



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

FACULTAD DE INGENIERÍA

Diseño para la manufactura y  
ensamble de un sistema de tensión  
de hilo para una máquina  
bordadora

TESIS

Que para obtener el título de  
Ingeniera Mecánica

P R E S E N T A

Verónica González Pacheco

DIRECTOR DE TESIS

M.I. Rogelio Darío Gutiérrez Carrillo



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2016



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## Agradecimientos

Principalmente a mi madre, que sin su apoyo no habría logrado finalizar esta etapa de mi vida. A mi hermana que me ha despertado todas las noches para terminar la tesis. A todos mis amigos y amigas que han influido con su ánimo en mi trabajo. A todos mis profesores que me han compartido sus conocimientos y experiencias. Y finalmente pero no menos importante, agradezco a la Facultad de Ingeniería de la UNAM por hacerme sentir en casa.

# Índice

Objetivo general.....	4
Objetivos particulares.....	4
Capítulo 1. Justificación y alcances del trabajo.....	<b>5</b>
1.1 Definición del problema.....	6
1.2 Desarrollo de un plan.....	9
1.3 Especificaciones del sistema.....	11
1.4 Selección de materiales.....	<b>13</b>
1.5 Selección del proceso de manufactura.....	<b>14</b>
1.6 Importancia del ensamble.....	<b>16</b>
1.7 Evaluación del primer diseño.....	<b>18</b>
Capítulo 2. Rediseño del sistema.....	24
2.1 Diseño conceptual.....	24
2.2 Diseño de detalle.....	33
2.2.1 Selección de material <b>para piezas</b> .....	33
2.2.2 Tolerancias y dimensionamiento.....	36
Capítulo 3. Diseño <b>para la manufactura y ensamble</b> .....	40
<b>3.1 Análisis de piezas</b> .....	40
3.2 Descripción de los procesos de manufactura.....	41
3.3 Selección de ensamble mecánico.....	44
Capítulo 4. <b>Manufactura del sistema</b> .....	45
4.1 Procesos de manufactura y herramental.....	46
4.2 Cronograma.....	47

4.3 Actividades realizadas.....	51
Capítulo 5. Ensamble del sistema.....	57
5.1 Metodología de sujeción.....	57
5.2 Desarrollo de ensamble.....	58
Resultados.....	62
Conclusiones.....	63
Apéndice A: Diseño 1.....	65
Apéndice B: Diseño 2.....	79
Apéndice B: Diseño 3.....	93
Glosario.....	102
Bibliografía.....	104

# Objetivo general

---

Rediseñar un sistema de tensión de hilo de una máquina bordadora a partir de la identificación de las características de funcionamiento de un concepto previo para lograr la funcionalidad del sistema por medio de su manufactura y ensamble.

## Objetivos particulares

---

- Identificar las características de funcionamiento de un sistema de tensión de hilo.
- Analizar y evaluar los componentes del sistema para modificar, plantear o generar un diseño que contribuya a su mejora.
- Llevar el diseño a una etapa de manufactura, ensamble y funcionalidad del sistema.

# Capítulo 1. Justificación y alcances del trabajo

Para poder plantear el diseño para la manufactura y ensamble del sistema de tensión de hilo de una máquina bordadora de tul es necesario identificar el funcionamiento de cada uno de los elementos que lo integran. Además de hacer una evaluación de las necesidades y requerimientos que integran el diseño propuesto y lograr un balance de las restricciones que pudiera tener.

Por lo cual, es importante identificar y desarrollar una metodología que permita llevar a cabo las mejores prácticas en la realización del sistema, de esta forma el proceso de diseño ofrece una organización clara para poder lograr las etapas de manufactura y ensamble.

En el proceso de diseño es posible determinar diferentes fases de acuerdo con lo que se quiere lograr, de tal forma, se describe desde el inicio hasta el fin del proceso, como se muestra en la Fig. 1.1<sup>1</sup>.



Fig. 1.1 Fases del proceso de diseño

**De tal forma que** cada parte o componente del producto debe ser diseñado para satisfacer las necesidades y especificaciones identificadas durante las primeras etapas del proceso de diseño.

<sup>1</sup> Basado en la figura 1-1 de Shigley, J. E. (1979).

El diseño para manufactura (DFM) comprende la producción integrando el proceso de diseño, los métodos de manufactura, planeación de procesos, ensamble, prueba y aseguramiento de la calidad (S. & S. R., 2008, p. 14). Por lo cual es necesario entender cabalmente las características, capacidades y limitaciones de los materiales, los procesos de manufactura y las operaciones, la maquinaria y el equipo necesario. Lo cual incluye características como la variabilidad en el desempeño esperado, la precisión dimensional y acabado superficial de la pieza de trabajo, tiempo de proceso y de procesamiento de la calidad.

Ahora bien, la elaboración de un plan de trabajo para la manufactura y ensamble de un prototipo permite que el proceso de fabricación sea más eficiente. Ya que, mediante la planeación específica de las fases de construcción se podrán evitar situaciones que interfieran en el desarrollo del producto. Además de prever errores sistemáticos o graves en el diseño.

## 1.1 Definición del problema

---

En general es sencillo identificar la necesidad ya que puede ser el resultado aparente de algo que se percibe fácilmente. En cambio, la definición del problema engloba el cómo se quiere llegar a la satisfacción de la necesidad del forma más específica.

La definición del problema abarca todas las condiciones para el objeto que se ha de diseñar; tales condiciones son las cantidades de entrada y salida, las características y dimensiones del espacio que ocupará el objeto, así como las limitaciones a estas condiciones. Además del ambiente particular que engloba el proceso de diseño, los procesos de fabricación de que se dispone, así como las condiciones en las cuales se trabaja.

Así, para el diseño de un producto, se requiere un entendimiento completo de sus funciones y del desempeño esperado; por lo que las necesidades de diseño y manufactura suelen efectuarse en forma consecutiva de acuerdo con una planeación específica.

Ahora bien, bordado en tela de tul es una técnica ampliamente usada para la producción del vestido tradicional chiapaneco. Su elaboración demanda delicadeza por la fragilidad de los materiales y el diseño a plasmar en la tela, de tal forma que la elaboración de un bordado de 30 cm de longitud (Fig. 1.1.2) puede llegar a realizarse hasta en dos horas de forma manual. Ante ésta necesidad se realizó el diseño de una máquina que pudiera hacer el mismo tipo de bordado pero en menor tiempo, aumentando la producción del bordado.

La máquina propuesta, se prevé cumpla con insertar un hilo doble por entre los espacios de la tela de tul, desplazándolo entre coordenadas conocidas, hasta completar diseños establecidos.



Fig. 1.1.2. Diseño del bordado sobre tela de tul

Obteniendo para ello un diagrama de de proceso como el que se muestra en la figura 1.1.3:

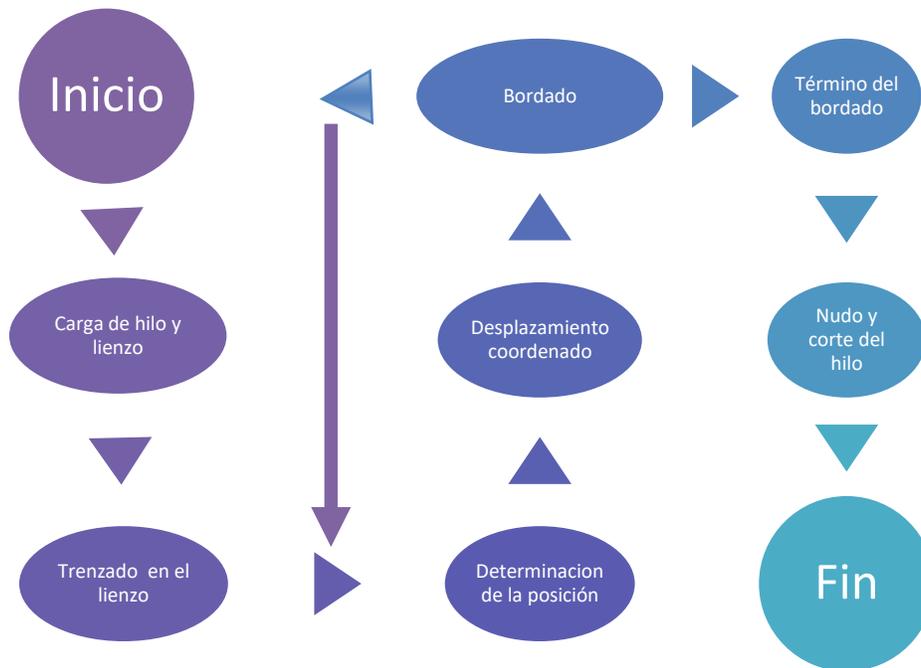


Fig. 1.1.3. Proceso de bordado propuesto.

Entonces, para el buen funcionamiento de la máquina bordadora de tul es necesario contar con un sistema de tensión de hilo, ya que éste garantiza que mientras las agujas tienen los desplazamientos necesarios para el bordado, el hilo permanezca con cierta tensión sin que llegue a romperse o dañarse en alguna parte del proceso. Sin embargo, para poder llevar a cabo la manufactura del diseño se vio la necesidad de evaluar un primer diseño (Apéndice 1) y determinar si había que hacer alguna modificación.

La evaluación consta de la determinación de los siguientes puntos:

- I. Ambigüedad de los planos para la manufactura de las piezas.
- II. Falta de cotas en los planos.
- III. Falta de coincidencia espacial.
- IV. Falta de herramental para algunas de las especificaciones de manufactura.

Teniendo como prioridad satisfacer el diseño de un sistema de tensión de hilo que cumpla con los siguientes requerimientos se tiene que:

- 1) El sistema debe tener una tensión adecuada al hilo
- 2) El sistema debe permitir el desplazamiento del elemento tensor y a su vez del hilo, de forma que pueda medirse el desplazamiento por medio de un *encoder*.
- 3) La carga máxima que deberá aplicar el tensor debe de ser menor a la carga necesaria para deformar el hilo o llevar a la ruptura.
- 4) La masa del sistema debe ser poca.
- 5) La manufactura debe ser simple.
- 6) El costo de manufactura debe ser bajo.
- 7) El ensamble debe ser fácil.
- 8) El material debe ser no conductor.

De tal forma, que al cumplir con los puntos anteriores se pueda llegar a un buen funcionamiento del sistema.

El bordado tradicional consta de una metodología cíclica para cada puntada, en la cual, el hilo pasa a través de la tela con ayuda de una aguja y regresa con una trayectoria similar a la de la entrada, de forma que en el proceso solo se utiliza un hilo. En el caso de una máquina de coser el proceso para dar una puntada está basado en el movimiento de un tira hilos, con el cual dos hilos se entrelazan haciendo posible cada puntada. Por lo anterior, se pensó en un concepto que permitiera llevar a cabo el proceso de bordado lo más parecido al tradicional; siendo el requerimiento más importante el uso de un solo hilo.

El diseño de funcionamiento de la máquina bordadora está integrado de varios sistemas, uno de los cuales se identificó como el sistema de tensión de hilo. Para una máquina de coser tradicional es fundamental un sistema que permita la sujeción de hilo en este caso un tira hilos.

Para solucionar el problema de diseñar un sistema de tensión de hilo en particular para una máquina bordadora, se buscó el funcionamiento de un tira hilos de una máquina de coser común, y se planteó el uso de un sistema de tensión de hilo, el cual, además de dar la tensión necesaria en el hilo, también permite el desplazamiento y posicionamiento de la aguja para dar las puntadas necesarias.

## 1.2 Desarrollo de un plan

---

La planeación es un proceso que contiene los puntos primordiales que corresponden al tiempo de cada fase del proceso de diseño. La sincronización de estos puntos afianza el calendario global del proyecto. De acuerdo con la figura 1.2.1 la planeación corresponde a la fase 0 según Ulrich Karl T. y Eppinger Steven D. (2004), ya que antecede al proceso de desarrollo del producto. En esta fase se da una valoración de los desarrollos tecnológicos y el objetivo que se busca en el mercado.

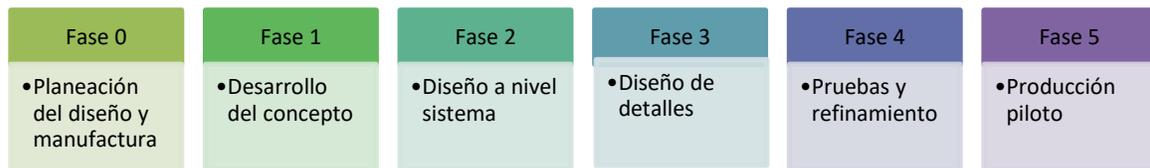


Fig. 1.2.1. Fases del proceso de diseño de un producto

La actividad de planear conlleva la realización de un calendario detallado de desarrollo, que concibe una estrategia para reducir al mínimo el tiempo de desarrollo e identifica los recursos requeridos para completar el proceso de diseño. Los resultados más importantes de las actividades se incluyen en una bitácora que contiene las fases a realizar con la que se lleva a cabo la documentación de todo lo que se va realizando.

Por lo que, las actividades de diseño y manufactura suelen efectuarse de manera consecutiva de acuerdo a una metodología planteada. “La ingeniería concurrente integra el diseño y la manufactura de un producto” (S. & S. R., 2008, p. 12) en relación con la optimización de cada uno de los elementos incluidos en su ciclo de vida. Éste método reduce los cambios en el diseño y la ingeniería del producto, así como el tiempo y los costos comprendidos desde el diseño hasta su fase de producción.

Si nos situamos en la fabricación de la máquina, la figura 1.2.3 muestra el diagrama que define el proceso de desarrollo de cada componente.

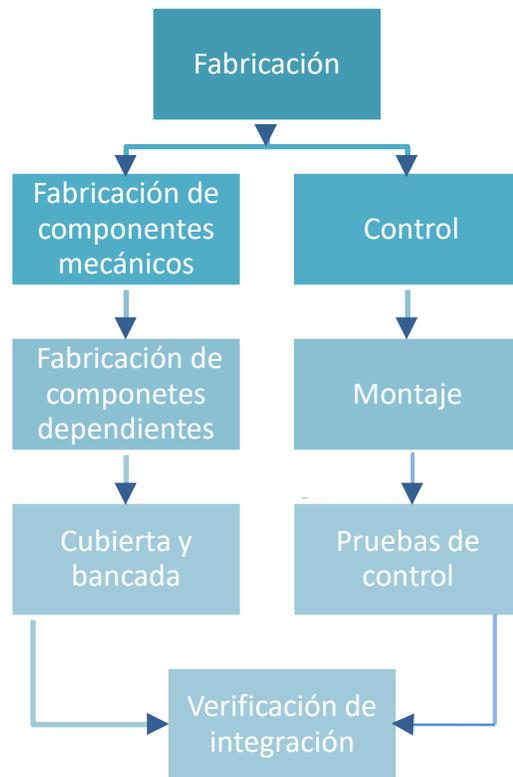


Fig. 1.2.3. Diagrama de fabricación

## 1.3 Especificaciones del sistema

---

Las especificaciones proporcionan una descripción precisa de lo que se busca hacer y son la traducción de las necesidades planteadas en términos de técnicos. Cada especificación consta de una medición y de valores específicos para ella, donde los valores pueden asumir varias formas, incluyendo un valor particular.

En el proceso ideal de producción de algún componente, las especificaciones se plantean en una etapa temprana al desarrollo, pero no siempre es posible llevar a cabo un planteamiento único. Para muchos productos es necesario plantear más de una vez las especificaciones, de forma que sean objetivas y claras.

Generalmente, las especificaciones se establecen antes de que se tenga un conocimiento claro de las restricciones que más tarde puede haber por la selección del material o del proceso de manufactura, por lo que una valoración recurrente de

las especificaciones es necesaria para depurar diseños que no sean posibles de llevarse a cabo.

Las especificaciones objetivo se plantean una vez que se has identificado las necesidades que se tratan de cubrir, pero antes de que se hayan generado los conceptos de componente; para lo cual, se suele preparar una lista de medidas.

Las medidas más útiles son aquellas que describen la forma más directa de llegar a la satisfacción de las necesidades. La relación entre las necesidades y las medidas es fundamental para todo el concepto de especificaciones (Ulrich & Eppinger, 2004, p.75).

Para la generación de la lista de medidas se debe considerar lo siguiente:

- a) Las medidas deben de ser completas, las cuales reflejen la satisfacción de las necesidades del sistema.
- b) Las medidas deben de ser variables dependientes, ya que ello permite lograr las especificaciones utilizando el mejor enfoque.
- c) Las medidas deben ser prácticas, para poder evaluarse posteriormente.

Las especificaciones que engloban al sistema de tensión de hilo son las siguientes:

No.	No de necesidad	Medida	Importancia	Unidades
1	1	Tensión de hilo	5	N
2	2	Desplazamiento de hilo	5	mm
3	3	Carga máxima al tensor	4	kN
4	4	Masa total	3	kg
5	2	Desplazamiento de tensor	4	mm
6	4	Tamaño del sistema	3	mm
7	6	Costo de manufactura	3	\$ Mx.
8	8	No conductor	4	A

Tabla 1.3.1. Especificaciones.

## 1.4 Selección de materiales

---

La fabricación de todo producto o componente implica la selección adecuada de materiales tecnológicos, provistos de la forma y geometrías necesarias además de las propiedades físicas requeridas por la naturaleza del servicio que los componentes deben afrontar.

La selección de materiales ha adquirido cada vez mayor importancia y es una actividad que debe estar en evaluación constante ya que la aparición de nuevos materiales es frecuente y la desaparición de otros hace presente.

