

# **CAPÍTULO 1**

## **GENERALIDADES**

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

La apicultura, dejó de ser una actividad de relleno para convertirse en una industria que crece día a día. Mucha gente que se dedica a la apicultura ha abandonado otras actividades de las cuales dependía económicamente para dedicarse por completo a este trabajo.

En este capítulo se analiza la obtención, propiedades, usos y más parámetros sobre la cera de abejas y el proceso para obtener láminas estampadas. Pero es necesario desarrollar varios temas sobre las abejas, los productos apícolas, el equipo para apicultura, los panales y términos básicos relacionados con la cera de abejas.

### **1.2 DEFINICIÓN, IMPORTANCIA Y TÉRMINOS ESPECÍFICOS DE LA APICULTURA**

La palabra apicultura proviene del latín apis (abeja) y cultura (cultivo). Una definición completa sería: “la ciencia aplicada que estudia la abeja melífera y mediante la tecnología se obtienen beneficios económicos”. Se distinguen dos tipos de beneficios:

1. Directos: venta de los productos apícolas (miel, polen, jalea real, veneno y cera).
2. Indirectos: debido a la acción que realiza como mecanismo de transporte del polen en los cultivos, lo cual facilita la polinización y producción de frutos en las plantas.

El uso racional de este insecto, permitiría ingresos adicionales con poca inversión, ya sea como actividad casera o negocio a gran escala, aplicando métodos apropiados de manejo.

En apicultura, como en otras actividades, se emplean términos específicos para nombrar útiles o situaciones, los más comunes son:

- Realera, alveolo real o celda real, es la celda especial que sirve de cuna para la cría de una nueva reina.
- Colonia, es el conjunto de abejas que viven en un mismo lugar, están organizadas para sobrevivir y defenderse de los ataques de otras especies.
- Enjambre, es el conjunto de abejas que parte de una colonia y se establece en otro lugar, se hace extensivo a los conjuntos que prepara el apicultor.
- Colmena, es el sitio material donde vive la colonia de abejas, puede ser preparada por el hombre o puede ser un agujero natural.
- Opérculo, lámina que cubre una celda con una abeja en desarrollo (metamorfosis) o con miel.
- Desoperculado, recibe este nombre la operación de retirar o romper el opérculo, actividad que se hace con varios útiles.

Existen dos factores en la apicultura que al hombre, no le ha sido posible alterar y son: el clima que incide en la cantidad de alimento (néctar y polen) y los hábitos o la biología de la abeja.

### **1.3 ACTIVIDAD APÍCOLA EN EL PAÍS**

En los últimos años la apicultura ha incrementado en el Ecuador. Esto se debe a la toma de conciencia de las personas sobre las bondades que brindan los productos apícolas, aumentando su consumo. Esto motiva a los apicultores a tecnificarse.

Haciendo un pequeño análisis del flujo de néctar en las diferentes regiones del país, se concluye que es mayor en la Costa y en el Oriente; mientras que en la Sierra este flujo es cambiante. Pero, a pesar de que la miel obtenida en la Sierra es en menor volumen, es más apetecida que las anteriores, ya que la miel que se obtiene es de gran porcentaje de floración de eucalipto, trébol, alfalfa y frutales.

Además los apicultores están practicando la técnica de la apicultura migratoria, con la que logran aprovechar las diferentes floraciones.

La apicultura en el Ecuador todavía no disfruta de la atención pública que merece, a pesar de las buenas perspectivas y bondades de esta actividad.

## **1.4 EQUIPO PARA APICULTURA**

Con el pasar del tiempo el equipo de apicultura se ha desarrollado para ofrecer mayores seguridades en su uso y para realizar trabajos en el menor tiempo posible. Puede ser dividido en dos grupos:

1. Equipo personal
2. Equipo de trabajo

### **1.4.1 EQUIPO PERSONAL**

Para el manejo de las abejas es indispensable utilizar un equipo básico de protección contra las picaduras. El equipo se halla constituido por:

- Velo
- Casco plástico tipo minero
- Guantes
- Overol
- Botas

## 1.4.2 EQUIPO DE TRABAJO

Para el manejo de la colmena y sus productos es necesario poseer un equipo de trabajo conformado por:

- Ahumador
- Alimentadores
- Cepillo
- Cuadros o marcos
- Cuchillo para desopercular
- Estampadora de cera
- Extractor de cera
- Extractor de miel
- Pinza
- Soplador de abejas

Los cuadros tienen amplia relación con las dimensiones de los panales, por esta razón se hace una breve descripción.

### 1.4.2.1 Cuadros

Los cuadros están constituidos por cuatro listones de madera unidos en sus extremos formando un marco para sostener los panales.

Los cuadros que son móviles, se pueden retirar de la colmena, revisar, cambiar de colmena y permiten inspeccionar en forma completa el interior de la colmena<sup>1</sup>.

Algunos apicultores prefieren cuadros de 300 mm de lado, pero la mayoría prefieren utilizar cuadros con las dimensiones propuestas por Langstroth (longitud 448 mm y altura 232 mm) y Hoffman (longitud 448 mm y altura 285 mm).

---

<sup>1</sup> ROOT, El ABC y XYZ de la Apicultura, Editorial Hemisferio Sur, 1984, pg. 169

## 1.5 CLASIFICACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LAS ABEJAS

La abeja melífera es un insecto, cuyo género *Apis*, comprende cuatro especies de comportamiento social, las mismas que se citan a continuación:

1. *Apis florea*
2. *Apis dorsata*
3. *Apis cerana*
4. *Apis mellifera* L. (Lindauer, 1957)

La especie *Apis mellifera* L. corresponde a la abeja melífera utilizada para explotación comercial y se encuentra en zonas tropicales de Europa y África, de las que se extendieron al resto del mundo. Se conocen 23 razas o subespecies de *A. mellifera*.

A raíz de la introducción de la abeja africana en Brasil en 1956, con fines de investigación y mejoramiento genético y la diseminación al resto del continente, en la actualidad se tiene esta raza en el país. La zona de distribución de esta abeja (*Apis mellifera scutellata*), es desde los 35 ° de latitud norte hasta su similar paralelo en el sur. Es decir, en el continente americano desde la ciudad de los Ángeles en Estado Unidos hasta Buenos Aires en Argentina.

Dentro de una colonia de abejas se pueden encontrar entre 5000 y más de 30000 individuos, pero todo este conglomerado forma una sola entidad biológica. Esta comunidad se encuentra constituida por una abeja reina, zánganos y obreras, cada una de ellas con una labor determinada.

### 1.5.1 REINA

La tarea principal de la abeja reina es poner huevos. Nacen en unas celdillas llamadas "realeras", que son de mayores dimensiones que las normales y en forma de bellota. Las obreras alimentan esta larva con jalea real lo que hace que

sea fértil y se diferencie de las obreras normales. Solo subsiste una reina por cada colmena<sup>2</sup>.

La vida de una abeja reina puede ser de hasta 5 años, pero normalmente se sustituyen de forma natural a los dos o tres años.

### **1.5.2 ZÁNGANOS**

Los zánganos constituyen el elemento masculino de la colonia, nacen de huevos sin fecundar. Son de mayores dimensiones que las obreras, poseen un abdomen más redondeado, con ojos grandes y contiguos. Sus funciones aparte de fecundar a la reina son bastante discutidas, pero se piensa que ayudan a mantener el calor en la colmena.

### **1.5.3 OBRERAS**

Las obreras, desde que nacen van pasando por distintas tareas dentro de la colmena: hacer cera, limpiar, alimentar, guardias y finalmente pecoreadoras.

Las cereras construyen las celdas, las alimentadoras dan de comer a las larvas y a la reina, las limpiadoras libran de restos a la colmena, las guardianas son las encargadas de la protección y las pecoreadoras recogen néctar, polen y agua y los trasladan a la colmena.

Una obrera puede volar a unos 3 km de distancia, aunque normalmente no se alejan más de un kilómetro en busca de flores.

## **1.6 PANALES DE ABEJAS**

Un panal constituye una obra maestra de la naturaleza. La estructura de sus celdas es admirable, sus paredes son muy delgadas y frágiles, sin embargo,

---

<sup>2</sup> [http://www.infoagro.com/agricultura\\_ecologica/apicultura.asp](http://www.infoagro.com/agricultura_ecologica/apicultura.asp)

están construidas de tal forma que permiten almacenar una gran cantidad de miel y transportarla a varios kilómetros de distancia.

La principal finalidad de los panales es servir como cuna o albergue de las abejas durante su etapa larval o almacenar los alimentos (miel y polen).

Las abejas construyen el panal de arriba hacia abajo y se prolonga en forma de collar, obedeciendo la posición semicircular de las abejas en trabajo colectivo; durante el cual fabrican celdas de 6 lados, todas iguales y alineadas sin desperdicio de espacio. Cuando los panales alcanzan los 100 ó 120 mm de longitud, empiezan a ser llenados con alimentos y cría<sup>3</sup>.

La Figura 1.1 muestra las etapas de construcción de un panal.



**Figura 1.1** Construcción de un panal: **A)** Inicio del panal (parte superior del cuadro), **B)** Prolongación en forma de collar, **C)** Avance de la construcción de las celdillas y **D)** Llenado con recursos y cría.

<sup>3</sup> <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/medellin/b4040/lecciones/cap04/4-2.html>

El color blanco de los panales recién contruidos se vuelve oscuro con el paso del tiempo y cuando se usan para albergar a la cría, se tornan casi negros.

Cuando las abejas mueren de disentería (síntoma provocado por exceso de humedad, encierro prolongado, consumo de miel fermentada, etc.), por lo general los panales quedan manchados y malolientes, pero se los puede utilizar nuevamente debido a que las abejas no tardan en limpiarlos.

### **1.6.1 FORMA Y DIMENSIONES DE LAS CELDAS DE LOS PANALES**

Desde el primer momento, las abejas dan forma hexagonal a las celdas. Esta forma de las celdas, ya sean destinadas a albergar la cría o almacenar alimentos, permite una mayor economía tanto de espacio como de material.

La gran mayoría de las celdas de una colmena ocupan algo más de 5 mm, o más exactamente, en 10 mm caben 1.9 celdas. Estas celdas sirven para albergar la cría de obrera o para almacenar miel o polen. También se hallan en menor cantidad, otras celdas más grandes, de las que caben aproximadamente 1.6 celdas por centímetro; éstas sirven para albergar la cría de zángano o para almacenar miel (rara vez polen).

Además de las celdas de obreras y zánganos, las abejas, en ciertas circunstancias, construyen celdas reales.

El espesor de las paredes de las celdas varía de 0.0762 a 0.0508 mm<sup>4</sup>. Un panal de obrera recién construido mide 22.2 mm de espesor, éste puede aumentar hasta alcanzar 25.4 mm en panales viejos.

## **1.7 PRODUCTOS APÍCOLAS**

Los principales productos apícolas son:

---

<sup>4</sup> ROOT, El ABC y XYZ de la Apicultura, Editorial Hemisferio Sur, 1984, pg. 495



- Miel
- Cera de abejas
- Polen
- Propóleos
- Veneno de abejas (Apitoxina)
- Jalea real

### **1.7.1 MIEL**

La miel es una sustancia alimenticia espesa, dulce, no fermentada, producida por las abejas con el néctar de las flores o de secreciones azucaradas de las plantas; que ellas recolectan, transforman y combinan con sustancias específicas (fermentos y enzimas existentes en su tubo digestivo).

Según su presentación y obtención se distinguen:

1. Miel de panal o secciones
2. Miel decantada
3. Miel centrifugada
4. Miel prensada
5. Miel cremosa

El color de la miel puede variar desde prácticamente sin color a rojo oscuro, pasando por matices de amarillo.

La miel se emplea como alimento y remedio debido a sus propiedades antibacterianas y efectos positivos para el organismo. También tiene propiedades dermatológicas, empleándose tópicamente contra quemaduras y úlceras en la piel. En el desarrollo infantil, ejerce una buena influencia en la asimilación de calcio y de magnesio.

### **1.7.2 POLEN**

El polen o pan de abeja es fundamental en la alimentación de las larvas que van a originar las futuras obreras y en menor medida a los zánganos. Es un alimento muy proteico y sirve para prepara antialérgicos.

Para recolectar polen, se ubica en la piquera (agujero pequeño de las colmenas para que las abejas puedan entrar y salir) un aparato llamado "cazapolen", que consiste en una placa de metal o plástico con orificios de 4.5 milímetros que al ser atravesados por las abejas ocasiona que el polen caiga en un cajón.

Se recoge diariamente el polen para evitar su descomposición, luego se lo seca con aire caliente a 40 °C y evitar así que se fermente. Se reduce su contenido de humedad desde un 12 % hasta un 8 %. Finalmente se empaqueta en vacío y se conserva a una temperatura de 2 a 6 °C<sup>2</sup>.

### **1.7.3 PROPÓLEOS**

Es un material pegajoso, gomoso y resinoso que resulta por la recolección de resinas de los árboles y otra vegetación y su mezcla con cera en la colmena. Los propóleos evitan pérdidas de calor durante el invierno al depositarse sobre las grietas del nido o colmena.

Los propóleos se emplean en la fabricación de cosméticos, barnices, pinturas, medicamentos, etc. Poseen propiedades antisépticas, especialmente en infecciones de ojos, infecciones de garganta, úlceras, enfermedades del tracto urinario, dermatología, odontología, etc.

#### **1.7.4 VENENO DE ABEJA (APITOXINA)**

Las abejas almacenan el veneno en un saco, que se aloja en la base del aguijón. Una abeja recién nacida tiene muy poco veneno, pero aumenta gradualmente con la edad, hasta llegar a unos 0.3 mg.

La apitoxina se emplea en medicina por su poder antiartrítico y en la preparación de antialérgicos. Se produce en las glándulas situadas en la parte posterior del último segmento abdominal de la abeja<sup>2</sup>.

El veneno de abeja tiene propiedades bactericidas, hemolíticas, anticoagulantes y tónicas. Es el mayor vasodilatador conocido, fluidifica la sangre al ser anticoagulante, se le reconocen propiedades en casos de reumatismo y actualmente el veneno es utilizado de forma racional en algunos países.

#### **1.7.5 JALEA REAL**

La jalea real es segregada normalmente entre los 5–15 días de edad de las abejas obreras por medio de sus glándulas hipofaríngeas<sup>5</sup>. Es un alimento fundamental para las abejas reinas, larvas de obreras y zánganos.

Se debe preparar las colonias de una forma especial, para la producción de jalea real, existen útiles especiales para esta producción y requiere cuidados, un control de tiempos y visitas continuas a las colonias, así como una climatología adecuada. La jalea real que se obtiene debe ser almacenada en frascos oscuros y permanecer siempre en el frigorífico, para consumirla en pequeñas cantidades.

La cera de abejas y el proceso para estamparla se analizan en forma más completa y detallada a continuación, debido a que es el producto apícola a utilizar.

---

<sup>5</sup> DADANT, La Colmena y la Abeja Melífera, Editorial Hemisferio, 1975, pg. 701

## **1.8 CERA DE ABEJAS**

La cera de abejas es llamada cera blanca (cera alba) o cera amarilla (cera flava), también se la conoce como cera virgen.

### **1.8.1 PROCEDENCIA Y PREPARACIÓN**

La cera de abejas es una sustancia secretada por cuatro pares de glándulas ceríferas que se localizan del cuarto al séptimo segmentos del lado ventral del abdomen de las abejas obreras, con edad entre 12 a 18 días.

La cera es segregada en forma líquida y se endurece al contacto con el aire, formando pequeñas escamas blancas; poseen un diámetro de 0.6 a 1.6 mm con un peso promedio de 1.3 mg. Las escamas de cera se retiran del abdomen por medio de las patas traseras y son llevadas a las partes bucales, para ser amasadas, moldeadas y utilizadas en la construcción de los panales.

Para la secreción de cera es necesario tener en cuenta ciertos factores, como:

- Temperatura en el grupo de abejas de 33 a 36 °C
- Presencia de abejas obreras con edad de 12 a 18 días
- Alimentación abundante
- Necesidad de construir panales

Las temperaturas elevadas favorecen la secreción de cera. Existen temporadas y edades de las abejas, en las que producen mayor cantidad de escamas de cera, a veces es tan abundante que las escamas caen en el piso de la colmena.

Algunos apicultores estiman que para producir medio kilogramo de cera, las abejas consumen de 3 a 4 kilogramos de miel o jarabe.

## 1.8.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA

La composición química de la cera pura de abejas ha sido investigada detalladamente. Actualmente se conocen más de 300 componentes que pueden ser resumidos en:

- Monoésteres 35%
- Hidrocarbonato 14%
- Ácidos libres 12%
- Diésteres 14%
- Hidroxipoliésteres 8%
- Hidroximonoésteres 4%
- Triésteres 4%
- Ácidos poliésteres 2%
- Ácidos monoéteres 1%
- Material no identificado 7%

## 1.8.3 PROPIEDADES FÍSICAS

Las principales características de la cera de abejas son las siguientes:

- Sólido cuyo color varía de blanco, amarillo a pardo grisáceo.
- Bajo peso pero resiste tracciones o pesos relativamente importantes.
- Peso específico que oscila entre 0.96 y 0.972.
- La densidad varía entre 0.939 a 0.987.
- Se ablanda a 38 °C.
- El punto de fusión de la cera de abejas puede variar de 62 a 65 °C y el punto de la solidificación de 61.5 a 63 °C; evaporándose a 250 °C.
- Tiene un olor agradable parecido a la miel y un sabor leve característico.
- Fría es algo frágil y muestra una fractura no cristalina, opaca y granular.
- Insoluble en agua, levemente soluble en alcohol frío, parcialmente soluble en alcohol caliente y éter y completamente soluble en aceites fijos o

volátiles, cloroformo, éter, bencina (a 30°C), carburina y disulfuro de carbono (a 30°C).

- Buen aislante pero inflamable.

Durante su almacenaje a temperaturas frescas la cera desarrolla una sustancia polvorosa en su superficie, que se llama floración. Sus causas no se comprenden bien, pero bajo el microscopio se puede observar que tiene una estructura cristalina característica. Su punto de fusión (39°C) se halla por debajo de la cera<sup>6</sup>.

#### **1.8.4 EXTRACCIÓN Y ELABORACIÓN**

Los apicultores modernos obtienen cera de tres fuentes principales que son:

1. Los opérculos.
2. Los pedacitos de panal que se rasquetean de los cuadros y de la colmena.
3. Los panales viejos que ya no sirven.

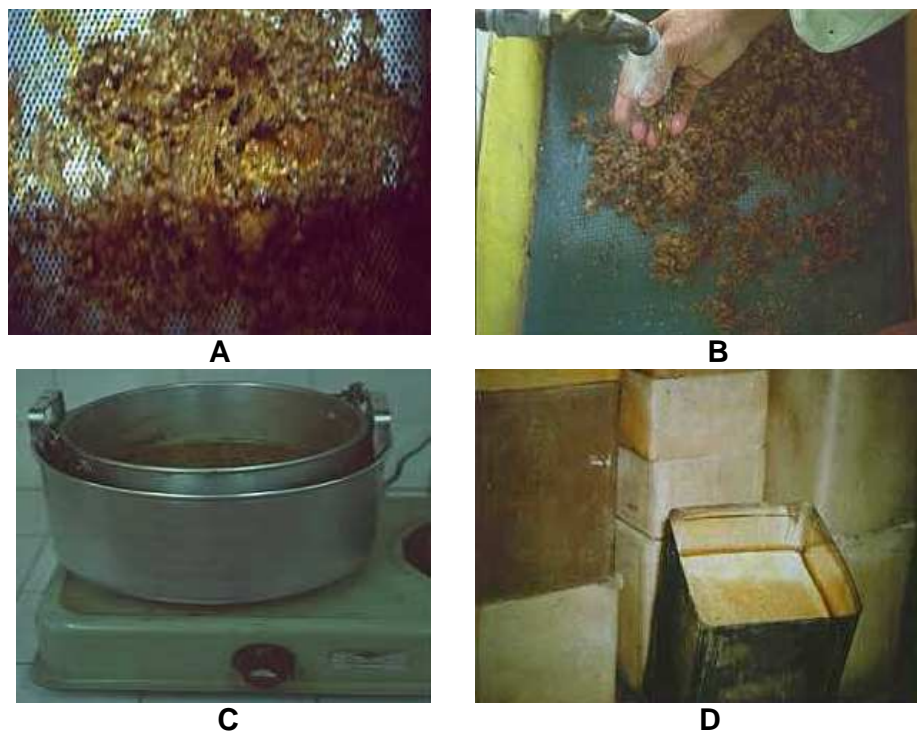
##### **1.8.4.1 Cera de opérculos**

La cera de opérculos es la de mejor calidad (color blanco o amarillo claro) y su extracción es indirecta, por lo tanto se debe manipular la cera de opérculos siempre por separado de las otras ceras que se obtienen de otras fuentes. Resulta de desopercular los panales con miel y dejarlos escurrir en el recipiente de desoperculación por 24 horas. Después de este tiempo, se los lava para retirar el untado de miel, que aún les queda, se los coloca en un recipiente con agua, a fuego lento para derretirlos y luego pasar a moldes de plásticos o de aluminio, para que se enfríen y formen bloques o tortas que se venden por kilogramos.

La Figura 1.2 muestra la cera de opérculos y algunos de los pasos para su elaboración.

---

<sup>6</sup> DADANT, La Colmena y la Abeja Melífera, Editorial Hemisferio, 1975, pg. 692



**Figura 1.2** Elaboración de la cera de opérculos: **A)** Producto de la desoperculación y filtrado de la miel, **B)** Limpieza del resto de unto de miel, **C)** Calentamiento del producto limpio y **D)** Ubicación en moldes de aluminio<sup>3</sup>.

El rendimiento en cera de opérculos, por tonelada de miel extraída, es de un promedio de 9 a 11 kilogramos, según la profundidad del corte al opercular. Muchas veces hasta el 50% del peso de los opérculos húmedos puede corresponder a la miel.

#### 1.8.4.2 Cera de los panales

Se debe procesar por separado la cera de los panales viejos y la cera de los panales nuevos. Los panales viejos producen poca cera y de calidad inferior.

En la Figura 1.3 se muestran panales nuevos y panales viejos.



**Figura 1.3** Panales: **A)** Panal viejo<sup>7</sup> y **B)** Panal nuevo<sup>3</sup>.

En porcentaje, se encuentra la mayor cantidad de cera en los rincones superiores del cuadro y la cantidad menor en el centro, debido a la acumulación de capullos en esa parte<sup>8</sup>.

En forma similar se encuentra que un panal nuevo pesa 25% más, después que nacen las crías; después del quinto ciclo de cría se duplica el peso; de 15 ciclos se triplica y después de 30 ciclos se tiene cuatro veces su peso inicial.

Los métodos para separar la cera de los panales incluyen los siguientes:

1. Método de colado simple
2. Método de cámara de cría sumergida
3. Método de bolsa de arpillera sumergida
4. Método de extracción solar
5. Método de prensado para cera caliente
6. Método de centrifuga calentada

#### ***1.8.4.2.1 Método de colado simple***

El colado simple, consiste en colocar pedazos de panal dentro de un recipiente con agua que se hace hervir lentamente y cuando están derretidos, se pasan por un cedazo de malla de alambre (espacios de 3 mm) hacia otro

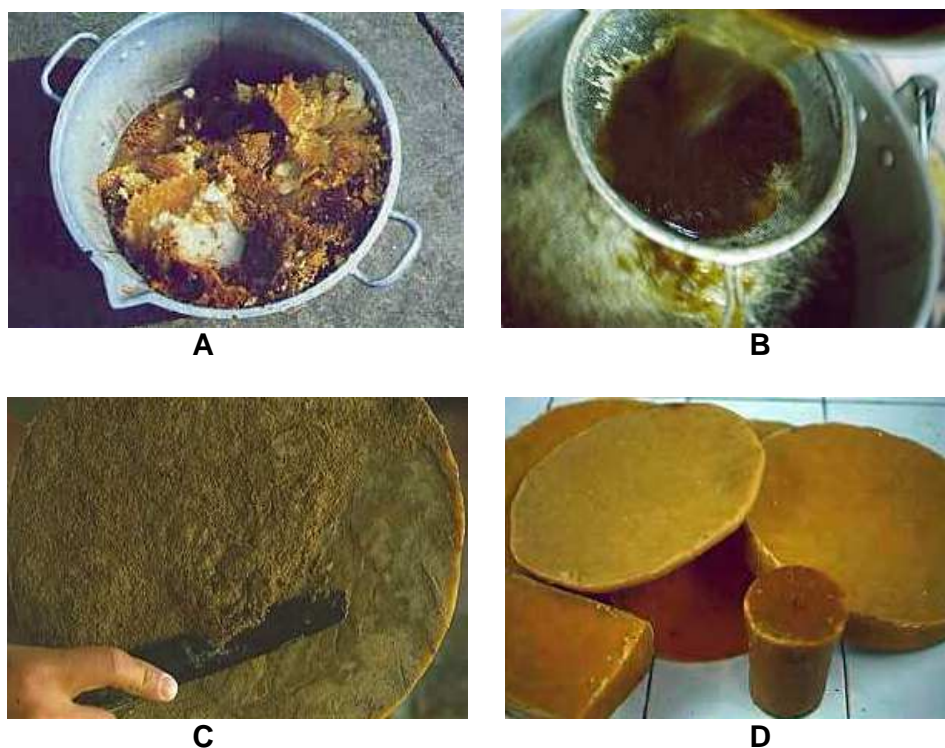
<sup>7</sup> <http://www.colmenaressuizos.com/Cera.html>

<sup>8</sup> DADANT, La Colmena y la Abeja Melífera, Editorial Hemisferio Sur, 1975, pg. 696



recipiente donde se dejan enfriar, hasta que la cera se endurezca y se pueda remover el bloque que se forma; para raspar luego las suciedades de la parte inferior del bloque y quedar lista para su venta o uso por parte del apicultor.

La Figura 1.4 muestra algunos pasos para la extracción de cera mediante el método de colado simple.



