Total M.	Min.	Total M.	Min.	Total M.
23	Tubo Cuadrado Inox 1 1/2 pulg L140mm (soporte chumacera para brazo)	2	0	0	0	0	30	60	0	0	20	40	5	10	0	0	0	0
24	Tubo Cuadrado Inox 1 1/2 pulg L694mm (travesaño frontal)	1	0	0	0	0	30	30	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0
25	Tubo Cuadrado Inox 1 1/4 pulg L355mm (travesaño frontal)	2	0	0	0	0	30	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	Tubo Cuadrado Inox 1 1/2 pulg L355mm (travesaño frontal) soporte motor	2	0	0	0	0	30	60	0	0	20	40	0	0	0	0	0	0
27	Tapa acero inox AISI 305 e=	1	0	0	0	0	120	120	0	0	0	0	0	0	30	30	0	0
28	Plancha inox AISI 304 e= para cubrir máquina	1	0	0	0	0	0	0	20	20	120	120	0	0	60	60	0	0
29	Bandeja acero inox AISI 304 e= para aletas y cascara inferior	1	0	0	0	0	0	0	30	30	30	30	0	0	30	30	0	0

No.	Descripción	Cant.	Torno		Fresadora		Suelda		Dobladora		Taladro		Tronzadora		Cizalla		Mortajadora	
			Min.	Total Min.	Min.	Total Min.	Min.	Total Min.	Min.	Total Min.	Min.	Total M.	Min.	Total M.	Min.	Total M.	Min.	Total M.
30	Bandeja en acero inox AISI 304 e= para sábila	1	0	0	0	0	0	0	30	30	30	30	0	0	30	30	0	0
31	Bandeja acero inox AISI 304 e= para cascara superior	1	0	0	0	0	0	0	30	30	30	30	0	0	30	30	0	0
Total minutos			1500		690		980		210		910		225		300		450	
Total horas			25		11,5		16,3		3,5		15,17		3,75		5		7,5	

Fuente: Tecom (2014)

Tabla 4.3 Tiempos de utilización de maquinaria.

4.4 Costo utilización de maquinaria

Máquina Herramienta	Tarifa/hora	Tiempo Utilizado	Total
Torno	15	25	375
Fresadora	20	11,5	230
Suelda (TIG)	15	16,33	244,95
Dobladora	1	3,5	3,5
Taladro	10	15,17	151,7
Tronzadora	5	3,75	18,75
Cizalla	5	5	25
Mortajadora	20	7,5	150
COSTO MAQUINARIA			1198,9

Fuente: Autor

Tabla 4.4 Costo total de utilización de maquinaria.

4.5 Costo mano de obra

Máquina Herramienta	Tarifa/hora	Tiempo Utilizado	Total
Torno	3,5	25	87,5
Fresadora	5	11,5	57,5
Suelda (TIG)	10	16,33	163,3
Dobladora	0,5	3,5	1,75
Taladro	2	15,17	30,34
Tronzadora	2	3,75	7,5
Cizalla	1	5	5
Mortajadora	10	7,5	75
COSTO MANO DE OBRA			427,89

Fuente: Autor

Tabla 4.5 Costo de mano de obra.

4.6 Costo directo total

RUBRO	COSTO
Costo de materiales	989,79
Costo de maquinaria	1198,9
Costo de mano de obra	427,89
COSTO TOTAL	2616,58

Fuente: Autor

Tabla 4.6 Costo directo total.

Conclusiones

El proyecto de titulación cumple con el objetivo de diseñar y construir una máquina extractora de gel de sábila de forma satisfactoria, de acuerdo a los requerimientos establecidos inicialmente.

Después de realizar las pruebas de campo del prototipo construido se observó, que cumple con las especificaciones de producción requeridas, se obtienen 150 Kg/hora de gel de sábila.

El prototipo construido tiene la capacidad de cortar diferentes tipos de hojas de sábila, puesto que, su sistema de corte así lo permite.

Para la operación de la máquina extractora de gel de sábila, se requiere de una sola persona, la cual no necesariamente debe ser calificada.

Con el prototipo se reduce el tiempo de obtención de gel de sábila, ya que se pasa de una elaboración manual a una semiautomática.

Esta es una máquina con poca dificultad de construcción, ya que se dispone en el mercado los materiales y en el taller de equipos necesarios para el mecanizado de sus partes.

La máquina es de fácil mantenimiento, por su construcción y el acople de sus elementos, ya que se puede montar y desmontar fácilmente y favorece para la revisión y mantenimiento periódico.

Recomendaciones

Una vez que la máquina esté en funcionamiento, se recomienda colocar la hoja de sábila en las cuchillas verticales, por su parte más delgada. Esto facilitara el desplazamiento del gel obtenido, hacia la bandeja de recolección.

Se debe revisar que las cuchillas tanto verticales como horizontales, estén dispuestas correctamente. Esto provocara una mayor o menor obtención de gel de sábila.

Limpiar el prototipo de los desperdicios de gel de sábila y cascaras, en cada utilización, principalmente en los rodillos, para evitar la contaminación del gel de sábila.

Durante el funcionamiento de la máquina es importante no acercar las manos a los rodillos, únicamente colocar la hoja de gel de sábila en las cuchillas verticales y empujar sobre las mismas.

Toda persona antes de operar la máquina debe primero consultar como es su funcionamiento.

El diseño de ésta máquina puede orientar para el diseño y construcción de otras máquinas similares.

Mantener lubricadas las cadenas y las catalinas.

BIBLIOGRAFÍA

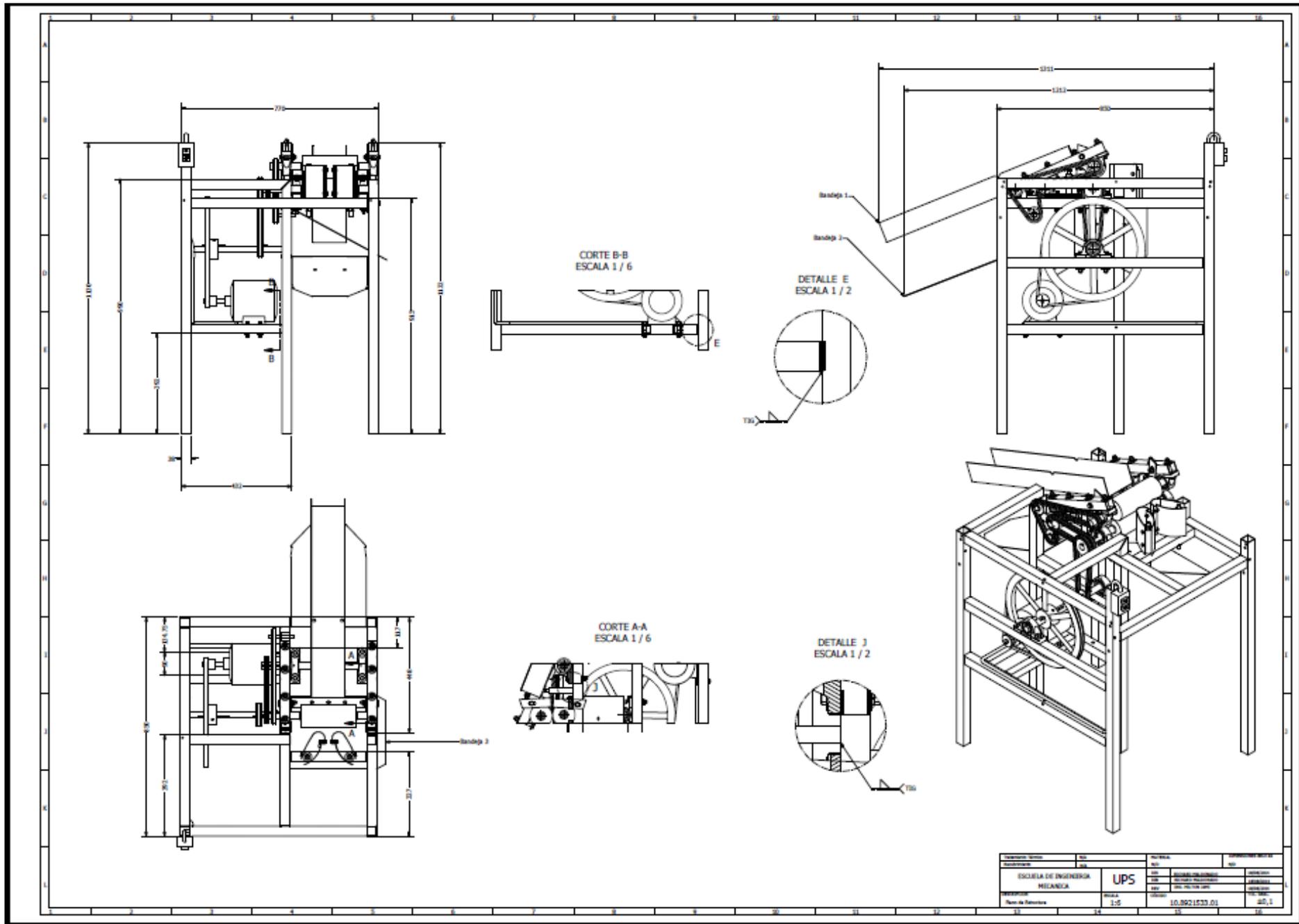
- Dayco, *Catálogo de Correas Industriales*, 2010
- Kurt Gieck - Reiner Gieck, *Manual de Fórmulas Técnicas*, Alfaomega, 30va. Edición, México, 2000.
- R.C Hibbeler, *Mecánica de Materiales*, Editorial Pearson, 6ta Edición, México, 2006.
- Shigley, Richard G Budynas, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, McGraw-Hill, 6ta edición, México, 2002.
- Shigley, Richard G Budynas, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, McGraw-Hill, 8va edición, México, 2008.
- JB-9-Power-Transmission-Belt-Catalog-2013-WEB BANDA
- www.polmangueras.com
- www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/elementos/Tema07.pdf
- <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn121.html>
- <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn127.html>
- <http://www.monografias.com/trabajos82/disenosistema-trasmision-polea-banda/disenosistema-trasmision-polea-banda.shtml>
- <http://www.monografias.com/trabajos82/disenosistema-trasmision-polea-banda/disenosistema-trasmision-polea-banda2.shtml>
- <http://clubensayos.com/Temas-Variados/Boletines/1463689.html>

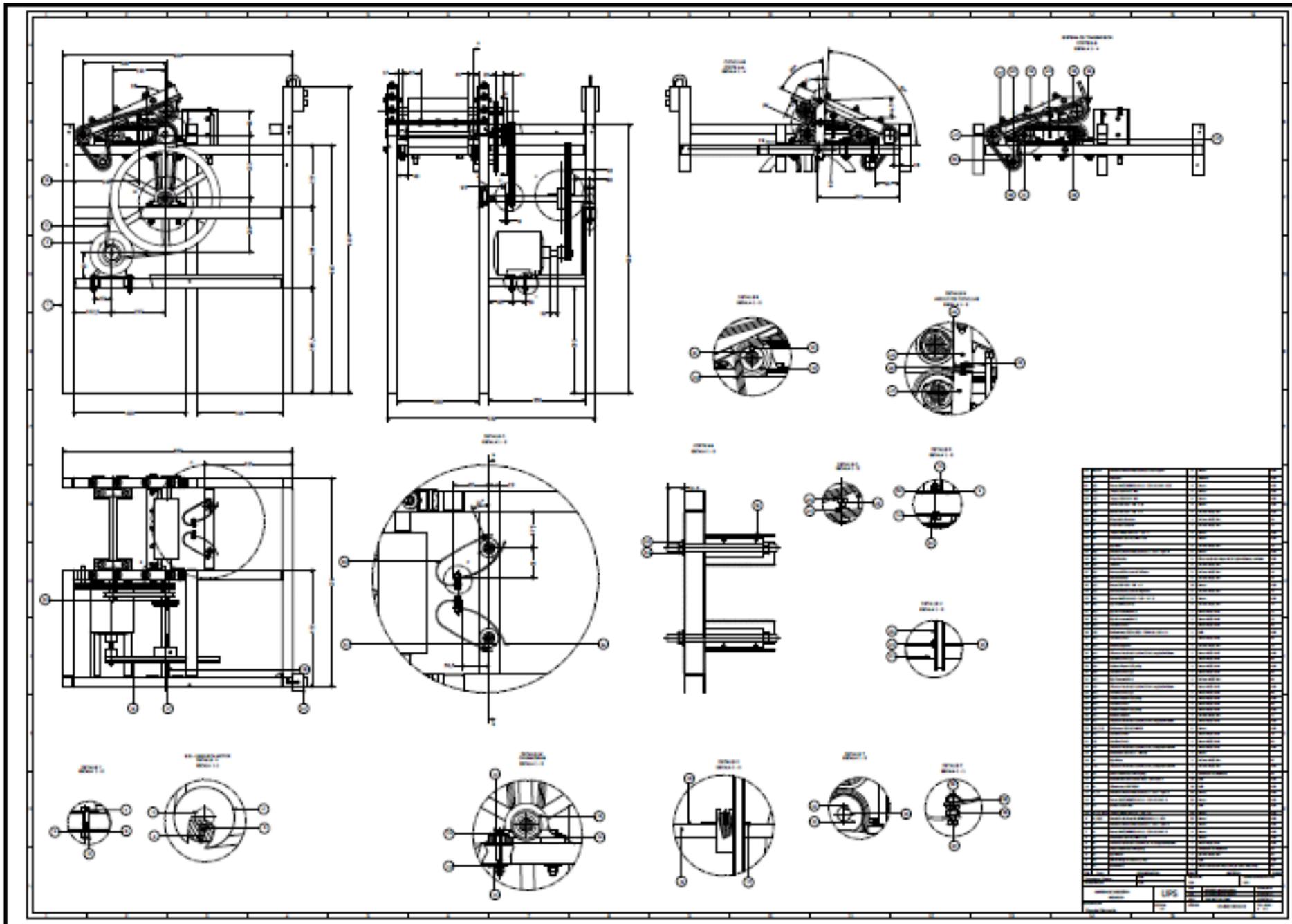
- <http://www.renold.es/nmsruntime/saveasdialog.asp?IID=1113&sID=860>
- <http://www.correasrincon.com.ar/>
- <http://www.indarbelt.es/html/formulas.htm>
- <http://www.plasticaucho.com>
- <http://www.cadersa.es>
- <http://www.skf.com/co/knowledge-centre/engineering-tools/skfbearingselect.htm>

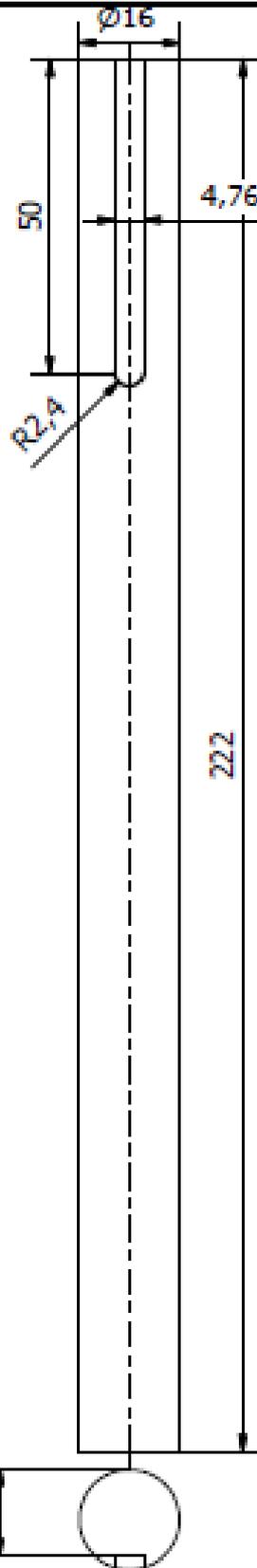
ANEXOS

ANEXO 1

PLANOS

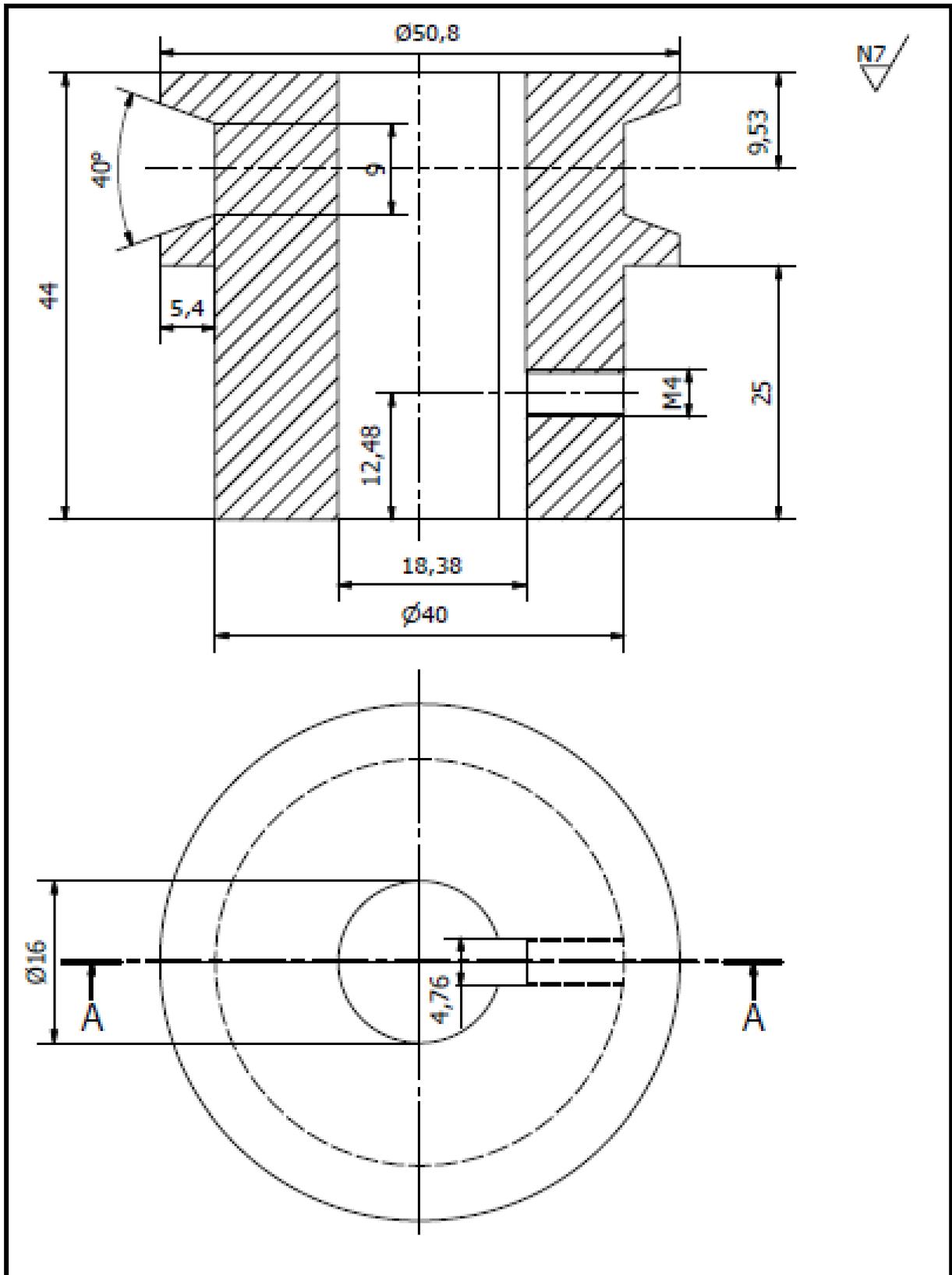






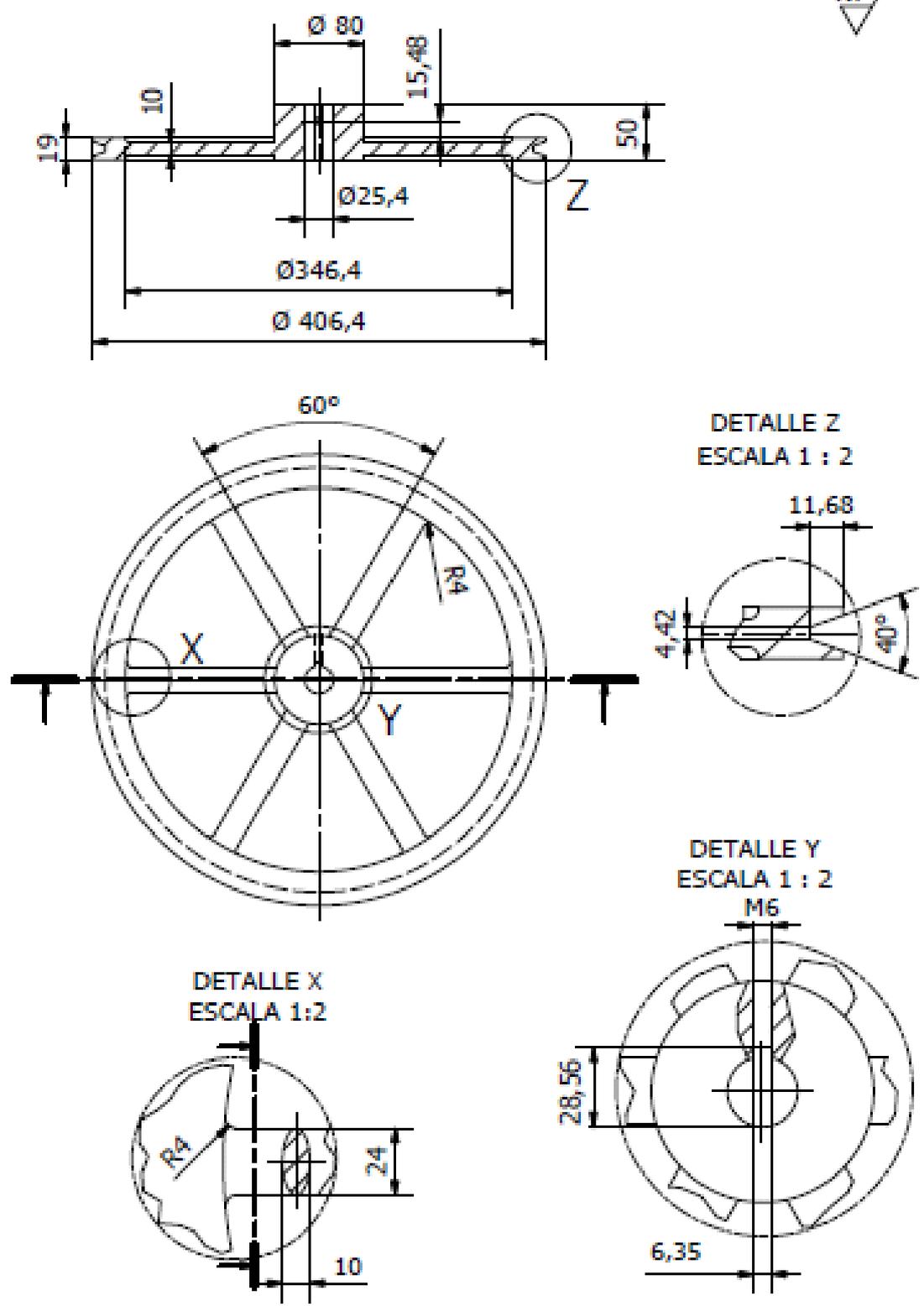
N7 ✓

Tratamiento Térmico	N/A	MATERIAL	DIMENSIONES BRUTAS	
Recubrimiento	N/A	Acero Inoxidable AISI 304	Eje Ø 16, L=222	
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	DIS	RICHARD MALDONADO	18/08/2014
		DIB	RICHARD MALDONADO	18/08/2014
		REV	ING. MELTON JAMI	18/08/2014
DESCRIPCIÓN	ESCALA	CÓDIGO	TOL. GRAL.	
Eje de motor	1:1	10.8921533.03	± 0.1	