Dentro de los materiales industriales se encuentran prácticamente todos los metales y aleaciones, cerámicas, polímeros, materiales compuestos, etc. Por ello, es necesario recurrir a hacer una evaluación de los requerimientos de nuestro producto o componente para poder hacer una buena selección del material a utilizar, considerando todas las propiedades que el material ofrece como las mecánicas o eléctricas.

La selección de materiales puede dividirse en diferentes clases debido a que los materiales tienen limitaciones. En un sentido muy estricto, hay materiales que ni siquiera deberían ser considerados para cierto tipo de tareas. Algunos de los criterios a tomar en cuenta son:

### A) Factores físicos

Los factores físicos que influyen en la selección de un material son tamaño, forma y densidad. Todos estos factores de cierto modo van de la mano ya que las limitaciones de espacio son las que deciden si un material suple a otro, ya que hay veces en las que para que un material pueda suplir a otro en cuanto a propiedades mecánicas, éste debe tener mayor espesor.

### B) Factores mecánicos

Aquí se incluyen los parámetros considerados como propiedades mecánicas. La resistencia máxima, el esfuerzo de cedencia, el módulo de elasticidad, el tipo de carga que soporta el material, la fluencia, su tenacidad, la resistencia a la fatiga, etc. Estos parámetros pueden describir el desempeño mecánico del material, así como las condiciones ambientales a las cuales opera adecuadamente.

### C) Procesamiento

Se relaciona con la capacidad para dar forma al material así como el tratamiento que el material debe recibir para que posterior a un proceso de soldado, conformado o sinterizado, recupere ciertas propiedades que se pudieran haber perdido durante el proceso.

#### D) Factor de duración de los componentes

Estos factores tienen que ver con el tiempo de vida del material (tiempo durante el cual desempeña las funciones para las cuales fue destinado en el ambiente al que están expuestos). Las propiedades que pertenecen a este grupo son la resistencia a la corrosión, a la oxidación y al desgaste, la termofluencia y las propiedades de fatiga o de fatiga por corrosión debidas a cargas dinámicas.

#### E) Costos y disponibilidad

Es la relación que existe entre la disponibilidad del producto y su precio. Normalmente es más barato comprar los materiales por grandes volúmenes mientras que pedir piezas muy específicas que no se contengan en lotes grandes aumentará su costa debido a la escasez y a su necesidad de procesos y tratamientos adicionales para lograr su forma o estado final.

## 1.5 Selección del proceso de manufactura

---

La gran variedad de partes que se pueden fabricar pertenecen a una extensa diversidad de procesos de manufactura, los cuales se seleccionan de acuerdo con un material dado. Las categorías principales que engloban cada proceso son las siguientes:

- I. Fundición: Molde desechable o permanente.
- II. Formado y moldeado: Laminado, forjado, estirado, extrusión, metalurgia de polvos y moldeo.
- III. Maquinado: Torneado, mandrilado, taladrado, fresado, cepillado, escariado y rectificado, maquinado: ultrasónico, químico, eléctrico y electroquímico.
- IV. Unión: soldadura blanda, soldadura fuerte, unión por difusión, unión por adhesivos y unión mecánica.

V. Acabado: Asentado, lapidado, pulido, satinado, tratamiento superficial, recubrimiento.

VI. Nanofabricación: Tecnología con la cual es posible producir algo a tamaño manométrico (S. & S. R., 2008, p. 21).

La selección del proceso de manufactura es en muchos casos la selección particular no solo para la forma a llevarse a cabo, sino también para el comportamiento que tendrá el material. Cada uno de los métodos a emplearse presentan ventajas y desventajas, por lo cual, es muy importante tomar en cuenta cuál es el más apropiado al proceso de producción dado.

El número de operaciones en una parte o componente puede incurrir significativamente en el costo del producto. Por lo cual, el concepto de forma neta, o manufactura cercana a la forma neta, se ha vuelto muy importante, ya que con esto se busca llegar de la forma más simple posible a las dimensiones finales, tolerancias, acabado superficial y especificaciones.

Otro factor muy importante es la disponibilidad de las máquinas y equipo dentro de la instalación manufacturera. Así como la cantidad de partes a fabricar y la capacidad de producción, lo cual influye en gran medida en la determinación del proceso de producción y la economía que esto conlleva.

### Manufactura asistida por computadora

El uso de las computadoras ha alcanzado niveles considerables en muchos de los procesos de manufactura introduciendo la manufactura asistida por computadora (CIM), en la que se integran el software y hardware desde la idea del producto hasta su distribución en el mercado.

Entre las principales aplicaciones de las computadoras en la manufactura tenemos las siguientes:

- I. Control numérico computarizado (CNC): Método mediante el cual se controlan los movimientos de los componentes de la máquina mediante la introducción de instrucciones codificadas en forma de datos numéricos.

- II. Control adaptable (AC): En este método los parámetros de un proceso dado se ajustan automáticamente, optimizando la velocidad de producción y la calidad del producto.
- III. Robots industriales: Robots que han sustituido al ser humano en actividades repetitivas y peligrosas.
- IV. Manejo automatizado de materiales: Programas que mejoran el manejo de materiales y componente en actividades de producción en serie.
- V. Planeación de procesos asistidos por computadora (CAPP): Mediante este sistema se puede mejorar la productividad optimizando los planes de procesos.
- VI. Tecnología de grupos (GT): Este concepto se refiere a la clasificación de partes por la similitud que pueden presentar y estandarizarlas para producirlas de un modo más eficiente y barato.

## 1.6 Importancia del ensamble

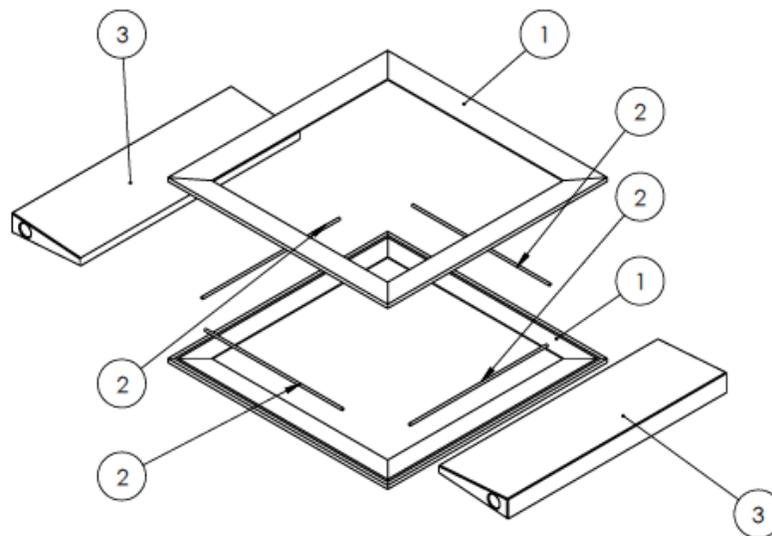
---

La ingeniería del producto debe ser capaz de evaluar el impacto de las modificaciones del diseño en la selección del proceso y el ensamble. El ensamble es una fase importante en la operación de manufactura, por lo que se requiere que se considere la facilidad, la rapidez y el costo de juntar las partes. Además de considerar el desensamble, a fin de desarmar el producto para darle mantenimiento, servicio y reciclaje a sus partes.

Existen varios métodos de ensamble, cada uno de ellos con sus propias características y requerimientos. Por ejemplo, el uso de un tornillo y una tuerca, requieren la preparación de orificios coincidentes espacialmente, además de operaciones como el barrenado o punzonado, que son actividades que requieren tiempo y generan desperdicio. Sin embargo, los productos que utilizan tornillos y tuercas son fáciles de armar y desarmar. La figura 1.6.1 ilustra el ensamble de la parte del bastidor de la máquina tejedora de tul, en la cual se puede observar el listado de cada uno de los componentes y la posición que cada uno de ellos tomará en el espacio.

Ahora bien, en la selección de procesos de manufactura, la producción de partes exige una extensa variedad de procesos de manufactura. La selección de un proceso de manufactura o secuencia de ellos, depende además de factores relativos a las propiedades de los materiales.

En la construcción de la máquina bordadora tenemos un prototipo beta que nos servirá para poder evaluar ese primer ensamble, de modo que su desensamble permita resolver cada uno de los inconvenientes planteados, ajustando cada uno de los elementos de la máquina a su funcionamiento óptimo. Y así poder obtener un prototipo alfa plenamente funcional.



Elemento	Nombre	Manufacturado/comprado
1	Bastidor	m
2	Iman permanente	c
3	Sujeta bastidor	m

Fig. 1.6.1. Plano de ensamble del bastidor

## 1.7 Evaluación del primer diseño

---

A partir de un primer diseño se retoma la identificación de las características de éste para llegar a un proceso de manufactura y ensamble que satisfaga las necesidades que se presentan en el sistema de tensión de hilo. Por lo que fue necesario hacer la evaluación del diseño planteado para determinar si éste era factible en su desarrollo.

La evaluación se llevó a cabo en dos fases, la primera buscando ambigüedades en los planos, falta de cotas, y coincidencia espacial entre partes, y la segunda en base al proceso de manufactura todo ello referido al primer diseño (véase apéndice Diseño1) .

### Primera fase: Resultados

En la ambigüedad de los planos, se encontró que muchas piezas a manufacturarse carecían de ciertas dimensiones, de tal forma, las medidas se mostraban incompletas para la realización de la pieza en cuestión.

Al buscar una adecuada coincidencia espacial se observó que varias piezas no podrían ensamblar de manera correcta ya que mostraban barrenos no colineales.

### Segunda fase: Evaluación y resultados

La segunda fase consta de la evaluación del proceso de manufactura en donde se revisó la herramienta requerida para cada una de las piezas del primer diseño, así como su disponibilidad en el laboratorio de manufactura.

Pieza de motor 1

<p>Technical drawing of 'Pieza de motor 1'. It includes a side view (top left) with dimensions 24 and 3, a perspective view (top right), a side view (middle left) with dimensions 6, 3.18, 10, and 16, and a top view (middle right) with dimensions 8, 3, 14, 12, and 38. A note indicates '4 agujeros, taladrar a 1/8 in' pointing to four holes in the top view.</p>	<p>Manufactura</p> <p>Se planteó utilizar una broca de 1/8 in para agujeros de esa medida, y un cortador de 1/4 in para diámetros más grandes.</p> <p>Conclusión</p> <p>Sin problemas en su manufactura.</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Pieza de motor 2 y 3

<p>Technical drawing of 'Pieza de motor 2 y 3'. It includes a top view (top left) with dimensions 38, 6, and 3, a perspective view (top right), a side view (bottom left) with dimensions 6 and 1.75, and another side view (bottom right) with dimensions 24, 8, and 3. A note indicates '8 agujeros, taladrar a 1/8 in' pointing to eight holes in the bottom right side view.</p>	<p>Manufactura</p> <p>Se planteó utilizar una broca de 1/8 in para barrenos.</p> <p>Conclusión</p> <p>Sin problemas en su manufactura.</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

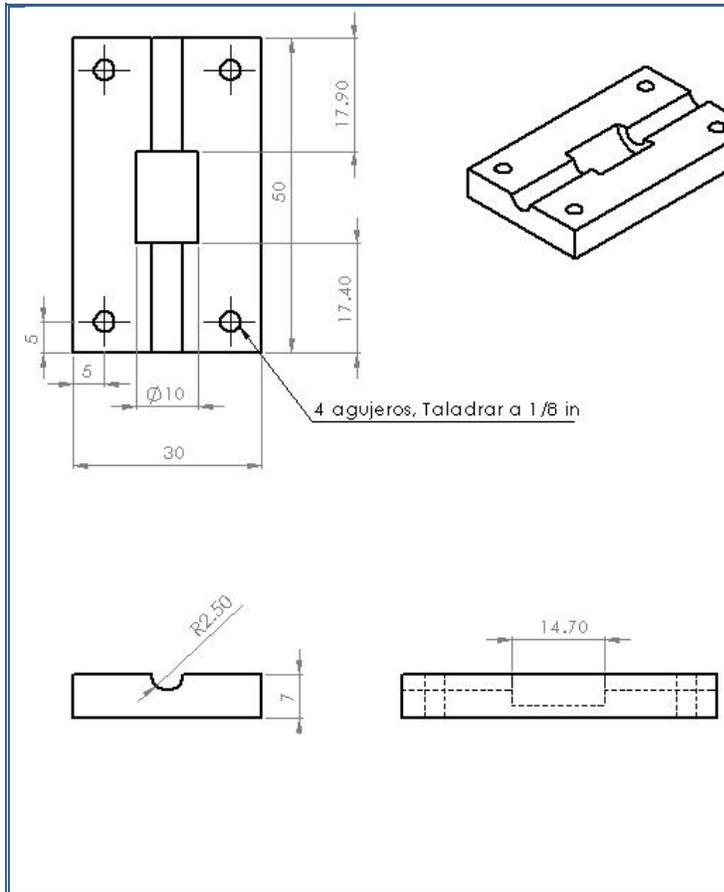
### Pieza de motor 4

<p>4 agujeros, taladrar a 1/8 in</p>	<p><b>Manufactura</b></p> <p>Se planteó utilizar una broca de 1/8 in para barrenos. Cortador de 1/4 in para diámetros mayores. Cortador de 1/16 in para diámetro de 2 mm.</p> <p><b>Conclusión</b></p> <p>Sin problemas en su manufactura</p>
--------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### Eje del yunque

	<p><b>Manufactura</b></p> <p>Se planteó hacer un cilindrado hasta alcanzar los diámetros externos. Sin especificación para agujeros de 0.7 y 1.5 mm.</p> <p><b>Conclusión</b></p> <p>Dificultad al seleccionar herramienta para hacer barrenos de 0.7 y 1.5 mm.</p>
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## Yunque 1



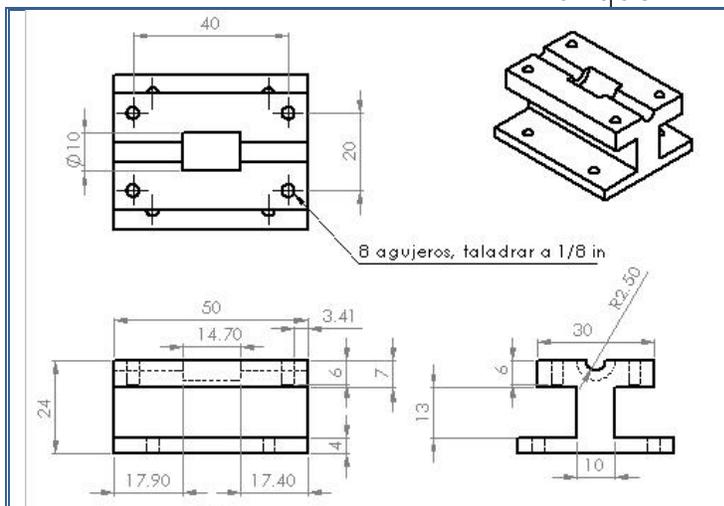
### Manufactura

Se planteó utilizar una broca de 1/8 in para barrenos. La cavidad central no se planteó.

### Conclusión

Dificultad al hacer la cavidad central por ser cilíndrica. Se cuenta con una máquina de control numérico que se desplaza solo en dos ejes, con la que no se podría llegar a esa forma.

## Yunque 2



### Manufactura

Se planteó utilizar una broca de 1/8 in para barrenos. La cavidad central no se planteó.

### Conclusión

Dificultad al hacer la cavidad central por ser cilíndrica como en el caso anterior.

### Eje con sistema de retroceso

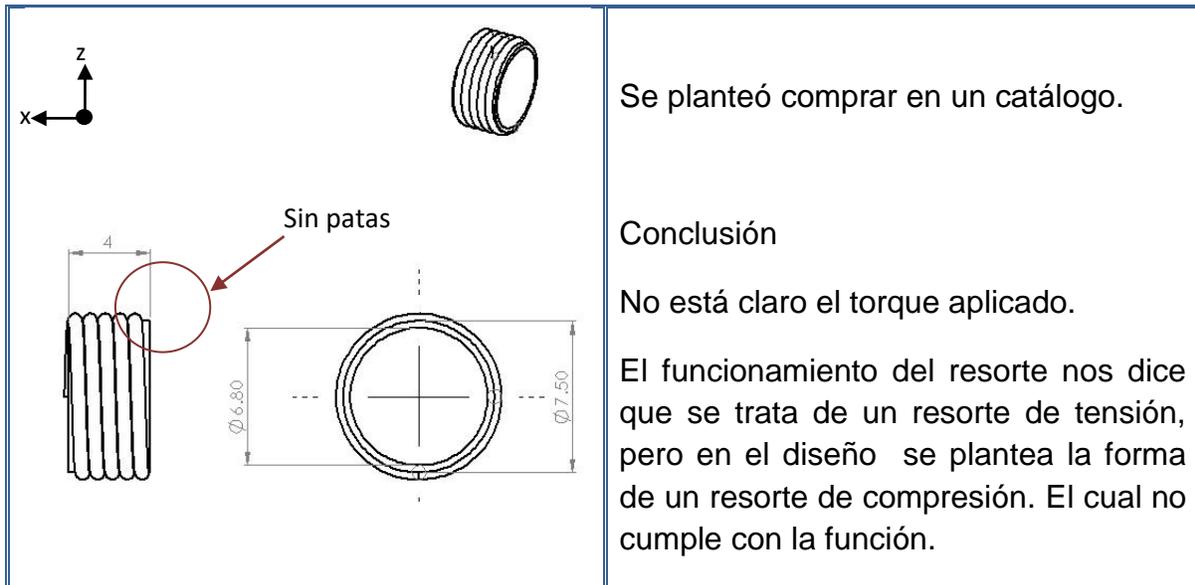
	<p><b>Manufactura</b></p> <p>Se planteó utilizar múltiples cortadores para poder hacer las cavidades.</p> <p><b>Conclusión</b></p> <p>Dificultad al hacer varias cavidades, ya que las paredes planas no se garantizan con los cortadores. Dificultad al realizar el canal central de 1 mm de diámetro.</p> <p>Además, en esta pieza no se describe un funcionamiento claro.</p>
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### Revisión de los resortes a utilizar

#### Resorte del yunque

	<p>Se planteó comprar en un catálogo.</p> <p><b>Conclusión</b></p> <p>Al realizar la búsqueda de un resorte con tales características, no se encontró uno comercializado en México. Además, no está claro el torque aplicado.</p> <p>El funcionamiento del resorte nos dice que se trata de un resorte de tensión con giro en x, pero los encontrados en los catálogos no tienen esa orientación de patas.</p>
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## Resorte del yunque



Conclusión de la evaluación

De los resortes:

Realizar una selección de cada uno de los resortes en base a la curva carga-desplazamiento del hilo a utilizar en el sistema de tensión de hilo, para garantizar la torsión requerida, además de que se puedan encontrar el catálogo de algún distribuidor a nivel nacional.