**Figura 1.4** Pasos del colado simple: **A)** Recolección y colocación de pedazos de panal, **B)** Filtración en un cedazo, **C)** Retiro de suciedades de la parte inferior del bloque, **D)** Producto terminado<sup>3</sup>.

#### ***1.8.4.2.2 Método de cámara de cría sumergida***

El cuerpo de una colmena se llena con panales en sus marcos, se tapa de arriba y de abajo con un tejido de alambre (malla 3 mm) y se sumerge por varios minutos o por varias horas en un tanque lleno de agua, que lentamente se hace

hervir; luego se enfría. Se retira la cera una vez que se endurece en la superficie del agua<sup>7</sup>.

#### ***1.8.4.2.3 Método de bolsa de arpillera sumergida***

Se colocan pedazos cortados, partidos o quebrados de panal en una bolsa de arpillera (tejido por lo común de estopa muy basta) con una pesa y se sumerge en un tanque de agua que se hace hervir lenta y controladamente. Se agita la bolsa con un palo para que la cera flote hacia arriba. Este método se ha vuelto bastante popular.

#### ***1.8.4.2.4 Método de extracción solar***

El extractor solar de cera solamente extrae de 20 a 50 por ciento de cera de panales viejos, pero tiene la ventaja que su uso es de bajo costo.

Consiste en un cajón de madera, con las paredes interiores pintadas de negro mate e internamente forrado en acero galvanizado o papel de aluminio y cubierto con una tapa de vidrio; que puede inclinarse en dirección de los rayos solares y un recipiente con agua en el extremo inferior para recoger la cera derretida.

La operación de extracción consiste en colocar los cuadros con los panales en la parte superior y esperar que el calor producido por los rayos solares, derrita la cera; que corre hacia abajo y se acumula en la cisterna de desagüe donde se enfría y endurece formando un bloque.

La Figura 1.5 muestra las partes de un extractor solar de cera y el producto final que se obtiene mediante este método.



**Figura 1.5** A) Partes del extractor solar, B) Bloque de cera obtenido mediante extracción solar<sup>3</sup>.

#### *1.8.4.2.5 Método de prensado para cera caliente*

Es indudablemente el método más eficiente para extraer cera.

Se rompen los panales para poner en remojo en agua caliente por un día previo al prensado, para soltar el polen y otros materiales de desperdicio. Luego se colocan en una bolsa de arpillera dentro de la prensa de cera. Se llena la prensa con agua caliente. Intermitentemente se aplica presión a la bolsa desde el tornillo que se encuentra encima de la prensa, para soltar la cera, que flota hacia arriba. Toda la operación requiere varias horas<sup>9</sup>.

#### *1.8.4.2.6 Método de centrifuga calentada*

Este método, usa el principio de la fuerza centrífuga y vapor caliente para extraer cera de los desperdicios. Es muy eficiente, pero demasiado trabajoso y sucio.

Los apicultores que no tienen los medios para extraer cera del panal pueden derretirlos simplemente en agua caliente y colocar el material en recipientes para su envío a centros comerciales de extracción de cera.

<sup>9</sup> DADANT, La Colmena y la Abeja Melífera, Editorial Hemisferio Sur, 1975, pg. 697

De los métodos para obtener cera de los panales, se considera más viables, por facilidad y costos a los métodos de: colado simple y extracción solar.

#### **1.8.4.3 Blanqueo de la cera de abejas**

El método de blanqueo de la cera de abejas es un proceso difícil y además destruye en gran parte el aroma original.

El blanqueo puede ser por radiación solar, productos químicos o varios métodos combinados. Para un blanqueo al sol se expone la cera en forma de raspaduras finas en recipientes llenos de agua. Los productos químicos para el blanqueo incluyen bicromatos, permanganatos, peróxidos y compuestos de cloro<sup>10</sup>.

La cera destinada a usos apícolas, no es mejor por haberla blanqueado; la cera amarilla es más dúctil y más fácil de trabajar.

#### **1.8.5 USOS DE LA CERA**

Desde la antigüedad se conocen algunas propiedades terapéuticas de la cera de abejas como: que ablanda tumores duros, que la cera succiona los venenos. Por esto se aplicaba en forma de pomada en las heridas ocasionadas por flechas envenenadas.

En la actualidad, la cera de abejas tiene un amplio mercado; a continuación se mencionan los usos más importantes en las diferentes industrias.

La industria de cosméticos es el mayor y más importante consumidor de cera de abejas, donde se la emplea en las fórmulas de muchas cremas de belleza, lociones, pomadas, lápices labiales, etc.

---

<sup>10</sup> DADANT, La Colmena y la Abeja Melífera, Editorial Hemisferio Sur, 1975, pg. 699

La industria de velas, ocupa el segundo lugar en consumir cera de abejas.

La tercer industria que tiene un gran consumo de cera es la misma industria apícola, en forma de hojas o láminas de cera estampada.

En odontología la cera de abejas se utiliza para impresión y para placas base.

## **1.9 CERA DE ABEJAS ESTAMPADA**

La cera estampada consiste en una hoja de cera pura de abejas, impresa con figuras hexagonales en alto relieve en ambos lados. Constituye la base, los cimientos o el esqueleto del panal.

El mérito de la invención o del descubrimiento, consistió en darse cuenta que las abejas aceptaron este producto fabricado por el hombre.

### **1.9.1 HISTORIA DE LA INVENCION DE LA CERA ESTAMPADA**

Se atribuye la invención de la cera estampada al alemán Mehring, en 1857; su producto rudimentario, solo presentaba la marca del fondo de las celdas, sin pared alguna.

En 1861, Samuel Wagner, perfecciona el invento de Mehring agregando la parte inferior de las paredes de la celda. Wagner fue el primero en concebir la idea de fabricar la cera estampada con la ayuda de rodillos grabados. Pero nunca puso en práctica su idea.

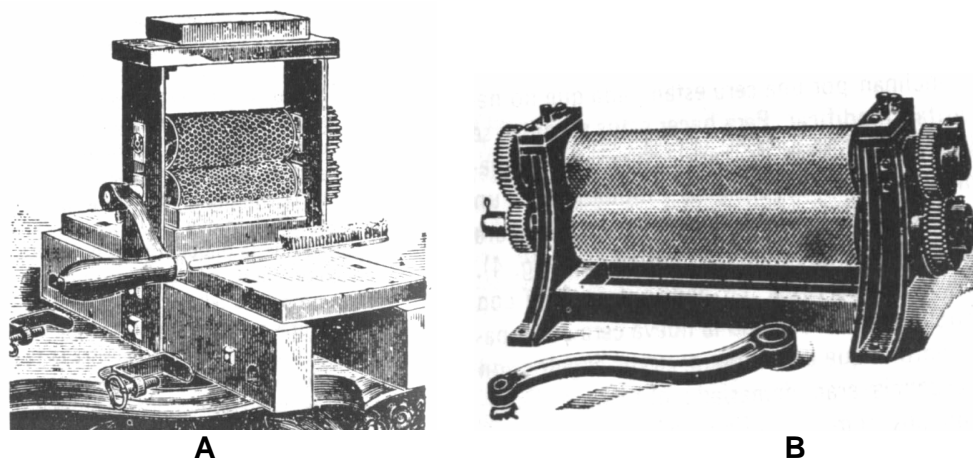
#### **1.9.1.1 Rodillos para estampar cera**

Los hermanos King en 1866, y Frederis Weiss en 1874, fabricaron rodillos para estampar cera, pero el producto era muy tosco. En 1875, Root y Washburn,

desarrollan una máquina a rodillos que estampaba cera de abejas con precisión y rapidez, pero las celdas eran pequeñas.

Por esta misma época, Van Deusen construye una máquina que produce láminas más delgadas de cera estampada que no correspondían a su forma natural y le incorporaba alambre fino. Las abejas reconstruían las bases, pero no aceptaban con facilidad esta cera estampada.

En la Figura 1.6 se muestran las antiguas y las modernas estampadoras de rodillos para cera de abejas.



**Figura 1.6** Estampadoras de rodillos: **A)** Estampadora de cera original de Washburn y **B)** Rodillos para estampar cera de tipo estándar<sup>11</sup>.

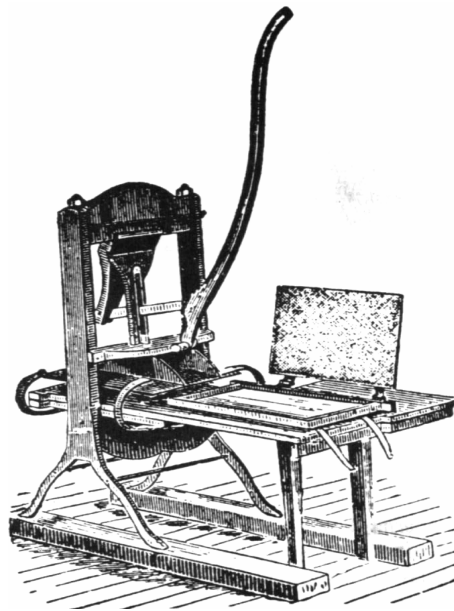
### 1.9.1.2 Prensas planas para estampar cera

Mientras se perfeccionaba la estampadora de cera de Root-Washburn, aparece la prensa Given, de matriz plana. Esta prensa podía estampar la cera directamente sobre los alambres del cuadro. Las abejas labraban la cera con rapidez; debido a que existía un excedente de cera en las bases, que las abejas aprovechaban.

<sup>11</sup> ROOT, El ABC y XYZ de la Apicultura, Editorial Hemisferio Sur, 1984, pg. 104

Esta cera estampada daba origen a panales excelentes, pero era muy costosa comparada con la fabricada con máquinas a rodillos, por lo que desapareció del mercado.

La Figura 1.7 muestra un modelo de estampadora tipo prensa para cera de abejas.



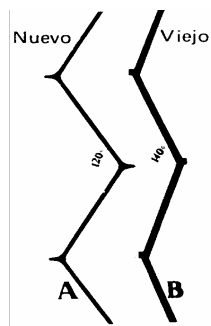
**Figura 1.7** Prensa Given para estampar cera<sup>10</sup>.

En 1921, la empresa A. I. Root construye una prensa plana para fabricar cera estampada con base de madera; dicha cera no dio resultado, debido a que las abejas la roían hasta llegar a la madera.

### **1.9.2 ANGULOS CORRECTOS EN LA BASE DE LAS CELDAS**

En los últimos años se ha perfeccionado la precisión de las matrices, en especial para el fondo de las celdas. En la Figura 1.8 B se muestra un corte longitudinal de la cera estampada antigua, con bases gruesas y ángulos más abiertos que las celdas naturales.

La Figura 1.8 A, representa la cera estampada moderna, con menor cantidad de cera en las bases y un ángulo similar al de las celdas naturales. Las abejas demostraron su preferencia por el ángulo más agudo ilustrado en la Figura 1.8 A.



**Figura 1.8** Cera estampada: **A)** Moderna y **B)** Antigua<sup>12</sup>.

### 1.9.3 VENTAJAS DE LA CERA ESTAMPADA

Muchos problemas de la apicultura se resolvieron con la introducción de la cera estampada. A continuación se mencionan algunos de los beneficios que ofrece la cera estampada a la apicultura moderna.

Se obtienen panales derechos que permiten una manipulación fácil y rápida de las colonias y todos los panales de celdas de abejas obreras.

Colocando en el cuadro una delgada franja de cera de abejas, aunque no sea estampada, las abejas inician la construcción del panal en una línea media por debajo del cabezal; empleando una hoja entera de cera de abejas estampada, el panal no solo resulta perfectamente derecho, sino que además todas sus celdas serán para abejas obreras.

Al eliminar los zánganos por medio de la cera estampada, se aumenta la capacidad de trabajo efectivo de las colonias y el rendimiento en la producción de miel.

<sup>12</sup> ROOT, El ABC y XYZ de la Apicultura, Editorial Hemisferio Sur, 1984, pg. 106



#### **1.9.4 DISTINTOS ESPESORES DE CERA ESTAMPADA**

Existen tres clases de cera estampada de distintos espesores, de acuerdo con la aplicación que se le va a dar:

1. Cera estampada para alzas melarias
2. Cera estampada para cámara de cría
3. Cera estampada reforzada

La primera se usa en las alzas para secciones de miel en panal. Viene en dos tipos: delgada y muy delgada.

La cera para cámara de cría está destinada a los cuadros de tamaño estándar; en 1 kg entran de 14 a 15 hojas.

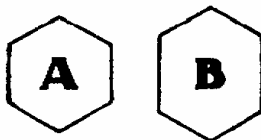
La tercera es la cera estampada reforzada triple o alambrada, de la cual entran de 15 a 16 hojas por kilogramo. Esta lámina no se fabrica en el país.

#### **1.9.5 INTENTOS PARA EVITAR QUE LA CERA ESTAMPADA SE DEFORME**

La lámina de cera estampada sufre una leve dilatación en sentido horizontal y una gran expansión en forma vertical, hacia abajo, debido al efecto de la fuerza de gravedad; la mayor deformación se produce en épocas calurosas una vez contruidos los panales y llenos de miel.

El peso de la miel, combinado con la temperatura interna de la colmena, provoca una leve distorsión de la zona del panal ubicada a unos 50 – 80 mm por debajo del cabezal (listón superior) del cuadro. Las celdas de la hilera superior, en lugar de ser hexagonales, presentan los dos lados verticales más largos.

En la Figura 1.9 se aprecia la diferencia de la deformación del hexágono.



**Figura 1.9** Celdas del panal: **A)** Celda adecuada **B)** Celda deformada<sup>13</sup>.

La consecuencia final de la deformación de estas celdas es la reducción del espacio destinado a la cría aproximadamente en un 20%.

Se pusieron en práctica diversos métodos para evitar tanto el problema de la deformación de las celdas, como el de la rotura de los panales. Uno de los primeros fue el de agregar a la cera estampada un refuerzo interno; los materiales empleados fueron: papel, hojalata, tela, madera, tejido metálico y celofán<sup>13</sup>.

Entre los primeros tipos de cera estampada que se fabricaron se cuenta la de Van Deusen, reforzada con alambre. Este iba incrustado dentro de hojas de cera con el dibujo del fondo de las celdas, pero sin relieve; finalmente desapareció del mercado.

#### **1.9.5.1 Alambrado de los cuadros para evitar que se deformen los panales**

A principios de la década de 1870, Root, concluye que la solución del problema consistía en estirar alambres, en forma vertical y diagonal, a través del cuadro. Luego incrustar una hoja de cera estampada en estos alambres. Fue la primera tentativa exitosa para lograr un panal reforzado que estuviera bien sostenido dentro del cuadro.

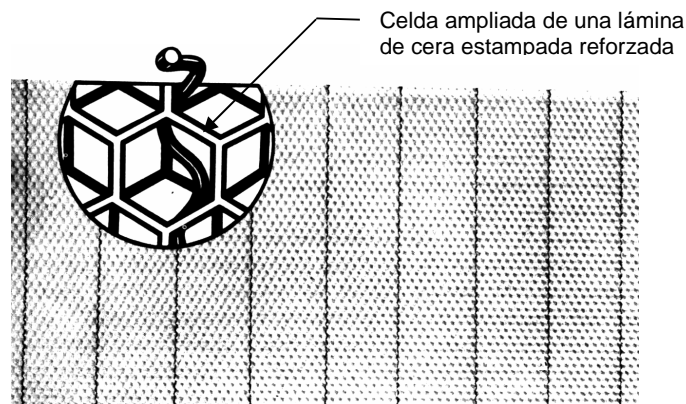
#### **1.9.6 CERA ESTAMPADA REFORZADA**

En 1921 se comenzó a usar por primera vez en la práctica cera estampada reforzada para cuadros de cámara de cría y para el extractor, cuando Dadant &

<sup>13</sup> ROOT, El ABC y XYZ de la Apicultura, Editorial Hemisferio Sur, 1984, pg. 110

Sons perfeccionaron el método de alambrado que consistía en alambre ondulado tejido a máquina verticalmente en la cera<sup>14</sup> (Figura 1.10).

Los alambres ondulados resultaron mejor que los rectos. Son suficiente 9 o 10 alambres ondulados colocados en sentido vertical, a unos 5 cm uno de otro.



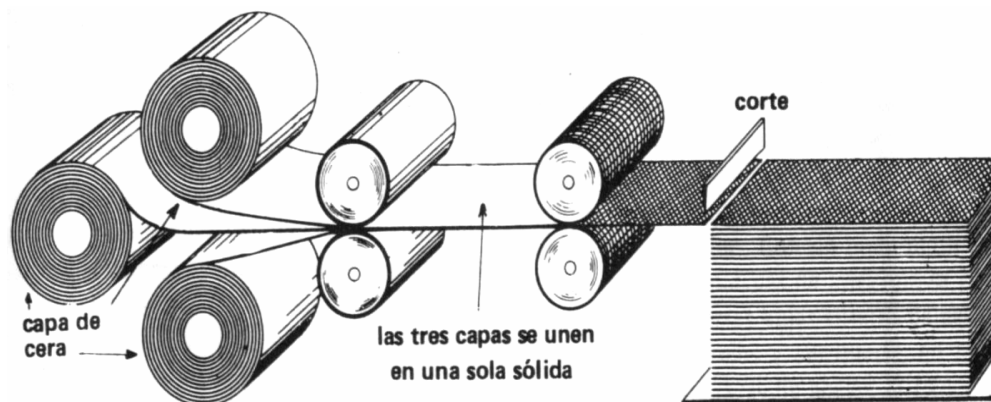
**Figura 1.10** Hoja de cera estampada con alambre ondulado<sup>13</sup>.

En 1922, la empresa The A. I. Root Co. perfecciona un procedimiento para reforzar la cera estampada.

La cera estampada de Root constaba de tres capas o láminas de cera prensadas. En un principio, las capas externas eran de cera pura de abejas y la capa central, de cera de abejas con un agregado de cera vegetal, para darle mayor resistencia. Actualmente, las tres capas son de cera pura de abejas, pero se la somete a un proceso especial para reforzarla.

Las tres láminas de cera de abejas se pasan juntas por la prensa estampadora, formando una sola hoja compacta y resistente (Figura 1.11).

<sup>14</sup> DADANT, La Colmena y la Abeja Melífera, Editorial Hemisferio Sur, 1975, pg. 409



**Figura 1.11** Fabricación de la cera estampada de tres capas<sup>15</sup>.

Con los dos procedimientos mencionados para reforzar la cera estampada se obtienen excelentes panales. Especialmente con la de tres capas, se obtienen panales lisos como una tabla, y enteramente formados de celdas de obrera.

#### 1.9.6.1 Cera estampada con una capa central de aluminio o de plástico

En la actualidad también se fabrica cera estampada con una capa central formada por una lámina delgada de aluminio o de plástico. Esta base se baña con cera líquida y luego se pasa por una máquina estampadora.

Los materiales plásticos más apropiados son el poliestireno y el acetato, pues al estar estabilizados evitan que la cera estampada se deforme dentro de la colmena.

También se fabricaron panales totalmente de plástico, sin nada de cera de abeja, con materiales tales como la baquelita o el polietileno de alta densidad, pero su principal desventaja radica en su costo elevado.

<sup>15</sup> ROOT, El ABC y XYZ de la Apicultura, Editorial Hemisferio Sur, 1984, pg. 113

## **CAPÍTULO 2**

### **ESTUDIO DE ALTERNATIVAS Y PROTOCOLO DE PRUEBAS**

#### **2.1 INTRODUCCIÓN**

Este capítulo estudia las alternativas para el diseño y construcción del prototipo apropiado para laminar y estampar de forma continua cera de abejas.

#### **2.2 PARÁMETROS Y REQUERIMIENTOS FUNCIONALES**

Un adecuado diseño debe satisfacer los requerimientos funcionales, es decir, la laminadora estampadora continua para cera de abejas debe cumplir la función para la cual es diseñada.

Entre los principales requerimientos funcionales se tiene:

- La máquina debe laminar y estampar cera de abejas de forma continua.
- La cera de abejas se debe tratar como un producto alimenticio, razón por la cual, los materiales que se escojan deben cumplir las normas establecidas para alimentos.
- Las dimensiones de la maquina no deben superar los 2000 mm de largo, 1000 mm de ancho y 1200 mm de altura, por el área física disponible.
- La máquina debe ser operada por una sola persona.
- La laminadora estampadora continua para cera de abejas, debe ser de fácil operación, montaje, desmontaje y que el mantenimiento de las partes pueda realizarse con comodidad y rapidez.

## **2.3 PARÁMETROS DE DISEÑO**

Dentro de los parámetros de diseño se considera algunos puntos que son parte fundamental para el diseño y construcción de la laminadora estampadora continua para cera de abejas como son:

- De investigaciones de campo se ha determinado que la velocidad de estampado se halla entre 4000 y 5000 mm/min por lo que para el diseño del presente prototipo se fija la capacidad de diseño con 4500 mm/min. En el mercado se consigue moto-reductores estampadores con características similares.
- El ancho de la lámina de la cera estampada es de 320 mm.
- La temperatura de la cera líquida al inicio del proceso varía entre 65 y 70°C.
- La temperatura de trabajo de la cera laminada varía entre 27 y 30°C.
- El espesor de la cera laminada varía entre 2 y 2.5 mm.

## **2.4 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS Y CRITERIO DE PONDERACIÓN**

Los factores principales que influyen en la selección de la alternativa más conveniente son:

- Aspecto económico
- Facilidad de montaje y desmontaje
- Facilidad de construcción
- Facilidad de operación
- Precisión en el grabado de las celdas
- Mantenimiento
- Versatilidad

#### **2.4.1 ASPECTO ECONÓMICO**

El aspecto económico salvo pocas excepciones, siempre es importante en el diseño, ya que de nada sirve crear proyectos grandes si en la práctica no se realizan por su elevado costo. Para la determinación del costo del prototipo son factores predominantes el número de piezas a construir y la manera de fabricarlas. Se pondera este factor con un valor de 7.

#### **2.4.2 FACILIDAD DE MONTAJE Y DESMONTAJE**

La facilidad de montaje y desmontaje, es proporcional al número de piezas y a la complejidad de las mismas; para la ponderación de este factor se designa un valor de 8 a la mejor alternativa.

#### **2.4.3 FACILIDAD DE CONSTRUCCIÓN**

La facilidad de construcción se refiere a las posibilidades de construir las partes de la máquina. Este parámetro está relacionado directamente con la disponibilidad de los materiales en el mercado y el tipo de máquinas herramientas que existen en el taller mecánico donde se construye. Se pondera este factor con un valor de 9.

#### **2.4.4 FACILIDAD DE OPERACIÓN**

Es una característica importante en la cual se debe tomar en cuenta a las personas que van a trabajar con la máquina es decir a los usuarios de la misma, en este caso se habla de apicultores que no tendrán un alto conocimiento sobre mecanismos o sistemas mecánicos. Se pondera este factor con un valor de 8.

#### **2.4.5 PRECISIÓN EN EL GRABADO DE LAS CELDAS**

Este parámetro es de gran importancia ya que la mayoría de apicultores requieren de cera estampada con celdas para cría de abejas obreras. Si las celdas son de dimensiones diferentes a las requeridas no solo se obtienen abejas obreras sino que también existen un gran número de zánganos. Se pondera este factor con un valor de 10.

#### **2.4.6 MANTENIMIENTO**

Cualquier persona antes de adquirir un determinado equipo, artefacto, etc., se interesa en conocer cual será el tipo de mantenimiento que se debe darle, cada que tiempo tendrá que hacerlo y cuanto se significa económicamente. Estos justificados razonamientos hacen que el mantenimiento de un equipo sea un parámetro de diseño a tomarse en cuenta. Se pondera este factor con un valor de 7.

#### **2.4.7 VERSATILIDAD**

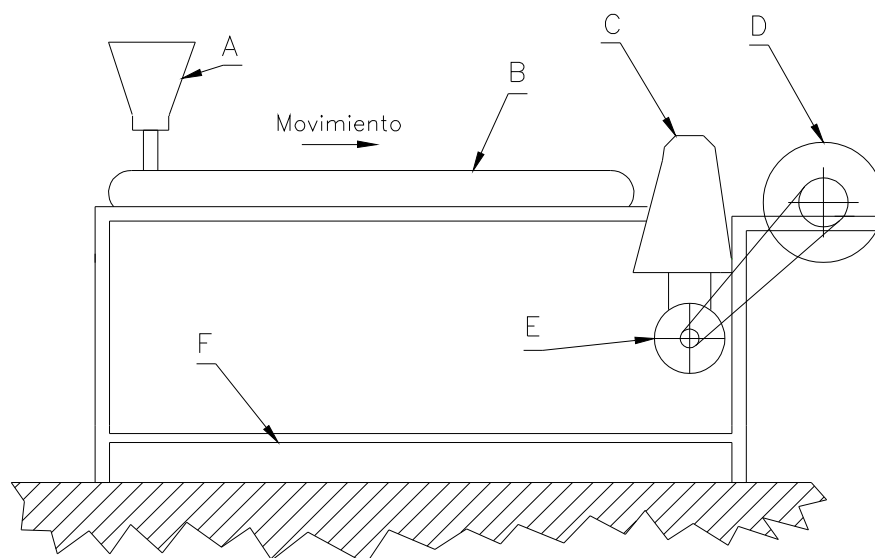
Se refiere a que el prototipo no solamente va ha producir láminas de cera estampada con dimensiones definidas sino también podrá producir láminas de diferentes medidas. Se pondera este factor con un valor de 8.

### **2.5 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS**

Las alternativas que se plantean a continuación son el resultado de algunas ideas dirigidas a resolver el principal problema de la máquina, es decir, el procedimiento a seguir para laminar, estampar y bobinar la cera de abejas.

A continuación se presenta en la Figura 2.1 el esquema aproximado de la laminadora estampadora continua para cera de abejas con sus sistemas más relevantes.





