

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA**

**Tesis previa a la obtención del título de: INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:  
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO PARA EL  
TERMOLAMINADO PLÁSTICO CON CONTROL SEMIAUTOMÁTICO  
PARA UN ANCHO MÁXIMO DE 30 cm.**

**AUTORES  
GEOVANNY EFRAÍN LEICA PÉREZ  
LIGIA ELIZABETH MOSCOSO RODAS**

**DIRECTOR:  
FABIO OBANDO HERRERA**

**Quito, Marzo 2015**

## **DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Nosotros, Ligia Moscoso Rodas y Geovanny Leica Pérez autorizamos a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro.

Además declaramos que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad del/los /las autor/es/as.

-----  
Ligia Elizabeth Moscoso Rodas  
CC 1719296376

-----  
Geovanny Efraín Leica Pérez  
CC 1721784765

## **DEDICATORIA**

Dedicamos la presente tesis:

A la naturaleza de la vida  
en la cual existimos y compartimos conocimientos,  
a la salud que no nos ha faltado durante este tiempo  
y al placer de tener unas familias de sinceros sentimientos hacia nosotros;  
ya que sin estos tres pilares nada fuese posible.

Ligia y Geovanny

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Politécnica Salesiana por el tiempo que nos acogió como estudiantes y nos brindó valores y conocimientos únicos.

A nuestro director de tesis Ing. Fabio Obando por darnos su aliento para culminar nuestra carrera estudiantil.

A los docentes que impartieron sus conocimientos y más que todo tuvieron una enorme paciencia.

A nuestros compañeros de estudio con los cuales compartimos muchas experiencias en las aulas.

## Resumen

La industria gráfica en el Ecuador cuenta con una gran variedad de productos para dar un acabado final a las superficies de los materiales gráficos impresos.

La protección contra el polvo y la humedad es la principal razón por la que estas empresas se han dedicado a la plastificación de material impreso. De esto nace la necesidad de adquirir equipos que realicen el procedimiento de manera ágil.

Por medio de este estudio se va a diseñar y construir un equipo que lamine hojas por ambos lados hasta tamaño A3 basándose en el principio de transferencia de calor entre 2 rodillos calefactores laminadores; similar al que se presenta en la unidades fusoras de fotocopiadoras e impresoras.

Para que el proceso sea eficiente se incorporará un sistema eléctrico que entregará la temperatura adecuada para que el film de polipropileno se adhiera al papel.

Se comenzará enunciando en el capítulo 1 los fundamentos teóricos necesarios de diseño mecánico y transferencia de calor para lograr obtener datos coherentes que puedan contribuir a la selección adecuada de los sistemas necesarios para que funcione el equipo.

En el capítulo 2 se estudiará las principales máquinas de laminado que existen en el mercado ecuatoriano; tomando en cuenta los parámetros: costo, complejidad de construcción, existencia de material en el mercado y mantenimiento. Luego de poner una calificación numérica se realizará un cuadro comparativo para elegir la mejor opción.

Ya conocido el equipo que se va a construir se detallará en el capítulo 3 todos los cálculos necesarios para el diseño del sistema de transmisión, tipo de estructura, potencia necesaria para el sistema calefactor con un mando electrónico y posteriormente se crearan los planos pertinentes.

Se construirá un prototipo con base en el diseño y planos obtenidos que servirán para la evaluación del mismo. Ya comprobado que el sistema funciona se procederá al ensamble, pruebas, cálculo de costos finales, conclusiones y recomendaciones.

## **Abstract**

The graphical industry in Ecuador has a large variety of products to give a fine Surface finish of printed materials.

The dust and wetness are the fundamental reasons for graphical industry to search a proper protection. That's why they usually plasticize the printed products. There is the need of acquire the right machines to perform the process of plasticizing smoothly.

This project has the target to design and manufacture a prototype. The equip is going to plasticize two sides, at the same time, of paper and plastic for sizes until A3. The principle of heat transfer between two rollers heaters is used. It will be like a printing machine.

The design will incorporate a electronic system to optimizing the procedure of heat transfer between the paper and the plastic.

The chapter one will offer mechanical fundamentals and heat transfer fundamentals of the design of the prototype. And the primal specifications needed for a standard procedure, will be obtained. With this specifications it will proceed to the material selection.

The chapter two has the study of the principal machines found in the market. The parameters to be watched are: machine cost, difficulty in construction, selection of manufacturing materials and the maintenance needed. Later, each parameter will be qualified and a comparative chart will help in machine type selection.

With the selection of the right machine, the chapter three show the design with all the calculations required. The transmission system, structure, power needed and the electronic panel are going to be selected in the chapter 3. It will proceed, with the respective schematics, to the construction of the prototype.

Finally, several field tests are going to be needed to find the right functioning of the prototype and determinate the conclusions and recommendations of the project.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS:

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS:	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xvii
INTRODUCCIÓN:	1
CAPÍTULO 1	2
MARCO TEÓRICO	2
1.1. Laminación plástica	2
1.2. Los polímeros termoplásticos	2
1.3. Termoplásticos más comerciales	3
1.3.1. Polipropileno	3
1.3.2. Lámina BOPP	4
1.4. La operación de laminación	5
1.4.1. Draft	6
1.4.2. Condición de arrastre por fricción	7
1.4.3. Ángulo de contacto mínimo	8

1.4.4. Longitud de contacto	8
1.4.5. Superficie de contacto	9
1.4.6. Carga en los rodillos	9
1.4.7. Esfuerzo de compresión unitario	9
1.4.8. Fuerza de compresión	10
1.4.9. Momento tursor y velocidad angular	10
1.4.10. Velocidad angular	11
1.4.11. Potencia requerida	11
1.5. Generación de movimiento rotatorio	12
1.5.1. Motor eléctrico	12
1.5.2. Sistemas de transmisión de movimiento y potencia	13
1.6. Diseño mecánico	15
1.6.1. Factor de diseño	16
1.7. Factor de diseño calculado	16
1.8. Métodos de predicción de falla	17
1.9. Energía de distorsión método de tensión de von mises	17
1.10. Sistema radial para un cilindro hueco	17
1.10.1. Convección	20
1.10.2. Fórmula de balance de energia expresada en potencia eléctrica	20
<b>CAPÍTULO 2</b>	<b>22</b>
<b>ESTUDIO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS</b>	<b>22</b>
2.1 Alternativas	22

2.1.1. Plastificado o encapsulado (Alternativa 1)	22
2.1.2. Termolaminado por extrusión (Alternativa 2)	24
2.1.3. Laminado por vacío y calor (Alternativa 3)	26
2.2 Evaluación de alternativas	27
2.2.1. Parámetros de comparación	27
2.3 Valoración numérica	29
2.4 Evaluación de las alternativas	31
<b>CAPÍTULO 3</b>	<b>32</b>
<b>DISEÑO</b>	<b>32</b>
3.1 Evaluación experimental del proceso	32
3.1.1. Procedimiento experimental	33
3.2 Selección del Sistema de rodillos	34
3.3 Rodillos Principales Calefactados.	35
3.4 Análisis de cargas ejercidas en rodillos calefactados.	37
3.4.1. Cálculos del draft (d)	37
3.4.2. Cálculo de $t_f$ .	38
3.4.3. Cálculo del ángulo de contacto mínimo	39
3.4.4. Longitud de contacto	39
3.4.5. Cálculo de la superficie de contacto	39
3.4.6. Cargas en los rodillos	40
3.4.7. Cálculo del esfuerzo de compresión	40
3.4.7.3.1. Fuerza de compresión para laminado	43

3.4.7.3.2.	Presión de Laminado	43
3.4.7.3.3.	Momento de torsión	43
3.4.7.3.4.	Velocidad angular del rodillo principal	44
3.4.7.3.5.	Potencia requerida	44
3.5	Análisis de falla en los rodillos principales	44
3.5.1.	Análisis de resultados	45
3.6	Rodillo de arrastre	46
3.7	Cargas de rodillos de arrastre	47
3.7.1.	Longitud de contacto	47
3.7.2.	Momento de torsión	47
3.7.3.	Velocidad angular del rodillo de arrastre	47
3.7.4.	Potencia requerida	48
3.8	Rodillos para soporte de rollo de film	48
3.8.1.	Informe de Resultados	50
3.9	Selección de Rodamientos	50
3.9.1.	Análisis de resultados	53
3.10	Diseño del sistema de presión	53
3.10.1.	Diseño y selección de resortes	54
3.10.2.	Análisis de Resultados	55
3.11	Diseño del sistema de transmisión de velocidad	56
3.11.1.	Selección del motor	56
3.11.2.	Diseño del sistema de transmisión	57

3.11.3. Selección de engranes	58
3.11.4. Datos de entrada	58
3.11.5. Cálculo de engranajes	58
3.12 Diseño de placas de soporte para rodillos	63
3.12.1. Datos de entrada para análisis de tensión	63
3.12.2. Análisis de resultados	65
3.13 Cálculo de bastidor	66
3.13.1. Análisis estructural (Diseño a Tensión y cortante)	67
3.13.2. Materiales de la estructura	67
3.13.3. Determinación de cargas	68
3.13.4. Carga muerta (peso)	68
3.13.5. Carga viva	68
3.13.6. Cálculo del Factor de Seguridad	70
3.13.7. Análisis de resultados	73
3.14 Diseño de Cuerpos finitos	73
3.15 TEORÍA DE FALLA	74
3.15.1. Análisis de Tensión	74
3.15.2. Análisis de Resultados	76
3.16 Selección de pernos	77
3.16.3. Análisis a Tensión	77
3.17 Diseño de soldadura	78
3.18 Análisis térmico de los rodillos calefactores	80

3.19	Selección de la lámpara	80
3.19.1.	Cálculo de la potencia de la resistencia de cuarzo (lámpara).	82
3.20	Diseño del circuito electrónico de potencia y control	83
3.20.1.	Parámetros para el diseño del circuito electrónico	84
3.20.2.	Diseño de la fuente de poder	84
	<b>CAPÍTULO 4</b>	<b>86</b>
	<b>CÁLCULO DE COSTOS</b>	<b>86</b>
4.1.	Costos directos	86
4.1.1.	Costo de materiales e insumos utilizados	86
4.1.2.	Costos de mecanizado y montaje	87
4.1.3.	Costos Insumos y material eléctrico	87
4.1.4.	Costos indirectos	87
4.2.	Costo total de la máquina	88
	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>89</b>
	Lista de referencias	91
	Manual del usuario	112

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1.	Principales propiedades del polipropileno	4
Tabla 1.2.	Valores típicos de fricción	7
Tabla 1.3.	Características mecánicas del polipropileno	10
Tabla 1.4.	Tabla Factor de diseño	16
Tabla 1.5.	Metodos de predilección de falla para materiales fragiles y dúctiles	17
Tabla 2.1.	Equivalencia	30
Tabla 2.2.	Calificación de alternativas	31
Tabla 3.1.	Resultados de la prueba	33
Tabla 3.2.	Requerimientos para el diseño	35
Tabla 3.3.	Características de rodillos principales	36
Tabla 3.4.	Dimensiones de rodillos calefactados.	36
Tabla 3.5.	Características de los rodillos de arrastre	47
Tabla 3.6.	Propiedades físicas rodillo para soporte de rollo de film	48
Tabla 3.7.	Valores prácticos de Duración nominal para diferentes tipos de máquinas.	52
Tabla 3.8.	Longitud vs presión	56
Tabla 3.9.	Resistencia a la Tracción en pernos milimétricos.	78
Tabla 3.10.	Datos de ensayos experimentales y calculo de potencia	83
Tabla 3.11.	Temperaturas de la resistencia de cuarzo	84

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Efecto de la temperatura sobre la curva esfuerzo-deformación de un material termoplástico	2
Figura 1.2	Composición de la lámina BOPP	5
Figura 1.3	Vista lateral del laminado	5
Figura 1.4	Fuerzas en los rodillos	7
Figura 1.5	Motor de paso bipolar	13
Figura 1.6	Cilindro hueco con condiciones convectivas en la superficie	18
Figura 1.7	Distribución de temperaturas para una pared cilíndrica compuesta	19
Figura 1.8	Sistema cerrado	21
Figura 2.1	Máquina para plastificado o encapsulado	22
Figura 2.2	Máquina para termolaminado por extrusión	24
Figura 2.3	Máquina de laminado por vacío y calor	26
Figura 2.4	Gráfico de barras del resultado	31
Figura 3.1	Materiales de prueba	32
Figura 3.2	Diagrama típico de la disposición de rodillos para termolaminado.	34
Figura 3.3	Rodillos utilizados para la construcción	36
Figura 3.4	Proceso de laminado	37
Figura 3.5	Longitud de contacto	39
Figura 3.6	Longitud máxima de laminado	40
Figura 3.7	Informe de simulación para rodillo principal calefactor	41
Figura 3.8	Diagrama de cuerpo libre del rodillo principal superior	41
Figura 3.9	Resultados del rodillo principal calefactor	43

Figura 3.10	Tensión de Von Mises de rodillos principales	44
Figura 3.11	Desplazamiento de rodillos principales	45
Figura 3.12	Coefficiente de seguridad de rodillos principales	45
Figura 3.13	Resultados de análisis a Tensión	46
Figura 3.14	Tensión de Von Mises rodillo para soporte de rollo de film	49
Figura 3.15	Deformación máxima rodillo para soporte de rollo del film	49
Figura 3.16	Coefficiente de Seguridad rodillo para soporte de rollo del film	49
Figura 3.17	Resultados de análisis a Tensión para el eje del rollo de film.	50
Figura 3.18	Resultado del programa SKF para rodamiento	52
Figura 3.19	Sistema de presión con resorte a compresión	53
Figura 3.20	Generador de Componentes Inventor 2015	54
Figura 3.21	Informe de resultados de Generador de Componentes Inventor 2015	54
Figura 3.22	Resultados Obtenidos del Informe de Generador de componentes Inventor 2015	55
Figura 3.23	Selección del motor paso a paso bipolar	57
Figura 3.24	Sistema de transmisión de velocidad	58
Figura 3.25	Diseño de engranajes	60
Figura 3.26	Resultados de la simulación	61
Figura 3.27	Reporte de engranajes rectos	62
Figura 3.28	Tensión de Von Mises de placa de soporte para rodillos	63
Figura 3.29	Desplazamiento de Von Mises para placa de soporte de rodillos	64
Figura 3.30	Factor de seguridad de Von Mises para placa de soporte	65

Figura 3.31	Resultados para la placa de soporte de rodillos	65
Figura 3.32	Bastidor	67
Figura 3.33	Datos del bastidor	68
Figura 3.34	Diagrama del momento máximo de la estructura	69
Figura 3.35	Análisis estático del Bastidor	71
Figura 3.36	Detalle de Viga del Bastidor	72
Figura 3.37	Momento máximo se Obtiene en el eje X	72
Figura 3.38	Resumen de resultados estáticos del Bastidor	73
Figura 3.39	Tensión de Von Mises para el Bastidor	74
Figura 3.40	Desplazamiento máximo del Bastidor	75
Figura 3.41	Coefficiente de Seguridad del bastidor	75
Figura 3.42	Resumen de resultados	76
Figura 3.43	Unión Chumacera - Bastidor	77
Figura 3.44	Perno a tracción	78
Figura 3.45	Junta de Filete	79
Figura 3.46	Resistencias del sistema	80
Figura 3.47	Cilindro laminador calefactor	81
Figura 3.48	Resistencia de cuarzo para el rodillo calefactor	83
Figura 3.49	Diseño de la fuente de poder	85
Figura 3.50	Diseño del circuito	85

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO N.- 1.	Hoja técnica de BOPP film mate y brillante	95
ANEXO N.- 2.	Catálogo de la empresa DIPAC para ejes de acero AISI 1018	99
ANEXO N.- 3.	Catálogo de la empresa DIPAC de tubo cuadrado	100
ANEXO N.- 4.	Catálogo de la empresa TEMPO para resistencias de cuarzo	101
ANEXO N.- 5.	Hoja técnica Caucho de silicón	103
ANEXO N.- 6.	Valores representativos del coeficiente convectivo de transferencia de calor	103
ANEXO N.- 7.	Propiedades para metales	104
ANEXO N.- 8.	Catálogo de Electroodos	105
ANEXO N.- 9.	Diseño del mecanismo en Autodesk Inventor 2015	106
ANEXO N.- 10.	Fresado de placa soporte de rodillos calefactores	106
ANEXO N.- 11.	Mecanizado de partes	107
ANEXO N.- 12.	Ensamble de rodillos laminadores y de arrastre en las placas de soporte	107
ANEXO N.- 13.	Soldado del bastidor y ensamble de sistema motriz	108
ANEXO N.- 14.	Instalación de chumaceras para sostener el rollo de film BOPP	108
ANEXO N.- 15.	Instalación del sistema de presión	109
ANEXO N.- 16.	Ajuste y calibración del sistema de presión	109
ANEXO N.- 17.	Instalación de bandejas de entrada y de salida del papel	110
ANEXO N.- 18.	Instalación del circuito de mando	110
ANEXO N.- 19.	Equipo para plastificar prendido	111

## **INTRODUCCIÓN:**

La incursión de nuevas técnicas para dar acabados finales a los productos de la industria gráfica en el medio publicitario y grafico ha sido en los últimos años muy acelerada; gran número de empresas ahora cuentan con este servicio práctico.

Para poder cumplir con este requerimiento la empresa debe abastecerse de un film o lámina para plastificar de polipropileno biorientado más conocida como BOPP. Este material que viene en rollos de diferentes dimensiones ofrece dos opciones de acabado.

El más común es el acabado brillante pero también existe demanda del acabado mate; en ambos casos se obtiene protección contra el polvo, humedad y deterioro por el paso del tiempo.

La máquina que se presenta en este proyecto está diseñada para trabajar con los dos tipos de film, tiene buena adherencia y permite obtener un acabado requerido por el cliente.

# CAPÍTULO 1

## MARCO TEÓRICO

### 1.1. Laminación plástica

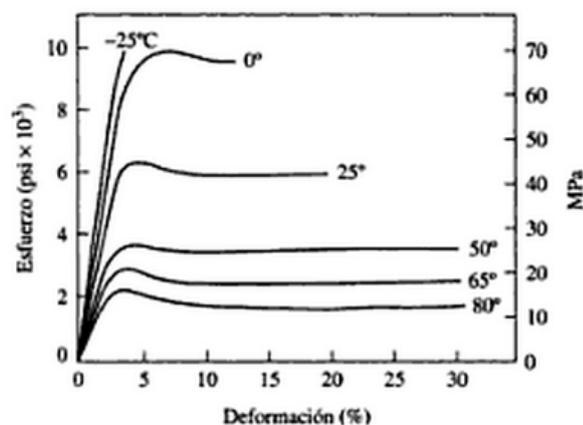
Es un proceso que se caracteriza por dar un acabado final de protección y brillo a una superficie sin deformarla, mediante laminación en caliente o frío. Se obtiene mediante el calentamiento de films compuestos (polímeros termoplásticos).

### 1.2. Los polímeros termoplásticos

Son polímeros que se ablandan al calentarse (a veces se funden) y al enfriarse se endurecen; regresando a la dureza y resistencia original.

Los comportamientos de los termoplásticos dependen también de otras variables, como por ejemplo, su estructura y su composición. Entre los de mayor importancia están la temperatura y la velocidad de deformación. La mayoría de termoplásticos son vítreos (frágiles) y se comportan con un sólido elástico, esto es, es lineal la relación entre esfuerzo-deformación. Como se muestra en la siguiente figura.

Figura 1.1 Efecto de la temperatura sobre la curva esfuerzo-deformación de un material termoplástico



Fuente: Kalpakjian y Schmid (2002, pág. 187)

El aumento de la ductilidad es significativo asimismo como reducción en la resistencia de material. (Kalpakjian y Schmid, 2002)

### **1.3. Termoplásticos más comerciales**

Los termoplásticos son usados en la industria del laminado por su capacidad de adherencia, flexibilidad y su rápida recuperación a la deformación. El polímero más conocido es el polipropileno (PP) con el cual se fabrican empaques para alimentos, tejidos, equipo de laboratorio, componentes automotrices y películas transparentes.

#### **1.3.1. Polipropileno**

En una fibra sintética obtenida por polimerización del propileno. Cumplen doble tarea como plástico y como fibra ya que es un polímero lineal termoplástico parcialmente cristalino, por sus propiedades físicas y químicas se lo considera reciclable ya que su incineración no tiene efectos contaminantes.

##### **1.3.1.1. Propiedades Físicas del polipropileno**

- Baja densidad: 0,85 g/cm<sup>3</sup>
- Semi-cristalino
- Excelente compatibilidad con el medio
- Excelente versatilidad.

##### **1.3.1.2. Propiedades mecánicas del polipropileno**

- Alta resistencia al impacto
- Gran capacidad de recuperación elástica
- Buena resistencia a la fatiga y a la abrasión.

Tabla 1.1. Principales propiedades del polipropileno

CARACTERÍSTICA	Resistencia a la tracción	Resistencia a la flexión	Resistencia a la compresión	Coefficiente de fricción dinámico 40 psi(0.3 MPa), 0.25 m/s	Temperatura de deformación a 66 psi (0.5 Mpa)	Temperatura de deformación a 264 psi (1.8 MPa)
	ASTM D638	ASTM D790	ASTM D695	ASTM D3702	ASTM D648	ASTM D648
	psi	psi	psi		°F	°F
<b>PP Copolymer</b>	4.8	3.75			173	
<b>PP Homopolymer</b>	5.15	7.25	5.75	0.26	210	130

Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

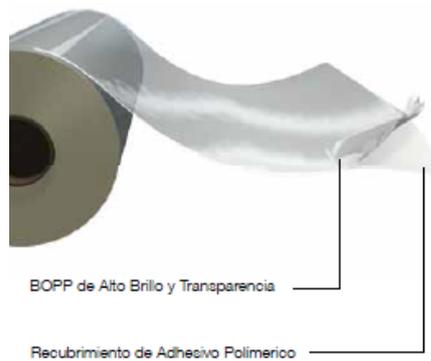
### 1.3.1.3. Propiedades químicas del polipropileno

- Presenta poca adsorción al agua (humedad).
- Posee resistencia a agentes químicos.

### 1.3.2. Lámina BOPP

Es una película Thermofilm compuesta por un sustrato de BOPP (PP biorientado) de alto brillo y transparencia y un recubrimiento de copolímero de polietileno aplicado por extrusión. Este recubrimiento proporciona buena adherencia al papel mediante el proceso de laminación con calor. (Obengroup, 2012)

Figura 1.2 Composición de la lámina BOPP



Fuente: Obengroup (2012)

Por medio de estas películas se pueden realizar dos tipos de acabado:

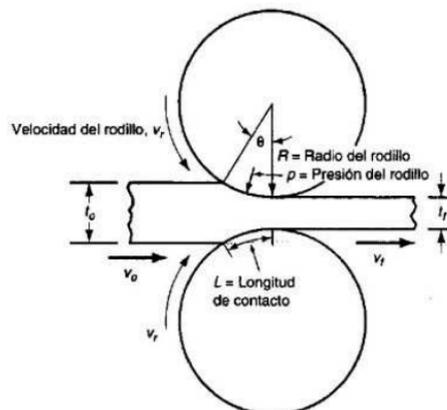
**Acabado mate:** película thermofilm RDV thermal matte film (Anexo N.- 1)

**Acabado brillante:** película thermofilm RHV Thermal Gloss Film (AnexoN.-1)

#### 1.4. La operación de laminación

El efecto típico de la temperatura en los materiales termoplásticos (BOPP) es similar a la de los metales (resistencia y módulo elástico); a mayor temperatura la resistencia y el módulo de elasticidad se reducen incrementando la elasticidad por lo tanto para este estudio se toman a consideración las fórmulas del laminado plano para metales.

Figura 1.3 Vista lateral del laminado



Fuente: Groover (1997, pág. 451)

En la figura se muestra un esquema de laminación plana, el material a laminar ingresa con un espesor  $t_o$  y al pasar por un par de rodillos en rotación; lo reduce a un espesor  $t_f$ . A esta cantidad se la conoce como *draft* y viene dada en pulg. o mm . (Groover, 1997)

$$d=t_o-t_f \quad \text{Ecuación 1.1}$$

#### 1.4.1. Draft

Se expresa algunas veces como una fracción del espesor del material inicial llamada *reducción*. (Groover, 1997)

$$r=\frac{d}{t_o} \quad \text{Ecuación 1.2}$$

Donde  $r$  = reducción. Cuando se usa una serie de operaciones de laminado, la reducción también puede ser calculada como la suma de los adelgazamientos dividida ente el espesor original.

Hay un límite para un máximo draft posible que puede alcanzar el laminado plano con un coeficiente de fricción dado por los materiales. El draft max no puede ser cero porque si esto ocurriese no existiría deformación alguna por lo tanto no sería posible realizar el proceso de laminado. (Groover, 1997) La ecuación para el dmax es la siguiente:

$$d_{\max}=\mu^2 \times R \quad \text{Ecuación 1.3}$$

Donde:

$d_{\max}$ : Diferencia máxima (mm).

$\mu^2$ : Coeficiente de fricción del sustrato con el rodillo.

R: Radio del rodillo. (mm).

El coeficiente de fricción en el laminado depende de varios factores como lubricación, material de trabajo y temperatura de laminado. En la siguiente tabla se muestra valores típicos de coeficientes de fricción con respecto a la temperatura.

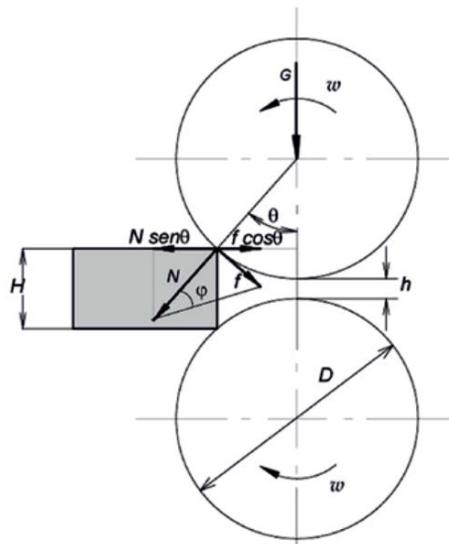
Tabla 1.2. Valores típicos de fricción

Tipo de laminado	Coeficiente de fricción $\mu$
Laminado en frío	0.1
Laminado en tibio	0.2
Laminado en caliente	0.4

Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

#### 1.4.2. Condición de arrastre por fricción

Figura 1.4 Fuerzas en los rodillos



Fuente: Diaz (2011)

En el proceso el arrastre del sustrato, el rodillo superior se comprime con acción de la fuerza de compresión G. Al entrar en contacto el sustrato con la superficie del rodillo, se genera la fuerza normal N y la fuerza de fricción f, las cuales se relacionan por medio del coeficiente de fricción  $\mu$ , como se muestra en la ecuación: (Diaz, 2011)

$$f = \mu N \quad \text{Ecuación 1.4}$$

Para que el sustrato sea atraído hacia los rodillos se debe cumplir la condición: (Diaz, 2011)

$$\mu > \tan \theta \quad \text{Ecuación 1.5}$$

### 1.4.3. Ángulo de contacto mínimo

Lo cual sugiere que el ángulo de contacto mínimo para que exista arrastre debe ser igual a: (Diaz, 2011)

$$\theta = \tan^{-1} \mu \quad \text{Ecuación 1.6}$$

### 1.4.4. Longitud de contacto

Es la longitud que mide la sección de arco que entra en contacto con los rodillos y se expresa así: (Diaz, 2011)

$$l_c = \frac{D \times \theta}{2} \quad \text{Ecuación 1.7}$$

Donde

$l_c$  = Longitud de contacto

D=Diámetro del rodillo

$\theta$ =en radianes

#### **1.4.5. Superficie de contacto**

Representa el área de presión que ejerce el arco de contacto por la longitud de los rodillos sobre el sustrato en el laminado. (Groover, 1997)

$$S_c = l_r \times l_c$$

Ecuación 1.8

Donde

$l_r$  = longitud de trabajo de laminado.

#### **1.4.6. Carga en los rodillos**

Las cargas que se producen en los rodillos dependen directamente de la resistencia a la compresión del film y la superficie de los mismos.

#### **1.4.7. Esfuerzo de compresión unitario**

Se calcula con la siguiente expresión: (Groover, 1997)

$$q_c = \sigma_c \times l_c$$

Ecuación 1.9

Donde

$\sigma_c$  = Resistencia a la compresión del material que se obtiene mediante ensayos de laboratorio. (ASTM D695)

Tabla 1.3. Características mecánicas del polipropileno

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS PLÁSTICOS	Resistencia a la tracción	Resistencia a la elongación	Tensile modulus	Resistencia al impacto IZOD (73°F)	Resistencia a la flexión	Flexural modulus	Resistencia a la compresión	Compressive modulus
megaplastic.com	ASTM D638	ASTM D638	ASTM D638	ASTM256	ASTM D790	ASTM D790	ASTM D695	ASTM D695
Información técnica: General	psi	%	psi	ft*lbs/in	psi	psi	psi	psi
Polycarbonate	9.5	110	345	14.00	13.5	345	12.5	345
Polycarbonate 20% GF	16	5	860	2.06	19	798	16	
Polycarbonate 40% GF	23	3	1,680,000	2.50	27	1,400,000	21	
Polypropylene Copolymer	4.8	650	152	7.80	3.75	184		
Polypropylene Homopolymer	5.15	400	240	1.20	7.25	212.5	5.75	225

Fuente: Megaplastic (2002)

#### 1.4.8. Fuerza de compresión

Para el cálculo de fuerza de compresión se puede utilizar la expresión básica que es

$$F = P/A \quad \text{Ecuación 1.10}$$

Donde

P= presión necesaria para contraer el film con el sustrato.

A=área de contacto de los rodillos con los sustratos. (Groover, 1997)

#### 1.4.9. Momento torsor y velocidad angular

El momento de Torsión en laminado se puede estimar suponiendo que la fuerza ejercida por los rodillos se centra en el trabajo conforme pasa entre ellos y actúa como un brazo de palanca a la mitad de la longitud de contacto  $l_c$ ; entonces se puede decir que el momento de torsión para cada rodillo se calcula con la siguiente expresión: (Groover, 1997)

$$T = 0,5 \times F \times l_c \quad \text{Ecuación 1.11}$$

#### 1.4.10. Velocidad angular

El movimiento que realizan los rodillos alrededor del eje está produciendo una velocidad angular (rotación). Las unidades de velocidad angular son los radianes/segundo; y se definen por la siguiente ecuación: (Hibbeler, 2004)

$$\omega = 2\pi N \quad \text{Ecuación 1.12}$$

Donde

N= velocidad de rotación del rodillo

#### 1.4.11. Potencia requerida

Es la potencia necesaria para hacer girar cada rodillo siendo el producto del momento de torsión y la velocidad angular. Cabe recalcar que la presión debe ser necesaria para mover los dos rodillos y es por eso que se debe duplicar el valor. Con estas consideraciones se obtiene la siguiente expresión (Groover, 1997)

$$P=2\pi NFl_c \quad \text{Ecuación 1.13}$$

Donde

P= Potencia en J/s

N= velocidad angular en rad/s.

F=Fuerza de laminado en N

$l_c$ = en metros m.

## **1.5. Generación de movimiento rotatorio**

### **1.5.1. Motor eléctrico**

Dispositivo encargado de transformar energía eléctrica en energía mecánica usando electromagnetismo. En este estudio se va a tomar énfasis a los que se clasifican por el tipo del rotor siendo los más usados en la industria.

Por el tipo de rotor se pueden enunciar los siguientes:

#### **1.5.1.1. Motor de jaula de ardilla**

Se lo denomina así por su rotor y usualmente se usa para la construcción de motores pequeños. En arranque la intensidad nominal supera 6 ó 8 veces a la intensidad nominal del motor; está siendo sustituido por los rotores de jaula de ardilla para motores de media potencia. (Perez, 2012)

#### **1.5.1.2. Motor de anillos rozantes**

Se lo denomina así porque cada extremo del bobinado está conectado con un anillo situado en el eje del rotor. La intensidad nominal no supera las 2 veces la intensidad nominal del motor.

#### **1.5.1.3. Motor con colector o anillo rotatorios**

Estos se encuentran comúnmente en generadores, alternadores, turbinas de viento que trabajen con corriente alterna ya que conecta la corriente de campo o excitación con el bobinado del rotor. Pueden entregar altas potencias y su costo es accesible.

#### **1.5.1.4. Motor paso a paso**

Están constituidos por un rotor sobre el que van aplicados distintos imanes permanentes y por cierto número de bobinas excitadoras en su estator. Las bobinas son parte del estator y el rotor es un imán permanente. Toda la conmutación (excitación de las bobinas) debe ser extremadamente manejadas por su controlador.

La alta precisión hace que sus aplicaciones sean innumerables en la robótica y en mecanismos que requieren exactitud ya que el paso puede ir desde pequeños movimiento de  $1.8^\circ$  hasta  $90^\circ$ . Es por eso que este tipo de motores son muy

utilizados, pueden moverse a deseo del usuario según la secuencia que se les indique a través de un micro controlador. (Universidad de Puebla, 1990)

Figura 1.5 Motor de paso bipolar



Fuente: Universidad de las Americas (1990)

Para este proyecto sólo se considero un motor de paso bipolar por ser el único disponible y sus características técnicas.

### **1.5.2. Sistemas de transmisión de movimiento y potencia**

Existen varios mecanismos para transmitir potencia entre dos o más elementos de una máquina. Para ejercer su función emplean el movimiento de cuerpos sólidos que pueden ser engranajes, cadenas, correas de transmisión etc.

#### **1.5.2.1. Sistemas de transmisión usuales**

- Sistema de bandas
- Sistema de cadenas
- Engranajes rectos
- Engranajes helicoidales

Para este proyecto se consideró el sistema de engranajes siendo el más conveniente en cuanto a costo.

### 1.5.2.2. Engranajes Rectos

Este transmite la potencia de un componente a otro. Son dos ruedas dentadas cilíndricas rectas que giran en sentido contrario de las cuales; una es la rueda conductora (piñón) y la otra es la conducida. Un engranaje sirve para transmitir movimiento circular mediante el contacto de ruedas dentadas.

Estas ruedas se caracterizan por el número de dientes y su módulo.

### 1.5.2.3. Módulo y Número de dientes

El número de dientes se simboliza con letra Z en el sistema métrico y se lo obtiene mediante la siguiente expresión relacionándola con el módulo M: (Mott, 2006)

$$M = \frac{D_e}{Z+2} \quad \text{Ecuación 1.14}$$

Donde:

M=módulo

$D_e$ = diámetro exterior

El módulo es una magnitud de longitud, expresada en milímetros, para que dos engranajes puedan engranar deben tener el mismo módulo, el módulo podría tomar un valor cualquiera, pero en la práctica está normalizado según el siguiente criterio: (Sanchez, 2010)

- De 1 a 4 en incrementos de 0,25 mm
- De 4 a 7 en incrementos de 0,50 mm
- De 7 a 14 en incrementos de 1 mm
- De 14 a 20 en incrementos de 2 mm

#### 1.5.2.4.Relación de transmisión

Es la relación existente entre las velocidades angulares y # de dientes de los engranajes (Shigley, 1985)

$$RT = \frac{N1 \text{ salida}}{N2 \text{ entrada}} \quad \text{Ecuación 1.15}$$

Donde:

N1 salida: Velocidad requerida en el rodillo principal = 14 rpm

N2 entrada: velocidad del motor = 17 rpm

#### 1.5.2.5.Diámetro exterior y diámetro primitivo

$$D_e = D_p + (2 \times M) \quad \text{Ecuación 1.16}$$

Donde:

$D_p$ =diámetro primitivo. (Shigley, 1985)

### 1.6. Diseño mecánico

El concepto de diseño conlleva un conjunto de parámetros que deben tratar de cumplirse con el único objetivo; el cual es llegar a obtener un factor de diseño aceptable que brinde seguridad a la persona o personas que hagan uso de la máquina o estructura y además no haga encarecer al constructor. Para esto se utilizan varios criterios o métodos los cuales deben tener como resultado un factor de diseño real con el cual el diseñador realice cálculos y variantes hasta obtener factores de diseño adecuados a normas o establecidos por el usuario.