De las piezas:

Hacer un rediseño de las piezas Yunque 1, Yunque 2 y del Eje con sistema de retroceso, para garantizar su manufactura. Tener en cuenta la selección de los resortes y la geometría de cada uno de ellos.

# Capítulo 2. Rediseño del sistema

## 2.1 Diseño conceptual

---

El diseño conceptual consta de la generación de conceptos, descripciones aproximadas de formas finales que van a satisfacer las necesidades del sistema. Por lo general, cada uno de estos conceptos es expresado como un bosquejo o modelo tosco que puede ser acompañado de una breve descripción.

A continuación se muestran los pasos seguidos en el desarrollo del diseño conceptual del sistema de tensión de hilo.

### 1. Aclaración del problema

En la definición del problema del capítulo 1.1 surgieron una serie de necesidades que deben ser satisfechas. La evaluación del primer diseño del sistema de tensión de hilo, presentado en el capítulo 1.7, satisface varias de las necesidades planteadas. En la siguiente tabla podemos observar la relación de las necesidades con el primer diseño.

No. Necesidad	Necesidades	Satisfacción con el primer diseño
1	El sistema debe de tener una tensión adecuada al hilo.	No determina cuantitativamente la tensión requerida antes de la ruptura del hilo.
2	El sistema debe de permitir el desplazamiento del elemento tensor y a su vez del hilo de forma que pueda medirse el desplazamiento por medio de un <i>encoder</i> .	Si permite ambos desplazamientos.
3	La carga máxima que deberá aplicar el tensor debe de ser menor a la carga necesaria para deformar el hilo o llevarlo a la ruptura.	No determina la carga del tensado.
4	La masa del sistema no debe de ser demasiada.	No determina la cantidad de masa del sistema.

5	La manufactura debe de ser simple.	La manufactura es difícil.
6	El costo de manufactura debe ser bajo.	Involucra muchos procesos.
7	El ensamble debe ser fácil.	El ensamble es fácil.
8	El material debe ser no conductor.	No se propone material.

De esta forma, las modificaciones al primer diseño se realizaron en base a la satisfacción de las necesidades presentadas anteriormente. Además, de un cambio en las dimensiones del motor y del encoder a usar (Ver planos de Motor y *Encoder* en la parte del apéndice Diseño 2).

## 2. Búsqueda de información

### Motor y *Encoder*

Primero, se tomaron las medidas correspondientes al nuevo motor y *encoder* a implementar. De forma tal, que el nuevo diseño se adapte a cada uno de estos componentes.

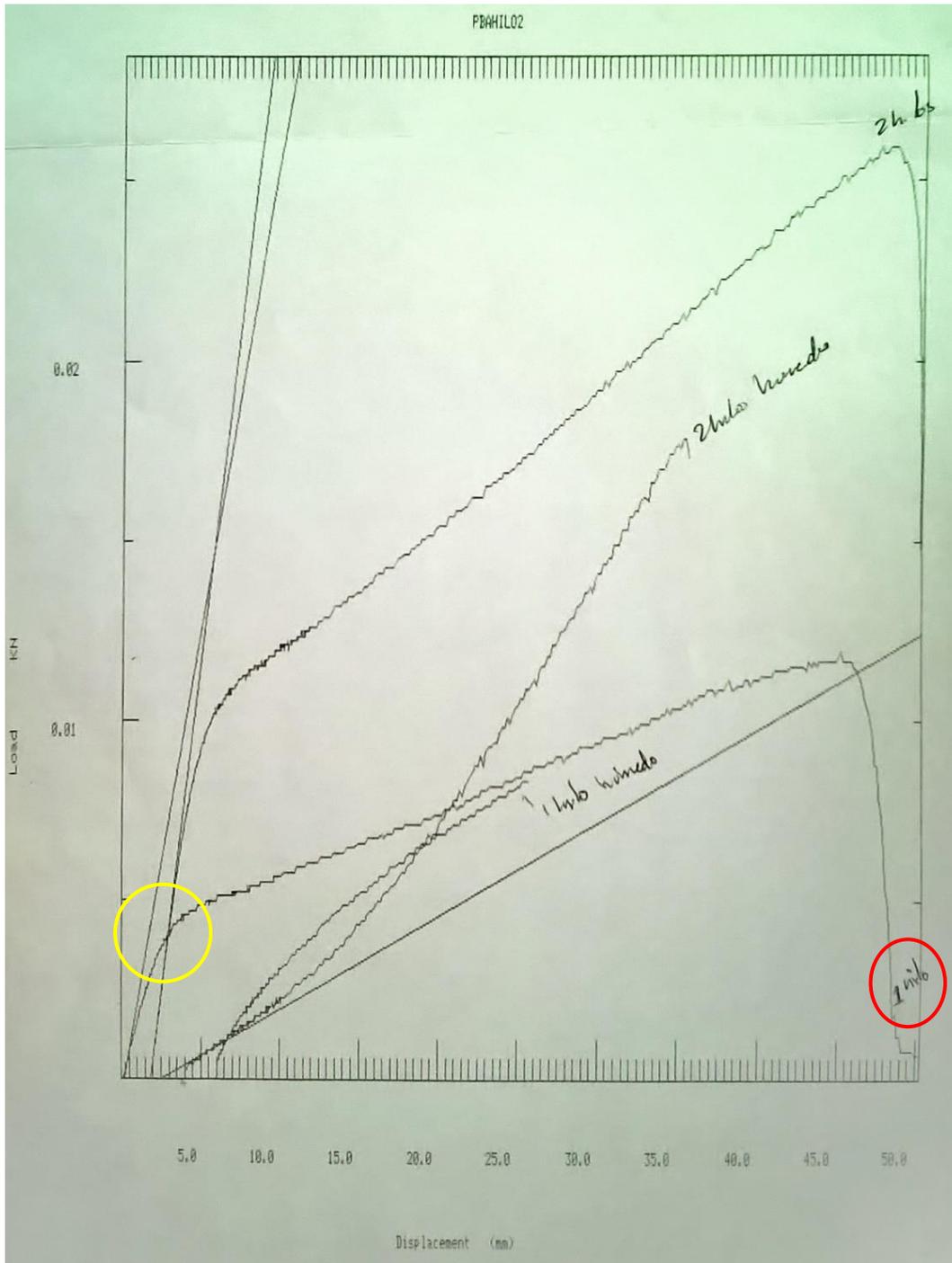
### Hilo Rayón y su carga de ruptura

El hilo rayón es producido a partir de celulosa, siendo una fibra de origen natural. Su similitud con la seda han hecho que esta fibra sea muy popular entre los bordados tradicionales, pues tiene propiedades muy parecidas a las del algodón o lino, por lo que es muy útil para hacer vestimenta utilizada en climas cálidos.

La estructura física del hilo rayón está formada de entre 80 y 980 filamentos, que son un conjunto de fibras entretejidas. Su forma es cilíndrica y de un diámetro de entre 1 y 2 mm de espesor.

En la industria textil los métodos de ensayo para la identificación de fibras textiles usadas comercialmente se basan en la norma ISO2062:2010. La identificación de las fibras se realiza sometiendo las muestras a diversas pruebas hasta tener la información necesaria.

Para el diseño del sistema de tensión de hilo, es necesario determinar la carga de ruptura, por lo que se hizo un ensayo de tracción tomando como muestras varios segmentos de hilo bajo ciertas condiciones, obteniendo la gráfica 2.2.1.



Gráfica 2.1.1 Carga-desplazamiento para una muestra de hilo rayón.

Los resultados de los ensayo utilizados en el diseño del sistema son los que corresponde a la curva para un solo hilo en condiciones de humedad en el ambiente, habituales en la Ciudad de México, señalados con el círculo en rojo.

La carga que se consideró fue la que corresponde a antes de la primer desplazamiento importante en el hilo, es decir, por debajo de la zona encerrada en el círculo amarillo de la gráfica, es decir, de aproximadamente 4.5 N.

La selección de la carga se hizo pensando en no dañar el hilo a la hora de tensarlo, por lo que el primer cambio de desplazamiento en el hilo fue considerado como el ideal para poder hacer la selección de los resortes, los cuales harán que el hilo tenga una tensión adecuada y en caso de tener una sobre carga compensar al hilo o soltarlo en todo caso para no dañarse.

### 3. Soluciones de proceso

#### Selección del resorte

Para comenzar a trabajar en el diseño del sistema de tensión de hilo, se llegó a la conclusión de que primeramente se tenía que hacer la selección del resorte, pues todo el diseño debía adecuarse a este elemento. Por lo que se buscó un resorte que se adecuara a la carga de no más de 4.5 N, además que fuera del tipo de resorte de torsión. Para ellos se consultó el catálogo de Lee Spring, un distribuidor nacional, que maneja éste y otros tipos de diseños.

#### Cálculos del resorte a partir del catálogo de Lee Spring<sup>2</sup>

Resorte de torsión, posición libre 90°

Carga requerida

$$P = 4.5 \text{ N} = 0.4587 \text{ kg}_f$$

El resorte más cercano a esta carga es el equivalente a 0.406 kg<sub>f</sub>.

---

<sup>2</sup> [www.leespring.com/mx\\_catalog\\_download.asp](http://www.leespring.com/mx_catalog_download.asp)

### Características de resorte seleccionado<sup>3</sup>

Diámetro exterior = 4.81 mm

Diámetro del alambre = 0.58 mm

Torque = 34.810 N/mm

Longitud de las patas = 19.05 mm

Espesor del cuerpo = 2.62 mm

Material: acero inoxidable Tipo 302

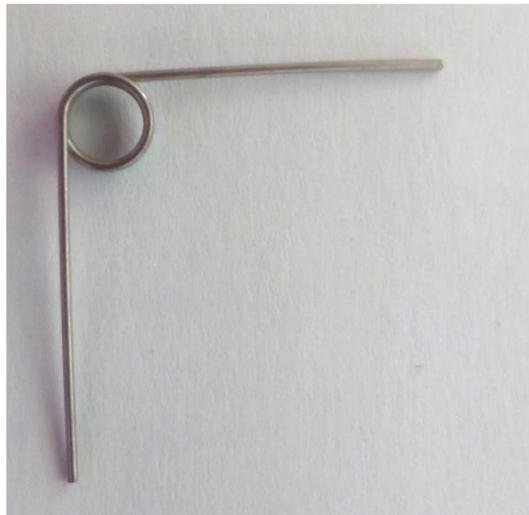


Fig. 2.2.1. Resorte seleccionado

### Generación de conceptos

De acuerdo con el resorte seleccionado, se generan las primeras ideas, tal y como se muestran en las figuras 2.1.2 y 2.1.3.

---

<sup>3</sup> Características obtenidas de catálogo

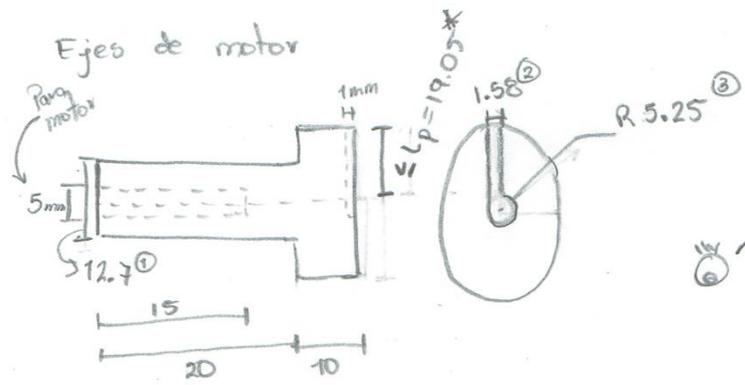


Fig. 2.1.2 Conceptos de ejes para motor

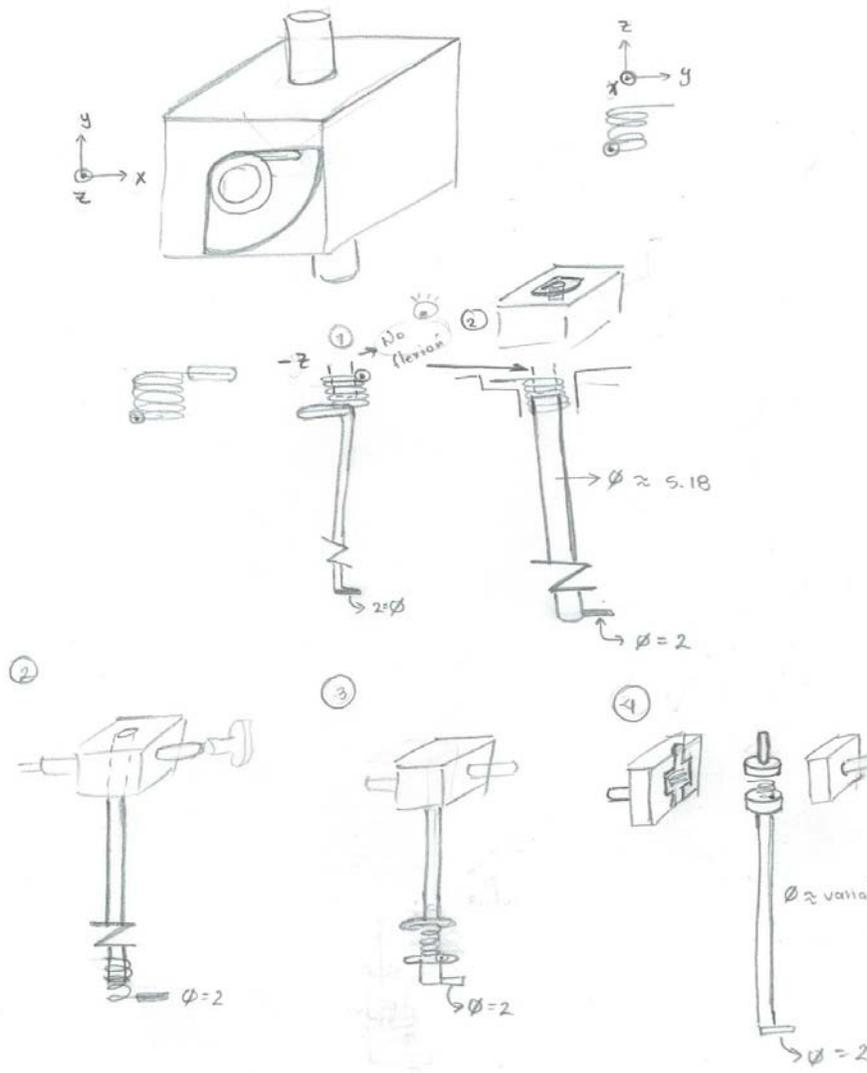


Fig. 2.1.3 Conceptos para "eje con sistema de retroceso"

Para sustituir a la pieza "Eje con sistema de retroceso" del primer diseño, se generaron las ideas numeradas en la figura, siendo seleccionada la idea 4 por la simplicidad en su manufactura y por no encontrarse algún inconveniente de funcionamiento.