**Figura 2.1** Esquema de una laminadora estampadora continua

- A. Sistema de almacenamiento y dosificación
- B. Sistema de transporte y laminación
- C. Sistema de estampado
- D. Sistema de bobinado
- E. Sistema de transmisión de potencia y movimiento
- F. Sistema estructural

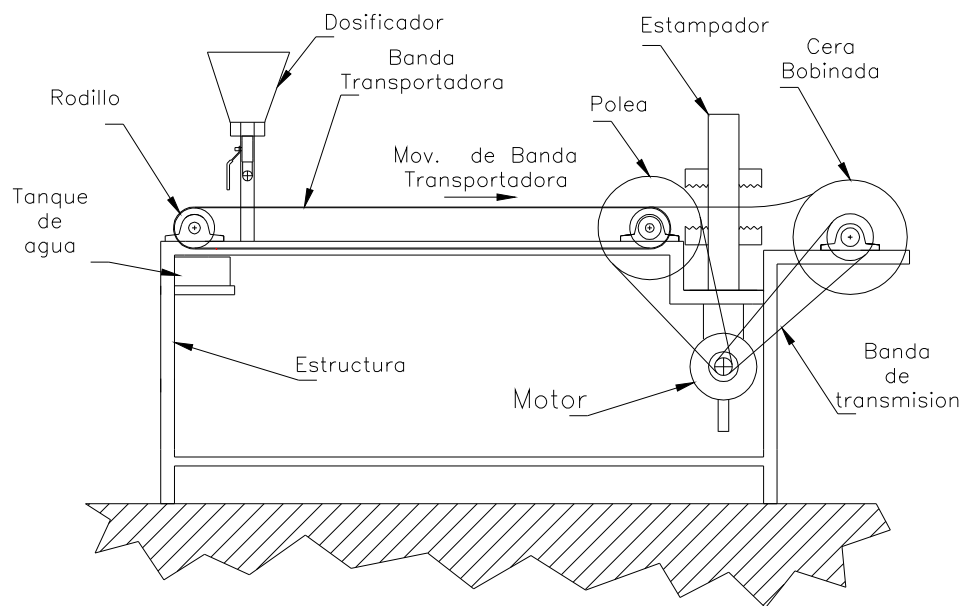
Para el presente proyecto se determinan dos alternativas que son:

- a) **Alternativa 1:** Laminadora estampadora continua para cera de abejas tipo prensa.
- b) **Alternativa 2:** Laminadora estampadora continua para cera de abejas de rodillos.

### 2.5.1 ALTERNATIVA 1: LAMINADORA ESTAMPADORA CONTINUA PARA CERA DE ABEJAS TIPO PRENSA

En esta alternativa, la cera de abejas purificada en estado líquido se almacena en un tanque, desde donde se alimenta al sistema de transporte. La lámina de cera formada pasa entre las prensas planas que tienen un cierre intermitente para labra la cera con celdas para cría de abejas obreras y finalmente se forma rollos de la cera estampada.

La Figura 2.2 presenta las partes principales de las cuales está compuesta la Laminadora estampadora continua para cera de abejas tipo prensa.



**Figura 2.2** Esquema de la laminadora estampadora tipo prensa.

#### 2.5.1.1 Ventajas

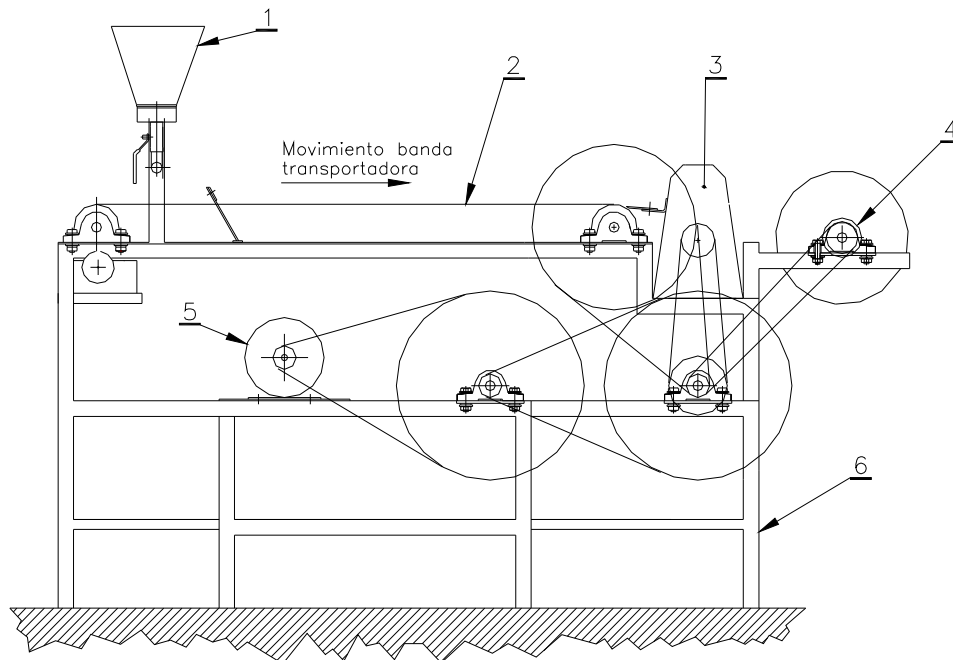
- El costo de las matrices planas para grabar las celdas en la cera de abejas es menor al costo de los rodillos labrados.
- Este tipo de matrices planas para estampar es posible fabricar localmente.

### 2.5.1.2 Desventajas

- La fabricación de cera estampada mediante este proceso es intermitente por lo que no es recomendable para producción comercial.
- No es posible estampar toda la superficie de la lámina de cera.
- No se optimiza los recursos materiales y humanos.
- El tiempo para estampar una determinada cantidad de láminas es mayor con relación a la estampadora de rodillos.
- Es difícil controlar la presión de estampado sobre la lámina.

### 2.5.2 ALTERNATIVA 2: LAMINADORA ESTAMPADORA CONTINUA PARA CERA DE ABEJAS DE RODILLOS

Las dos alternativas tienen el mismo principio de funcionamiento con la diferencia que en esta alternativa, el proceso de grabado sobre la lámina de cera de abejas se realiza mediante un par de rodillos labrados que giran continuamente. En la figura 2.3 se presenta el esquema de esta alternativa.



**Figura 2.3** Esquema de la laminadora estampadora tipo prensa.

1. Dosificador
2. Banda transportadora
3. Estampador
4. Bobinador
5. Motor
6. Estructura

#### **2.5.2.1 Ventajas**

- Se puede estampar toda la superficie de la lámina de cera de abejas, dando como resultado un mayor aprovechamiento de la materia prima.
- El grabado de las celdas sobre la lámina de cera de abejas es de alta calidad.
- Se puede realizar una producción a gran escala.
- Se optimiza los recursos materiales y humanos.
- El proceso de estampado es completamente continuo.

#### **2.5.2.2 Desventaja**

- El costo de los rodillos labrados es mucho mayor al costo de las matrices planas.

## **2.6 SELECCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS**

Para la selección de la alternativa a construir, se procede a calificar cada una de las alternativas planteadas, en base en los factores que influyen en la selección, descritos en la sección 2.4.

En la Tabla 2.1 se presenta la valoración de las alternativas.

**Tabla 2.1** Selección de alternativas

<b>PARAMETROS DE COMPARACION</b>	<b>ALTERNATIVA MODELO</b>	<b>ALTERNATIVA 1</b>	<b>ALTERNATIVA 2</b>
Facilidad de montaje y desmontaje	8	6	7
Facilidad de construcción	9	5	7
Facilidad de operación	8	6	6
Precisión en el grabado de las celdas	10	5	9
Mantenimiento	7	4	6
Versatilidad	8	3	6
Costo	7	5	4
<b>Suma</b>	<b>57</b>	<b>34</b>	<b>45</b>
<b>Valores técnicos <math>x=z/z_i</math></b>	<b>1</b>	<b>0.59</b>	<b>0.78</b>

**Fuente:** Propia

**Elaborado:** Guanín, Llumiquinga

Donde:

Z = puntaje de las alternativas

Z<sub>i</sub> = puntaje del modelo ideal

De lo expuesto anteriormente y según la Tabla 2.1 se elige la ALTERNATIVA 2; la que consiste en una laminadora estampadora continua por rodillos como la mejor opción. Esta alternativa será objeto de diseño y construcción de la presente tesis.

## **2.7 PROTOCOLO DE PRUEBAS**

Una vez terminada la construcción de la laminadora estampadora continua para cera de abejas se deben realizar una serie de pruebas que verifiquen la funcionalidad del prototipo.

En el protocolo de pruebas se verifican los siguientes aspectos: control de las dimensiones, prueba de funcionamiento en vacío, prueba de funcionamiento con carga, capacidad y espesor de la lámina de cera.

Para realizar las diferentes pruebas se utilizan instrumentos de medida y verificación como: flexómetro y calibrador pie de rey.

### 2.7.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MECANISMOS

Realizar las mediciones pertinentes en la laminadora estampadora continua para cera de abejas construida, para comparar con las dimensiones de la máquina diseñada y de esta forma realizar el montaje sin problema alguno.

**Tabla 2.2** Verificación de las dimensiones principales

DIMENSIONES PRINCIPALES				
DIMENSIÓN	Diseño	Prototipo	Aceptación	
			Si	No
Largo total [mm]				
Ancho total [mm]				
Altura total [mm]				

**Fuente:** Propia

**Elaborado:** Guanín, Llumiquinga

### 2.7.2 VERIFICACION DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES

Se verifican varios componentes que por su importancia en el funcionamiento del prototipo requieren ser probados antes de iniciar el trabajo real.

**Tabla 2.3** Verificación de los componentes principales

<b>VERIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES</b>			
<b>ELEMENTO</b>	<b>Bueno</b>	<b>Regular</b>	<b>Malo</b>
Funcionamiento del motor			
Control del estado de la banda transportadora			
Control del labrado de los rodillos estampadores			

**Fuente:** Propia

**Elaborado:** Guanín, Llumiquinga

### 2.7.3 TRABAJO EN VACÍO DE LA LAMINADORA ESTAMPADORA CONTINUA

En esta prueba se verifica el normal funcionamiento de la laminadora estampadora continua en vacío, es decir sin carga de cera de abejas.

**Tabla 2.4** Trabajo en vacío de la laminadora estampadora continua

<b>SISTEMA O ELEMENTO</b>						
<b>Tiempo [min]</b>	<b>Sistema de transmisión de movimiento</b>		<b>Banda transportadora</b>		<b>Sistema de estampado</b>	
	Falla	No falla	Falla	No falla	Falla	No falla
15						
30						
45						
60						

**Fuente:** Propia

**Elaborado:** Guanín, Llumiquinga

### 2.7.4 VERIFICACIÓN DEL ESPESOR DE LA CERA LAMINADA

En esta prueba se verifica el espesor de la cera laminada.

**Tabla 2.5** Espesores de la cera laminada de abejas

<b>ESPEJOR DE LA CERA DE ABEJAS</b>		
<b>Nº</b>	<b>Longitud</b>	<b>Espesor</b>
1		
2		
3		
4		
<b>Espesor promedio</b>		

**Fuente:** Propia

**Elaborado:** Guanín, Llumiquinga

### 2.7.5 TRABAJO CON CARGA DEL PROTOTIPO

En esta prueba se verifica la capacidad de producción de la lámina de cera estampada.

**Tabla 2.6** Trabajo con carga del prototipo

<b>PRODUCCION DE CERA ESTAMPADA</b>					
<b>Tiempo (min)</b>	<b>Longitud laminada (m)</b>	<b>Longitud estampada (m)</b>	<b>Calidad de estampado</b>		<b>Capacidad de estampado/min</b>
			Buena	Mala	
<b>Capacidad promedio</b>					

**Fuente:** Propia

**Elaborado:** Guanín, Llumiquinga



## CAPÍTULO 3

### DISEÑO DE ELEMENTOS A CONSTRUIRSE Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS NORMALIZADOS

#### 3.1 DIMENSIONAMIENTO DE LA MÁQUINA

Para establecer las dimensiones de la máquina se debe considerar aspectos técnicos y humanos; relacionados con el espacio físico y condiciones de trabajo del prototipo. Se determinan las siguientes dimensiones:

Longitud:	1700 mm
Alto:	1100 mm
Ancho:	690 mm

#### 3.2 DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL EJE-PIÑÓN A CONJUGAR CON EL ESTAMPADOR

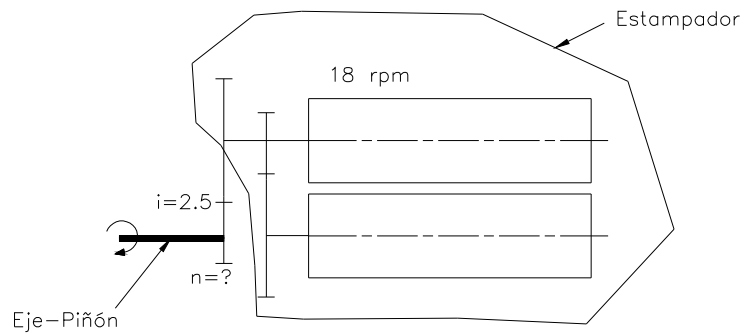
Se dispone de un moto-reductor estampador con una velocidad tangencial de 4500 mm/min. Y una velocidad angular de 18 rpm, se comienza el diseño a partir de estos parámetros.

Con los datos de velocidad y número de dientes de los engranes ( $n_2 = 18$  rpm,  $N_1 = 21$  y  $N_2 = 51$ ) de los rodillos estampadores, se determina la velocidad del eje-piñón.

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{d_1}{d_2} \tag{3.1}^1$$

---

<sup>1</sup> SIGLEY, Diseño en Ingeniería Mecánica, McGraw-Hill, Quinta Edición, pg. 623



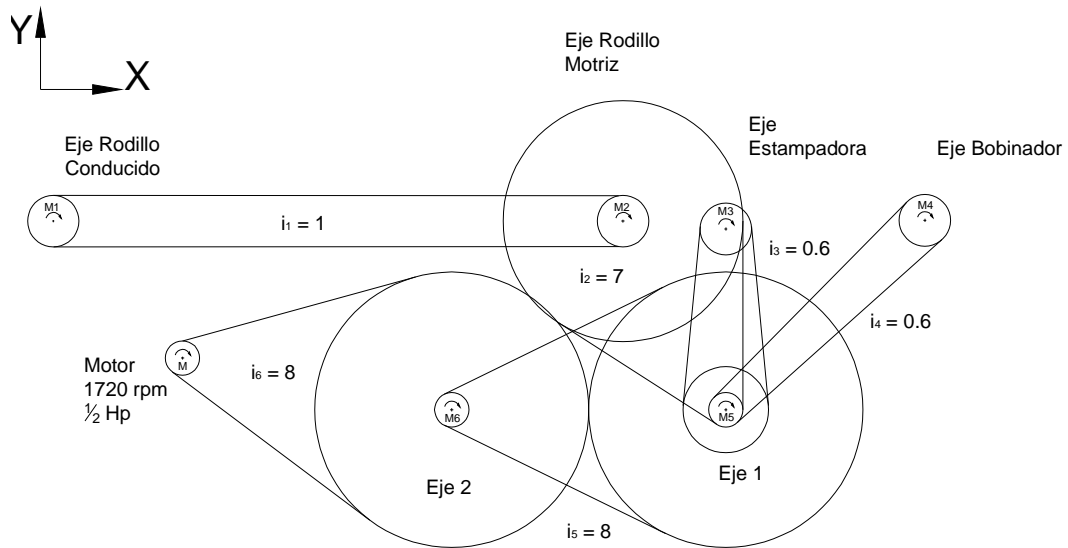
**Figura 3.1** Esquema de del eje-piñón conjugado con la estampadora

Reemplazando valores en (3.1) se tiene

$$n_1 = 44 \text{ rpm}$$

### 3.3 ETAPAS DE REDUCCIÓN

#### 3.3.1 REDUCCIÓN DE VELOCIDADES POR MEDIO DE BANDAS POLEAS



**Figura 3.2** Diagrama relaciones de transmisión de laminadora estampadora continua.

### 3.3.2 REDUCCIÓN POR BANDAS

Para realizar la selección de los elementos flexibles se debe tener en cuenta la velocidad de alimentación al rodillo estampador, eje-piñón a conjugar con la estampadora y el bobinador.

Teniendo como datos los rpm del motor (1720 rpm) y con la necesidad de tener en el eje 1 (24 rpm) que transmite movimiento al sistema de banda transportadora, eje-piñón y bobinador, se tiene una relación de transmisión de 72. Con el objetivo de minimizar la relación de transmisión, la reducción de velocidades se realiza en dos etapas, razón por la cual se trabajara con una relación de transmisión de 8.

Para determinar el valor de las revoluciones de salida en cada etapa se aplica:

$$i_{REAL} = \frac{n_{ent}}{n_{sal}} * f \quad (3.2)^2$$

#### 3.3.2.1 Determinación de velocidad de salida del eje 2

Para esta etapa se tienen los siguientes datos:

$$n_{ent} = 1720 \text{ rpm}$$

$$i = 8$$

$$f = 0.94^2$$

Reemplazando en (3.2) se tiene:

$$n_{sal} = 205 \text{ rpm}$$

#### 3.3.2.2 Determinación de velocidad de salida del eje 1

Para esta etapa se tienen los siguientes datos:

---

<sup>2</sup> SIGLEY, Diseño en Ingeniería Mecánica, McGraw-Hill, Quinta Edición, pg. 625, 755

$$n_{ent} = 205 \text{rpm}$$

$$i = 8$$

$$f = 0.94^2$$

Reemplazando en (3.2) se tiene:

$$n_{sal} = 24 \text{ rpm}$$

### **3.3.2.3 Determinación de velocidad de salida del rodillo motriz**

Para esta etapa se tienen los siguientes datos:

$$n_{ent} = 24 \text{rpm}$$

$$i = 7$$

$$f = 0.94^2$$

Reemplazando en (3.2) se tiene:

$$n_{sal} = 3.23 \text{ rpm}$$

### **3.3.2.4 Determinación de velocidad del eje-piñón a conjugar con el estampador**

Para esta etapa se tienen los siguientes datos:

$$n_{ent} = 24 \text{rpm}$$

$$i = 5/3$$

$$f = 0.94^2$$

Reemplazando en (3.2) se tiene:

$$n_{sal} = 40 \text{ rpm}$$

### **3.3.2.5 Determinación de velocidad del eje bobinador**

Para esta etapa se tienen los siguientes datos:

$$n_{ent} = 24 \text{rpm}$$

$$i = 5/3$$

$$f = 0.94^2$$

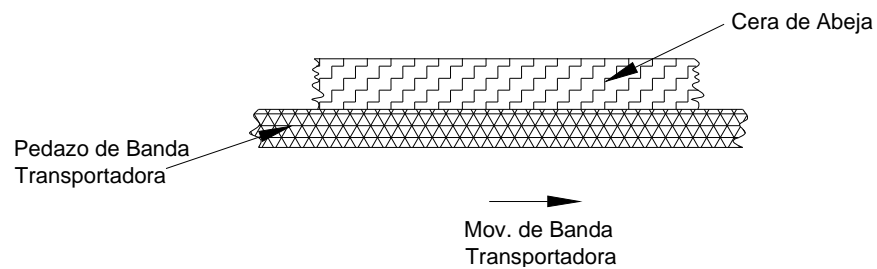
Reemplazando en (3.2) se tiene:

$$n_{sal} = 40 \text{ rpm}$$

### 3.4 DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA DE LA LAMINADORA ESTAMPADORA CONTINUA PARA CERA DE ABEJAS

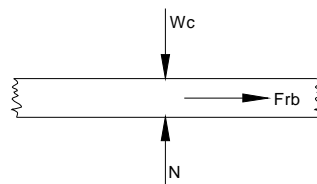
#### 3.4.1 CÁLCULO DE POTENCIA DE LA BANDA TRANSPORTADORA

Para que la cera de abejas sea transportada, es necesario que no exista movimiento relativo entre la cera y el sistema de transportación (banda).



**Figura 3.3** Esquema de la cera sobre la banda transportadora.

A continuación se tiene el diagrama de cuerpo libre de la cera



**Figura 3.4** Diagrama de cuerpo libre de la cera

Donde:

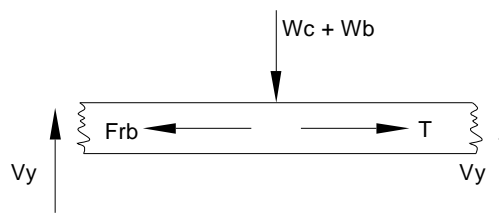
N: Normal de la banda sobre la cera

Frb: Fuerza de rozamiento entre la cera y la banda

Wc: Peso de la cera

$$\begin{aligned}
 \sum F_y &= 0 \\
 W_c - N &= 0 \quad \Rightarrow W_c = N \\
 \sum F_x &= 0 \\
 F_{rb} &= \mu_e * N \\
 F_{rb} &= 0.9 * 9 \\
 F_{rb} &= 8.1N
 \end{aligned}
 \tag{3.3}^3$$

Diagrama de cuerpo libre de una porción de banda transportadora



**Figura 3.5** Diagrama de cuerpo libre de la banda transportadora

Donde:

T: Tensión

Wb: Peso de la banda

$$\begin{aligned}
 \sum F_x &= 0 \\
 T - F_{rb} &= 0 \quad \Rightarrow \quad T = F_{rb} = 8.1N
 \end{aligned}$$

Potencia mínima del sistema transportador.

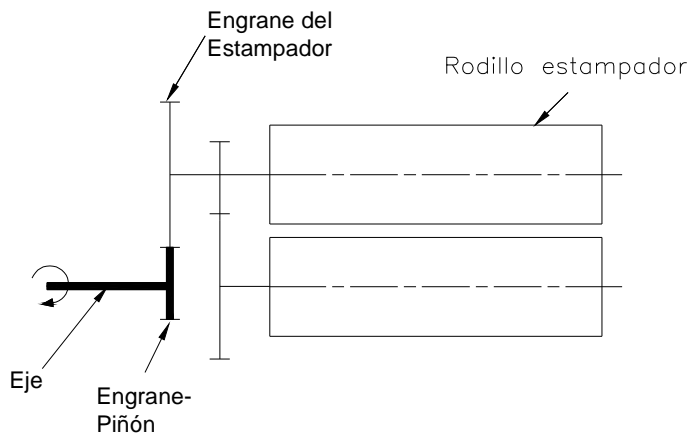
$$\begin{aligned}
 P &= T * v \\
 P_1 &= 8.1 * 1.1 = 8.91W \\
 P_1 &= 0.0119Hp
 \end{aligned}
 \tag{3.4}^4$$

<sup>3</sup> MERIAN, Estática, Editorial Reverte, Segunda Edición, 1976, pg. 78

<sup>4</sup> SINGER, Mecánica para Ingenieros: Dinámica, Harla, Tercera Edición, 1982, pg. 552

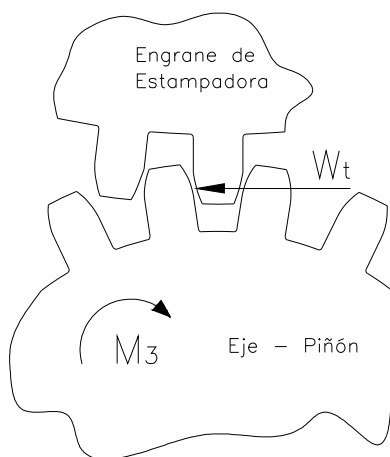
### 3.4.2 CÁLCULO DE POTENCIA DEL EJE – PIÑÓN A CONJUGAR CON EL ESTAMPADOR

A continuación se presenta un diagrama del eje–piñón conjugado con la estampadora.



**Figura 3.6** Eje-piñón acoplado a la estampadora

A continuación se tiene el diagrama de cuerpo libre de los engranes conjugados del eje-piñón con el engrane de la estampadora



**Figura 3.7** Diagrama de cuerpo libre del eje-piñón conjugado con el engrane del estampador

Donde:

Wt: Carga transmitida, KN	= $30 \times 10^{-3}$ KN
H: Potencia, KW	
d: diámetro del engrane, mm	= 52 mm
n : velocidad, rpm	= 44 rpm

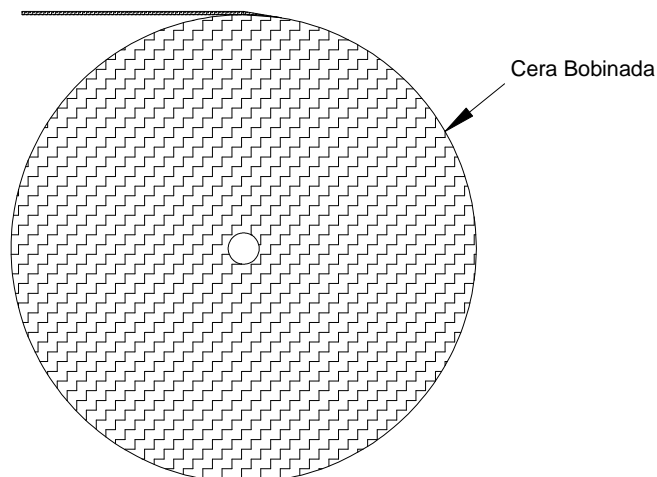
$$W_t = \frac{60(10)^3 H}{\pi d n} \quad (3.5)^5$$

Reemplazando valores en (3.5) se tiene

$$P_2 = 0.004 \text{ Hp}$$

### 3.4.3 CÁLCULO DE POTENCIA DEL SISTEMA BOBINADOR DE CERA ESTAMPADA.

Para el cálculo de esta potencia se trabaja con la tensión máxima que soporta la cera de abejas ( $T = 7.86 \text{ N/m}^2$  a temperatura ambiente)<sup>6</sup>, velocidad de operación (18 rpm) y el radio máximo del tambor de cera enrollada (0.15 m).



**Figura 3.8** Esquema del bobinador de cera estampada

<sup>5</sup> SIGLEY, Diseño en Ingeniería Mecánica, McGraw-Hill, Quinta Edición, pg. 630

<sup>6</sup> PONTON, Diseño y Construcción de una Laminadora Estampadora de Cera de Abejas, EPN, FIM250.