### 1.6.1. Factor de diseño

Es una medida de seguridad relativa de un componente bajo la acción de una carga.  
(Mott, 2006)

Tabla 1.4. Tabla Factor de diseño

MATERIALES DÚCTILES	
N= 1.25 A 2	Diseño de estructuras bajo cargas estáticas con un alto grado de confianza.
N= 2.0 a 2.5	Diseño de elementos de máquina bajo cargas dinámicas con una confianza promedio en todos los datos de diseño.
N = 2.5 a 4.0	Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquina bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedad de los materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente.
N= 4 0 más	Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre en cuanto a combinación de cargas, propiedades del material, análisis de esfuerzos o el ambiente.

Fuente: Mott (2006, pág. 185)

### 1.7. Factor de diseño calculado

Es la relación entre el esfuerzo admisible del material utilizado en la construcción del elemento a estudiar, y el esfuerzo máximo determinado en el análisis de cargas.

$$FS = \frac{\sigma_{adm}}{\sigma_{calculado}} \quad \text{Ecuación 1.17}$$

## 1.8. Métodos de predicción de falla

Tabla 1.5. Métodos de predicción de falla para materiales frágiles y dúctiles

ESFUERZO NORMAL MÁXIMO	Esfuerzo estático uniaxial en materiales frágiles
MOHR MODIFICADO	Esfuerzo estático biaxial en materiales frágiles
RESISTENCIA DE FLUENCIA	Esfuerzo estático uniaxial en materiales dúctiles
ESFUERZO CORTANTE MÁXIMO	Esfuerzo estático biaxial en materiales dúctiles (moderadamente Conservador)
ENERGIA DE DISTORSIÓN	Esfuerzo biaxial o triaxial en materiales dúctiles (Buen Método)
GOODMAN	Esfuerzo fluctuante en materiales dúctiles (Un poco conservador)
GERBER	Esfuerzo fluctuante en materiales dúctiles (Buen Método)
SODEBERG	Esfuerzo Fluctuante En materiales dúctiles (Moderadamente Conservador)

Fuente: Mott (2006, pág. 186)

## 1.9. Energía de distorsión método de tensión de von mises

Este método predice una falla cuando  $\sigma_{vm} > S_y$  y es el método más usado por los programas de diseño por elementos finitos, la expresión  $\sigma_{vm}$  se define de la siguiente manera: (Mott, 2006)

$$\sigma_{vm} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2}{2}} \quad \text{Ecuación 1.18}$$

## 1.10. Sistema radial para un cilindro hueco

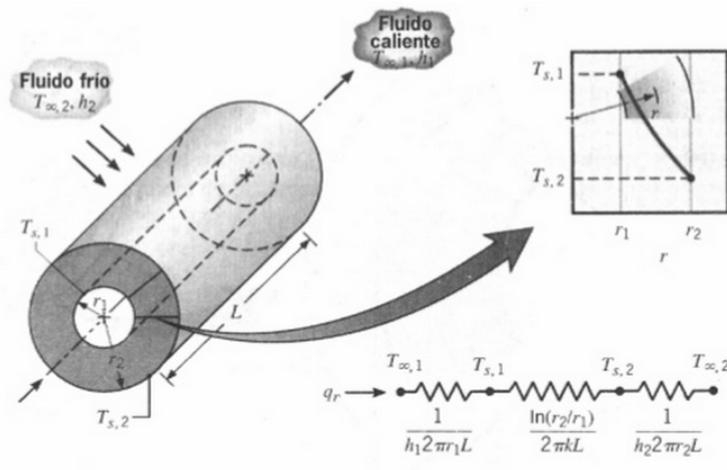
Se deben tomar las siguientes consideraciones:

- Régimen estacionario.

- Conductividad constante.
- Variación unidimensional de temperatura (con el radio).

Los sistemas cilíndricos experimentan gradientes de temperatura sólo en la dirección radial por lo tanto se analizan con la ecuación de calor (Ley de Fourier). (Incropera, 1999)

Figura 1.6 Cilindro hueco con condiciones convectivas en la superficie



Fuente: Incropera (1999, pág. 105)

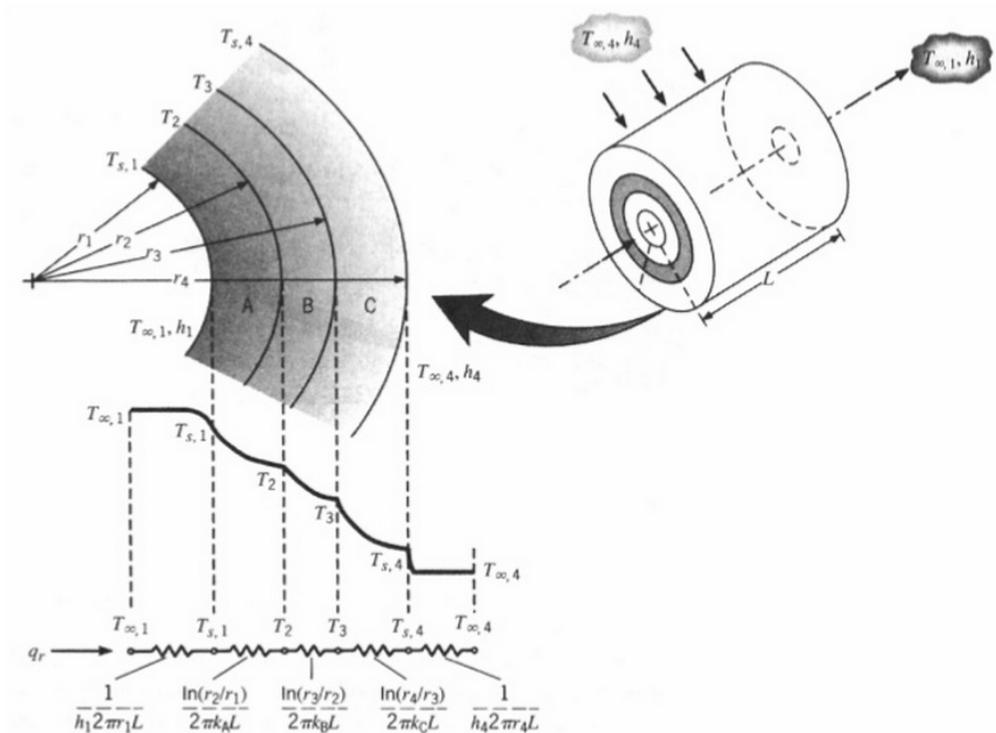
$$\frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left( kr \frac{dT}{dr} \right) = 0 \quad \text{Ecuación 1.19}$$

Dónde. Por el momento, k se trata como una variable. El significado físico de este resultado se vuelve evidente si consideramos también la forma apropiada de la ley de Fourier. La rapidez a la que se conduce la energía a través de cualquier superficie cilíndrica en el sólido se expresa como: (Incropera, 1999)

$$q_r = -kA \frac{dT}{dr} = -k(2\pi rL) \frac{dT}{dr} \quad \text{Ecuación 1.20}$$

Donde  $A=2\pi rL$  es el área normal a la dirección de la transferencia de calor. Como la ecuación 1.19 dicta que la cantidad  $kr(dT/dr)$  es independiente de  $r$ , se sigue de la ecuación 1.20, que la transferencia de calor  $q_r$  es un constante en la dirección radial.

Figura 1.7 Distribución de temperaturas para una pared cilíndrica compuesta



Fuente: Incropera (1999, pág. 107)

Si se quiere expresar la anterior expresión con la ley de Fourier se obtiene la siguiente ecuación para la transferencia de calor (Incropera, 1999)

$$q = \frac{2\pi L k (T_{s1} - T_{s2})}{\ln(r_2/r_1)} \quad \text{Ecuación 1.21}$$

### 1.10.1. Convección

La convección ocurre siempre que una superficie está en contacto con un fluido que tiene una temperatura diferente a la de la superficie en cuestión. Y se expresa mediante la siguiente expresión (Karlekar, 1994)

$$Q=hA(T_s-T_\infty) \qquad \text{Ecuación 1.22}$$

Donde:

Q = Calor transferido de la superficie al fluido circundante, W.

A= área de la superficie, m<sup>2</sup>

T<sub>s</sub>= Temperatura en la superficie, °C

T<sub>∞</sub>= Temperatura del fluido circundante °C

h=coeficiente convectivo de transferencia de calor, W/m<sup>2</sup>K

### 1.10.2. Fórmula de balance de energía expresada en potencia eléctrica

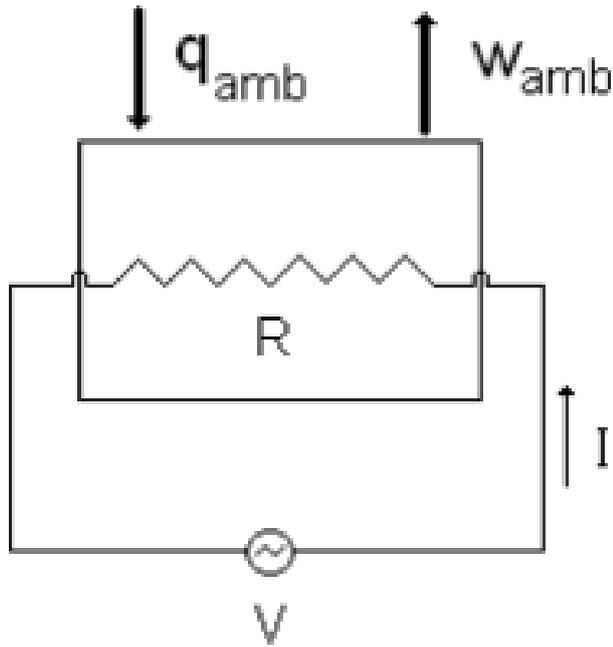
Se basa en el principio de la primera ley de la termodinámica donde: (Incropera, 1999)

$$\Delta U=Q+W \qquad \text{Ecuación 1.23}$$

La variación de la energía interna es igual a la suma del calor más el trabajo.

Para el análisis del sistema de calentamiento se considerará a la fuente de calor como a una resistencia inmersa en un sistema cerrado que intercambia calor y trabajo en forma de potencia con el ambiente y además potencia eléctrica a través de una resistencia eléctrica como se muestra en la figura 1.8. (Incropera, 1999)

Figura 1.8 Sistema cerrado



Fuente: Kajan (2002)

El primer principio de la termodinámica indica que: (Incropera, 1999)

$$\frac{dU}{dt} = q_{ambiente} - W_{ambiente} - W_{electrica} \quad \text{Ecuación 1.24}$$

## CAPÍTULO 2

### ESTUDIO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

En el presente capítulo se analizan varias alternativas de diseño para la construcción del equipo de termolaminado. Para su estudio se detallará brevemente el funcionamiento y las cualidades que presenta cada máquina para llegar a determinar sus ventajas y desventajas. Con este análisis y la ayuda de un método estadístico se determinará la alternativa más viable para su futura construcción.

#### 2.1 Alternativas

Para el proceso de laminado existen varias máquinas pero los sistemas más usados son los siguientes:

##### 2.1.1. Plastificado o encapsulado (Alternativa 1)

Figura 2.1 Máquina para plastificado o encapsulado



Fuente: Mende (2012)

El proceso empieza envolviendo el documento con una lamina plástica de espesor entre 100 a 200 micras considerando un pequeño traslape a los extremos del documento; cuando se ha conseguido lo anterior se introduce en un sistema extractor

(sistema de rodillos) o en una plancha; ambos sistemas deben de proveer la temperatura necesaria para fundir los pequeños traslapes de la película plástica alrededor del documento, después de un tiempo estimado se obtiene un sellado entre las dos películas plásticas de aquí su nombre encapsulado y plastificado ya que el film usado es de un espesor considerable en comparación con los otros procesos de laminado.

Entre las partes importantes de esta máquina se tiene un sistema de presión y temperatura, sistema eléctrico de control de temperatura y la carcasa.

Este tipo de plastificado solo aplica para documentos; el área máxima de plastificado son documentos de formato A4.

#### **2.1.1.1.Ventajas**

- Fácil manejo para el operario.
- Fácil construcción.
- El mantenimiento es mínimo.
- Brinda una buena protección al documento.
- Costo de operación es bajo.
- El factor de seguridad es mínimo.

#### **2.1.1.2.Desventajas**

- Solo sirve para plastificar pequeños materiales o documentos.
- La velocidad de proceso es muy baja.
- Pocas aplicaciones de este tipo de laminado.
- Poca demanda de este servicio de laminado.

### 2.1.2. Termolaminado por extrusión (Alternativa 2)

Figura 2.2 Máquina para termolaminado por extrusión



Fuente: Infomac (2014)

Esta máquina está diseñada con el principio de laminado por extrusión, el film plástico se une con el material en la zona de extrusión; luego mediante un segundo rodillo se transfiere calor entre los dos materiales, el plástico posee una cara adhesiva la cual mediante la aplicación de calor se adhiere al material, al final del proceso de extrusión se obtiene un recubrimiento total.

A diferencia del sistema anterior este puede laminar hasta 61 cm de ancho y las películas delgadas que se usan llegan hasta 50 micras de espesor. En cuestión a la longitud (largo) de laminación estas máquinas no tienen límite y con facilidad puede laminar ambas caras del documento; razón por la cual este tipo de máquina es usada para dar acabado a materiales impresos.

Este sistema está constituido por rodillos térmicos, un sistema de presión entre rodillos, un control de temperatura y un sistema motriz; para un proceso de calidad y presión se le añade un sistema de control semiautomático.

#### **2.1.2.1.Ventajas**

- La velocidad de laminado es aceptable.
- Costo de operación reducido.
- Se puede laminar dos superficies a la vez.
- Fácil mantenimiento.
- Disponibilidad de elementos en el mercado.
- Aplicable para varios tipos de materiales.

#### **2.1.2.2.Desventajas**

- Solo para superficies planas y de espesores pequeños.
- Se requiere de personal calificado.
- Requiere materia prima adecuada para la máquina.
- Costo de fabricación moderado

### 2.1.3. Laminado por vacío y calor (Alternativa 3)

Figura 2.3 Máquina de laminado por vacío y calor



Fuente: Cladoo (2008)

Para este proceso se utiliza una prensa de diafragma o de membrana en la cual el operario introduce el objeto o pieza de trabajo y el material que le va adherir, a continuación se prensa entre dos superficies una de ellas es flexible (membrana) y la otra es una placa rígida.

Estas prensas de termolaminado tienen como partes principales una bomba de vacío, una membrana de caucho, mesa de soporte, cubierta de aluminio y un sistema electrónico de mando que controla la temperatura y las válvulas del sistema de vacío.

Este proceso permite laminar superficies planas e irregulares ya que la membrana de caucho se amolda perfectamente a la forma de la pieza y produce una alta presión sobre la misma debido a la succión del vacío. Mientras más potente sea la bomba más presión ejerce la membrana sobre la pieza; por ejemplo para una bomba de vacío de  $25\text{m}^3/\text{h}$ , la presión que ejerce el equipo sobre la pieza es de  $9000\text{ kg/m}^2$ .

### **2.1.3.1.Ventajas**

- Se puede laminar cualquier tipo de superficie.
- El laminado es de alta calidad.
- Para la presión no se requiere de sistemas hidráulicos ya que la presión se genera solo por vacío.
- Su manejo es muy fácil por eso se reducen los tiempos muertos de producción.
- En su mayoría se usan para acabados de muebles o piezas de madera.

### **2.1.3.2.Desventajas**

- Las partes que constituyen la máquina encarece su costo.
- El costo de operación es alto y requiere de materia prima específica para la máquina.
- Se usa por lo general para alta demanda de producción.
- El mantenimiento y repuestos son de costo significativo.
- Las partes o la máquina no se encuentran con facilidad en el mercado local.
- La máquina requiere de un espacio de trabajo considerable.
- Construcción limitada.

## **2.2 Evaluación de alternativas**

### **2.2.1. Parámetros de comparación**

Dentro de los parámetros más importantes a considerarse en la sección son:

- Costo.
- Complejidad de construcción.
- Existencia de materiales en el mercado.
- Mantenimiento.
- Facilidad de operación.
- Calidad producida.
- Riesgo de operación.
- Tamaño y peso.

#### **2.2.1.1.Costo**

Representa el valor que cada alternativa puede tener, no solo representa los materiales, sino también el valor que cada alternativa tendría en mano de obra y operación, por lo tanto es un factor importante para inclinarse por una alternativa.

#### **2.2.1.2.Complejidad de construcción**

Este indicador determina que alternativa presenta mayor o menor dificultad en su construcción índice significativo en la evaluación de alternativas.

#### **2.2.1.3.Existencia del material en el mercado**

Se refiere a la disponibilidad en el mercado del Ecuador de los materiales para la construcción y posterior mantenimiento de dicha máquina.

#### **2.2.1.4.Mantenimiento**

Se basa en la facilidad de que se va a proporcionar a la persona encargada del mantenimiento para montar y desmontar todas las piezas del equipo considerado.

#### **2.2.1.5.Facilidad de operación**

Se refiere a la información y capacitación proporcionada al operario para manejar el equipo.

#### **2.2.1.6.Calidad producida**

Este parámetro se refiere a la particularidad del producto final que se va a lograr con el equipo.

#### **2.2.1.7.Riesgo de operación**

Es el factor de seguridad que ofrece la alternativa al operario ya sea en su funcionamiento o en el manejo de la misma.

#### **2.2.1.8.Tamaño y peso**

Este factor va relacionado con el área de trabajo que ocupará el equipo y su peso. Una mayor valoración indica que el equipo tiene menor peso y tamaño.

### **2.3 Valoración numérica**

Para llevar a cabo una evaluación estadística basada en resultados numéricos se designará una valoración numérica a cada parámetro de evaluación siendo 10 el valor más favorable como se muestra:

Tabla 2.1. Equivalencia

RANGO NUMÉRICO	EQUIVALENCIA
1-3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• costo elevado</li> <li>• difícil de construir</li> <li>• no existen materiales en el mercado</li> <li>• mantenimiento alto</li> <li>• operación dificultosa</li> <li>• calidad baja del producto final</li> <li>• alto riesgo de operación</li> <li>• dimensiones considerables</li> </ul>
4-7	<ul style="list-style-type: none"> <li>• costo moderado</li> <li>• medianamente fácil de construir</li> <li>• materiales escasos en el mercado</li> <li>• mantenimiento medio</li> <li>• operación moderadamente fácil</li> <li>• calidad media del producto final</li> <li>• riesgo moderado de operación</li> <li>• dimensiones moderadas</li> </ul>
8-10	<ul style="list-style-type: none"> <li>• costo bajo</li> <li>• fácil de construir</li> <li>• variedad de materiales en el mercado</li> <li>• mantenimiento mínimo</li> <li>• fácil operación</li> <li>• alta calidad del producto final</li> <li>• bajo riesgo de operación</li> <li>• dimensiones pequeñas</li> </ul>

Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

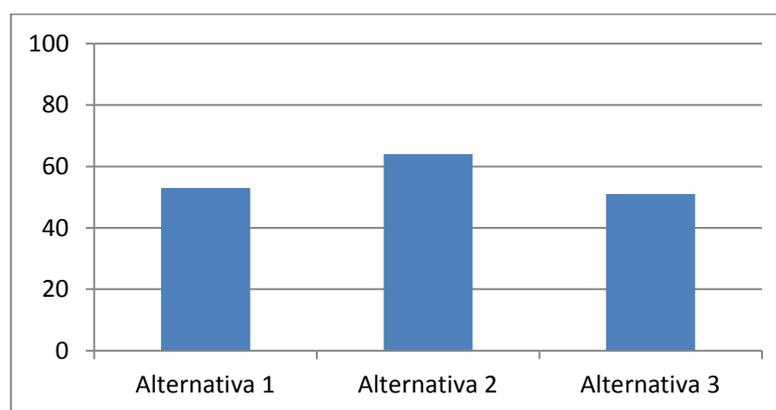
## 2.4 Evaluación de las alternativas

Tabla 2.2. Calificación de alternativas

Parámetros	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Costo	7	6	3
Complejidad de construcción	8	7	3
Existencia de materiales en el mercado	8	9	5
Matenimiento	7	8	6
Facilidad de operación	7	10	10
Calidad producida	2	10	10
Riesgo de operación	5	10	10
Tamaño y peso	9	7	4
$\Sigma$	53	67	51

Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

Figura 2.4 Grafico de barras del resultado



Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

**Conclusión:** la alternativa 2 (plastificado o encapsulado) obtuvo la calificación más alta por lo tanto es la seleccionada para la construcción.

## CAPÍTULO 3

### DISEÑO

#### 3.1 Evaluación experimental del proceso

Para conocer varios parámetros indispensable del diseño se realizo ensayos experimentales en los cuales se evaluó:

- Rango de temperatura,
- presión necesaria entre rodillos
- tipo de acabado
- tiempo de exposición.

Materiales utilizados:

Figura 3.1 Materiales de prueba



Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

### 3.1.1. Procedimiento experimental

Para determinar parámetros que sean de ayuda para el diseño de este proyecto se realizaron pruebas experimentales utilizando los elementos anteriores necesarios para el desarrollo.

Se empezó tomando una muestra del film de similares características del material a usarse en la laminación, este film se lo cortó de forma tal que nos permita cubrir toda la muestra de papel; teniendo los elementos antes mencionados se procedió a energizar nuestra fuente de calor para el caso una plancha de cabello de uso cosmético la cual presenta un rango de temperatura (°F) la misma que da una idea del valor de temperatura necesaria que permita la adherencia y laminado adecuado; el papel de muestra es recubierto completamente por el film plástico; ambos se sometieron a la plancha de prueba y se ejerció una presión distinta para cada muestra obteniendo datos significativos para el diseño, los mismos que se muestran tabulados a continuación.

Tabla 3.1. Resultados de la prueba

PARÁMETROS	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3
Temperatura (°C)	110	140	170
Presión usada* kgf/cm <sup>2</sup>	42.58	42.58	42.58
Adherencia	Regular	media	alta
Tiempo de exposición	90 s.	60s.	30s.
Tipo de acabado	Mate	brillante	Presencia de quemadura.

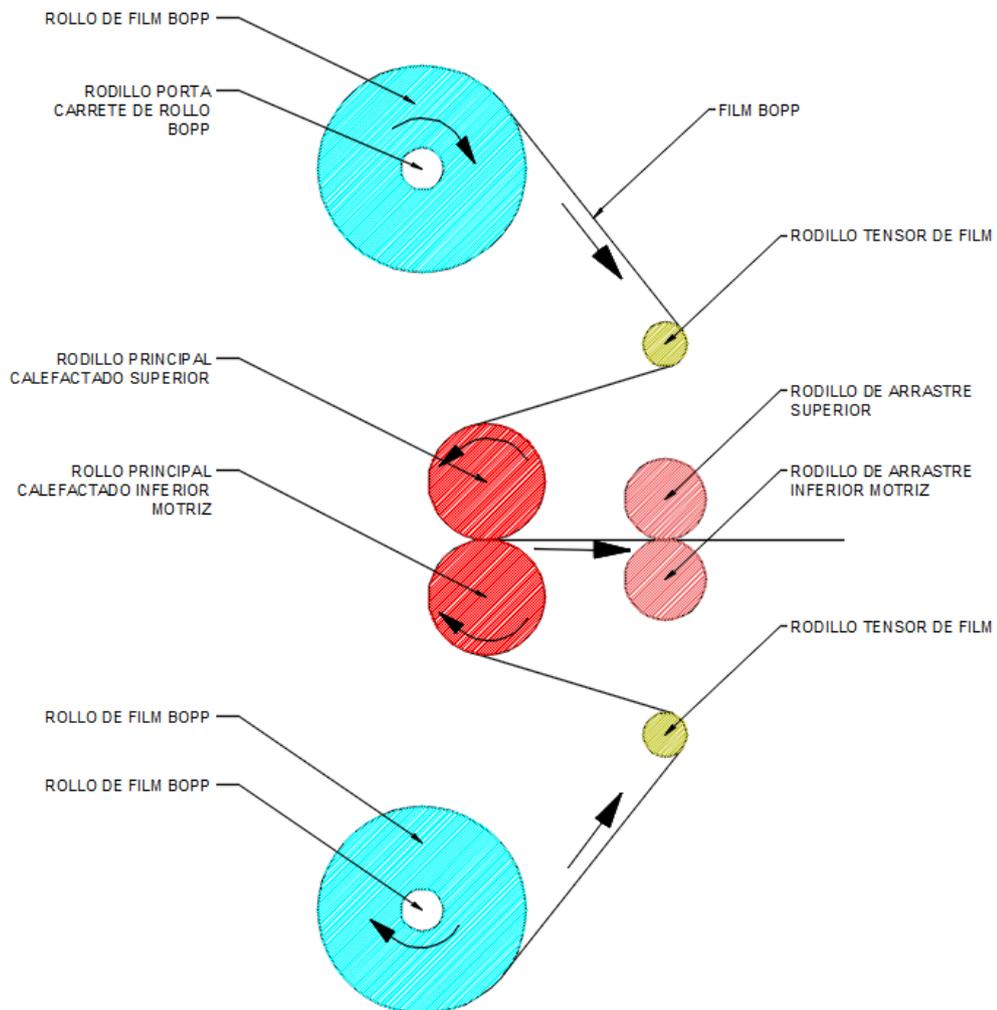
\* Presión promedio que ejerce la mano derecha

Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

### 3.2 Selección del Sistema de rodillos

Como se explicó en el tema 1.4 el principio de funcionamiento del termolaminado está basado en el proceso de laminación de metales con la diferencia que en este proceso no interesa deformar ningún material, ya que solo se va a utilizar para adherir dos o más sustratos por medio de presión y calor. En casi todo proceso de laminado interviene el rodillo como un elemento principal y por ello es el elemento de estudio inicial para el diseño.

Figura 3.2 Diagrama típico de la disposición de rodillos para termolaminado.



Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

### 3.3 Rodillos Principales Calefactados.

Los elementos principales en el laminado son los rodillos calefactados los cuales son los que realizan el proceso de termolaminado. Para el diseño se tomara en cuenta los requerimientos generales con los cuales se va a diseñar la máquina y se muestran tabulados en la siguiente tabla:

Tabla 3.2. Requerimientos para el diseño

<b>VELOCIDAD DE LAMINADO</b>	<b>1 m./min CONSTANTE</b>
<b>TEMPERATURA DE LAMINADO</b>	0 A 150°C
<b>PRESIÓN DE RODILLO</b>	10PSI A 50 PSI
<b>ANCHO DE LAMINADO</b>	300 mm

Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

Los datos de la tabla anterior son determinados por exigencia del operador de la máquina y por las características de los elementos que se tienen disponibles o sean de fácil acceso en el sector comercial del Ecuador.

Los rodillos seleccionados por disponibilidad en bodega tienen las siguientes características:

Tabla 3.3. Características de rodillos principales

<b>Cantidad</b>	<b>2</b>
<b>Diámetro externo</b>	25
<b>Diámetro interno</b>	11
<b>Material del núcleo</b>	Acero AISI 1018
<b>Material del recubrimiento</b>	Caucho de silicón
<b>Longitud total</b>	410 mm
<b>Longitud de trabajo</b>	350mm

Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

Figura 3.3 Rodillos utilizados para la construcción



Fuente: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

Las dimensiones son las siguientes:

Tabla 3.4. Dimensiones de rodillos calefactados.

<b>Espesor del eje (acero)</b>	<b>4.5 mm</b>
<b>Espesor de recubrimiento del eje (silicón)</b>	2.5 mm
<b>Diámetro interno</b>	11mm
<b>Diámetro externo (con recubrimiento)</b>	25 mm

<b>Longitud de silicón</b>	370 mm
<b>Longitud total</b>	410 mm
<b>Longitud máxima de laminado</b> <b>w.</b> <b>(ancho máx.)</b>	350 mm

Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

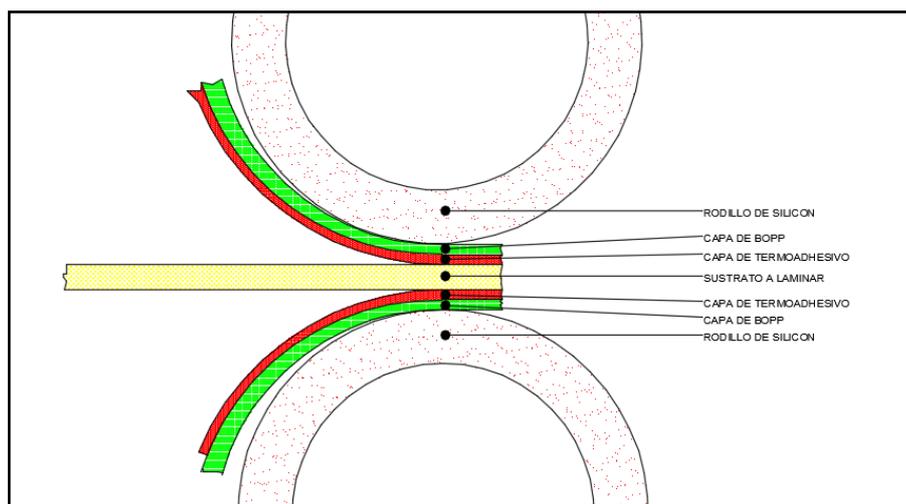
### 3.4 Análisis de cargas ejercidas en rodillos calefactados.

Con los datos de las tablas se procede a realizar el análisis mecánico para verificar si el cilindro seleccionado satisface los requerimientos solicitados y determinar las variables que los gobiernan.

#### 3.4.1. Cálculos del draft (d)

Para cálculos se considera un laminado por ambas caras del sustrato como muestra en la figura:

Figura 3.4 Proceso de laminado



Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

Usando la Ecuación 1.1. se tiene:

$$d=t_o-t_f$$

Donde:

$t_o$ =(Espesor total de los sustratos que intervienen en la laminación)

$t_f$ =Espesor final del laminado

### 3.4.2. Cálculo de $t_f$ .

Para calcular el espesor final del proceso de laminado se resta el espesor de adhesivo del espesor total del film ya que el espesor del adhesivo es el único que va interactuar con el sustrato para permitir la adhesión.

$$t_o=0.027\text{mm}+2\text{mm}+0.027\text{mm}=2.054\text{mm}$$

$$t_o=2.054 \text{ mm}$$

$$t_f=t_o-t_a$$

$$t_f=2.054\text{mm}- 0.02\text{mm}$$

$$t_f=2.054 \text{ mm}$$

Reemplazando en la ecuación 1.1. se tiene:

$$d=2.054\text{mm}-2.034\text{mm}=0.02\text{mm}$$

El draft a reducir el 0.02 mm; como se aprecia este valor es casi despreciable ya que casi tiende a cero es por ello que se procede a calcular el draft máximo tomando el coeficiente de fricción  $\mu$  de la ficha técnica de la lámina para plastificar (anexo N.-1) por medio de la ecuación 1.3:

$$d_{\max}=\mu^2 \times R$$

$$d_{\max}=0.2^2 \times 12.5 \text{ mm}$$

$$d_{\max}=0.5 \text{ mm} > 0$$

Se puede realizar el proceso ya que el draft máximo es mayor que cero.