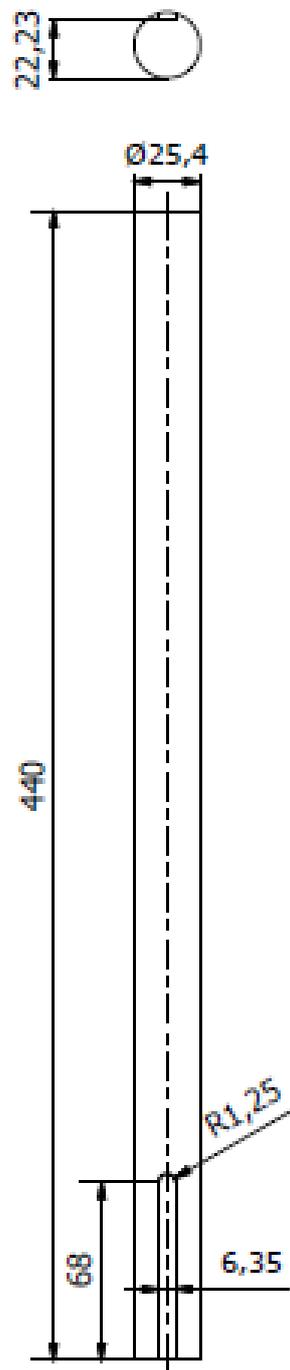
Tratamiento Térmico	N/A	MATERIAL		DIMENSIONES BRUTAS
Recubrimiento	N/A	Fundición Aluminio		Cilindro Ø 55, L=50
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	DIS	RICHARD MALDONADO	18/08/2014
		DIB	RICHARD MALDONADO	18/08/2014
		REV	ING. MELTON JAMI	18/08/2014
DESCRIPCIÓN	ESCALA	CÓDIGO	TOL. GRAL.	
Polea Ranurada D=2 pulg.	2:1	10.8921533.04	± 0.1	

N7

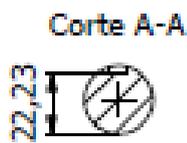


Tratamiento Térmico	N/A	MATERIAL	DIMENSIONES BRUTAS	
Recubrimiento	N/A	Fundición de Aluminio	Cilindro $\varnothing 415$, L=60	
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	DIS	RICHARD MALDONADO	18/08/2014
		DIB	RICHARD MALDONADO	18/08/2014
		REV	ING. MELTON JAMI	18/08/2014
DESCRIPCIÓN	ESCALA	CÓDIGO	TOL. GRAL.	
Polea Ranurada D=16 pulg.	1:5	10.8921533.05	± 0.1	

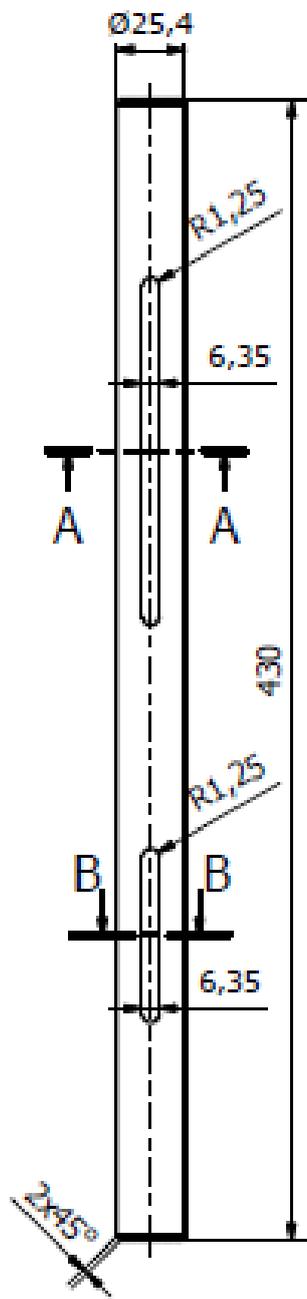
N7



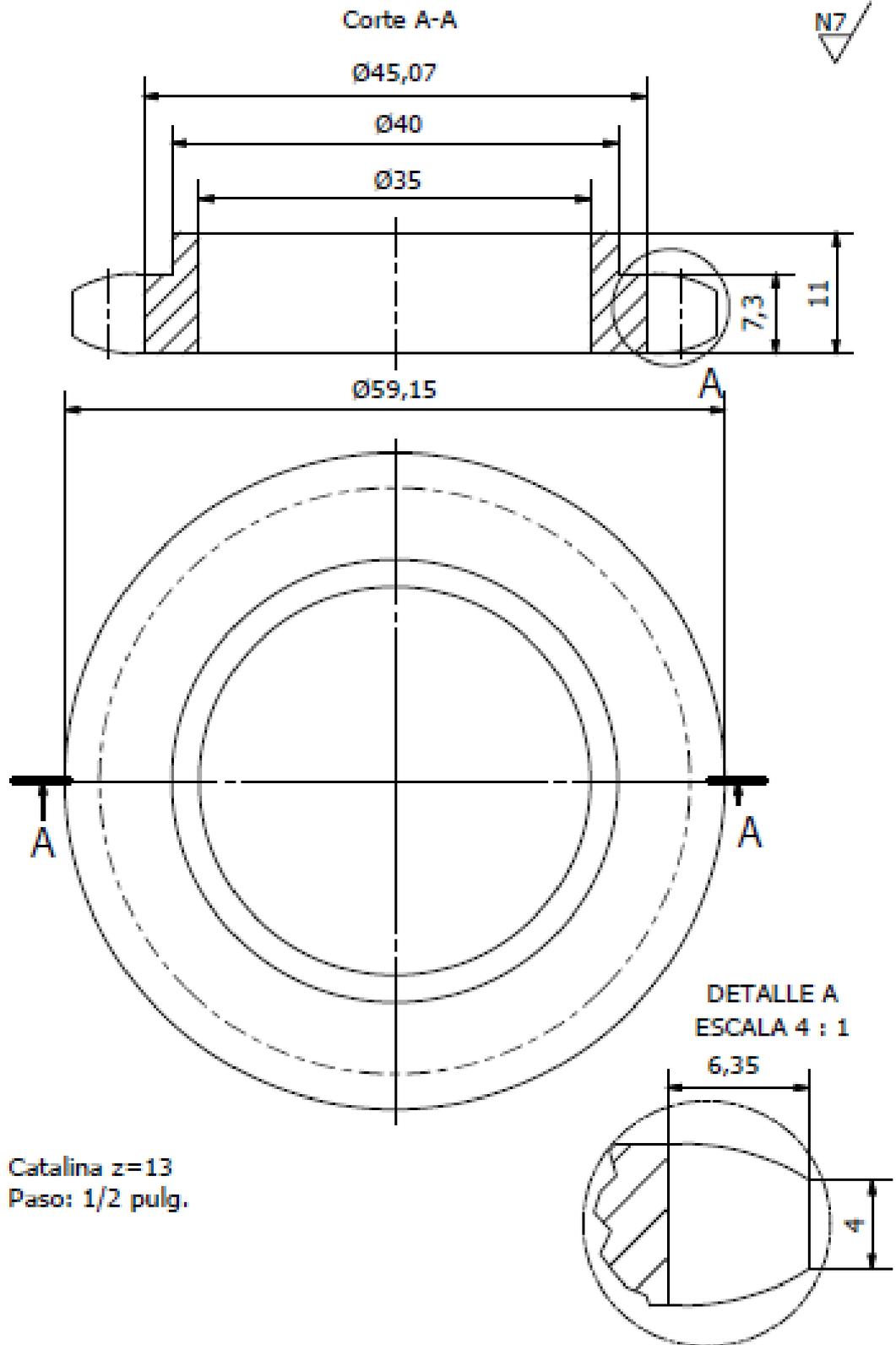
Tratamiento Térmico	N/A	MATERIAL		DIMENSIONES BRUTAS
Recubrimiento	N/A	Acero Inoxidable AISI 304		Eje Ø 30, L=250
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	DIS	RICHARD MALDONADO	18/08/2014
		DIB	RICHARD MALDONADO	18/08/2014
		REV	ING. MELTON JAMI	18/08/2014
DESCRIPCION	ESCALA	CÓDIGO	TOL. GRAL.	
Eje de Transmisión 1	1:2.5	10.8921533.06	± 0.1	



N7



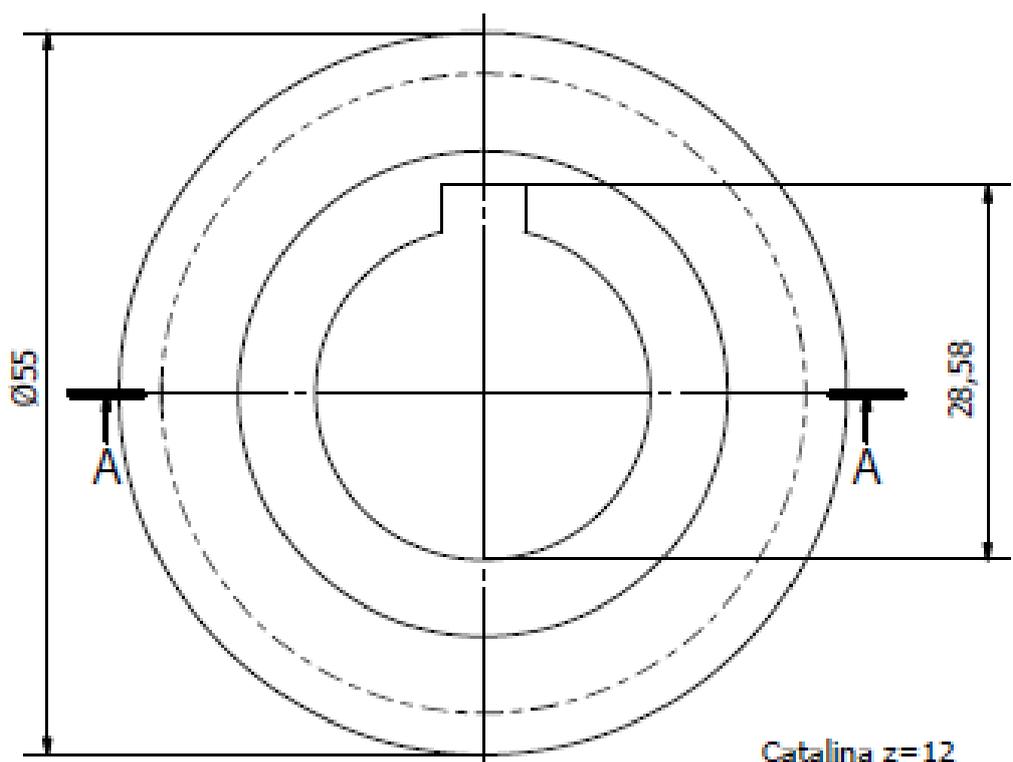
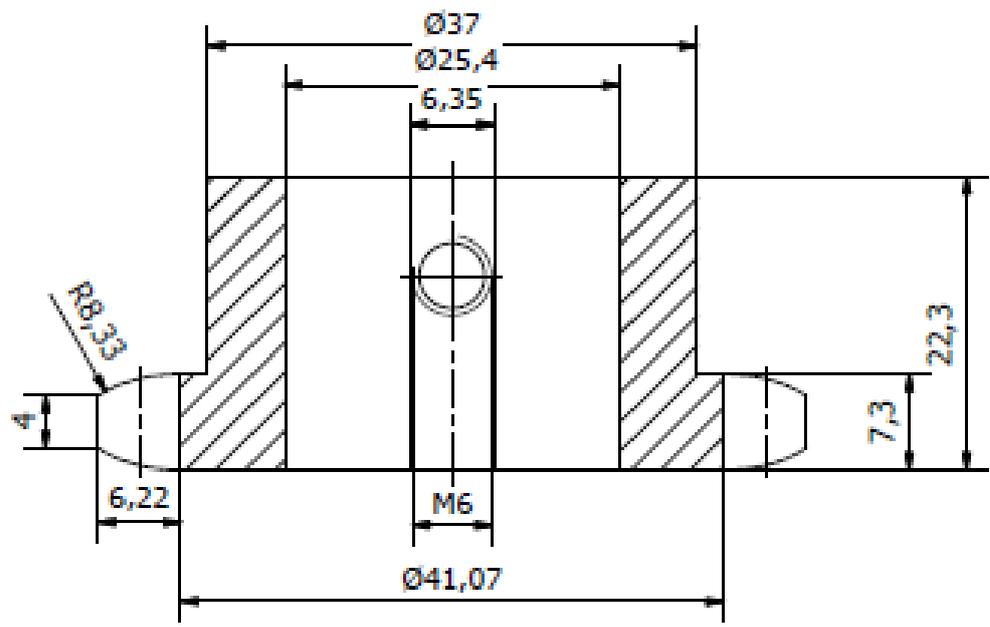
Tratamiento Térmico	N/A	MATERIAL		DIMENSIONES BRUTAS
Recubrimiento	N/A	Acero Inoxidable AISI 304		Eje Ø 30, L=440
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	DIS	RICHARD MALDONADO	18/08/2014
		DIB	RICHARD MALDONADO	18/08/2014
		REV	ING. MILTON JAMI	18/08/2014
DESCRIPCION	ESCALA	CÓDIGO		TOL. GRAL.
Eje Polsa	1:2.5	10.8921533.07		± 0.1



Tratamiento Térmico	N/A	MATERIAL	DIMENSIONES BRUTAS	
Recubrimiento	N/A	Aceero AISI 1040	Eje Ø65, L=25 mm	
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	DIS	RICHARD MALDONADO	18/08/2014
		DIB	RICHARD MALDONADO	18/08/2014
		REV	ING. MILTON JAMI	18/08/2014
DESCRIPCION	ESCALA	CÓDIGO	TOL. GRAL.	
Catalina z=13	2:1	10.8921533.08	± 0.1	

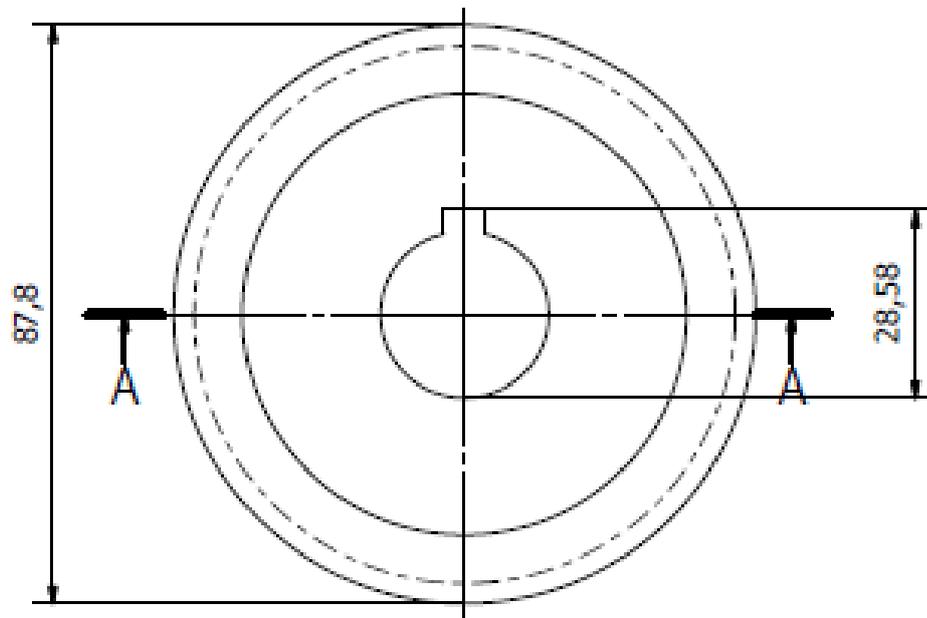
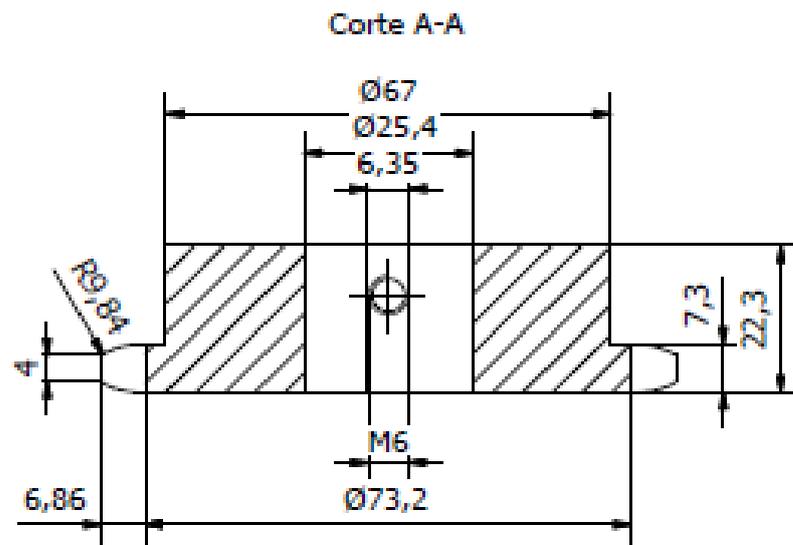
N7

Corte A-A



Catalina z=12
Paso: 1/2 pulg.

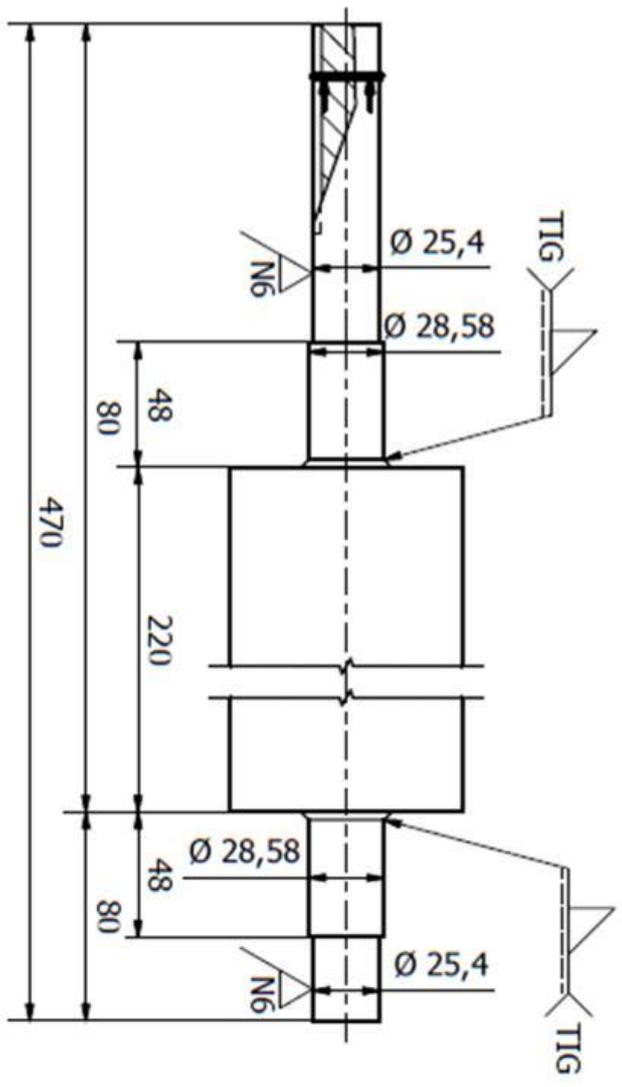
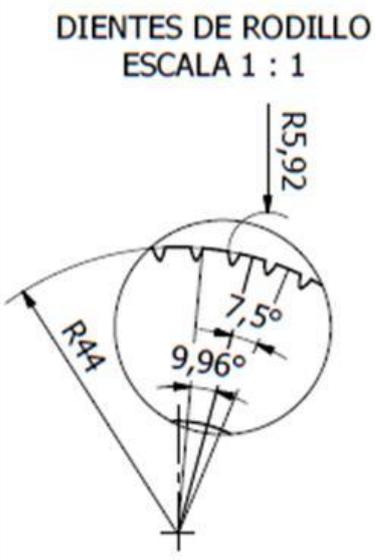
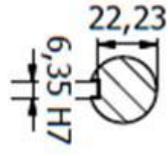
Tratamiento Térmico	N/A	MATERIAL		DIMENSIONES BRUTAS
Recubrimiento	N/A	Acero AISI 1040		Eje Ø 60, L=25
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	DIS	RICHARD MALDONADO	18/08/2014
		DIB	RICHARD MALDONADO	18/08/2014
		REV	ING. MILTON JAMI	18/08/2014
DESCRIPCIÓN	ESCALA	CÓDIGO	TOL. GRAL.	
Catalina Z=12	1:1	10.8921533.09	± 0,1	



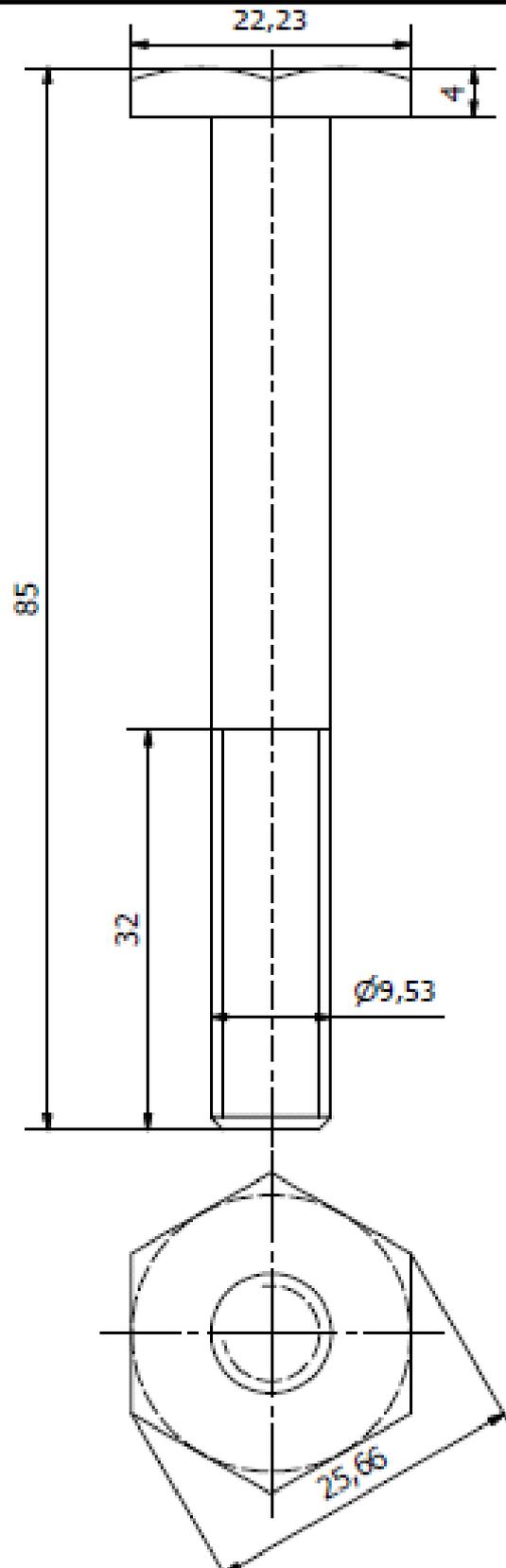
Catalina z=20
Paso= 1/2 pulg.