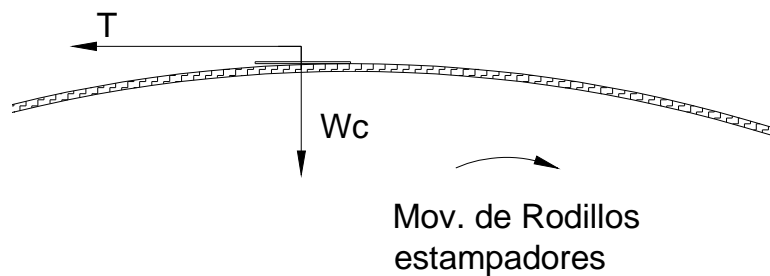


La cera estampada tiene las siguientes dimensiones:

$$L = 320 \text{ mm}$$

$$e = 1 \text{ mm}$$

A continuación se tiene el diagrama de cuerpo libre del bobinador de cera estampada.



**Figura 3.9** Diagrama de cuerpo libre del bobinador de cera.

Donde:

T: Tensión máxima de la cera de abejas

Potencia mínima del sistema de bobinadora de cera laminada.

$$P = T * v$$

$$P_3 = 25N * 18 \frac{rev}{min} * 0.15m * \frac{2\pi}{1rev} * \frac{1min}{60seg}$$

$$P_3 = 9.5 \times 10^{-4} \text{ Hp}$$

### 3.4.4 POTENCIA DEL EJE 1

La potencia del eje 1 es la suma de las tres potencias descritas anteriormente,

$$P_M = P_1 + P_2 + P_3$$

$$P_M = 0.016 \text{ Hp}$$

### 3.4.5 POTENCIA CORREGIDA LAMINADORA ESTAMPADORA CONTINUA PARA CERA DE ABEJAS

La potencia requerida de la máquina para asegurar su perfecto funcionamiento es la siguiente

$$P_C = P_M * f_s \quad (3.6)$$

El factor o coeficiente de seguridad se introduce con el fin de conseguir un funcionamiento confiable y seguro de la estructura o maquina, a pesar de las posibles desviaciones desfavorables de las condiciones reales de trabajo, en comparación con las que se considere en el cálculo.

El factor de seguridad esta compuesto de factores de seguridad parciales, cada uno de los cuales considera la influencia de un factor o grupo de factores sobre la resistencia del elemento<sup>7</sup>.

$$F_s = F_{s1} * F_{s2} * F_{s3}$$

Donde:

$F_{s1}$ : Coeficiente que considera el error posible al determinar las cargas y tensiones, su valor varia de 1 a 1.3. Se considera un valor de 1

$F_{s2}$ : Es el coeficiente que tiene en cuenta un factor de heterogeneidad del material, para el acero se selecciona un valor de 1.3

$F_{s3}$ : Es el coeficiente de las condiciones de trabajo que tiene en cuenta el grado de responsabilidad de la pieza. Su valor se admite de 1.2

Por esta razón se toma un factor de seguridad de los elementos sometidos a las cargas estáticas de valor de 1.5

Para elementos sometidos a cargas de fatiga se recomienda aumentar este factor de seguridad, en un porcentaje pequeño por lo que aumentara a 2.

---

<sup>7</sup> JUVINALL, Robert, (1997), Fundamentos para Ingeniería Mecánica; México, Limusa

Tomando en cuenta con un factor de seguridad de 1.5, por los factores que no han sido tomados en cuenta o a su vez despreciados

$$P_C = 0.016 * 1.5$$

$$P_C = 0.025 \text{ Hp}$$

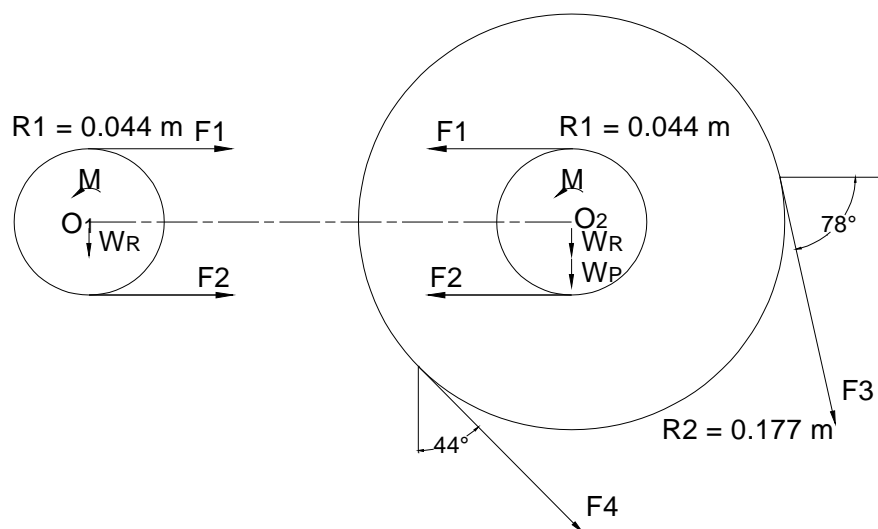
### 3.5 DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS MECÁNICOS

#### 3.5.1 DISEÑO DE EJES

Para el diseño de los ejes se considera, que se encuentran acoplados a poleas, las cuales proveen de movimiento al sistema, cada uno de los ejes se encuentra apoyado sobre dos rodamientos los mismos que absorben la fuerza radial.

##### 3.5.1.1 Diseño del eje motriz de la banda transportadora

Este eje consta de una polea acoplada en su extremo y de un rodillo que se encuentra apoyado sobre dos rodamientos.



**Figura 3.10** Diagrama de cuerpo libre de los rodillos de banda transportadora

Planteando la sumatoria de momentos en el centro de los ejes se tiene:

$$\begin{aligned}\sum M_{o1} &= 0 \\ F1 * R1 + M - F2 * R1 &= 0 \\ F1 - F2 &= \frac{M1}{R1}\end{aligned}\tag{3.7}^8$$

$$\begin{aligned}\sum M_{o2} &= 0 \\ F3 * R2 - M1 - F4 * R2 + F2 * R1 - F1 * R1 &= 0 \\ F3 - F4 &= \frac{M + F1 * R1 - F2 * R1}{R2}\end{aligned}$$

Ecuación del momento torsor:

Datos:

Hp: Potencia transmitida a la banda transportadora (Sección 3.3.1)

W: Velocidad angular de polea (Sección 3.4.2.3)

$$\begin{aligned}M1 &= \frac{63000 * Hp}{W} \\ M1 &= \frac{63000 * 0.0119}{3.23} * \frac{9.8}{2.2 * 38.37} = 21N - m\end{aligned}\tag{3.8}^9$$

Reemplazando (3.8) en (3.7), se tiene:

$$\begin{aligned}F1 - F2 &= 477N \\ F3 - F4 &= 330.6N\end{aligned}\tag{3.9}$$

La relación de transmisión debida al rozamiento entre bandas y poleas esta dada por:

$$\frac{F1}{F2} = e^{f\theta}\tag{3.10}^9$$

<sup>8</sup> MERIAN, Estática, Editorial Reverte, Segunda Edición, 1976, pg. 79

<sup>9</sup> SIGLEY, Diseño en Ingeniería Mecánica, McGraw-Hill, Sexta Edición, 2002, pg. 866, 1069, 1079

Siendo:

$\Theta$ : Angulo de contacto

f: Coeficiente de fricción

El ángulo de contacto viene dado por la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned}\theta_d &= \pi - 2\text{sen}^{-1}\left(\frac{D-d}{2C}\right) \\ \theta_D &= \pi + 2\text{sen}^{-1}\left(\frac{D-d}{2C}\right)\end{aligned}\tag{3.11}^9$$

Siendo

$\Theta_d$ : Angulo de contacto de polea menor

$\Theta_D$ : Angulo de contacto de polea mayor

D: Diámetro polea mayor

d: Diámetro polea menor

C: Distancia entre centros

Aplicando (3.11) se tiene:

$$\Theta_{d1} = 3.1416$$

$$\Theta_{d2} = 2.56$$

$$\Theta_{D2} = 3.72$$

El coeficiente de fricción para bandas en V se tiene:  $f = 0.8^9$

Reemplazando valores en (3.10), se tienen

$$\begin{aligned}\frac{F1}{F2} &= 9 \\ \frac{F3}{F4} &= 19.6\end{aligned}\tag{3.12}$$

Resolviendo (3.9) y (3.12), se tienen

$$F_1 = 537 \text{ N}$$

$$F_3 = 348 \text{ N}$$

$$F_2 = 60 \text{ N}$$

$$F_4 = 17.7 \text{ N}$$

### 3.5.1.1.1. Determinación de cargas sobre el eje

De la Figura 3.10 encontramos las componentes de las fuerzas de tensión de las bandas.

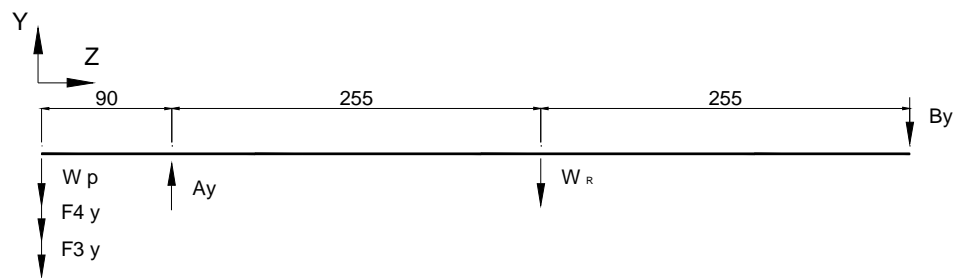
$$F_{3Y} = 340 \text{ N}$$

$$F_{4Y} = 7.9 \text{ N}$$

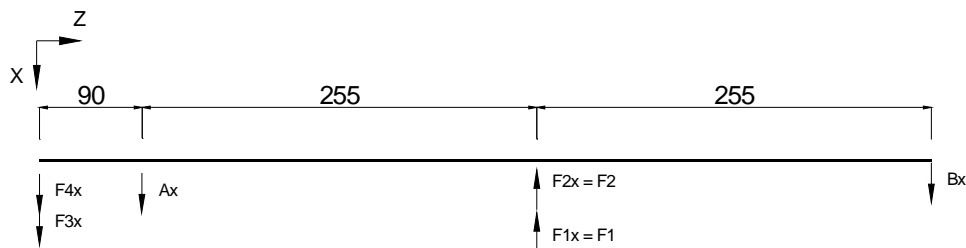
$$F_{3X} = 72 \text{ N}$$

$$F_{4X} = 7.6 \text{ N}$$

Aplicando las ecuaciones de equilibrio en las Figuras 3.11 y 3.12 hallamos las incógnitas.



**Figura 3.11** Fuerzas que actúa en el eje en plano Y-Z



**Figura 3.12** Fuerzas que actúa en el eje en plano X-Z

Para el plano Y-Z

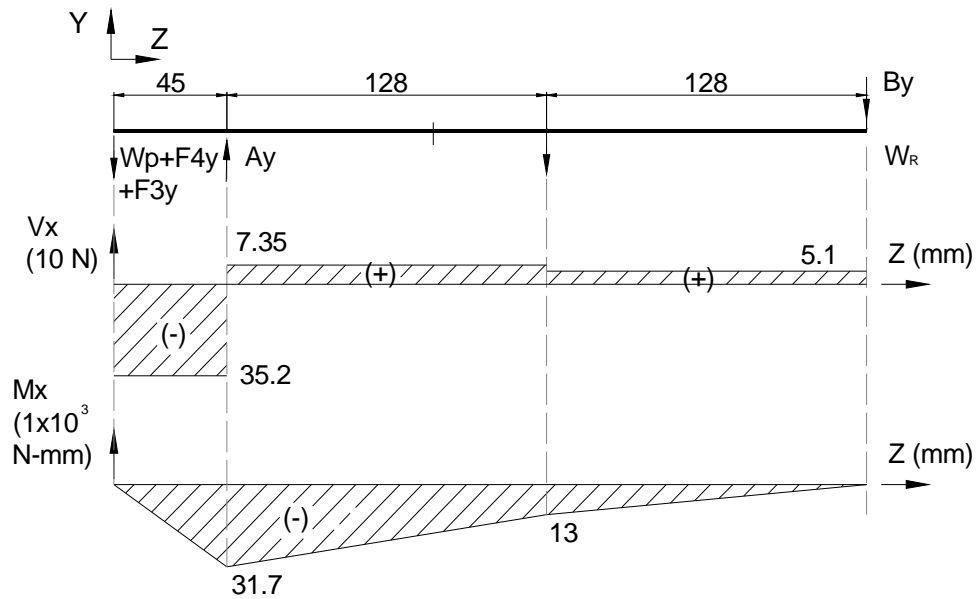
$$\begin{aligned}\sum M_{Ay} &= 0 \\ B_y &= 51 \text{ N} \\ \sum F_y &= 0 \\ A_y &= 425.5 \text{ N}\end{aligned}$$

Para el plano X-Z

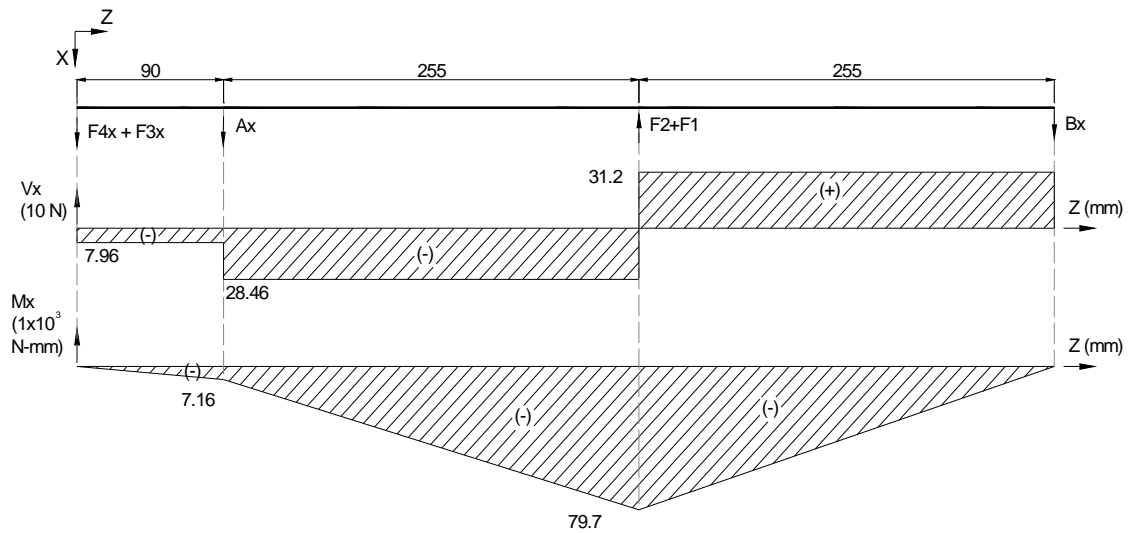
$$\begin{aligned}\sum M_{Ax} &= 0 \\ B_x &= 312 \text{ N} \\ \sum F_x &= 0 \\ A_x &= 205 \text{ N}\end{aligned}$$

### 3.5.1.1.2. Diagrama de fuerza cortante y momento flector en los planos Y-Z y X-Z

Para identificar los puntos más críticos que tiene el eje se realiza los diagramas de fuerza cortante y momento flector.



**Figura 3.13** Diagrama de esfuerzo cortante y momento flector del eje en plano Y-Z



**Figura 3.14** Diagrama de esfuerzo cortante y momento flector del eje en plano X-Z

#### 3.5.1.1.3. Momento torsor

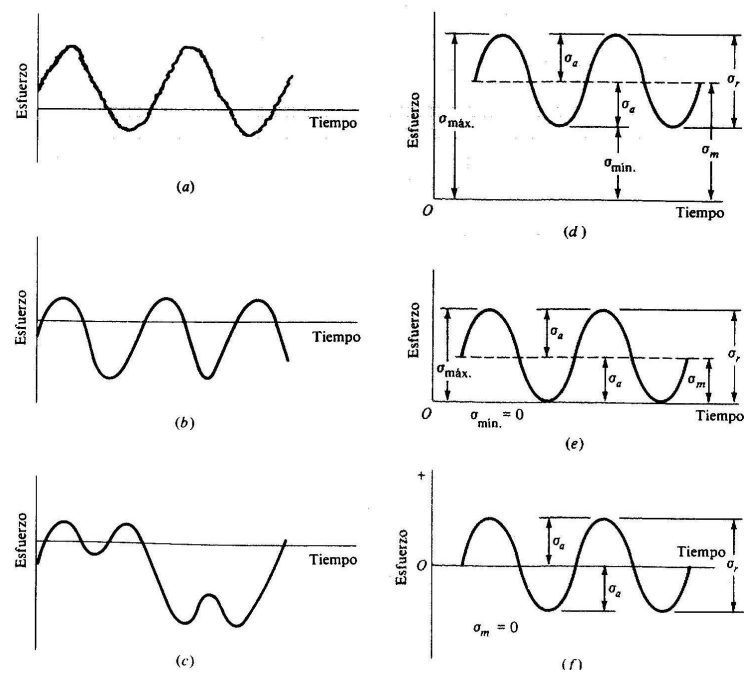
El momento torsor se encuentra ubicado en el plano Y-X según el eje de referencia que se asume.

$$Mm1 = 21 \text{ N-m}$$

#### 3.5.1.1.4. Verificación del material base del eje del rodillo motriz

En muchos casos necesita determinar la resistencia de piezas correspondiente a estados de esfuerzo diferentes de los casos en que hay inversión completa sucesiva. En muchas ocasiones, los esfuerzos fluctúan sin pasar por cero. La Figura 3.15 muestra algunas de las diversas relaciones esfuerzo-tiempo que se puede presentar. Las componentes de esfuerzo que se considerarán algunas de las cuales se indican en la parte d) de la Figura 13.15.





**Figura 3.15** Relaciones esfuerzo tiempo: a) esfuerzo fluctuante con pulsaciones de alta frecuencia; b) y c) esfuerzo fluctuante no senoidal; d) esfuerzo fluctuante senoidal; e) esfuerzo repetido; f) esfuerzo alternante senoidal con inversión completa.

Se tiene como punto de partida para el diseño del eje, el cálculo del diámetro mínimo del mismo. Para luego aplicar el diseño por fatiga.

$$d_{\min} = \left[ \frac{32n}{\pi * S_y} (M1^2 + Mm1^2)^{1/2} \right]^{1/3} \quad (3.13)^{10}$$

Donde:

n:	Factor de seguridad	= 2
M1:	Momento flector	= 7970 N-cm.
Mm1:	Momento torsor	= 2100 N-cm.
Sy:	Resistencia de fluencia	= $2 \times 10^4$ N/cm <sup>2</sup>

<sup>10</sup> SIGLEY, Diseño en Ingeniería Mecánica, McGraw-Hill, Sexta Edición, 2002, pg. 352,1130, 379

El momento flector es escogido de la Figura 3.14, que corresponde el valor máximo del eje; realizando los respectivos cálculos en (3.13), se tiene:

$$d_{\min} = 1.9 \text{ cm.}$$

El eje está sometido a flexión alternante y torsión continua, en consecuencia se tienen

$$2\alpha = \tan^{-1} \left( \frac{Ml_a * Sut}{Mm_l_m * Se} \right) = 84.8^\circ$$

$$\sigma_a = \frac{32Ml_a * \text{Sen}2\alpha}{\pi * d^3} = 9.8 \times 10^7 \text{ N/m}^2 \quad (3.14)^{10}$$

$$\sigma_m = \frac{32Mm_l_m * \text{cos}2\alpha}{\pi * d^3} = 2.3 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

El material que se ha seleccionado para los ejes es un acero de transmisión SAE 1018, el mismo que tiene aplicaciones en tuercas, pernos, piezas de máquinas pequeñas, eje para motores y transmisión de potencia, etc., además por sus propiedades mecánicas y bajo costo es el más adecuado.

Las características mecánicas del acero seleccionado son las siguientes:

$$S_{ut} = 4 \times 10^8 \text{ [N/m}^2\text{]}$$

$$S_y = 2 \times 10^8 \text{ [N/m}^2\text{]}$$

Aplicando la ecuación general de fatiga:

$$S_e = S_e' * K_a * K_b * K_c * K_d * K_e \quad (3.15)^{10}$$

$$S_e' = 0.504 * S_{ut} = 2 \times 10^8 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

Los factores de corrección para fatiga son:

$$K_a = \text{factor de superficie} = 0.89$$

$$K_b = \text{Factor de tamaño} = 1.05$$

$K_c$  = Factor de confiabilidad = 1

$K_d$  = Factor de temperatura = 1

$K_e$  = factor de concentración de esfuerzos =  $1/K_f$

$$K_f = 1 + q \cdot (K_t - 1) \quad (3.16)^{11}$$

$q$  = Sensibilidad a las ranuras = 0.5

$K_t$  = Factor teórico de concentración de esfuerzos

$K_t = 1.8$

Resolviendo (3.16) se tiene:

$K_f = 1.4$

$K_e = 0.7$

Resolviendo (3.15) se tiene:

$$S_e = 1.4 \times 10^8 \text{ N/m}^2$$

Aplicando la ecuación de Goodman modificada se tiene:

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{n} \quad (3.17)^{11}$$

$$n = 1.34$$

Este factor de seguridad garantiza que el eje no falla.

### 3.5.1.2 Diseño del eje conducido de la banda transportadora.

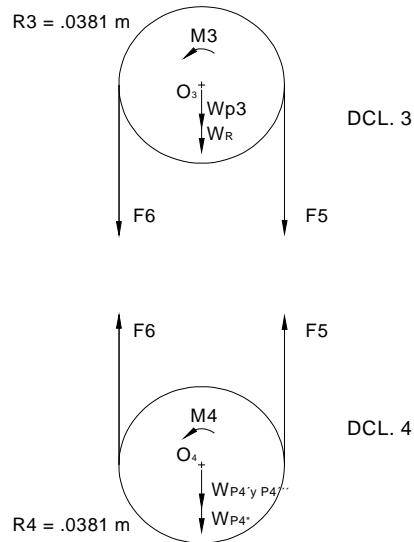
Para simplificar cálculos se hará válido el diseño del eje conductor de la banda transportadora, debido a que soportara las mismas cargas con la diferencia de que no existe polea motriz.

---

<sup>11</sup> SIGLEY, Diseño en Ingeniería Mecánica, McGraw-Hill, Sexta Edición, 2002, pg. 388,408

### 3.5.1.3 Diseño del eje-piñón a conjugarse con el estampador

Este eje consta de un engrane, polea acoplada en su extremo; se encuentra apoyado sobre dos rodamientos. A continuación se tiene el DCL. 3



**Figura 3.16** Diagrama de cuerpo libre del eje-piñón a conjugarse con la estampadora (DCL 3)

Planteando la sumatoria de momentos en el centro del eje (DCL. 3) y aplicando (3.7), se tiene:

$$F_5 - F_6 = \frac{M_3}{R_3} \quad (3.18)$$

Con los siguientes datos

$H_p$ : Potencia transmitida al eje-piñón a conjugarse con el estampador  
(Sección 3.4.2)

$W$ : Velocidad angular de polea (Sección 3.3.2.4)

Aplicando (3.8) se tiene:

$$M_3 = 0.73 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Aplicando (3.10) y (3.11), se tiene la relación de transmisión debida al rozamiento entre bandas y poleas:

$$\Theta_{d4} = 3.1416$$

$$\Theta_{d3} = 3.1416$$

El coeficiente de fricción para bandas en V se tiene:  $f = 0.8$

$$\frac{F_5}{F_6} = 19 \quad (3.19)$$

Resolviendo (3.18) y (3.19), se tienen

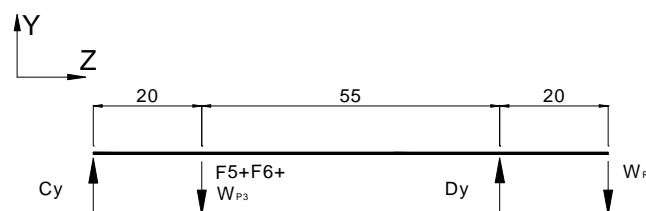
$$F_6 = 1.7 \text{ N}$$

$$F_5 = 21 \text{ N}$$

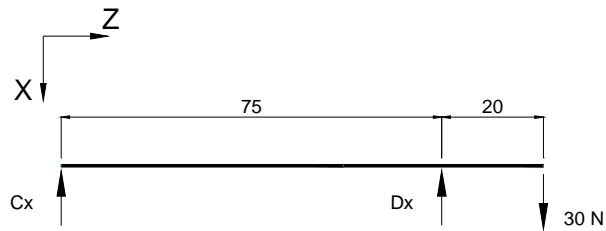
### 3.5.1.3.1 Determinación de cargas sobre el eje

De la Figura 3.16 se determina las componentes de las fuerzas que actúan sobre el eje.

Aplicando las ecuaciones de equilibrio en las Figura 3.17 y 3.18, se halla las incógnitas.