Adecuaciones con el motor

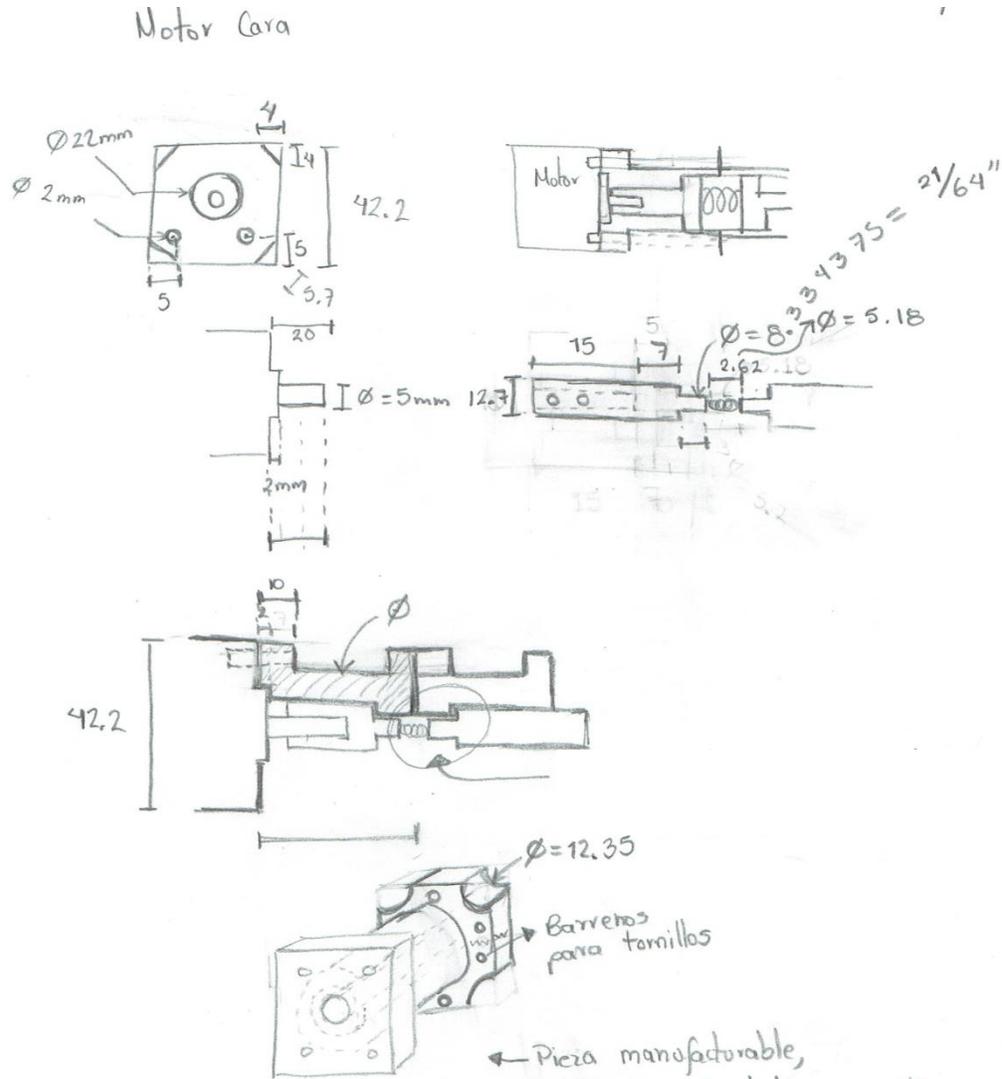


Fig. 2.1.4 Conceptos para "Eje con sistema de retroceso"

Dimensionamiento de acuerdo con el motor, resortes y *encoder*.

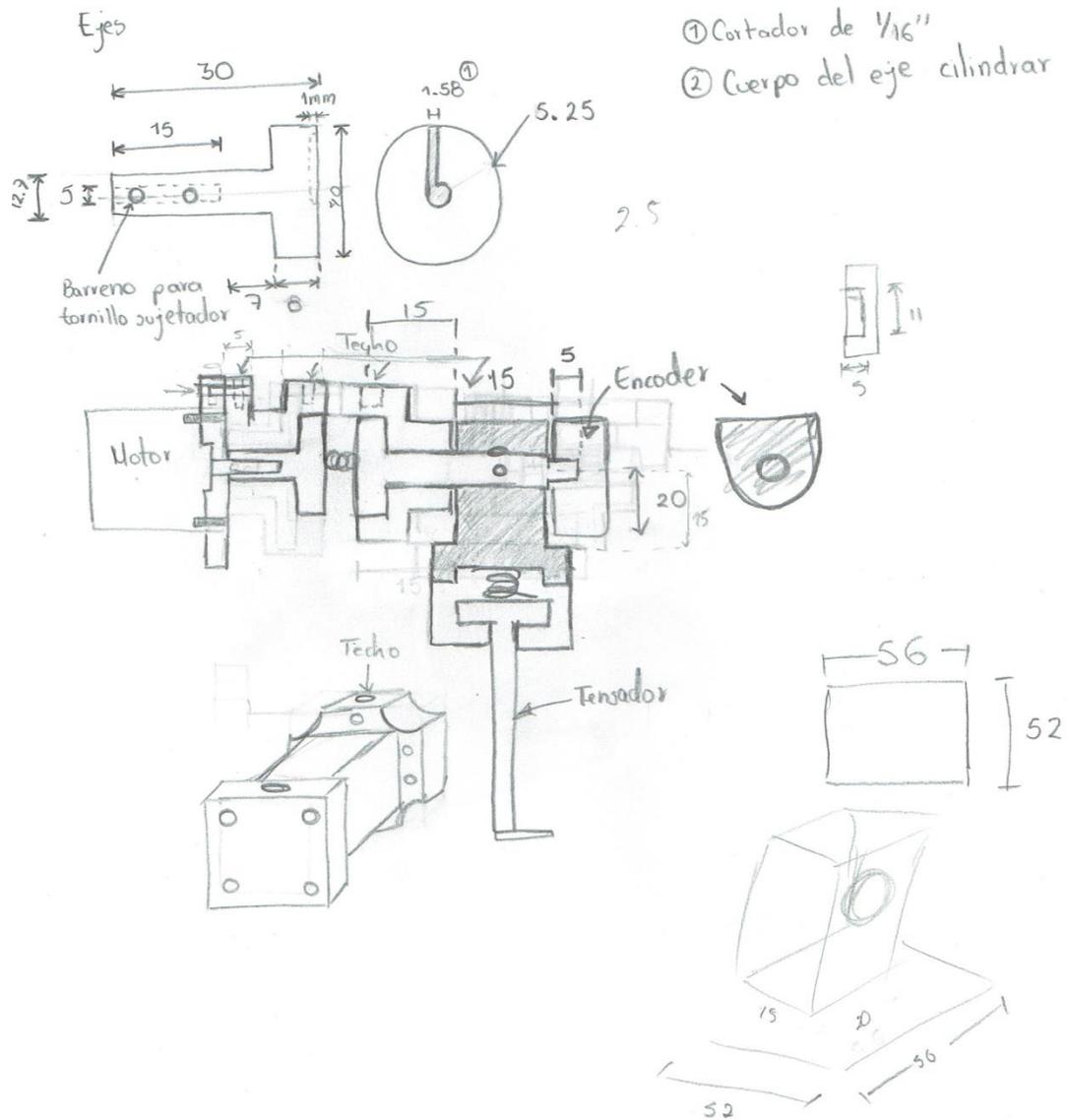


Fig. 2.1.5 Conceptos para "Eje con sistema de retroceso"

Cuerpo del tensado



Fig. 2.1.6 Concepto de tensado y primeras ideas encaminadas al diseño para la manufactura.

Primer rediseño completo en CAD.

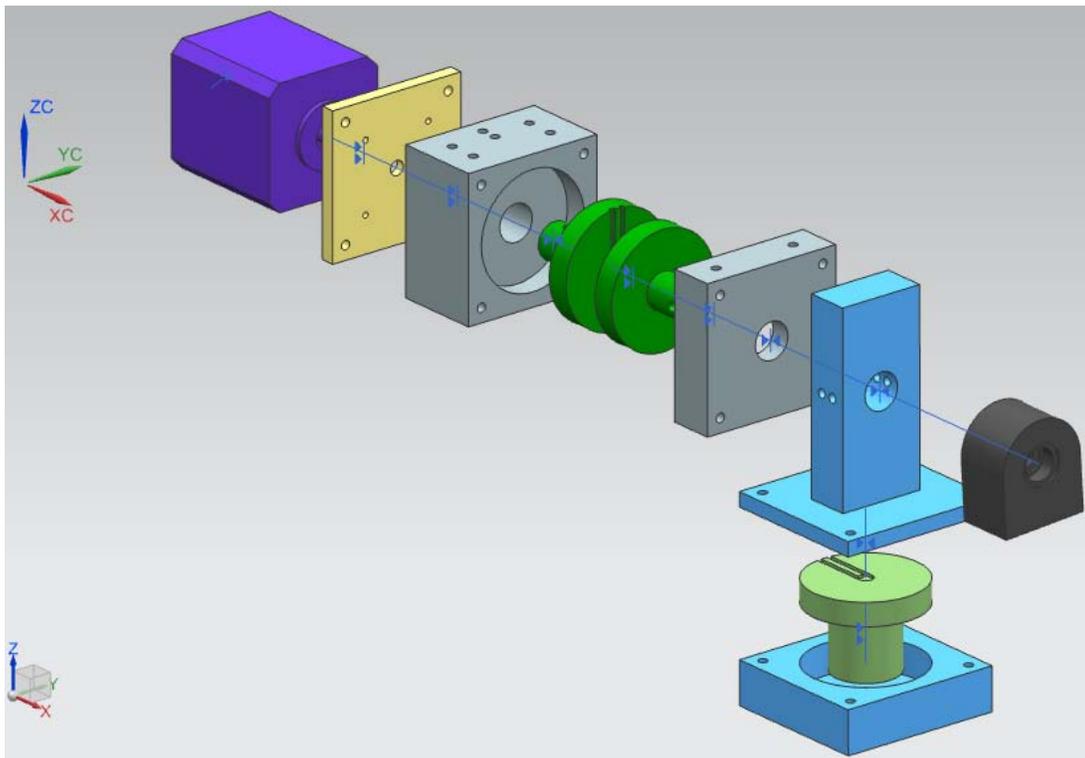


Fig. 2.1.7 Diseño seleccionado. Ensamble vista explosiva.

Ver apéndice de Diseño 2 para información adicional de las piezas consideradas.

## 2.2 Diseño de detalle

---

### 2.2.1 Selección de material para piezas

Para poder llegar al proceso de manufactura del diseño del sistema tensado de hilo se hizo la selección del material de acuerdo con las especificaciones mencionadas en el capítulo 1.3, con lo cual se propuso un polímero.

Los polímeros nos ofrecen las características siguientes:

- Resistencia a la corrosión.
- Baja conductividad eléctrica y térmica.
- Baja densidad.
- Reducción de ruido.
- Facilidad de manufactura.

Las propiedades de los polímeros dependen de manera importante de las estructuras de las moléculas poliméricas individuales, en lo que se refiere a su forma y tamaño, además de la forma en la que está organizada su estructura.

Según la clasificación de los polímeros (elastómeros, termoestables y termoplásticos), se consideraron los polímeros termoestables, de forma que si se presentan cambios de temperatura en el proceso, ésta no afecte la forma de cada una de las piezas que conforman el sistema.

#### Polímeros termoestables

Los polímeros termoestables son aquellos en los que las moléculas de cadena larga están entrelazados en una organización tridimensional, donde la estructura se convierte en una molécula gigantesca con fuertes enlaces covalentes.

En un plástico termoestable el recalentamiento en una pieza formada no cambiará su configuración, ya que durante su polimerización se completa la red y la estructura de la pieza se hace permanente. Por ejemplo, si se cocina un pastel, una vez hecho, aún cuando se vuelva a meter al horno los ingredientes que lo componen ya no volverán a su estado original.

En la industria, los termoestables son muy importantes, pues al sustituir en gran medida a otros materiales como los metales con las mismas o mejores propiedades resultan ventajosos en el proceso de diseño y en la producción al reducir tiempos y costos de fabricación.

## Polímeros termoestables con buenas propiedades mecánicas

Acetales: Tienen buena resistencia, buena rigidez y buena resistencia a la cedencia, abrasión, humedad, calor y productos químicos. Tiene aplicación en piezas como cojinetes, levas, engranes bujes y rodillos.

Acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS): Dimensionalmente rígido. Posee buena resistencia al impacto, a la abrasión y al ataque químico, además de buena resistencia y tenacidad. Sus aplicaciones incluyen tuberías, acoplamientos, cascos, mangos de herramienta, etc.

## Poliamidas:

- Nylons: Poseen buenas propiedades mecánicas y resistencia a la abrasión. Son autolubricantes y resistentes a los productos químicos. Estos materiales son higroscópicos (absorben agua); la absorción de humedad reduce las propiedades mecánicas de la pieza e incrementa las dimensiones de la pieza. Se utilizan en la fabricación de engranes, cojinetes, bujes, rodillos, sujetadores, cierres, partes eléctricas, superficies resistentes al desgaste, y material quirúrgico.
- Aramidas: Tiene una muy alta resistencia a la tensión y rigidez. Las aplicaciones comunes de este material son: fibras para materiales compuestos, chalecos a prueba de balas, cables y llantas radiales (Garmo, 2002).

## Selección de polímero

Para la evaluación del polímero a utilizar se consideró cada una de sus características con el mismo valor; en este caso 1. Por lo que el polímero que obtenga más alto valor en la suma, será el seleccionado.

Polímero	Resistencia mecánica	Resistencia a productos químicos	Autolubricante	Aplicación en piezas mecánicas	Suma
Acetal	1	1	0	1	3
ABS	1	1	0	0	2
Nylon	1	1	1	1	4
Aramidas	1	1	0	0	2

Tabla 2.2.1 Selección del polímero.

Siendo el Nylon el polímero seleccionado, se procedió a realizar una búsqueda de los tipos de Nylon que hay en el mercado, obteniéndose la siguiente clasificación:

- ✿ Nylon 6: Material con propiedades mecánicas. Resistencia al desgaste.
- ✿ Pladinyl estándar: Diseñado especialmente para fabricar piezas mecánicas que deban someterse a altas cargas.
- ✿ Nylon 66: Con características similares a las del Nylon 6, pero con mejor resistencia. Propenso a microsoldaduras.
- ✿ Nylamid: Material a base de Nylon que suele sustituir a los metales por sus propiedades mecánicas. Es autolubricante y fácil de maquinar (Tecnologías de los plásticos).

Por las características descritas anteriormente se seleccionó el Nylamid, pues es aquel material que presentó un fácil maquinado y autolubricación, cuyas propiedades no cumplieron los demás materiales siendo fundamentales para cubrir las especificaciones planteadas en el capítulo 1.3, además de hacer más fácil el proceso de manufactura, como se verá más adelante.

## 2.2.2 Tolerancias y dimensionamiento

El sistema de tolerancias y ajustes de piezas principalmente cilíndricas es el ISO, que asegura la completa intercambiabilidad en el montaje de piezas con zonas de tolerancias con el mismo símbolo.

Al definirse una dimensión no es posible obtenerla de forma exacta, sino que de acuerdo con su finalidad, basta con que esté comprendida entre dos dimensiones límites admisibles, lo cual constituye una tolerancia.

El rediseño del sistema de tensión de hilo contempla un ensamble mecánico por medio de sujetadores roscados y varios procesos de manufactura (Ver capítulo 3), por lo que cada uno de los planos incluye el dimensionamiento de cada pieza de acuerdo con las normas de dibujo.

Las organizaciones de normalización prescriben cómo deben aparecer las dimensiones y las reglas generales para su elección y colocación en el dibujo, así como en los modelos digitales; pero se necesita habilidad y práctica para dimensionar los dibujos de modo que su interpretación sea clara e inequívoca. (Giesecke, 2013, p. 363).

En cada uno de los planos que componen el Diseño 3 se incluye un dimensionamiento general de acuerdo con las normas internacionales, casi siempre definidas por la International Organization for Standardization (ISO), y por las prácticas de dibujo de American Society of Mechanical Engineers (ASME) o American National Standards Institute (ANSI) que son similares en muchos aspectos.

Los dibujos son presentados con la proyección del tercer ángulo que es el estándar publicado en la norma ANSI/ASME Y143M-2003 utilizada comúnmente en Estados Unidos. Cuya proyección es identificada mediante la Fig. 2.2.1. y es visible en cada uno de los planos de los diferentes apéndices.

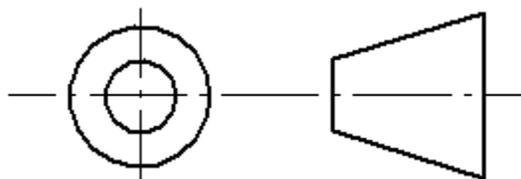


Fig. 2.2.1

Las vistas propuestas para cada plano muestran un conjunto de líneas que describen el dibujo y que nos ayudan a comprenderlo para su debida manufactura y funcionamiento.

Las líneas de dimensión son aquellas que indican tanto la dirección como la dimensión en una vista de una pieza. Las líneas centrales nos muestran los ejes de simetría que caracterizan a las partes y nos muestran la ubicación de orificios pasados y no pasados. Así mismo, en algunos casos se hacen presentes las líneas ocultas para poder facilitar la comprensión de la forma en cuestión.

Para el dimensionamiento de orificios y roscas se hace uso de las notas que describen la medida nominal así como el número de orificios a realizarse. Los símbolos de dimensionamiento en este caso, se remplazaron por letras por no encontrarse en el software NX ® utilizado para realizar los planos, como se pueden ver en la nota para roscado Fig. 2.2.2. de la pieza Caja tensor 1A, en la cual se utilizó una letra P para indicar profundidad en lugar de la propuesta de simbología utilizada en diferentes textos de dibujo Fig. 2.2.3 y Fig. 2.2.4.

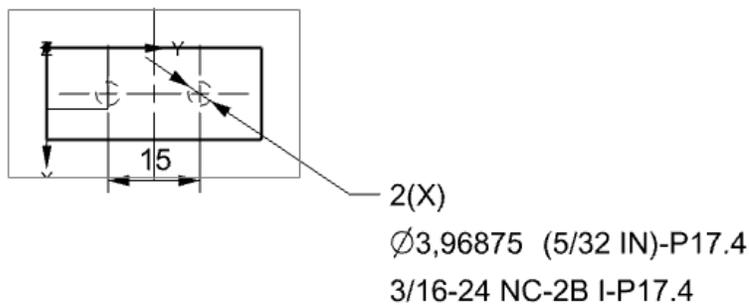


Fig. 2.2.2. Nota de roscado en la pieza Caja tensor 1A.