Tratamiento Térmico	N/A	MATERIAL		DIMENSIONES BRUTAS
Recubrimiento	N/A	Acero AISI 1040		Eje Ø 90, L=25
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	DIS	RICHARD MALDONADO	18/08/2014
		DIB	RICHARD MALDONADO	18/08/2014
		REV	ING. MILTON JANI	18/08/2014
DESCRIPCION	ESCALA	CÓDIGO		TOL. GRAL.
Catalina Z=20	1:1	10.8921533.10		± 0.2

N7



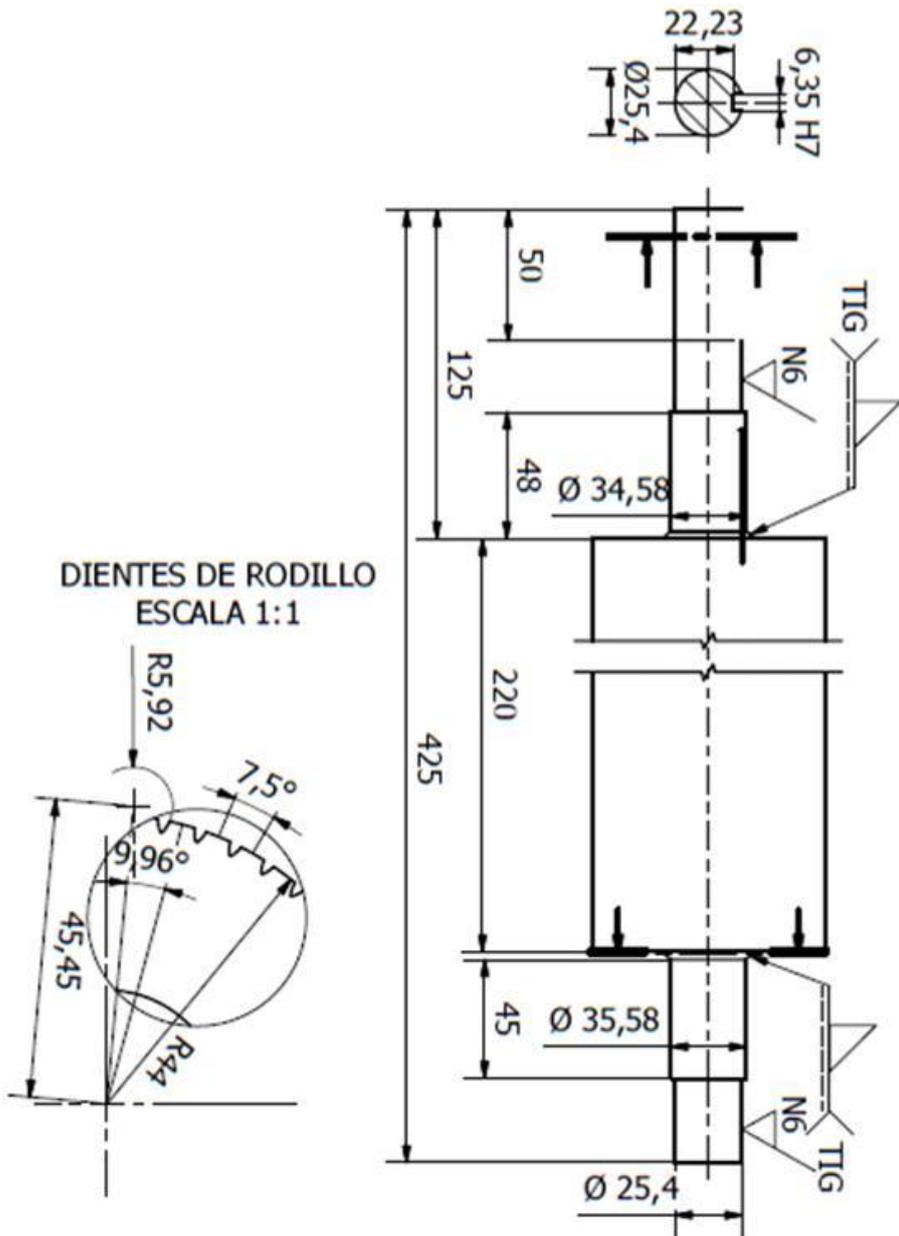
Tratamiento Térmico	N/A	MATERIAL	Acero Inoxidable AISI 304	DIMENSIONES BRUTAS	Eje $\varnothing=95$, L=480 mm
Recubrimiento	N/A	DIS	RICHARD MALDONADO	25/08/2014	
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	DIB	RICHARD MALDONADO	25/08/2014	
		REV	ING. MILTON JAMI	25/08/2014	
DESCRIPCIÓN	ESCALA	CÓDIGO	10.8921533.11	TOL. GRAL.	$\pm 0,1$
Rodillo Inferior	1:2,5				



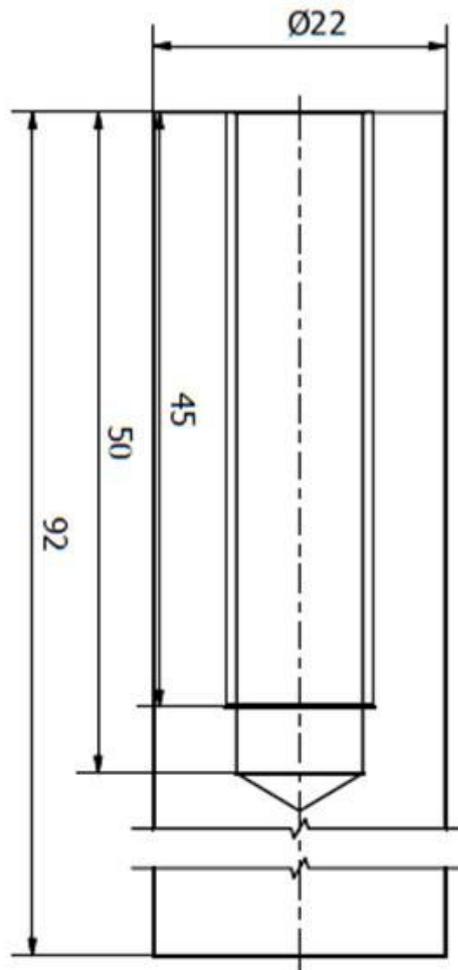
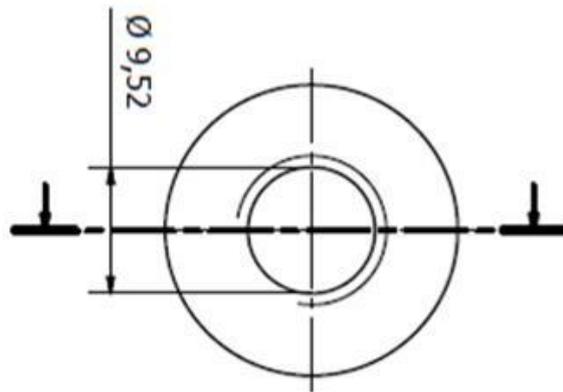
N7

Tratamiento Térmico	N/A	MATERIAL	DIMENSIONES BRUTAS	
Recubrimiento	N/A	Aceero AISI 1040	Eje Ø 9.53, L=85 mm	
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	DES	RICHARD MALDONADO	18/08/2014
		DIB	RICHARD MALDONADO	18/08/2014
		REV	ING. MELTON JANI	18/08/2014
DESCRIPCIÓN	ESCALA	CÓDIGO	TOL. GRAL.	
Eje de Transmisión 2 y 3	2:1	10.8921533.12	± 0.1	

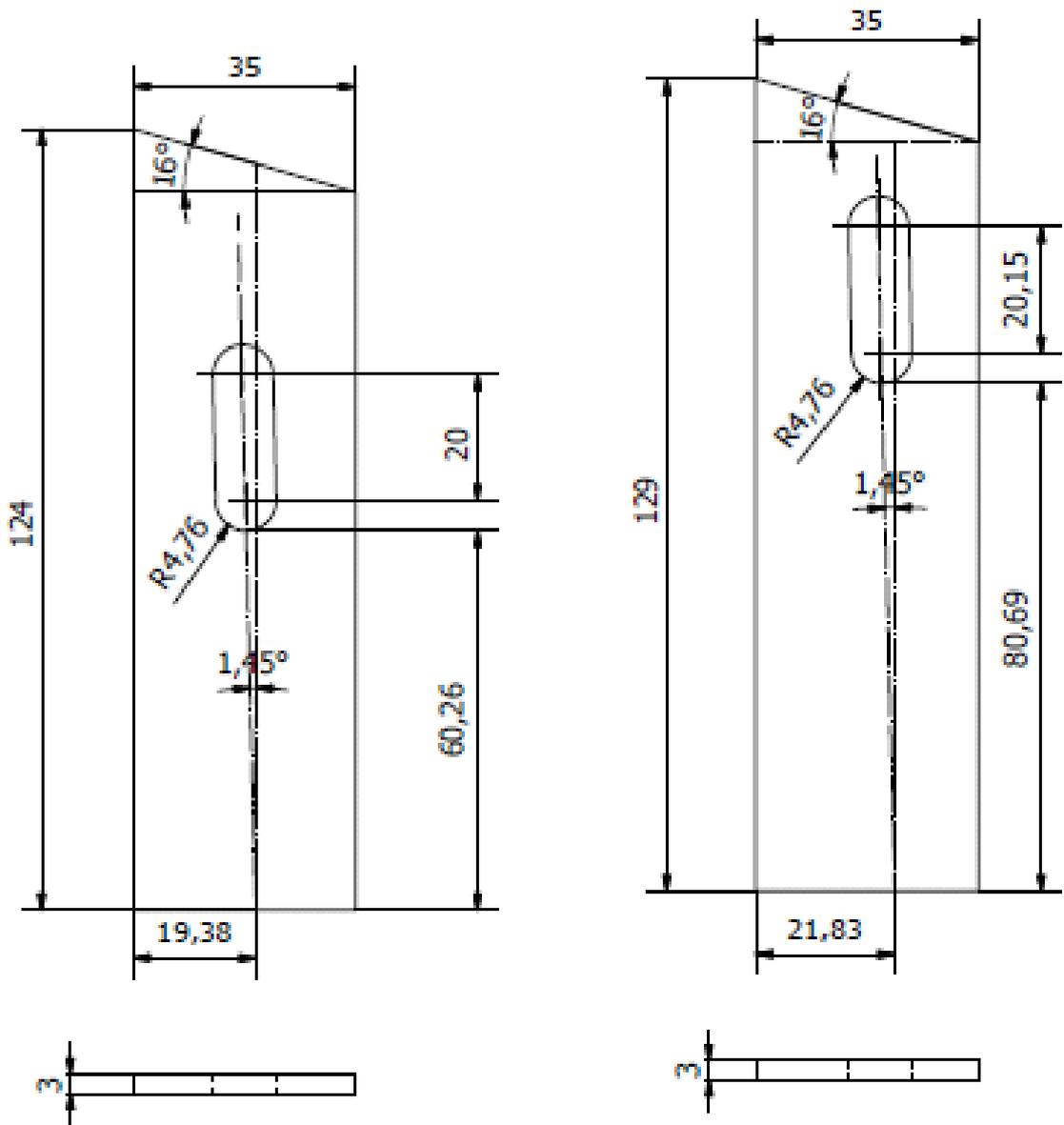
N7



Tratamiento Térmico	N/A	MATERIAL	Acero Inoxidable AISI 304	DIMENSIONES BRUTAS	Eje Ø=95, L=430
Recubrimiento	N/A	DIS	RICHARD MALDONADO	25/08/2014	
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	DIB	RICHARD MALDONADO	25/08/2014	
		REV	ING. MILTON JAMI	25/08/2014	
DESCRIPCIÓN	ESCALA	CÓDIGO	10.8921533.13	TOL. GRAL.	± 0,1
Rodillo Superior	1:2,5				

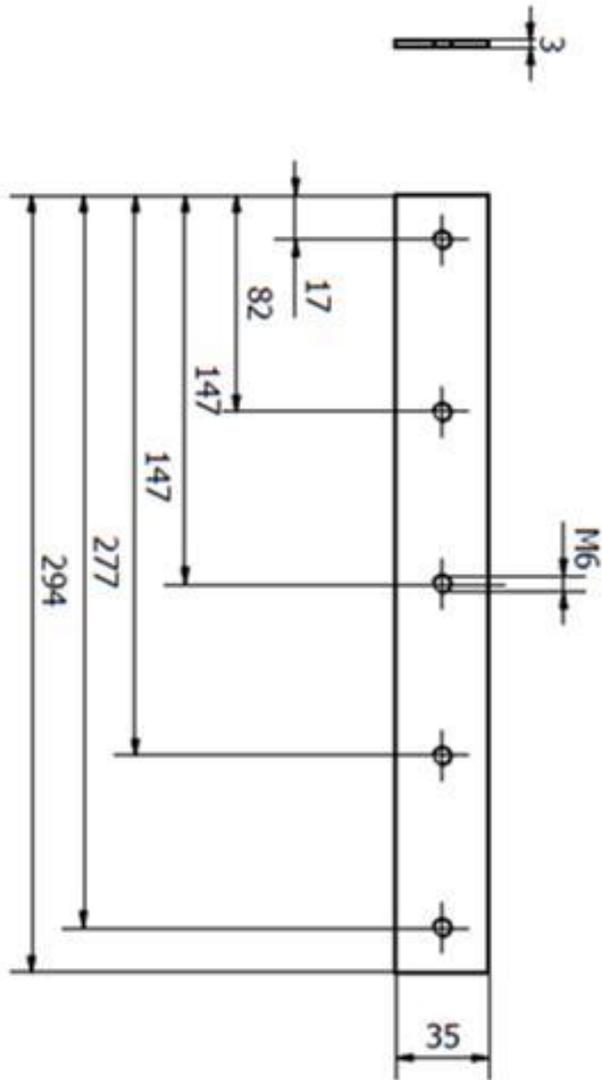


Tratamiento Térmico	N/A	MATERIAL	Acero Inoxidable AISI 304		DIMENSIONES BRUTAS
Recubrimiento	N/A				Eje Ø 22, L=95
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	DIS	RICHARD MALDONADO	25/08/2014	
		DIB	RICHARD MALDONADO	25/08/2014	
		REV	ING. MILTON JAMI	25/08/2014	
DESCRIPCION	ESCALA	CÓDIGO			TOL. GRAL.
Eje Columna	2:1	10.8921533.14			± 0,1



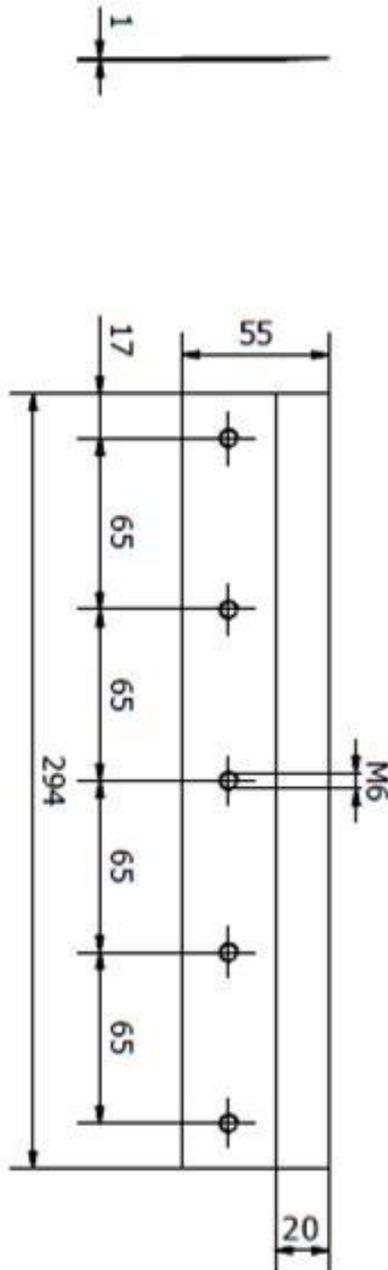
Tratamiento Térmico	N/A	MATERIAL		DIMENSIONES BRUTAS		
Recubrimiento	N/A	Acero Inoxidable AISI 304		Placa 130X35, e=3 mm		
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA		UPS		DIS	RICHARD MALDONADO	18/08/2014
				DIB	RICHARD MALDONADO	18/08/2014
				REV	ING. MELTON JAMI	18/08/2014
DESCRIPCIÓN		ESCALA	CÓDIGO	TOL. GRAL.		
Portacuchillas Lateral Superior e Inferior		1:1	10.8921533.15	± 0.2		

N7/



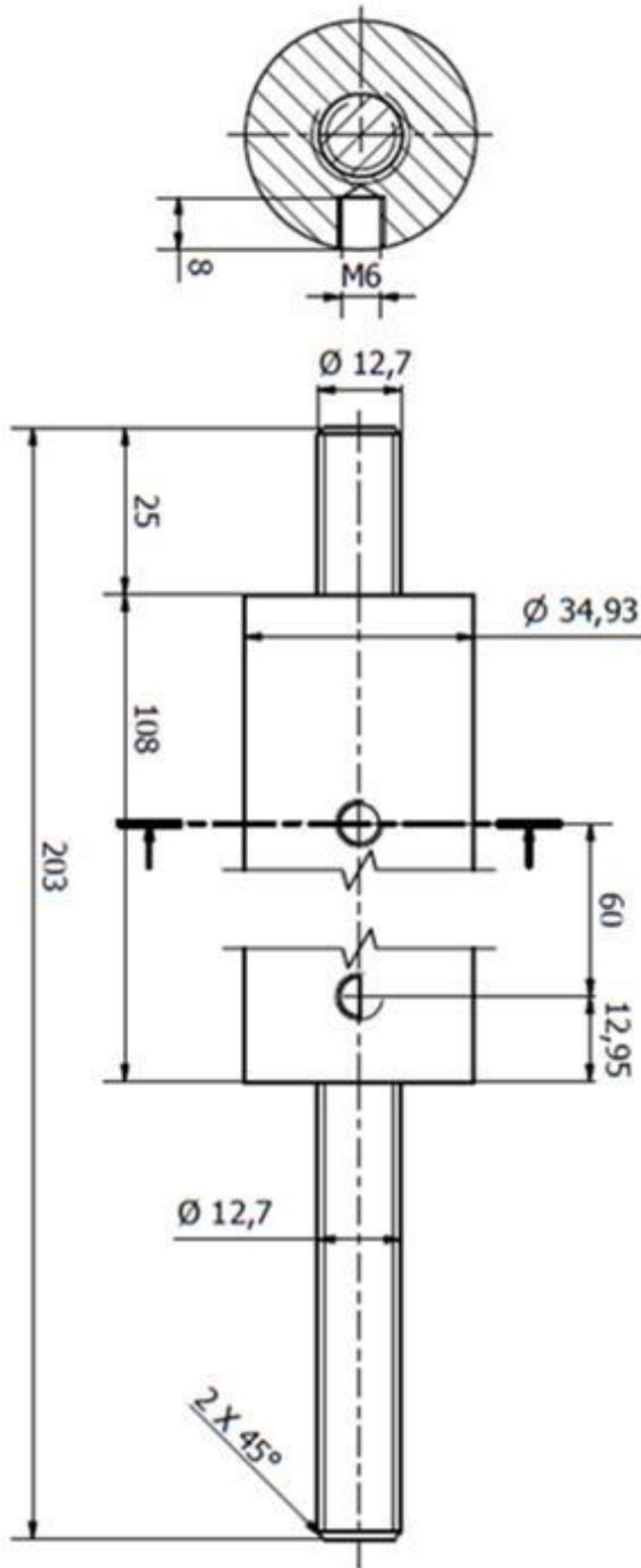
Tratamiento Térmico	N/A	MATERIAL		DIMENSIONES BRUTAS
Recubrimiento	N/A	Acero Inoxidable AISI 304		Placa 294x35, e=3 mm
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	DES	RICHARD MALDONADO	25/08/2014
		DIB	RICHARD MALDONADO	25/08/2014
		REV	ING. MILTON JANE	25/08/2014
DESCRIPCION Portacuchilla	ESCALA 1:2,5	CÓDIGO	10.8921533.16	TOL. GRAL. ± 0,1

N6



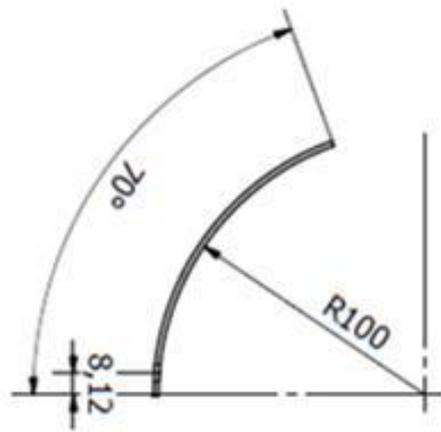
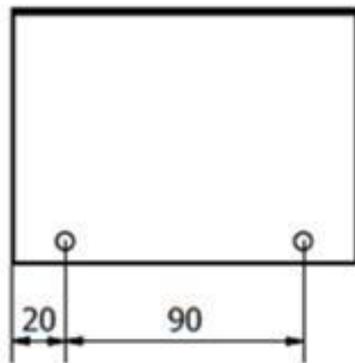
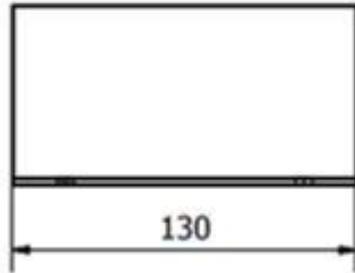
Tratamiento Térmico	N/A	MATERIAL	DIMENSIONES BRUTAS	
Recubrimiento	N/A	Aceero Inoxidable AISI 304	Placa 295x55, e=3 mm	
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	DIS	RICHARD MALDONADO	25/08/2014
		DIB	RICHARD MALDONADO	25/08/2014
		REV	ING. MILTON JAMI	25/08/2014
DESCRIPCIÓN	ESCALA	CÓDIGO	TOL. GRAL	
Cuchilla	1:2,5	10.892.1533.17	± 0,1	