### 3.4.3. Cálculo del ángulo de contacto mínimo

$$\theta = \tan^{-1} \mu \quad \text{ecuación 1.6}$$

$$\theta = \tan^{-1} 0.2$$

$$\theta = 11.31^\circ$$

$$\theta = 0.2 \text{ radianes}$$

### 3.4.4. Longitud de contacto

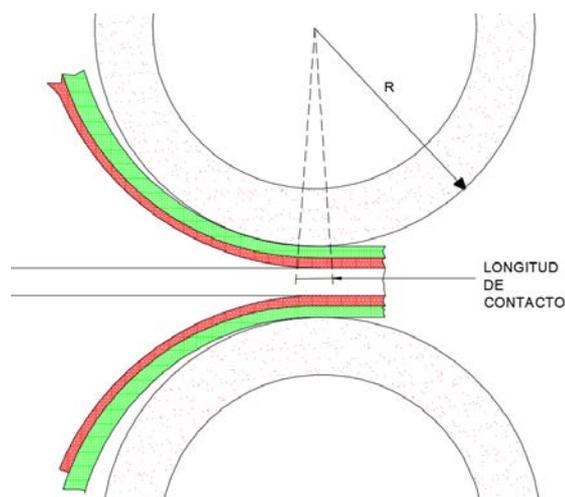
$$l_c = \frac{D \times \theta}{2} \quad \text{ecuación 1.7}$$

$$l_c = \frac{25\text{mm} \times 0.2 \text{ rad}}{2}$$

$$l_c = 2.5 \text{ mm}$$

### 3.4.5. Cálculo de la superficie de contacto

Figura 3.5 Longitud de contacto



Elaborado por: Ligia Moscoso y Geovanny Leica

Figura 3.6 Longitud máxima de laminado



Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

$$S_c = l_r \times l_c \quad \text{ecuación 1.8}$$

$$S_c = 350 \text{ mm} \times 2.5 \text{ mm}$$

$$S_c = 875 \text{ mm}^2$$

### 3.4.6. Cargas en los rodillos

Resistencia a la compresión del material BOPP

$$\sigma = 5.75 \text{ psi} = 0.0394 \text{ N/mm}^2$$

### 3.4.7. Calculo del esfuerzo de compresión

#### 3.4.7.1. Carga en los rodillos

#### 3.4.7.2. Esfuerzo de compresión unitario

$$q_c = 0.0394 \text{ N/mm}^2 \times 2.5 \text{ mm}$$

Ecuación 1.9

$$q_c = 0.098 \text{ N/mm}$$

Con estos datos se evalúan en el programa Inventor 2015 y se tiene dos reacciones las cuales para el diseño serían las fuerzas que ejercen los resortes para proporcionar presión al rodillo, como se muestra a continuación:

Figura 3.7 Informe de simulación para rodillo principal calefactor

Material

Material	Material de usuario
Módulo de elasticidad E	205000 MPa
Módulo de rigidez G	80000 MPa
Densidad $\rho$	7870 kg/m <sup>3</sup>

Cargas

Índice	Ubicación	Fuerza radial				Momento flector				Carga continua			Fuerza axial	Par de torsión	Flexión				Ángulo de flexión
		Y	X	Tamaño	Dirección	Y	X	Tamaño	Dirección	Y	X	Tamaño			Dirección	Longitud	Y	X	
1	18.5 mm									0.098	0.098		373.000			-1.129 $\mu\text{m}$	1.129 $\mu\text{m}$	180.00 gr	0.01 gr
	391.5 mm															-1.130 $\mu\text{m}$	1.130 $\mu\text{m}$	180.00 gr	0.01 gr

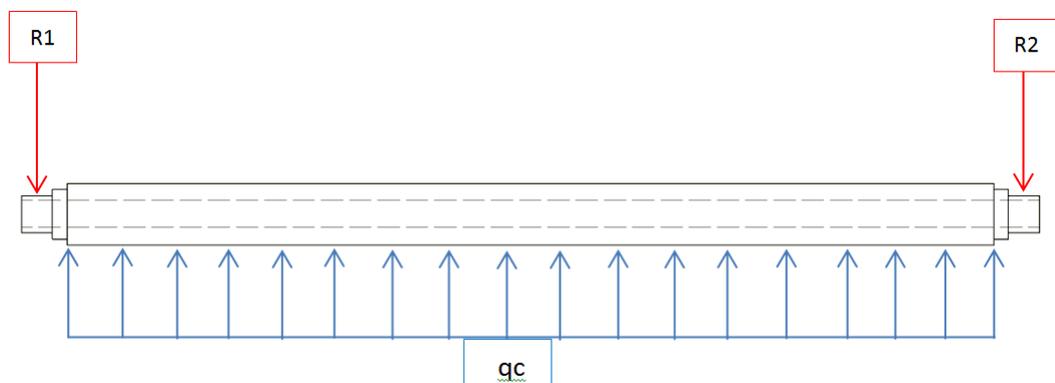
Soportes

Índice	Tipo	Ubicación	Fuerza de reacción				Elasticidad	Tipo	Flexión				Ángulo de flexión
			Y	X	Tamaño	Dirección			Fuerza axial	Y	X	Tamaño	
1	Libre	6.25 mm	24.155 N	24.155 N				Usuario	-0.000 $\mu\text{m}$	0.000 $\mu\text{m}$	180.00 gr	0.01 gr	
2	Libre	403.75 mm	24.155 N	24.155 N				Usuario	-0.000 $\mu\text{m}$	0.000 $\mu\text{m}$	180.00 gr	0.01 gr	

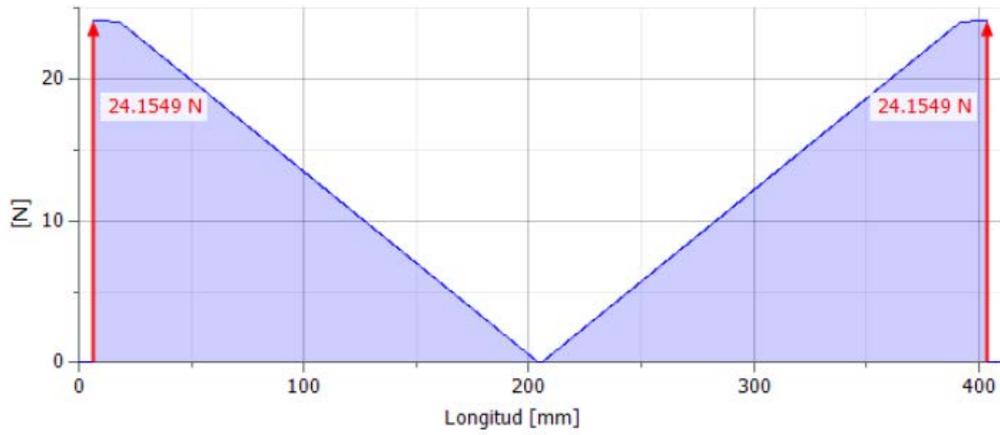
Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

### 3.4.7.3. Análisis de resultados

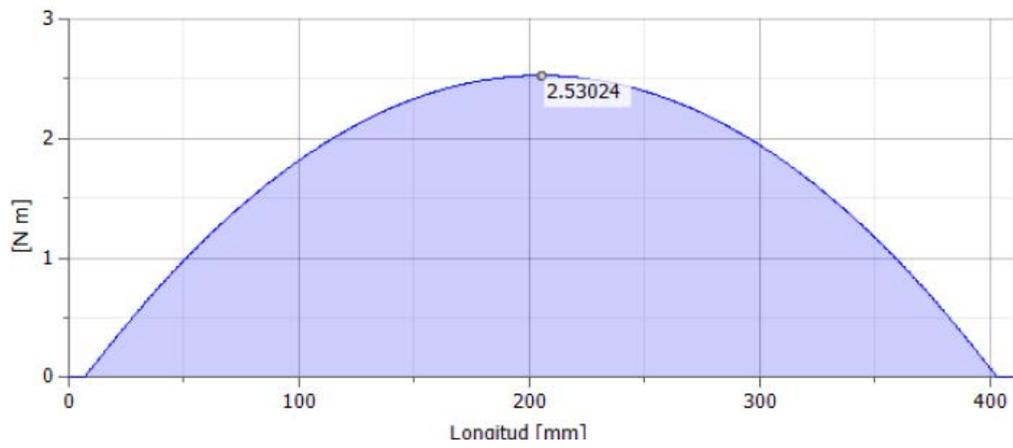
Figura 3.8 Diagrama de cuerpo libre del rodillo principal superior



### Diagrama fuerza de corte



### Diagrama de momento flector



### Diámetro de eje ideal



Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

Figura 3.9 Resultados del rodillo principal calefactor

Resultados

Longitud	L	410.000 mm
Masa	Masa	1.199 kg
Tensión de plegado máxima	$\sigma_B$	1.714 MPa
Tensión de corte máxima	$\tau_S$	0.295 MPa
Tensión de torsión máxima	$\tau$	0.000 MPa
Tensión máxima	$\sigma_T$	0.000 MPa
Tensión reducida máxima	$\sigma_{red}$	1.714 MPa
Flexión máxima	$f_{m\acute{a}x}$	11.131 $\mu\text{m}$
Ángulo de torsión	$\phi$	0.00 gr

Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

### 3.4.7.3.1. Fuerza de compresión para laminado

Con ayuda de la simulación anterior se puede determinar las fuerzas de reacción R1 y R2 que se oponen a qc y representan la fuerza necesaria romper la resistencia a la compresión del film Bopp, por lo tanto las fuerzas de reacción en los extremos del rodillo serán las fuerzas necesarias para laminar.

Fuerza de reacción (F) necesaria para comprimir el film 24.15 N en cada extremo.

### 3.4.7.3.2. Presión de Laminado

Para el cálculo de fuerza de compresión se puede utilizar la expresión básica que es

$$P = F / S_c$$

Ecuación 1.10

En esta se reemplaza el valor de la F de reacción de 24.15 N.

$$P = \frac{24\text{N}}{875_{\text{mm}^2}}$$

$$P = 0.027429 \text{ N/mm}^2 = 27428.6 \text{ Pa}$$

$$P = 4 \text{ Psi}$$

### 3.4.7.3.3. Momento de torsión

Usando la ecuación 1.11.

$$T=0.5Flc=0.5 \times 24.15 \text{ N} \times 0.0025\text{m}=0.030\text{Nm}$$

### 3.4.7.3.4. Velocidad angular del rodillo principal

$$w = \frac{\text{velocidad lineal máxima del proceso}}{(\text{diámetro del cilindro}) \times \pi}$$

La velocidad del proceso requerida es de 1m/min pero por motivos de seguridad se recomienda sobredimensionar un 10%.

$$w = \frac{1.1\text{m/min}}{0.025\text{m} \times \pi} = 14.0056 \text{ rpm} \approx 14\text{rpm}$$

### 3.4.7.3.5. Potencia requerida

$$P = 2\pi \times N \times F \times lc \quad \text{Ecuación 1.13}$$

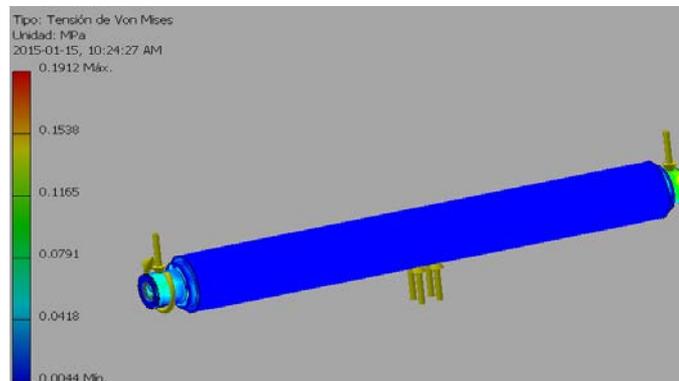
$$P = 2\pi \times 1.47 \frac{\text{rad}}{\text{seg}} \times 24.14\text{N} \times 0.0025\text{m}$$

$$P = 0.6 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 0.6 \text{ watts}$$

## 3.5 Análisis de falla en los rodillos principales

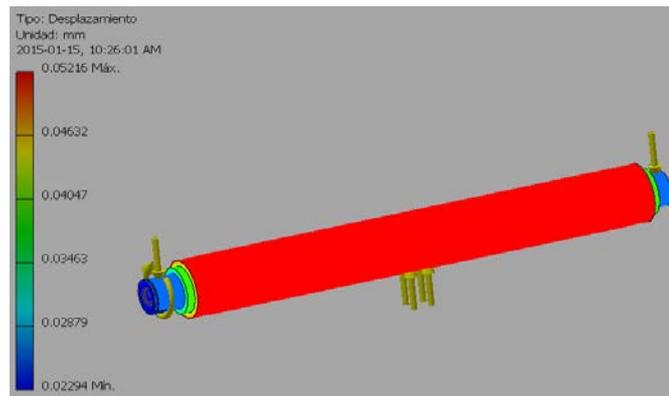
Usando el análisis a Tensión de Von Mises que proporciona el estudio de cuerpos finitos que ofrece el software Inventor 2015 se tiene:

Figura 3.10 Tensión de Von Mises de rodillos principales



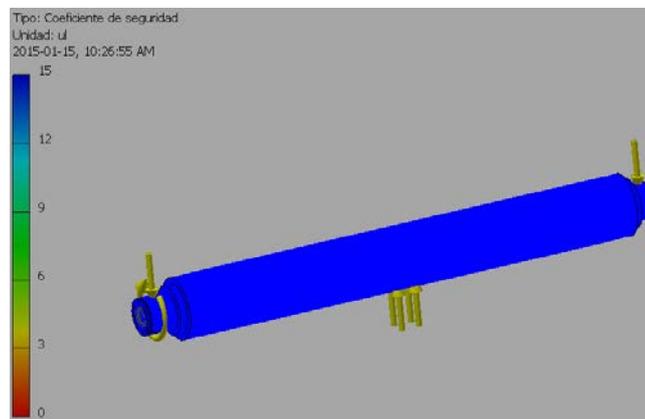
Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

Figura 3.11 Desplazamiento de rodillos principales



Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

Figura 3.12 Coeficiente de seguridad de rodillos principales



Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

### 3.5.1. Análisis de resultados

De la simulación creada en el Software Inventor 2015 se obtienen varios resultados de utilidad para continuar con el proceso de diseño como se muestra:

Figura 3.13 Resultados de análisis a Tensión

▣ **Resultados**

▣ **Fuerza y pares de reacción en restricciones**

Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X, Y, Z)	Magnitud	Componente (X, Y, Z)
Restricción de pasador:1	49.1338 N	-49.1338 N 0 N 0 N	2.26104 N m	0 N m 0 N m 2.26104 N m

▣ **Resumen de resultados**

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	153163 mm <sup>3</sup>	
Masa	1.2054 kg	
Tensión de Von Mises	0.00444551 MPa	0.191188 MPa
Primera tensión principal	-0.0767462 MPa	0.226403 MPa
Tercera tensión principal	-0.222678 MPa	0.103247 MPa
Desplazamiento	0.0229446 mm	0.0521603 mm
Coefficiente de seguridad	15 su	15 su
Tensión XX	-0.131924 MPa	0.171573 MPa
Tensión XY	-0.066132 MPa	0.0580955 MPa
Tensión XZ	-0.068659 MPa	0.0692962 MPa
Tensión YY	-0.145211 MPa	0.174675 MPa
Tensión YZ	-0.0354205 MPa	0.0553254 MPa
Tensión ZZ	-0.222587 MPa	0.226402 MPa
Desplazamiento X	-0.0521576 mm	0.0521603 mm
Desplazamiento Y	-0.00000244394 mm	0.00000250532 mm
Desplazamiento Z	-0.0521587 mm	0.0521586 mm
Deformación equivalente	0.0000001927 su	0.000000833462 su
Primera deformación principal	-0.000000157445 su	0.000000913938 su
Tercera deformación principal	-0.0000009136 su	-0.0000000231697 su
Deformación XX	-0.00000054166 su	0.000000523212 su
Deformación XY	-0.000000424906 su	0.00000037327 su
Deformación XZ	-0.000000441142 su	0.000000445237 su
Deformación YY	-0.000000461204 su	0.000000404467 su
Deformación YZ	-0.000000227581 su	0.000000355472 su
Deformación ZZ	-0.000000913018 su	0.000000913934 su

Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

ESFUERZO MÁX. DE VON MISES = 0.19 Mpa <  $\sigma$  fluencia acero (AISI 1018 235MPa Anexo 2) CUMPLE

TENSIÓN MÁX. = 0.58 Mpa <  $\sigma$  fluencia admisible (0.6 $\sigma$ fluencia acero)  
CUMPLE

DEFORMACIÓN MÁX. = 0.05 mm <  $\delta$  permisible (L/360: deformación permisible para vigas) (Mende, 2012) CUMPLE

FACTOR DE SEGURIDAD MÍNIMO= 15 CUMPLE

### 3.6 Rodillo de arrastre

Estos rodillos realizan un trabajo similar a los principales la diferencia es que estos no tienen un núcleo térmico, su función principal es extraer los sustratos laminados hacia la bandeja de salida y mantener una tensión uniforme en todo el proceso como se muestra en la figura 3.2

Tabla 3.5. Características de los rodillos de arrastre

Cantidad	2
<b>Diámetro externo</b>	17.5 mm
<b>Material del núcleo</b>	Acero AISI 1018
<b>Material del recubrimiento</b>	Caucho de silicón
<b>Longitud total</b>	410 mm
<b>Longitud de trabajo</b>	350mm

Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

### 3.7 Cargas de rodillos de arrastre

La fuerza de compresión necesaria será de similar valor que los rodillos principales es decir 24.15N, con este valor se puede determinar las demás variables de diseño.

#### 3.7.1. Longitud de contacto

$$l_c = \frac{D \times \theta}{2} \quad \text{ecuación 1.7}$$

$$l_c = \frac{17.5\text{mm} \times 0.2 \text{ rad}}{2}$$

$$l_c = 1.75\text{mm}$$

#### 3.7.2. Momento de torsión

Usando la ecuación 1.11.

$$T = 0.5Fl_c = 0.5 \times 24.15 \text{ N} \times 0.00175\text{m} = 0.02\text{Nm}$$

#### 3.7.3. Velocidad angular del rodillo de arrastre

$$w = \frac{\text{velocidad lineal máxima del proceso}}{(\text{diámetro del cilindro}) \times \pi}$$

La velocidad del proceso requerida es de 1m/min pero por motivos de seguridad se recomienda sobredimensionar un 10%.

$$w = \frac{1.1\text{m/min}}{0.0175\text{m} \times \pi} = 20.018\text{rpm} \approx 20\text{rpm}$$

### 3.7.4. Potencia requerida

$$P = 2\pi \times N \times F \times lc \quad \text{Ecuación 1.13}$$

$$P = 2\pi \times 2.09 \frac{\text{rad}}{\text{seg}} \times 24.14\text{N} \times 0.00175\text{m}$$

$$P = 0.55 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 0.6 \text{ watts}$$

### 3.8 Rodillos para soporte de rollo de film

Utilizando el peso del rollo de 2600m y un ancho de 0.4m y el gramaje de film para laminado mate más alto de 24.7 g/m<sup>2</sup> se simula en inventor y se tiene:

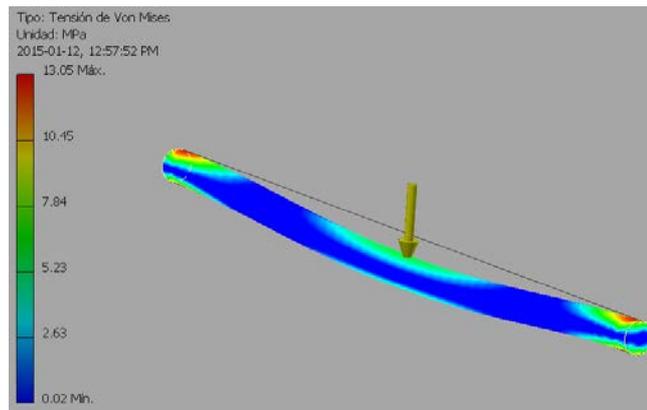
Tabla 3.6. Propiedades físicas rodillo para soporte de rollo de film

#### ☐ Propiedades físicas

Material	Acero AISI 1018 106 LC
Densidad	7.87 g/cm <sup>3</sup>
Masa	1.07106 kg
Área	29218.4 mm <sup>2</sup>
Volumen	136094 mm <sup>3</sup>
Centro de gravedad	x=0.00000000993396 mm y=240 mm z=0 mm

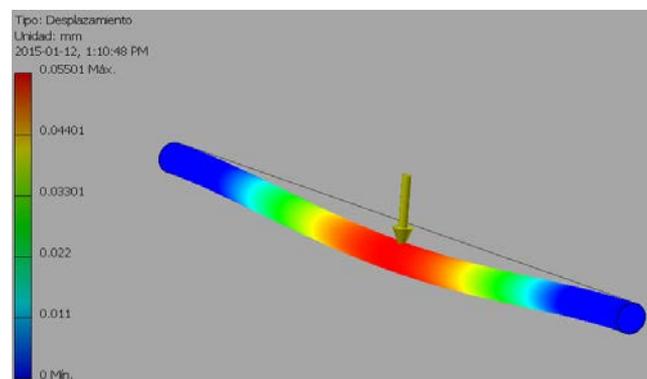
Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

Figura 3.14 Tensión de Von Mises rodillo para soporte de rollo de film



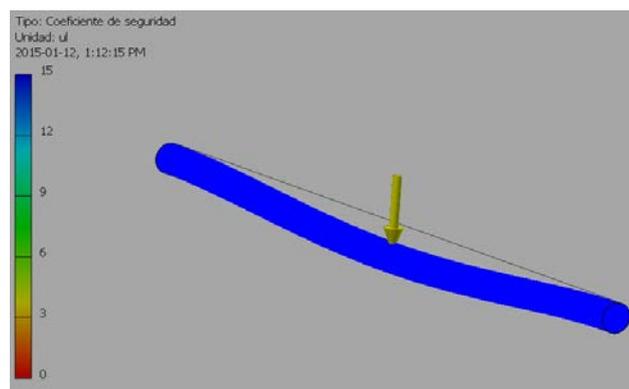
Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

Figura 3.15 Deformación máxima rodillo para soporte de rollo del film



Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

Figura 3.16 Coeficiente de Seguridad rodillo para soporte de rollo del film



Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

### 3.8.1. Informe de Resultados

Figura 3.17 Resultados de análisis a Tensión para el eje del rollo de film.

#### ☐ Resumen de resultados

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	136094 mm <sup>3</sup>	
Masa	1.07106 kg	
Tensión de Von Mises	0.0233921 MPa	13.0517 MPa
Primera tensión principal	-7.61035 MPa	15.9857 MPa
Tercera tensión principal	-17.4609 MPa	5.72049 MPa
Desplazamiento	0 mm	0.0550093 mm
Coefficiente de seguridad	15 su	15 su
Tensión XX	-8.11364 MPa	5.8955 MPa
Tensión XY	-2.09485 MPa	1.85023 MPa
Tensión XZ	-0.692523 MPa	0.731012 MPa
Tensión YY	-17.0527 MPa	15.8621 MPa
Tensión YZ	-2.41806 MPa	1.78994 MPa
Tensión ZZ	-8.27636 MPa	6.44357 MPa
Desplazamiento X	0 mm	0.0550093 mm
Desplazamiento Y	-0.00331383 mm	0.00331386 mm
Desplazamiento Z	-0.000101487 mm	0.000103945 mm
Deformación equivalente	0.000000100198 su	0.0000570238 su
Primera deformación principal	0.0000000365628 su	0.0000638263 su
Tercera deformación principal	-0.000064851 su	-0.000000867517 su
Deformación XX	-0.0000228814 su	0.0000243422 su
Deformación XY	-0.0000134597 su	0.0000118879 su
Deformación XZ	-0.00000444954 su	0.00000469684 su
Deformación YY	-0.0000643068 su	0.000063784 su
Deformación YZ	-0.0000155363 su	0.0000115006 su
Deformación ZZ	-0.0000199005 su	0.0000200216 su

Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

ESFUERZO MÁX. DE VON MISES = 65,65 Mpa <  $\sigma$  fluencia acero CUMPLE

TENSIÓN MÁX. = 59,37 Mpa <  $\sigma$  fluencia admisible CUMPLE

DEFORMACIÓN MÁX. = 0.06 mm <  $\delta$  permisible (L/360: deformación permisible para vigas) (Mende, 2012) CUMPLE

FACTOR DE SEGURIDAD MÍNIMO= 15 CUMPLE

### 3.9 Selección de Rodamientos

Para seleccionar los rodamientos adecuados para el funcionamiento de las máquinas hoy en día los mismos proveedores han hecho énfasis en crear servicios completos de venta y asesoramiento para que el cliente pueda elegir a su gusto y con precisión el

rodamiento óptimo que necesite. Para este caso se ha decidido utilizar el software de selección de rodamientos que brinda la empresa SKF en su página web.

Para el análisis sólo se hará la selección bajo carga estática por motivo que la velocidad de rotación es bastante pequeña y existen periodos que el rodamiento está en reposo pero sometido a la fuerza axial.

Carga estática equivalente:

$$Co=Fr$$

Dónde

Fr= Fuerza Radial de 24.15 N

$$Co=24.15N$$

Dando un factor de Diseño de 2

$$Co=48.30N$$

Entonces se requiere un rodamiento que soporte una carga estática igual o mayor a la calculada para ello se hace uso del software selector de rodamientos de SKF:

Figura 3.18 Resultado del programa SKF para rodamiento

**SKF** | SKF Bearing Calculator | English

Home | ABOUT | HELP

**Results**

Basic rating life for composite dry sliding bearings : PCM 151710 B

**Input parameters**

- $F_r$  Radial load: 0.048 kN
- Operating temperature: 200 °C
- $\beta$  Half the angle of oscillation: 60 °
- Type of Load: Point load
- $f$  Frequency of oscillation or rotational speed: 25 min<sup>-1</sup>
- $t$  Time taken to pass through complete oscillation (4 $\beta$ ): 2.4 s
- $R_a$  Surface roughness of pin: 0.2  $\mu$ m

**Result**

- $G_h$  Basic rating life: 3420 hour

**Intermediate Results:**

K	80 N/mm <sup>2</sup>	p	0.32 N/mm <sup>2</sup>
v	0.01309 m/s	$c_1$	1.3
$c_2$	1	$c_3$	0.14
$c_4$	0.96	$c_5$	1
$K_M$	480	n	1

**Bearing data**

- Designation: PCM 151710 B
- d: 15 mm
- D: 17 mm
- B: 10 mm
- C: 12 kN
- $C_0$ : 37.5 kN
- Type: Composite plain bearing

Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

Tabla 3.7. Valores prácticos de Duración nominal para diferentes tipos de máquinas.

CLASE DE MAQUINA	$L_h$
Electrodomésticos, maquinas agrícolas, instrumentos y aparatos para uso medico.	300 - 3000
Maquinas usadas intermitentemente o por cortos periodos, como: maquinas herramientas portátiles, aparatos elevadores para talleres y maquinas de construcción.	3000 - 8000
Maquinas para trabajar con alta fiabilidad de funcionamiento por cortos periodos o intermitentes tales como: ascensores y grúas para mercancías elevadas.	8000 - 12000
Maquinas para 8 horas de trabajo diario no totalmente utilizadas: transmisiones por engranes y machacadoras giratorias.	10000 - 25000
Maquinas para 8 horas de trabajo diario totalmente utilizadas, como: maquinas herramientas, maquinas para trabajar madera, maquinas para la industria mecánica general, grúas para materiales a granel, ventiladores, cintas transportadoras, equipos de imprenta, separadores y centrifugas.	20000 - 30000

Fuente: Universidad de los Andes (2005)

### 3.9.1. Análisis de resultados

De los resultados obtenidos se concluye:

Rodamiento de Fricción PCM151710

Material: Bronce

ØExt.: 17mm

Øint.: 15mm

Co obtenido: 37KN  $\geq$  Co calculado 48 N

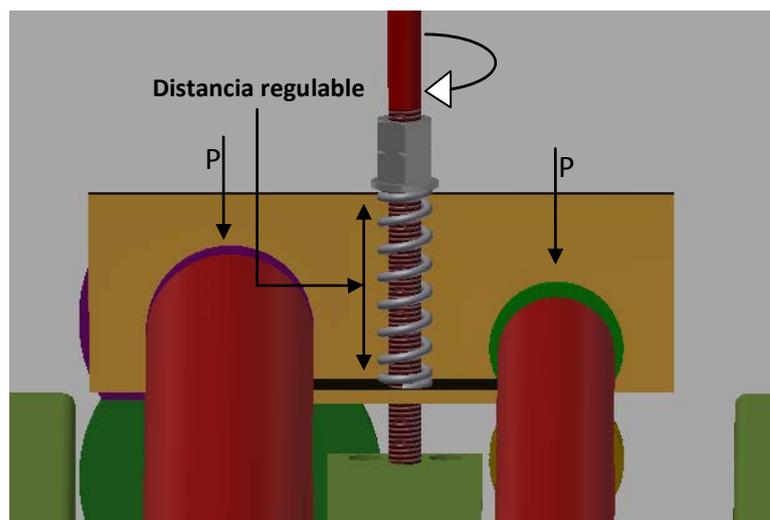
#### 3.9.1.1. Promedio de Vida

3420 horas por lo tanto el uso adecuado de la máquina sería para uso intermitente por la tabla 3.7. Tomando en cuenta un funcionamiento a temperatura máxima de 200°C.

### 3.10 Diseño del sistema de presión

Para que la máquina pueda ejecutar el termolaminado se requiere por lo menos vencer la fuerza de compresión del Film de Bopp para ello se implementa un sistema de resorte como se muestra:

Figura 3.19 Sistema de presión con resorte a compresión

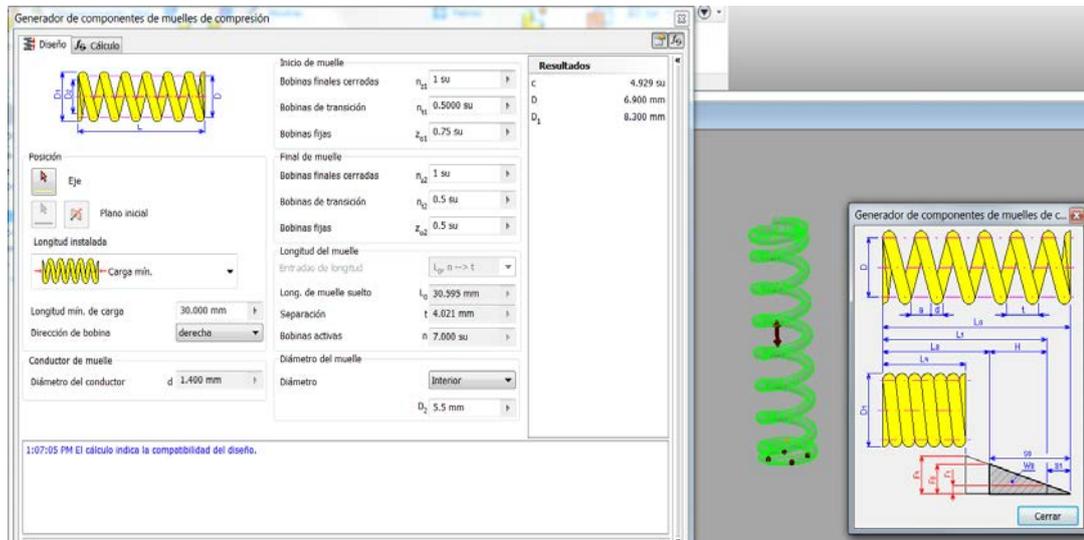


Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

### 3.10.1. Diseño y selección de resortes

El diseño del resorte se realiza con la ayuda del software Inventor 2015 como se muestra:

Figura 3.20 Generador de Componentes Inventor 2015



Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

Figura 3.21 Informe de resultados de Generador de Componentes Inventor 2015

#### Bobinas del muelle

Bobinas activas	n	7.000 su
Redondeo del número de bobinas		1
Dirección de bobina		derecha
Extremos de muelle		
Parám.	Inicio	Fin
Bobinas finales cerradas	$n_{z1}$ 1.000 su	$n_{z2}$ 1.000 su
Bobinas de transición	$n_{t1}$ 0.500 su	$n_{t2}$ 0.500 su
Bobinas fijas	$z_{o1}$ 0.750 su	$z_{o2}$ 0.500 su

#### Cotas del ensamblaje

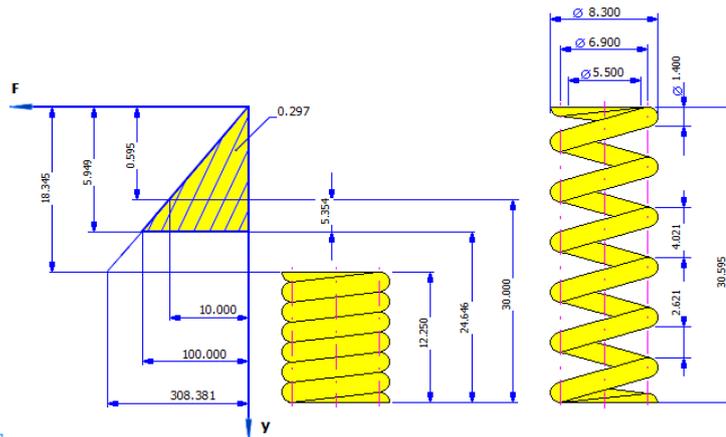
Longitud mín. de carga	$L_1$	30.000 mm
Longitud máx. de carga	$L_8$	24.646 mm
Recorrido útil	H	5.354 mm
Long. de carga de trabajo	$L_w$	29.167 mm
Longitud instalada	L	30.000 mm

#### Diseño de la flexión de trabajo

No especificado

#### Material del muelle

Estrado y patentado - Acero al carbono - primera clase	
Tensión de tracción máxima	$\sigma_{ult}$ 2500.000 MPa
Tensión de torsión admitida	$T_A$ 1250.000 MPa
Módulo de elasticidad en corte	G 80500.000 MPa
Densidad	$\rho$ 7850 kg/m <sup>3</sup>
Factor de utilización del material del muelle	us 0.900 su



Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

Figura 3.22 Resultados Obtenidos del Informe de Generador de componentes Inventor 2015

☐ **Resultados**

Espacio entre bobinas del muelle libre	a	2.621 mm
Separación de muelle libre	t	4.021 mm
Factor de concentración de tensión	$K_w$	1.000 su
Constante de muelle	k	16.810 N/mm
Flexión del muelle de carga mín.	$s_1$	0.595 mm
Flexión total del muelle	$s_8$	5.949 mm
Flexión límite del muelle	$s_9$	18.345 mm
Flexión de trabajo del muelle	$s_{work}$	0.194 su
Flexión máx. admitida de trabajo del muelle	$s_{m\acute{a}x}$	0.314 su
Longitud límite de prueba del muelle	$L_{minf}$	13.580 mm
Longitud límite teórica del muelle	$L_9$	12.250 mm
Fuerza límite del muelle	$F_9$	308.381 N
Tensión de carga mín.	$T_1$	64.033 MPa
Tensión de carga máx.	$T_8$	640.332 MPa
Tensión de longitud comprimida	$T_9$	1974.661 MPa
Velocidad crítica del muelle	v	37.533 mps
Frecuencia natural de oscilación del muelle	f	1513.910 Hz
Energía de deformación	$W_8$	0.297 J
Longitud del conductor	l	198.720 mm
Masa del muelle	m	0.002 kg
Resultado de comprobación del muelle		<b>Positivo</b>

☐ **Resumen de mensajes**

1:08:25 PM : El cálculo indica la compatibilidad del diseño.

Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

### 3.10.2. Análisis de Resultados

De los resultados de la Fig. 3.22 se aprecia que el resorte cumple a cabalidad con la fuerza necesaria para comprimir el film y las dimensiones requeridas al diseño.

Índice del resorte  $C > 4$  Por lo tanto si se puede fabricar. (Norton, 1999)

Además con los datos antes mencionados se puede establecer una tabla que relacione la distancia regulable con la fuerza a esa distancia.

Utilizando la ley de Hooke cuyo enunciado dice que la fuerza que se requiere para estirar o comprimir un resorte de x unidades de longitud y a partir de su longitud natural (sin comprimir) es proporcional a x. (Brinton, 2000)

$$F = xk$$

Donde:

$K$ = Constante del resorte en unidades de fuerza por unidad de longitud

$x$ = expansión o contracción de la longitud del resorte.

De los resultados anteriores Fig.3.22 se tiene el valor de 16.81 N/mm.

Conociendo lo anterior se establece la siguiente tabla:

Tabla 3.8. Longitud vs presión

LONGITUD CONTRAIDA	FUERZA EN RESORTES	PRESIÓN DE LAMINADO
28	33 N	6 PSI
26	67 N	11 PSI
24	100 N	17 PSI
22	134 N	22 PSI
20	151 N	28 PSI

Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

### 3.11 Diseño del sistema de transmisión de velocidad

#### 3.11.1. Selección del motor

Como se observa en el cálculo de la velocidad del rodillo de calefactor es muy pequeña y casi imposible encontrarla directamente de un motor común jaula de ardilla y si así fuera el caso se necesitaría un complejo sistema de reducción de velocidad. Por este motivo la selección adecuada será un motor de pasos mencionado en el capítulo 1 que permite obtener velocidades reducidas usando un control electrónico simple, también permite una inversión de giro rápida y un frenado casi inmediato, además la característica de estos motores es que a menor velocidad se obtiene un mayor torque que; para este caso no es tan necesario pero facilita el proceso.

Datos para la selección:

Potencia Rodillos Principales = 2 (0.6 Watts)

Potencia Rodillos de arrastre = 2 (0.6 Watts)

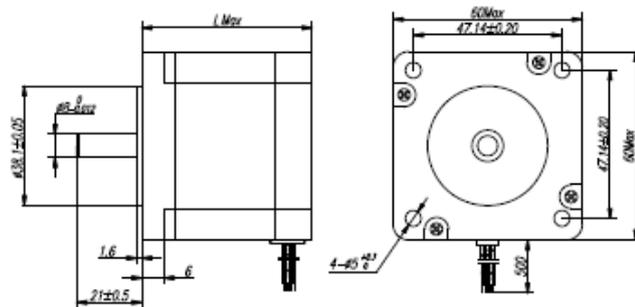
Potencia total requerida: 2.4 watts

Figura 3.23 Selección del motor paso a paso bipolar

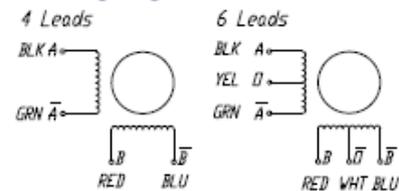
**Specifications**

Model	Current	Resistance	Inductance	Holding Torque	Detent Torque	Rotor Inertia	Bi/Unipolar	Weight	Length
	A/∅	Ω/∅	mH/∅	N.cm	N.cm	g.cm <sup>2</sup>	# of Leads	g	mm
PHB60S41-420	2.0	1.2	2.5	64	3.0	180	Bi (4)	500	41
PHB60S45-425	2.5	1.0	2.2	85	3.5	200	Bi (4)	550	45
PHB60S51-425	2.5	1.2	3.2	140	4.0	250	Bi (4)	600	51
PHB60S56-425	2.5	1.3	4.2	160	4.0	350	Bi (4)	700	56
PHB60S56-430	3.0	0.8	2.4	160	4.0	350	Bi (4)	700	56
PHB60S56-404	4.2	0.4	1.2	160	4.0	350	Bi (4)	700	56
PHB60S64-425	2.5	1.5	4.5	180	5.0	450	Bi (4)	950	64
PHB60S64-430	3.0	0.8	2.3	180	5.0	450	Bi (4)	950	64
PHB60S64-404	4.2	0.55	1.2	180	5.0	450	Bi (4)	950	64
PHB60S76-425	2.5	1.8	6.5	220	7.0	550	Bi (4)	1150	76
PHB60S76-430	3.0	1.0	3.5	220	7.0	550	Bi (4)	1150	76
PHB60S76-404	4.2	0.6	1.8	220	7.0	550	Bi (4)	1150	76
PHB60S90-430	3.0	1.4	5.5	260	12.0	780	Bi (4)	1400	90
PHB60S90-404	4.2	0.8	3.0	260	12.0	780	Bi (4)	1400	90

**Mechanical Dimension**



**Wiring Diagram**



Fuente: Enom (2012)

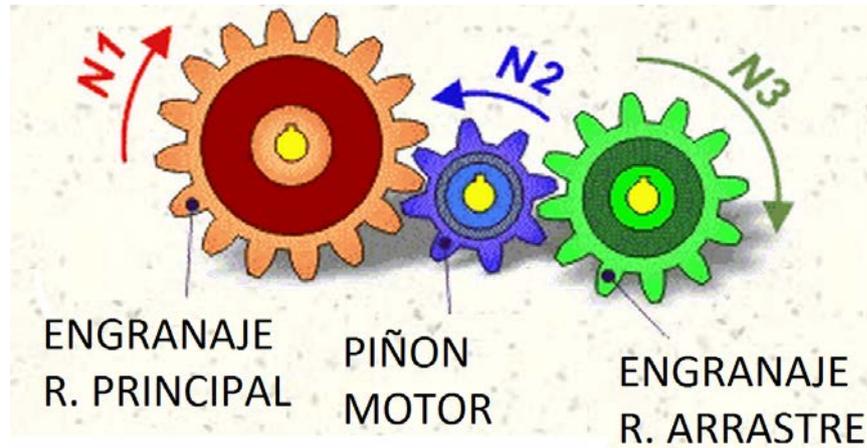
Se selecciona un motor paso a paso modelo PHB60S41-420 con un torque máximo de 0.64 Nm. ya que el torque necesario para mover el sistema bajo condiciones de diseño es de 0.023 Nm, con una potencia de 50 w.