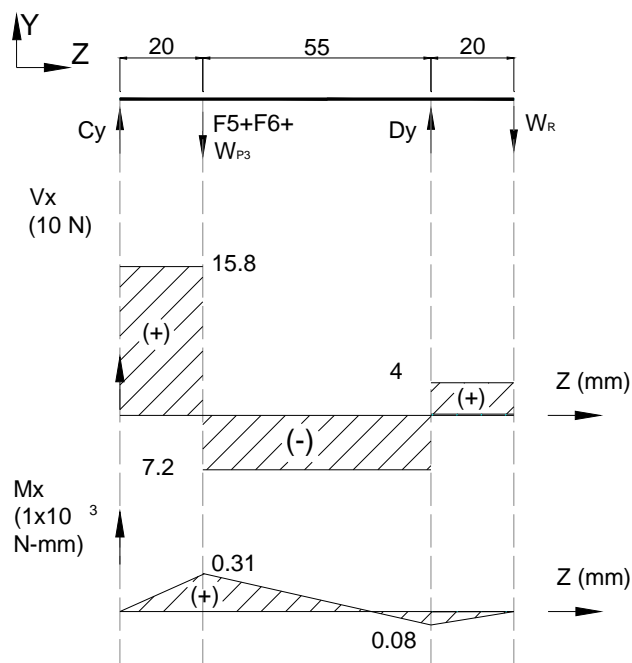
**Figura 3.17** Fuerzas que actúa en el eje en plano Y-Z



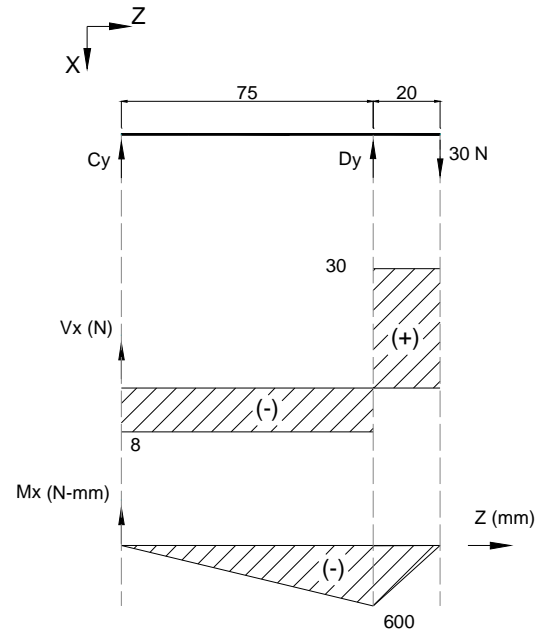
**Figura 3.18** Fuerzas que actúa en el eje en plano X-Z

### 3.5.1.3.2 Diagrama de fuerza cortante y momento flector en los planos Y-Z

Para identificar los puntos más críticos que tiene el eje se realiza los diagramas de fuerza cortante y momento flector



**Figura 3.19** Diagrama de esfuerzo cortante y momento flector del eje-piñón en plano Y-Z



**Figura 3.20** Diagrama de esfuerzo cortante y momento flector del eje-piñón en plano X-Z

### 3.5.1.3.3 Momento Torsor

El momento torsor se encuentra ubicado en el plano Y-Z (Figura 3.19)

$$M_{m3} = 10.72 \text{ N-m}$$

### 3.5.1.3.4 Verificación del Material base del eje-piñón a conjugarse con el estampador

Aplicando (3.13); con los nuevos datos, se tiene

Datos:

$$n = 2$$

$$M_3 = 2350 \text{ N-cm.}$$

$$M_{m3} = 1072 \text{ N-cm.}$$

$$S_y = 2 \times 10^4 \text{ N/cm}^2$$

El momento flector es escogido de la Figura 3.19

$$d_{\min} = 1.38 \text{ cm.}$$

Para hallar los esfuerzos amplitud y medio se realizan los cálculos de (3.14) y con un diámetro de 1.38 cm., obteniendo los siguientes resultados:

$$2\alpha = 89^\circ$$

$$\sigma_a = 4.55 \times 10^7 \text{ N/m}^2$$

$$\sigma_m = 3.6 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

Aplicando la ecuación general de fatiga (3.15) se tiene los siguientes resultados:

$$Se' = 0.504 * Sut = 2 \times 10^8 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

Los factores de corrección para fatiga son:

$$Ka = 0.89$$

$$Kb = 1.05$$

$$Kc = 1$$

$$Kd = 1$$

$$Ke = 1/Kf$$

$$Kf = 1 + q*(K_t - 1)$$

$$q = 0.5$$

$$K_t = 1.8$$

$$Kf = 1.4$$

$$Ke = 0.7$$

$$Se = 1.35 \times 10^8 \text{ N/m}^2$$

Aplicando la ecuación de Goodman modificada (3.17), se tiene:

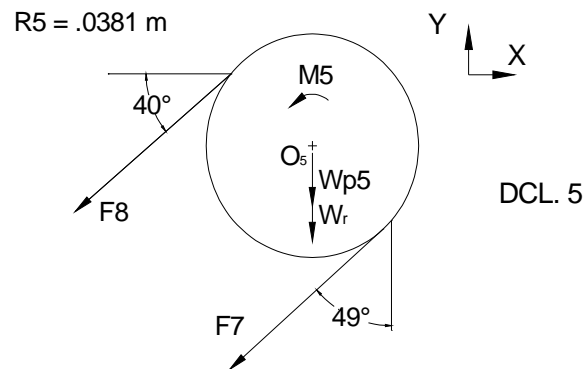
$$n = 2.9$$

Este factor de seguridad garantiza que el eje no falla



### 3.5.1.4 Diseño del eje bobinador

Este eje consta de tres ejes acoplados, el uno llamado eje de tracción, eje bobinador y eje de apoyo; para su análisis, se considera como un solo eje.



**Figura 3.21** Diagrama de cuerpo libre del eje bobinador. (DCL. 5)

Planteando la sumatoria de momentos en el centro del eje y aplicando las ecuaciones (3.5), se tiene:

$$F_7 - F_8 = \frac{M_5}{R_5} \quad (3.20)$$

Con los siguientes datos y reemplazando valores en (3.8) se tiene

Datos:

Hp: Potencia transmitida al eje del bobinador (Sección 3.4.3)

W: Velocidad angular de polea (Sección 3.3.2.5)

$$M_5 = 0.17 \text{ N-m}$$

Aplicando (3.10) y (3.11), se tiene la relación de transmisión debida al rozamiento entre bandas y poleas:

$$\Theta_{d5} = 3.32$$

$$\Theta_{d4} = 2.95$$

$$f = 0.8$$

$$\frac{F7}{F8} = 14.34$$

(3.21)

Resolviendo (3.20) y (3.21) se tienen:

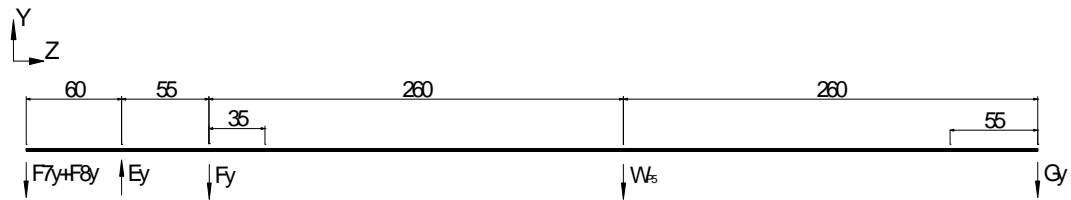
$$F7 = 4.8 \text{ N}$$

$$F8 = 0.33 \text{ N}$$

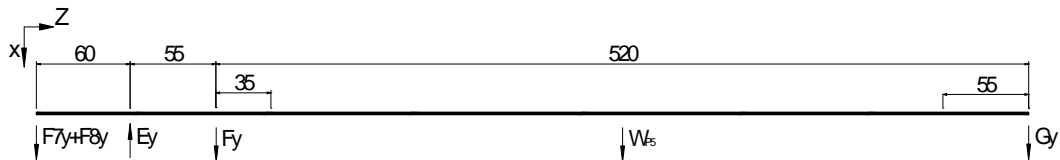
#### 3.5.1.4.1 Determinación de cargas sobre el eje

De la Figura 3.21 se determina las componentes de las fuerzas que actúan sobre eje.

Aplicando las ecuaciones de equilibrio en las Figura 3.22 y 3.23, se halla las incógnitas.



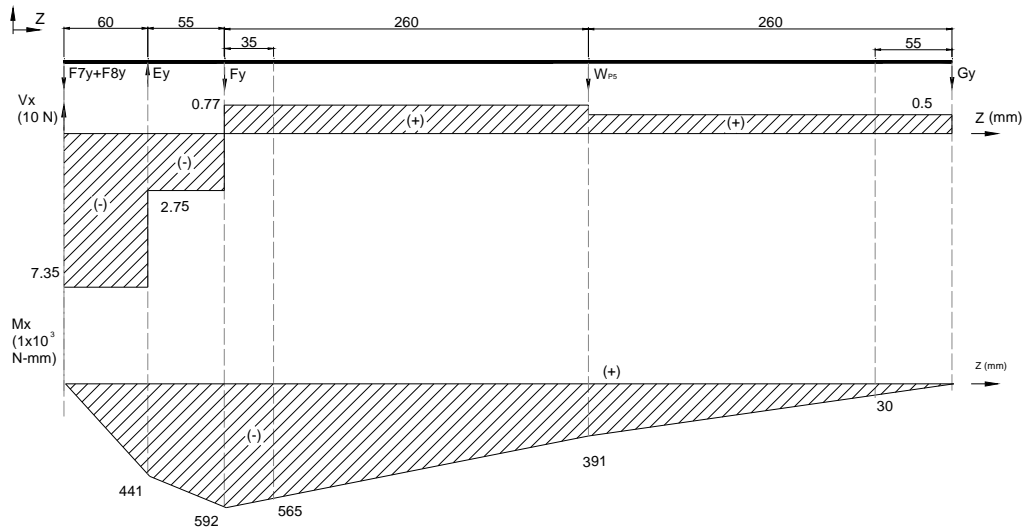
**Figura 3.22** Fuerzas que actúa en el eje en plano Y-Z



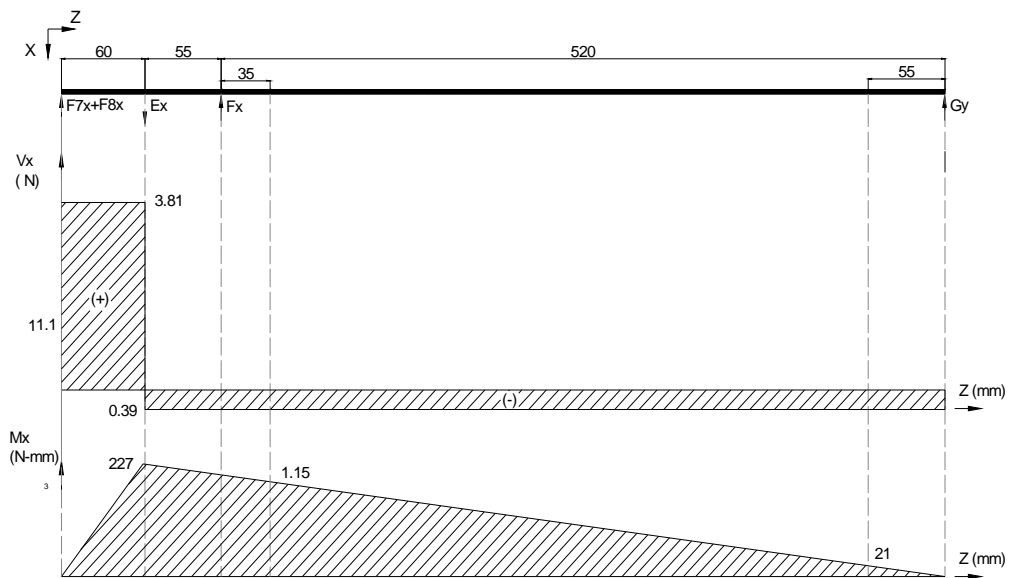
**Figura 3.23** Fuerzas que actúa en el eje en plano X-Z

### 3.5.1.4.2 Diagrama de fuerza cortante y momento flector en los planos Y-Z y X-Z

Para identificar los puntos más críticos que tiene el eje se realiza los diagramas de fuerza cortante y momento flector.



**Figura 3.24** Diagrama de esfuerzo cortante y momento flector del eje en plano Y -Z



**Figura 3.25** Diagrama de esfuerzo cortante y momento flector del eje en plano X-Z

### 3.5.1.4.3 *Momento Torsor*

El momento torsor se encuentra ubicado en el plano Y-Z (Figura 3.24)

$$Mm5 = 0.592 \text{ N-m}$$

### 3.5.1.4.4 *Verificación del material base de los ejes del bobinador*

Para la verificación del eje bobinador se hace el análisis por partes, puesto que consta de tres ejes distintos, pero que actúan como uno solo.

#### 3.5.1.4.4.1 Eje Tracción

Según la Figura 3.23 se tiene el momento flector.

$$Mm5 = 59.2 \text{ N-cm}$$

Considerando un factor de seguridad  $n = 2$  y resolviendo (3.13) se tiene

$$d_{\min} = 0.81 \text{ cm.}$$

Para hallar los esfuerzos amplitud y medio se realizan los cálculos (3.14) y con un diámetro de 0.81 cm., obteniendo los siguientes resultados:

$$2\alpha = 71.5^\circ$$

$$\sigma_a = 3.42 \times 10^7 \text{ N/m}^2$$

$$\sigma_m = 1.1 \times 10^7 \text{ N/m}^2$$

Aplicando la ecuación general de fatiga (3.15) se tienen los siguientes resultados:

$$Se' = 0.504 * Sut = 2 \times 10^8 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

Los factores de corrección para fatiga son:

$$K_a = 0.89$$

$$K_b = 1.05$$

$$K_c = 1$$

$$K_d = 1$$

$$K_e = 1/K_f$$

$$K_f = 1 + q \cdot (K_t - 1)$$

$$q = 0.5$$

$$K_t = 1.8$$

$$K_f = 1.4$$

$$K_e = 0.7$$

$$S_e = 1.35 \times 10^8 \text{ N/m}^2$$

Aplicando la ecuación de Goodman modificada (3.15), se tiene:

$$n = 2.1$$

Este factor de seguridad garantiza que el eje no falla.

#### 3.5.1.4.4.2 Eje Bobinador

Según la Figura 3.24 se tiene el momento flector.

$$M_{m5} = 59.2 \text{ N-cm}$$

Para un eje hueco se tiene:

$$2\alpha = 71.5^\circ$$

$$\sigma_a = \frac{32M_5 a d_{ext} \cdot \sin 2\alpha}{\pi \cdot (d_{xrt}^4 - d_{int}^4)} = 9.8 \times 10^5 \text{ N/m}^2 \quad (3.22)^{12}$$

$$\sigma_m = \frac{32M_5 m d_{ext} \cdot \cos 2\alpha}{\pi \cdot (d_{xrt}^4 - d_{int}^4)} = 2.75 \times 10^7 \text{ N/m}^2$$

<sup>12</sup> SIGLEY, Diseño en Ingeniería Mecánica, McGraw-Hill, Sexta Edición, 2002, pg. 1145

Aplicando la ecuación general de fatiga (3.15) se tienen los siguientes resultados:

$$Se' = 0.504 * Sut = 2 \times 10^8 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

Los factores de corrección para fatiga son:

$$Ka = 0.89$$

$$Kb = 1.05$$

$$Kc = 1$$

$$Kd = 1$$

$$Ke = 1/Kf$$

$$Kf = 1 + q \cdot (K_t - 1)$$

$$q = 0.5$$

$$K_t = 1.8$$

$$Kf = 1.4$$

$$Ke = 0.7$$

$$Se = 1.35 \times 10^8 \text{ N/m}^2$$

Aplicando la ecuación de Goodman modificada (3.16) se tiene:

$$n = 3$$

Este factor de seguridad garantiza que el eje no falla.

#### **3.5.1.4.4.3 Eje Apoyo**

Según la Figura 3.25 se tiene el momento flector.

$$Mm5 = 59.2 \text{ N-cm}$$

Considerando un factor de seguridad  $n = 2$  y resolviendo (3.13) se tiene:

$$d_{\min} = 0.81 \text{ cm.}$$

Para hallar los esfuerzos amplitud y medio se realizan los cálculos de (3.14) y con un diámetro de 0.81 cm., se tienen los siguientes resultados:

$$2\alpha = 75.24^\circ$$

$$\sigma_a = 6.2 \times 10^7 \text{ N/m}^2$$

$$\sigma_m = 1.2 \times 10^7 \text{ N/m}^2$$

Aplicando la ecuación general de fatiga (3.15) se tienen los siguientes resultados:

$$Se' = 0.504 * Sut = 2 \times 10^8 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

Los factores de corrección para fatiga son:

$$K_a = 0.89$$

$$K_b = 1.05$$

$$K_c = 1$$

$$K_d = 1$$

$$K_e = 1/K_f$$

$$K_f = 1 + q * (K_t - 1)$$

$$q = 0.5$$

$$K_t = 1.8$$

$$K_f = 1.4$$

$$K_e = 0.7$$

$$Se = 1.35 \times 10^8 \text{ N/m}^2$$

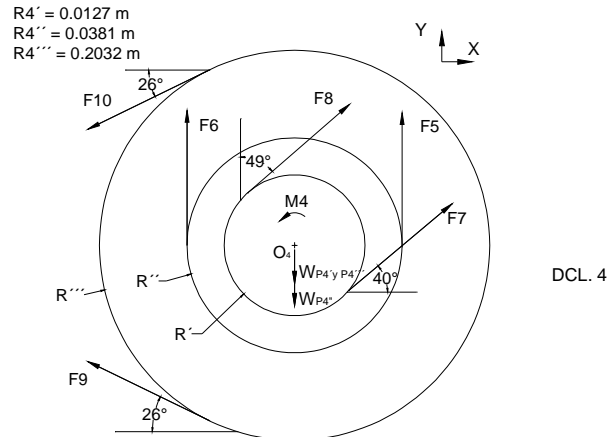
Aplicando la ecuación de Goodman modificada (3.17), se tiene:

$$n = 2$$

Este factor de seguridad garantiza que el eje no falla

### 3.5.1.5 Diseño del eje 1

Este eje consta dos poleas simples y una doble para transmitir movimiento a los tres sistemas antes dimensionados.



**Figura 3.26** Diagrama de cuerpo libre del eje 1

Planteando la sumatoria de momentos en el centro del eje (DCL. 4) y aplicando las ecuaciones (3.7), se tiene:

$$F_{10} - F_9 = \frac{M_4}{R4'''} \quad (3.23)$$

Con los nuevos datos y reemplazando valores en (3.8) se tiene

Datos:

$$H_p = 0.016 H_p \text{ (Sección 3.4.4)}$$

$$W = 24 \text{ rpm (Sección 3.3.2.2)}$$

$$M_4 = 74.87 \text{ N-m}$$

Aplicando (3.11), se tiene la relación de transmisión debida al rozamiento entre bandas y poleas:



$$\Theta_{d4'''} = 4.04$$

El coeficiente de fricción para bandas en V se tiene  $f = 0.8$

$$\frac{F_{10}}{F_9} = 25.4 \quad (3.24)$$

Resolviendo (3.23) y (3.24) se tienen:

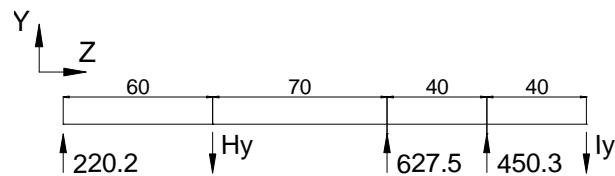
$$F_9 = 21 \text{ N}$$

$$F_{10} = 537 \text{ N}$$

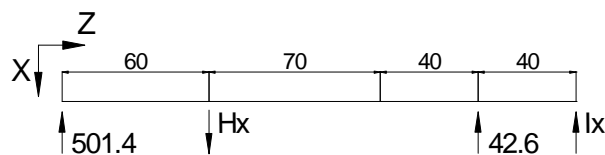
### 3.5.1.5.1 Determinación de cargas sobre el eje 1

De la Figura 3.26 se halla las componentes de las fuerzas que actúan sobre eje1.

Aplicando las ecuaciones de equilibrio en las Figura 3.27 y 3.28 se halla las incógnitas.



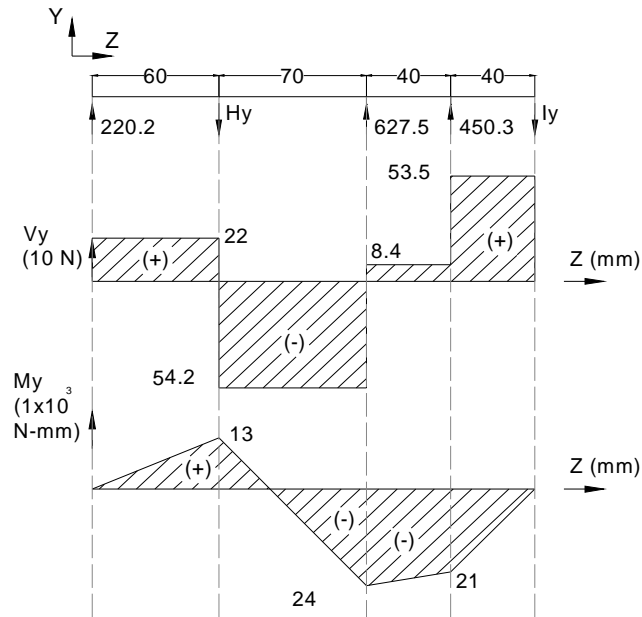
**Figura 3.27** Fuerzas que actúa en el eje 1; plano Y-Z



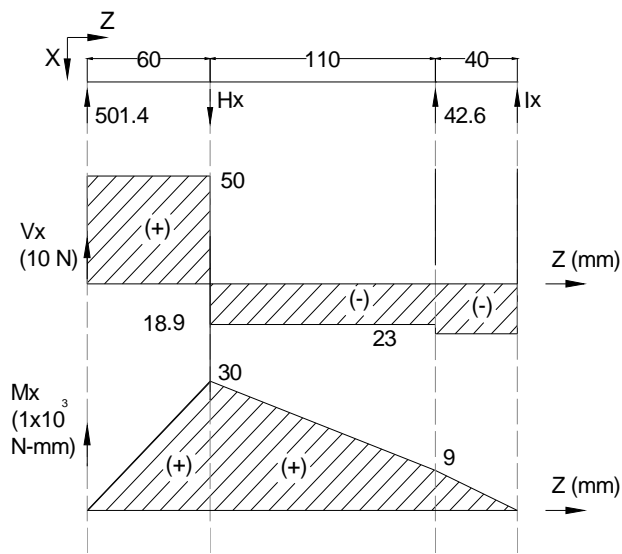
**Figura 3.28** Fuerzas que actúa en el eje 1; plano X-Z

### 3.5.1.5.2 Diagrama de fuerza cortante y momento flector en los planos Y-Z y X-Z

Para identificar los puntos más críticos que tiene el eje se realiza los diagramas de fuerza cortante y momento flector.



**Figura 3.29** Diagrama de esfuerzo cortante y momento flector del eje en plano Y-Z



**Figura 3.30** Diagrama de esfuerzo cortante y momento flector del eje en plano X-Z

### 3.5.1.5.3 *Momento torsor*

El momento torsor se encuentra ubicado en el plano X-Z (Figura 3.30)

$$M_{t4} = 30 \text{ N-m}$$

### 3.5.1.5.4 *Verificación del material base del eje 1*

Aplicando (3.13); y con los nuevos datos se tiene

$$n = 2$$

$$M_4 = 7840 \text{ N-cm.}$$

$$M_{t4} = 3008 \text{ N-cm.}$$

$$S_y = 2 \times 10^4 \text{ N/cm}^2$$

$$d_{\min} = 1.8 \text{ cm.}$$

Remplazando valores en (3.14) y con un diámetro de 1.8 cm. se tiene los siguientes resultados.

$$2\alpha = 48.7^\circ$$

$$\sigma_a = 1.6 \times 10^7 \text{ N/m}^2$$

$$\sigma_m = 4.27 \times 10^7 \text{ N/m}^2$$

Aplicando la ecuación general de fatiga (3.15) se tienen los siguientes resultados:

$$S_e' = 0.504 * S_{ut} = 2 \times 10^8 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

Los factores de corrección para fatiga son:

$$K_a = 0.89$$

$$K_b = 1.05$$

$$K_c = 1$$

$$K_d = 1$$

$$K_e = 1/K_f$$

$$K_f = 1 + q^*(K_t - 1)$$

$$q = 0.5$$

$$K_t = 1.8$$

$$K_f = 1.4$$

$$K_e = 0.7$$

$$S_e = 1.35 \times 10^8 \text{ N/m}^2$$

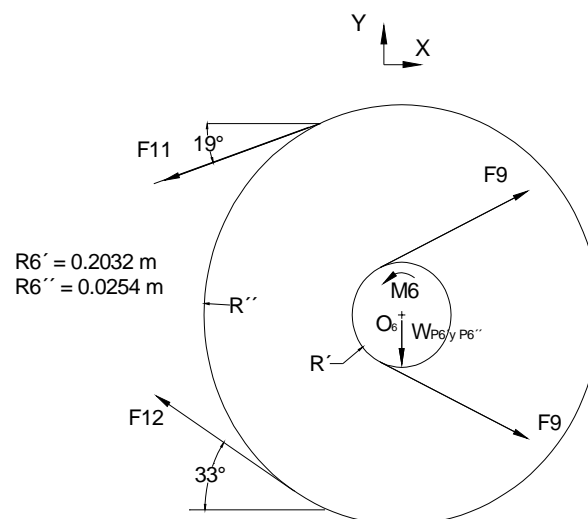
Aplicando la ecuación de Goodman modificada (3.17), se tiene:

$$n = 3.2$$

Este factor de seguridad garantiza que el eje no falla.