N7

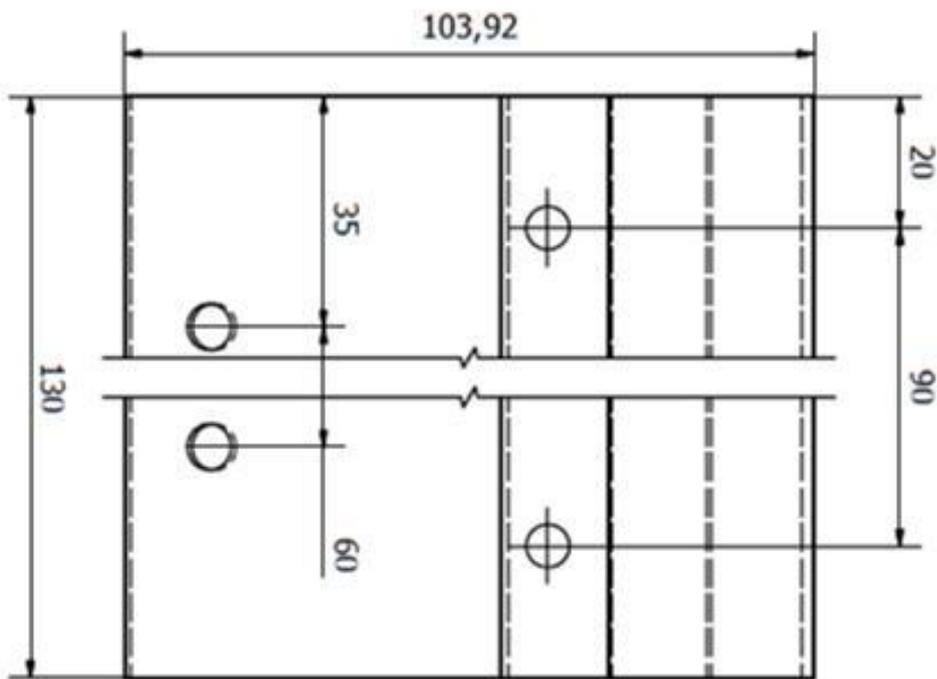


Tratamiento Térmico	N/A	MATERIAL	Acero Inoxidable AISI 304	DIMENSIONES BRUTAS	Eje \varnothing 1 3/8", L=205 mm
Recubrimiento	N/A	DES	RICHARD MALDONADO	25/08/2014	
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	DIB	RICHARD MALDONADO	25/08/2014	
		REV	ING. MILTON JANE	25/08/2014	
DESCRIPCION	ESCALA	CÓDIGO	10.8921533.18	TOL. GRAL.	\pm 0,1
Eje Guía	1:1				

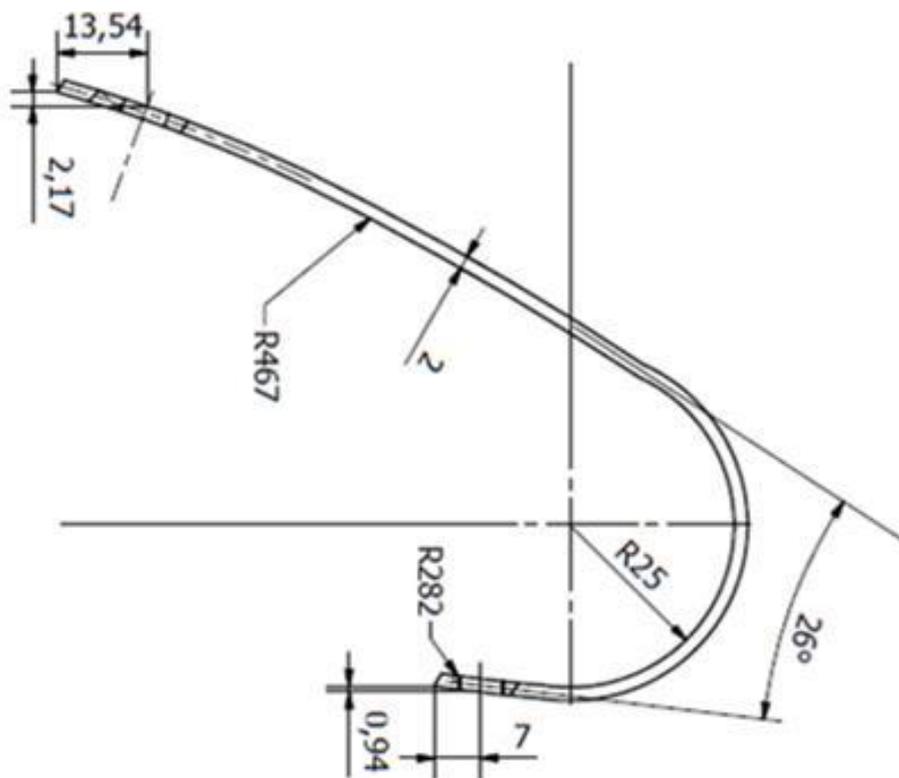
N7



Tratamiento Térmico	N/A	MATERIAL	Acero Inoxidable AISI 304	DIMENSIONES BRUTAS	Placa 122x130, e=2 mm	
Recubrimiento	N/A	DES	RICHARD MALDONADO	25/08/2014		
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA		UPS		DIB	RICHARD MALDONADO	25/08/2014
				REV	ING. MILTON JAMI	25/08/2014
DESCRIPCION		ESCALA	CÓDIGO	TOL. GRAL.		
Placa Guía Interior		1:2,5	10.8921533.19	± 0,1		

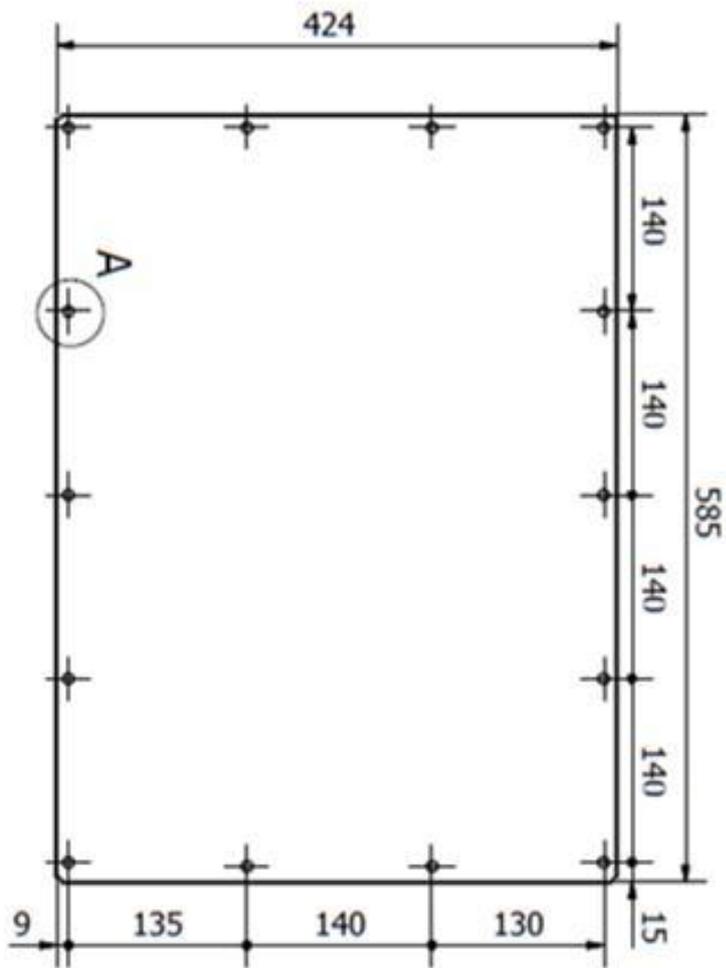


N7

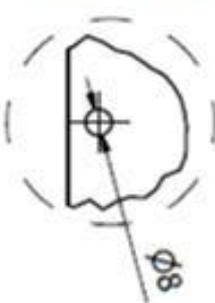


Tratamiento Térmico	N/A	MATERIAL	Acero Inoxidable AISI 304	DIMENSIONES BRUTAS	Placa 200x130, e=2 mm
Recubrimiento	N/A	DES	RICHARD MALDONADO	25/08/2014	
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	DIB	RICHARD MALDONADO	25/08/2014	
		REV	ING. MILTON JAMÉ	25/08/2014	
DESCRIPCION	ESCALA	CÓDIGO	10.8921533.20	TOL. GRAL.	± 0,1
Placa Guía Exterior	1:1				

N7

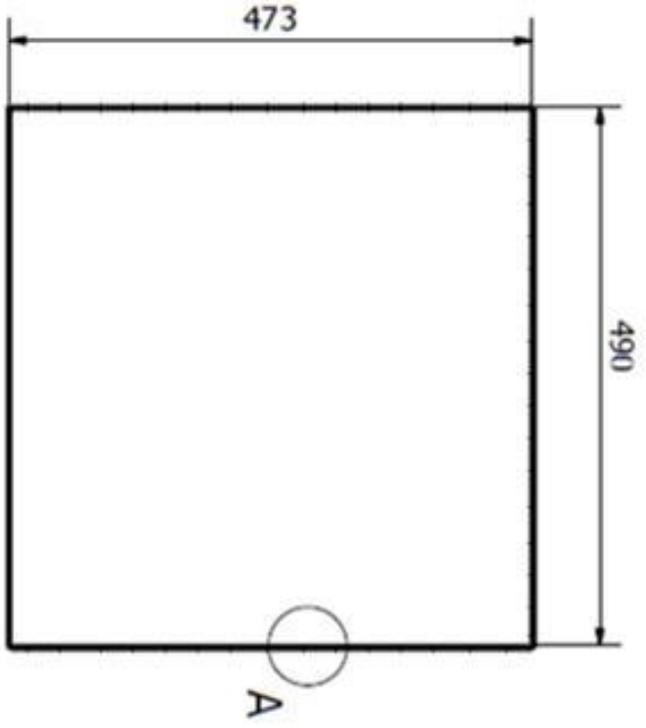
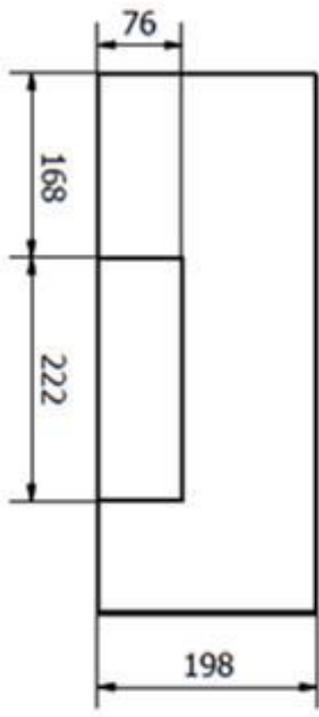


DETALLE A
ESCALA 1 : 2

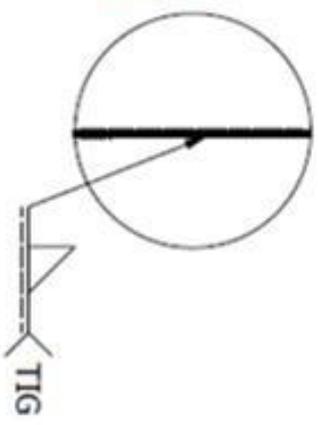


Tratamiento Térmico	N/A	MATERIAL	Acero Inoxidable AISI 304	DIMENSIONES BRUTAS	Placa 585x424, e=1 mm
Recubrimiento	N/A	DES	RICHARD MALDONADO	25/08/2014	
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	DIB	RICHARD MALDONADO	25/08/2014	
		REV	ING. MILTON JAME	25/08/2014	
DESCRIPCION	ESCALA	CÓDIGO	10.8921533.21	TOL. GRAL.	± 0,5
Protector Frontal	1:5				

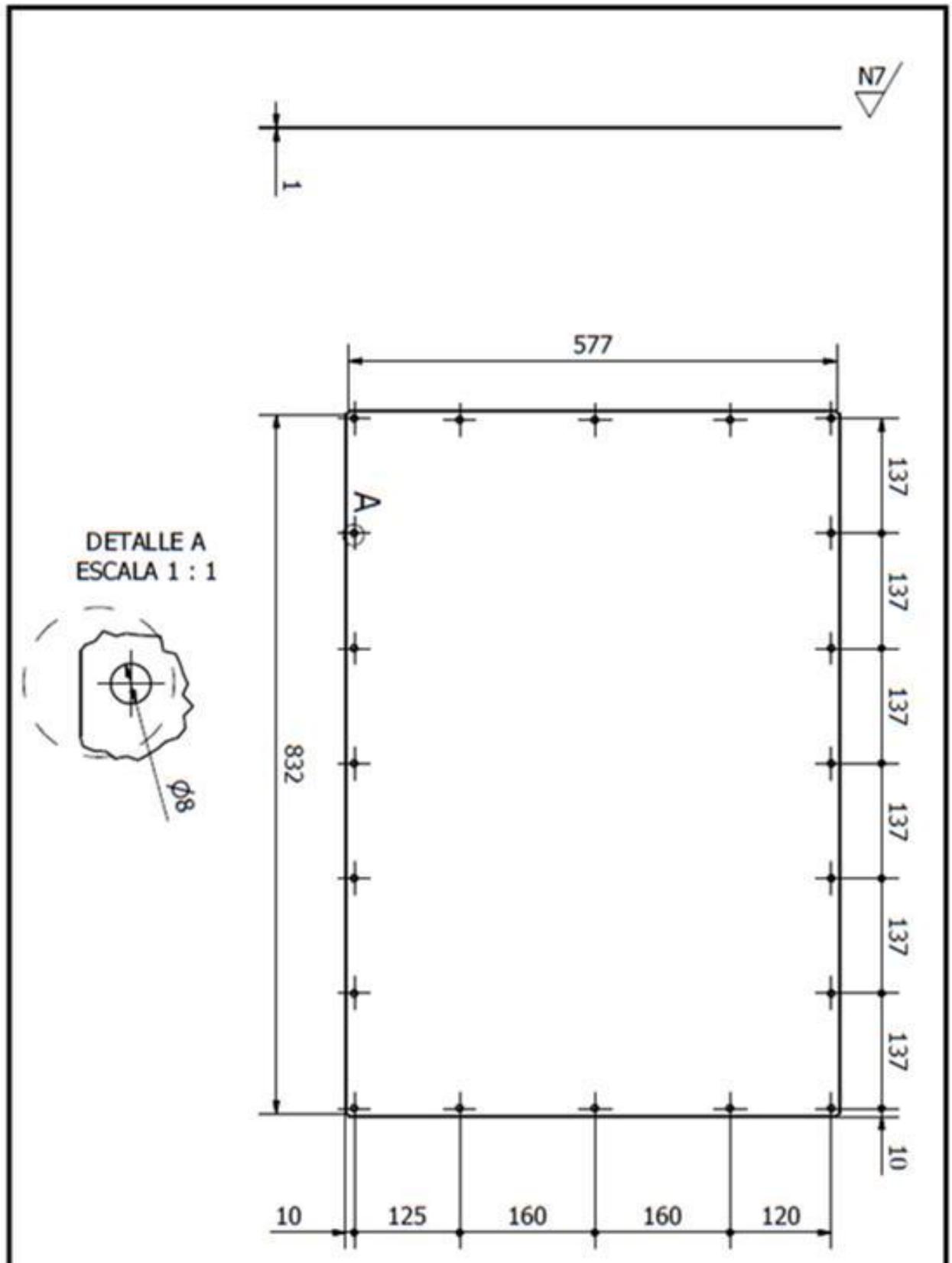
N7



DETALLE SUELDA
DE CAJA
ESCALA 1:2

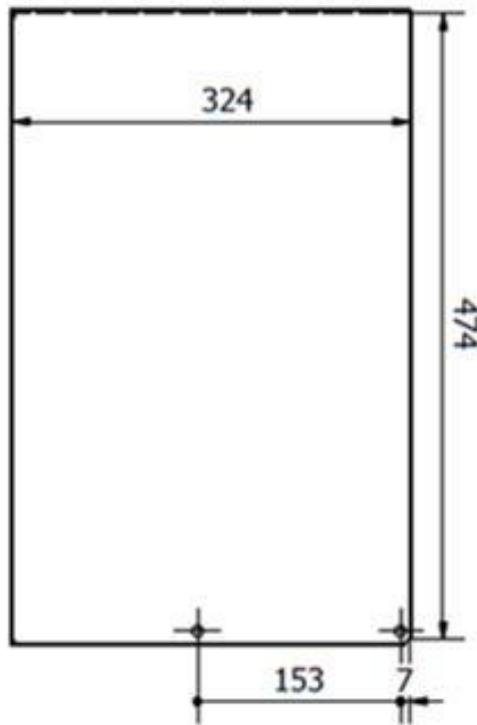
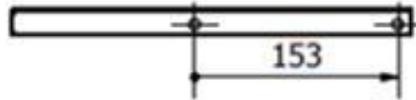


Tratamiento Térmico	N/A	MATERIAL	Acero Inoxidable AISI 304	DIMENSIONES BRUTAS	Placa 813x859, e=1 mm
Recubrimiento	N/A	DISEÑO	RICHARD MALDONADO	FECHA	25/08/2014
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	DISEÑO	RICHARD MALDONADO	FECHA	25/08/2014
		REVISIÓN	ING. MILTON JAME	FECHA	25/08/2014
DESCRIPCIÓN	ESCALA	CÓDIGO	TOL. GRAL.		
Protector 1	1:6	10.8921533.22	± 0,2		

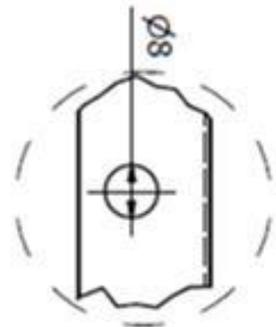


Tratamiento Térmico	N/A	MATERIAL	Acero Inoxidable AISI 304	DIMENSIONES BRUTAS	Placa 832x577, e=1 mm
Recubrimiento	N/A	DES	RICHARD MALDONADO	25/08/2014	
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	DIB	RICHARD MALDONADO	25/08/2014	
		REV	ING. MILTON JAMI	25/08/2014	
DESCRIPCION	ESCALA	CÓDIGO	10.8921533.23	TOL. GRAL.	± 0,2
Protector 2	1:6				