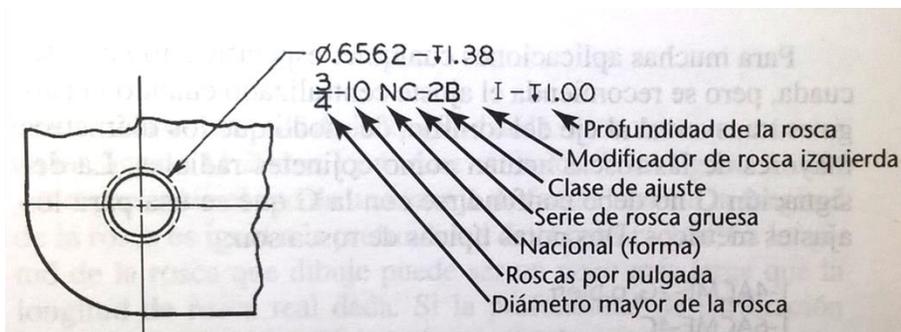


Fig. 2.2.3. Representación de roscas. Cortesía de Giesecke, F. y. (2013). *Dibujo Técnico con gráficas de ingeniería* (Decimo cuarta edición ed.). México: Pearson.

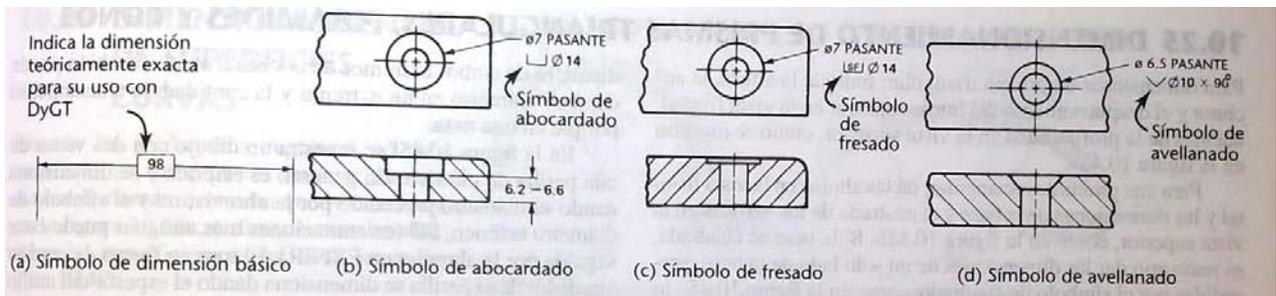


Fig. 2.2.4. Símbolos de dimensionamiento. Cortesía de Giesecke, F. y. (2013). *Dibujo Técnico con gráficas de ingeniería* (Decimo cuarta edición ed.). México: Pearson.

En la Fig. 2.3.3 se pudo observar la forma en la que se hace el dimensionamiento de una rosca. En primer lugar, encontramos el diámetro con el cual se debe taladrar mostrando el diámetro de la broca con su símbolo y valor de profundidad. En el siguiente renglón encontramos el diámetro final, en el cual se hará uso del machuelo para hacer la rosca, seguido del número de hilos que encontraremos en una pulgada de avance. Después está la serie de la rosca, en la cual podemos encontrar la rosca gruesa; de uso general para fijación denotada por NC (Gruesa Nacional), rosca fina; utilizada en el sector automovilístico y designada como NF (Fina Nacional), y rosca extra fina designada como NEF (Extra Fina Nacional).

A continuación está el tipo de ajuste. La norma nos dice que se pueden aplicar tres tipos de ajustes, el ajuste de clase 1: recomendado para montajes rápidos y donde no sea contraproducente el juego, el ajuste 2: que representa una alta calidad para los roscados comerciales e intercambiables, el ajuste 3: de calidad excepcional y de alta precisión. En los símbolos para el ajuste se designa con la letra A a las roscas externas y con la letra B a las internas. Para las roscas externas e internas existen los ajustes 1A y 1B: para tolerancias generosas, 1A y 1B: para la producción normal de tornillos, tuercas, etc., y 1A y 1B para trabajos de alta precisión. Y finalmente se encontró la orientación de la cuerda y la profundidad a la que se hará.

La selección del ajuste ISO, se hizo tomando como base la medida del agujero para determinar las tolerancias en el eje. En el campo de tolerancia las letras mayúsculas se designan para los agujeros y las minúsculas para los ejes. Cada dimensión nominal que designa un grado de tolerancia y un campo de separación, se define por la posición de la tolerancia con respecto a la línea cero que marca la exactitud. La letra H mayúscula representa el agujero con tolerancia de cero a

más, llamado agujero base, mientras que la h minúscula distingue al eje con tolerancias de cero a menos, llamado eje base.

La tolerancia seleccionada para los ejes se realizó de acuerdo con el agujero base para un grado medio según la norma ISO. Resultado una notación de 40 H8/e9. Lo que significa un ajuste del diámetro 40 mm, H8 que es un agujero base de grado medio y un e9 que es el rango móvil amplio. Resultando una tolerancia de 60 a 134 micras.

Con cada una de las notas en cada plano se planteó la manufactura que se tendrá que hacer para llegar a las formas finales denotadas en los esquemas en isométrico para obtener un ensamble como el que se muestra en la figura 2.2.5.

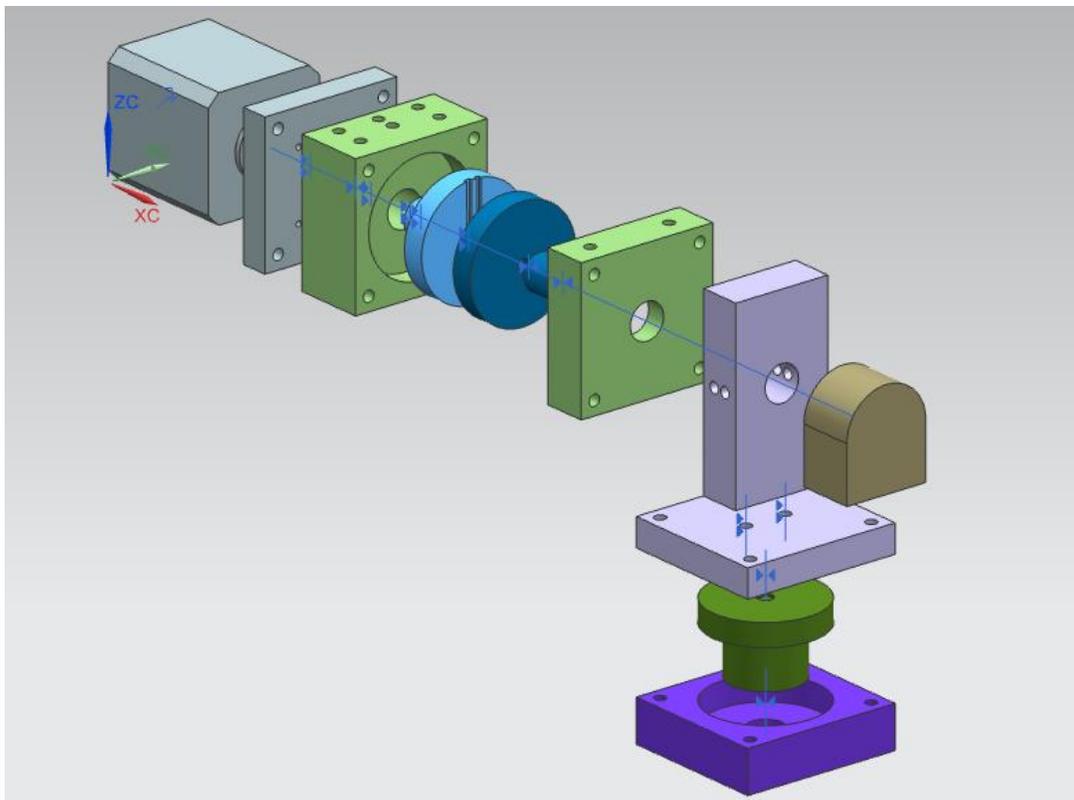


Fig. 2.2.5. Ensamble Diseño 2

# Capítulo 3. Diseño para la manufactura y ensamble

---

El diseño para la manufactura y ensamble (DFMA Design for Manufactura and Assembly) es un enfoque de optimización que involucra el diseño para la manufactura (DFM Desing for Manufactory) y el diseño para el Ensamble (DFA Desing for Assembrly). Durante el desarrollo del DFMA se incluyen consideraciones sobre la capacidad de manufactura y la forma del ensamble.

El diseño para la manufactura es una de las prácticas de mayor integración que está involucrado en el desarrollo del producto (Ulrich & Eppinger, 2004, p. 211). Esta fase de diseño incluye la información del diseño conceptual y el diseño de detalle.

## 3.1 Análisis de piezas

---

El análisis de las piezas permite que se determine la importancia de cada pieza y se tenga en cuenta el maquinado para cada una de ellas, así como aspectos referidos al ensamble del sistema. Por lo cual, se planteó la siguiente tabla para observar los siguientes puntos.

- i. Si el componente es indispensable e irremplazable.
- ii. Similitud de las piezas.
- iii. La cantidad de cada pieza.
- iv. La forma de emsamble.

No.	Pieza	Necesario	Similitud con	Cantidad	Forma de ensamble
1	Placa	SI	2, 6	1	Tornillos
2	Cilindro eje 1	SI	1, 6	1	Tornillos
3	Eje de motor 1	SI	4, 5, 9	1	Prisioneros
4	Eje de motor 2A	SI	3, 5, 9	1	Tornillos
5	Eje de motor 2B	SI	3, 4, 9	1	Tornillos
6	Cilindro eje 2	SI	1, 2	1	Tornillos
7	Caja tensor 1A	SI	8, 9	1	Tornillos
8	Caja tensor 1b	SI	7, 9	1	Tornillos
9	Cuerpo del tensor	SI	3, 4, 5	1	Tornillos
10	Caja tensor 2	SI	7, 8	1	Tornillos

Tabla 3.1.1. Análisis de componentes.

Mediante el análisis de componentes se determinó que cada una de las piezas es importante para la funcionalidad del sistema. La similitud de las piezas mostró que los procesos de maquinado serán compartidos entre las piezas, manteniendo un número bajo de procesos. La cantidad se determinó mediante una unidad por pieza al ser un prototipo. Y finalmente, la forma de ensamble también es compartida por la mayoría de los componentes.

## 3.2 Descripción de los procesos de manufactura

Para la manufactura de cada una de las piezas del último diseño, fue necesario definir los procesos de manufactura para cada una de las piezas. Durante el diseño conceptual y de detalle se tuvo en cuenta que la geometría se repitiera para varias piezas, así como el tamaño de los barrenos, con lo cual se reduce el número del tipo y tiempo de maquinado.

La forma del material seleccionado para hacer cada pieza fue una placa de 1m x 1m x 0.026m. Las piezas con medidas de 50mm x 50 mm fueron cortadas a mano con arco y segueta, ya que al tratar de cortarse con sierras eléctricas, el material sufría una deformación por calentamiento. El corte se dio con medidas mayores a las finales, dando geometrías muy irregulares Fig. 3.2.1 y Fig. 3.2.2. Para corregir esto se planteó una etapa de manufactura previa al corte preciso.

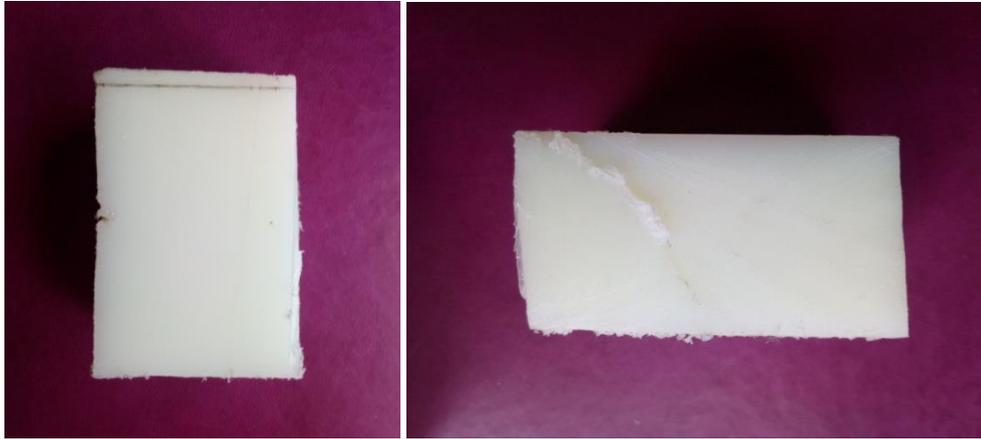


Fig. 3.2.1 Piezas antes del escuadrado



Fig. 3.2.2 Piezas después del escuadrado

Para la manufactura de las cavidades de las piezas se planteó hacer uso de una máquina de control numérico, en este caso la VMC 300 y la Chiron (Fig. 3.2.3 y Fig. 3.2.4 respectivamente) y asegurar mayor precisión en cada caja, ya que para cada una de ellas se plantearon ejes en movimiento, por lo que fue necesario el desarrollo de programas para la realización de los cortes.



Fig. 3.2.3 Máquina de control numérico



Fig. 3.2.2 Piezas después del escuadrado

Durante el uso de las máquinas de control numérico es necesario poder asegurar que la pieza a maquinar cumpla con un ángulo a  $90^\circ$  en sus esquinas, con la cual se define el 0 pieza en los ejes  $x$ ,  $y$ , donde la superficie es el eje  $z$ , ejes que la

máquina toma en cuenta para poder llevar a cabo los desplazamientos con y sin corte.

### 3.3 Selección de ensamble mecánico

---

El ensamble mecánico involucra diferentes métodos de sujeción para mantener en **conjunto de manera mecánica dos o más partes. "En la mayoría de los casos, los métodos de sujeción implican el uso de componentes de equipos separados, llamados sujetadores, que se agregan a las partes durante el ensamblado"** (Garmo, 2002, pág. 789). Pero hay otros casos en los cuales el mecanismo de sujeción implica la deformación o formación de las piezas a ensamblar sin la necesidad de tener que agregar componentes adicionales.

Los métodos de sujeción mecánica se dividen principalmente en dos tipos: los que permiten un desensamble: tornillos y tuercas, y los que crean una unión permanente: remaches.

Los métodos de sujeción se clasifican en:

- i) Sujetadores roscados: Tornillos, pernos y tuercas.
- ii) Remaches y orificios.
- iii) Ajustes por interferencia. Incluyen ajustes con prensa, de contracción y expansión, de agarre automático y anillos de retención.
- iv) Otros métodos de sujeción mecánica: Engrapados y cocidos.
- v) Insertos en moldeado y sujetadores integrales.

Los sujetadores roscados son elementos separados del sistema que poseen roscas internas o externas según sea su requerimiento, que en la mayoría de los casos permiten el desensamble. Los sujetadores más comunes de este tipo son los tornillos, pernos y tuercas.

Por la facilidad de ensamble y desensamble y la estandarización de sujetadores se optó por el uso de tornillos. En cada uno de los planos para cada una de las piezas se plantea hacer uso de brocas y machuelos para así lograr el barrenado y cuerda respectivamente.

## Capítulo 4. Manufactura del sistema

---

Para poder llegar al prototipo funcional del sistema de tensión de hilo se planteó la necesidad de hacer una etapa de manufactura previa al maquinado de precisión, el cual se hará en una etapa posterior con ayuda de la máquina de control numérico VMC 300.

En la primer etapa se incluyeron los procesos de escuadrado y cilindrado de las piezas que se harán con ayuda de la fresadora y tornos universales.



Fig. 4.1 Torno universal Línea ROMI



Fig. 4.2 Fresadora universal Induma

En la segunda etapa se planteó la idea de hacer el taladrado, fresado y torneado con mayor precisión, para lo cual se idearon varios programas de control numérico de acuerdo con los planos del Diseño 3.

## 4.1 Procesos de manufactura y herramental

Los procesos de manufactura, así como la herramienta a usar para cada una de las piezas presentes en el Diseño 3 se encuentran en la tabla 4.1.1 distribuida en dos partes.

	PROCESO	PIEZA				
		1	2	3	4	5
		PLACA	CILINDRO EJE 1	EJE DE MOTOR 1	EJE DE MOTOR 2A	EJE DE MOTOR 2B
MANUFACTURA PREVIA	ESCUADRAR	*	*	*	*	*
	CILINDRAR			*	*	*
MANUFACTURA	BARRENAR	*	*	*	*	*
	FRESAR	*	*	*	*	*
	MACHUELAR	*	*	*		
	TORNEAR			*	*	*
HERRAMIENTAS	BROCA 5/32	*	*		*	*
	MACHUELO 3/16	*	*		*	*
	CORTADOR 1/2	*	*			
	BROCA 1/2*		*			
	BURIL			*	*	*
	CORTADOR 1/16			*	*	
	BROCA 3/32			*		
	MACHUELO 1/8			*		
	BROCA 5MM	*		*		
	BROCA 2MM	*				

Tabla 4.1.1. Parte 1. Procesos empleados

	PROCESO	PIEZA				
		6	7	8	9	10
		CILINDRO EJE 2	CAJA TENSADOR 1A	CAJA TENSADOR 1B	CUERPO DEL TENSADOR	CAJA TENSADOR 2
MANUFACTURA PREVIA	ESCUADRAR	*	*		*	*
	CILINDRAR			*	*	
MANUFACTURA	BARRENAR	*	*	*	*	*
	FRESAR	*		*	*	*
	MACHUELAR	*	*	*		*
	TORNEAR				*	
HERRAMIENTAS	BROCA 5/32	*	*	*		*
	MACHUELO 3/16	*	*	*		*
	CORTADOR 1/2	*				*
	BROCA 1/2*	*	*		*	*
	BURIL				*	
	CORTADOR 1/16			*	*	
	BROCA 3/32					
	MACHUELO 1/8					
	BROCA 5 mm					
	BROCA 2mm					

Tabla 4.1.1 Parte 2. Procesos empleados

## 4.2 Cronograma

---

La planeación de la manufactura se realizó conforme a un cronograma que permitió ver el avance de la manufactura y poder tomar tiempos para cada actividad. Además de tener en cuenta todos aquellos factores que retrasaron cada etapa de manufactura como son:

- i) Disponibilidad de maquinaria.
- ii) Disponibilidad de herramientas.
- iii) Tiempo de preparación de piezas.
- iv) Tiempo de maquinado final de piezas.