### 3.5.1.6 Diseño del eje 2

Este eje consta dos poleas simples que transmite movimiento al eje 1



**Figura 3.31** Diagrama de cuerpo libre del eje 2

Planteando la sumatoria de momentos en el centro del eje y aplicando (3.7), se tiene:

$$F_{12} - F_{11} = 65.6N \quad (3.25)$$

Ecuación del momento torsor:

Datos:

$H_p$ : Potencia transmitida al eje 2 (Sección 3.4.5)

$W$ : Velocidad angular de polea (Sección 3.3.2.1)

Aplicando (3.8) se tiene:

$$M_6 = 8.9 \text{ N-m}$$

Aplicando (3.10) y (3.11), se tiene la relación de transmisión debida al rozamiento entre bandas y poleas:

$$\Theta_{d6''} = 4.04$$

El coeficiente de fricción para bandas en V se tiene:  $f = 0.8$

$$\frac{F_{12}}{F_{11}} = 25.33 \quad (3.26)$$

Resolviendo (3.25) y 3.26) se tienen

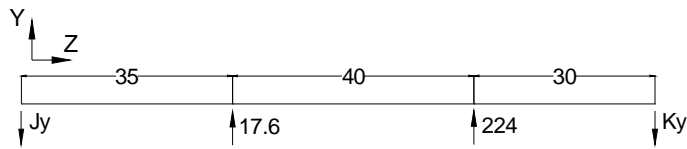
$$F_{11} = 2.7 \text{ N}$$

$$F_{12} = 68.3 \text{ N}$$

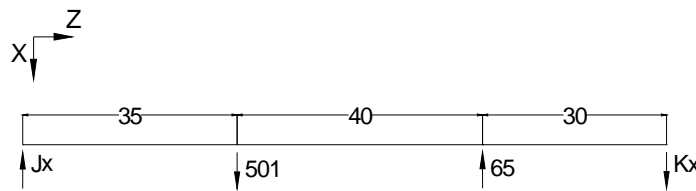
### 3.5.1.6.1 Determinación de cargas sobre el eje 2

De la Figura 3.31 se halla las componentes de las fuerzas que actúan sobre eje2.

Aplicando las ecuaciones de equilibrio en las Figuras 3.32 y 3.33 se hallan las incógnitas.



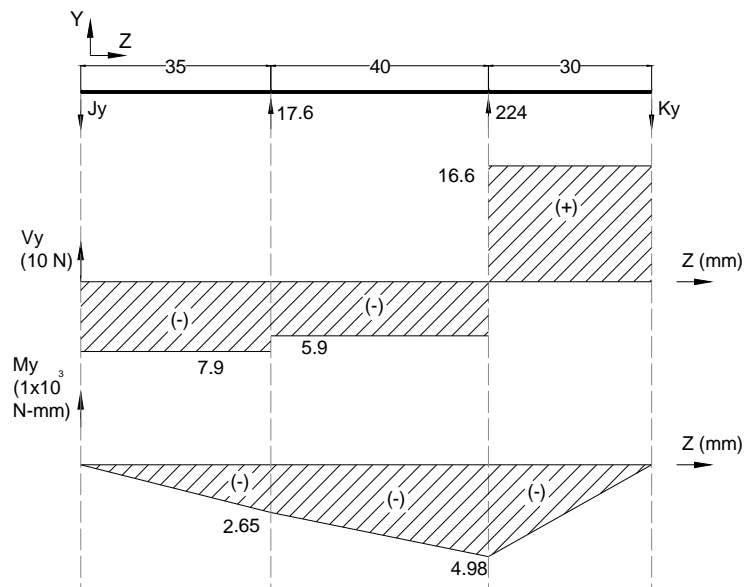
**Figura 3.32** Fuerzas que actúa en el eje 2; plano Y-Z



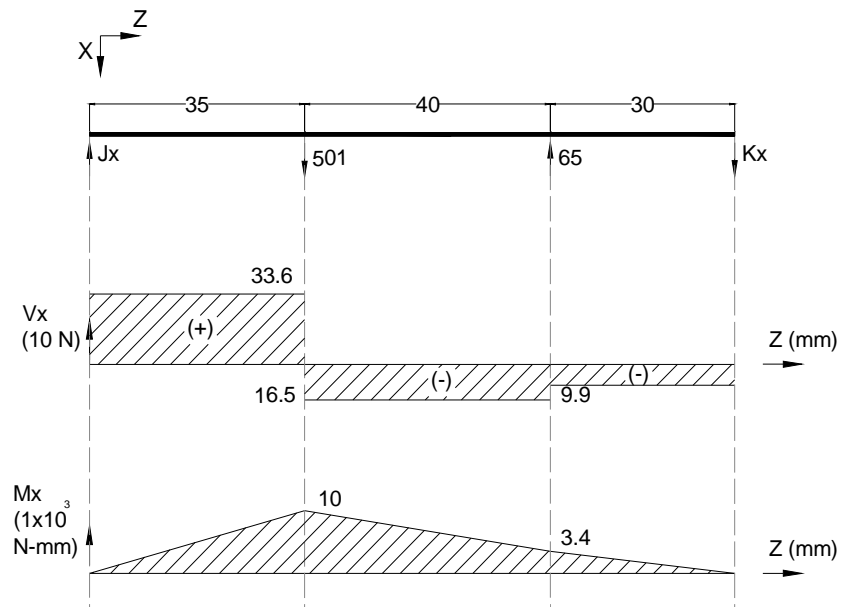
**Figura 3.33** Fuerzas que actúa en el eje 2; plano X-Z

### 3.5.1.6.2 Diagrama de fuerza cortante y momento flector en los planos Y-Z y X-Z

Para identificar los puntos más críticos que tiene el eje se realiza los diagramas de fuerza cortante y momento flector.



**Figura 3.34** Diagrama de esfuerzo cortante y momento flector del eje 2, en plano Y-Z



**Figura 3.35** Diagrama de esfuerzo cortante y momento flector del eje 2, en plano X-Z

### 3.5.1.6.3 Momento torsor

El momento torsor se encuentra ubicado en el plano X-Z (Figura 3.35)

$$Mm6 = 10.08 \text{ N-m}$$

### 3.5.1.6.3 Verificación del material base del eje 2

Aplicando (3.13); y con los nuevos datos se tiene:

Datos:

$$n = 2$$

$$M6 = 898 \text{ N-cm.}$$

$$Mm6 = 1008 \text{ N-cm.}$$

$$S_y = 2 \times 10^4 \text{ N/cm}^2$$

$$d_{\min} = 1.11 \text{ cm.}$$

Para hallar los esfuerzos amplitud y medio se realizan los cálculos de (3.14) y con un diámetro de 1.11 cm., teniendo los siguientes resultados:

$$2\alpha = 73.3^\circ$$

$$\sigma_a = 1.2 \times 10^8 \text{ N/m}^2$$

$$\sigma_m = 7.9 \times 10^7 \text{ N/m}^2$$

Aplicando la ecuación general de fatiga (3.15) se tienen los siguientes resultados:

$$Se' = 0.504 * Sut = 2 \times 10^8 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

Los factores de corrección para fatiga son:

$$Ka = 0.89$$

$$Kb = 1.05$$

$$Kc = 1$$

$$Kd = 1$$

$$Ke = 1/Kf$$

$$Kf = 1 + q*(K_t - 1)$$

$$q = 0.5$$

$$K_t = 1.8$$

$$Kf = 1.4$$

$$Ke = 0.7$$

$$Se = 1.35 \times 10^8 \text{ N/m}^2$$

Aplicando la ecuación de Goodman modificada (3.17), se tiene:

$$n = 1.8$$

Este factor de seguridad garantiza que el eje no falla



### 3.5.2 SELECCIÓN DE BANDAS Y POLEAS

Para seleccionar el tipo de banda y el diámetro de las poleas se utiliza el catálogo de la DAYCO, considerando que este tipo de bandas se encuentran fácilmente en el mercado local.

#### 3.5.2.1 Factor de servicio

Para la determinación del factor de servicio se debe considerar el tipo de aplicación que tiene la máquina. En la tabla 2 del Anexo 1 (Catálogo de bandas) se puede observar que para maquinaria de transporte de cargas livianas se debe aplicar el factor B.

En la tabla 3 del Anexo 1 (Catálogo de bandas) se determina el factor de servicio del motor utilizado en la máquina. Sabiendo que el motor es monofásico y de corriente alterna el factor de servicio es igual a 1.

Con el factor de servicio de la máquina (B), el factor de servicio del motor (1) y sabiendo que el funcionamiento de la máquina va a ser intermitente se determina el factor de servicio, con la ayuda de la tabla 1 del Anexo 2. Este factor de servicio es:

$$f_s = 1.2$$

#### 3.5.2.2 Potencia de diseño

$$Pot_d = Pot_{nominal} * f_s. \quad (3.27)^{13}$$

Donde:

$Pot_{nominal}$  = Potencia entregada por el motor (0.5 Hp).

$f_s$  = factor de servicio (1.2)

$Pot_d = 0.6$  Hp

---

<sup>13</sup> DAYCO, Engineering Guide for Industrial V-Belt Drives, pg. 4

### 3.5.2.3 Sección transversal de la banda y diámetro de las poleas

Con la potencia del motor y las revoluciones de salida que tiene el motor se establece en la Fig. 2 del Anexo 1 que la sección de la banda es del tipo AP según el catálogo de la DAYCO.

Para la determinación de la banda se deben seguir los siguientes pasos:

1. Se localiza la sección donde se encuentran la banda de tipo A.
2. Con la relación de reducción (8 en la primera etapa) y las revoluciones de salida del motor se determinan los diámetros de las poleas.
3. Para establecer el valor de la distancia entre centros se debe tomar en cuenta el espacio disponible y sabiendo que la distancia mínima entre los centros debe ser por lo menos del valor del diámetro de la polea mayor se establece que su valor debe ser alrededor de las 16 pulgadas.
4. Finalmente se determina la denominación de la banda.

Los diámetros de las poleas se encuentran fácilmente en el mercado local.

La potencia que puede transmitir la banda se determina en la tabla del Anexo 1 con el diámetro de la polea motriz y las revoluciones de salida del motor. Esta potencia resulta ser de: 3.85 Hp

El factor de corrección para la potencia de esta banda es de: 0.9

### 3.5.2.4 Número de bandas

El número de bandas se calcula con la relación:

$$N = (\text{Pot}_{\text{diseño}} / \text{Pot}_{\text{corregida}}) \quad (3.28)^{14}$$

---

<sup>14</sup> DAYCO, Engineering Guide for Industrial V-Belt Drives, pg. 5

Donde:

$$\text{Pot}_{\text{corregida}} = \text{HP}_{\text{banda}} * \text{Factor Key} \quad (3.29)^{14}$$

$$\text{Pot}_{\text{corregida}} = 3.85 * 0.9 = 3.46 \text{ (Hp)}$$

$$\text{Pot}_{\text{diseño}} = 0.6 \text{ (Hp)}$$

Reemplazando en (3.28) se tiene:

$$N = (0.6 / 3.46) = 0.17$$

Por tanto se concluye que el número de bandas necesario es:

$$N = 1$$

### 3.5.2.5 Determinación de la longitud de las bandas

La longitud de la banda se calcula mediante la ecuación:

$$L = 2C + 1.57(D + d) + \frac{(D - d)^2}{4C} \quad (3.30)^{15}$$

Donde:

L = Longitud de banda

C = distancia entre centros.

D = diámetro de la polea mayor.

d = diámetro de la polea menor.

Para la primera etapa se tiene:

$$D = 16 \text{ pulgadas}$$

$$d = 2 \text{ pulgadas}$$

$$C = 16 \text{ pulgadas}$$

---

<sup>15</sup> SIGLEY, Diseño en Ingeniería Mecánica, McGraw-Hill, Quinta Edición, pg. 762

Reemplazando valores en (3.30) se tiene:

$L = 63$  pulgadas

Siguiendo el mismo método de selección, se obtiene los siguientes resultados para las transmisiones restantes:

**Tabla 3.1** Valores asignados para bandas y poleas

Reducciones de Velocidad	d (in)	D (in)	C (in)	N	L (in)	Tipo
Motor - Eje 2	2	16	16	1	63	AP63
Eje 2 - Eje 1	2	16	16	1	63	AP63
Eje 1 - Eje Rodillo	2	14	13	1	54	AP54
Eje 1 - Eje Estampador	5	3	10,5	1	34	AP34
Eje 1 - Eje Bobinador	2	3	16	1	40	AP40

**Fuente:** Propia

**Elaborado:** Guanín, Llumiquinga

### 3.5.3 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS

En esta sección se estudia y selecciona todos los rodamientos que intervienen en la máquina.

#### 3.5.3.1 Selección de rodamientos para los ejes de rodillos de la banda transportadora

En esta parte se seleccionan los rodamientos para los dos ejes que actúan con la banda transportadora.

##### 3.5.3.1.1 Selección de rodamientos para el eje motriz de la banda transportadora

Las cargas que se presentan sobre los rodamientos del eje motriz de la banda transportadora se representan en las Figuras 3.11 y 3.12

$$\begin{aligned} A_x &= 205 \text{ (N)} & B_x &= 312 \text{ (N)} \\ A_y &= 425.5 \text{ (N)} & B_y &= 50 \text{ (N)} \end{aligned}$$

La reacción radial sobre los apoyos se calcula mediante la expresión:

$$Rr = \sqrt{Rr^2 + Rx^2} \quad (3.31)^{16}$$

Entonces se tiene:

$$RAr = 472.3 \text{ (N)}$$

$$RBr = 316 \text{ (N)}$$

Con la carga de mayor magnitud, se selecciona un solo tipo de rodamiento para los dos apoyos, este análisis se hace en el apoyo A.

Para este fin se debe calcular la capacidad de carga dinámica por medio de la relación:

$$C = \frac{f1}{fn} P \quad (3.32)^{16}$$

Donde:

P: carga dinámica correspondiente = 472.3 (N)

f1: factor de esfuerzos dinámicos = 3 (Mecanismo de transporte y extrucción)

fn: factor de velocidad de giro (3 rpm.) = 0.77 (Interpolando)

$$C = 1821 \text{ (N)}$$

Con este valor de capacidad de carga y con el valor del diámetro del eje al que va acoplado el rodamiento se selecciona del catálogo una unidad FAG con

---

<sup>16</sup> SKF, Catalogo General, pg. 49, 66

rodamiento S (Anexo 3), es decir el rodamiento con su respectivo soporte de fundición gris.

FAG 16204       $C = 9.8 \text{ KN}$        $d = 20 \text{ mm}$   
 Equivalente al SKF:    SY 20 TF       $C = 9.8 \text{ KN}$        $d = 20 \text{ mm}$   
 Con rodamiento:    YAR 204 - 2F

El cual satisface plenamente los requerimientos establecidos, además se encuentra disponible en el mercado.

### 3.5.3.2 Selección de rodamientos para el eje de la estampadora

Las cargas que se presentan en la Figura 3.14

$$C_y = 425.5 \text{ (N)} \qquad D_y = 50 \text{ (N)}$$

Reemplazando valores en (3.31), se tienen:

$$R_{Cr} = 536 \text{ (N)}$$

$$R_{Dr} = 200 \text{ (N)}$$

Con la carga de mayor magnitud, se selecciona un solo tipo de rodamiento para los dos apoyos, este análisis se hace en el apoyo C.

Reemplazando valores en (3.32) y con los nuevos valores se tiene:

Datos:

$$P = 536 \text{ (N)}$$

$$f_1 = 3$$

$$f_n: \text{ factor de velocidad de giro (20 rpm) } = 0.765 \text{ (Interpolando)}$$

$$C = 2101 \text{ (N)}$$

Con este valor de capacidad de carga y con el valor del diámetro del eje al que va acoplado el rodamiento se selecciona del catálogo una unidad FAG con rodamiento S (Anexo 3), es decir el rodamiento con su respectivo soporte de fundición gris.

FAG 16204       $C = 9.8 \text{ KN}$                    $d = 20 \text{ mm}$   
 Equivalente al SKF:    SY 20 TF                   $C = 9.8 \text{ KN}$                    $d = 20 \text{ mm}$   
 Con rodamiento:    YAR 204 - 2F

El cual satisface plenamente los requerimientos establecidos, además se encuentra disponible en el mercado.

### 3.5.3.3 Selección de rodamientos para el eje del bobinador

Las cargas que se presentan en las Figuras 3.22 y 3.23

$E_x = 135 \text{ (N)}$	$F_x = 0 \text{ (N)}$	$G_x = 12.8 \text{ (N)}$
$E_y = 126.4 \text{ (N)}$	$F_y = 0.73 \text{ (N)}$	$G_y = 7.67 \text{ (N)}$

Reemplazando valores en (3.31), se tienen:

$R_{Er} = 185 \text{ (N)}$   
 $R_{Fr} = 20.73 \text{ (N)}$   
 $R_{Gr} = 15 \text{ (N)}$

Con la carga de mayor magnitud, se selecciona un solo tipo de rodamiento para los apoyos, este análisis se hace en el apoyo E.

Reemplazando valores en (3.32) y con los nuevos datos se tiene:

Datos:

$P = 185 \text{ (N)}$   
 $f_1 = 3$

$f_n$ : factor de velocidad de giro (35 rpm) = 0.754 (Interpolando)

$$C = 735 \text{ (N)}$$

Con este valor de capacidad de carga y con el valor del diámetro del eje al que va acopado el rodamiento se selecciona del catálogo una unidad FAG con rodamiento S (Anexo 3), es decir el rodamiento con su respectivo soporte de fundición gris.

FAG 16204	$C = 9.8 \text{ KN}$	$d = 20 \text{ mm}$	
Equivalente al SKF:	SY 20 TF	$C = 9.8 \text{ KN}$	$d = 20 \text{ mm}$
Con rodamiento:	YAR 204 - 2F		

El cual satisface plenamente los requerimientos establecidos, además se encuentra disponible en el mercado.

#### 3.5.3.4 Selección de rodamientos para el eje 1

Las cargas que se presentan sobre los rodamientos del eje se representan en las Figuras 3.27 y 3.28

$$\begin{aligned} H_x &= 689 \text{ (N)} & I_x &= 230 \text{ (N)} \\ H_y &= 762 \text{ (N)} & I_y &= 535 \text{ (N)} \end{aligned}$$

Reemplazando valores en (3.31), se tienen

$$R_{Hr} = 1027 \text{ (N)}$$

$$R_{Ir} = 582 \text{ (N)}$$

Con la carga de mayor magnitud, se selecciona un solo tipo de rodamiento para los apoyos, este análisis se hace en el apoyo H.

Reemplazando valores en (3.32) y los nuevos datos se tiene:



Datos:

$$P = 1027 \text{ (N)}$$

$$f_1 = 3$$

$$f_n: \text{factor de velocidad de giro (28 rpm.)} = 0.765(\text{Interpolando})$$

$$C = 4027 \text{ (N)}$$

Con este valor de capacidad de carga y con el valor del diámetro del eje al que va acopado el rodamiento se selecciona del catálogo una unidad FAG con rodamiento S (Anexo 3), es decir el rodamiento con su respectivo soporte de fundición gris.

$$\text{FAG 16204} \quad C = 9.8 \text{ KN} \quad d = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Equivalente al SKF: SY 20 TF} \quad C = 9.8 \text{ KN} \quad d = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Con rodamiento: YAR 204 - 2F}$$

El cual satisface plenamente los requerimientos establecidos, además se encuentra disponible en el mercado.

### 3.5.3.5 Selección de rodamientos para el eje 2

Las cargas que se presentan sobre los rodamientos del eje se representan en las Figuras 3.32 y 3.33

$$J_x = 336 \text{ (N)} \quad K_x = 98.9 \text{ (N)}$$

$$J_y = 75.8 \text{ (N)} \quad K_y = 167 \text{ (N)}$$

Reemplazando valores en (3.31), se tienen

$$R_{Jr} = 344 \text{ (N)}$$

$$R_{K_r} = 194 \text{ (N)}$$

Con la carga de mayor magnitud, se selecciona un solo tipo de rodamiento para los apoyos, este análisis se hace en el apoyo J.

Reemplazando valores en (3.32) y los nuevos datos, se tiene

Datos

$$P = 344 \text{ (N)}$$

$$f_1 = 3$$

$$f_n = \text{factor de velocidad de giro (218 rpm.)} = 0.515 \text{ (Interpolando)}$$

$$C = 531 \text{ (N)}$$

Con este valor de capacidad de carga y con el valor del diámetro del eje al que va acopado el rodamiento se selecciona del catálogo una unidad FAG con rodamiento S (Anexo 3), es decir el rodamiento con su respectivo soporte de fundición gris.

FAG 16204       $C = 9.8 \text{ KN}$        $d = 20 \text{ mm}$

Equivalente al SKF:    SY 20 TF       $C = 9.8 \text{ KN}$        $d = 20 \text{ mm}$

Con rodamiento:    YAR 204 - 2F

El cual satisface plenamente los requerimientos establecidos, además se encuentra disponible en el mercado.

### 3.5.3.6 Cálculo de la vida útil del rodamiento

El cálculo de la vida útil se realizará para el rodamiento que está expuesto a la mayor carga, el cual es el rodamiento del apoyo H del Eje 1.

$$L_{10} = (C / P)^p \tag{3.33}^{17}$$

Donde:

$L_{10}$  = Duración de los rodamientos en millones de revoluciones

$p$  = Exponente de la fórmula de vida = 3 (para rodamiento de bolas)

$P$  = Carga dinámica correspondiente = 1027 (N)

$C$  = Capacidad de carga dinámica = 9800 (N)

---

<sup>17</sup> SKF, Catalogo General, pg. 28

Lo que da como resultado:

$$L_{10} = 868.9 \times 10^6 \text{ rev.}$$

Con este último valor y con el número de revoluciones a las que trabaja el rodamiento (24 rpm), se determina la duración del mismo en horas de trabajo:

$$L_{10h} = 60340 \text{ horas}$$

Si se trabajan 6 horas diarias durante 6 días a la semana se tiene una duración de:

$$D = 32 \text{ años.}$$

Este resultado indica que si la máquina trabaja continuamente, los rodamientos se deben cambiar a los 32 años.

### **3.6 ESTRUCTURA**

El análisis estructural se realiza mediante el programa computacional SAP – 2000.

Los resultados se observan en el Anexo 5, del cual se concluye que la estructura cumple con los requerimientos para los que fue diseñada.

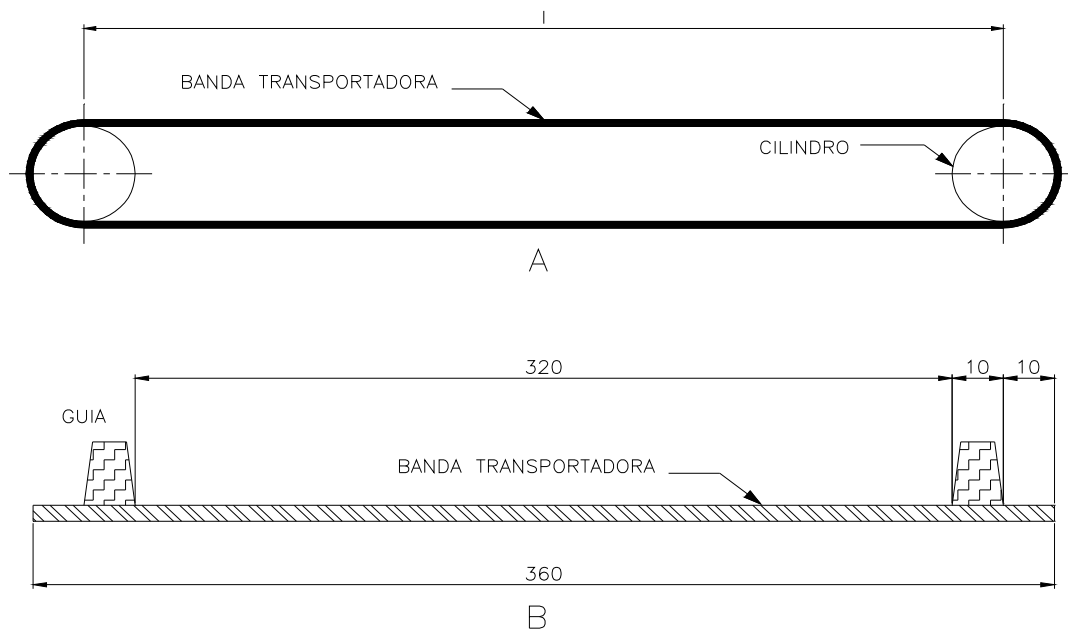
### **3.7 BANDA TRANSPORTADORA Y CILINDROS**

#### **3.7.1 BANDA TRANSPORTADORA**

De investigaciones de campo se conoce que la cera de abejas tarda aproximadamente un minuto en enfriarse de 70 °C a 30 °C, esto sucede en

láminas con un espesor que varía entre 2 y 2.5 mm, espesores que son requeridos de acuerdo a la sección 2.3.

El ancho de la lámina de cera de abejas es de 320 mm aproximadamente, por lo tanto, el ancho de la banda transportadora debe ser de 360 mm debido a que se tiene que evitar que se derrame la cera líquida, para esto se adicionan guías laterales superiores y además 10 mm libres como se muestra en la Figura 3.36 B. La banda transportadora debe ser tipo sin fin para evitar pliegues que puedan producir deformaciones en la lámina de cera que se forme.



**Figura 3.36** Banda transportadora

El material de la banda transportadora debe cumplir con las normas para alimentos y soportar una temperatura de 70 °C mínimo, por lo que se elige la banda del tipo Nonex 8/2 00+05 FG, que se la encuentra en el mercado local. Las propiedades del tipo de banda mencionado se las encuentra en el Anexo 4.

El diámetro de los cilindros motriz y cilindro conducido se determina en base al Anexo 4 donde se encuentra que para la banda transportadora a flexión el diámetro mínimo de los cilindros es de 30 mm; las guías tipo Z 10x6 necesitan un

diámetro mínimo de 60 mm, por lo tanto, el diámetro de los cilindros recomendado por el distribuidor para el conjunto banda – guías es de 90 mm.