N7



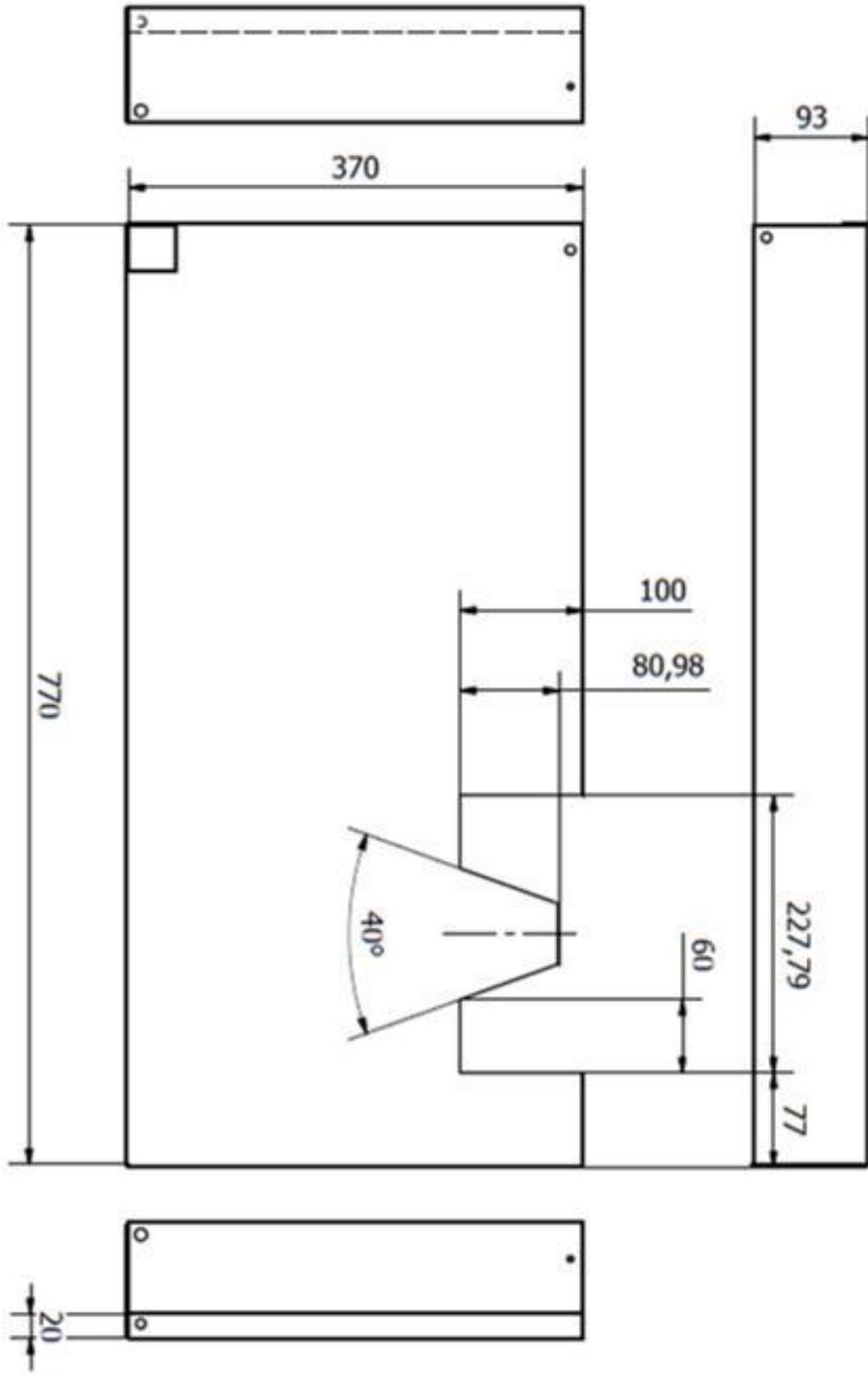
DETALLE B
ESCALA 1 : 1



e = 1 mm

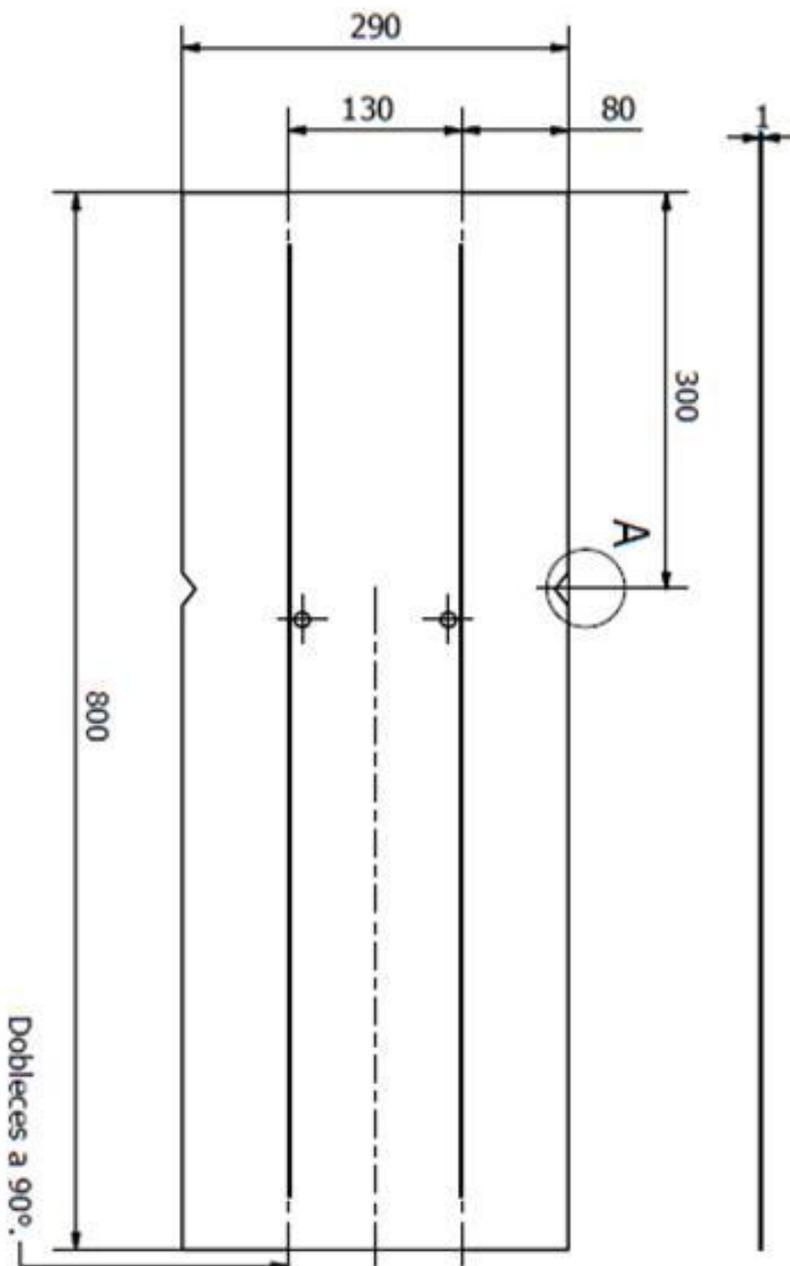
Tratamiento Térmico	N/A	MATERIAL	Acero Inoxidable AISI 304	DIMENSIONES BRUTAS	Placa 494x344, e=1 mm
Recubrimiento	N/A	DES	RICHARD MALDONADO	25/08/2014	
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	DIB	RICHARD MALDONADO	25/08/2014	
		REV	ING. MILTON JAMI	25/08/2014	
DESCRIPCION	Protector Superior	ESCALA	1:5	CÓDIGO	10.8921533.24
				TOL. GRAL.	± 0,2

N7/

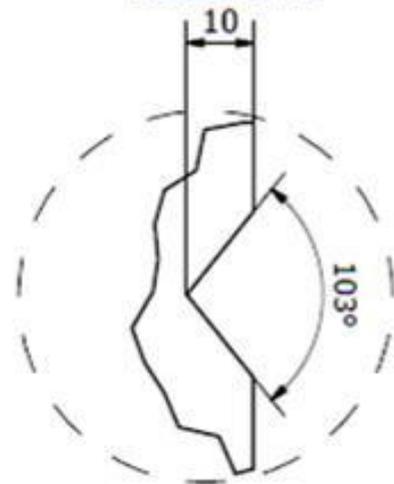


Tratamiento Térmico	N/A	MATERIAL	DIMENSIONES BRUTAS	
Recubrimiento	N/A	Acero Inoxidable AISI 304	Placa 883x463, e=1 mm	
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	DES	RICHARD MALDONADO	25/08/2014
		DIB	RICHARD MALDONADO	25/08/2014
		REV	ING. MILTON JANE	25/08/2014
DESCRIPCION Protector Guías	ESCALA 1:5	CÓDIGO	10.8921533.25	TOL. GRAL. ± 0,5

N6

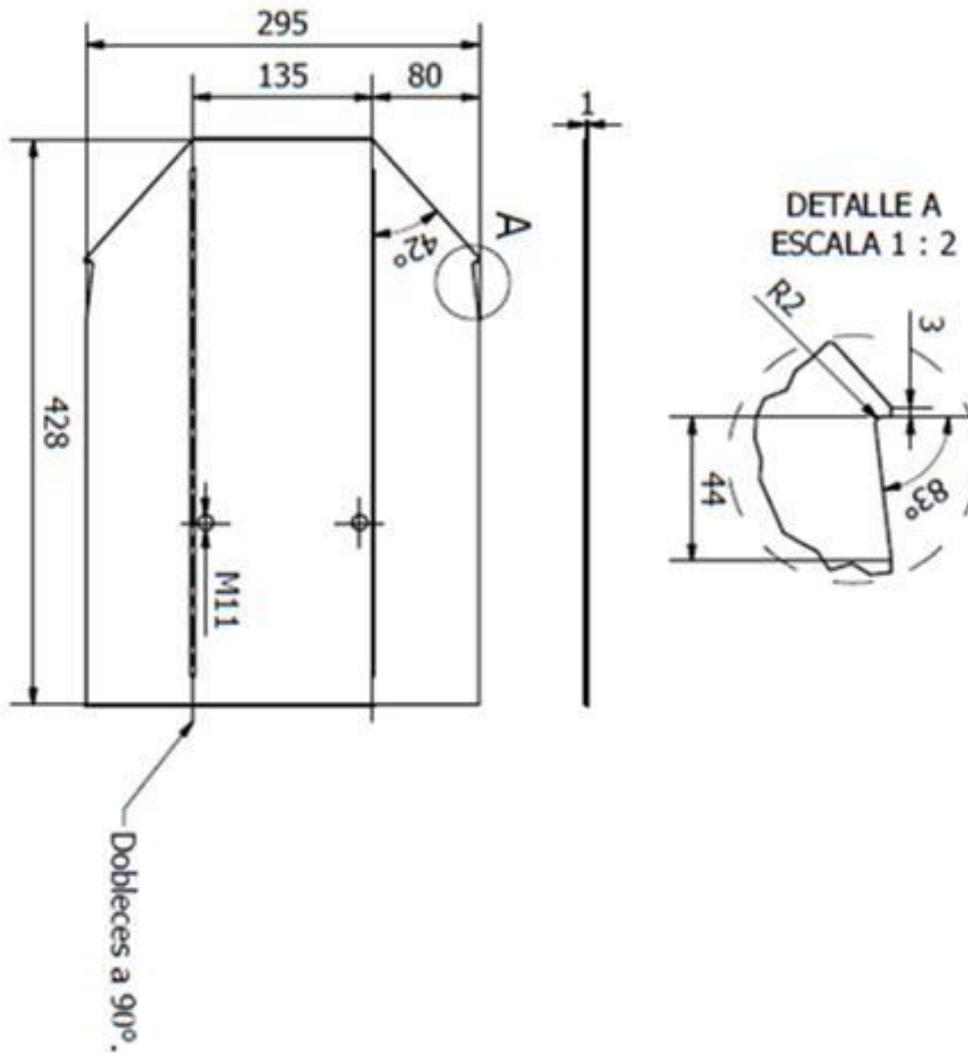


DETALLE A
ESCALA 1 : 1



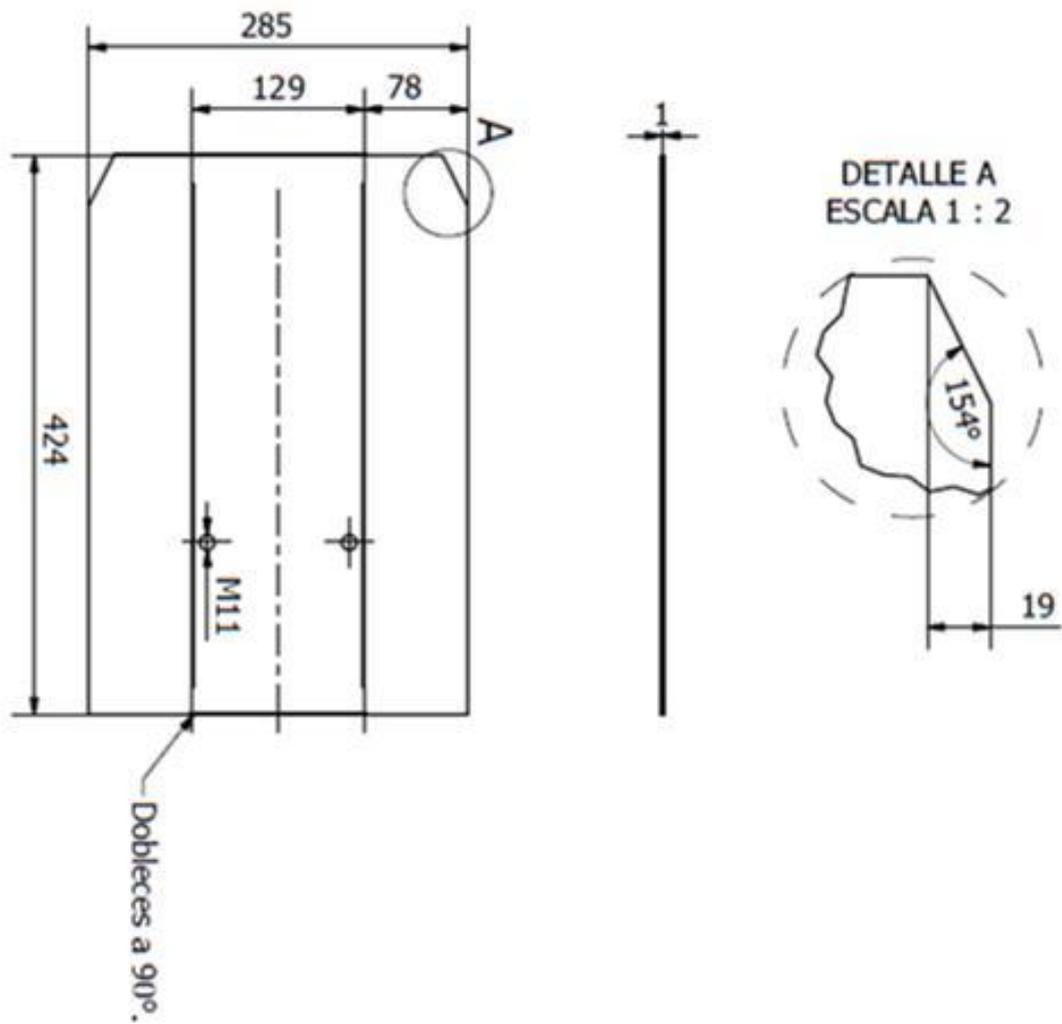
Tratamiento Térmico	N/A	MATERIAL	DIMENSIONES BRUTAS	
Recubrimiento	N/A	Aceero Inoxidable AISI 304	Lámina 800x290, e=1 mm	
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	DIS	RICHARD MALDONADO	25/08/2014
		DIB	RICHARD MALDONADO	25/08/2014
		REV	ING. MILTON JAMI	25/08/2014
DESCRIPCIÓN	ESCALA	CÓDIGO	TOL. GRAL	
Bandeja 1	1:5	10.8921533.26	± 0,5	

N7/



Tratamiento Térmico	N/A	MATERIAL	DIMENSIONES BRUTAS
Recubrimiento	N/A	Acero Inoxidable AISI 304	Lámina 428x295, e=1 mm
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	DES	RICHARD MALDONADO 25/08/2014
		DIB	RICHARD MALDONADO 25/08/2014
		REV	ING. MILTON JAMI 25/08/2014
DESCRIPCION	ESCALA	CÓDIGO	TOL. GRAL.
Bandeja 2	1:5	10.8921533.27	± 0,2

N7/



Tratamiento Térmico	N/A	MATERIAL	Acero Inoxidable AISI 304	DIMENSIONES BRUTAS	Lámina 424x285, e=1 mm
Recubrimiento	N/A	DIS	RICHARD MALDONADO	25/08/2014	
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	DIB	RICHARD MALDONADO	25/08/2014	
		REV	ING. MILTON JANE	25/08/2014	
DESCRIPCION Bandeja 3	ESCALA 1:5	CÓDIGO	10.8921533.28	TOL. GRAL.	± 0,5

ANEXO 2

FABRICACIÓN

TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

Elaboración de planos

Los planos de fabricación de la máquina extractora de gel de sábila, se los presenta en el plano 10.8921533.00 que contienen la ingeniería de detalle que permite la construcción y montaje del prototipo.

Máquinas y herramientas

Para la realización de los elementos a construirse para la máquina se emplean diversas máquinas herramientas como son; torno, fresadora, soldadora, plegadora, cizalla; herramientas manuales como: limas, brocas, cuchillas; además de instrumentos de medición como: escuadra, flexómetro, calibrador pie de rey, micrómetro.

En la tabla 2A, tabla 2B, tabla 2C se detalla cada una de las herramientas, máquinas herramientas e instrumentos de medición.

Designación	Herramientas
H	Brocas
	Útiles para tornear
	Limas
	Martillo
	Juego de llaves
	Rayador
	Arco de sierra
	Tarraja
	Santiago
	Machuelos
	Entenalla

Fuente: Autor

Tabla 2A Listado de herramientas.

Designación	Máquina-Herramienta
M1	Torno
M2	Fresadora Universal
M3	Esmeril
M4	Amoladora
M5	Taladro
M6	Remachadora
M7	Plegadora
M8	Equipo de soldadura TIG

Fuente: Autor

Tabla 2B Designación de máquinas herramientas y equipos

Designación	Herramientas
I	Calibrador pie de rey
	Micrómetro
	Nivel
	Escuadra
	Flexómetro

Fuente: Autor

Tabla 2C Instrumentos de medición y verificación.

Operaciones tecnológicas

A continuación se listan las diferentes operaciones tecnológicas que son necesarias para realizar el mecanizado de cada elemento que forma parte de los sistemas pertenecientes a la máquina.

Número	Operación
1	Trazado, Graneteado y Corte de material
2	Esmerilado y Amolado
3	Torneado, Roscado y Ranurado
4	Soldadura TIG
5	Fresado y Chaveteros
6	Taladrado
7	Empernado
8	Plegado
9	Lijado
10	Machuelado

Fuente: Autor

Tabla 2D Operaciones Tecnológicas

Cursograma sinóptico de la construcción

La simbología para desarrollar el cursograma sinóptico de la construcción se muestra en siguiente tabla.

	Operación Tecnológica
	Traslado o transporte
	Inspección
	Espera
	Almacenamiento

Fuente: Autor

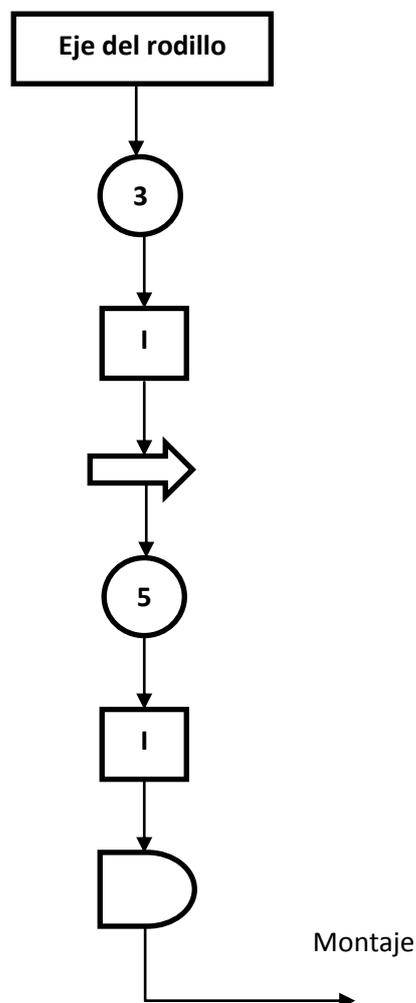
Tabla 2E Simbología de cursograma.

En los siguientes cursogramas se representan las operaciones tecnológicas que se siguen en las diferentes etapas de la construcción de la extractora de gel de sábila.

Las operaciones no tienen un orden de seguimiento estricto se ejecutan de acuerdo a la necesidad de avance requerida.

El tiempo empleado se indica en horas y se encuentra a la izquierda de cada operación.

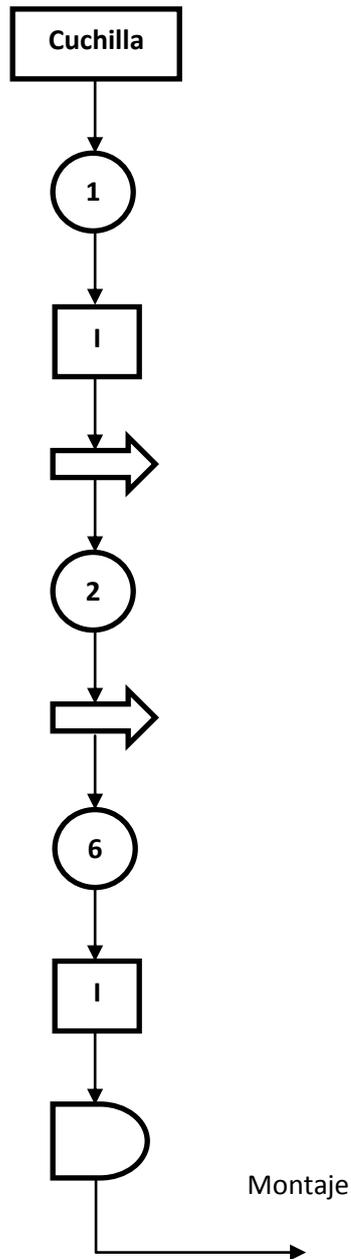
Cursograma de rodillos



Fuente: Autor

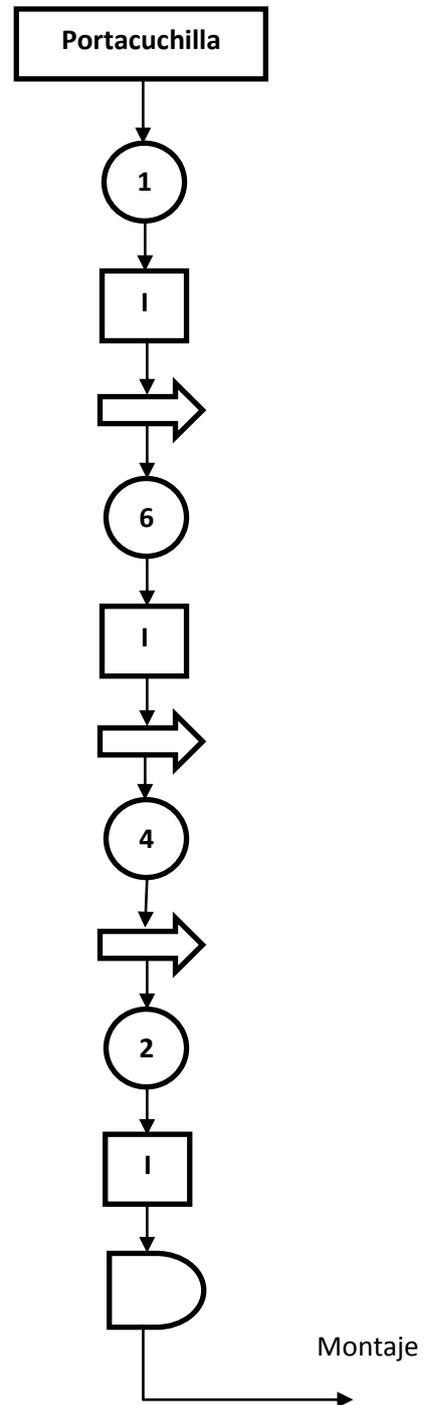
Figura 2A Cursograma de rodillos.

Cursograma de cuchillas y portacuchillas de los rodillos



Fuente: Autor

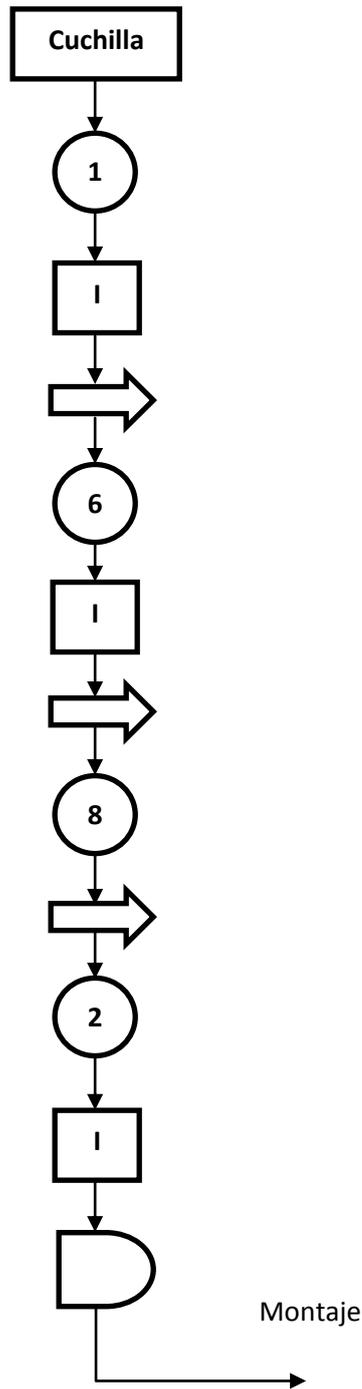
Figura 2B Cursograma de cuchillas.