**3.11.2. Diseño del sistema de transmisión**

Para el sistema de transmisión se selecciona un sistema piñón – engranaje por motivos de costos y disposición de partes.

### 3.11.3. Selección de engranes

Figura 3.24 Sistema de transmisión de velocidad



Fuente: MEC (1993)

### 3.11.4. Datos de entrada

- Torque de motor: 0.63 Nm
- Velocidad requerida para rodillo principal: 14 rpm
- Velocidad requerida para el rodillo de arrastre: 20 rpm
- Tipo de engranaje: recto

### 3.11.5. Calculo de engranajes

#### 3.11.5.1. Relación de transmisión entre rodillo principal – motor.

$$RT = \frac{N1 \text{ salida}}{N2 \text{ entrada}} \quad \text{ecuación 1.15}$$

Donde:

N1 salida: Velocidad requerida en el rodillo principal = 14 rpm

N2 entrada: velocidad del motor = 17 rpm

$$RT = \frac{14 \text{ RPM}}{17 \text{ RPM}} = 0.82 < 1 \text{ Reductor.}$$

### 3.11.5.2. Relación de transmisión entre rodillo arrastre – motor.

$$RT = \frac{N3 \text{ salida}}{N2 \text{ entrada}}$$

Donde:

N3 salida: Velocidad requerida en el rodillo principal = 14 rpm

N2 entrada: velocidad del motor = 17 rpm

$$RT = \frac{20 \text{ rpm}}{17 \text{ rpm}} = 1.18 > 1 \text{ Multiplicador.}$$

### 3.11.5.3. Cálculo de Módulo

De acuerdo al párrafo 1.5.2.3 se seleccionó:

M=1.

Numero de dientes para rueda del rodillo principal

$$RT = \frac{Z2}{Z1}$$

Donde:

Z1 salida: Número de dientes en el rodillo principal

Z2 entrada: Número de dientes en el motor = 25u.

$$Z1 = \frac{Z2}{RT} = \frac{25}{0.82} = 30 \text{ Dientes}$$

Número de dientes para rueda del rodillo de arrastre.

$$RT = \frac{Z2}{Z3}$$

Donde:

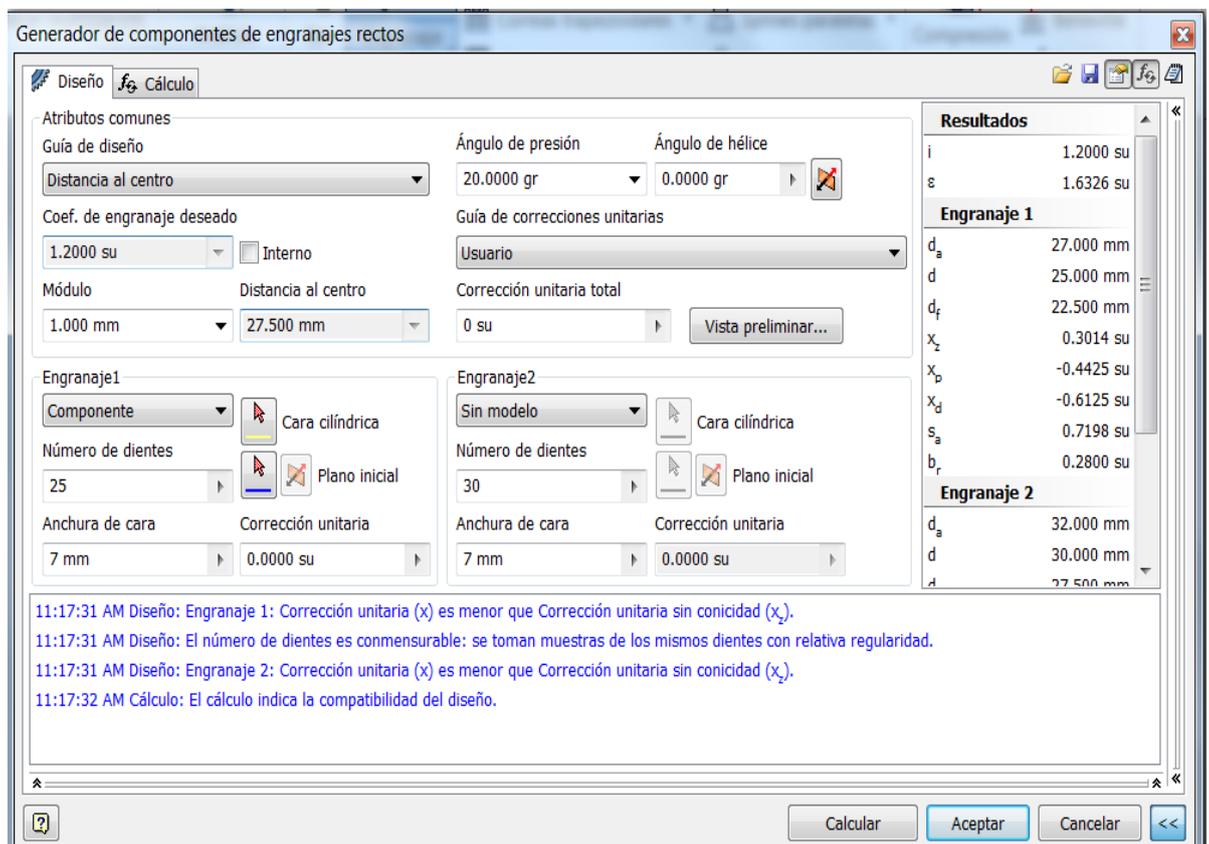
Z3 salida: Número de dientes en el rodillo de arrastre.

Z2 entrada: Número de dientes en el motor = 25u.

$$Z1 = \frac{Z2}{RT} = \frac{25}{1.18} = 20 \text{ Dientes}$$

Usando el generador de componentes de engranajes rectos del programa Inventor 2015 con los datos anteriores se obtiene la siguiente información

Figura 3.25 Diseño de engranajes



Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

Figura 3.26 Resultados de la simulación

Generador de componentes de engranajes rectos

Diseño **Cálculo**

Método de cálculo de resistencia  
ISO 6336:1996

Cargas

	Engranaje 1	Engranaje 2
Potencia	$P$ 0.001 kW	0.001 kW
Velocidad	$n$ 17 rpm	14.17 rpm
Par de torsión	$T$ 0.64 N m	0.753 N m
Eficacia	$\eta$ 0.980 su	

Valores de material

Engranaje 1  SAE 1018

Engranaje 2  SAE 1018

	Engranaje 1	Engranaje 2
Límite de fatiga por plegado	$\sigma_{Fim}$ 500.0 MPa	500.0 MPa
Límite de fatiga por contacto	$\sigma_{Hlim}$ 1210.0 MPa	1210.0 MPa
Módulo de elasticidad	$E$ 206000 MPa	206000 MPa
Coefficiente de Poisson	$\mu$ 0.300 su	0.300 su
Tratamiento térmico	4 su	4 su

Vida requerida  $L_h$  10000 h

Factores      Precisión

Calcular    Aceptar    Cancelar    <<

Tipo de cálculo de carga

Potencia, Velocidad --> Par de torsión  
 Par de torsión, Velocidad --> Potencia  
 Potencia, Par de torsión --> Velocidad

Tipo de cálculo de resistencia  
Comprobar cálculo

Valores límite

	Contacto	Plegado
Coefficiente de seguridad mínimo	1.200 su	1.300 su

**Resultados**

$F_t$	51.200 N
$F_r$	18.635 N
$F_a$	0.000 N
$F_n$	54.486 N
$v$	0.022 mps
$n_{E1}$	48303.669 rpm
<b>Engranaje 1</b>	
$S_H$	1.940 su
$S_F$	5.954 su
$S_{Hst}$	1.456 su
$S_{Fst}$	11.391 su
<b>Engranaje 2</b>	
$S_H$	2.013 su
$S_F$	6.101 su
$S_{Hst}$	1.484 su
$S_{Fst}$	11.638 su

Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

### 3.11.5.4. Reporte de los engranajes

Figura 3.27 Reporte de engranajes rectos

#### ☐ Engranajes

		Engranaje 1	Engranaje 2
Tipo de modelo		Componente	Sin modelo
Número de dientes	$z$	25 su	30 su
Corrección unitaria	$x$	0.0000 su	0.0000 su
Diámetro de separación	$d$	25.000 mm	30.000 mm
Diámetro exterior	$d_a$	27.000 mm	32.000 mm
Diámetro raíz	$d_f$	22.500 mm	27.500 mm
Diámetro de círculo base	$d_b$	23.492 mm	28.191 mm
Diámetro de separación de trabajo	$d_w$	25.000 mm	30.000 mm
Anchura de cara	$b$	7.000 mm	7.000 mm
Coefficiente de anchura de cara	$b_r$	0.2800 su	0.2333 su
Altura de cabeza del diente	$a^*$	1.0000 su	1.0000 su
Juego	$c^*$	0.2500 su	0.2500 su
Empalme raíz	$r_f^*$	0.3500 su	0.3500 su
Grosor de diente	$s$	1.571 mm	1.571 mm

le:///C:/Users/Usuario/AppData/Local/Temp/DA/GEAR1/GEAR1.htm

#### ☐ Cargas

		Engranaje 1	Engranaje 2
Potencia	$P$	0.001 kW	0.001 kW
Velocidad	$n$	17.00 rpm	14.17 rpm
Par de torsión	$T$	0.640 N m	0.753 N m
Eficiencia	$\eta$	0.980 su	
Fuerza radial	$F_r$	18.635 N	
Fuerza tangencial	$F_t$	51.200 N	
Fuerza axial	$F_a$	0.000 N	
Fuerza normal	$F_n$	54.486 N	
Velocidad circunferencial	$v$	0.022 mps	
Velocidad de resonancia	$n_{E1}$	48303.669 rpm	

Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

Por motivo de facilidad de costo y construcción se tomaron los datos que reflejo el programa.

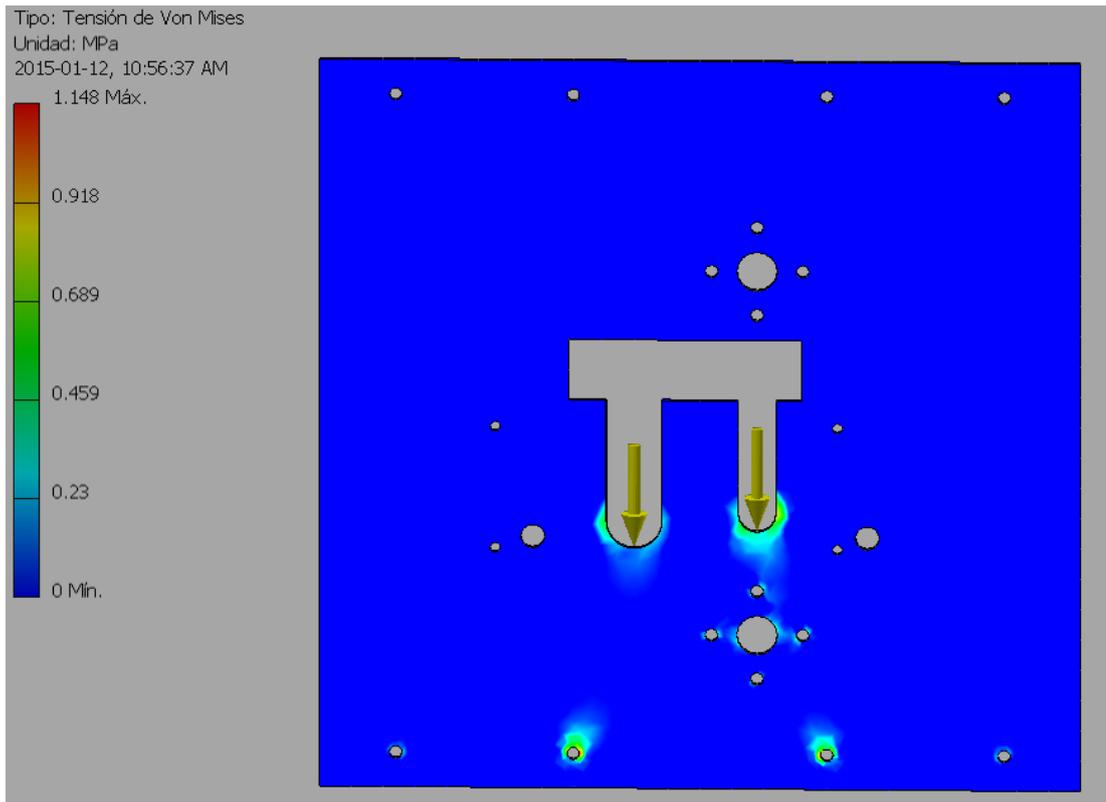
### **3.12 Diseño de placas de soporte para rodillos**

Usando el análisis de Tensión de Von Mises que posee el software inventor 2015 se resolvió lo siguiente:

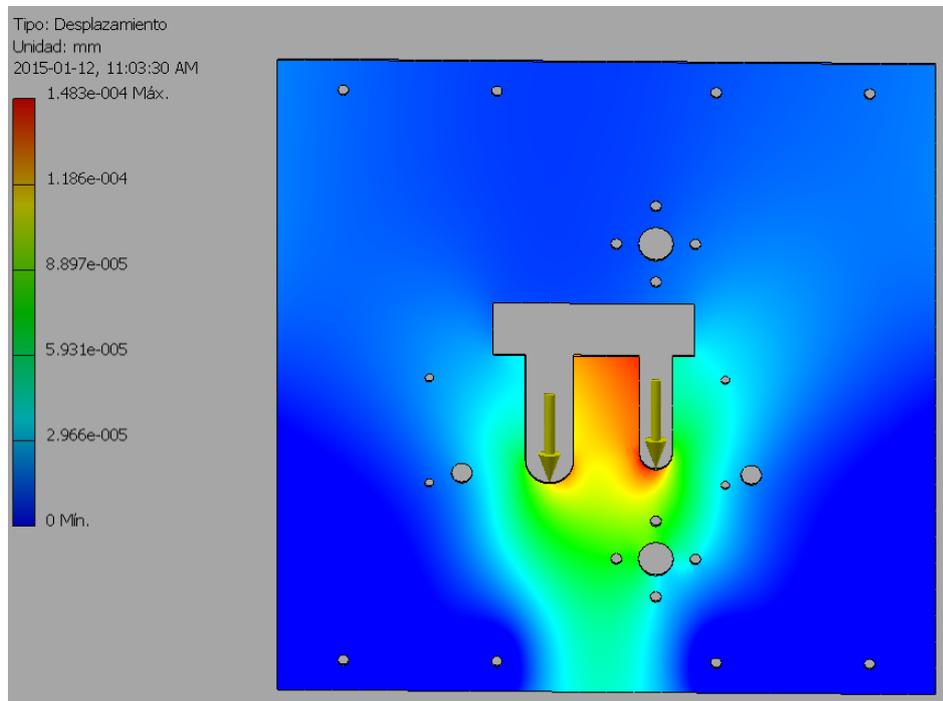
#### **3.12.1. Datos de entrada para análisis de tensión**

Se considera dos cargas radiales puntuales que ejerce el resorte sobre los dos rodillos que corresponde a una fuerza de 24N determinada anteriormente en el párrafo 3.4.9 y apoyos simples como se muestra:

Figura 3.28 Tensión de Von Mises de placa de soporte para rodillos

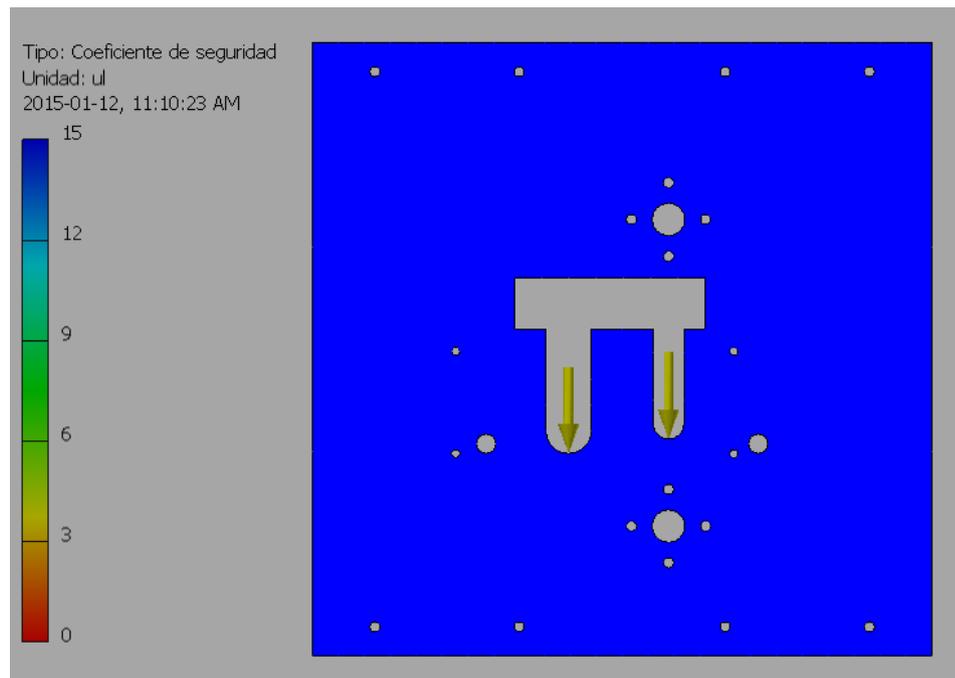


Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso  
**Figura 3.29** Desplazamiento de Von Mises para placa de soporte de rodillos



Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

Figura 3.30 Factor de seguridad de Von Mises para placa de soporte



Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

### 3.12.2. Análisis de resultados

Figura 3.31 Resultados para la placa de soporte de rodillos

☐ **Resumen de resultados**

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	171508 mm <sup>3</sup>	
Masa	1.34634 kg	
Tensión de Von Mises	0.00002887 MPa	1.14796 MPa
Primera tensión principal	-0.336253 MPa	0.946328 MPa
Tercera tensión principal	-1.09897 MPa	0.156719 MPa
Desplazamiento	0 mm	0.000148281 mm
Coficiente de seguridad	15 su	15 su
Tensión XX	-0.389337 MPa	0.182868 MPa
Tensión XY	-0.153216 MPa	0.156764 MPa
Tensión XZ	-0.091084 MPa	0.0872549 MPa
Tensión YY	-0.97063 MPa	0.81244 MPa
Tensión YZ	-0.589476 MPa	0.660383 MPa
Tensión ZZ	-0.456594 MPa	0.23638 MPa
Desplazamiento X	-0.00000425047 mm	0.0000437539 mm
Desplazamiento Y	-0.00014816 mm	0 mm
Desplazamiento Z	-0.0000326898 mm	0.0000244527 mm
Deformación equivalente	0.000000000130186 su	0.0000049831 su
Primera deformación principal	0.0000000000661488 su	0.00000476359 su
Tercera deformación principal	-0.00000516319 su	0.000000000399377 su
Deformación XX	-0.00000131509 su	0.00000156282 su
Deformación XY	-0.000000996106 su	0.00000101917 su
Deformación XZ	-0.000000592167 su	0.000000567273 su
Deformación YY	-0.00000434458 su	0.00000393653 su
Deformación YZ	-0.00000383238 su	0.00000429337 su
Deformación ZZ	-0.00000286666 su	0.00000248675 su

Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

Con estos valores se puede determinar si la placa cumple los parámetros admisibles del análisis de tensiones de Von Mises que dice:

ESFUERZO MÁX. DE VON MISES = 1.147 Mpa <  $\sigma$  fluencia acero **CUMPLE**

TENSIÓN MÁX. = 0.66 Mpa <  $\sigma$  fluencia admisible **CUMPLE**

DEFORMACIÓN MÁX. = 0.0001 mm <  $\delta$  permisible **CUMPLE**

FACTOR DE SEGURIDAD GENERAL = 15 **CUMPLE**

### 3.13 Cálculo de bastidor

### 3.13.1. Análisis estructural (Diseño a Tensión y cortante)

Utilizando la fórmula de esfuerzo permisible se puede obtener el factor de seguridad entonces se considera:

$$\sigma = \frac{S_y}{F_s} \quad \text{ecuación 1.17}$$

Despejando se tiene:

$$F_s = \frac{S_y}{\sigma}$$

Para el diseño de estructuras de construcción sometidas a cargas estáticas, el AISC sugiere las siguientes ecuaciones:

Acero estructural AISC

$$\sigma = 0.6 S_y$$

Figura 3.32 Bastidor



Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

### 3.13.2. Materiales de la estructura

ACERO ASTM A 36

Esfuerzo de Fluencia: 250 Mpa

Resistencia a la Tracción máxima: 400 Mpa

### 3.13.3. Determinación de cargas

Datos obtenidos del generador de estructuras de inventor 2015:

Figura 3.33 Datos del bastidor

Masa	27.7449 kg
Área	2455900 mm <sup>2</sup>
Volumen	3534380 mm <sup>3</sup>
Centro de gravedad	x=-40.2916 mm y=273.441 mm z=-23.4636 mm

Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

### 3.13.4. Carga muerta (peso)

PESO = (masa de estructura + masa de elementos de máquina) × Aceleración de la gravedad)

$$P=(27.74 \text{ kg}+5 \text{ kg})\times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}=272.1 \text{ N}$$

### 3.13.5. Carga viva

Para efectos de cálculo, se asume el peso de dos rollos de film Bopp entonces se tiene:

Masa bopp=gramaje × área del rollo

Se tiene

Gramaje: 24.7 g/m<sup>2</sup>

Área del rollo del film:

$$Ar=2600\text{m} \times 0.35\text{m}=910\text{m}^2$$

$$\text{Masa bopp}=24.7 \times 910=22477 \text{ g}=22.5\text{kg}$$

Calculando el peso se tiene:

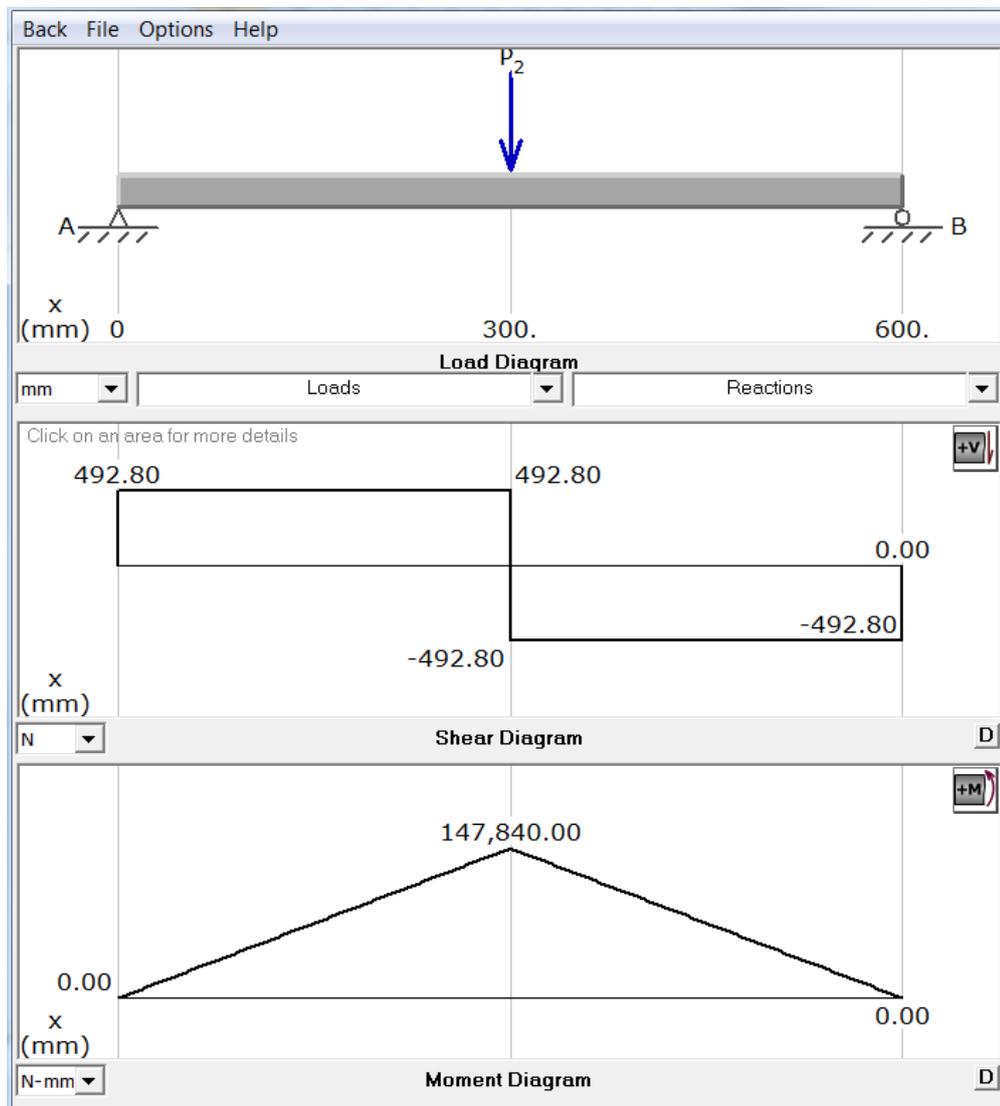
$$P=M \times g=22.5\text{kg} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}=220.7 \text{ N}$$

Fuerza total que se ejerce sobre la estructura:

$$F_t=\text{Carga Viva}+\text{Carga Muerta}=492.8 \text{ N}$$

Usando el software MDSolids 3.5 para determinar el momento máximo y poder obtener un perfil estructural aproximado se tiene lo siguiente:

Figura 3.34 Diagrama del momento máximo de la estructura



Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

Del gráfico mostrado anteriormente se puede determinar el Momento máximo de 147840 N-mm, con este dato y usando la siguiente ecuación se tiene:

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W}$$

Donde :

M<sub>máx</sub> : Momento máximo 147840 N-mm

S: Módulo del perfil a seleccionar

Despejando se tiene:

$$W = \frac{M_{\max}}{\sigma}$$

ENTONCES

$$\sigma = 0.6 S_y = 150 \text{ Mpa}$$

Reemplazando

$$W = \frac{M_{\max}}{\sigma} = 985.6 \text{ mm}^3 = 0.98 \text{ cm}^3$$

Con el valor W calculado se selecciona un perfil del Anexo N.- 3

En el catálogo de proveedores Dipac se obtiene Un perfil tubular cuadrado de 30x30x1 con un W de 1.18cm<sup>3</sup>

Con este dato se puede obtener un Factor de seguridad que sirve de guía para saber si el perfil es adecuado o no.

$$\sigma_c = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{147840 \text{ Nmm}}{1.18 \text{ cm}^3} = 125.29 \text{ MPa}$$

### 3.13.6. Cálculo del Factor de Seguridad

$$F_s = \frac{\sigma_{\text{Diseño}}}{\sigma_{\text{Calculado}}} = \frac{0.6 \times 250 \text{ MPa}}{125.29 \text{ MPa}} = 1.2 \quad \text{ecuación 1.17}$$

Como se observa el perfil no brinda un factor de seguridad requerido por lo tanto se debe volver a seleccionar otro perfil hasta obtener un factor de seguridad aceptable.

Por motivos de diseño y por los cálculos anteriores se determino un perfil de mayor tamaño seleccionado de Anexo N.-3

Dimensiones:

Perfil: Cuadrado

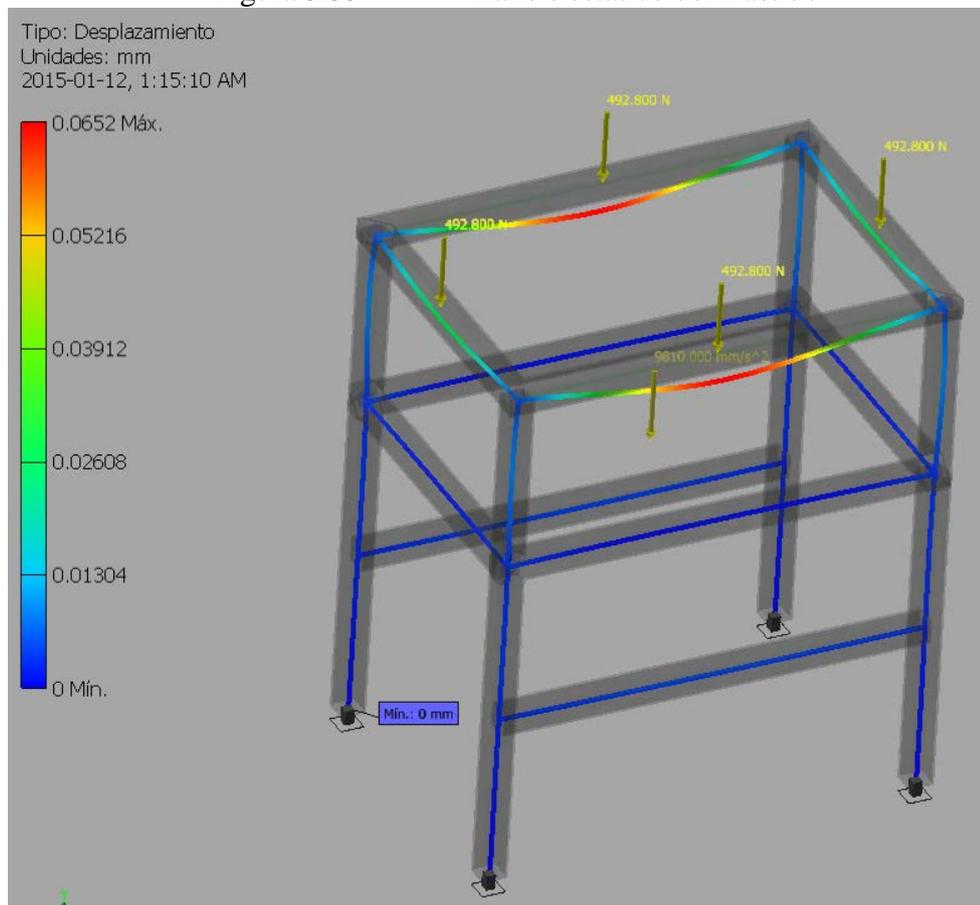
Longitud: 40 mm

Espesor: 1,5mm

W: 2.74 cm<sup>3</sup>

Con ayuda del generador de estructuras de Inventor 2015 se obtiene lo siguiente:

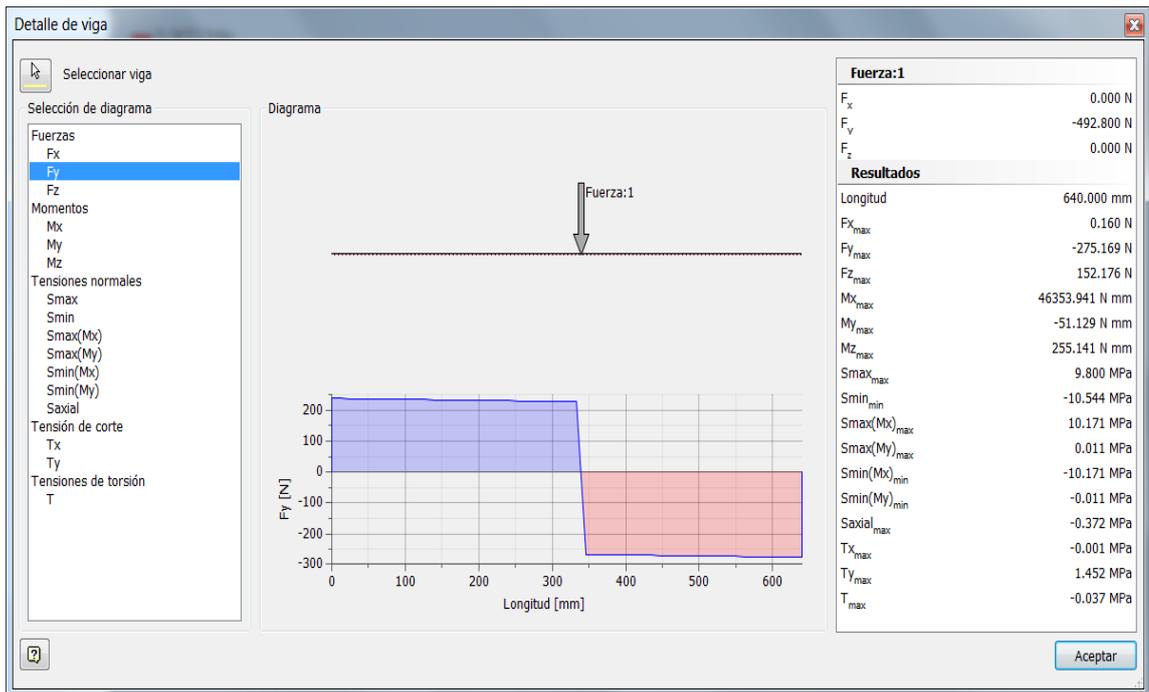
Figura 3.35 Análisis estático del Bastidor



Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

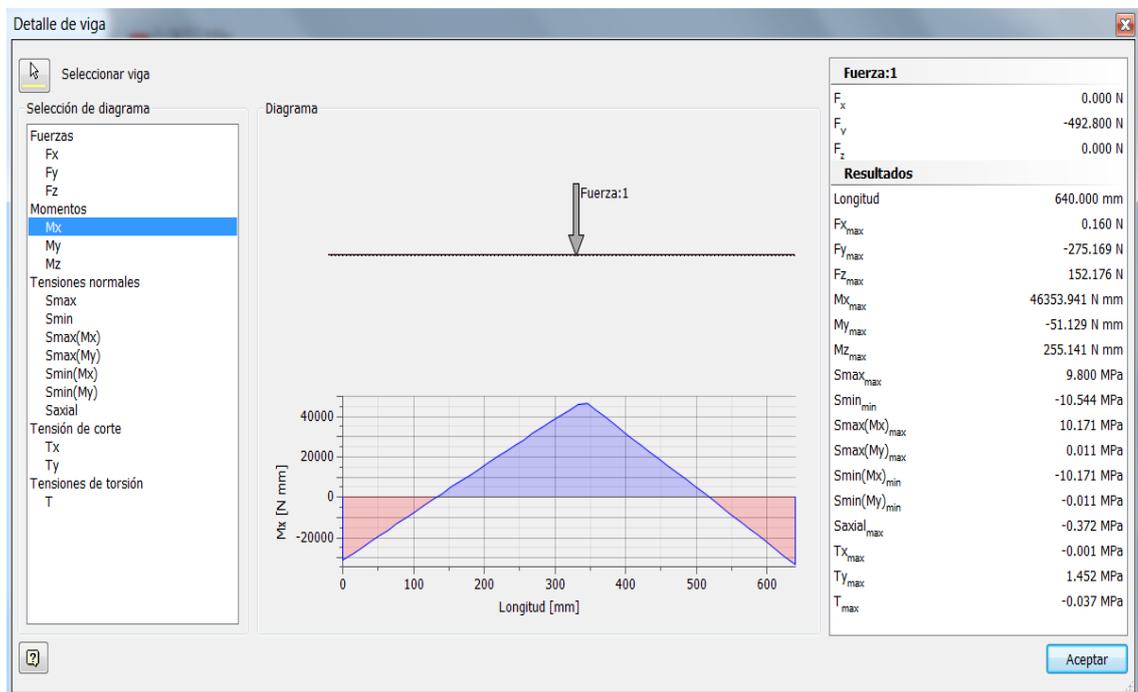
Para el análisis se establece los mismos parámetros del cálculo anterior y se simula obteniendo lo siguiente:

Figura 3.36 Detalle de Viga del Bastidor



Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

Figura 3.37 Momento máximo se Obtiene en el eje X



Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

Figura 3.38 Resumen de resultados estáticos del Bastidor

☐ **Resumen de resultados estáticos**

Nombre		Mínimo	Máximo
Desplazamiento		0.000 mm	0.065 mm
Fuerzas	Fx	-93.733 N	94.053 N
	Fy	-278.495 N	237.774 N
	Fz	-181.239 N	566.613 N
Momentos	Mx	-33291.958 N mm	46353.941 N mm
	My	-20539.724 N mm	20539.724 N mm
	Mz	-167.039 N mm	435.299 N mm
Tensiones normales	Smax	-1.195 MPa	10.322 MPa
	Smin	-12.785 MPa	0.186 MPa
	Smax(Mx)	0.000 MPa	10.171 MPa
	Smin(Mx)	-10.171 MPa	0.000 MPa
	Smax(My)	-0.000 MPa	4.507 MPa
	Smin(My)	-4.507 MPa	0.000 MPa
	Saxial	-1.386 MPa	0.443 MPa
Tensión de corte	Tx	-0.496 MPa	0.495 MPa
	Ty	-1.254 MPa	1.469 MPa
Tensiones de torsión	T	-0.064 MPa	0.024 MPa

Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

**3.13.7. Análisis de resultados**

Con estos resultados se puede obtener el nuevo factor de seguridad utilizando el Momento máximo como se observa es el Mx.

$$\sigma_c = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{46353.941 \text{ Nmm}}{2.74 \text{ cm}^3} = 16.92 \text{ MPa}$$

$$F_s = \frac{\sigma_{\text{Diseño}}}{\sigma_{\text{Calculado}}} = \frac{0.6 \times 250 \text{ MPa}}{16.92 \text{ MPa}} = 8.9$$

Se puede decir que el nuevo factor es aceptable ya que sobrepasa el valor requerido para carga permanente que es 3.