Con el dato de la sección 3.3.2.3 donde se tiene que el cilindro motriz gira a 3.23 rpm y diámetro anterior se determina la distancia entre centros de los cilindros:

$$p = 2\pi r = 2\pi 45\text{mm} = 282.74\text{mm}$$

Donde:

p = perímetro del cilindro

$$3.23 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * 282.74\text{mm} * 1\text{min} = 913.26\text{mm}$$

La distancia del centro del cilindro conducido al centro del cilindro motriz es de 913.36 mm. Se debe adicionar una distancia de aproximadamente 100 mm entre el punto de caída y el centro del cilindro conducido para evitar que se derrame la cera líquida, por lo tanto, la distancia de centro a centro es de 1000 mm. La Figura 3.36 B muestra el largo necesario de la banda transportadora.

$$L = 2l + p = (2 * 1000\text{mm}) + 282.74\text{mm} = 2282.74\text{mm}$$

Donde:

L = largo total de la banda

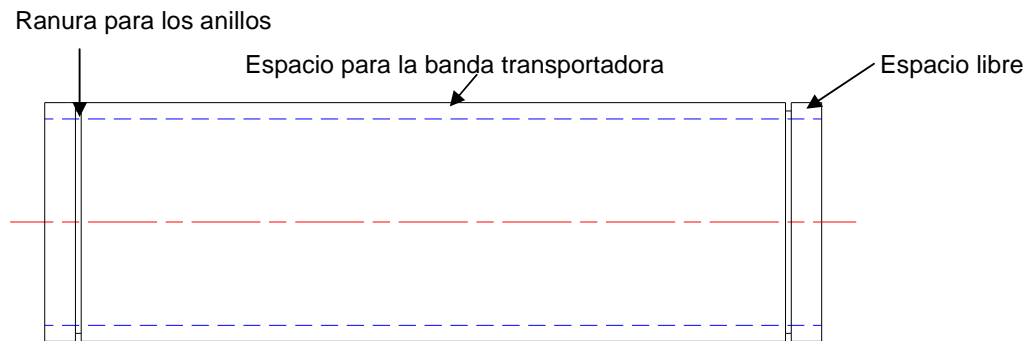
l = distancia entre centros

El largo total de la banda transportadora es 2283 mm.

### 3.7.2 CILINDRO MOTRIZ Y CILINDRO CONDUcido

El material de los cilindros es acero inoxidable AISI 304 (Anexo 2) que cumple con las normas para alimentos, además permite mantener la cara inferior

de la banda libre de óxidos. El diámetro de los cilindros es 90 mm (sección 3.7.1) por lo que se escoge tubos de 3 pulgadas SCH – 40; la longitud de cada cilindro es de 406 mm debido a que se le incorporan anillos elásticos exteriores para diámetro de 90 mm los cuales tienen un espesor de 3 mm para evitar que la banda transportadora tienda a moverse de un lado a otro y se deja un espacio libre a cada lado como se muestra en la Figura 3.37.

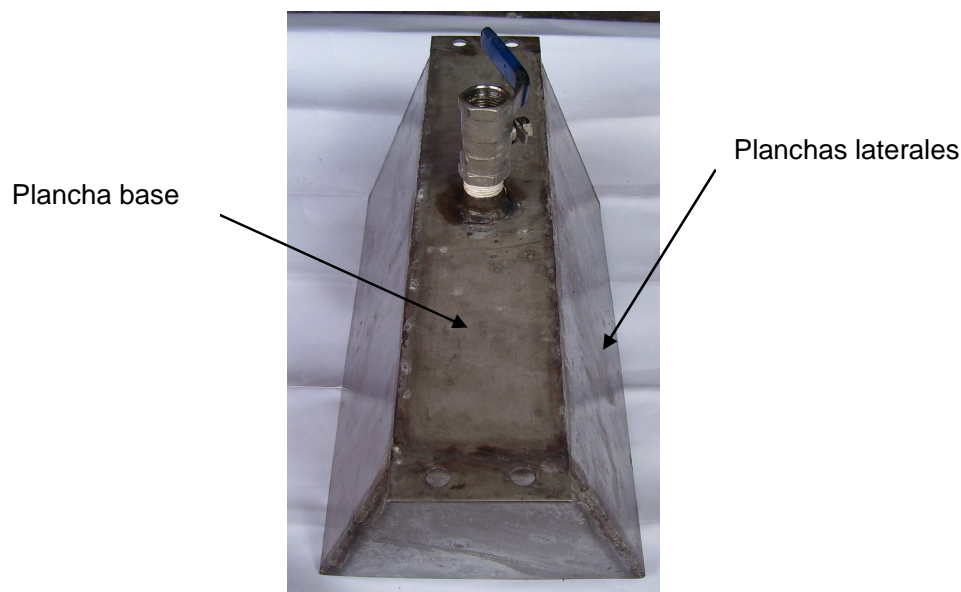


**Figura 3.37** Cilindro

### 3.8 TANQUE DOSIFICADOR DE CERA

El tanque dosificador debe ser diseñado para almacenar 6 litros de cera líquida a una temperatura de 70 °C aproximadamente. El material del tanque dosificador debe cumplir con las normas para alimentos, por lo tanto, las planchas deben ser de acero inoxidable. La parte superior debe tener una superficie más grande con respecto a la superficie de la parte inferior, para de esta forma conseguir una tolva.

Las planchas laterales son de acero inoxidable de un espesor de 1.5 mm y la plancha de la base tiene un espesor de 3mm. La Figura 3.38 muestra el tanque dosificador.



**Figura 3.38** Tanque dosificador

La unión de las placas se realiza mediante el proceso de soldadura TIG – (GTAW).

### **3.9 DEPOSITO DE AGUA Y RODILLO**

El depósito es diseñado para almacenar aproximadamente 3.5 litros de agua con detergente a temperatura ambiente. El material del depósito debe ser resistente a la corrosión para evitar la formación de óxidos, por lo tanto, se usa planchas de acero inoxidable con un espesor de 1.5 mm.

La unión de las placas se realiza mediante el proceso de soldadura TIG – (GTAW).

En este depósito se coloca un rodillo de pintura para superficie semidura con su respectiva parte del mango. El rodillo se encuentra en contacto tanto con la banda como con la mezcla agua – detergente que se encuentra en el depósito. Las dimensiones del rodillo son: longitud de 310 mm y un diámetro de 60 mm, que sirve para empapar la superficie de la banda transportadora con la mezcla agua – detergente.

## **CAPÍTULO 4**

### **CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y PRUEBAS DE CAMPO**

#### **4.1 GENERALIDADES**

La construcción de la Laminadora Estampadora Continua para Cera de Abejas se la debe ejecutar en un taller mecánico industrial en el cual existan las instalaciones necesarias para realizar los diferentes trabajos.

Un aspecto importante que debe ser considerado es el de obtener en el mercado, partes y elementos constitutivos de la máquina que se produzcan en el país o importarlos.

#### **4.2 CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA**

Con los respectivos planos de taller (Anexo 8) se procede a la construcción de los elementos constitutivos de la laminadora estampadora continua para cera de abejas.

Los elementos como ejes, placas, etc., se obtienen por maquinado. Se utilizan para el proceso las máquinas herramientas e instrumentos que se citan más adelante.

En la estructura de la Laminadora estampadora continua para cera de abejas, se utiliza perfiles tipo L (ángulos), los cuales se encuentran en el mercado nacional; los perfiles seleccionados deben cumplir con propiedades de soldabilidad y resistencia.



El tipo de electrodo que se utiliza en los procesos de soldadura de la estructura es E – 6011, debido a que los esfuerzos que actúan sobre la estructura son mínimos y es el más común y utilizado.

El motor eléctrico, se adquiere en el mercado de acuerdo al análisis desarrollado anteriormente.

El sistema de transmisión: banda – polea; se adquiere en el mercado según las especificaciones necesarias; para su selección se utilizan los catálogos que proveen los distribuidores, en nuestro caso se utiliza el catálogo de la DAYCO.

#### **4.2.1 REQUERIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN**

Los requerimientos (máquinas, herramientas, materiales, instrumentos, etc.) necesarios para la construcción de la Laminadora estampadora continua para cera de abejas se detallan a continuación:

##### **4.2.1.1 Máquinas y equipos**

- Cizalla manual
- Cizalla hidráulica
- Dobladora
- Esmeril
- Moladora
- Sierra de movimiento alternativo
- Soldadora eléctrica
- Taladro vertical
- Torno horizontal

##### **4.2.1.2 Herramientas**

- Brocas

- Compás
- Cuchillas de acero rápido
- Cuchilla para interiores
- Escuadra
- Limas
- Machuelos
- Martillo
- Rayador
- Sierra de arco
- Útiles del torno

#### **4.2.1.3 Instrumentos de medición y verificación**

- Calibrador pie de rey
- Flexómetro
- Goniómetro
- Nivel
- Termocupla

#### **4.2.1.4 Materia prima**

- Barra cuadrada
- Eje de acero
- Perfiles en L (ángulos)
- Planchas de acero inoxidable
- Planchas de acero
- Pletina de acero inoxidable
- Tubos de acero inoxidable
- Tubos de PVC

#### **4.2.1.5 Elementos normalizados**

- Anillos elásticos
- Arandelas planas
- Arandelas de presión
- Chumaceras
- Bandas
- Rodamientos
- Tornillos, pernos
- Tuercas
- Válvula esférica

#### **4.2.1.6 Elementos adicionales**

- Mango para rodillo de pintura
- Motor eléctrico
- Poleas
- Rodillos estampadores
- Rodillo para superficie semidura

#### **4.2.1.7 Elementos solicitados**

- Banda transportadora

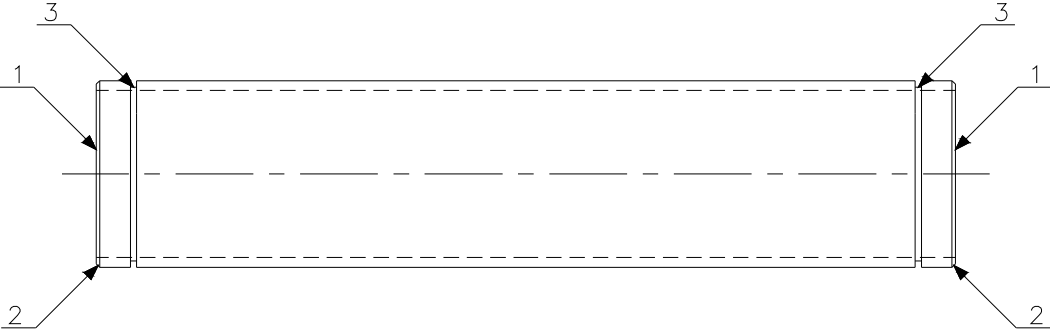
### **4.2.2 HOJAS DE PROCESOS**

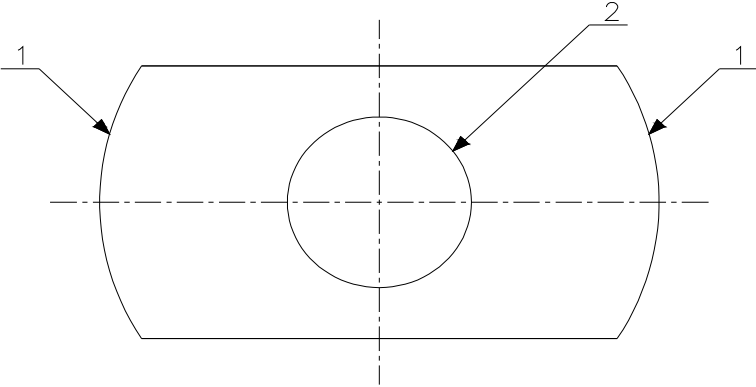
La construcción de la laminadora estampadora continua para cera de abejas, debe tener la guía de procedimientos, por lo tanto, se realizan hojas de procesos para el maquinado de los elementos que presenten dificultad en su manufactura, éstas y los planos de taller facilitan el proceso de fabricación y además son de gran ayuda para el trabajador.

A continuación se presentan las hojas de procesos para la construcción de los principales elementos constitutivos de los que consta la Laminadora estampadora continua para cera de abejas.

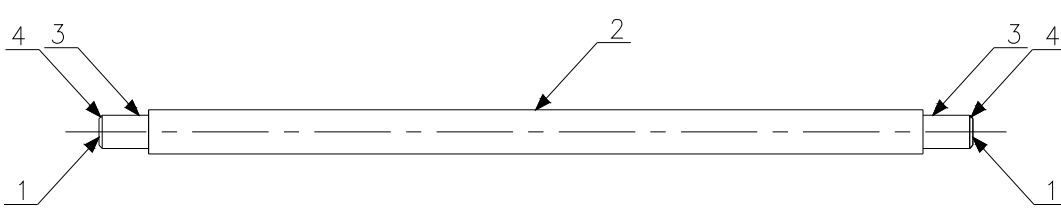
Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad (mm)	Tiempo (min)
1	Refrentar	130	4	1	5
2	Realizar Chaflán	130	4	2x45°	4
3	Ranurar	130	1	1.5	5

LAMINADORA ESTAMPADORA CONTINUA PARA CERA DE ABEJAS	ELEMENTO: CILINDROS MOTRIZ Y CONDUcido	Nº DE PLANO: .109 .112	CANTIDAD DE PIEZAS: 2	MATERIAL: ACERO AISI 304
				

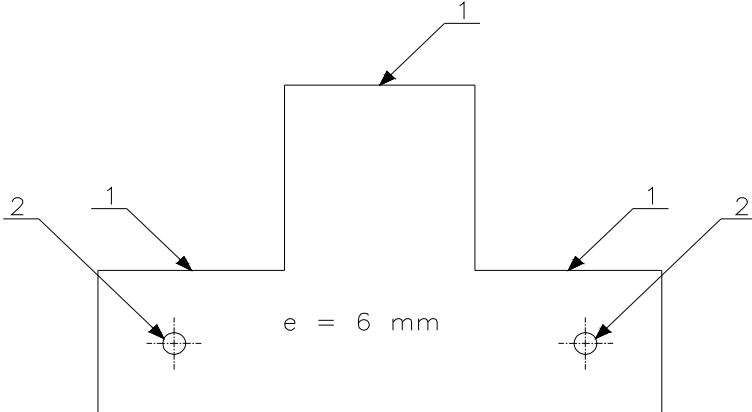
LAMINADORA ESTAMPADORA CONTINUA PARA CERA DE ABEJAS	ELEMENTO: PLACA DE LOS CILINDROS MOTRIZ Y CONDUcido	Nº DE PLANO: .109 .112	CANTIDAD DE PIEZAS: 4	MATERIAL: ACERO AISI 304	
					
Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad (mm)	Tiempo (min)
1	Trazado $\varnothing 77$		1		2
	Esmerilar con moladora			1	6
	Cilindrar Exterior $\varnothing 76$	95	5	1	4
2	Perforar broca de $\varnothing 5$	95	1	9.5	3
	Perforar broca de $\varnothing 12$	95	1	9.5	3
	Perforar broca de $\varnothing 20$	95	1	9.5	3
	Cilindrar Interior $\varnothing 25$	95	10	5	10

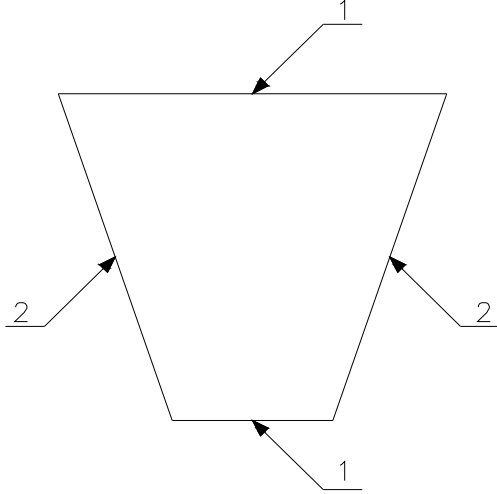
LAMINADORA ESTAMPADORA CONTINUA PARA CERA DE ABEJAS	ELEMENTO: EJE DEL CILINDRO MOTRIZ	Nº DE PLANO: .109	CANTIDAD DE PIEZAS: 1	MATERIAL: ACERO SAE 1018	
Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad (mm)	Tiempo (min)
1	Refrentar	375	1	1	3
2	Cilindrar $\varnothing$ 25	375	1	0.4	10
3	Cilindrar $\varnothing$ 19	375	7	6	30
4	Cilindrar $\varnothing$ 17	375	3	2	15
5	Realizar Chaflán	375	2	2x45°	4

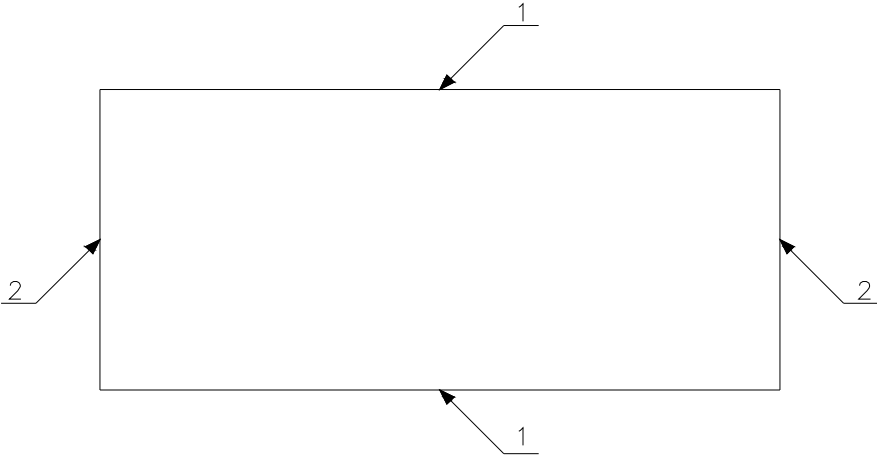
LAMINADORA ESTAMPADORA CONTINUA PARA CERA DE ABEJAS		ELEMENTO: EJE DEL CILINDRO CONDUcido	Nº DE PLANO: .112	CANTIDAD DE PIEZAS: 1	MATERIAL: ACERO SAE 1018
					
Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad (mm)	Tiempo (min)
1	Refrentar	375	1	1	3
2	Cilindrar $\varnothing$ 25	375	1	0.4	10
3	Cilindrar $\varnothing$ 19	375	7	6	20
4	Realizar Chaflán	375	2	2x45°	4



LAMINADORA ESTAMPADORA CONTINUA PARA CERA DE ABEJAS	ELEMENTO: PLACA APOYO DE LA BASE SOPORTE	Nº DE PLANO: .113	CANTIDAD DE PIEZAS: 2	MATERIAL: ACERO ASTM 37	
Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad (mm)	Tiempo (min)
1	Cortar con sierra alternativa	35 golpes por min.	1	6	10
2	Limado 4 lados y escuadrado	35 golpes por min.	1	1	10
3	Perforar broca de centros Perforar broca $\varnothing$ 8 Perforar broca $\varnothing$ 12 Perforar broca $\varnothing$ 15 Perforar broca $\varnothing$ 20 Perforar broca $\varnothing$ 25 Cilindrar Interior $\varnothing$ 35	190 130 130 130 130 130 375	1 1 1 1 1 1 12	 12 12 12 12 12 10	 4 3 3 3 3 3 20

LAMINADORA ESTAMPADORA CONTINUA PARA CERA DE ABEJAS	ELEMENTO: PLACA BASE DE LA BASE SOPORTE	Nº DE PLANO: .113	CANTIDAD DE PIEZAS: 1	MATERIAL: ACERO ASTM 37	
 <p style="text-align: center;"><math>e = 6 \text{ mm}</math></p>					
Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad (mm)	Tiempo (min)
1	Trazar Cortar Limar los lados y puesta a escuadra		1 1	6 0.5	5 8 20
2	Perforar broca $\varnothing 3$ Perforar broca $\varnothing 6$	130 130	1 1	12 12	3 3

LAMINADORA ESTAMPADORA CONTINUA PARA CERA DE ABEJAS	ELEMENTO: PLACA EN V DEL TANQUE DOSIFICADOR	Nº DE PLANO: .103	CANTIDAD DE PIEZAS: 2	MATERIAL: ACERO AISI 304	
					
Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad (mm)	Tiempo (min)
1	Trazar Cortar con cizalla hidráulica		1  1	  1.5	5  2
2	Limar y verificar medidas		1		5

LAMINADORA ESTAMPADORA CONTINUA PARA CERA DE ABEJAS		ELEMENTO: PLACA LATERAL DEL TANQUE DOSIFICADOR	Nº DE PLANO: .103	CANTIDAD DE PIEZAS: 2	MATERIAL: ACERO AISI 304
					
Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad (mm)	Tiempo (min)
1	Trazar		1		5
	Cortar con cizalla hidráulica		1	1.5	2
2	Limar 4 lados y escuadrado		1		5

LAMINADORA ESTAMPADORA CONTINUA PARA CERA DE ABEJAS		ELEMENTO: PLACA BASE DEL TANQUE DOSIFICADOR	Nº DE PLANO: .103	CANTIDAD DE PIEZAS: 1	MATERIAL: ACERO AISI 304
Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad (mm)	Tiempo (min)
1	Trazar Cortar con cizalla hidráulica		1		5
			1	3	2
2	Limado 4 lados y escuadrado				5
3	Trazado de centros				10
	Perforar broca $\varnothing 3$	95	1	3	3
	Perforar broca $\varnothing 8$	95	1	3	3
4	Trazado de centros				10
	Perforar broca $\varnothing 3$	95	1	3	3
	Perforar broca $\varnothing 8$	95	1	3	3
	Perforar broca $\varnothing 12$	95	1	3	3

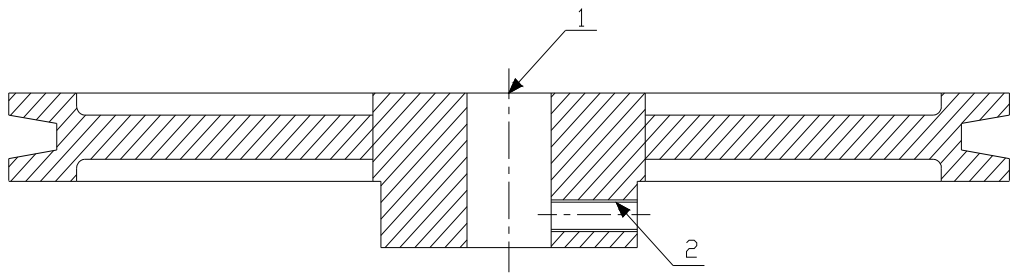
LAMINADORA ESTAMPADORA CONTINUA PARA CERA DE ABEJAS		ELEMENTO: DOSIFICADOR	Nº DE PLANO: .114	CANTIDAD DE PIEZAS: 1	MATERIAL: ACERO AISI 304
Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad (mm)	Tiempo (min)
1	Trazado de centros		1		10
	Perforar broca $\varnothing$ 4 (16 agujeros)	190	1	3	20
2	Perforar broca $\varnothing$ 5	190	1	3	2
	Perforar broca $\varnothing$ 10	190	1	3	2
	Perforar broca $\varnothing$ 15	190	1	8	3

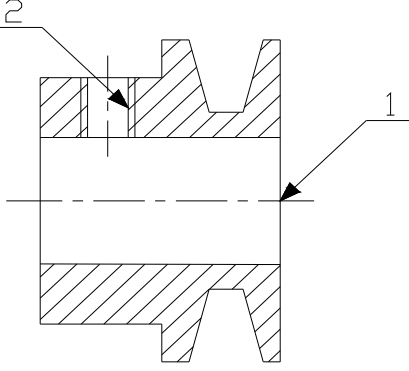
LAMINADORA ESTAMPADORA CONTINUA PARA CERA DE ABEJAS		ELEMENTO: EJE BOBINADOR	Nº DE PLANO: .106	CANTIDAD DE PIEZAS: 1	MATERIAL: ACERO SAE 1018	
Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad (mm)	Tiempo (min)	
1	Refrentar	375	1	1	3	
2	Cilindrar $\varnothing$ 25	375	1	0.4	8	
3	Cilindrar $\varnothing$ 23	375	3	2	10	
4	Cilindrar $\varnothing$ 19	375	7	6	25	
5	Cilindrar $\varnothing$ 17	375	3	2	15	
6	Realizar Chaflán	375	2	1x45°	4	
7	Perforar $\varnothing$ 5	190	1	23	5	

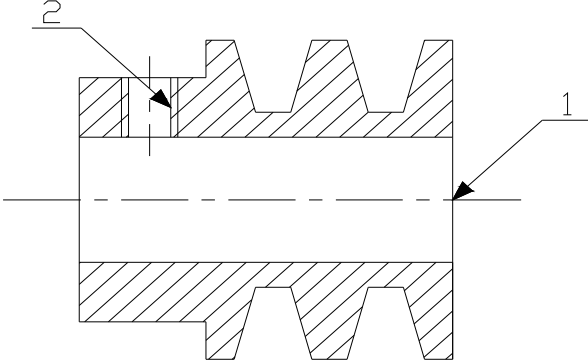
LAMINADORA ESTAMPADORA CONTINUA PARA CERA DE ABEJAS	ELEMENTO: EJE DE APOYO	Nº DE PLANO: .108	CANTIDAD DE PIEZAS: 1	MATERIAL: ACERO SAE 1018	
Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad (mm)	Tiempo (min)
1	Refrentar	375	1	1	3
2	Cilindrar $\varnothing$ 25	375	1	0.4	8
3	Cilindrar $\varnothing$ 23	375	3	2	10
4	Realizar Chaflán	375	2	1x45°	4
5	Perforar $\varnothing$ 5	190	1	23	5



LAMINADORA ESTAMPADORA CONTINUA PARA CERA DE ABEJAS		ELEMENTO: CARRETE B0BINADOR	Nº DE PLANO: .107	CANTIDAD DE PIEZAS: 2	MATERIAL: PVC	
Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad (mm)	Tiempo (min)	
1	Refrentar	375	1	1	3	
2	Ranurar $\varnothing$ 29	375	1	4	5	
3	Ranurar horizontalmente (24 ranuras)	0	2	2	25	
4	Perforar $\varnothing$ 5	190	1	5	5	

LAMINADORA ESTAMPADORA CONTINUA PARA CERA DE ABEJAS	ELEMENTO:  POLEA DE 16"	Nº DE PLANO: .105	CANTIDAD DE PIEZAS: 1	MATERIAL:  ALUMINIO	
					
Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad (mm)	Tiempo (min)
1	Perforar broca $\varnothing$ 15	255	1	40	4
	Perforar broca $\varnothing$ 20	255	1	40	4
	Cilindrado Interior $\varnothing$ 25	375	3	5	10
2	Pasar machuelo 5/16		1	20	3