Fuente: Autor

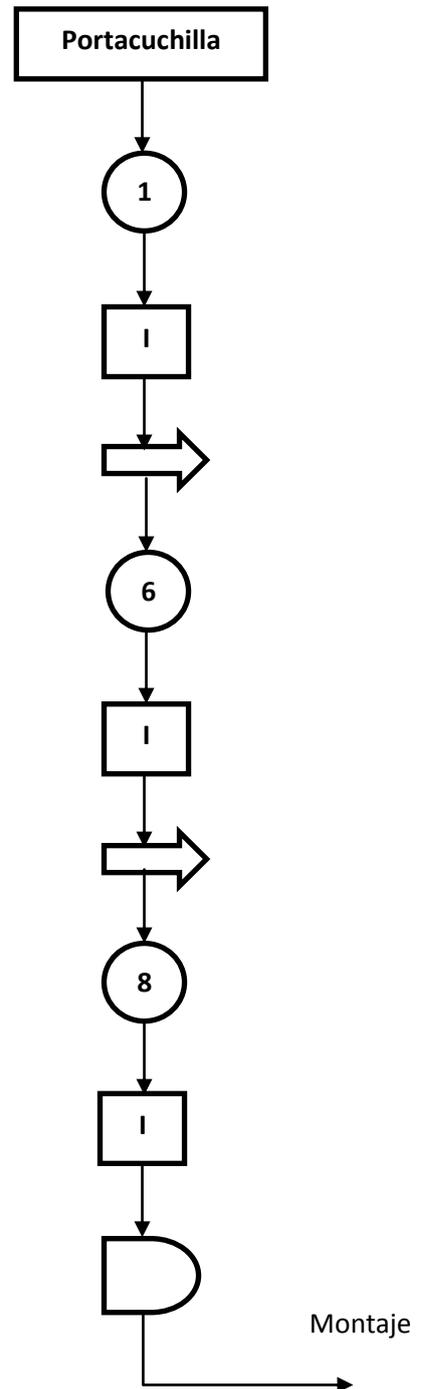
Figura 2C Cursograma de portacuchillas.

Cursograma de cuchillas y portacuchillas verticales



Fuente: Autor

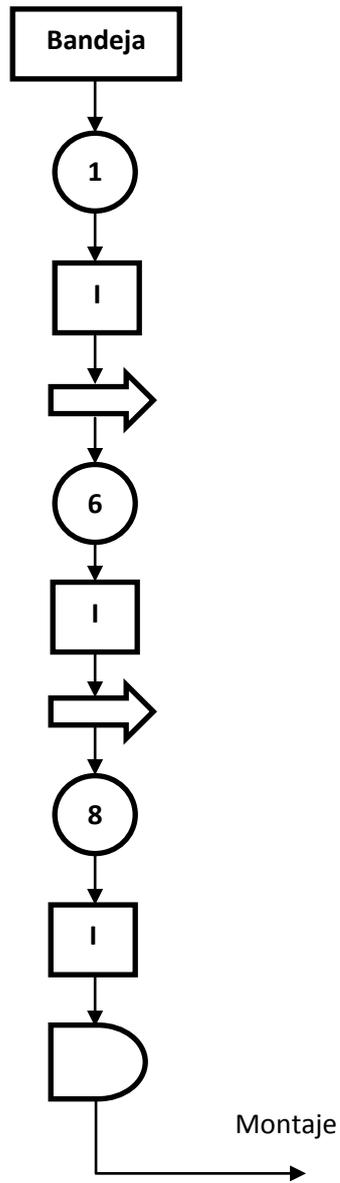
Figura 2D Cursograma de cuchillas.



Fuente: Autor

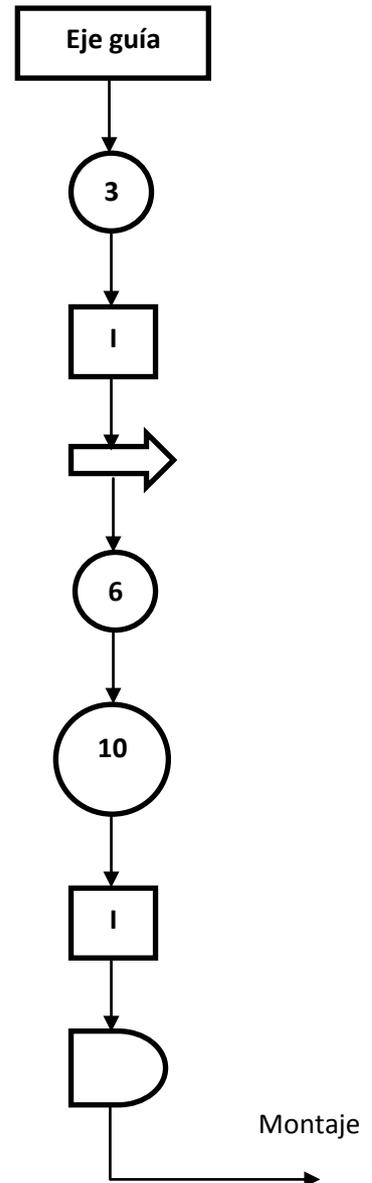
Figura 2E Cursograma de portacuchillas.

Cursograma de bandejas y eje guía



Fuente: Autor

Figura 2F Cursograma de bandejas.



Fuente: Autor

Figura 2G Cursograma de ejes guías.

Montaje de la máquina

El montaje se realiza preferentemente con el siguiente orden:

ITEM	OPERACIÓN
M1	Ensamble de la estructura.
M2	Instalación de los ejes guías en la estructura
M3	Instalación de la catalina de $Z_3=13$ en el eje del rodillo inferior
M4	Instalación de la catalina de $Z_2=20$ en el eje del rodillo inferior
M5	Instalación de las chumaceras en el eje del rodillo inferior
M6	Instalación de la catalina de $Z_6=13$ en el eje del rodillo superior
M7	Instalación de las chumaceras en el eje del rodillo superior
M8	Instalación de las catalinas de $Z_4= Z_5=13$ en el eje de transmisión 1
M9	Instalación de las chumaceras en el eje de transmisión 1
M10	Instalación de la catalina de $Z_1=12$ en el eje de la polea
M11	Instalación de la polea de $\varnothing=16$ “ en el eje de la polea
M12	Instalación de las chumaceras en el eje de la polea
M13	Instalación del rodamiento en el eje de transmisión 2
M14	Instalación de la catalina de $Z_7=13$ en el eje de transmisión 2
M15	Instalación del rodamiento en el eje de transmisión 3
M16	Instalación de la catalina de $Z_8=13$ en el eje de transmisión 3
M17	Instalación de la polea de $\varnothing=2$ “ en el eje del motor
M18	Instalación del eje rodillo superior en los soportes
M19	Instalación del eje rodillo inferior en la estructura
M20	Instalación del eje de transmisión 1 en la estructura
M21	Instalación de los soportes del eje rodillo superior en la estructura
M22	Instalación de cuchillas horizontales en los portacuchillas
M23	Instalación de portacuchillas en la estructura
M24	Instalación de resortes en el eje rodillo superior
M25	Instalación del eje de transmisión 2 en la estructura
M26	Instalación del eje de transmisión 3 en la estructura
M27	Instalación del eje de la polea en la estructura
M28	Instalación del motor en la estructura

M29	Instalación de la cadena en las catalinas $Z_1=12$ y $Z_2=20$
M30	Instalación de banda en las poleas de $\varnothing=2$ “ y $\varnothing=16$ “
M31	Instalación de la cadena en las catalinas $Z_3=13$ y $Z_4=13$
M32	Instalación de la cadena en las catalinas $Z_5=13$, $Z_6=13$, $Z_7=13$ y $Z_8=13$
M33	Instalación de cuchillas verticales en los portacuchillas
M34	Instalación de portacuchillas en la estructura
M35	Instalación de bandejas
M36	Instalación de la caja para el control eléctrico
M37	Instalación eléctrica en el sistema de control
M38	Instalación de la carcaza sobre la estructura
M39	Instalación de la tapa superior

Fuente: Autor

Tabla 2F Determinación de las actividades realizadas para el montaje de la máquina extractora de gel de sábila.

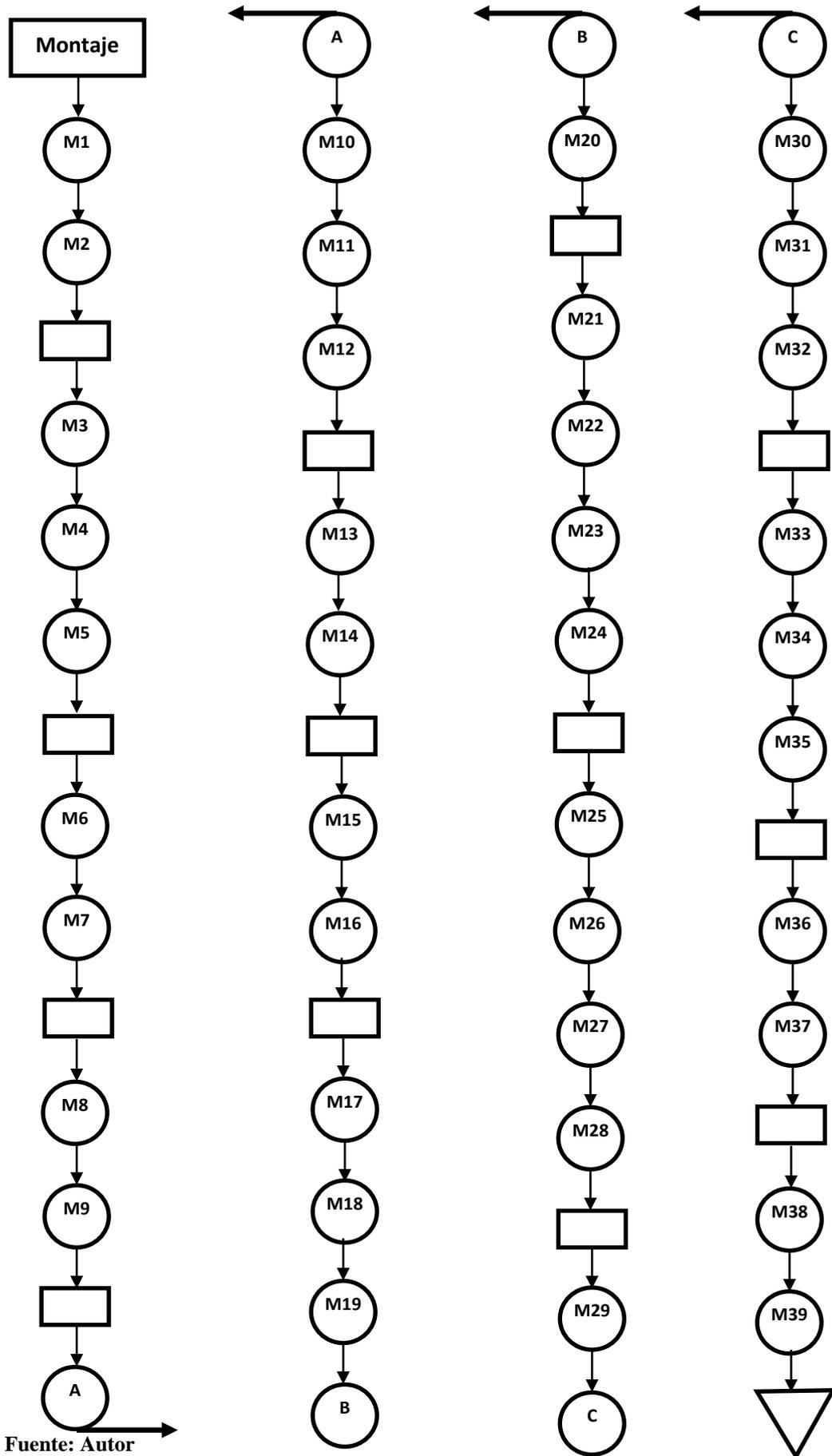


Figura 2H Curso-grama de montaje de la máquina extractora de gel de sábila.

ANEXO 3

MANUALES

INSTALACIÓN, OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y PRUEBAS

Instalación

La máquina se asentará sobre una superficie plana, no es necesario fijarla ya que puede transportarse a cualquier parte, además se colocarán lanas de caucho para absorber la vibración.

Operación

Antes de poner en funcionamiento la máquina, deben efectuarse las siguientes observaciones:

- Verificar que todos los pernos estén bien ajustados.
- Verificar la alineación de las poleas y catalinas.
- Comprobar la tensión correcta de la banda y cadenas.

Antes de realizar la primera carga, la máquina debe estar en funcionamiento, durante un tiempo que permita encontrar su punto de equilibrio.

Mantenimiento

Las cadenas y catalinas deben permanecer debidamente lubricadas para evitar el desgaste excesivo, consumir menos potencia y alargar su vida útil. Es recomendable que las catalinas estén protegidas del medio ambiente con una cubierta metálica que permita proteger de impurezas externas. Después del pelado de las hojas, hay que lavar los rodillos con agua tibia.

Asegúrese de que los ejes estén centrados, paralelos entre sí en todo sentido y además bien soportado por sus chumaceras.

Deje la cadena con un grado pequeño de tensión inicial. La práctica de tensionar las cadenas demasiado, las destruye prematuramente. Así mismo si la cadena trabaja muy floja, produce vibración y ruido con resultados también

negativos. Es preferible tensar de nuevo después de unas cien horas de trabajo. Los períodos entre tensionamientos posteriores serán determinados por la observación y el buen criterio.

Mantenimiento general

- Limpiar el polvo acumulado en la parte interna del sistema de transmisión.
- Controlar el desgaste de los rodillos.

Se debe tomar mayor atención al desgaste de los elementos como catalinas, ejes, chumaceras, rodillos ya que esto depende del tiempo entre cada periodo de reparación y mantenimiento. Se recomienda realizarlos en lapsos de tiempo cortos, para poder realizar un registro adecuado del estado de la máquina.

Posteriormente se recomienda que la periodicidad del mantenimiento sea:

- Preventivo: cada 2 meses a 4 meses
- Correctivo: cada 2 años aproximadamente, dependiendo de la producción de gel de sábila.

Se recomienda el siguiente cronograma de mantenimiento:

ELEMENTO	ACTIVIDAD	APLICACIÓN	FRECUENCIA
1	Limpieza de rodillos	Manual	Después de cada jornada de trabajo
2	Lubricación de las cadenas y catalinas	Manual	Cada 15 días
3	Cambio de chumaceras		8000 horas

Fuente: Autor

Tabla 3A Cronograma de mantenimiento de partes vulnerables de la máquina extractora de gel de sábila.

Anotaciones importantes

El fabricante no garantiza la máquina si, ésta ha sido modificada estructuralmente por el usuario.

Use la herramienta apropiada para ajustar o ensamblar las partes y piezas de la máquina.

Mientras se sigan las instrucciones de este manual, usted disfrutará por mucho tiempo del buen funcionamiento y rendimiento de esta máquina.

Nota:

Jamás se debe intervenir en una transmisión cualquiera que sea el propósito, sin antes asegurarse de que la corriente eléctrica esta desconectada o la fuente de potencia apagada. Asegurarse además de que nada ni nadie pueda poner en movimiento la transmisión mientras haya manos interviniendo.

Use el equipo de protección adecuado para los ojos, las manos, los pies, la cabeza, etc., siempre que sea necesario.

ANEXO 4

TABLAS

**ANEXO 4A. ESFUERZO DE COMPRESIÓN Y CORTE PROMEDIOS DE LAS
HOJAS DE SÁBILA**

Esfuerzo de compresión			
N°	Ancho de corte (mm)	Posición (mm)	Carga máxima (Kgf)
1	84,5	8,25	54,1
2	81,6	8,25	54,9
3	102,4	8	44,9
Promedio	89,5	8,166666667	51,3
Esfuerzo promedio		70185,8397	

Esfuerzo de corte			
N°	Ancho de corte (mm)	Posición (mm)	Carga máxima (Kgf)
1	64,2	25,8	27,9
2	64,1	24,2	20,3
3	52	31,5	9,2
Promedio	60,1	27,166666667	19,13333333
Esfuerzo promedio		11718,71013	

ANEXO 4B. MEDIDAS PROMEDIO DE HOJAS DE SÁBILA

PENCA	LARGO	ANCHO	ESPEJOR	PESO
	mm	mm	mm	Kg
1	260	100	21	0,095
2	270	100	18	0,09
3	280	70	17	0,095
4	260	85	18	0,095
5	240	80	20	0,08
6	270	100	21	0,095
7	250	85	20	0,085
8	260	90	21	0,09
9	270	100	25	0,095
10	240	75	20	0,07
11	280	75	21	0,095
12	250	55	18	0,08
PROMEDIO	260,83	84,58	20,00	0,0888

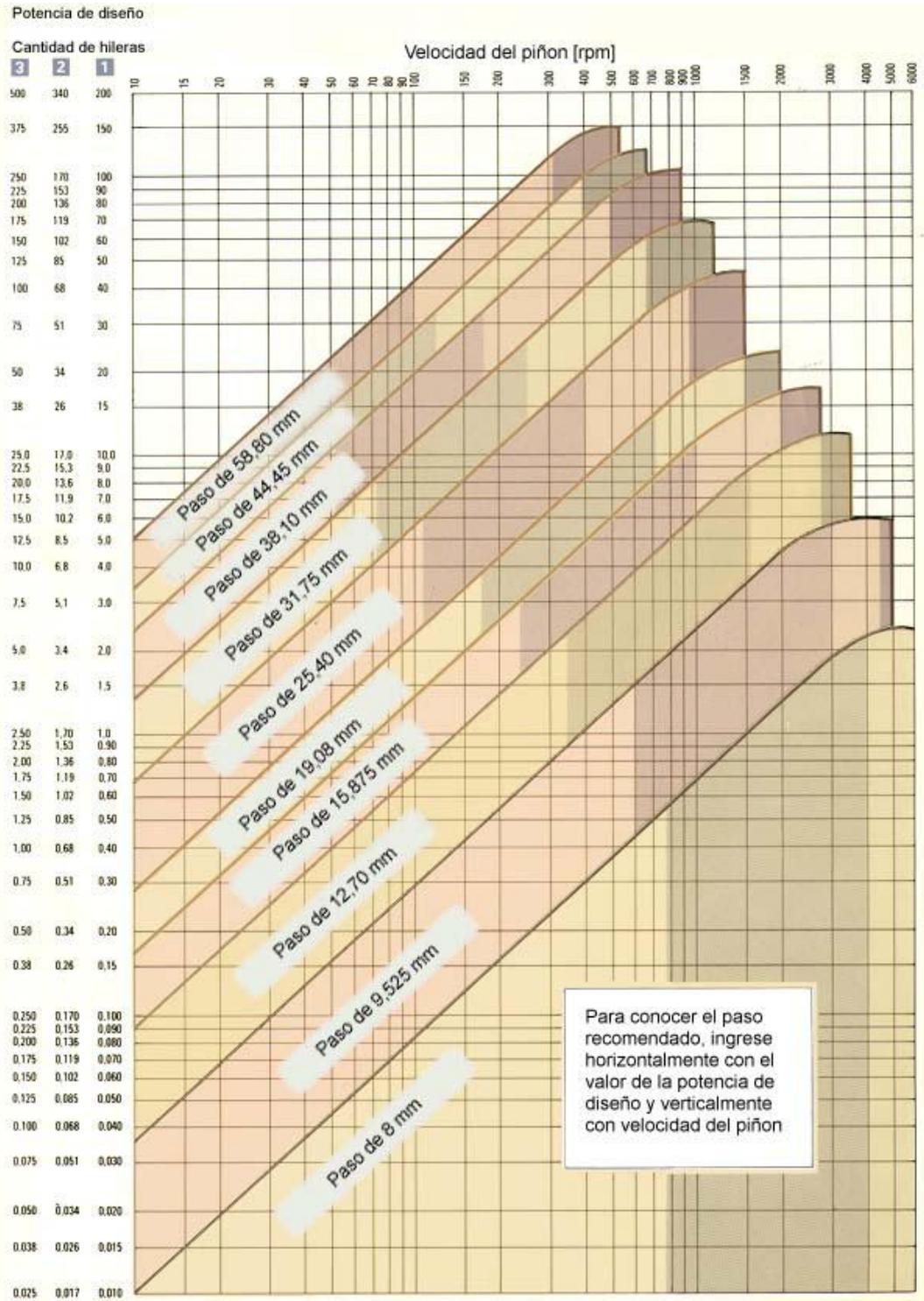
ANEXO 4C. FACTOR DE CARGA

Tipo de carga	Tipo de impulsor		
	Impulsor hidráulico	Motor eléctrico o turbina	Motor de combustión interna con transmisión mecánica
Uniforme (agitadores, ventiladores, transportadores con carga ligera y uniforme)	1.0	1.0	1.2
Choque moderado (máquinas herramienta, grúas, transportadores pesados, mezcladoras de alimento y molinos)	1.2	1.3	1.4
Choque pesado (prensas de troquelado, molinos de martillos, transportadores alternos, accionamientos de molino de rodillos)	1.4	1.5	1.7

ANEXO 4D. FACTOR DE DIENTE

Factores f_2 para piñones de medidas standard	
Z_1	f_2
15	1.27
17	1.12
19	1.00
21	0.91
23	0.83
25	0.76

ANEXO 4E. SELECCIÓN PASO DE LA CADENA



ANEXO 4F. SELECCIÓN DE LA CADENA

Número de cadena	Paso (pulg)	Diámetro del rodillo	Ancho del rodillo	Espesor de placa lateral	Resistencia promedio a la tensión (lb)
25	1/4	Ninguno	–	0.030	925
35	3/8	Ninguno	–	0.050	2100
41	1/2	0.306	0.250	0.050	2000
40	1/2	0.312	0.312	0.060	3700
50	5/8	0.400	0.375	0.080	6100
60	3/4	0.469	0.500	0.094	8500
80	1	0.626	0.625	0.125	14 500
100	1¼	0.750	0.750	0.156	24 000
120	1½	0.875	1.000	0.187	34 000
140	1¾	1.000	1.000	0.219	46 000
160	2	1.125	1.250	0.250	58 000
180	2¼	1.406	1.406	0.281	80 000
200	2½	1.562	1.500	0.312	95 000
240	3	1.875	1.875	0.375	130 000

ANEXO 4G. LUBRICACIÓN

TABLA 7-5 Capacidades en caballos de fuerza - Cadena simple de rodillos número 40