**3.14 Diseño de Cuerpos finitos**

Con la ayuda del software inventor podemos determinar los factores de seguridad de una forma más clara y usando el análisis de Tensiones de Von Mises cuyo postulado dice que una estructura debe cumplir los siguientes parámetros:

### ESFUERZOS ADMISIBLES

- TENSIÓN:  $\sigma_{max} \leq \sigma_{adm} = \sigma_{fluencia} * 0,66 = 165 \text{ Mpa}$  ( $\sigma_{fluencia} = 250 \text{ Mpa}$ , ACERO ASTM A 36)
- DEFORMACIÓN-VIGAS PRINCIPALES:  $\delta \leq L/360 = 2,84/360 = 7,8 \text{ mm}$   
(L/360: deformación permisible para vigas)
- FACTOR DE SEGURIDAD - DISEÑO: 3 (Carga Permanente)

### 3.15 TEORÍA DE FALLA

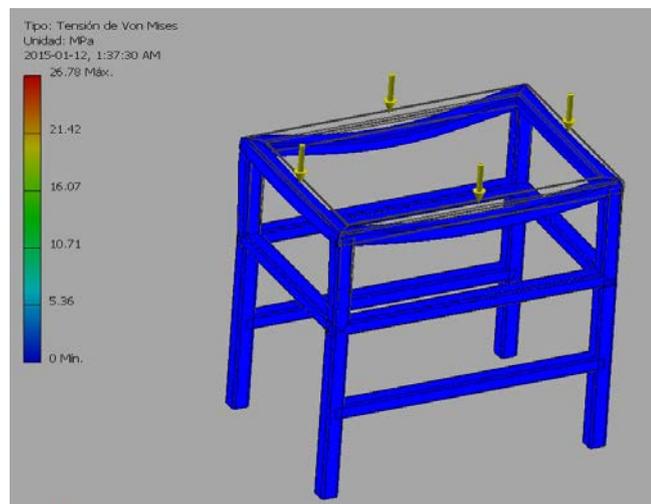
Esfuerzo de Von Mises ( $\sigma_{VM}$ )  
Ecuación 1.18

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2}{2}}$$

Enunciado: "La fluencia ocurrirá cuando  $\sigma_{VM} \geq \sigma_{fluencia \text{ acero}}$ "

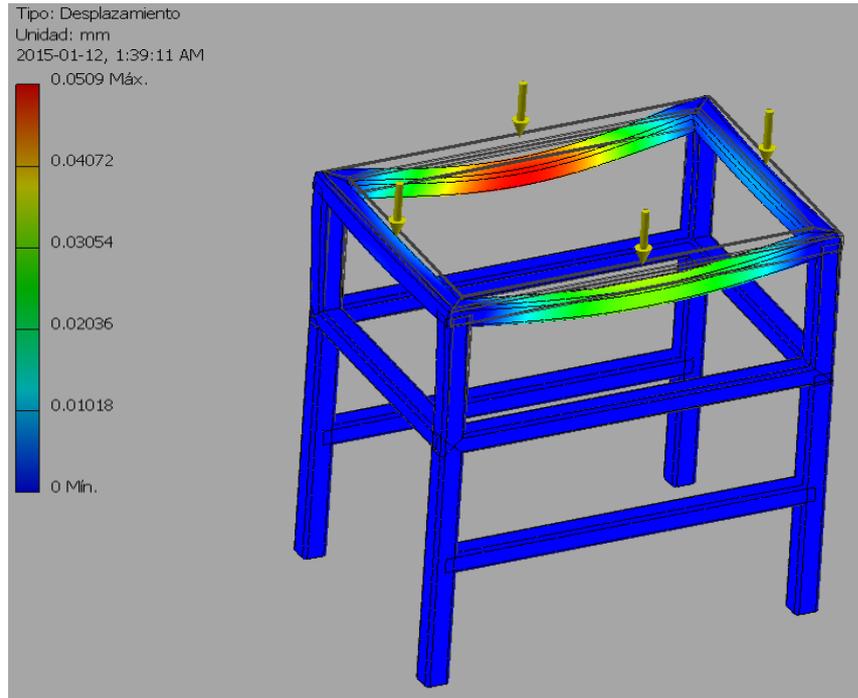
#### 3.15.1. Análisis de Tensión

Figura 3.39 Tensión de Von Mises para el Bastidor



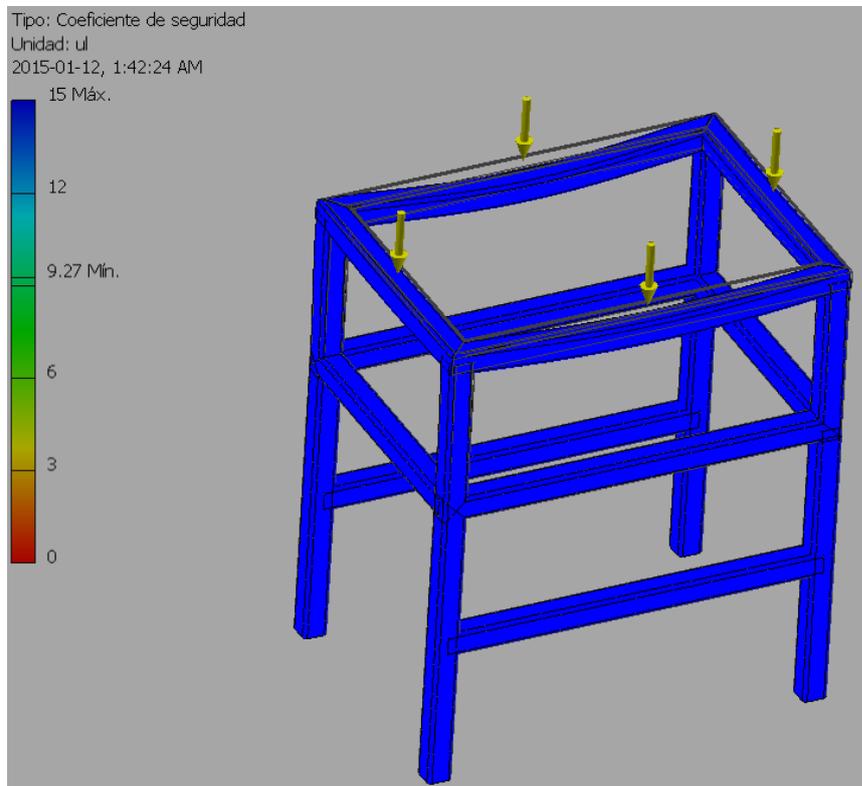
Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

Figura 3.40 Desplazamiento máximo del Bastidor



Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

Figura 3.41 Coeficiente de Seguridad del bastidor



Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

### 3.15.2. Análisis de Resultados

Figura 3.42 Resumen de resultados

#### ☐ Resumen de resultados

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	3534380 mm <sup>3</sup>	
Masa	27.7449 kg	
Tensión de Von Mises	0 MPa	26.778 MPa
Primera tensión principal	-2.20235 MPa	17.4896 MPa
Tercera tensión principal	-25.5135 MPa	4.05534 MPa
Desplazamiento	0 mm	0.0508966 mm
Coefficiente de seguridad	9.26971 su	15 su
Tensión XX	-13.9108 MPa	8.28249 MPa
Tensión XY	-7.4161 MPa	7.77916 MPa
Tensión XZ	-9.57502 MPa	11.3612 MPa
Tensión YY	-10.8653 MPa	17.0377 MPa
Tensión YZ	-11.0833 MPa	8.62122 MPa
Tensión ZZ	-18.1716 MPa	8.87481 MPa
Desplazamiento X	-0.00578939 mm	0.000693657 mm
Desplazamiento Y	-0.0505394 mm	0.00129159 mm
Desplazamiento Z	-0.00142196 mm	0.00801354 mm
Deformación equivalente	0 su	0.000118191 su
Primera deformación principal	-0.000000879072 su	0.000073581 su
Tercera deformación principal	-0.000130342 su	0.000000234102 su
Deformación XX	-0.0000621443 su	0.0000394486 su
Deformación XY	-0.0000482146 su	0.0000505749 su
Deformación XZ	-0.0000622504 su	0.0000738627 su
Deformación YY	-0.0000477742 su	0.0000691649 su
Deformación YZ	-0.0000720563 su	0.0000560494 su
Deformación ZZ	-0.0000832664 su	0.0000331611 su
Presión de contacto	0 MPa	28.3374 MPa
Presión de contacto X	-13.607 MPa	23.1913 MPa
Presión de contacto Y	-17.2602 MPa	18.7177 MPa
Presión de contacto Z	-14.7853 MPa	13.2227 MPa

Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

De los resultados obtenidos se concluye en lo siguiente:

- **TENSIÓN:**  
 $\sigma_{max} \leq \sigma_{adm} = \sigma_{fluencia} * 0,66 = 165 \text{ Mpa}$  ( $\sigma_{fluencia} = 250 \text{ Mpa}$ , ACERO ASTM A 36)  
 Tension máxima YY de  $17 \text{ MPa} \leq 165 \text{ Mpa}$  Por lo Tanto Cumple
- **DEFORMACIÓN-VIGAS PRINCIPALES:**

$$\delta \leq L/360 = 680/360 = 1,9 \text{ mm}$$

(L/360: deformación permisible para vigas)

Deformación máxima en Z

$$\delta = 0.008 \text{ mm} \leq 1.9 \text{ mm} \text{ Por lo tanto cumple.}$$

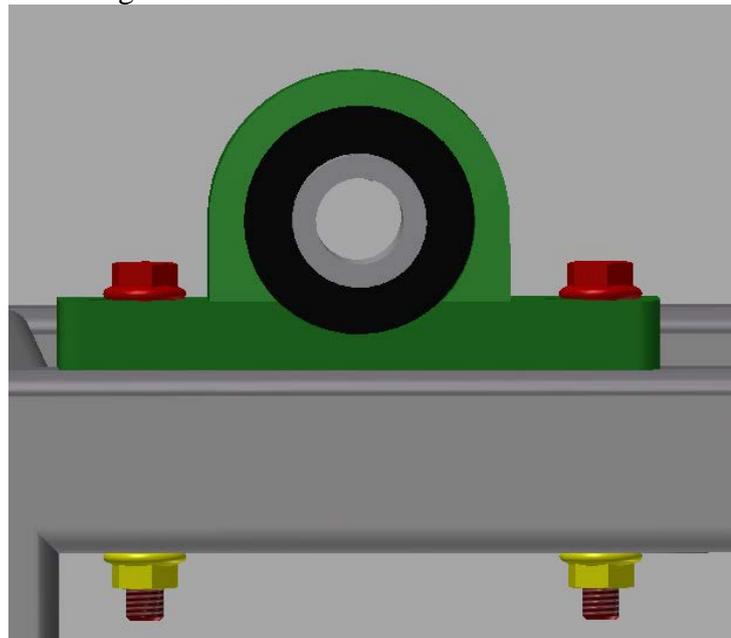
- FACTOR DE SEGURIDAD - DISEÑO: 3 (Carga Permanente)

Factor mínimo obtenido 9.27 por lo tanto cumple.

### 3.16 Selección de pernos

Para la selección de pernos se escoge la junta apernada que soporte la mayor carga y esta sería la unión entre las chumaceras y el bastidor como se muestra:

Figura 3.43 Unión Chumacera - Bastidor

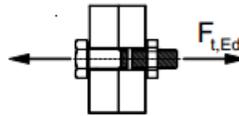


Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

#### 3.16.3. Análisis a Tensión

La condición que debe cumplir el perno seleccionado es  $F_{tED} \leq F_{tRD}$  donde  $F_{tRD}$  es la resistencia a la tracción del perno.

Figura 3.44 Perno a tracción



Fuente: Guardiola (2009)

Se selecciona un perno M12 cuya resistencia a la tracción según la tabla:

Tabla 3.9. Resistencia a la Tracción en pernos milimétricos.

RESISTENCIA a TRACCION TORNILLOS NO PRETENSADOS							
Tabla 4			$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}$				
ACERO			ACERO 4.6	ACERO 5.6	ACERO 6.8	ACERO 8.8	ACERO 10.9
TORNILLOS	d(mm)		$f_{ub} = 400N/mm^2$	$f_{ub} = 500N/mm^2$	$f_{ub} = 600N/mm^2$	$f_{ub} = 800N/mm^2$	$f_{ub} = 1000N/mm^2$
			M 10	10	58	16 704 N	20 880 N
M 12	12	84,3	24 278 N	30 348 N	36 417 N	48 556 N	60 696 N
M 16	16	157	45 216 N	56 520 N	67 824 N	90 432 N	113 040 N
M 20	20	245	70 560 N	88 200 N	105 840 N	141 120 N	176 400 N
M 24	24	353	101 664 N	127 080 N	152 496 N	203 328 N	254 160 N

Fuente: Guardiola (2009)

Carga que soporta el perno se determinó es el peso del Rollo de Bopp + peso del eje y esto será:

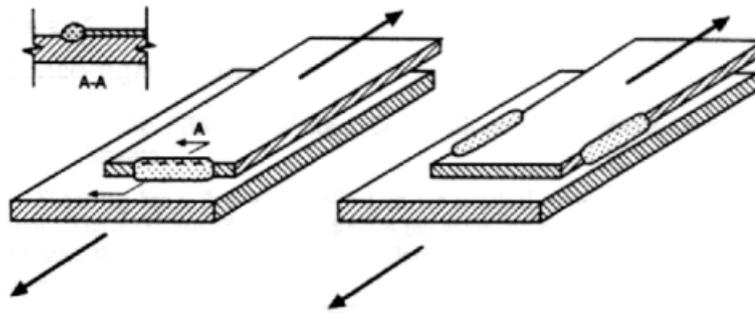
$$F_{t,ED} = 255N(\text{Peso del rollo del Film y eje de acero párrafo 3.8})$$

$255N \leq 24278 N$  Por lo tanto los pernos seleccionados cumplen satisfactoriamente.

### 3.17 Diseño de soldadura

Para diseñar una junta soldada se debe tener en cuenta los parámetros como proceso, tipo de material de aporte, material base, tipo de junta, etc; para este caso se diseña una junta modelo que soporte mayor carga ya que el resto será algo repetitivo y bastara solo con un análisis para tener un modelo de referencia.

Figura 3.45 Junta de Filete



Fuente: Vidal (2007)

Resistencia de Junta soldada

Para una conexión de filete se tiene:

$$P_{us}=0.75 t_w L F_{xx} \quad \text{Ecuación 3.16.1}$$

Donde:

$T_w$ = Dimensión de la garganta efectiva

$L$ = Longitud de la soldadura de filete

$F_{xx}$ = Resistencia cortante del material de aporte se asume como el 75% de la resistencia a la tensión.

Entonces se tiene:

Proceso: SMAW.

Material de aporte: Electro Indura 6011 (Resistencia a la tracción 495 MPa.) Anexo 8.

Longitud del Filete= 0.04 m

Garganta Efectiva= 3mm

Reemplazando:

$$P_{us}=0.75 \times 0.03 \times 0.04 \times 0.75 \times 495 = 34094 \text{ Kg}$$

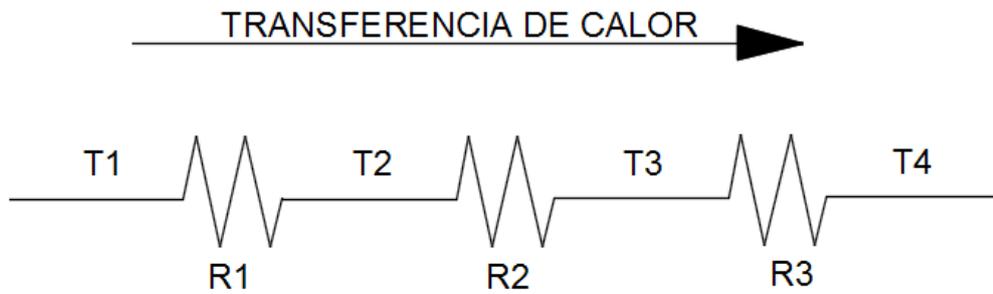
### 3.18 Análisis térmico de los rodillos calefactores

La energía que se va a utilizar en el proceso de laminado proviene de una fuente eléctrica que a su vez generará calor permitiendo que se produzca la adhesión del film a la hoja de papel. En el sistema resistencia-rodillo para laminado se produce los fenómenos de convección y conducción.

El balance de energía para el sistema resistencia-rodillo se expresa por medio de la ecuación 1.22 que relaciona a la potencia eléctrica que genera una resistencia (de cuarzo) al calor y al trabajo en forma de potencia.

Este análisis es útil para seleccionar la potencia adecuada para que trabaje la máquina; como base se toma en consideración la lámpara con resistencia de cuarzo única disponible para la realización de este proyecto.

Figura 3.46 Resistencias del sistema



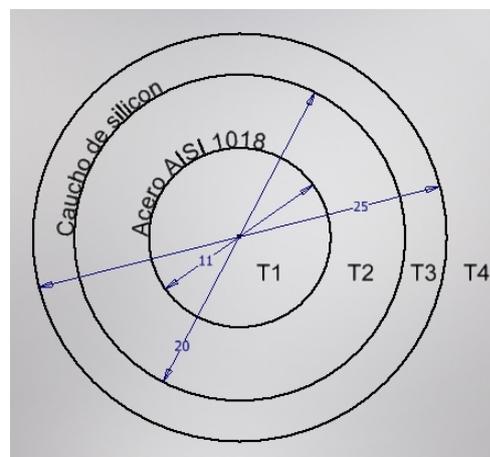
Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

### 3.19 Selección de la lámpara

Se considera los siguientes valores para los cálculos:

$h=15 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$	Coefficiente convectivo del aire Anexo N.-6
$k_{\text{acero}}=45 \text{ W/m}\cdot\text{K}$	Coefficiente conductividad térmica del acero N.- 7
$k_{\text{silicón}}=0.25 \text{ W/m}\cdot\text{K}$	Coefficiente conductividad térmica Caucho del silicón Anexo N.-5
$T_3=423 \text{ °K}$	Temperatura de laminado Anexo N.-1
$L_c=0.37 \text{ m}$	Longitud de calentamiento de resistencia de cuarzo
$d_3=0.025 \text{ m}$	Radio de cilindro
$d_2=0.025 \text{ m}$	Radio de cilindro capa caucho de silicona
$d_1=0.020 \text{ m}$	Radio de cilindro aluminio
$e_c= 0.0025\text{m}$	Espesor de la capa de silicón
$e_a=0.0045 \text{ m}$	Espesor del cilindro de acero AISI 1018

Figura 3.47 Cilindro laminador calefactor



Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

### 3.19.1. Cálculo de la potencia de la resistencia de cuarzo (lámpara).

Partiendo de:

$$\frac{dU}{dt} = q_{\text{ambiente}} - W_{\text{ambiente}} - W_{\text{eléctrica}} \quad \text{ecuación 1.21}$$

$\frac{dU}{dt} = 0$  Transformación cíclica parte del estado “A” y regresa al mismo estado “A” (1ra ley de termodinámica).

Por lo tanto de la ecuación 1.21 y de la expresión anterior se concluye que el:

$$P_{\text{eléctrica}} = q_{\text{convección}} + q_{\text{conducción}}$$

Reemplazando en la expresión anterior la ecuación 1.18 y 1.19 se obtiene lo siguiente:

$$P_{\text{eléctrica}} = \frac{2\pi L \Delta T}{\frac{\ln \frac{r_f}{r_o}}{K_{\text{acero}}} + \frac{\ln \frac{r_f}{r_o}}{K_{\text{silicón}}}} + \frac{\Delta T}{hA}$$

$$P_e = \frac{2\pi \cdot 0.37 \text{m} \times (T_4 - T_2)}{\frac{\ln \frac{5.5}{10}}{45 \text{W/mK}} + \frac{\ln \frac{10}{12.5}}{0.25 \text{W/mK}}} + \frac{T_2 - T_1}{\frac{1}{15 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C} \times 2\pi(0.0055 - 0.0045) \times 0.37 \text{m}}}$$

$$P_e = 0.035(T_2 - T_1) - 2.57(T_2 - T_1)$$

Tomando los valores de las temperaturas T1 T2 y T3 (Kelvin) mediante los ensayos experimentales realizados se obtuvo la potencia mostrada.

Tabla 3.10. Datos de ensayos experimentales y calculo de potencia

P (W)	T1 (K)	T2 (K)	T4 (K)
<b>368</b>	873	473	433

Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

Se obtuvo una potencia de 368 W con la que se puede seleccionar una resistencia tubular de cuarzo comercial de la tabla del anexo N.-4 de la empresa TEMPO con las siguientes especificaciones:

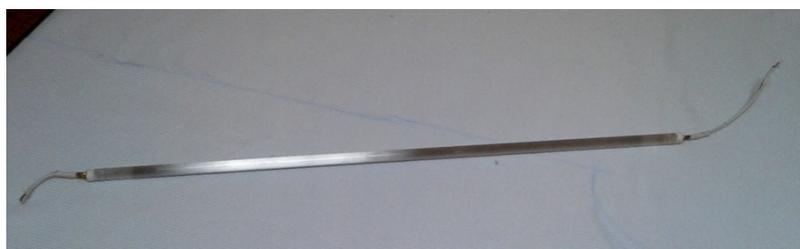
Diámetro del tubo (Quartz Tube Diameter): 3/8"

Longitud total (overall length): 355.6 mm

Longitud de calentamiento (heated length): 317.5 mm

Potencia (Watts): 480W

Figura 3.48 Resistencia de cuarzo para el rodillo calefactor



Fuente: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

### 3.20 Diseño del circuito electrónico de potencia y control

La variable a regular en el sistema de calefacción es la temperatura por lo que se requiere diseñar un circuito de mando que controle la temperatura del sistema de calentamiento de los rodillos laminadores calefactores y que sea visible al exterior por medio de un display que a su vez refleje en forma numérica el valor de la temperatura a la que está sometido el sistema en un determinado tiempo.

Como se menciona en la sección 3.18 la fuente de calor es una resistencia de cuarzo que va centrada en cada rodillo laminador y trabaja con una potencia de 480 W. Esta entrega diferentes temperaturas experimentales (°C) en los siguientes intervalos de tiempo:

Tabla 3.11. Temperaturas de la resistencia de cuarzo

<b>Temperatura °C</b>	18	32	54	73	88	100	114	131	150
<b>Tiempo segundos</b>	0	360	420	540	600	660	720	840	960

Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

En conclusión la resistencia de cuarzo pasa de los 18°C (temperatura ambiente) a los 150°C (temperatura a laminar) en un transcurso de 960 s. (16 min).

### 3.20.1. Parámetros para el diseño del circuito electrónico

- Velocidad de plastificado 1.1 m/s
- Temperatura máxima: 150°C a 160°C
- Tiempo de espera para iniciar la operación de laminado: de 15 a 16 min
- Voltaje: 110 V

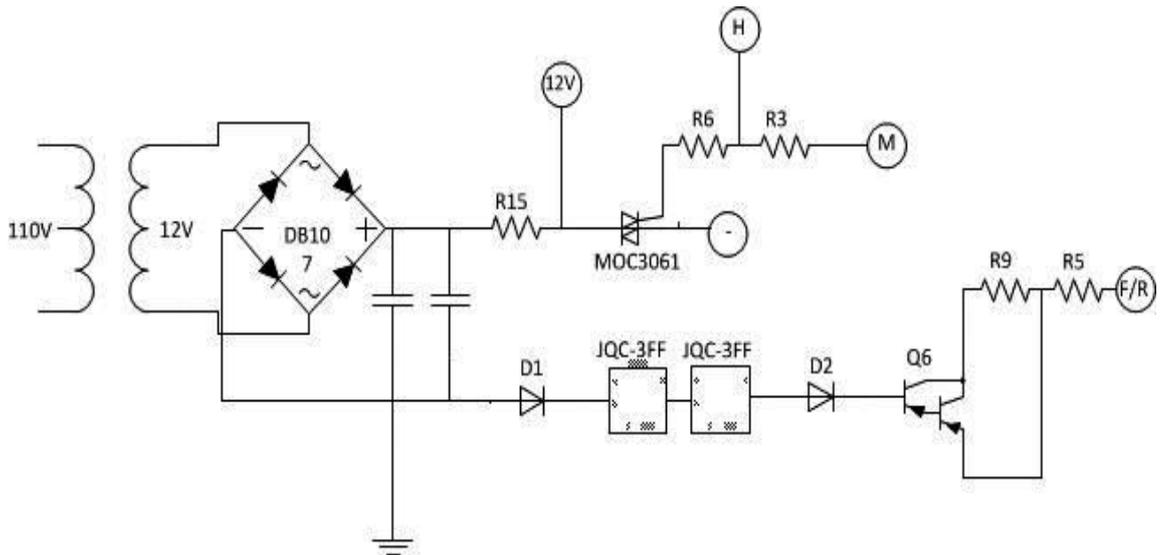
#### Modo de trabajo:

- Laminado 2 caras: se encienden las resistencias de ambos rodillos.
- Laminado 1 cara: se enciende la resistencia del rodillo superior.
- Laminado frio: resistencias de ambos rodillos apagados.

### 3.20.2. Diseño de la fuente de poder y del circuito

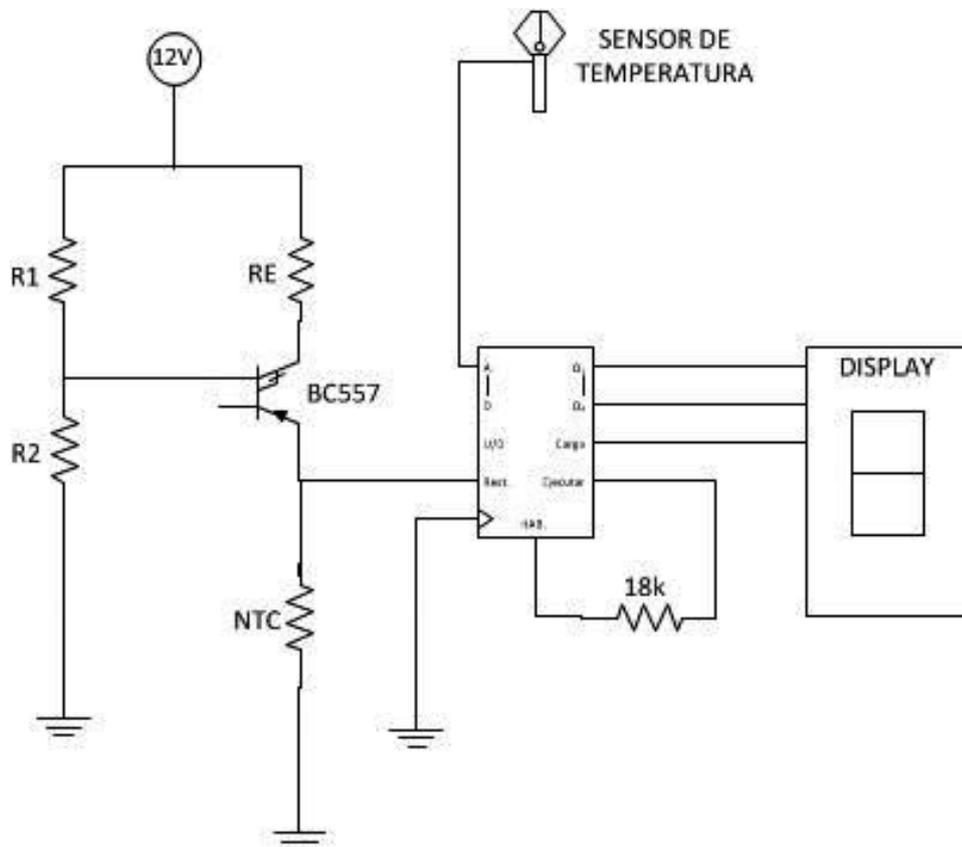
Para que la máquina de laminado pueda trabajar de manera adecuada es necesario diseñar una fuente de poder que transforme y rectifique la corriente de 110V a 12V. Esta va ir conectado al circuito que esta soldado en una baquelita.

Figura 3.49 Diseño de la fuente de poder



Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

Figura 3.50 Diseño del circuito



Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

## CAPÍTULO 4

### CÁLCULO DE COSTOS

En el presente capítulo se detalla los costos directos e indirectos que surgieron de la construcción y ensamble de la máquina. Algunas piezas fueron hechas en talleres de los proveedores y el ensamble final se realizó en las instalaciones del taller “HL”.

#### 4.1. Costos directos

##### 4.1.1. Costo de materiales e insumos utilizados

Tabla 4.1. Costo de materiales e insumos utilizados

Designación	#	Especificación	Valor final USD
Chumacera de piso	4	d19mm	\$ 18.00
Eje de acero AISI 1018	2	d19mm L500mm	\$ 8.00
	2	d16mm L400mm	\$ 6.00
Eje de bronce fosfórico	1	d25mm L100	\$ 13.00
Eje Duralón	1	d80mm L400	\$ 28.00
Eje roscado	1	M6	\$ 4.50
Elementos reciclados (unidad fusora)	2	Lexmark	\$ 200.00
Perfil cuadrado galvanizado	2	40mmx40mmx1.5mm	\$ 36.00
Plancha de acero	1	600mmx600mmx2mm	\$ 15.50
Plancha de acero inoxidable	1	1200mmx1000mmx1mm	\$ 28.00
Resorte	2	d8mm e1.5mm h100mm	\$ 4.50
Rodamiento	4	NTN 6001	\$ 8.20
Tornillería y pernos			\$ 20.00
TOTAL			\$ 389.70

Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

#### 4.1.2. Costos de mecanizado y montaje

Tabla 4.2. Costos de mecanizado y montaje

Descripción	Proceso	Costo hora maquina	Tiempo	Costo hora mano de obra	Costo final
Bandejas	Cizallado	2.5	1	5	10
	Doblado	5	1	5	10
Bastidor	Soldado	5	3	5	30
	Taladrado	5	1	5	10
	Roscado	5	1	10	15
Conos de ajuste	Torneado	5	2	5	20
Ejes tensores	Torneado	5	2	5	20
Placa soporte de rodillos	Fresado	10	1	20	30
	Taladrado	5	1	5	10
	Roscado	10	1	10	20
				<b>TOTAL</b>	<b>175</b>

Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

#### 4.1.3. Costos Insumos y material eléctrico

Tabla 4.3. Insumos y material eléctrico

Denominación	Cantidad	Especificaciones	Costo final
Cable	5 m	AWG 14	\$ 4.00
Cable de alimentación	1	tripolar 10 A	\$ 6.50
Circuito electrónico de potencia	1		\$ 150.00
Conector con porta fusible	1	tripolar	\$ 3.00
Circuito de mando electrónico	1		\$ 100.00
Interruptor de encendido	1	10 A	\$ 2.00
Motor	1	reciclado 24 V 100W	\$ 40.00
<b>TOTAL IVA</b>			<b>\$ 305.50</b>

Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

#### 4.1.4. Costos indirectos

Se considera los gastos de: Costo de ingeniería, materiales complementarios e imprevistos.

#### 4.1.4.1. Costos administrativos

Se estima un valor promedio a una hora de trabajo por servicios profesionales.

Tabla 4.4. Costos administrativos

<b>Personal</b>	<b>Diseño y construcción de la obra (horas)</b>	<b>Costo Hora ingeniería</b>	<b>Costo Total</b>
Leica Geovanny	10	\$ 20.00	\$ 200.00
Moscoso Ligia	10	\$ 20.00	\$ 200.00
		<b>Total</b>	<b>\$ 400.00</b>

Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

Tabla 4.5. Costos indirectos totales

<b>Ítem</b>	<b>Valor</b>
Transporte	\$ 65.00
Costo administrativo	\$ 400.00
<b>Total</b>	<b>\$ 465.00</b>

Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

#### 4.2. Costo total de la máquina

$$C_{\text{total}} = C_{\text{directos}} + C_{\text{indirectos}}$$

Tabla 4.6. Costo total del proyecto

<b>Ítem</b>	<b>Costo + IVA</b>
Materiales e insumos	\$ 389.70
Mecanizado y montaje	\$ 175.00
Insumos y material eléctrico	\$ 305.50
indirectos	\$ 465.00
<b>Total</b>	<b>\$ 1,335.20</b>

Elaborado por: Geovanny Leica y Ligia Moscoso

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- En este trabajo se trato de usar partes de maquinas recicladas y materiales de uso común en el país para disminuir su costo, cumpliendo un trabajo requerido por el cliente en 80%.
- El funcionamiento básico de la máquina está basado en los proceso de laminación y extrusión de materiales.
- El diseño básico de la máquina se realizo utilizando el software inventor 2015 por la facilidad para dibujar elementos y diseñarlos a nuestro criterio; además ofrece la facilidad de realizar los respectivos análisis de cargas sin necesidad de recurrir a otro software.
- Los costos necesarios para la construcción fueron tomados de proformas actuales y se puede notar que muchos de ellos encarecen al costo total de la máquina.
- La presión necesaria para el proceso de laminado no es absoluta ya que depende del usuario como desea que sea el acabado del sustrato, por ello se decidió que el sistema de ajuste de presión sea variable.
- Por el cálculo de rodamientos se concluyó que este diseño de máquina sólo permite operar de forma intermitente, es decir se debe considerar intervalos de descanso en el tiempo de operación.
- Un factor importante en el proceso de termo laminado es la temperatura por este motivo se implemento un control electrónico que permita regular a gusto del usuario la temperatura de los rodillos. Sin embargo la temperatura adecuada para cada film de BOPP se encuentra estipulada en su hoja técnica.
- El proceso de laminado por medio de rodillos es más eficaz en comparación al plastificado manual tanto en tiempo y acabado final.