En el siguiente cronograma se puede observar algunas actividades reprogramadas:



Etapa	Actividades	Junio				Julio			
		Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
2. Rediseño	Desarrollo del concepto	Programado	Cumplido						
	Diseño de detalle	Programado	Cumplido						
	Diseño para la manufactura y ensamble					Programado	Cumplido	Programado	Cumplido
3. Manufactura	Preparación de material para maquinar		Programado	Cumplido	Programado	Cumplido	Programado	Cumplido	Programado
	Generación de códigos de manufactura								Programado
	Pruebas de código en software								Cumplido
	Selección de herramientas							Programado	Cumplido
	Inventario							Programado	Cumplido
	Cotizaciones								
	Compra de herramienta								
	Maquinar piezas en CNC								

Etapa	Actividades	Agosto					Septiembre			
		Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
3. Manufactura	Preparación de material para maquinar	Yellow, Red	Yellow, Red	Yellow, Red	Blue, Green	Blue, Green	Blue, Green	Blue, Green		
	Generación de códigos de manufactura	Yellow, Green					Yellow, Green	Yellow, Green		
	Pruebas de código en software	Yellow, Red		Blue, Green					Blue, Green	Blue, Green
	Selección de herramientas									
	Inventario	Yellow, Green								
	Cotizaciones									
	Compra de herramienta	Yellow, Green								
	Maquinar piezas en CNC	Yellow, Green	Yellow, Red	Yellow, Red	Yellow, Red		Blue, Green	Blue, Green	Blue, Green	Blue, Green
4. Ensamble	Colocar resortes					Yellow, Red				
	Colocar opresores					Yellow, Red				
	Pruebas de ensamble					Yellow, Red				

		Octubre				Noviembre			
Etapa	Actividades	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
3. Manufactura	Preparación de material para maquinar								
	Generación de códigos de manufactura								
	Pruebas de código en software								
	Selección de herramientas								
	Inventario								
	Cotizaciones								
	Compra de herramienta								
	Maquinar piezas en CNC	■	■	■	■				
4. Ensamble	Colocar resortes				■	■	■		
	Colocar opresores				■	■	■		
	Pruebas de ensamble				■	■	■		

Mediante el cronograma se puede observar la importancia de la estimación de tiempos para cada proceso. En la etapa de manufactura previa, la disponibilidad de la fresadora universal provocó que se retrasara la preparación de las piezas, ya que varias de las secciones de trabajo se cancelaron por estar ocupada la máquina por otros proyectos o bien, por tener clase.

En consecuencia, el maquinado en las máquinas de control numérico, tuvo que ser reprogramado, atrasando el desarrollo de la manufactura y el ensamble de las piezas. Además, se produjeron otros inconvenientes como la aplicación de una etapa de rectificación, la cual se tratará en la parte 4.3 de este capítulo y la modificación de ciertas piezas dando como resultado un Diseño 3.

## 4.3 Actividades realizadas

---

Evidencia de la manufactura realizada y conclusión del proceso

### 1. Etapa de manufactura previa

Escuadrado

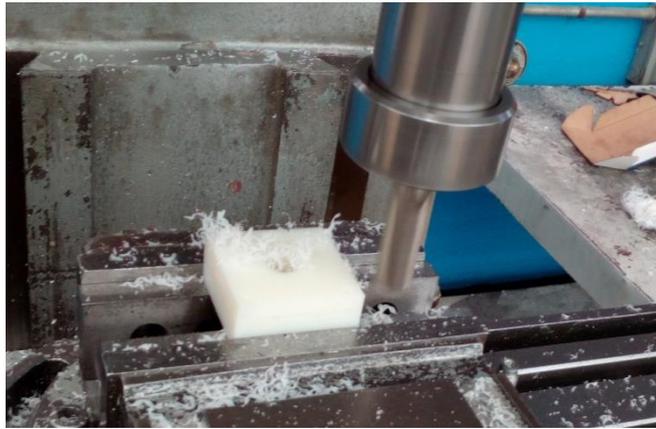


Fig. 4.3.1 Escuadrado de piezas

Resultados del escuadrado

Se realizó el escuadrado de las piezas con forma cuadrada o rectangular para someterse al maquinado de precisión en la máquina de control numérico VMC 300. La importancia de esta fase como preparación de las piezas radica en que cada esquina debe tener un ángulo de  $90^\circ$  para realizar el 0 pieza.

## Cilindrado



Fig. 4.3.2 Cilindrado de pieza con un diámetro excedido.

## Resultados del cilindrado

Se realizó el cilindrado a partir de piezas con geometría cuadrada hasta llegar a una forma de cilindro, de diámetro mayor al visto en los planos, para después poder llegar a las dimensiones propuestas en éstos.

## 2. Etapa de manufactura

### Barrenado



Fig. 4.3.3 Barrenado de la pieza "Caja tensor 1A" con una broca de 5/32 in.

## Resultados del barrenado

Para el taladrado de las piezas se hicieron pruebas de avance en las brocas a usarse, de manera que el material no se dañara por fundición o por rebabas debidas al corte. Contando con una velocidad adecuada para dejar un barreno limpio y sin imperfecciones que pudiesen afectar la entrada del machuelo y el desarrollo de la cuerda en cuestión.

Durante esta etapa, se revisó el modo de sujeción de cada pieza, así como la utilización de una pieza de sacrificio en la perforación de cada barreno, por lo que se decidió que para piezas como la Cilindro eje 2 la reducción del espesor se haría al final del proceso de taladrado y fresado en una etapa de rectificación.

## Fresado

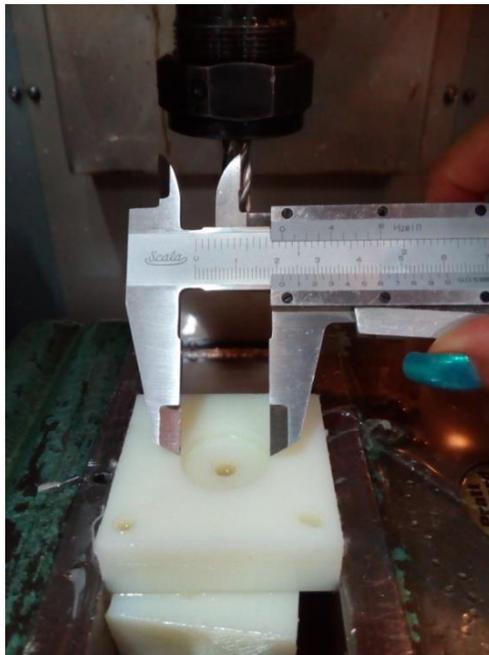


Fig. 4.3.3 Fresado de la pieza Placa con un cortador de  $\frac{1}{2}$  in.

## Resultados del fresado

Durante la etapa de fresado se hizo más evidente que tras cada operación de maquinado el material se contraía por el calentamiento que se generaba en el corte debido a la fricción de la herramienta con el material. En la Fig. 4.3.3 se programó un diámetro en la caja de 22 mm, pero al finalizar el corte se obtuvo

una de 21.5 mm teniendo una reducción por contracción de 0.5 mm. Para las cajas con diámetro de 40mm se redujo en promedio 0.4 mm.

## Torneado



Fig. 4.3.4 Torneado de los ejes.

## Resultados del torneado

En la etapa de torneado fue necesario ajustar las medidas de cada eje a las de la caja correspondiente, debido a la contracción del material ya antes mencionado en la etapa de fresado. Quedando así, con diámetros menores a los previstos en los planos con una reducción en promedio de 0.5 mm para cada uno de ellos.

## Machuelado

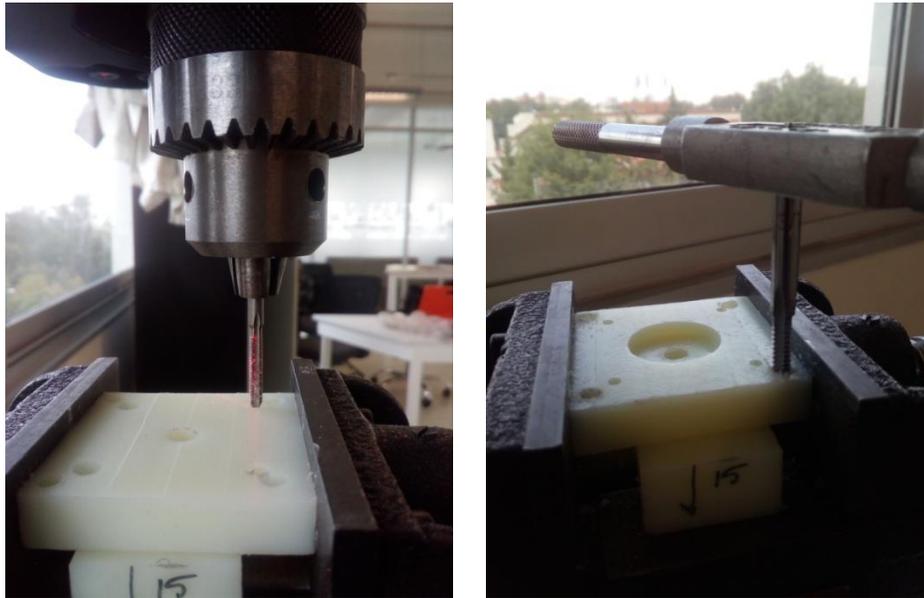


Fig. 4.3.6 Machuelado de orificios 5/32 in con un machuelo 3/16 in.

## Resultados del machuelado

Para poder realizar un machuelado adecuado, se planteó hacer uso de una guía para los primeros pasos de la cuerda, por lo que se hizo uso de un taladro de banco, y continuar con el machuelado completo en forma manual como se muestra en la figura 4.3.6.

### 3. Etapa de rectificación

## Rectificación



Fig. 4.3.5 Disminución de espesor en la pieza "Placa".

## Resultados de la rectificación

Para las piezas con reducciones de espesor se planeó hacer la rectificación necesaria después de pasar por la etapa de manufactura, mejorando así el acabado final y disminuyendo errores debido a la deformación que se presenta en las piezas de espesores menores a 15 mm en la sujeción de la prensa.

# Capítulo 5. Ensamble del sistema

---

El diseño para ensamble (DPE) como parte del diseño para la manufactura involucra reducir al máximo el costo y tiempo de ensamble. Por lo que es muy importante seleccionar bien el método por el cual se llevará a cabo el ensamble del sistema. En este caso, el ensamble mecánico seleccionado fue aquel por medio de tornillos.

## 5.1 Metodología de sujeción

---

El método de sujeción seleccionado para realizar el ensamble del sistema de tensión de hilo fue el que permitiera tener facilidad de ensamble y desensamble de las piezas, por lo que se optó por tornillos y prisioneros.

En la industria hay una extensa estandarización en cuanto a los sujetadores roscados, lo cual promueve la posibilidad de ensamblar y desensamblar componentes, así como de hacer intercambios de sujetadores. Para hacer uso de un tipo de sujetadores se deben tener las herramientas necesarias que correspondan al tipo de sujetador seleccionado. Además, hay que tener en consideración el tipo de cabezas de pernos y tornillos para hacer el abocardado o avellanado correspondiente en las piezas a ensamblar, al igual que el uso de herramientas distintas.



Fig. 5.1.1. Tipos de cabeza de tornillos. Cortesía de <http://www.tornillosprotor.com/tipos-de-cabeza-de-los-tornillos/>

Los tipos de tornillos según su función incluyen tornillos para máquina, de cabeza cuadrada, prisioneros y autorroscantes. Los tornillos para máquina tienen una aplicación general diseñados para barrenos roscados, en cambio los tornillos de

cabeza cuadrada poseen una geometría igual a los tornillos de máquina con la diferencia que están hechos de metales de mayor resistencia y tolerancias menores. Los tornillos prisioneros están diseñados y endurecidos para funciones de ensamble como engranes y poleas para ejes, y los tornillos autorroscantes están diseñados para formar y cortar las roscas en un barreno existente.

En este caso, los tornillos seleccionados fueron los de uso general de cabeza Allen estándar de diferentes medidas según las piezas a ensamblar.

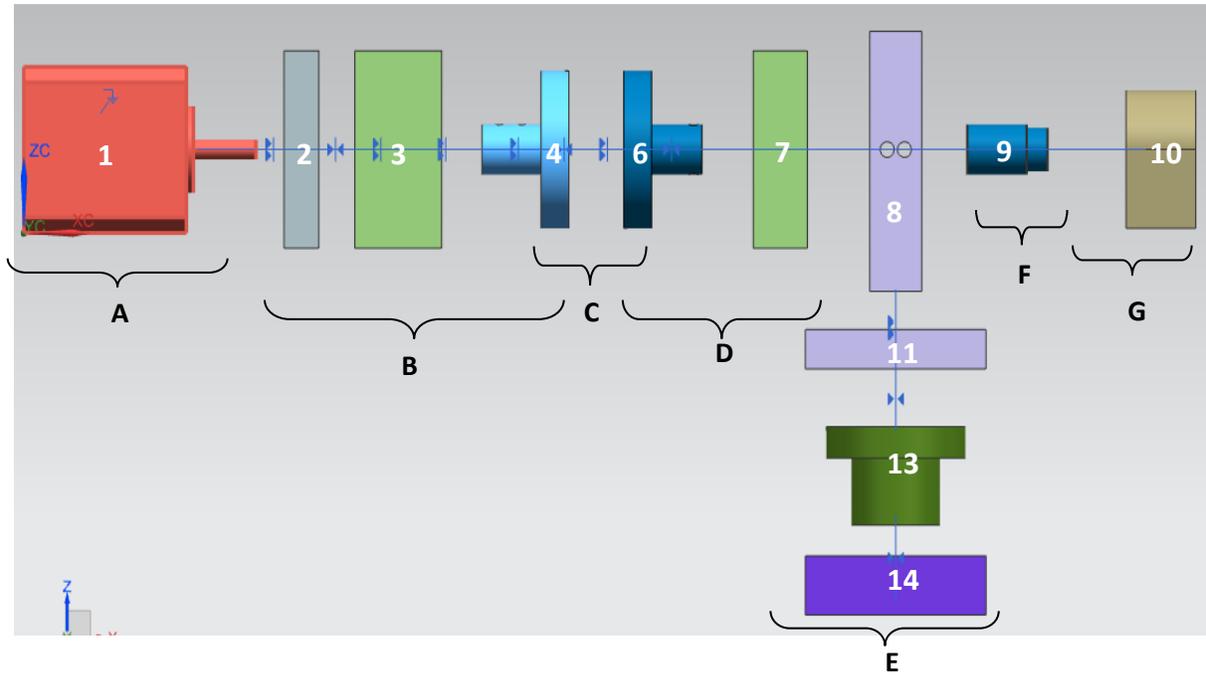
## 5.2 Desarrollo de ensamble

---

El diseño de sistema de tensión de hilo consta de un total de 10 piezas maquinadas más dos resortes, el motor y el *encoder*. Durante la etapa de manufactura, las 10 piezas sufrieron pequeñas modificaciones en las medidas previstas en el Diseño 2 para poder desarrollar un ensamble más simple y con menos tornillos.

El orden y nivel de ensamble de cada una de las piezas se muestra en la siguiente tabla:

## Nivel



Nivel Orden	A	B	C	D	E	F	G
1	Motor						
2		Placa					
3		Cilindro eje 1					
4		Eje de motor 1					
5			Resorte				
6				Eje de motor 2A			
7				Cilindro eje 2			
8					Caja de tensor 1A		
9						Eje de motor 2B	
10							Encoder
11					Caja tensor 1B		
12					Resorte		
13					Cuerpo del tensor		

14					Caja tensor 2	
----	--	--	--	--	------------------	--

Tabla 5.2.1 Orden de ensamble

Durante el desarrollo del ensamble fue importante observar que los ejes fueran perfectamente colineales, de lo contrario el movimiento del eje a la entrada del *encoder* podría sufrir cabeceo y errores en la codificación de las revoluciones realizadas por el motor, además de poder dañar el dispositivo. Mediante la manufactura de precisión, los barrenos de sujeción aseguraron la dirección de cada uno de los ejes, por lo que el ensamble de las piezas del nivel B al D por medio de un solo tornillo aseguró la distancia correcta entre piezas y la colinealidad para los ejes.

Para la parte de los resortes del nivel C, se observó que había dificultades al ensamblar en resorte en los ejes, además era muy delicada esta parte ya que los tornillos debían entrar cuidadosamente para no hacer que las piezas se inclinaran y se desarrollara interferencia. Además, fue muy importante que los ejes tuvieran el perfil de cada resorte a 90° para poder ensamblar sin que éste sufriera torque en alguna parte de sus patas y se moviera de su lugar. Al finalizar el ensamble de este segmento, se observó que la colocación de los ejes no permitía el libre desplazamiento de los resortes. Además, el torque aplicado por el motor al nivel C más el peso del tensado hacía que los resortes modificaran su desplazamiento inicial antes de se llevara a cabo el cambio de posición del tensado y la carga por parte del hilo. Lo anterior llevó a plantear de nuevo este segmento quitando este elemento mecánico ya que hacía que el sistema fuera inestable para el desplazamiento libre del tensado.