Núm. de dientes	0.500 pulgadas de paso										Velocidad mínima de giro de la catarina, rev/mín																	
	10	25	50	100	180	200	300	500	700	900	1000	1200	1400	1600	1800	2100	2500	3000	3500	4000	5000	6000	7000	8000	9000			
11	0.06	0.14	0.27	0.52	0.91	1.00	1.48	2.42	3.34	4.25	4.70	5.60	6.49	5.57	4.66	3.70	2.85	2.17	1.72	1.41	1.01	0.77	0.61	0.50	0.00			
12	0.06	0.15	0.29	0.56	0.99	1.09	1.61	2.64	3.64	4.64	5.13	6.11	7.09	6.34	5.31	4.22	3.25	2.47	1.96	1.60	1.15	0.87	0.69	0.57	0.00			
13	0.07	0.16	0.31	0.61	1.07	1.19	1.75	2.86	3.95	5.02	5.56	6.62	7.68	7.15	5.99	4.76	3.66	2.79	2.21	1.81	1.29	0.98	0.78	0.00	0.00			
14	0.07	0.17	0.34	0.66	1.15	1.28	1.88	3.08	4.25	5.41	5.98	7.13	8.27	7.99	6.70	5.31	4.09	3.11	2.47	2.02	1.45	1.10	0.87	0.00	0.00			
15	0.08	0.19	0.36	0.70	1.24	1.37	2.02	3.30	4.55	5.80	6.41	7.64	8.86	8.86	7.43	5.89	4.54	3.45	2.74	2.24	1.60	1.22	0.97	0.00	0.00			
16	0.08	0.20	0.39	0.75	1.32	1.46	2.15	3.52	4.86	6.18	6.84	8.15	9.45	9.76	8.18	6.49	5.00	3.80	3.02	2.47	1.77	1.34	1.00	0.00	0.00			
17	0.09	0.21	0.41	0.80	1.40	1.55	2.29	3.74	5.16	6.57	7.27	8.66	10.04	10.69	8.96	7.11	5.48	4.17	3.31	2.71	1.94	1.47	1.00	0.00	0.00			
18	0.09	0.22	0.43	0.84	1.48	1.64	2.42	3.96	5.46	6.95	7.69	9.17	10.63	11.65	9.76	7.75	5.97	4.54	3.60	2.95	2.11	1.60	1.00	0.00	0.00			
19	0.10	0.24	0.46	0.89	1.57	1.73	2.56	4.18	5.77	7.34	8.12	9.66	11.22	12.64	10.59	8.40	6.47	4.92	3.91	3.20	2.29	1.60	1.00	0.00	0.00			
20	0.10	0.25	0.48	0.94	1.65	1.82	2.69	4.39	6.07	7.73	8.55	10.18	11.81	13.42	11.44	9.07	6.99	5.31	4.22	3.45	2.47	1.77	1.34	0.00	0.00			
21	0.11	0.26	0.51	0.98	1.73	1.91	2.83	4.61	6.37	8.11	8.98	10.69	12.40	14.10	12.30	9.76	7.52	5.72	4.54	3.71	2.65	1.94	1.34	0.00	0.00			
22	0.11	0.27	0.53	1.03	1.81	2.01	2.96	4.83	6.68	8.50	9.40	11.20	12.99	14.77	13.19	10.47	8.06	6.13	4.87	3.98	2.85	2.00	1.47	0.00	0.00			
23	0.12	0.28	0.56	1.08	1.90	2.10	3.10	5.05	6.98	8.89	9.83	11.71	13.58	15.44	14.10	11.19	8.62	6.55	5.20	4.26	3.05	2.29	1.60	0.00	0.00			
24	0.12	0.30	0.58	1.12	1.98	2.19	3.23	5.27	7.28	9.27	10.26	12.22	14.17	16.11	15.03	11.93	9.18	6.99	5.54	4.54	3.20	2.29	1.60	0.00	0.00			
25	0.13	0.31	0.60	1.17	2.06	2.28	3.36	5.49	7.59	9.66	10.69	12.73	14.76	16.78	15.98	12.68	9.76	7.43	5.89	4.82	3.45	2.47	1.77	1.34	0.00			
26	0.13	0.32	0.63	1.22	2.14	2.37	3.50	5.71	7.89	10.04	11.11	13.24	15.35	17.45	16.95	13.45	10.36	7.88	6.25	5.12	3.71	2.65	1.94	1.34	0.00			
28	0.14	0.35	0.67	1.31	2.31	2.55	3.77	6.15	8.50	10.82	11.97	14.26	16.53	18.79	18.94	15.03	11.57	8.80	6.99	5.72	4.26	3.05	2.29	1.60	0.00			
30	0.15	0.37	0.72	1.41	2.47	2.74	4.04	6.59	9.11	11.59	12.82	15.28	17.71	20.14	21.01	16.67	12.84	9.76	7.75	6.34	4.54	3.20	2.29	1.60	0.00			
32	0.16	0.40	0.77	1.50	2.64	2.92	4.31	7.03	9.71	12.38	13.68	16.30	18.89	21.48	23.14	18.37	14.14	10.76	8.54	7.14	5.12	3.71	2.65	1.94	1.34	0.00		
35	0.18	0.43	0.84	1.64	2.88	3.19	4.71	7.69	10.62	13.52	14.96	17.82	20.67	23.49	26.30	21.01	16.17	12.30	9.76	8.06	6.13	4.87	3.98	2.85	2.00	0.00		
40	0.21	0.50	0.96	1.87	3.30	3.65	5.38	8.79	12.14	15.45	17.10	20.37	23.62	26.85	30.06	25.67	19.76	15.03	11.93	9.76	7.75	6.34	4.54	3.20	2.29	1.60	0.00	
45	0.23	0.56	1.08	2.11	3.71	4.10	6.08	9.89	13.66	17.39	19.24	22.92	26.57	30.20	33.82	30.63	23.58	18.46	14.76	11.93	9.76	7.75	6.34	4.54	3.20	2.29	1.60	0.00

Tipo C

Tipo B

Tipo A

Tipo A: Lubricación manual o por goteo
 Tipo B: Lubricación en baño o con disco
 Tipo C: Lubricación con chorro de aceite

Fuente: American Chain Association, Naples, FL

ANEXO 4H. LONGITUD DE PASO

Dimensiones de conversión de longitud. (Sume la cantidad que se muestra a la circunferencia interior para obtener la longitud de paso en pulgadas)

Sección de la banda	A	B	C	D	E
Cantidad a sumar	1.3	1.8	2.9	3.3	4.5

ANEXO 4I. FACTOR DE CORRECCIÓN DEL ÁNGULO DE CONTACTO K_1

$\frac{D-d}{c}$	θ , grados	VV	K_1 Plana en V
0.00	180	1.00	0.75
0.10	174.3	0.99	0.76
0.20	166.5	0.97	0.78
0.30	162.7	0.96	0.79
0.40	156.9	0.94	0.80
0.50	151.0	0.93	0.81
0.60	145.1	0.91	0.83
0.70	139.0	0.89	0.84
0.80	132.8	0.87	0.85
0.90	126.5	0.85	0.85
1.00	120.0	0.82	0.82
1.10	113.3	0.80	0.80
1.20	106.3	0.77	0.77
1.30	98.9	0.73	0.73
1.40	91.1	0.70	0.70
1.50	82.8	0.65	0.65

ANEXO 4J. FACTOR DE CORRECCIÓN DE LONGITUD DE BANDA K₂

Factor de longitud	Longitud nominal de la banda, pulg				
	Bandas A	Bandas B	Bandas C	Bandas D	Bandas E
0.85	Hasta 35	Hasta 46	Hasta 75	Hasta 128	
0.90	38-46	48-60	81-96	144-162	Hasta 195
0.95	48-55	62-75	105-120	173-210	210-240
1.00	60-75	78-97	128-158	240	270-300
1.05	78-90	105-120	162-195	270-330	330-390
1.10	96-112	128-144	210-240	360-420	420-480
1.15	120 y mayor	158-180	270-300	480	540-600
1.20		195 y mayor	330 y mayor	540 y mayor	660

ANEXO 4K. POTENCIAS NOMINALES DE BANDAS EN V ESTÁNDAR

Sección de la banda	Diámetro de paso de la polea, pulg	Velocidad de la banda, pie/min				
		1 000	2 000	3 000	4 000	5 000
A	2.6	0.47	0.62	0.53	0.15	
	3.0	0.66	1.01	1.12	0.93	0.38
	3.4	0.81	1.31	1.57	1.53	1.12
	3.8	0.93	1.55	1.92	2.00	1.71
	4.2	1.03	1.74	2.20	2.38	2.19
	4.6	1.11	1.89	2.44	2.69	2.58
	5.0 y mayor	1.17	2.03	2.64	2.96	2.89
B	4.2	1.07	1.58	1.68	1.26	0.22
	4.6	1.27	1.99	2.29	2.08	1.24
	5.0	1.44	2.33	2.80	2.76	2.10
	5.4	1.59	2.62	3.24	3.34	2.82
	5.8	1.72	2.87	3.61	3.85	3.45
	6.2	1.82	3.09	3.94	4.28	4.00
	6.6	1.92	3.29	4.23	4.67	4.48
7.0 y mayor	2.01	3.46	4.49	5.01	4.90	
C	6.0	1.84	2.66	2.72	1.87	
	7.0	2.48	3.94	4.64	4.44	3.12
	8.0	2.96	4.90	6.09	6.36	5.52
	9.0	3.34	5.65	7.21	7.86	7.39
	10.0	3.64	6.25	8.11	9.06	8.89
	11.0	3.88	6.74	8.84	10.0	10.1
	12.0 y mayor	4.09	7.15	9.46	10.9	11.1
D	10.0	4.14	6.13	6.55	5.09	1.35
	11.0	5.00	7.83	9.11	8.50	5.62
	12.0	5.71	9.26	11.2	11.4	9.18
	13.0	6.31	10.5	13.0	13.8	12.2
	14.0	6.82	11.5	14.6	15.8	14.8
	15.0	7.27	12.4	15.9	17.6	17.0
	16.0	7.66	13.2	17.1	19.2	19.0
	17.0 y mayor	8.01	13.9	18.1	20.6	20.7
E	16.0	8.68	14.0	17.5	18.1	15.3
	18.0	9.92	16.7	21.2	23.0	21.5
	20.0	10.9	18.7	24.2	26.9	26.4
	22.0	11.7	20.3	26.6	30.2	30.5
	24.0	12.4	21.6	28.6	32.9	33.8
	26.0	13.0	22.8	30.3	35.1	36.7
	28.0 y mayor	13.4	23.7	31.8	37.1	39.1

ANEXO 4L. FACTORES DE SERVICIO K_s

Maquinaria impulsada	Fuente de potencia	
	Características del par de torsión normal	Par de torsión alto o no uniforme
Uniforme	1.0 a 1.2	1.1 a 1.3
Impacto ligero	1.1 a 1.3	1.2 a 1.4
Impacto medio	1.2 a 1.4	1.4 a 1.6
Impacto pesado	1.3 a 1.5	1.5 a 1.8

ANEXO 4M. PARÁMETROS K_b Y K_c

Sección de la banda	K_b	K_c
A	220	0.561
B	576	0.965
C	1 600	1.716
D	5 680	3.498
E	10 850	5.041
3V	230	0.425
5V	1 098	1.217
8V	4 830	3.288

ANEXO 4N. PROPIEDADES DE LOS ACEROS

Número	Material	Condición	Resistencia (a la tensión)					Resistencia a la deformación, exponente m	Resistencia a la fractura ϵ_f
			Fluencia S_y MPa (kpsi)	Última S_u MPa (kpsi)	A la fractura, σ_f MPa (kpsi)	Coefficiente $\sigma_{0.2}$ MPa (kpsi)			
1018	Acero	Recocido	220 (32.0)	341 (49.5)	628 (91.1) ^f	620 (90.0)	0.25	1.05	
1144	Acero	Recocido	358 (52.0)	646 (93.7)	898 (130) ^f	992 (144)	0.14	0.49	
1212	Acero	HR	193 (28.0)	424 (61.5)	729 (106) ^f	758 (110)	0.24	0.85	
1045	Acero	TyR 600°F	1 520 (220)	1 580 (230)	2 380 (345)	1 880 (273) ^f	0.041	0.81	
4142	Acero	TyR 600°F	1 720 (250)	1 930 (210)	2 340 (340)	1 760 (255) ^f	0.048	0.43	
303	Acero inoxidable	Recocido	241 (35.0)	601 (87.3)	1 520 (221) ^f	1 410 (205)	0.51	1.16	
304	Acero inoxidable	Recocido	276 (40.0)	568 (82.4)	1 600 (233) ^f	1 270 (185)	0.45	1.67	
2011	Aleación de aluminio	T6	169 (24.5)	324 (47.0)	325 (47.2) ^f	620 (90)	0.28	0.10	
2024	Aleación de aluminio	T4	296 (43.0)	446 (64.8)	533 (77.3) ^f	689 (100)	0.15	0.18	
7075	Aleación de aluminio	T6	542 (78.6)	593 (86.0)	706 (102) ^f	882 (128)	0.13	0.18	

ANEXO 40. FACTOR DE CONDICIÓN SUPERFICIAL

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

ANEXO 4P. FACTOR DE CARGA

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsión}^{17} \end{cases}$$

ANEXO 4Q. FACTOR DE TEMPERATURA

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

ANEXO 4R. FACTOR DE CONFIABILIDAD

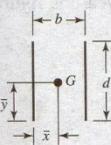
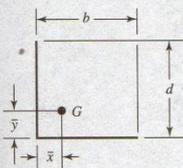
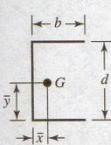
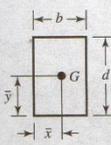
Confiabilidad, %	Variación de transformación z_{α}	Factor de confiabilidad k_{α}
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

ANEXO 4S. PROPIEDADES A LA FLEXIÓN DE SOLDADURAS DE FILETE

Soldadura	Área de la garganta	Ubicación de G	Segundo momento del área unitaria
	$A = 0.707hd$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{12}$
	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{6}$
	$A = 1.414hb$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{bd^2}{2}$
	$A = 0.707h(2b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2b + d}$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^2}{12}(6b + d)$
	$A = 0.707h(b + 2d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = \frac{d^2}{b + 2d}$	$I_u = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$

	$A = 1.414h(b + d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^2}{6}(3b + d)$
	$A = 0.707h(b + 2d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = \frac{d^2}{b + 2d}$	$I_u = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$
	$A = 1.414h(b + d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^2}{6}(3b + d)$
	$A = 1.414\pi r$		$I_u = \pi r^3$

ANEXO 4T. PROPIEDADES A LA TORSIÓN DE SOLDADURAS DE FILETE

Soldadura	Área de la garganta	Ubicación de G	Segundo momento polar de inercia del área unitaria
	$A = 0.707hd$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = d^3 / 12$
	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = d/2$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{d(3b^2 + d^2)}{6}$
	$A = 0.707h(2b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2(b+d)}$ $\bar{y} = \frac{d^2}{2(b+d)}$	$J_u = \frac{(b+d)^4 - 6b^2d^2}{12(b+d)}$
	$A = 0.707h(2b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2(b+d)}$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} - \frac{b^4}{2b+d}$
	$A = 1.414h(b + d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{(b+d)^3}{6}$
	$A = 1.414\pi r^3$		$J_u = 2\pi r^3$

ANEXO 4U. FACTORES DE CONCENTRACION DE ESFUERZO K_{fs}

Tipo de soldadura	K_{fs}
A tope reforzada	1.2
De filete transversal, en la punta	1.5
De filetes paralelos, en el extremo	2.7
A tope en T, con esquinas agudas	2.0

**ANEXO 4V. DIÁMETRO Y ÁREA DE ROSCAS UNIFICADAS DE TORNILLO
UNC Y UNF**

Designación de tamaño	Diámetro mayor nominal pulg	Serie basta-UNC			Serie fina-UNF		
		Hilos por pulgada N	Área de esfuerzo de tensión A, pulg ²	Área al diámetro menor A _r , pulg ²	Hilos por pulgada N	Área de esfuerzo de tensión A, pulg ²	Área al diámetro menor A _r , pulg ²
0	0.0600				80	0.001 80	0.001 51
1	0.0730	64	0.002 63	0.002 18	72	0.002 78	0.002 37
2	0.0860	56	0.003 70	0.003 10	64	0.003 94	0.003 39
3	0.0990	48	0.004 87	0.004 06	56	0.005 23	0.004 51
4	0.1120	40	0.006 04	0.004 96	48	0.006 61	0.005 66
5	0.1250	40	0.007 96	0.006 72	44	0.008 80	0.007 16
6	0.1380	32	0.009 09	0.007 45	40	0.010 15	0.008 74
8	0.1640	32	0.014 0	0.011 96	36	0.014 74	0.012 85
10	0.1900	24	0.017 5	0.014 50	32	0.020 0	0.017 5
12	0.2160	24	0.024 2	0.020 6	28	0.025 8	0.022 6
$\frac{1}{4}$	0.2500	20	0.031 8	0.026 9	28	0.036 4	0.032 6
$\frac{5}{16}$	0.3125	18	0.052 4	0.045 4	24	0.058 0	0.052 4
$\frac{3}{8}$	0.3750	16	0.077 5	0.067 8	24	0.087 8	0.080 9
$\frac{7}{16}$	0.4375	14	0.106 3	0.093 3	20	0.118 7	0.109 0
$\frac{1}{2}$	0.5000	13	0.141 9	0.125 7	20	0.159 9	0.148 6
$\frac{9}{16}$	0.5625	12	0.182	0.162	18	0.203	0.189
$\frac{5}{8}$	0.6250	11	0.226	0.202	18	0.256	0.240
$\frac{3}{4}$	0.7500	10	0.334	0.302	16	0.373	0.351
$\frac{7}{8}$	0.8750	9	0.462	0.419	14	0.509	0.480
1	1.0000	8	0.606	0.551	12	0.663	0.625
$1\frac{1}{4}$	1.2500	7	0.969	0.890	12	1.073	1.024
$1\frac{1}{2}$	1.5000	6	1.405	1.294	12	1.581	1.521

ANEXO 4W. ESPECIFICACIONES SAE PARA PERNOS DE ACERO

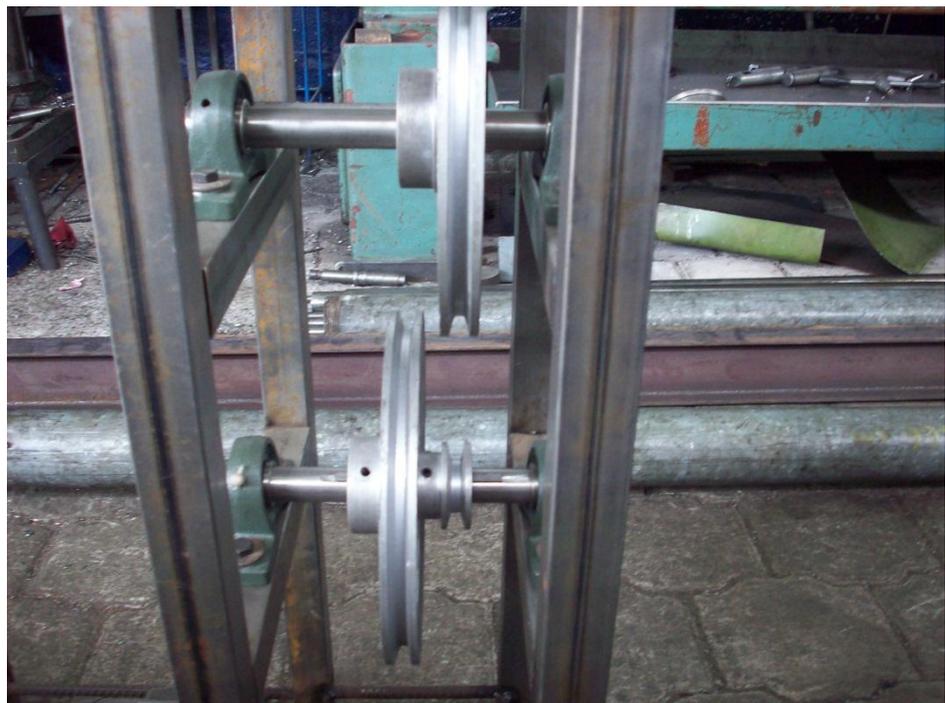
Grado SAE Núm.	Intervalo de tamaños, inclusive, pulg	Resistencia de prueba mínima,* kpsi	Resistencia mínima de tensión,* kpsi	Resistencia mínima de fluencia,* kpsi	Material	Marca en la cabeza
1	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	33	60	36	Acero al bajo o medio carbono	
2	$\frac{1}{4}$ - $\frac{3}{4}$ $\frac{7}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	55 33	74 60	57 36	Acero al bajo o medio carbono	
4	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	65	115	100	Acero al medio carbono, estirado en frío	
5	$\frac{1}{4}$ -1 $1\frac{1}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	85 74	120 105	92 81	Acero al medio carbono, T y R	
5.2	$\frac{1}{4}$ -1	85	120	92	Acero martensítico al bajo carbono, T y R	
7	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	105	133	115	Acero de aleación al medio carbono, T y R	
8	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	120	150	130	Acero de aleación al medio T y R	
8.2	$\frac{1}{4}$ -1	120	150	130	Acero martensítico al bajo carbono, T y R	

**ANEXO 4X. FOTOGRAFÍAS DE LA CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL
PROTOTIPO**







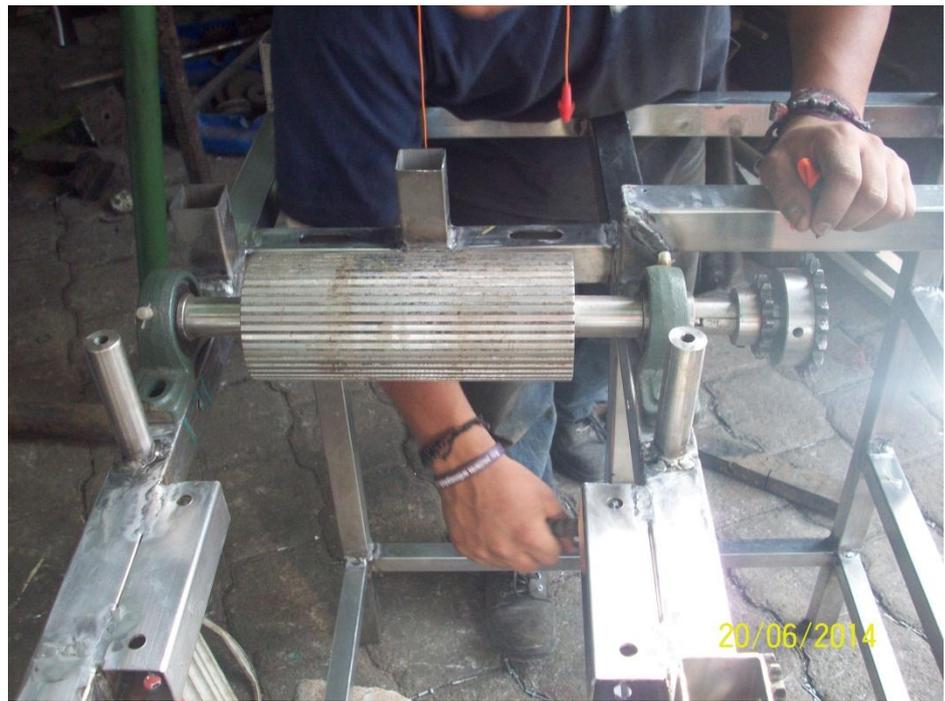












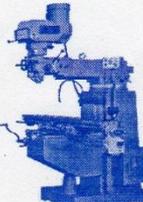




ANEXO 5

PROFORMAS

ANEXO 5A. FACTURAS



MECANICA INDUSTRIAL OCCIDENTAL
 TORNOS-FRESADORA-PRESA HIDRAULICA Y SOLDADURAS ESPECIALES
 Chicaiza Imacaña Segundo Marcelo
 Dirección: Antonio Herrera N25-15 y José Birrutleta (La Gasca)
 Frente al Estadio La Comuna Telefax: 3211-235 Dom. 3211-449
 Dep. Contab.: 3203-267 / Cel.: 098 276-057 M./ 085 674-385 C.
 E-mail: marce.mati@hotmail.es

NOTA DE ENTREGA

Nº 0000322

Fecha	DIA	MES	AÑO
	22	02	14

RUC: 1704741592001

EMPRESA: Sr. Richard Maldonado. RUC./C.I. _____

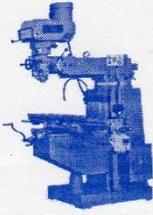
DIRECCION: _____

CIUDAD: Quito. TELF.: _____

ORDEN DE TRABAJO No. _____ DEP. DE ENTREGA: _____

CANT.	CONCEPTO	V. UNIT.	V. TOTAL
1	Placa de Acero de 40 cm x 20 cm y espesor de 20 mm.		
1	Fabricación de un eje de ϕ 65 x 20 cm.		
1	Esparrago de M12x1,75		
Cancelado			
OBSERVACION: _____		SUBTOTAL	
		DESCUENTO	
HORA DE ENTREGA: _____		I.V.A. ___%	
VEHICULO No.: _____	RECIBI CONFORME	I.V.A. 0%	
	 FIRMA AUTORIZADA	TOTAL \$	90,00

Imprinta y Sellos "GALAXY" • Santiago 238 y Manuel Larrea (esq.) • Telf.: 2225-635 RUC.: 1709598906001 • del 00301 al 00800 • Fecha: 02/02/2012



MECANICA INDUSTRIAL OCCIDENTAL

TORNOS-FRESADORA-PRESA HIDRAULICA Y SOLDADURAS ESPECIALES

Chicaiza Imacaña Segundo Marcelo

Dirección: Antonio Herrera N25-15 y José Birrutleta (La Gasca)

Frente al Estadio La Comuna Telefax: 3211-235 Dom. 3211-449

Dep. Contab.: 3203-267 / Cel.: 098 276-057 M./ 085 674-385 C.