**Recomendaciones:**

- Antes de poner en marcha a la máquina se debe revisar el manual del usuario y tomar en cuenta todos los aspectos para la correcta instalación y mantenimiento del equipo.
- Se recomienda mantener a la máquina alejada del polvo y la humedad ya que las partículas de polvo se pueden impregnar en el film provocando errores en la operación del laminado del papel.
- Se debería implementar un sistema de corte en la máquina para eliminar los tiempos de corte manual que perjudican al proceso productivo.
- Se debe ensayar con un sustrato de prueba hasta obtener un laminado requerido y proceder a realizar el proceso de forma continua.
- Se debería considerar siempre que la operación de trabajo de la máquina de laminado es intermitente.
- Una mala calibración de la máquina puede arruinar el trabajo a realizarse.

## Lista de referencias

- Brinton, G. (2000). *Cálculo, una variable*. España: Pearson.
- Cladoo. (2008). *Cladoo*. Obtenido de [http://www.cladoo.es/es/vendo+prensa+de+vacio+y+laminadora+en+frio+gran+oportunidad+de+trabajo+\\_alicante\\_alcoy\\_1283198](http://www.cladoo.es/es/vendo+prensa+de+vacio+y+laminadora+en+frio+gran+oportunidad+de+trabajo+_alicante_alcoy_1283198)
- Diaz, A. (2011). *Scielo*. Recuperado el 28 de diciembre de 2014, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2071-00542012000100010&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2071-00542012000100010&script=sci_arttext)
- Dipacmanta Cia. Ltda. (2001). *Dipac Manta*. Recuperado el 30 de diciembre de 2014, de [http://www.dipacmanta.com/alineas.php?ca\\_codigo=3701](http://www.dipacmanta.com/alineas.php?ca_codigo=3701)
- Enom, Inc. (2012). *Direct 2 Motion S.L.* Recuperado el 01 de 11 de 2014, de <http://www.direct2motion.com/es/motores-ac-dc-sensores-accesorios.html>
- Groover, M. P. (1997). *Fundamentos de manufactura moderna*. Mexico: Prentice-Hall.
- Guardiola, A. (2009). *Universidad Politécnica De Valencia*. Recuperado el 17 de Enero de 2015, de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16477/uniones%20atornilladas.pdf?sequence=4>
- Hibbeler, R. (2004). *Mecánica vectorial para ingenieros*. Mexico: Prentice-Hall.
- Incropera, F. P. (1999). *Fundamentos de transferencia de calor*. Mexico: Prentice Hall.
- INDURA S.A. Industria y Comercio. (2008). Recuperado el 15 de Enero de 2015, de [http://www.indura.com.ec/\\_file/file\\_2182\\_manual%20de%20soldadura%20indura%202007.pdf](http://www.indura.com.ec/_file/file_2182_manual%20de%20soldadura%20indura%202007.pdf)
- Infomac. (2014). *Infomac*. Recuperado el 2 de Enero de 2015, de <http://www.infomac.es/es/cat/69/laminadoras/>
- Kajan, S. (2002). *Transferencia de calor*. España, Madrid: Pearson.

Kalpakjian, S., & Schmid, S. (2002). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Mexico: Prentice-Hall.

Karlekar, B. (1994). *Transferencia de calor*. Mexico D.F.: McGraw-Hill.

MEC. (1993). *Ministerio de educación cultura y deporte*. Recuperado el 25 de Noviembre de 2014, de [http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/mecanismos/mec\\_eng\\_multiplicador.htm](http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/mecanismos/mec_eng_multiplicador.htm)

Mefersa. (2002). *Merefsa*. Recuperado el 12 de Septiembre de 2014, de [http://www.merefsa.com/productos/cauchos-de-silicona/mangueras-y-tubos-de-silicona\\_pid14.html](http://www.merefsa.com/productos/cauchos-de-silicona/mangueras-y-tubos-de-silicona_pid14.html)

Megaplastic. (2002). *Megaplastic*. Recuperado el 17 de 09 de 2014, de <http://www.megaplastic.com/#!informes/cfvg>

Mende, A. (2012). *Scribd*. Recuperado el 12 de Enero de 2015, de <https://es.scribd.com/doc/95226483/FLECHAS-MAXIMAS-PERMISIBLES>

Mott, R. L. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*. España: Pearson Educación.

Norton, R. L. (1999). *Diseño de Máquinas*. Mexico: Pearson.

Obengroup. (2012).  *Holding group*. Obtenido de [www.obengroup.com](http://www.obengroup.com)

Perez, S. R. (2012).  *Monografías*. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos93/motores-electricos/motores-electricos2.shtml>

Sanchez, E. (2010).  *Determiancion del paso y modulo del engrane*. Jalisco: Universidad tecnologica de Jalisco.

Shigley, J. E. (1985). *Diseño en ingeniería mecánica*. Mexico: Mc.Graw-Hill.

SKF GROUP HEADQUARTERS. (1996).  *SKF BEARING CALCULATOR*. Recuperado el 20 de 12 de 2014, de <http://www.skf.com/group/knowledge-centre/engineering-tools/skfbearingcalculator.html?alias=www.skf.com/bearingcalculator>

Tempco Electric Heater Corp. (1999). *Tempco Electric Heater Corporation*. Recuperado el 28 de Octubre de 2014, de <http://www.tempco.com/Infrared/Quartz%20Tube.html>

Universidad de las Americas. (1990). *Universidad de las Américas Puebla (UDLAP)*. Recuperado el 24 de 12 de 2014, de [www.udlap.mx](http://www.udlap.mx)

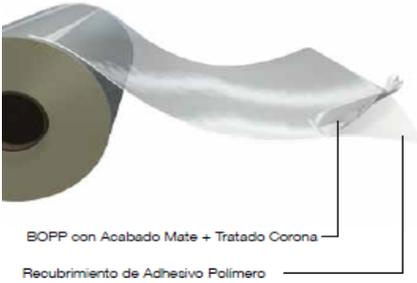
Universidad de los Andes. (2005). *Universidad de los Andes*. Recuperado el 21 de Diciembre de 2014, de <http://www2.ula.ve/dsiportal/dmdocuments/elementos/RODAMIENTOS.pdf>

Universidad de Puebla. (1990). *Universidad de Puebla*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2014, de [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lep/hernandez\\_b\\_ii/capitulo3.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/hernandez_b_ii/capitulo3.pdf)

Vidal, A. F. (2007). *Universidad de Sonora*. Recuperado el 16 de Enero de 2015, de [ftp://soporte.uson.mx/PUBLICO/04\\_INGENIERIA%20CIVIL/ACERO%202/Texto%20Laminados%20en%20Frio/CAPITULO9.PDF](ftp://soporte.uson.mx/PUBLICO/04_INGENIERIA%20CIVIL/ACERO%202/Texto%20Laminados%20en%20Frio/CAPITULO9.PDF)

# **Anexos**

## ANEXO N.- 1. Hoja técnica de BOPP film mate y brillante

 <p><b>RDV</b> Thermal Matte Film</p>	<p>Película BOPP Recubierta con EVA Mate Doble Tratada</p>																									
 <p>BOPP con Acabado Mate + Tratado Corona</p> <p>Recubrimiento de Adhesivo Polimero</p> <p><b>Descripción</b></p> <p>La película Thermofilm RDV está compuesta por un sustrato de BOPP con acabado mate sin brillo y con buena transparencia al contacto y un recubrimiento de copolímero de polietileno aplicado por extrusión. Este recubrimiento proporciona una excelente adherencia al papel mediante el proceso de laminación por calor. La película presenta tratamiento corona en la cara del BOPP para permitir la aplicación de diferentes acabados.</p>	<p><b>Dimensiones Estándares</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Código Producto</th> <th>Espesor (µm)</th> <th>Gramaje (g/m<sup>2</sup>)</th> <th>Ancho (mm)</th> <th>Centro Cartón</th> <th>Diámetro Esterno</th> <th>Longitud (m)</th> <th>Recubrimiento</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RDV1510</td> <td>15.0</td> <td>22.2</td> <td>250, 300</td> <td>3"</td> <td>320 mm</td> <td>2,000</td> <td>Ítama</td> </tr> <tr> <td>RDV1710</td> <td>17.0</td> <td>24.7</td> <td>350 - 1000</td> <td></td> <td></td> <td>2,000</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Aplicaciones</b></p> <p>Diseñada para ser utilizada como sobre-laminado de protección de papel y cartón con acabado mate, lo que proporciona un realce visual de las impresiones que protege. El tratamiento corona en la cara de BOPP permite aplicar lacas UV a registro con muy buena adherencia. Dada la buena resistencia térmica del producto, éste puede también ser estampado en caliente (Hot-stamping). Esta película es usada en aplicaciones tales como cubiertas de libros y cuadernos, afiches, cajas, cartones lisos y corrugados, bolsas e impresos en general.</p> <p><b>Características Principales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Excelente uniformidad en el recubrimiento, lo que proporciona una muy buena y consistente adherencia al papel y sus tintas.</li> <li>• Acabado mate para realce de imágenes del producto laminado.</li> <li>• Provee protección al gráfico contra el uso y la humedad.</li> <li>• Ambientalmente amigable y segura ya que no produce ningún tipo de vapores durante su procesamiento.</li> <li>• Tratada corona para proporcionar excelente adherencia a lacas UV y Hot-stamping en la cara del BOPP.</li> </ul>	Código Producto	Espesor (µm)	Gramaje (g/m <sup>2</sup> )	Ancho (mm)	Centro Cartón	Diámetro Esterno	Longitud (m)	Recubrimiento	RDV1510	15.0	22.2	250, 300	3"	320 mm	2,000	Ítama	RDV1710	17.0	24.7	350 - 1000			2,000		
Código Producto	Espesor (µm)	Gramaje (g/m <sup>2</sup> )	Ancho (mm)	Centro Cartón	Diámetro Esterno	Longitud (m)	Recubrimiento																			
RDV1510	15.0	22.2	250, 300	3"	320 mm	2,000	Ítama																			
RDV1710	17.0	24.7	350 - 1000			2,000																				
<p>www.obengroup.com</p>																										

Fuente: (Obengroup, 2012)

#### Valores Típicos de Propiedades Físicas

Propiedad	Unidad	Método Prueba	Código	
			1510	1710
Espesor Total	um	Opp-101	25	27
Espesor Adhesivo	um	Opp-101	10	
Gloss 45 °	B	%	ASTM D2457	10
Coefficiente de Fricción Dinámico	B/B	-	ASTM 1094	0.20
Tensión Superficial	B	dyna/cm	ASTM D277B	40
Rango de Temperatura de Laminación	R	° C	Opp-102	100 - 140
Fuerza de Laminación 130 °	R	N/25mm	Opp-103	8.0

#### Consideraciones Importantes

- Se recomienda almacenar el producto a temperaturas que no excedan los 30°C, a la sombra y con una humedad relativa cercana al 60%
- Y utilizar el material antes de las 26 semanas de la fecha de producción.

#### Notas

- R** Cara Recubierta  
**B** Cara Película Base

\* Los datos indicados en esta ficha técnica deben ser utilizados como valores guía y no como especificaciones límite.



BOPP de Alto Brillo y Transparencia

Recubrimiento de Adhesivo Polimérico

#### Descripción

La película Thermofilm RHV está compuesta por un sustrato de BOPP de alto brillo y transparencia y un recubrimiento de copolímero de polietileno aplicado por extrusión. Este recubrimiento proporciona una excelente adherencia al papel mediante el proceso de laminación con calor. La película presenta tratamiento corona en la cara del BOPP para permitir la aplicación de diferentes acabados.

#### Dimensiones Estándares

Código Producto	Espesor (µm)	Gramaje (g/m <sup>2</sup> )	Ancho (mm)	Centro Cartón	Dámetro Externo	Longitud (m)	Recubrimiento
RHV1510	25.0	22.8	250, 300	3"	330 mm	2,000	inmate
RHV1710	27.0	24.7	350 - 1000			2,000	

#### Aplicaciones

Diseñada para ser utilizada como sobre-laminado de protección de papel y cartón. El tratamiento corona en la cara de BOPP permite aplicar lacas UV a registro con muy buena adherencia. Dada la buena resistencia térmica del producto, éste puede también ser estampado en caliente (Hot-stamping). Esta película es usada en aplicaciones tales como cubiertas de libros y cuadernos, afiches, cajas, cartones lisos y corrugados, bolsas e impresos en general.

#### Características Principales

- Excelente uniformidad en el recubrimiento, lo que proporciona una muy buena y consistente adherencia al papel y sus tintas.
- Otorga excelente brillo y transparencia al producto laminado.
- Provee protección al gráfico contra el uso y la humedad.
- Ambientalmente amigable y segura ya que no produce ningún tipo de vapores durante su procesamiento.
- Tratada corona para proporcionar excelente adherencia a lacas UV y Hot-stamping en la cara del BOPP.

Valores Típicos de Propiedades Físicas

Propiedad	Unidad	Método Prueba	Código	
			1510	1710
Espesor Total	um	Opp-101	15	17
Espesor Adhesivo	um	Opp-101	10	
Gloss 45 °	B	% ASTM D2457	90	
Coefficiente de Fricción Dinámico	B/B	- ASTM 1054	0.20	
Rango de Temperatura de Laminación	R	° C Opp-102	100 - 140	
Fuerza de Laminación 130 °	R	N/25mm Opp-103	0.0	

Consideraciones Importantes

- Se recomienda almacenar el producto a temperaturas que no excedan los 30°C, a la sombra y con una humedad relativa cercana al 60%.
- Y utilizar el material antes de las 26 semanas de la fecha de producción.

Notas

- R Cara Recubierta
- B Cara Película Base

\* Los datos indicados en esta ficha técnica deben ser utilizados como valores guía y no como especificaciones límite.

ANEXO N.- 2. Catálogo de la empresa DIPAC para ejes de acero AISI 1018



# DIPAC®

PRODUCTOS DE ACERO



EJES

## EJES

### ACERO DE TRANSMISION

**Especificaciones Generales**

<b>Materia</b>	AISI 1018
<b>Dureza HRC</b>	60
<b>Límite de fluencia</b>	235 N/mm <sup>2</sup>
<b>Aplicaciones</b>	LEVAS, UNIONES, BUJES, PINES, PIVOTES, PERROS GRADO 3



### EJES DE TRANSMISION DE BAJA RESISTENCIA AL TORQUE

#### DIMENSIONES

DIAMETRO	LONGITUD
3/8"	6m.
1/2"	6m.
5/8"	6m.
3/4"	6m.
7/8"	6m.
1"	6m.
1-1/4"	6m.
1-1/2"	6m.
2"	6m.
2-1/2"	6m.
3"	6m.
4"	6m.
5"	6m.
6"	6m.

#### PROPIEDADES QUÍMICAS

%C	%Si	%Mn	%P	%S
0 - 0,20	0 - 0,25	0 - 0,70	0 - 0,04	0 - 05

www.dipacmanta.com
53

Fuente: (Dipacmanta Cia. Ltda, 2001)

ANEXO N.- 3. Catálogo de la empresa DIPAC de tubo cuadrado




## TUBO MECANICO CUADRADO

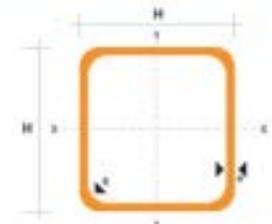
### Especificaciones Generales

**Norma:** ASTM A-513  
**Recubrimiento:** Negro o Galvanizado  
**Largo normal:** 6.00m  
**Otros largos:** Previa consulta  
**Dimensiones:** Desde 1/2" a 2"  
**Espesor:** Desde 0.60mm hasta 1.50mm

CUADRADO



DIMENSIONES			AREA	EJES X-Y-Z		
A mm	ESPESOR mm	PESO kg/m	AREA cm <sup>2</sup>	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	r cm
12	0,8	0,30	0,37	0,09	0,14	0,40
12	1,0	0,37	0,50	0,11	0,18	0,47
15	0,8	0,36	0,48	0,15	0,20	0,50
15	1,0	0,45	0,61	0,20	0,26	0,57
20	0,8	0,49	0,61	0,38	0,34	0,79
20	1,0	0,60	0,83	0,50	0,50	0,77
20	1,2	0,72	0,90	0,53	0,53	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,58	0,58	0,74
25	0,8	0,61	0,77	0,76	0,61	0,99
25	1,0	0,76	1,05	1,00	0,80	0,98
25	1,2	0,90	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
30	0,8	0,74	0,90	1,33	0,89	1,19
30	1,0	0,92	1,27	1,77	1,18	1,18
30	1,2	1,09	1,38	1,91	1,28	1,18
30	1,5	1,35	1,65	2,19	1,47	1,15
40	0,8	0,99	1,25	3,21	1,61	1,60
40	1,0	1,23	1,71	4,32	2,16	1,59
40	1,2	1,47	1,86	4,68	2,34	1,59
40	1,5	1,82	2,25	5,48	2,74	1,56
50	1,2	1,84	2,34	9,35	3,72	1,99
50	1,5	2,29	2,85	11,08	4,42	1,97



**NOMENCLATURA**

- Area de la sección transversal del tubo, cm<sup>2</sup>
- Momento de inercia de la sección, cm<sup>4</sup>
- Módulo resistente de la sección, cm<sup>3</sup>
- Radio de giro de la sección, cm

[www.dipacmanta.com](http://www.dipacmanta.com)

41

Fuente: (Dipacmanta Cia. Ltda, 2001)

**ANEXO N.- 4. Catálogo de la empresa TEMPO para resistencias de cuarzo**



[Home](#)

**Quartz Tubular Elements**

Quartz heaters consist of a helically wound resistance coil housed in a tube of pure vitreous silica fused quartz tube.



Ceramic End Cap Dimensions		
Quartz Tube OD	"A"	"B"
3/8"	3/8"	5/8"
1/2"	1/2"	7/8"
5/8"	1/2"	7/8"

**Design Features**

- Good Radiant Efficiency - up to 79%
- 40 to 50 seconds Heat-up time and less than 15 seconds Cool-down Time
- Watt Density up to 40 watts / sq. in.
- Infrared Wavelength Range from 2.5 to 6µm

Fuente: (Tempco Electric Heater Corp., 1999)

Standard Sizes and Electrical Ratings with Type T1 Termination

For other Terminations a Part Number will be issued at time of order.

Quartz Tube Diameter	Overall Length		Heated Length		Watts	Part Number	
	In	mm	In	mm		120V	240V
3/8"	14	355.6	12-1/2	317.5	450	KRC00001	KRC00002
	20	508	18-1/2	463.5	720	KRC00003	KRC00004
	35	880.4	34-1/2	872.3	960	KRC00005	KRC00006
	38	965.2	38-1/2	977.1	1450	KRC00007	KRC00008
	48	1219.2	48-1/2	1181.1	1900	---	KRC00009
	18	457.2	18-1/2	419.1	800	KRC00010	KRC00011
	20	508	18-1/2	459.5	900	KRC00012	KRC00013
	35	880.4	34-1/2	822.3	1200	KRC00014	KRC00015
	38	965.2	38-1/2	876.3	1800	KRC00016	KRC00017
	42	1066.8	42-1/2	1028.7	1800	KRC00018	KRC00019
1/2"	48	1219.2	48-1/2	1181.1	1820	KRC00020	KRC00021
	50	1270	48-1/2	1231.9	2400	KRC00022	KRC00023
	54	1371.6	52-1/2	1333.5	2060	---	KRC00024
	60	1524	58-1/2	1485.9	2100	---	KRC00025
	65	1651.4	64-1/2	1638.3	2540	---	KRC00027
	72	1828.8	70-1/2	1790.7	2180	---	KRC00028
	24	609.6	21	533.4	1075	KRC00029	KRC00030
	35	880.4	23	584.2	1800	KRC00031	KRC00032
	30	762	27	685.8	1375	KRC00033	KRC00034
	35	885.2	35	889	2500	---	KRC00035
5/8"	42	1066.8	39	990.6	1975	KRC00037	KRC00038
	48	1219.2	45	1143	2275	---	KRC00039
	50	1270	47	1193.8	3400	---	KRC00040
	54	1371.6	51	1293.4	2575	---	KRC00041
	60	1524	57	1447.8	3750	---	KRC00042
	62	1574.8	59	1498.6	4300	---	KRC00043
	65	1651.4	63	1600.2	3175	---	KRC00044
	72	1828.8	69	1752.6	3475	---	KRC00044

## ANEXO N.- 5. Hoja técnica Caucho de silicón



### Silicona

#### Ficha técnica

#### BASES PARA EXTRUSION EN CAUCHO DE SILICONA COMPACTA SERIE INDUSTRIAL

	Propiedades	Normas	Unidades	940	950	960	970	980
<b>Características Generales</b>	Apariencia			Translúcida		Transparente	Translúcida	
	Densidad	ISO R1183	(g/cm <sup>3</sup> )	1,11	1,11	1,15	1,17	1,18
	Resistencia Térmica			225 °C	200 °C	200 °C	225 °C	200 °C
	Conductividad Térmica		(W/°C·m)			0,25		
	Tipo Catalizador					Peróxido		
	Contenido Catalizador (partes)			1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
<b>Propiedades Mecánicas Post curado</b>	Post curado			4 horas a 200 °C				
	Dureza Shore A	ASTM D 2240		46	50	61	70	78
	Resistencia a la tracción	ISO R37	(MPa)	7,8	7,4	7,0	8,3	8
	Alargamiento a rotura	ISO R37	(%)	515	365	250	350	230
	Módulo al 100% de alargamiento	ASTM D 412	(MPa)	1	1,5	2,25	2,3	3,8
	Desgarro	ASTM D 624A	(kN/m)	13	13	11	18	16
	Deformación remanente (22h/177°C/25%)	ASTM D 395B	(%)	27	34	25	42	34
	Resiliencia	ISO 4662	(%)	61	56	57	54	60
	Contracción lineal		(%)	2,8	2,8	2,8	2	3
	Resistencia dieléctrica		kV/mm	19	23		21	23
<b>Propiedades Dieléctricas Post curado</b>	Tensión de Ruptura		kV		45,4		45	44
	Constante Dieléctrica			2,8	2,8		2,8	2,9
	Factor de disipación			0,007	3,5 x 10 <sup>-3</sup>		3,5 x 10 <sup>-3</sup>	3 x 10 <sup>-3</sup>
	Resistividad transversal		Ohm·cm	2 x 10 <sup>14</sup>	2,2 x 10 <sup>14</sup>		2,2 x 10 <sup>14</sup>	1,2 x 10 <sup>15</sup>

MEREFESA - merefesa@merefesa.com - Cobalto, 101, 08907 Hospitalet de Llobregat, Barcelona (Spain) - Tel. 00 34 933 372 081 - Fax 00 34 933 374 373

Fuente: (Mefersa, 2002)

## ANEXO N.- 6. Valores representativos del coeficiente convectivo de transferencia de calor

Condición	$h$	$h$
	Btu/h·pie <sup>2</sup> ·°F	W/m <sup>2</sup> ·°C
Aire, convección libre	1-3	5-15
Aire o vapor sobrecalentado convección forzada	3-50	15-300

Fuente: (Karlekar, 1994)

## ANEXO N.- 7. Propiedades para metales

Metal	Propiedades a 20°C				Conductividad térmica, k W/mK									
	$\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	$c_p$ , J/kg K	$k$ , W/m K	$\alpha$ , m <sup>2</sup> /s	-100 C -148 F	0 C 32 F	100 C 212 F	200 C 392 F	300 C 572 F	400 C 752 F	600 C 1112 F	800 C 1472 F	1000 C 1832 F	1200 C 2192 F
				$\times 10^{-4}$										
Aluminio:														
Puro	2,707	0,896	204	8,418	215	202	206	215	228	249				
Al-Cu (Duralumin) 94-96 Al, 3-5 Cu, pizca Mg	2,787	0,883	164	6,676	126	159	182	194						
Al-Mg (Hydronafium) 91-95 Al, 5-9 Mg	2,611	0,904	112	4,764	93	109	125	142						
Al-Si (Silumin) 87 Al, 13 Si	2,659	0,871	164	7,099	149	163	175	185						
Al-Si (Silumin, con cobre) 86.5 Al, 1 Cu	2,659	0,887	137	5,933	119	137	144	152	161					
Al-Si (Alusil) 78-80 Al, 20-22 Si	2,627	0,854	161	7,172	144	157	168	175	178					
Al-Mg-Si 97 Al, 1 Mg, 1 Si, 1 Mn	2,707	0,892	177	7,311	175	189	204							
Plomo	11,373	0,130	35	2,343	36,9	35,1	33,4	31,5	29,8					
Hierro:														
Puro	7,897	0,452	73	2,034	87	73	67	62	55	48	40	36	35	36
Hierro forjado (C H 0.5%)	7,849	0,46	59	1,826	59	59	57	52	48	45	36	33	33	33
Hierro fundido (C = 4%)	7,272	0,42	52	1,703										
Acero (C max = 1.5%)	7,833	0,465	54	1,474										
Carbon endurecido C = 0.5%	7,801	0,473	43	1,172										
1.0%	7,753	0,486	36	0,970										
1.5%	7,897	0,452	73	2,026										
Niquel endurecido Ni = 0%	7,945	0,46	26	0,720										
10%	7,993	0,46	19	0,526										
20%	8,073	0,46	12	0,325										
30%	8,169	0,46	10	0,279										
40%	8,266	0,46	14	0,361										
50%	8,378	0,46	19	0,493										
60%	8,506	0,46	26	0,666										
70%	8,618	0,46	35	0,872										
80%	8,762	0,46	47	1,156										
90%	8,906	0,448	90	2,276										
100%														

## ANEXO N.- 8. Catálogo de Electrodo

### SISTEMA ARCO MANUAL

<b>INDURA 6011</b>	<b>Clasificación AWS: E-6011 / E-4311</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Electrodo para acero al carbono</li> <li>• Revestimiento celulósico potásico. Color canela</li> <li>• Corriente continua, electrodo positivo o corriente alterna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toda posición</li> <li>• Certificado por Canadian Welding Bureau y anualmente por American Bureau of Shipping y Lloyd's Register of Shipping</li> </ul>

#### Descripción

El electrodo 6011 posee un revestimiento de tipo celulósico diseñado para ser usado con corriente alterna, pero también se le puede usar con corriente continua, electrodo positivo.

La rápida solidificación del metal depositado facilita la soldadura en posición vertical y sobrecabeza.

El arco puede ser dirigido fácilmente en cualquier posición, permitiendo altas velocidades de deposición (soldadura).

#### Usos

Este electrodo es apto para ser utilizado en todas las aplicaciones de soldadura en acero dulce, especialmente en trabajos donde se requiera alta penetración.

#### Aplicaciones típicas

- Cordón de raíz en cañerías
- Cañerías de oleoductos
- Reparaciones generales
- Estructuras
- Planchas galvanizadas

#### Procedimiento para soldar

Debe seguirse el mismo procedimiento utilizado para soldar con un electrodo E-6010.

<b>Composición química (típica) del metal depositado:</b>				
C 0,11%; Mn 0,41%; Si 0,23%; P 0,010%; S 0,017%				
<b>Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.1/A5.1M-04):</b>				
Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos	
Resistencia a la tracción : 495 MPa	430 MPa	34J a -30°C	27J a -30°C	
Límite de fluencia : 424 MPa	330 MPa			
Alargamiento en 50 mm : 27%	22%			
<b>Amperajes recomendados:</b>				
Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje		Electrodos x kg aprox.
		mín.	máx.	
2,4	300	50	90	74
3,2	350	80	120	34
4,0	350	120	160	24
4,8	350	160	220	17

**ANEXO N.- 9. Diseño del mecanismo en Autodesk Inventor 2015**



Fuente: Autores

**ANEXO N.- 10. Fresado de placa soporte de rodillos calefactores**



Fuente: Autores

## **ANEXO N.- 11. Mecanizado de partes**



Fuente: Autores

## **ANEXO N.- 12. Ensamble de rodillos laminadores y de arrastre en las placas de soporte**



Fuente: Autores

**ANEXO N.- 13. Soldado del bastidor y ensamble de sistema motriz**



Fuente: Autores

**ANEXO N.- 14. Instalación de chumaceras para sostener el rollo de film BOPP**



Fuente: Autores

### **ANEXO N.- 15. Instalación del sistema de presión**



Fuente: Autores

### **ANEXO N.- 16. Ajuste y calibración del sistema de presión**



Fuente: Autores

**ANEXO N.- 17. Instalación de bandejas de entrada y de salida del papel**



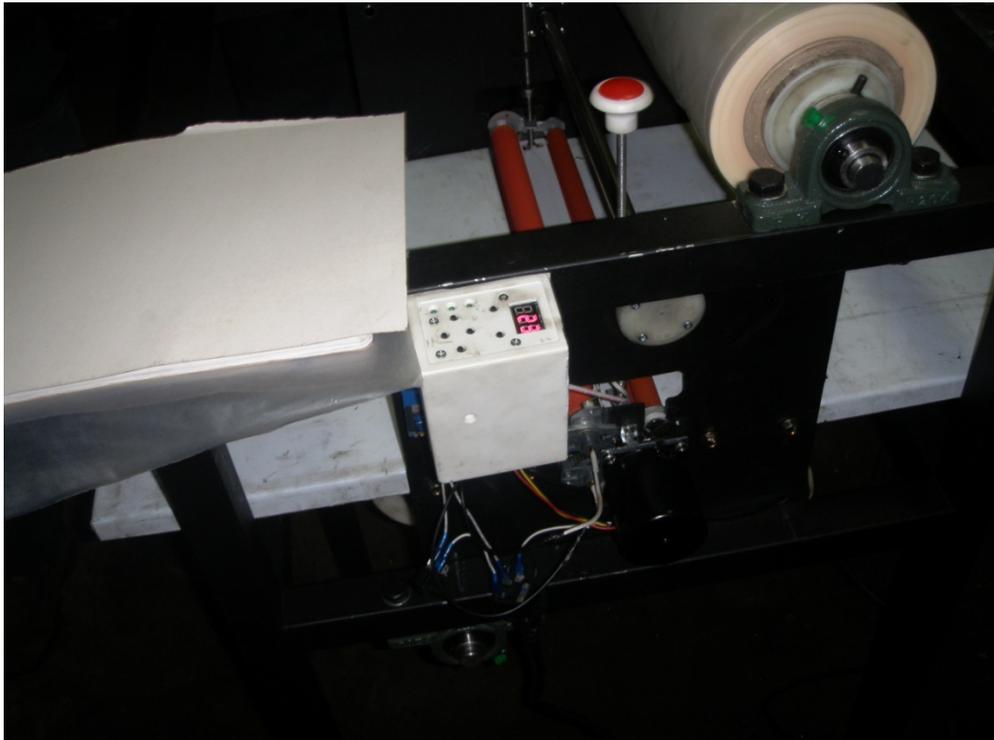
Fuente: Autores

**ANEXO N.- 18. Instalación del circuito de mando**



Fuente: Autores

## ANEXO N.- 19. Equipo para plastificar prendido



Fuente: Autores

## Manual del usuario

### Advertencias importantes sobre seguridad



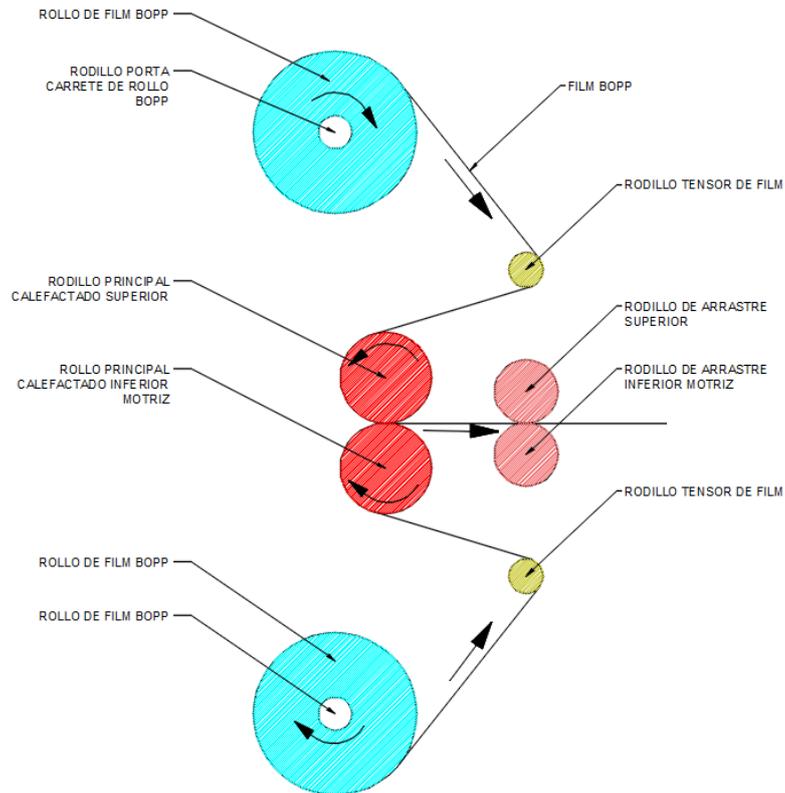
Antes de manipular la maquina por favor verifique los requerimientos de la maquina para su buen funcionamiento:

Modelo	Laminadora 001
Velocidad de laminado	1.1 m/s
Presión de trabajo	regulable
Temperatura máxima de laminado	150 °C
Film para laminación	Lamina de polipropileno biorientado
Voltaje	110V
Dimensiones de la máquina	1000mm x 800 mm x 500mm

### Instalación y operación

1. Remueva el eje porta carrete de la máquina.
2. Coloque el rollo de Film Bopp en el eje tomando en cuenta un ancho máximo de 35 cm.
3. Asegure el rollo con los conos de fijación.
4. Proceda a volver a instalar el eje porta carrete en la máquina.
5. Alinee el rollo o carrete de film Bopp con el contorno del sustrato a laminar.
6. Apriete los tornillos de los conos de sujeción para que el carrete quede completamente fijo al eje.
7. Hacer lo mismo en el eje inferior si se lamina a dos caras.
8. Conectar la máquina al suministro eléctrico teniendo en cuenta que el voltaje sea 110v.
9. Encienda la maquina.
10. Seleccione la temperatura deseada para el laminado utilizando el control de temperatura. Oprima + si desea aumentar o – si desea disminuir la temperatura.

11. Esperar hasta que la alarma sonora indique que los rodillos han alcanzado la temperatura seleccionada.
12. Encender el movimiento de los rodillos con el botón Avance.
13. Desenvolver el carrete de film Bopp y hacerlo pasar como muestra la imagen solo por el rodillo tensor de film.



14. Usando un sustrato guía de mayor espesor que el del documento a laminar, envolver con el extremo de inicio del film Bopp y pasarlo por los rodillos calefactados. Atención por ningún motivo tocar los rodillos térmicos con el indicador de temperatura encendido, hacerlo puede ocasionar quemaduras).
15. Observar que el film Bopp salga junto con el sustrato guía hacia la bandeja de salidas de ser así proceder a alimentar con el sustrato de trabajo.
16. Los sustratos a laminar deben ser ingresados de forma regular para aprovechar al máximo el film Bopp.
17. En caso de atascamientos o fallos en el proceso presione stop en los mandos del movimiento del motor y seleccione la opción de laminado en frío. Si el problema es resuelto seleccione laminar caliente en una o dos caras según el trabajo a realizar y seleccione la temperatura de trabajo. Nota:

Esperar que suene nuevamente la alarma de temperatura para reanudar el trabajo.