Por ello se realizó el Diseño 3 (ver apéndice), trayendo consigo un diseño más sencillo, con menos piezas, y un ensamble más fácil. Pero aun más importante fue que permitiera un mejor desempeño del sistema de tensión de hilo, más estable y más fácil de manejar por la parte de control del sistema.

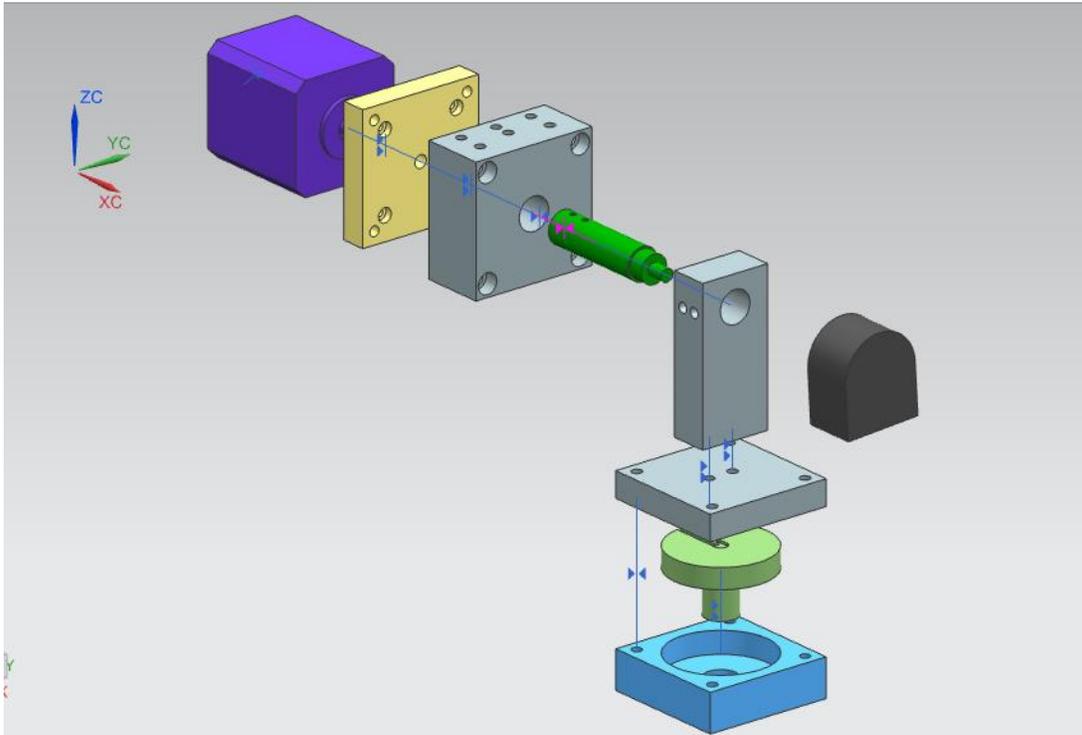


Fig. 5.2.1 Diseño 3. Ensamble vista isométrica explosiva.

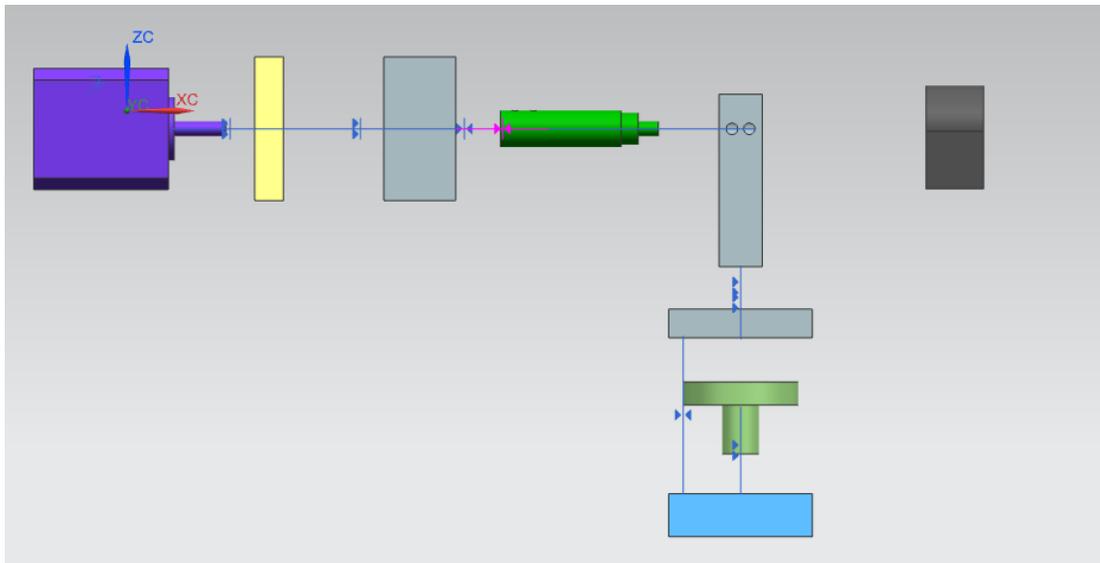


Fig. 5.2.2 Diseño 3. Ensamble vista frontal explosiva.

# Resultados

---

Se identificaron las características de funcionamiento del sistema de tensión de hilo a través de hacer el planteamiento de las necesidades y especificaciones del sistema (Capítulo 1.1 y 1.3). Además, se analizaron y evaluaron los componentes del sistema (Capítulo 1.7) y se planteó un rediseño de éste (Capítulo 2), el cual contribuyó a una mejora comparado contra el primer concepto.

También se realizó el diseño para la manufactura y ensamble del sistema (Capítulo 3), por medio del cual se plantearon los procesos para llegar finalmente a las geometrías planteadas durante el rediseño y lograr la funcionalidad del sistema.

Finalmente el sistema de tensión de hilo de la máquina bordadora de Tul se redujo hasta un total de 9 piezas (Apéndice 3). Para la fabricación de cada uno de los componentes el material usado fue Nylamid. El ensamble utilizado fue de tipo mecánico por medio de tornillos de 3/16 [in] y 7/64 [in].

De acuerdo con los requerimientos planteados (Capítulo 1.1), se llegó a lo siguiente:

- i. El material seleccionado es no conductor.
- ii. El sistema permite el desplazamiento del tensor de forma que se puede medir su desplazamiento por medio de un *encoder*.
- iii. La fuerza aplicada el hilo es menor a la necesaria para deformar el hilo, lo cual se regula con el resorte considerado.
- iv. La manufactura realizada fue simple al contar con geometrías sencillas para cada una de las piezas y tener similitudes en el uso de herramientas y procesos.
- v. La cantidad de procesos de manufactura y ensamble se redujo hasta un total de 6 programas en código G para la fresadora VMC 300 y de 2 piezas cilindradas en torno universal.
- vi. El ensamble mecánico se realizó de forma sencilla por medio de tornillos, cuyas medidas se comparten entre piezas.

# Conclusiones

---

A través del desarrollo de este trabajo, queda plasmada la gran importancia que tiene el diseño para la manufactura y ensamble como parte del desarrollo de un producto, ya que involucra todas las herramientas y procesos necesarios en la realización del concepto. Cuando se retomó el diseño para el sistema de tensión de hilo, se realizaron los análisis y las evaluaciones de cada una de las piezas para poder seleccionar y aplicar los procesos de manufactura y ensamble más apropiados. Y con ello lograr un prototipo funcional.

En consecuencia, se obtuvo un rediseño del sistema con un funcionamiento similar al propuesto en el primer concepto paralelo al diseño para la manufactura y ensamble. Donde la selección de los resortes a utilizarse determinaron las dimensiones de las piezas.

Además, se llevó el sistema de tensión de hilo a una etapa de manufactura y ensamble, en donde para el desarrollo de las piezas trajo tuvo que considerar la contracción del material para que no se comprometieran las dimensiones finales, así como la velocidad a la que se hicieron los cortes.

El sistema de tensión de hilo final (Diseño 3) mostró ventajas sobre el diseño 2 y 1, ya que su manufactura se hizo más simple, permitió que el resorte en el cuerpo del tensor tuviese los movimientos propuestos en los requerimientos, y el número de piezas pasara de 13 (Diseño 1) a 9 en el diseño final. Por lo tanto, el prototipo funcional se logró con modificaciones que contribuyeron a su mejora. La evolución del diseño permite visualizar como es que las geometrías se hacen más simples y el tensor en conjunto más fácil de construir.

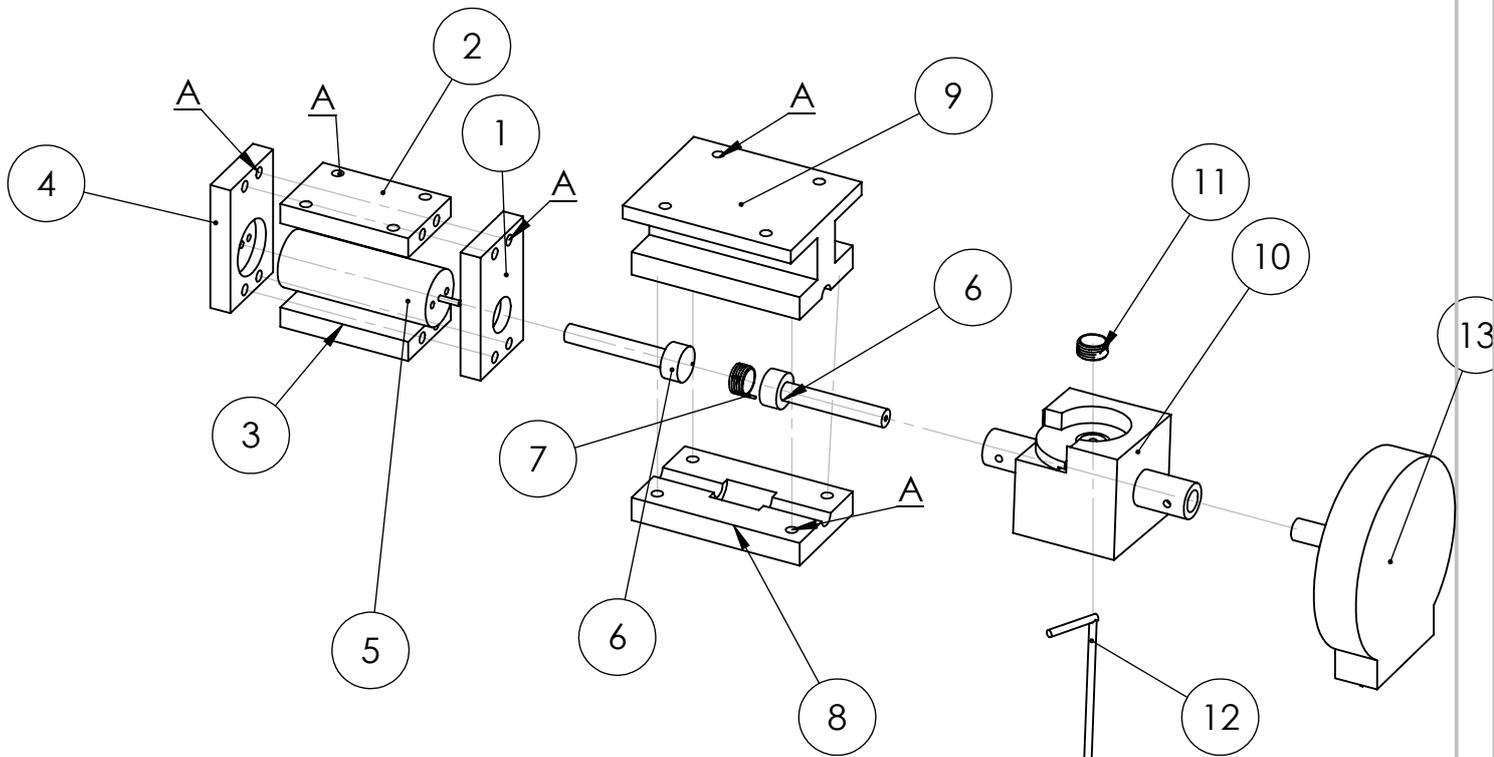
Finalmente, se puede resaltar que en el proceso de diseño es muy importante tener presente la generación de conceptos, las máquinas y herramientas con las que se cuenta para ahorrar tiempo en cada uno de los procesos y hacer una disminución de los costos hasta el comportamiento de los materiales al someterse a los procesos de manufactura. Ya que de tomarse en cuenta, se reducen las iteraciones en el diseño, y se hace más ágil el desarrollo del proyecto que se realizó.



## Apéndice A: Diseño 1

---

Diseño originalmente planteado. Los planos y las piezas son las originales, y por tanto todo su dimensionamiento, notas y demás especificaciones.



No. Pieza	Nombre de pieza	No. de elementos	Tipo de tornillo [A=1/8"]	Cantidad de tornillos
1	piezademotor1	1	A	4
2	piezademotor2	1	A	4
3	piezademotor3	1	A	4
4	piezademotor4	1	A	4
5	motor	1	-	-
6	eje del yunque	2	-	-
7	resorte del yunque	1	-	-
8	yunque 1	1	A	4
9	yunque 2	1	A	4
10	eje con sistema de retroceso	1	-	-
11	resorte del sistema de retroceso	1	-	-
12	tensador	1	-	-
13	encoder	1	-	-

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:  
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM  
 ACABADO SUPERFICIAL:  
 TOLERANCIAS:  
 LINEAL:  
 ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y  
 ROMPER ARISTAS  
 VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

NOMBRE	FIRMA	FECHA	MATERIAL:
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CAUID.			
			PESO:

TÍTULO:

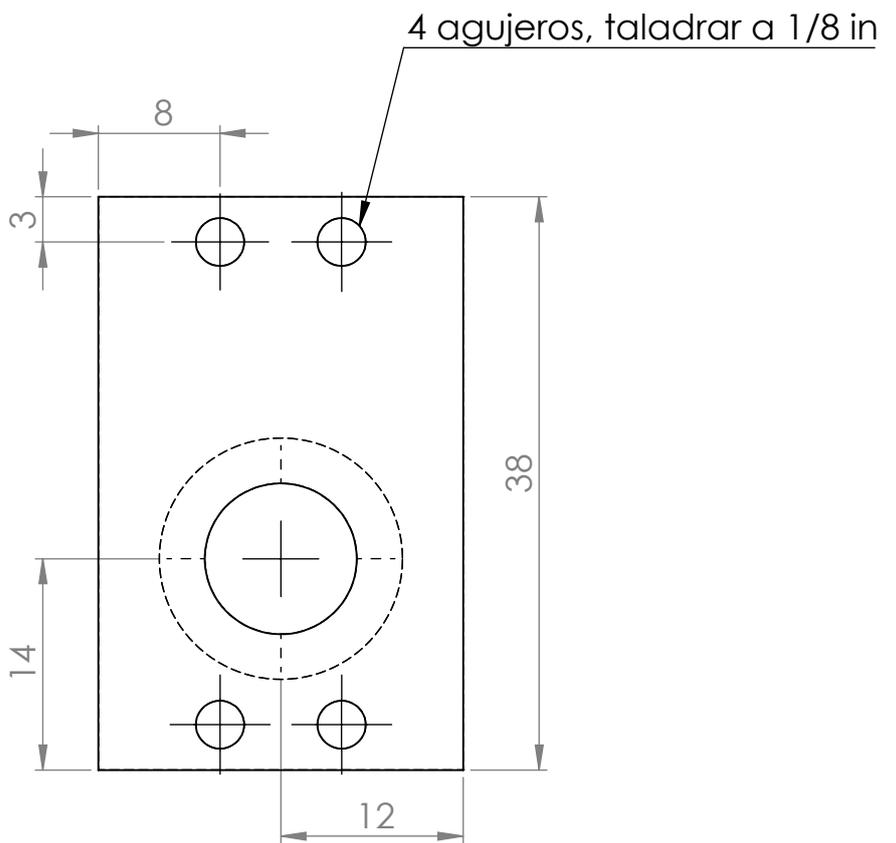
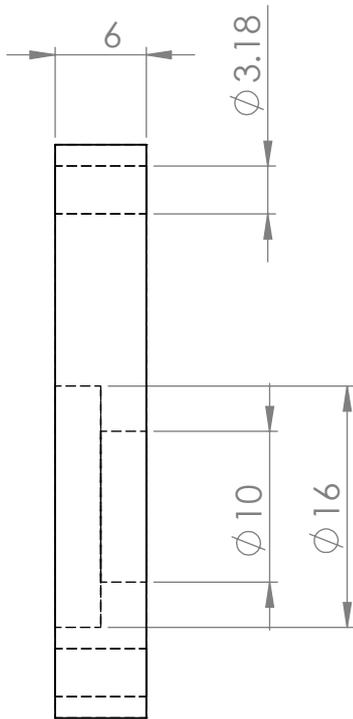
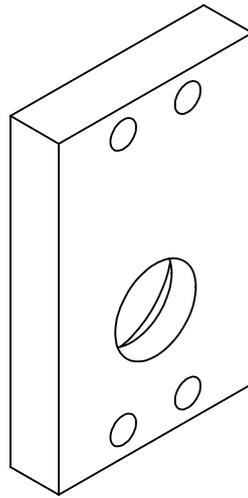
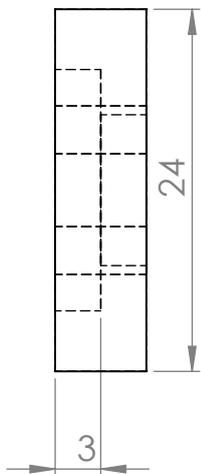
N.º DE DIBUJO

ensamblaje final

A4

ESCALA: 1:5

HOJA 1 DE 1



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:  
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM  
ACABADO SUPERFICIAL:  
TOLERANCIAS:  
LINEAL:  
ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y  
ROMPER ARISTAS  
VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA		
DIBUJ.					
VERIF.					
APROB.					
FABR.					
CAUID.				MATERIAL:	
				PESO:	