E-mail: marce.mati@hotmail.es

RUC: 1704741592001

NOTA DE ENTREGA

Nº 0000324

Fecha	DIA	MES	AÑO
	06	03	04

EMPRESA: Sr Richard Maldonado RUC./C.I. _____

DIRECCION: _____

CIUDAD: Quito TELF.: _____

ORDEN DE TRABAJO No. _____ DEP. DE ENTREGA: _____

CANT.	CONCEPTO	V. UNIT.	V. TOTAL
7	Fabricación de una cuclilla de Acero		60.00
<i>Cancelado</i>			
OBSERVACION: _____		SUBTOTAL	
HORA DE ENTREGA: _____		DESCUENTO	
VEHICULO No.: _____		I.V.A. ____%	
RECIBI CONFORME		I.V.A. 0%	
FIRMA AUTORIZADA <i>JMY</i>		TOTAL \$	60.00





TECOM R.U.C. 1701128348001

María Susana Changoluisa Ibáñez

Calificación Artesanal No. 105679

Dir.: De los Tullpanes E10-39 y Av. 6 de Diciembre

Telefax: (593-2) 225 5114 - 227 9179

Celular: 0995 320607 - 0983 966810 - 0999 888444

Quito - Ecuador www.tecomecuador.com

- Máquinas-herramientas
- Diseño Industrial
- Desarrollo de Maquinaria Industrial
- Mantenimiento de Equipo de Perforación

Autorización

1114586089

FACTURA

No. 001-001 00

0000236

Cliente: **RICHARD MALDONADO LOYO**

Dirección: **Asunción 449 y América**

Fecha: **25/06/2014**

R.U.C./C.I.: **100195948-3**

Teléfono: **2905196**

Contado: **Crédito: días**

DESCRIPCIÓN	CANT.	P. UNITARIO	P. TOTAL
Construcción de Máquina extractora de sábila:			
Tubo cuadrado inox 304 40x40x1.5mm	3	49,00	147,00
Acero inox 304 e=1mm (cuchillas)	1	12,00	12,00
Acero inox 304 e=3mm (porta cuchillas)	1	22,00	22,00
Acero inox 304 e=1mm plancha	1	140,00	140,00
Varilla roscada galvanizada 1/2" y eje inoxidable 1 1/2"	1	20,26	20,26
Resortes L120mm	2	20,00	40,00
Resortes L80mm	1	8,00	8,00
Rodamientos 6001 ZZ	2	4,00	8,00

CANCELADO 25 JUN 2014

Debo y pagaré incondicionalmente en el lugar que se me señale a la orden de Susana Changoluisa el valor total expresado en este documento más interés legal de mora desde su vencimiento así como su demora permitido por la ley, sin protesto en caso de no pago, la sola presentación de esta factura ante el respectivo juez será suficiente prueba.

Subtotal 12% 0,00

Subtotal 0% 397,26

Descuento 0,00

SUBTOTAL 12% 0,00

IVA 12% 0,00

TOTAL USD 397,26

Recibí Conforme

TECOM

Firma Autorizada



PONCE PAZMIÑO Jorge David, RUC 0100100809001, AUT. 6997. Telfs: 2810-928/2810-929.
Nicolás Urquiola E4-46 y Av.10 de Agosto. E-mail: graficas.gprint@hotmail.com
Impreso 27-03-2014 *Del 0201 al 0300. VALIDA HASTA 27/03/2015 ORIGINAL: Cliente Copia: Emisor



TECOM R.U.C. 1701128348001
 María Susana Changoluisa Ibáñez
 Calificación Artesanal No. 105679
 Dir.: De los Tulipanes E10-39 y Av. 6 de Diciembre
 Telefax: (593-2) 225 5114 - 227 9179
 Celular: 0995 320407 - 0983 966810 - 0999 888444
 Quito - Ecuador www.tecomecuador.com

- Máquinas-herramientas
- Diseño Industrial
- Desarrollo de Maquinaria Industrial
- Mantenimiento de Equipo de Perforación

Autorización
 1114586089
FACTURA 0000262
 No. 001-001 00

Cliente: **RICHARD MALDONADO LOYO**
 Dirección: **Asunción 449 y América**
 Fecha: **25/06/2014**

R.U.C./C.I.: **100195948-3**
 Teléfono: **2905196**
 Contado: Crédito: días

DESCRIPCIÓN	CANT.	P. UNITARIO	P. TOTAL
Construcción de Máquina extractora de sábila:			
Diseño y Mano de obra	1	4.000,00	4.000,00
Tubo redonda inox 30A Ø3,5" x L470mm	1	39,20	39,20
Acero inox e=3mm	1	19,04	19,04
chumacera de piso Ø1"	10	14,00	140,00
cadena paso 40 1/2	1	27,00	27,00
motor weg 1HP-1730 rpm	1	170,00	170,00
polea de aluminio 1 canal 1/2x2 1/2"	1	3,00	3,00
polea de aluminio 1 canal 1/2x10"	1	10,00	10,00
piñon sencillo 40Bx13T	6	7,00	42,00
piñon sencillo 40Bx20T	1	14,00	14,00
banda 1741	1	9,00	9,00
banda 1742	1	9,50	9,50

CANCELADO

Debo y pagaré incondicionalmente en el lugar que se me señale a la orden de Susana Changoluisa el valor total expresado en este documento más interés legal de mora desde su vencimiento así como su demora permitido por la ley, sin protesto en caso de no pago, la sola presentación de esta factura ante el respectivo juez será suficiente prueba.

Subtotal 12%
 Subtotal 0% 0,00
 Descuento 4.482,74
 SUBTOTAL 12% 0,00
 IVA 12 % 0,00
 TOTAL USD 0,00

Recibí Conforme

Firma Autorizada

PONCE PAZMIÑO Jorge David, RUC 0100100809001, AUT. 6997. Telfs: 2810-928/2810-929.
 Nicolás Urquiola E4-46 y Av.10 de Agosto. E-mail: graficas.gprint@hotmail.com
 Impreso 27-03-2014 *Del 0201 al 0300. VÁLIDA HASTA 27/03/2015 ORIGINAL: Cliente Copia: Emisor



TECOM R.U.C. 1701128348001

María Susana Changoluisa Ibáñez
 Calificación Artesanal No. 105679
 Dir.: De los Tulipanes E10-39 y Av. 6 de Diciembre
 Telefax: (593-2) 225 5114 - 227 9179
 Celular: 0995 320607 - 0983 966810 - 0999 888444
 Quito - Ecuador www.tecomecuador.com

- Máquinas-herramientas
- Diseño Industrial
- Desarrollo de Maquinaria Industrial
- Mantenimiento de Equipo de Perforación

Autorización
 1114586089
FACTURA 0000263
 No. 001-001 00 100195948-9

Cliente: **Asunción 449 y América**
 Dirección: **25/06/2014**
 Fecha:

R.U.C./C.I.: **2905196**
 Teléfono:
 Contado: Crédito: días

DESCRIPCIÓN	CANT.	P. UNITARIO	P. TOTAL
Construcción de Máquina extractora de sábila:			
Pernos 3/8 x2"	4	20,00	20,00
Pernos 1/4x2,5"	6		
Pernos 5/16x2"	4		
Abrazaderas de plástico	3		
Pernos 1/4x1"	8		
Pernos 1/4x3/4"	2		
Pernos inoxidables 5/16	2		
Pernos inoxidables 3/8x3"	4		
Arandelas y tuercas	32		
Tornillos 3/16x1/2"	20		

CANCELADO

Debo y pagaré incondicionalmente en el lugar que se me señale a la orden de Susana Changoluisa el valor total expresado en este documento más interés legal de mora desde su vencimiento así como su demora permitido por la ley, sin protesto en caso de no pago, la sola presentación de esta factura ante el respectivo juez será suficiente prueba.

Subtotal 12%	0,00
Subtotal 0%	20,00
Descuento	0,00
SUBTOTAL 12%	0,00
IVA 12 %	0,00
TOTAL USD	20,00

Richard Maldonado Loyo
 Recibí Conforme

TECOM
 Susana Changoluisa
 Firma Autorizada

Global Print
 GRÁFICAS
 PONCE PAZMIÑO Jorge David, RUC 0100100809001, AUT. 6997. Telfs: 2810-928/2810-929.
 Nicolás Urquiola E4-46 y Av.10 de Agosto. E-mail: graficas.gprint@hotmail.com
 Impreso 27-03-2014 *Del 0201 al 0300. VÁLIDA HASTA 27/03/2015 ORIGINAL: Cliente Copia: Emisor



TECOM R.U.C. 1701128348001
 María Susana Changoluisa Ibáñez
 Calificación Artesanal No. 105679
 Dir.: De los Tulipanes E10-39 y Av. 6 de Diciembre
 Telefax: (593-2) 225 5114 - 227 9179
 Celular: 0995 320607 - 0983 966810 - 0999 888444
 Quito - Ecuador www.tecomecuador.com

- Máquinas-herramientas
- Diseño Industrial
- Desarrollo de Maquinaria Industrial
- Mantenimiento de Equipo de Perforación

Autorización
 1114586089
FACTURA 0000237
 No. 001-001 00

Cliente: Richard Maldonado Loyo
 Dirección: Asunción 449 y América
 Fecha: 28 julio 2014

R.U.C./C.I.: 1001959483
 Teléfono: 2905196
 Contado: Crédito: días

DESCRIPCIÓN	CANT.	P. UNITARIO	P. TOTAL
Polea 16"	1	60,00	60,00
Polea 2"			
Bonda A53			

CANCELADO

Debo y pagaré incondicionalmente en el lugar que se me señale a la orden de Susana Changoluisa el valor total expresado en este documento más interés legal de mora desde su vencimiento así como su demora permitido por la ley, sin protesto en caso de no pago, la sola presentación de esta factura ante el respectivo juez será suficiente prueba.

Subtotal 12%
 Subtotal 0% 60,00
 Descuento -
 SUBTOTAL 12% -
 IVA 12% -
 TOTAL USD 60,00

Recibi Conforme

TECOM

 Firma Autorizada

Global Print PONCE PAZMIÑO Jorge David, RUC 0100100809001, AUT. 6997. Telfs: 2810-928/2810-929.
 Nicolás Urquiola E4-46 y Av.10 de Agosto. E-mail: graficas.gprint@hotmail.com
 Impreso 27-03-2014 *Del 0201 al 0300. **VÁLIDA HASTA 27/03/2015** ORIGINAL: Cliente Copia: Emisor

ANEXO 5B. INFORMES TÉCNICOS



ANEXO
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA



LABORATORIO DE ANÁLISIS
DE ESFUERZOS Y VIBRACIONES

INFORME TÉCNICO

LAEV – FEB.52

Quito, 25 de febrero de 2014

TRABAJO SOLICITADO POR: Sr. Richard Maldonado

ORDEN DE TRABAJO N° 0001490

Los resultados contenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en muestras de sábila para el desarrollo del proyecto de tesis: "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA EXTRACTORA DE GEL DE SÁBILA CON CAPACIDAD PARA 150 kg/h". Las muestras fueron entregadas en el Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional.

RESULTADOS

1. **MUESTRA:** Tres (3) muestras de sábila para ensayo de compresión.
2. **ENSAYO DE COMPRESIÓN**

Id.	Ancho promedio	Carga máxima registrada	
	mm	lbf	kgf
T5	84,5	119,1	54,1
T7	81,6	120,7	54,9
T9	102,4	98,8	44,9

En el anexo se muestran las curvas de carga vs. posición registradas en los ensayos de compresión.


Ing. Tito Velastegui
JEFE (E) DEL LABORATORIO DE
ANÁLISIS DE ESFUERZOS Y VIBRACIONES



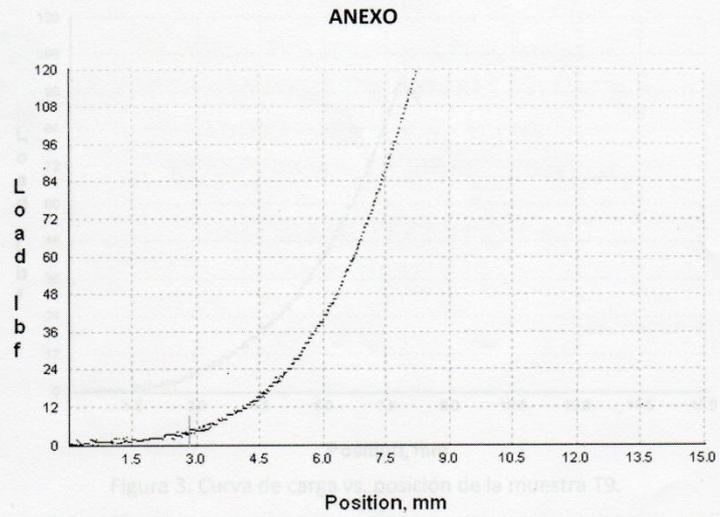


Figura 1. Curva de carga vs. posición de la muestra T5.

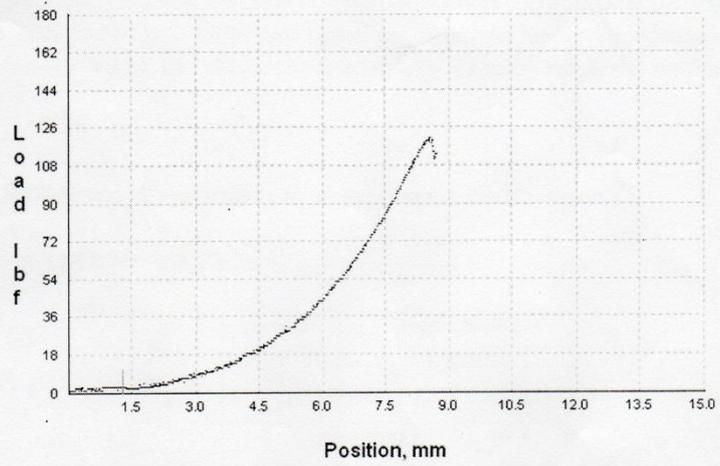


Figura 2. Curva de carga vs. posición de la muestra T7.



LAEV-EPN
Orden N°: 0001490



Página 2 de 3



INFORME TÉCNICO

LAEV – MAR.13

Quito, 10 de marzo de 2014

TRABAJO SOLICITADO POR: Sr. Richard Maldonado

ORDEN DE TRABAJO N° 0001710

Los resultados contenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en muestras de sábila para el desarrollo del proyecto de tesis: "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA EXTRACTORA DE GEL DE SÁBILA CON CAPACIDAD PARA 150 kg/h". Las muestras fueron entregadas en el Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional.

RESULTADOS

1. **MUESTRA:** Tres (3) muestras de sábila para ensayo de corte.
2. **ENSAYO DE CORTE**

Id.	Ancho de corte	Carga máxima registrada	
	mm	lbf	kgf
T1	64,2	61,4	27,9
T2	64,1	44,7	20,3
T3	52,0	20,3	9,2

En el anexo se muestran las curvas de carga vs. posición registradas en los ensayos de corte.


Víctor Hugo Guerrero, Ph.D.
JEFE DEL LABORATORIO DE
ANÁLISIS DE ESFUERZOS Y VIBRACIONES

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ANEXO

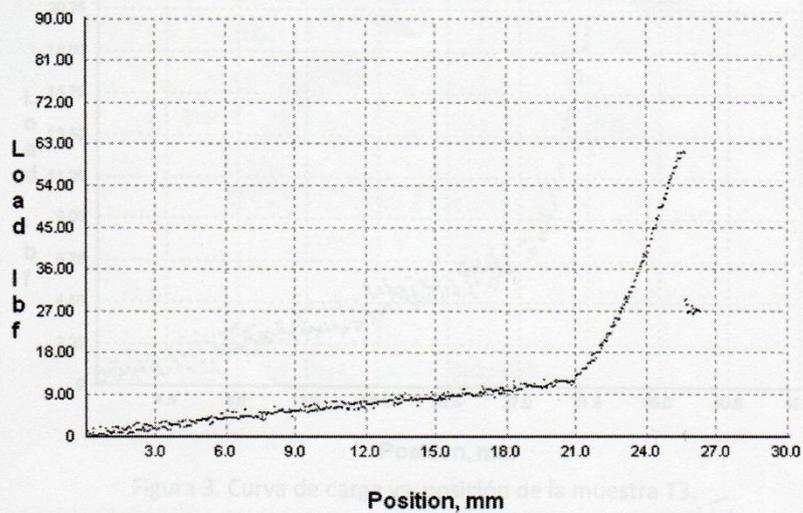


Figura 1. Curva de carga vs. posición de la muestra T1.

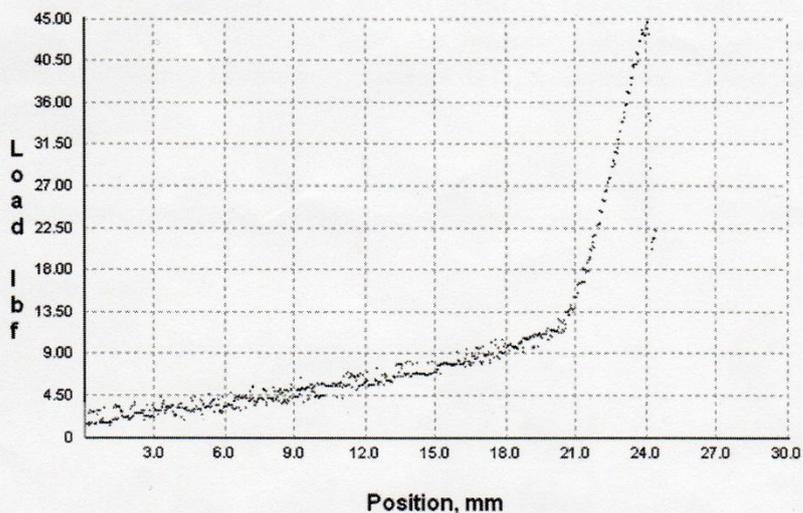


Figura 2. Curva de carga vs. posición de la muestra T2.

V-E



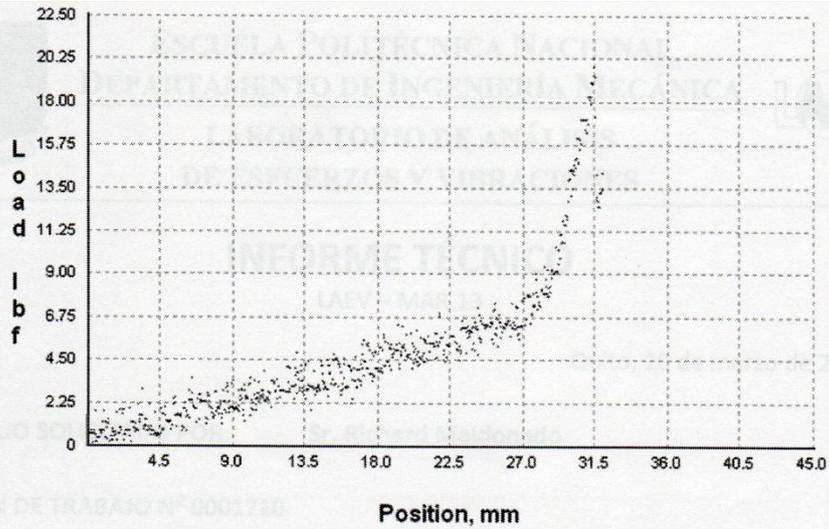


Figura 3. Curva de carga vs. posición de la muestra T3.

Los resultados contenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en muestras de sábila para el desarrollo del proyecto de tesis: "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA EXTRACTORA DE GEL DE SÁBILA CON CAPACIDAD PARA 150 kg/h". Las muestras fueron entregadas en el Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional.

RESULTADOS

1. MUESTRA: Tres (3) muestras de sábila para ensayo de corte.
2. ENSAYO DE CORTE

Id.	Ancho de corte mm	Carga máxima registrada	
		kgf	kgf
T1	64,2	63,4	27,9
T2	64,1	44,7	20,3
T3	52,0	30,3	9,2

En el anexo se muestran las curvas de carga vs. posición registradas en los ensayos de corte.