18. Para terminar el trabajo oprima el botón de apagado del avance de rodillos
19. Apague la máquina
20. Retire el material terminado separando del film Bopp con ayuda de una tijera o cuchilla.
21. Es posible que al terminar el proceso queden residuos de film Bopp o que se enrede en los rodillos.
  - a. Para limpiarlos primero asegúrese que la máquina este apagada y que la temperatura de los rodillos haya bajado a la temperatura ambiente.
  - b. Corte el extremo del film de Bopp que no ha ingresado en los rodillos.
  - c. Retire las bandejas de entrada y salida.
  - d. Retire los residuos de film Bopp.
  - e. Si los residuos están enredados encender la maquina y seleccionar la opción de laminado en frío.
  - f. Seleccione el movimiento de motor con el botón retroceso, tome un extremo del residuo atrapado y hágalo salir con el movimiento del motor.
  - g. Retire todo los residuos y apague la máquina.
  - h. Coloque las bandejas y asegure que el sobrante de film Bopp no se desenrolle del carrete para evitar accidentes y desperdicios.

## Posibles problemas que presenta el laminado

Problema	Causa	Solución
<b>Poca adhesión</b>	No hay suficiente temperatura Rodillo sucio. Falta de presión en los rodillos	Verificar que la máquina este entregando la temperatura correcta. Ajustar los tornillos de presión hasta obtener el resultado deseado.
<b>Laminado no uniforme</b>	El film no se encuentra correctamente tensado. Mal alineación del carrete de Film	Vuelva a instalar y tensar el rollo de film en el eje.
<b>Laminado con partículas de polvo y residuos</b>	Los rodillos de calor esta sucios.	Limpie los rodillos de calor en una sola dirección con alcohol isopropílico.

## Mantenimiento

Para que la máquina cumpla con su funcionamiento óptimo se recomienda protegerla del polvo y mantener la limpieza de los rodillos laminadores con alcohol isopropílico y un paño.

**Mantenimiento correctivo:** cada vez que se requiera.

Para el mantenimiento preventivo se recomienda el siguiente cronograma de actividades

MANTENIMIENTO POR HORAS DE USO					
Actividad	# de elementos	24 h	100 h	1000 h	5000 h
Lubricación de piñones (sistema motriz)	3		X		
Lubricación de cojinetes (Rodillos)	4		X		
Lubricación de chumaceras (Ejes de los rollos de Film BOPP)	4				X
Limpieza general	-	X			
Ajuste de bastidor	2			X	

### Recomendaciones para realizar el mantenimiento

- ✓ Para la lubricación se debe usar una grasa lubricante sintética para uso industrial para aplicaciones de temperatura media a alta.
- ✓ Los rodillos tanto de calor como de arrastre se deben limpiar en una sola dirección con un paño y una pequeña porción alcohol isopropílico para evitar que residuos de adhesivo dañen trabajos futuros.
- ✓ Se debe proteger a la maquina del polvo.
- ✓ El alcohol isopropílico sirve para no dejar huellas y se evapora rápidamente.

# METALMECÁNICA CALISTO

Carretera a San José

Proceder: C/101 con Fincas 1000m, C/102 con Fincas 1000m  
Tel: 011-7112411 / 011-7112412

(Módulo: 1000m)

RUC: 1708178800017

Cliente: SA. General Lora

Dirección: 171155426

Dirección: El Zorro

Cantidad: 1000000

FECHA: 2011-12-03

HORA: 12:00

USUARIO: [Signature]

PROYECTO: [Signature]

1. Fuso de alfileres  
para reportar a medida 100 40

MS

EDUARDO [Signature]







# ACEROS MG

DISTRIBUIDOR Y REPRESENTACION

DE PRODUCTOS INDUSTRIALES

Av. Alberto Naranjo 300 y entre Los Pinos y Cap. Bosta a 15min. Al sur de Bolca  
Ecuador  
Tel: 0914 044 Fax: 0914 047 E-mail: [acerosmg@live.com](mailto:acerosmg@live.com) Quito - Ecuador

[WWW.ACEROSMG.COM](http://WWW.ACEROSMG.COM)

"OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD"

GUERRERO ROSERO SEGUNDO MARIO  
R.U.C.: 1714787163001

REMIENTE (R):  
AVENIDA:  
DIRECCION:  
CABA. MUN:  
TELEFONO:  
CIUDAD:

GERMANY LEON

EL INCA  
1701704700  
1702000

001-001

FACTURA  
Nº 0060863

Autenticación S.R.L. 114585236

FECHA:

N ORDEN DE PEDIDO

FORMA DE PAGO

VENDEDOR

CONTADO

MARIA GARZON

CODIGO

DESCRIPCION

CANT PUNITARIO

%DCTO VALOR TOTAL

TRANSFERIR A CUENTA

1.00

0.25

0.25

IN

FREE con 04/100

Se paga en suito, a la orden de ACEROS MG, el valor constante de esta factura, en forma a las condiciones de pago precisadas y en caso de mora, se cobrará el interés de mora a partir del primer vencimiento del pago.

ACEROS MG

RECIBI CONFORME

SUBTOTAL

DESCUENTO

I.V.A 12%

FLETE

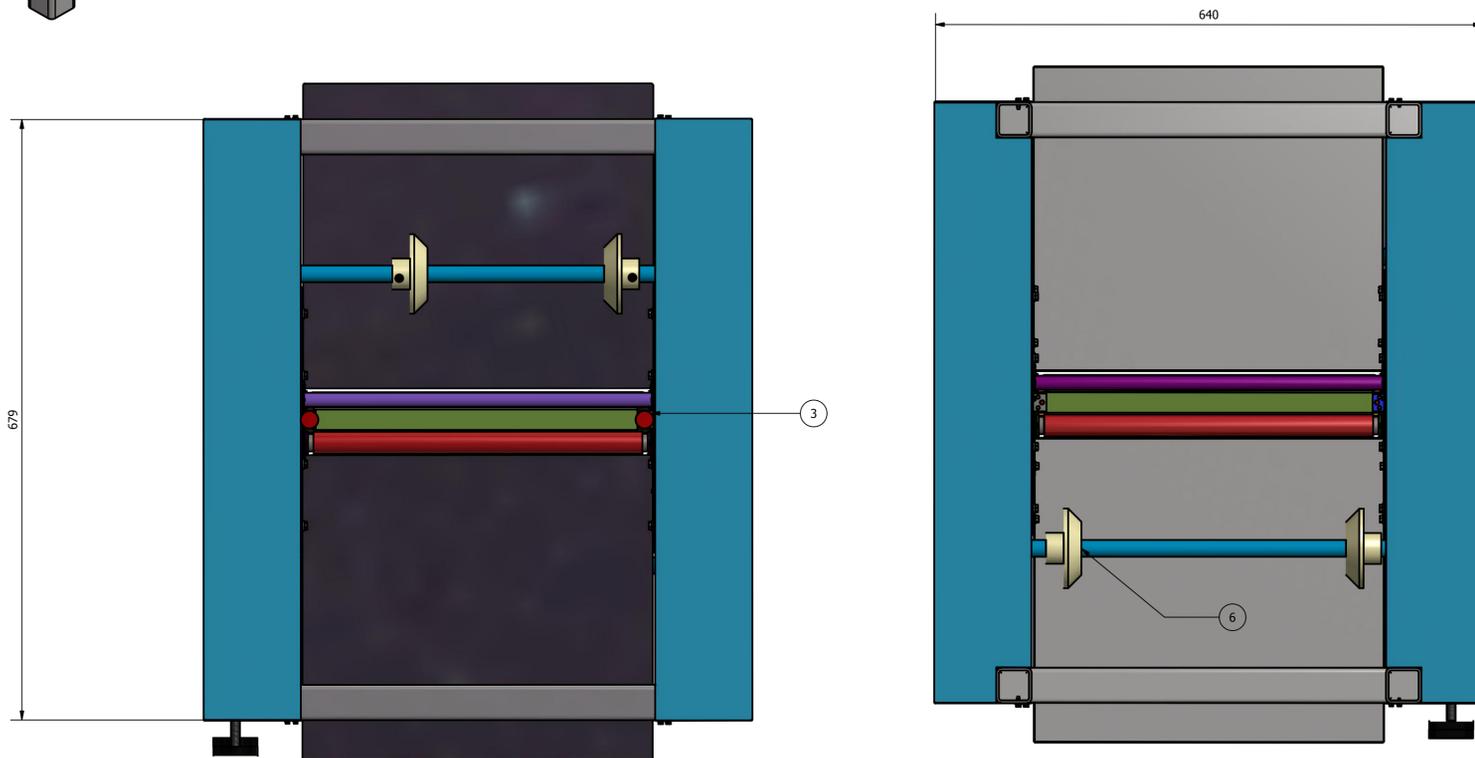
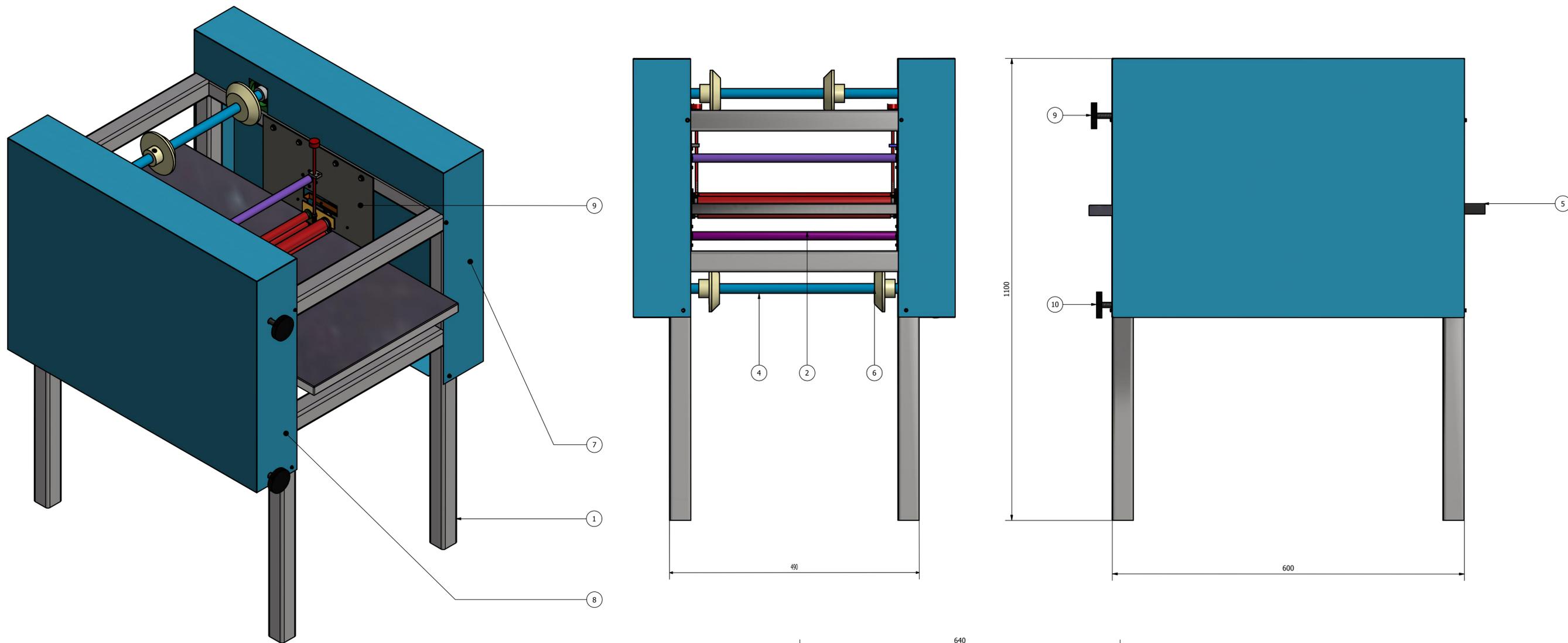
TOTAL

BERMEO AGUIRRE PATRICIO LEON R.U.C.: 0601009175001 AUT. 1967 FECHA DE AUTORIZACION: 27/MARZO/2010  
NUMERADA DEL 52501 AL 61500 VALIDA PARA SU EMISION HASTA EL 27/MARZO/2010



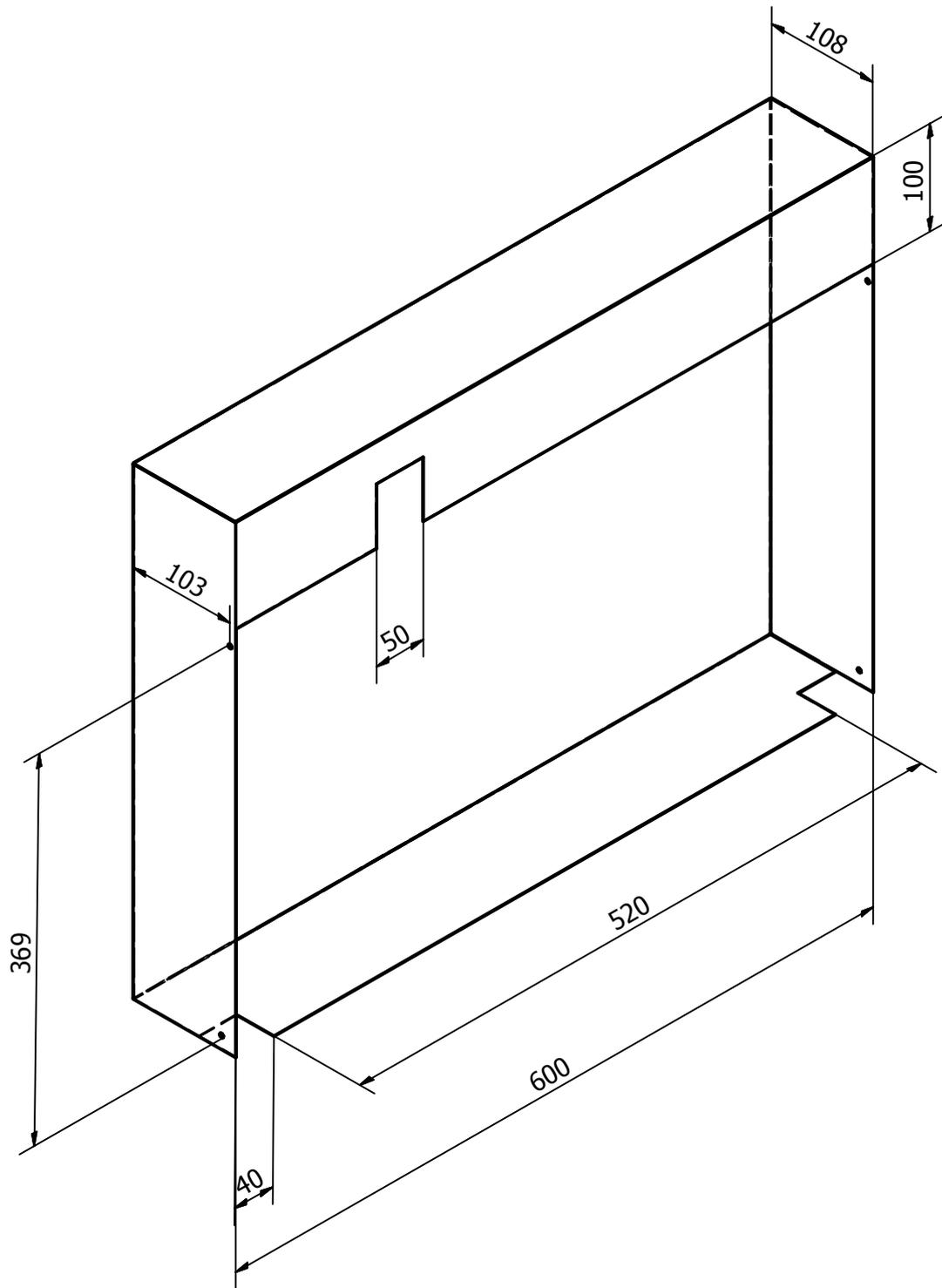
# Planos

PLANO GENERAL  
ESCALA 1:4

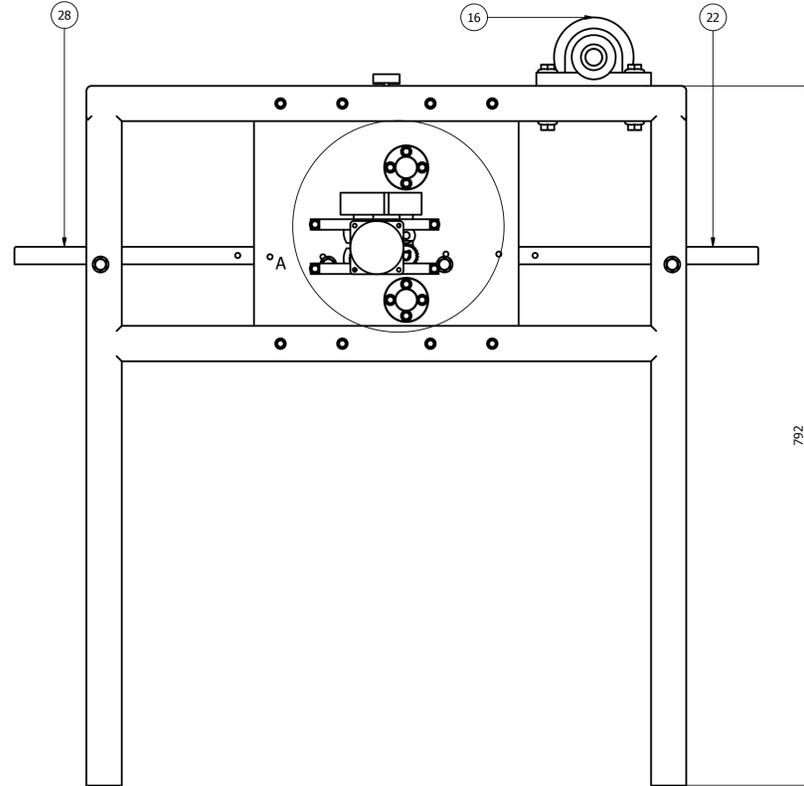
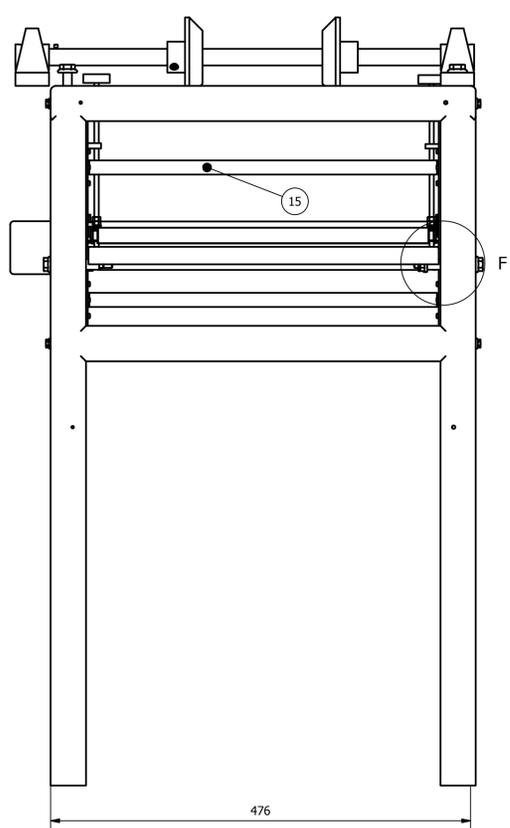
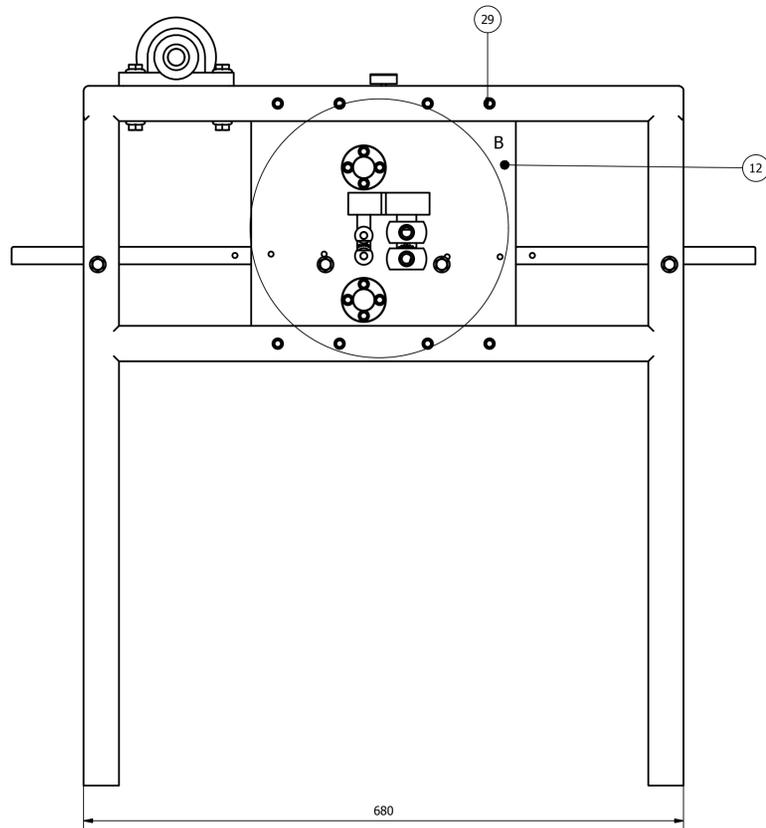
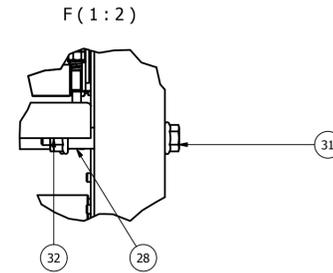
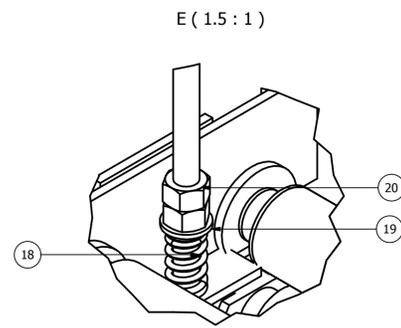
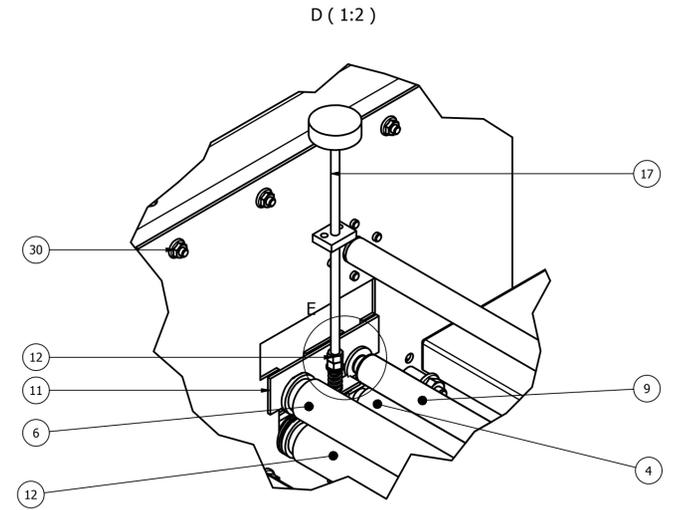
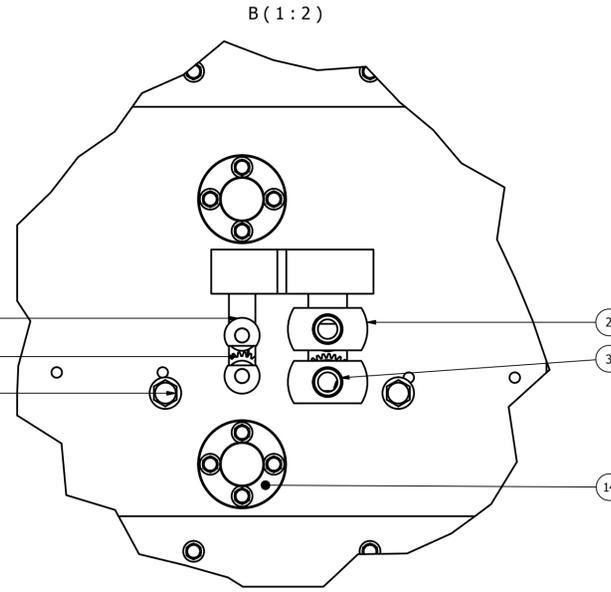
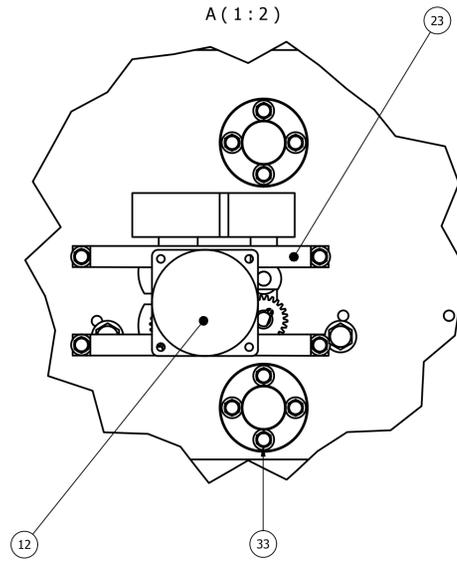
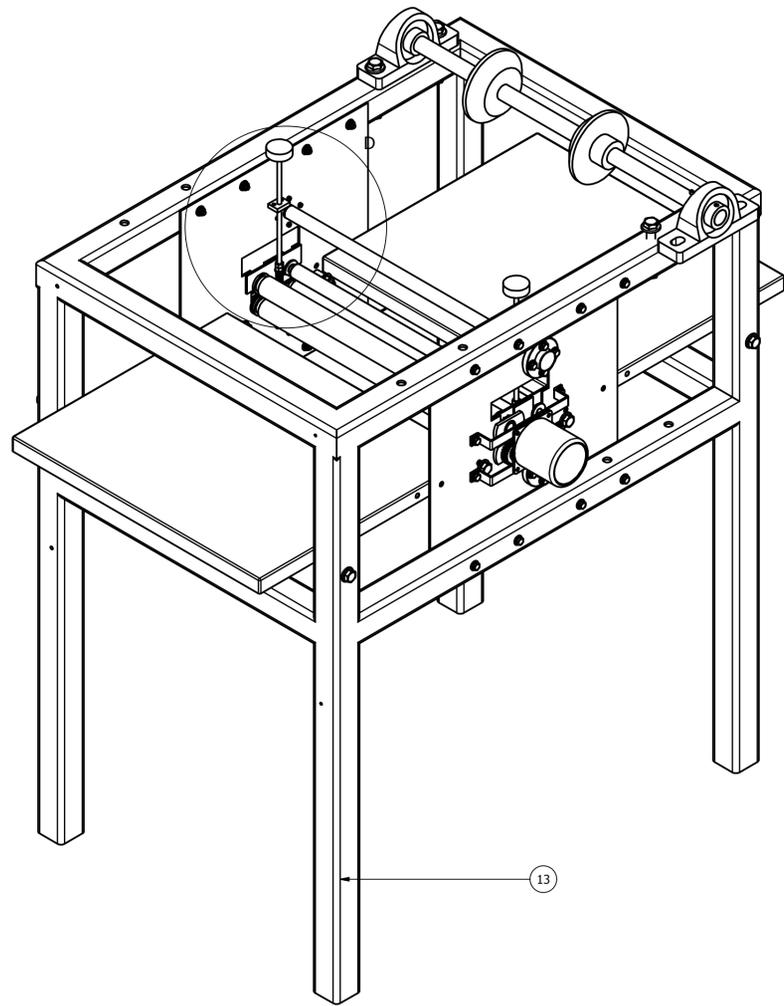


ITEM	DENOMINACIÓN	CTDAD	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
10	PERNO FRENO INFERIOR	1		Genérico	
9	PERNO FRENO SUPERIOR	1		Genérico	
8	CARCAZA IZQUIERDA	1		Acero Galvanizado	
7	CARCAZA DERECHA	1		Acero Galvanizado	
6	CILINDRO DE FIJACIÓN	4		Nión 6	
5	BANDEJA DE TRABAJO	2		Acero inoxidable, pulido	
4	EJE PORTA CARRETE	2		Acero AISI 1018 106 LC	
3	TORNILLO DE PRESIÓN	2		Acero AISI 1018 106 LC	
2	RODILLO TEMPLADOR	2		Acero AISI 1018 106 LC	
1	ESTRUCTURA BASTIDOR 40X40X2.6	1		Acero ASTM A36	

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		UPS	DISEÑO	Moscoso L. Leica G.	2015/1/16
			DIBUJO	Moscoso L. Leica G.	2015/1/16
			REVISO	Ing. Fabio Obando	2015/1/16
CONTENIDO: TERMOLAMINADORA PLANO GENERAL		Escala: 1:4	CODIGO: 89132523.10.00	Tel. Grat: +/- 0.1	

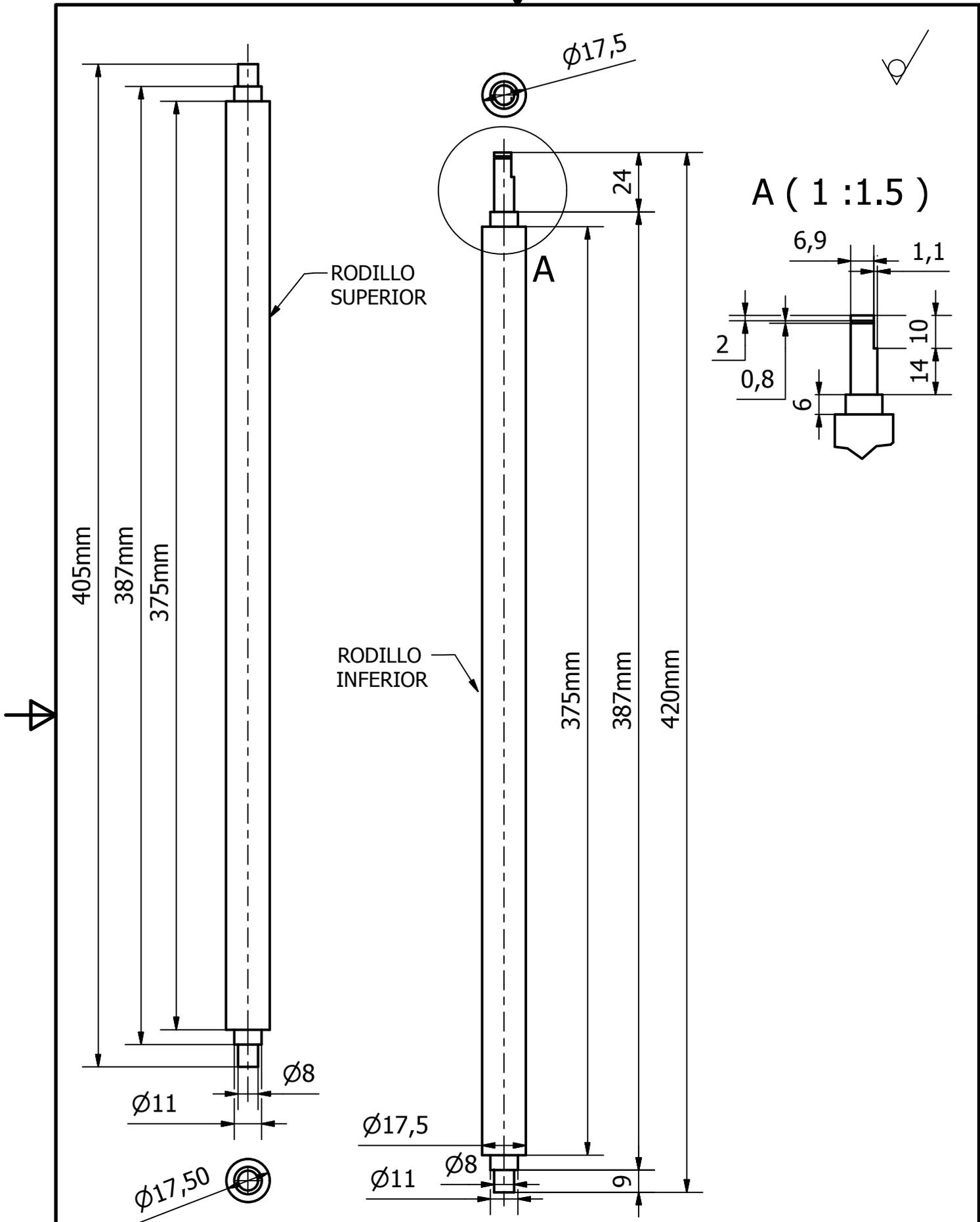


Tratamiento térmico:	N/A	MATERIAL:	Dim. brutas:
Recubrimiento:	PINTADO	ACERO GALVANIZADO	500 X 600
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	<b>UPS</b>	DISEÑO	Moscoso L. Leica G. 2015/1/16
		DIBUJO	Moscoso L. Leica G. 2015/1/16
		REVISO	Ing. Fabio Obando 2015/1/16
CONTENIDO:	Escala:	CODIGO:	Tol. Gral:
CARCAZA	1:8	8913253.10.00.01	+/- 0.5