LAMINADORA ESTAMPADORA CONTINUA PARA CERA DE ABEJAS		ELEMENTO: POLEA DE 2"	Nº DE PLANO: .115	CANTIDAD DE PIEZAS: 1	MATERIAL: ALUMINIO
					
Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad (mm)	Tiempo (min)
1	Perforar broca $\varnothing$ 15	255	1	36	5
	Cilindrado Interior $\varnothing$ 20	375	3	5	10
2	Pasar machuelo 5/16		1	10	2

LAMINADORA ESTAMPADORA CONTINUA PARA CERA DE ABEJAS	ELEMENTO: POLEA DOBLE DE 2"	Nº DE PLANO: .115	CANTIDAD DE PIEZAS: 1	MATERIAL: ALUMINIO	
					
Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad (mm)	Tiempo (min)
1	Perforar broca $\varnothing$ 15 Cilindrado Interior $\varnothing$ 20	255 375	1 3	53 5	5 10
2	Pasar machuelo 5/16		1	10	2

Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad (mm)	Tiempo (min)
1	Perforar broca $\varnothing$ 15 Cilindrado Interior $\varnothing$ 20	255 375	1 3	36 5	5 10
2	Pasar machuelo 5/16		1	15	3

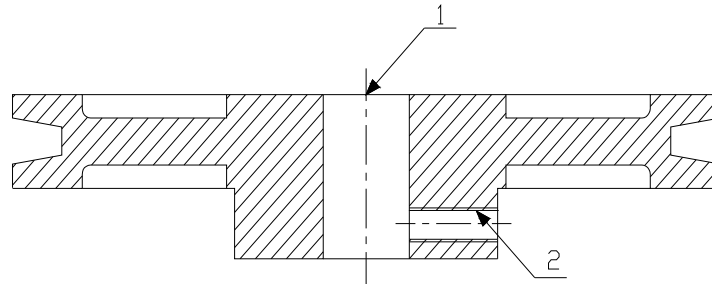
**LAMINADORA  
ESTAMPADORA  
CONTINUA PARA  
CERA DE ABEJAS**

**ELEMENTO:  
POLEA DE 5"**

**Nº DE  
PLANO:  
.105**

**CANTIDAD  
DE PIEZAS:  
1**

**MATERIAL:  
ALUMINIO**



Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad (mm)	Tiempo (min)
1	Perforar broca $\varnothing$ 15	255	1	36	5
	Cilindrado Interior $\varnothing$ 17	375	2	2	8
2	Pasar machuelo 5/16		1	20	3

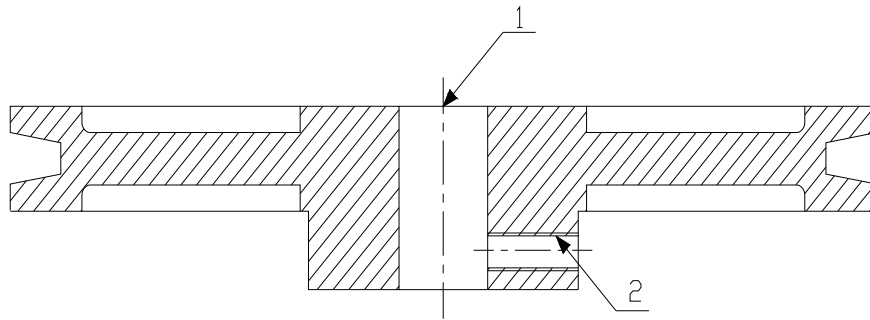
**LAMINADORA  
ESTAMPADORA  
CONTINUA PARA  
CERA DE ABEJAS**

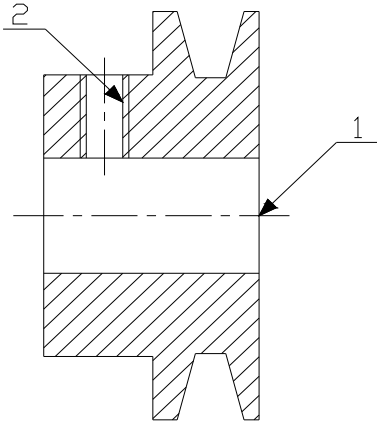
**ELEMENTO:  
POLEA DE 14"**

**Nº DE  
PLANO:  
.105**

**CANTIDAD  
DE PIEZAS:  
1**

**MATERIAL:  
ALUMINIO**



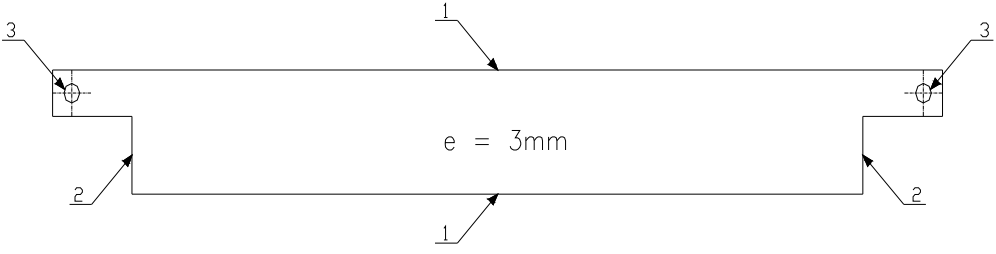
LAMINADORA ESTAMPADORA CONTINUA PARA CERA DE ABEJAS		ELEMENTO:  POLEA DE 3"	Nº DE PLANO:  .105	CANTIDAD DE PIEZAS:  1	MATERIAL:  ALUMINIO	
						
Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad (mm)	Tiempo (min)	
1	Perforar broca $\varnothing$ 15	255	1	36	5	
	Cilindrado Interior $\varnothing$ 17	375	3	5	10	
2	Pasar machuelo 5/16		1	15	3	

LAMINADORA ESTAMPADORA CONTINUA PARA CERA DE ABEJAS		ELEMENTO:  EJE 1	Nº DE PLANO: .119	CANTIDAD DE PIEZAS: 1	MATERIAL: ACERO SAE 1018	
Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad (mm)	Tiempo (min)	
1	Refrentar	375	1	1	3	
2	Cilindrar $\varnothing$ 25	375	1	0.4	8	
3	Cilindrar $\varnothing$ 20	375	4	5	10	
4	Cilindrar $\varnothing$ 19	375	1	1	4	
5	Cilindrar $\varnothing$ 19	375	7	6	15	
6	Realizar Chaflán	375	2	1x45°	4	



LAMINADORA ESTAMPADORA CONTINUA PARA CERA DE ABEJAS		ELEMENTO:  EJE 2	Nº DE PLANO: .1120	CANTIDAD DE PIEZAS: 1	MATERIAL:  ACERO SAE 1018
Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad (mm)	Tiempo (min)
1	Refrentar	375	1	1	3
2	Cilindrar $\varnothing$ 20	375	4	5	15
3	Cilindrar $\varnothing$ 19	375	1	1	8
4	Moletear	65	8	1	15
5	Realizar Chaflán	375	2	1x45°	4

LAMINADORA ESTAMPADORA CONTINUA PARA CERA DE ABEJAS		ELEMENTO: EJE DEL ESTAMPADOR	Nº DE PLANO: .121	CANTIDAD DE PIEZAS: 1	MATERIAL: ACERO SAE 1018
Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad (mm)	Tiempo (min)
1	Refrentar	375	1	1	3
2	Cilindrar $\varnothing$ 17	375	4	3	10
3	Moletear	65	3	0.5	15
4	Realizar Chaflán	375	2	1x45°	4

LAMINADORA ESTAMPADORA CONTINUA PARA CERA DE ABEJAS	ELEMENTO: CUCHILLA	Nº DE PLANO: .111	CANTIDAD DE PIEZAS: 1	MATERIAL: ACERO AISI 304	
					
Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad (mm)	Tiempo (min)
1	Trazado Cortar con cizalla		1 1	3	5 10
2	Limado de los lados y escuadrado				15
3	Trazado de centros Perforar broca $\varnothing 4$	95	1 1	3	3 2

### **4.2.3 ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA**

La construcción de la estructura se la realiza de la siguiente forma:

- a. Trazado sobre perfiles, placas y barras cuadradas.
- b. Corte a dimensiones establecidas.
- c. Trazado de los centros de perforación sobre los perfiles y placas.
- d. Perforación de los perfiles y placas.
- e. Armado de la estructura (puntos de suelda).
- f. Comprobación de las dimensiones, perpendicularidad, paralelismo y estabilidad.
- g. Soldadura de cordón definitivo.

### **4.3 MONTAJE DE LA MÁQUINA**

El montaje se realiza preferentemente en el siguiente orden:

- a. Armado y ubicación de la estructura.
- b. Verificación de la presencia de pernos, prisioneros, arandelas, etc., que serán utilizados en el montaje.
- c. Disposición de los prisioneros en las diferentes poleas.
- d. Se realiza la unión de los ejes, chumaceras y poleas.
- e. Ubicación del motor.
- f. Colocación de las bandas en las respectivas poleas.
- g. Fijación de los conjuntos eje-polea-chumacera en los lugares designados para cada conjunto en la estructura, tomando en cuenta la alineación de las poleas.
- h. Ubicación de los rodillos estampadores y la placa soporte.
- i. Se procede a la ubicación de los cilindros motriz y conducido sobre la estructura, previamente se coloca la banda de transporte.
- j. Templado de la banda de transporte.
- k. Acople del carrete en los ejes del bobinador.

#### 4.4 PRUEBAS DE CAMPO

Las pruebas de campo se realizan según el correspondiente protocolo de pruebas.

Luego de la construcción y el montaje se procede a realizar las pruebas de acuerdo con el protocolo descrito en el Capítulo 2 numeral 2.7, estas verifican el cumplimiento de las condiciones de diseño.

Los resultados del protocolo de pruebas se muestran en las tablas siguientes:

**Tabla 4.1** Verificación de las dimensiones principales

DIMENSIONES PRINCIPALES				
DIMENSIÓN	Diseño	Prototipo	Aceptación	
			Si	No
Largo total [mm]	1600	1601	X	
Ancho total [mm]	690	689	X	
Altura total [mm]	1110	1111	X	

**Fuente:** Propia

**Elaborado:** Guanín, Llumiquinga

**Tabla 4.2** Verificación de los componentes principales

VERIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES			
ELEMENTO	Bueno	Regular	Malo
Funcionamiento del motor	X		
Control del estado de la banda transportadora	X		
Control del labrado de los rodillos estampadores	X		

**Fuente:** Propia

**Elaborado:** Guanín, Llumiquinga

**Tabla 4.3** Trabajo en vacío de la laminadora estampadora continua

<b>SISTEMA O ELEMENTO</b>						
<b>Tiempo [min]</b>	<b>Sistema de transmisión de movimiento</b>		<b>Banda transportadora</b>		<b>Sistema de estampado</b>	
	Falla	No falla	Falla	No falla	Falla	No falla
15		<b>X</b>		<b>X</b>		<b>X</b>
30		<b>X</b>		<b>X</b>		<b>X</b>
45		<b>X</b>		<b>X</b>		<b>X</b>
60		<b>X</b>		<b>X</b>		<b>X</b>

**Fuente:** Propia**Elaborado:** Guanín, Llumiquinga**Tabla 4.4** Espesores de la cera laminada de abejas

<b>ESPESOR DE LA CERA DE ABEJAS</b>		
<b>Nº</b>	<b>Longitud de prueba</b>	<b>Espesor</b>
1	10	2.5
2	10	2.3
3	15	2.5
4	20	2.4
<b>Espesor promedio</b>		<b>2.43</b>

**Fuente:** Propia**Elaborado:** Guanín, Llumiquinga

**Tabla 4.5** Comprobación de la capacidad real de estampado

<b>PRODUCCION DE CERA ESTAMPADA</b>					
<b>Tiempo (min)</b>	<b>Longitud laminada (m)</b>	<b>Longitud estampada (m)</b>	<b>Calidad de estampado</b>		<b>Capacidad de estampado/min</b>
			Buena	Mala	
1	1.016	4.226	X		4.226
1	1.021	4.249	X		4.249
2	2.052	8.536	X		4.268
2	2.048	8.520	X		4.26
<b>Capacidad promedio</b>					<b>4.251</b>

**Fuente:** Propia

**Elaborado:** Guanín, Llumiquinga

#### 4.4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Dentro de la verificación de las dimensiones del prototipo construido, se aprecia que las diferencias entre las medidas reales varían con respecto a las del diseño, pero estas se hallan dentro del margen de tolerancia.

Los componentes principales del prototipo se encuentran en buen estado y no fallan durante el tiempo de la prueba sin carga.

En las pruebas realizadas al prototipo para trabajo con carga se obtienen, un estampado de buena calidad.

## **CAPÍTULO 5**

### **COSTOS**

#### **5.1 INTRODUCCIÓN**

Este capítulo se encarga de la descripción de todos los costos para el diseño y la construcción de la máquina para producir estampas de cera de abejas; se toma como referencia los precios en el mercado de la ciudad de Quito en el mes de Noviembre del 2005.

Se consideran los siguientes costos para el análisis:

- Costo de diseño
- Costo de materia prima
- Costo de elementos normalizados
- Costo de elementos adicionales
- Costo de elementos solicitados
- Costo de construcción
- Costos adicionales
- Costo total

#### **5.2 COSTO DE DISEÑO**

El costo de diseño es el costo de ingeniería, en este se toma en cuenta las horas de trabajo empleadas en el diseño de la laminadora estampadora continua para cera de abejas; a continuación se presenta en la siguiente tabla de detalles:



**Tabla 5.1** Costo de diseño

<b>Designación</b>	<b>Costo / hora USD</b>	<b>Número de horas</b>	<b>Total USD</b>
Diseño de la Laminadora estampadora para cera de abejas	15	50	750

**Fuente:** Propia

**Elaborado:** Guanín, Llumiquinga

Entonces se tiene que el costo de diseño es de 750 dólares americanos.

### **5.3 COSTO DE MATERIA PRIMA**

Se denomina materia prima al material que se lo adquiere en bruto y que mediante el conformado mecánico, se convierte en la pieza requerida.

El costo de la materia prima se registra a partir de las facturas de las compras.

La siguiente tabla indica los materiales necesarios para la construcción de la Laminadora estampadora continua para cera de abejas, incluye el precio de los mismos.

**Tabla 5.2** Costo de materia prima

<b>Designación</b>	<b>Número de unidades</b>	<b>Costo unitario USD</b>	<b>Subtotal USD</b>
Eje de acero SAE 10 18 Ø 1"x1m	2.5	9	22.5
Perfiles L (ángulos) 30x30x3 mm	2	5.72	11.44
Perfiles L (ángulos) 20x20x2 mm	1	3.15	3.15
Placa de acero A 36 400x150x3 mm	1	5	5
Placa de acero A 36 400x50x6.5 mm	1	5	5
Placa de acero inoxidable AISI 304 510x156x1.5 mm	2	8	16
Placa de acero inoxidable AISI 304 500x170x1.5 mm	1	10	10
Placa de acero inoxidable AISI 304 79x40x9.5 mm	4	5	20
Tubo de acero inoxidable AISI 304 Ø1/2"x1m	1	9	9
Tubo de acero inoxidable AISI 304 Ø3"x1m	1	75	75
Tubo de PVC Ø1"x1m	2	2	4
Barra cuadrada 1/2"x1m	1	2	2
<b>Total</b>			<b>183.09</b>

**Fuente:** Import Com, Castillo Hermanos, Comercial Canadá, Jácome, Tespa Aceroscenter

**Elaborado:** Guanín, Llumiquinga

Entonces el costo total de la materia prima es de 183.09 dólares americanos.

## 5.4 COSTO DE ELEMENTOS NORMALIZADOS

Se denominan elementos normalizados a todos aquellos que son de libre comercialización en el mercado y no necesitan ser alterados para el uso en el acoplamiento en el equipo.

En la construcción de la Laminadora estampadora continua para cera de abejas se requirieron los siguientes elementos normalizados, incluye el precio de los mismos.

**Tabla 5.3** Costo de elementos normalizados

Designación	Número de unidades	Costo unitario USD	Subtotal USD
Anillos elásticos exteriores Ø 90 mm	4	2.14	8.56
Arandela de presión M10	22	0.03	0.66
Arandela plana M10	40	0.04	1.60
Arandela de presión M8	6	0.02	0.12
Arandela plana M8	12	0.03	0.36
Banda AP 63	2	7.80	15.60
Banda AP 54	1	5.50	5.50
Banda AP 40	1	4.80	4.80
Banda AP 34	1	4.26	4.26
Chumaceras Ø 3/4"	9	5	45
Perno M10x40mm	18	0.20	3.60
Perno M8x25mm	6	0.12	0.48
Perno allen M10x30mm	4	0.25	1
Perno allen sin cabeza (prisionero) Ø5/16x3/4"	4	0.11	0.44
Perno allen sin cabeza (prisionero) Ø5/16x1/2"	5	0.10	0.50
Tuerca M10	22	0.10	2.20
Tuerca M8	4	0.05	0.20
Válvula ESF. Acero inoxidable 1/2"	1	5.87	5.87
<b>Total</b>			<b>100.75</b>

**Fuente:** Comercial Canadá, Jácome, Batra, Castillo Hermanos

**Elaborado:** Guanín, Llumiyinga

Entonces el costo total de los elementos normalizados es de 100.75 dólares americanos.

## 5.5 COSTO DE ELEMENTOS ADICIONALES

En este rubro constan aquellos elementos que no pueden ser encasillados como elementos normalizados, pero que ya vienen fabricados de tal manera que

se los puede utilizar. Si es necesario, se realiza una ligera modificación a estos elementos.

La siguiente tabla indica los elementos adicionales necesarios para la construcción de la Laminadora estampadora continua para cera de abejas, incluye el precio de los mismos.

**Tabla 5.4** Costo de elementos adicionales

Designación	Número de unidades	Costo unitario USD	Subtotal USD
Mango para rodillo 12"	1	2.87	2.87
Motor 1/2 HP 1720 RPM	1	79.50	79.50
Polea Ø16"	2	12	24
Polea Ø14"	1	9.50	9.50
Polea Ø5"	1	4.75	4.75
Polea Ø3"	2	2.50	5
Polea Ø2"	2	1.20	2.40
Polea doble Ø2"	1	2.20	2.20
Rodillos estampadores Ø85 mm	1	6000	6000
Rodillo para superficie semidura 12"	1	4.23	4.23
<b>Total</b>			<b>6134.45</b>

**Fuente:** Comercial Canadá, Kywi, Ferretería Sánchez, Apiarios el Pinar

**Elaborado:** Guanín, Llumiquinga

Entonces el costo total de los elementos adicionales es de 6134.45 dólares americanos.

## 5.6 COSTO DE ELEMENTOS SOLICITADOS

En este tipo de rubro se enlistan aquellos elementos que son elaborados bajo especificaciones dadas por el cliente.

**Tabla 5.5** Costo de elementos solicitados

Designación	Número de unidades	Costo unitario USD	Subtotal USD
Banda de transporte NONEX EM 8/2 0+05 White FG 360x2283 mm	1	111.78	111.78

**Fuente:** Molinaro

**Elaborado:** Guanín, Llumiquinga

Entonces el costo total de los elementos solicitados es de 111.78 dólares americanos.

## 5.7 COSTO DE CONSTRUCCIÓN

En este punto se toma en cuenta los siguientes parámetros:

- Mano de obra calificada
- Costos de hora máquina herramienta
- Montaje

A continuación se presenta en la Tabla 6.6 los gastos de construcción requeridos para la Laminadora estampadora continua para cera de abejas:

**Tabla 5.6** Costo de construcción

Maquinaria	Costo / hora USD	Número de horas	Subtotal USD
Torno	12	25	300
Taladro	8	2	16
Suelda eléctrica	10	6	60
Esmeril	4	2	8
Sierra alternativa	5	2	10
<b>Total</b>			<b>394</b>

**Fuente:** Propia

**Elaborado:** Guanín, Llumiquinga

El costo total de construcción es de 394 dólares americanos.

## 5.8 COSTOS ADICIONALES

Los costos adicionales son los relacionados a operación, pruebas e imprevistos que generalmente incluyen gastos de transporte, materiales para el acabado de la máquina, etc., que no son contemplados en los rubros anteriores, y se estima que es un 5% del costo de construcción de la del prototipo sin realizar ninguna prueba.

**Tabla 5.7** Costo adicionales

<b>Designación</b>	<b>Total USD</b>
Costos adicionales 5% de la Laminadora estampadora continua para cera de abejas construida	384

**Fuente:** Propia

**Elaborado:** Guanín, Llumiquinga

El valor de costos adicionales es de 384 dólares americanos.

## 5.9 COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA ESTAMPADORA

Realizando la suma de todos los costos anteriores se tiene el costo total de la máquina estampadora para cera de abejas, como se indica en la Tabla 6.8.

**Tabla 5.8** Costo total

<b>Tipo de costo</b>	<b>Subtotal USD</b>
Costo de diseño	750
Costo de materia prima	183.09
Costo de elementos normalizados	100.75
Costo de elementos adicionales	6134.45
Costo de elementos solicitados	111.78
Costo de construcción	394
Costos adicionales	384
<b>Costo Total</b>	<b>8058.07</b>

**Fuente:** Propia

**Elaborado:** Guanín, Llumiquinga

El costo total de la Laminadora estampadora continua para cera de abejas es 8058 dólares americanos.

Los costos de la cera de abejas purificada y los precios de las láminas estampadas de cera de abejas se encuentran detallados en el Anexo 7.

## CAPÍTULO 6

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 CONCLUSIONES

- El objetivo principal se ha cumplido al diseñar y construir la laminadora estampadora continua para cera de abejas, que permite producir laminas de cera estampada.
- El análisis en SAP 2000 V9.0 que se realizó para la sección 3.6, demuestra la seguridad de la estructura de la laminadora estampadora continua para cera de abejas.
- El diseño de la máquina permite que esta pueda ser transportada con facilidad de un lugar de trabajo a otro.
- El funcionamiento es controlado solo por un operador y para el manejo no se requiere personal calificado.
- Los precios de las láminas estampadas en el prototipo construido son bajos con relación a los precios del mercado nacional.
- Después de realizar las pruebas de funcionamiento de la laminadora estampadora continua para cera de abejas se garantiza la seguridad, utilidad y confiabilidad en el trabajo.



## 6.2 RECOMENDACIONES

- Se deben seguir todas las recomendaciones de seguridad industrial para realizar los distintos trabajos en las máquinas herramientas utilizadas.
- Es importante la precisión de las dimensiones en la construcción de los elementos de acople, pues de ello depende un buen funcionamiento.
- Para el mantenimiento de la laminadora estampadora continua para cera de abejas se recomienda una adecuada lubricación de piezas y partes que la conforman, además de se debe cuidar los recubrimientos como la pintura, de lo contrario pueden ser atacados por la corrosión.
- La banda de transporte debe ser tensada lo suficiente para no permitir la formación de olas que originen la acumulación de la cera líquida de abejas en estos lugares, dando como resultado una lámina de cera con distintos espesores.
- Los rodillos estampadores deben contar con el suficiente flujo de la mezcla agua – detergente, para de esta forma evitar que las láminas de cera estampada se adhiera a estos rodillos y ocasionen problemas en el normal proceso de estampado de la cera de abejas.
- Los rollos de cera estampada deben ser sumergidos en un tanque que contenga la mezcla agua – detergente inmediatamente después de ser retirados de la máquina, con la finalidad de evitar la unión entre las distintas capas del rollo.
- Debe existir una relación entre la industria y la universidad para solución de problemas industriales logrando de esta manera beneficios mutuos.

## BIBLIOGRAFÍA

- AISC; M American Institute of Steel Construcction; Inc. Manual of Steel Construcción, Ediciones CIM; Quito, 1997.
- ASKELAND, D; La Ciencia e Ingeniería de los Materiales; Grupo editorial Iberoamérica, 1987.
- CHEVALIER; Dibujo Industrial; Montaner y Simón S.A.; Barcelona, 1979.
- DADANT, C; La Colmena y la Abeja Melífera; Editorial Hemisferio Sur; Montevideo, 1975.
- DAYCO; Engineering Guide for V-Belt Drives.
- MERIAM, J; Estática; Editorial Reverté S.A.; Barcelona, 1976.
- INEN; Código de Dibujo Técnico Mecánico; Quito, 1981.
- JUVINAL, R; Fundamentos de Diseño para Ingeniería Mecánica; Editorial Limusa Noriega, Primera reimpresión; México, 1993.
- ROOT, A; ABC y XYZ de la Apicultura; Editorial Hemisferio Sur; Buenos Aires, 1984.
- SHIGLEY, J; Diseño en Ingeniería Mecánica; Editorial Mc Graw Hill, Sexta Edición; México, 2002.
- SINGER, F; Mecánica para Ingenieros: Dinámica; Editorial Harla, Tercera Edición; México, 1982.
- SKF; Catálogo General.
- SOTO, R; Manual de SAP 200; Quito – Ecuador, 2003.

- VARGAS, J; Guía de los fundamentos de Dibujo Industrial; E.P.N, Carrera de Ingeniería Mecánica; Quito – Ecuador, 2005.
- VARGAS, J; Producción por Virutaje; E.P.N, Carrera de Ingeniería Mecánica; Quito – Ecuador, 2005.
- <http://www.aparioselpinar.com/cera.html>
- <http://www.apinetla.com.ar/rdom/stat-do1.htm>
- <http://archivo.lamolina.edu.pe/proyeccion/oaeps/detallecurso1.asp?IdDeCurso=629>
- [http://www.infoagro.com/agricultura\\_ecologica/apicultura.asp](http://www.infoagro.com/agricultura_ecologica/apicultura.asp)
- <http://www.insecta-inspecta.com/bees/honey/espanol.html>
- <http://www.colmenaressuizos.com/Cera.html>
- <http://www.monografias.com/trabajos16/derivados/derivados.shtml>

## **ANEXOS**