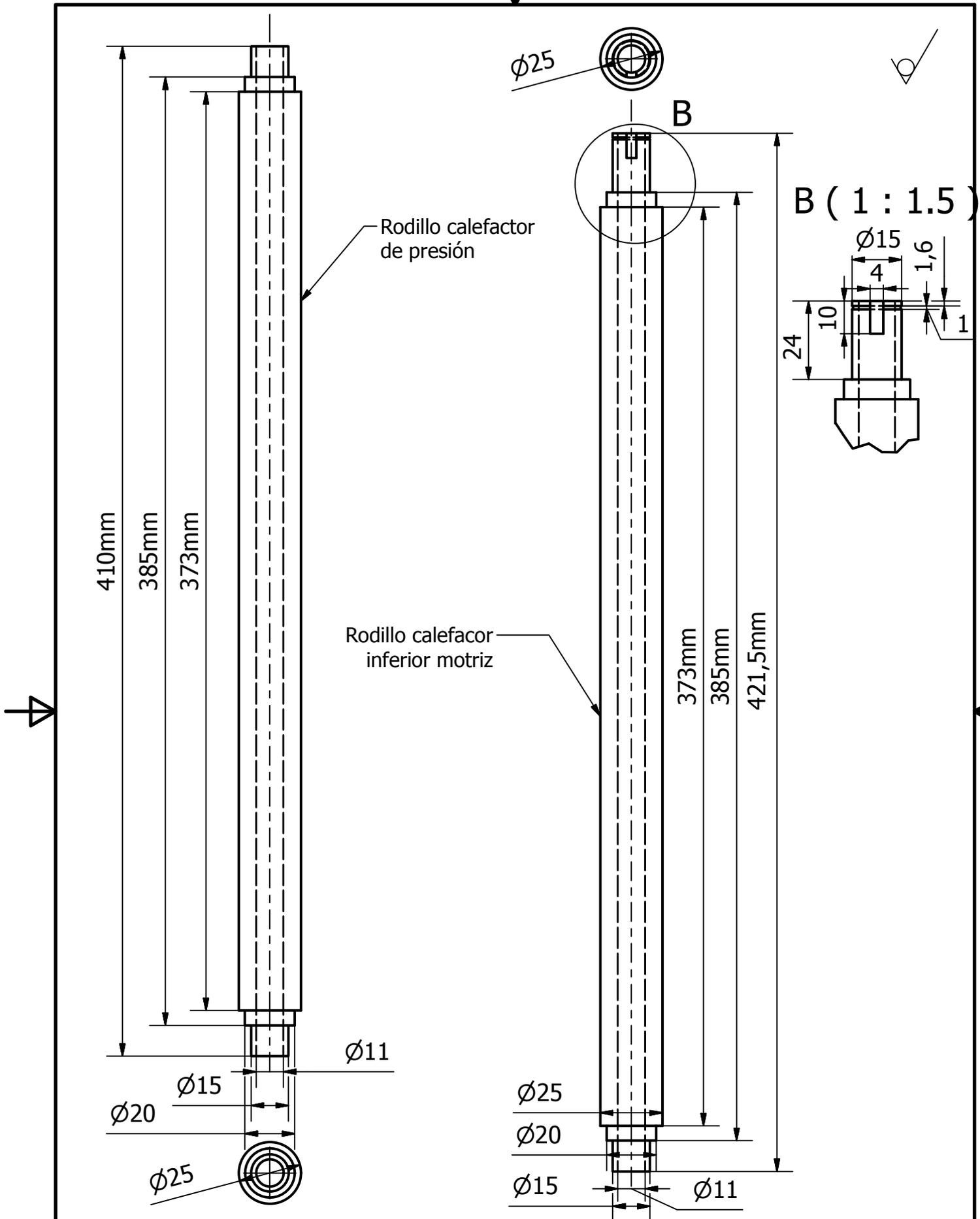


69	CNS 4480 - M5 x 8	4	CNS 4480	Acero, suave	
68	CNS 4480 - M4 x 6	4	CNS 4480	Acero, suave	
67	AS 1427 - M4 x 6	4	AS 1427	Acero, suave	
66	DIN 6923 - M10	10	DIN 6923	Acero, suave	
65	AS 1427 - M10 x 60	8	AS 1427	Acero, suave	
64	AS 1427 - M5 x 10	8	AS 1427	Acero, suave	
63	IFI 502 - 2.9x1.1 x 6	4	IFI 502	Acero, suave	
62	IFI 502 - 3.5x1.3 x 8	4	IFI 502	Acero, suave	
61	PERNO FRENO INFERIOR	1		Genérico	
60	PERNO FRENO SUPERIOR	1		Genérico	
59	CORREA DE FRENO INFERIOR	1		Genérico	
58	CORREA DE FRENO SUPERIOR	1		Genérico	
57	CARCAZA IZQUIERDA	1		Genérico	
56	CARCAZA DERECHA	1		Genérico	
50	POLEA DE FRENO	2		Genérico	
33	PERNO PORTA RODAMIENTO	16	DIN 6921 M5 X 10	Acero, suave	
24	CILINDRO DE FIJACIÓN	4		Nión 6	
23	SOPORTE MOTOR	2		Acero AISI 1018 106 LC	
22	BANDEJA DE TRABAJO	2		Acero inoxidable, pulido	
21	EJE PORTA CARRETE	2		Acero AISI 1018 106 LC	
20	TUERCA M5	2		Acero	
19	RODELA PLANA DIAMETRO 8mm	2		Acero	
18	RESORTE	2		Alambre Acero	
17	TORNILLO DE PRESIÓN	2		Acero AISI 1018 106 LC	
16	CHUMACERA 19mm	4		Genérico	
15	RODILLO TEMPLADOR	2		Acero AISI 1018 106 LC	
14	PORTA RODAMIENTO RODILLO TENSOR	4		Nión 6	
13	ESTRUCTURA BASTIDOR ASTM A36 40X40X2.6	1		Acero ASTM A36	
12	MOTOR DE PASOS BIPOLAR	1		Genérico	
11	PLATINA DE PRESION DE RODILLOS	2		Acero ASTM A36	
10	ENGRANAJE RODILLO DE ARRASTRE Z20 M1	1		Acero AISI 1018 106 LC	
9	RODILLO DE ARRASTRE SUPERIOR	1		Acero AISI 1018 106 LC	
8	COJINETE RODILLO DE ARRASTRE	4		Bronce, estaño suave	
7	ENGRANAJE RODILLO CALEFACTOR Z30 M1	1		Acero AISI 1018 106 LC	
6	RODILLO CALEFACTOR DE PRESIÓN	1		Acero AISI 1018 106 LC	
5	RODILLO CALEFACTOR MOTRIZ	1		Acero AISI 1018 106 LC	
4	RODILLO DE ARRASTRE INFERIOR MOTRIZ	1		Acero AISI 1018 106 LC	
3	BOCIN BRONCE FOSFORICO	4		Bronce, estaño suave	
2	PORTA COJINETE CILINDROS PRINCIPALES	4		Acero AISI 1018 106 LC	
1	PLACA DE SOPORTE PARA RODILLOS	2		Acero ASTM A36	

ITEM	DENOMINACIÓN	CTDAD	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
			UPS		
CONTENIDO: TERMOLAMINADORA			Escala: 1:4	CODIGO: 89132523.10.01	Tel. Gr.: +/- 0.1

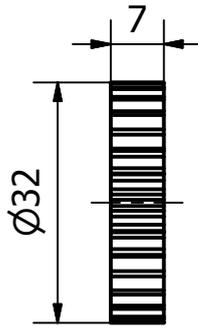
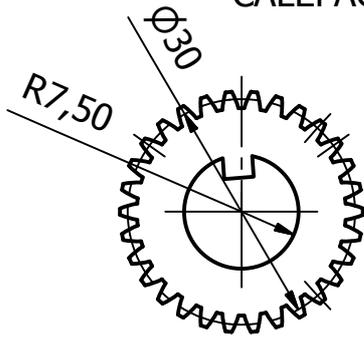


Tratamiento térmico:	N/A	MATERIAL:	Dim. brutas:
Recubrimiento:	Caucho de silicón	AISI 1018	410 x 18
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DISEÑO	Moscoso L. - Leica G. 2015/1/16
		DIBUJO	Moscoso L. - Leica G. 2015/1/16
		REVISO	Ing.Fabio Obando 2015/1/16
CONTENIDO:	Escala:	CODIGO:	Tol. Gral:
Rodillos de arrastre superior e inferior	0.5 : 1	8913253.10.01.01	+/- 0.1



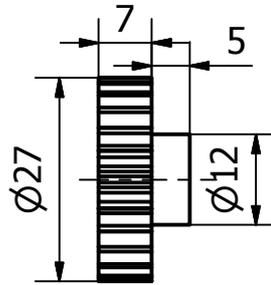
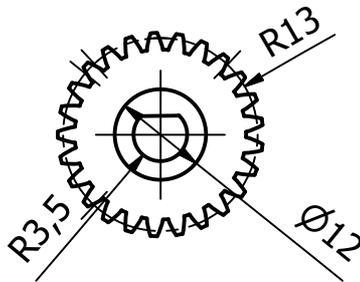
Tratamiento térmico:	N/A	MATERIAL:	Dim. brutas:
Recubrimiento:	Caucho de silicón	AISI 1018	430 x 25
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DISEÑO	Moscoso L. - Leica G. 2015/1/16
		DIBUJO	Moscoso L. - Leica G. 2015/1/16
		REVISO	Ing.Fabio Obando 2015/1/16
CONTENIDO:	Escala:	CODIGO:	Tol. Gral:
Rodillos calefactores	0.5 : 1	8913253.10.01.02	+/- 0.1

ENGRANAJE RODILLO  
CALEFACTOR



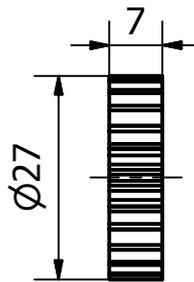
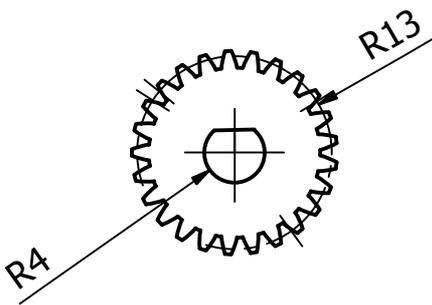
Z: 30  
M: 1:1

PIÑÓN MOTOR



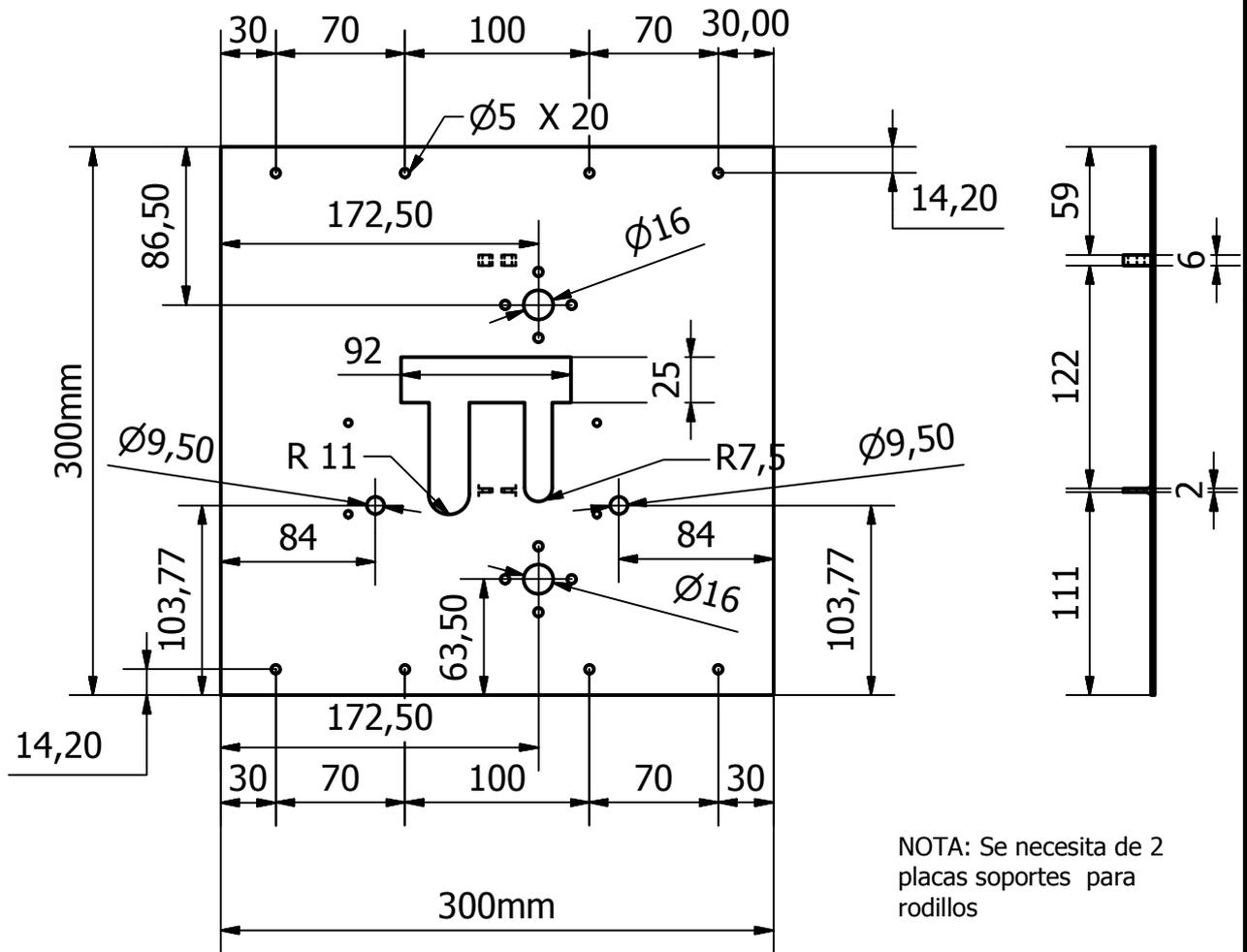
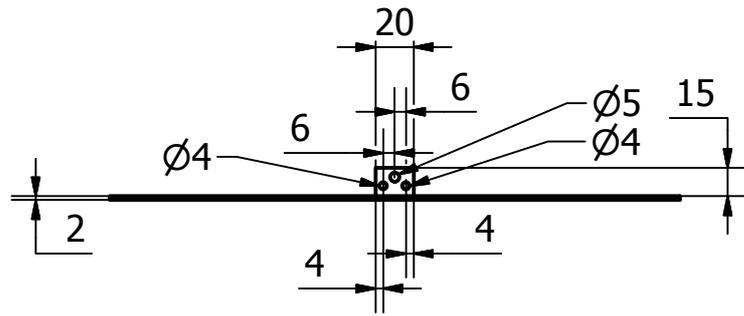
Z: 25  
M: 1:1

ENGRANAJE RODILLO  
DE ARRASTRE

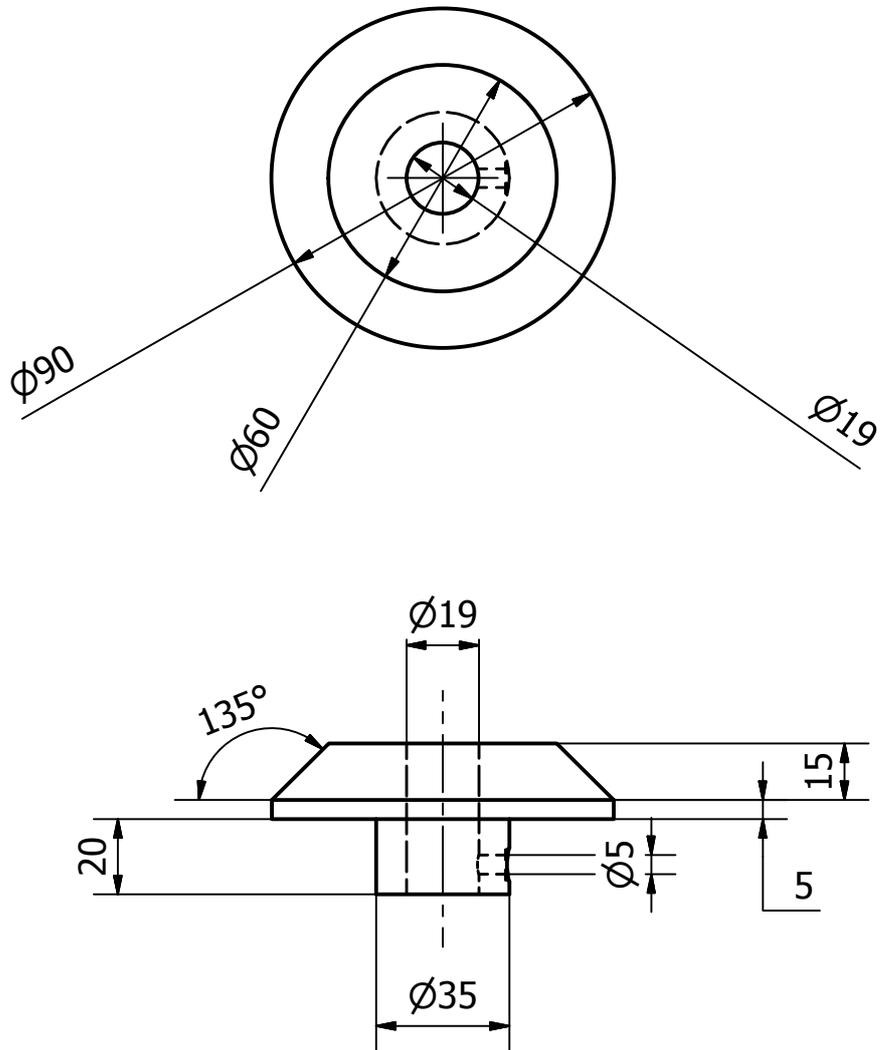


Z: 20  
M: 1:1

Tratamiento térmico:	CEMENTADO	MATERIAL:	Dim. brutas:
Recubrimiento:	N/A	AISI 1018	Ø30 x 10
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DISEÑO	Moscoso L. - Leica G. 2015/1/16
		DIBUJO	Moscoso L. - Leica G. 2015/1/16
		REVISO	Ing.Fabio Obando 2015/1/16
CONTENIDO:	Escala:	CODIGO:	Tol. Gral:
Engranajes	0.5 : 1	8913253.10.01.03	+/- 0.1



Tratamiento térmico:	N/A	MATERIAL:	ASTM A36	Dim. brutas:	500 X 500
Recubrimiento:	PINTADO				
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DISEÑO	Moscoso L. - Leica G.	2015/1/16	
		DIBUJO	Moscoso L. - Leica G.	2015/1/16	
		REVISO	Ing.Fabio Obando	2015/1/16	
CONTENIDO:	Escala:	CODIGO:		Tol. Gral:	
Placa soporte para rodillos	0.25 : 1	8913253.10.01.04		+/- 0.1	

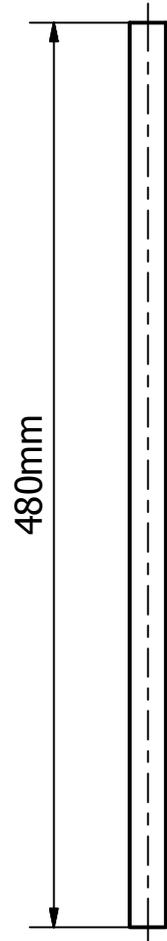


NOTA: Se necesita 4 conos de fijación

Tratamiento térmico:	N/A	MATERIAL:	Dim. brutas:
Recubrimiento:	N/A	DURALÓN	2015/1/16
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DISEÑO	Moscoso L. - Leica G. 2015/1/16
		DIBUJO	Moscoso L. - Leica G. 2015/1/16
		REVISO	Ing.Fabio Obando 2015/1/16
CONTENIDO: Cono de fijación	Escala: 0.5 : 1	CODIGO: 8913253.10.01.05	Tol. Gral: +/- 0.1

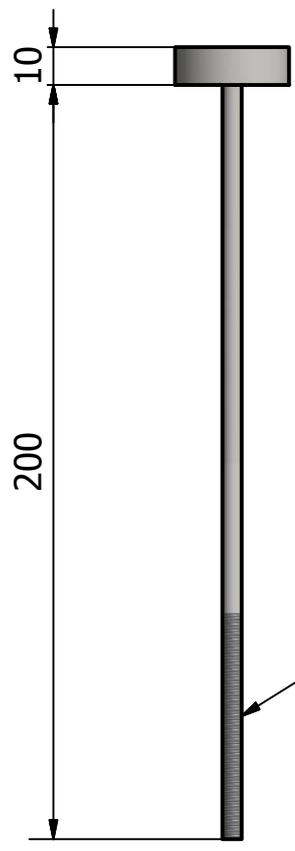
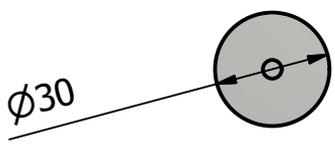
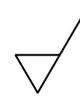


Ø19



NOTA: Se necesitan 2 ejes porta carrete

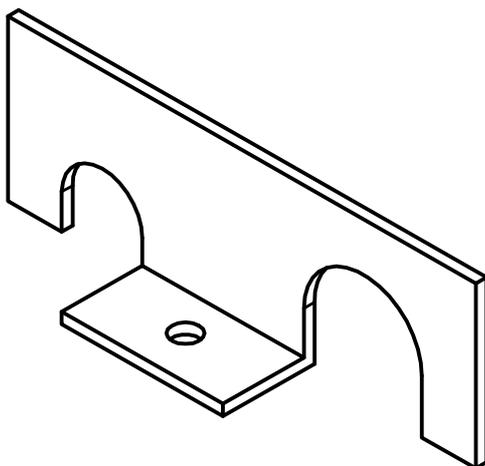
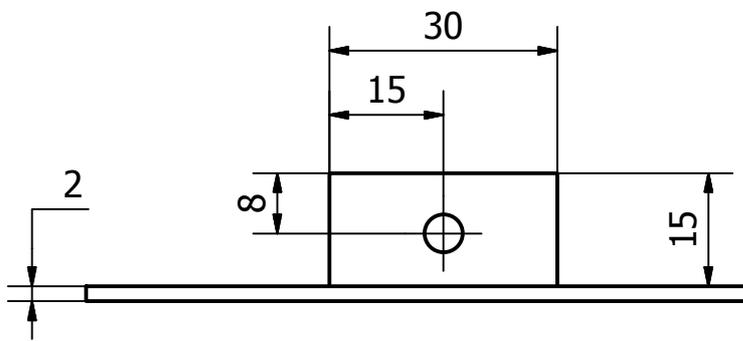
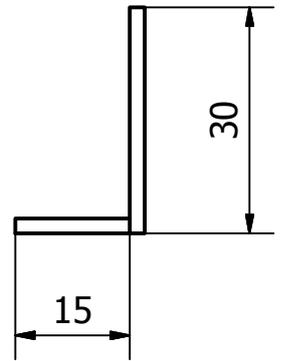
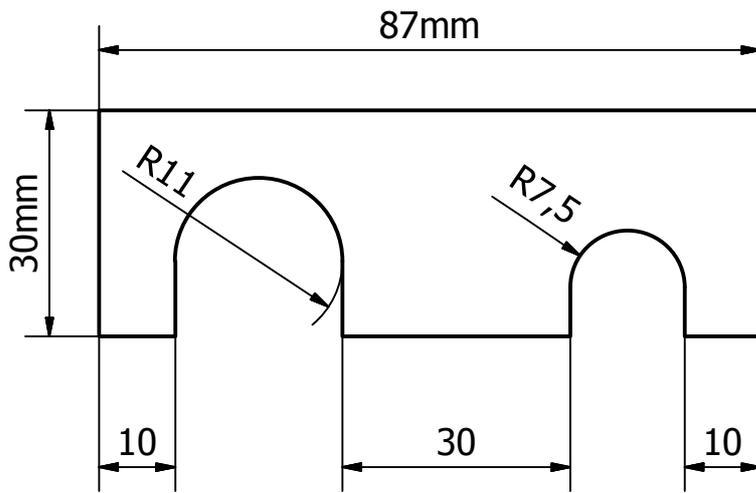
Tratamiento térmico:	N/A	MATERIAL:	Dim. brutas:	
Recubrimiento:	N/A	AISI 1018	500 X 20	
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DISEÑO	Moscoso L. - Leica G.	2015/1/16
		DIBUJO	Moscoso L. - Leica G.	2015/1/16
		REVISO	Ing.Fabio Obando	2015/1/16
CONTENIDO: Eje porta carrete	Escala: 0.25 : 1	CODIGO: 8913253.10.01.06	Tol. Gral: +/- 0.1	



M5x0.8

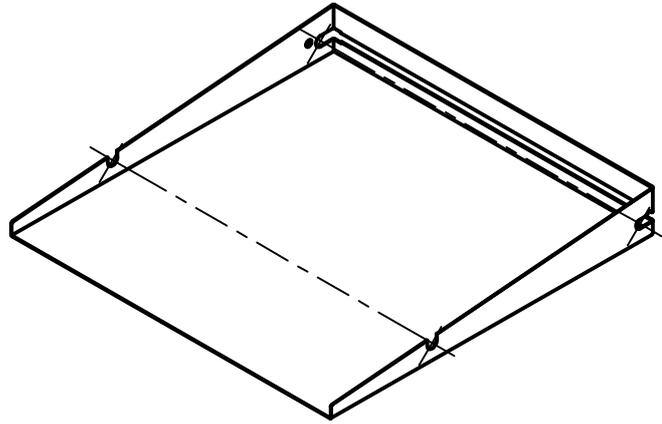
NOTA: Se necesitan 2 tornillos de presión

Tratamiento térmico:	N/A	MATERIAL:	Dim. brutas:	
Recubrimiento:	N/A	AISI 1018	30 X 200	
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DISEÑO	Moscoso L. - Leica G.	2015/1/16
		DIBUJO	Moscoso L. - Leica G.	2015/1/16
		REVISO	Ing.Fabio Obando	2015/1/16
CONTENIDO: Tornillo de presión	Escala: 0.5 : 1	CODIGO: 8913253.10.01.07	Tol. Gral: +/- 0.1	

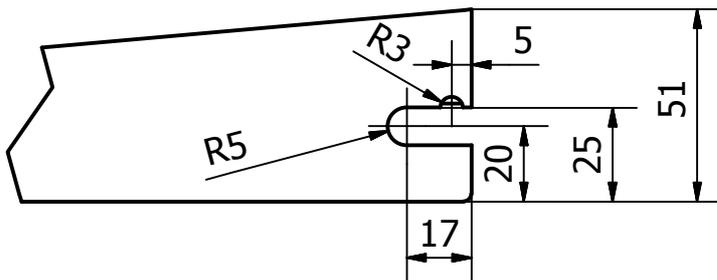


NOTA: Se necesitan 2  
placas para presión de rodillos

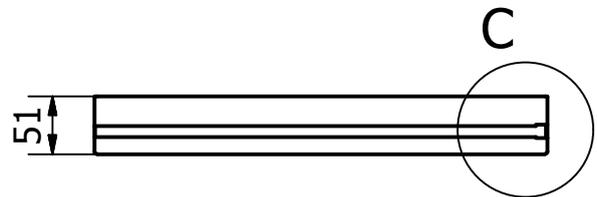
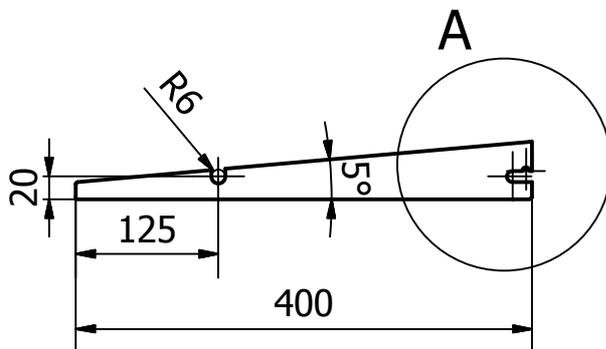
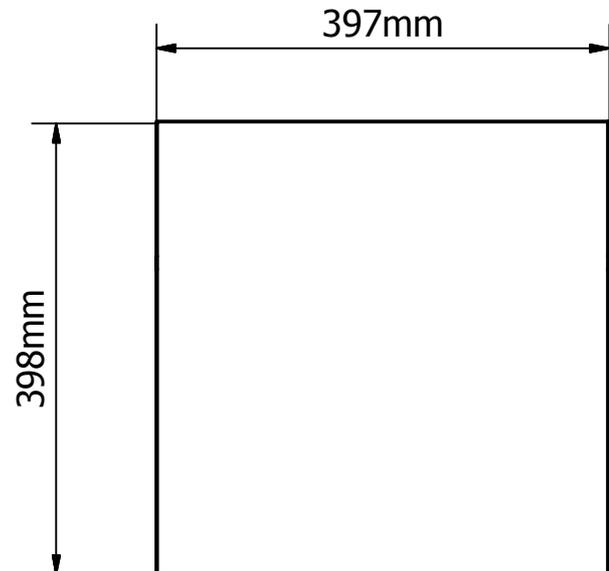
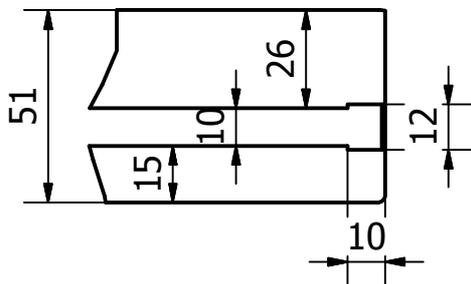
Tratamiento térmico:	N/A	MATERIAL:	ASTM A36	Dim. brutas:	90 X 30
Recubrimiento:	N/A				
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DISEÑO	Moscoso L. - Leica G.	2015/1/16	
		DIBUJO	Moscoso L. - Leica G.	2015/1/16	
		REVISO	Ing.Fabio Obando	2015/1/16	
CONTENIDO:	Escala:	CODIGO:		Tol. Gral:	
Placa para presión de rodillos	1 : 1	8913253.10.01.08		+/- 0.1	



A ( 0.50 : 1 )

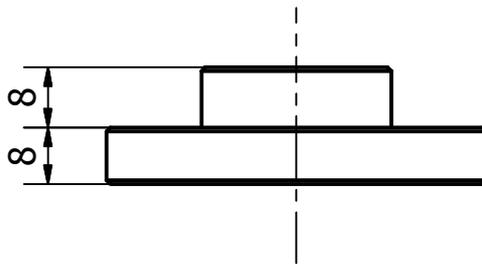
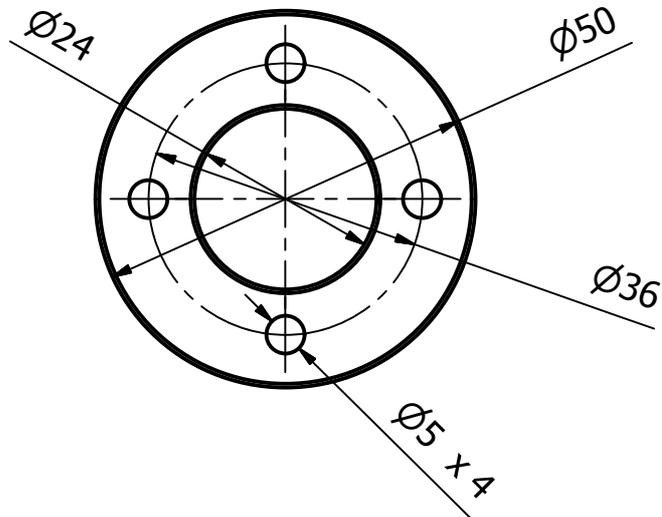
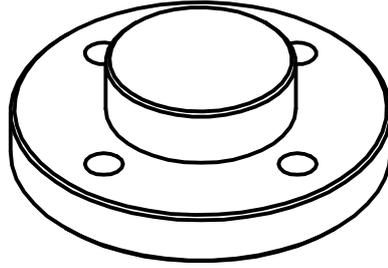


B ( 0.5 : 1 )



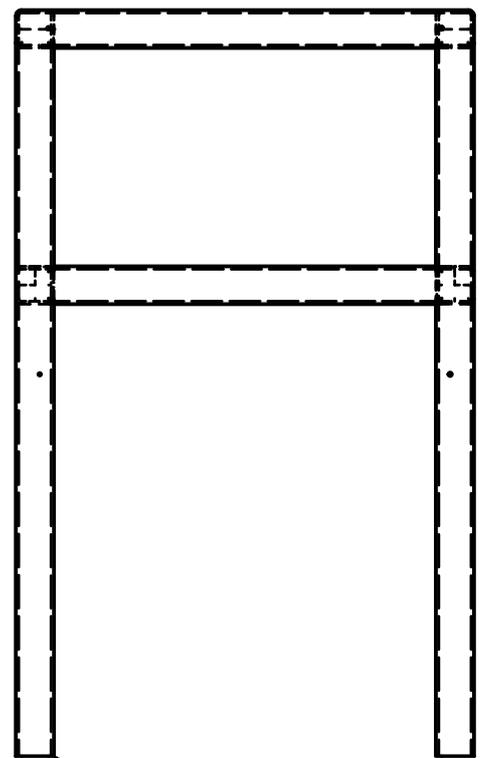
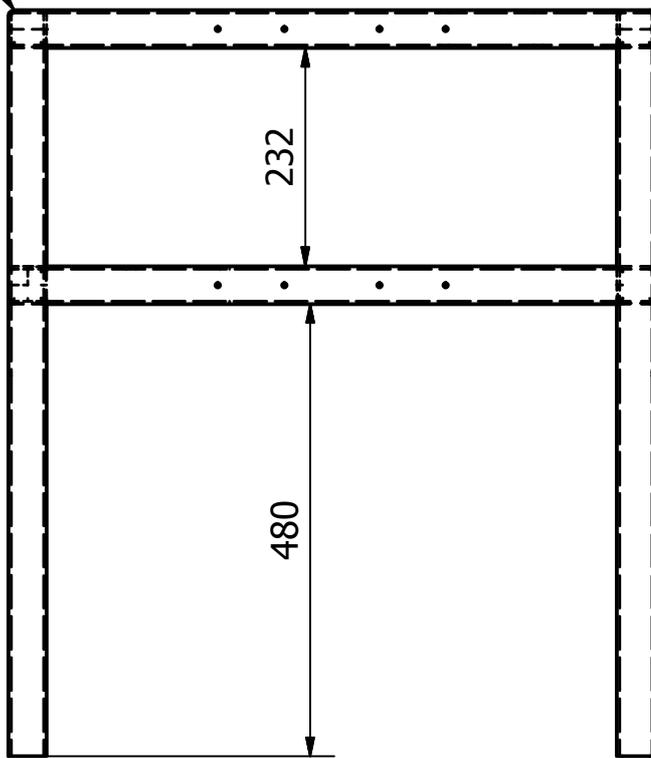
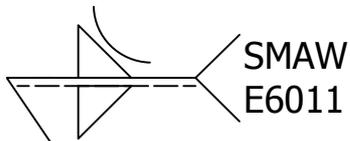
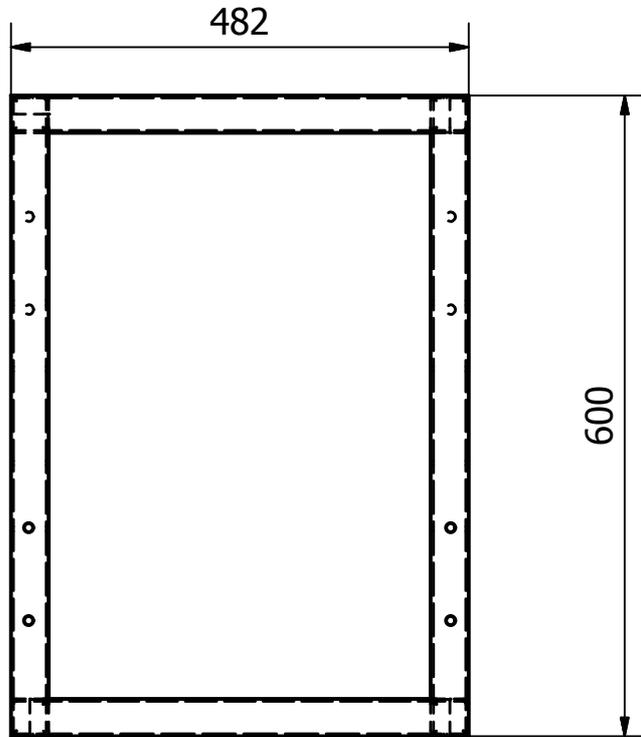
NOTA: Se necesitan 2 bandejas de trabajo

Tratamiento térmico:	N/A	MATERIAL:	Dim. brutas:
Recubrimiento:	N/A	AISI 304	400 X 400
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DISEÑO	Moscoso L. - Leica G. 2015/1/16
		DIBUJO	Moscoso L. - Leica G. 2015/1/16
		REVISO	Ing.Fabio Obando
CONTENIDO:	Escala:	CODIGO:	Tol. Gral:
Bandeja de trabajo	0.15 : 1	8913253.10.01.09	+/- 0.1



NOTA: Se necesitan 4 porta rodamientos.

Tratamiento térmico:	N/A	MATERIAL:	Dim. brutas:
Recubrimiento:	N/A	DURALON	80 X 15
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DISEÑO	Moscoso L. - Leica G. 2015/1/16
		DIBUJO	Moscoso L. - Leica G. 2015/1/16
		REVISO	Ing.Fabio Obando 2015/1/16
CONTENIDO: Porta rodamiento rodillo tensor	Escala: 1 : 1	CODIGO: 8913253.10.01.10	Tol. Gral: +/- 0.1



Tubo Cuadrado  
40 x 40 x 3 mm

Tratamiento térmico:	N/A	MATERIAL:	Dim. brutas:
Recubrimiento:	PINTADO	ASTM A36	1000 X 600
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	<b>UPS</b>	DISEÑO	Moscoso L. Leica G. 2015/1/16
		DIBUJO	Moscoso L. Leica G. 2015/1/16
		REVISO	Ing. Fabio Obando 2015/1/16
CONTENIDO:	Escala:	CODIGO:	Tol. Gral:
<b>BASTIDOR</b>	1:8	<b>8913253.10.01.11</b>	+/- 0.5