TÍTULO:

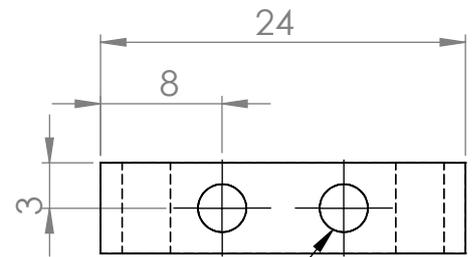
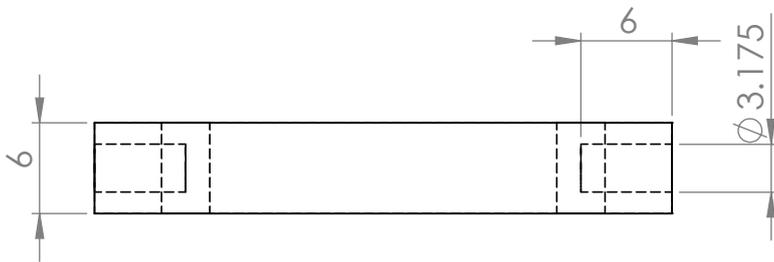
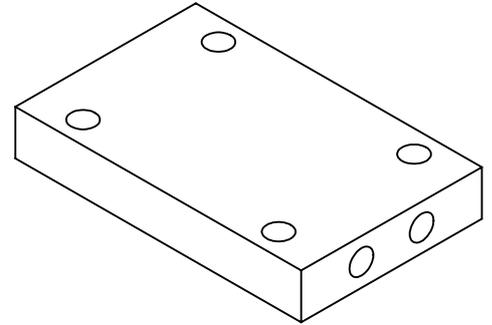
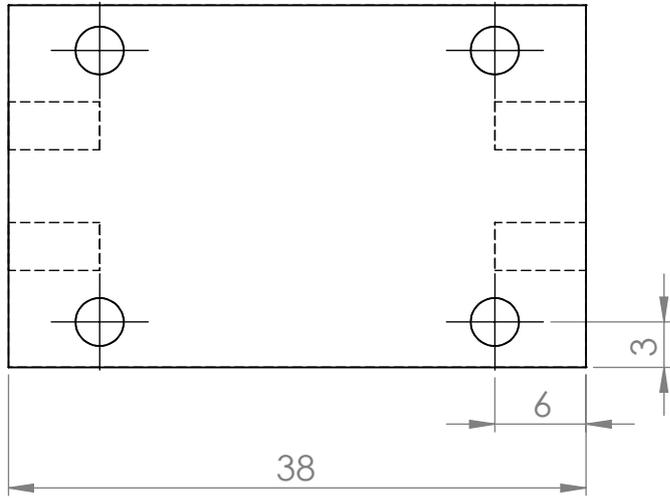
N.º DE DIBUJO

piezademotor1

A4

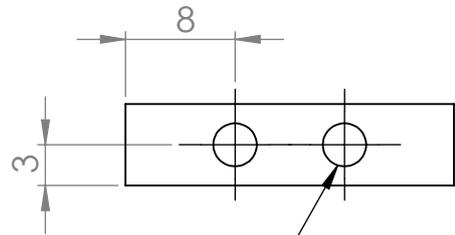
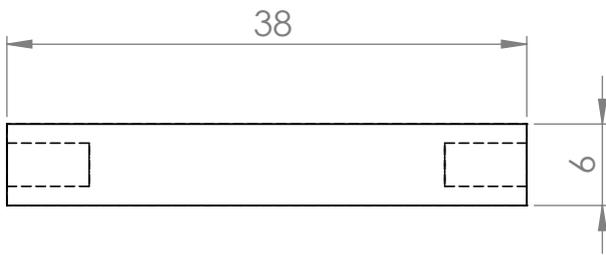
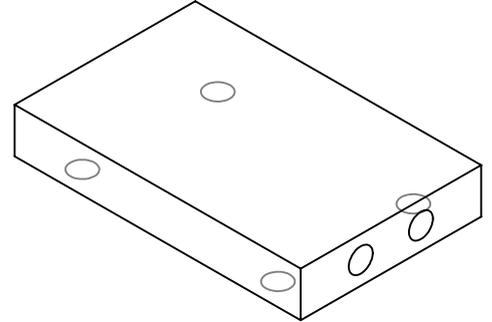
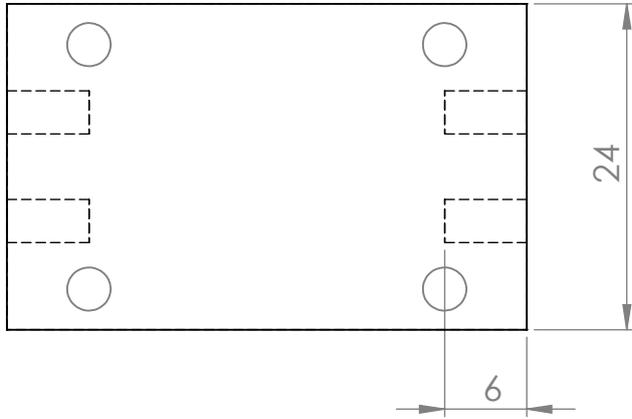
ESCALA:1:1

HOJA 1 DE 1



8 agujeros, taladrar a 1/8 in

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
				Pieza de motor 2							
				TÍTULO:							
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA					N.º DE DIBUJO			
VERIF.								<div style="font-size: 2em; font-weight: bold;">piezademotor2</div>			
APROB.											
FABR.				MATERIAL:							
CAUID.				PESO:				ESCALA: 1:1			
HOJA 1 DE 1											



4 agujeros, taladrar a 1/8 in

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:  
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM  
ACABADO SUPERFICIAL:  
TOLERANCIAS:  
LINEAL:  
ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y  
ROMPER ARISTAS  
VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA	
DIBUJ.				
VERIF.				
APROB.				
FABR.				
CAUID.				MATERIAL:
				PESO:

TÍTULO:

Pieza del motor 3

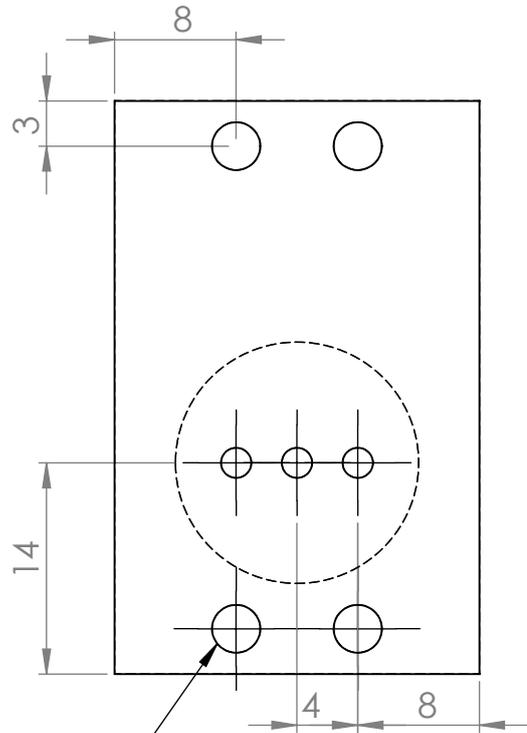
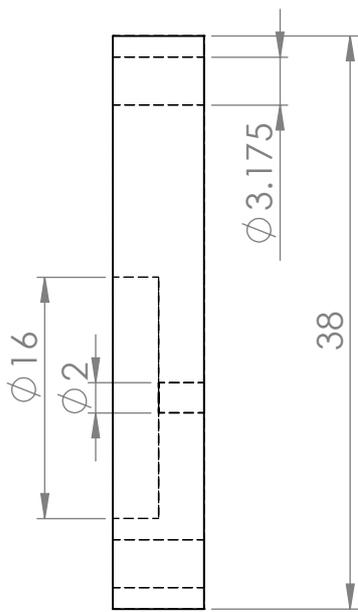
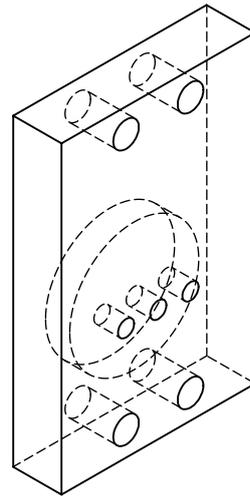
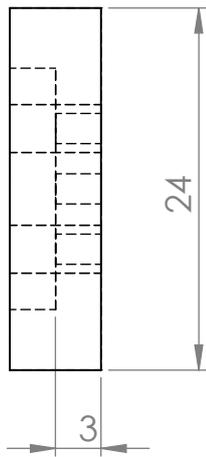
N.º DE DIBUJO

piezademotor3

A4

ESCALA: 1:1

HOJA 1 DE 1



4 agujeros, taladrar a 1/8 in

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:  
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM  
ACABADO SUPERFICIAL:  
TOLERANCIAS:  
LINEAL:  
ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y  
ROMPER ARISTAS  
VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA		
DIBUJ.					
VERIF.					
APROB.					
FABR.					
CAUID.				MATERIAL:	
				PESO:	

TÍTULO:

Pieza del motor 4

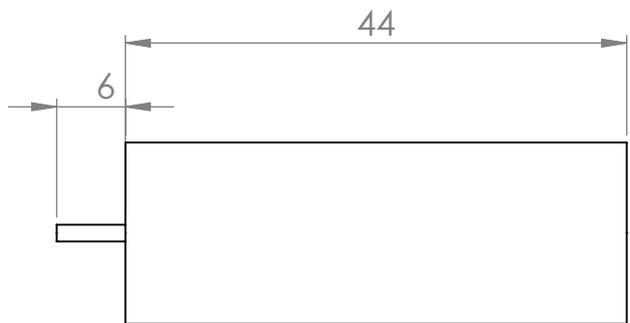
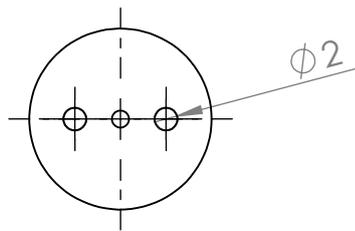
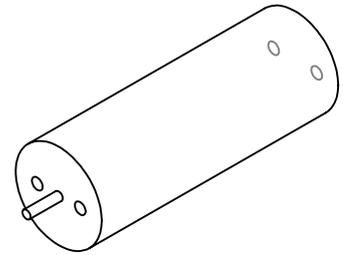
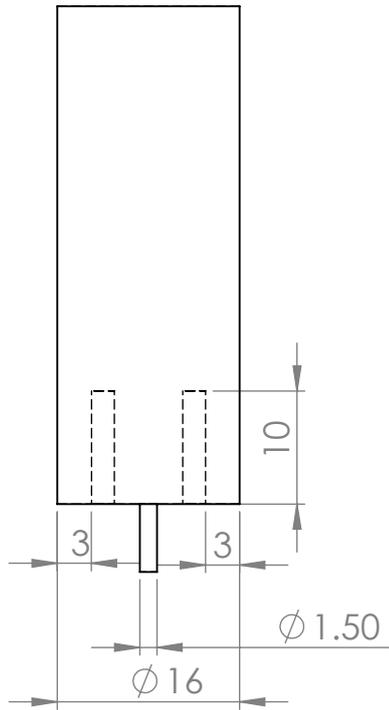
N.º DE DIBUJO

piezademotor4

A4

ESCALA: 1:1

HOJA 1 DE 1



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:  
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM  
ACABADO SUPERFICIAL:  
TOLERANCIAS:  
LINEAL:  
ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y  
ROMPER ARISTAS  
VIVAS

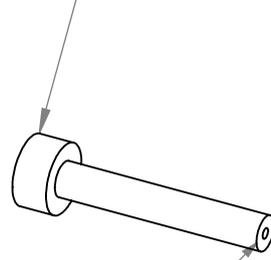
NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

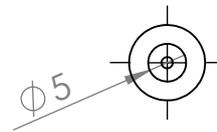
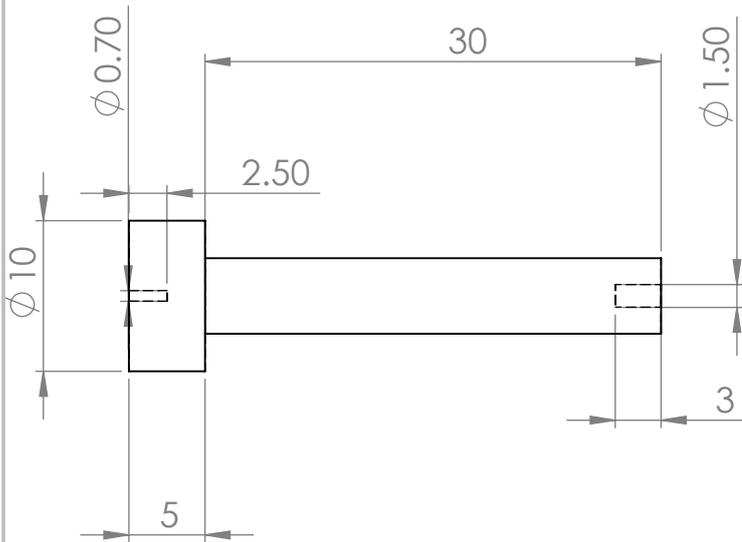
	NOMBRE	FIRMA	FECHA		
DIBUJ.					
VERIF.					
APROB.					
FABR.					
CAUID.				MATERIAL:	
				PESO:	

TÍTULO:	
N.º DE DIBUJO	motor
ESCALA: 1:1	HOJA 1 DE 1
	A4

R VERDADERO 5



R VERDADERO 2.50



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:  
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM  
ACABADO SUPERFICIAL:  
TOLERANCIAS:  
LINEAL:  
ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y  
ROMPER ARISTAS  
VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA		
DIBUJ.					
VERIF.					
APROB.					
FABR.					
CAUID.				MATERIAL:	
				PESO:	

TÍTULO:

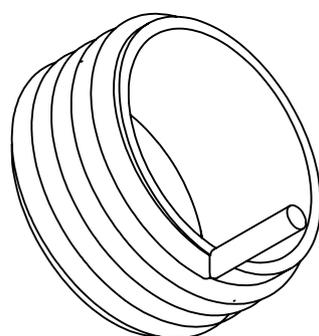
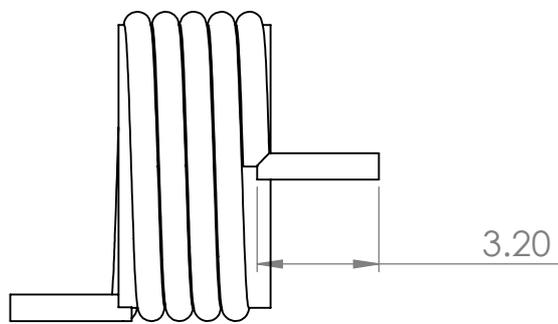
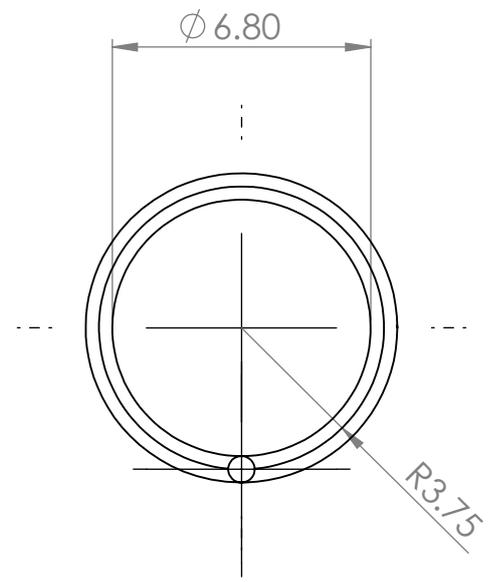
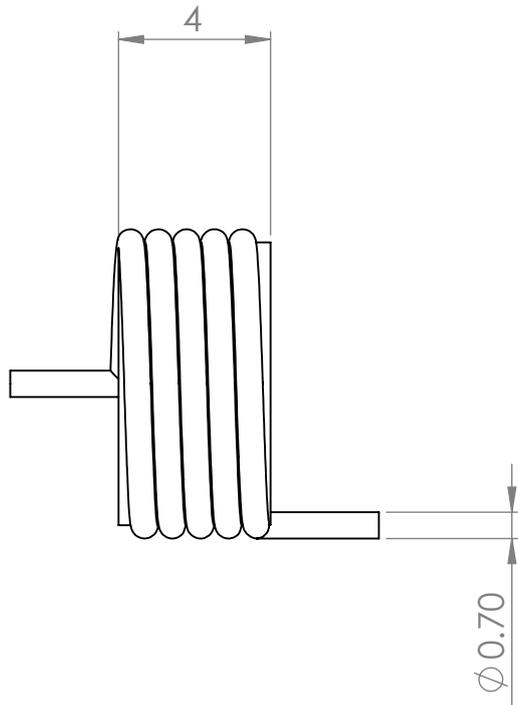
N.º DE DIBUJO

eje del yunque

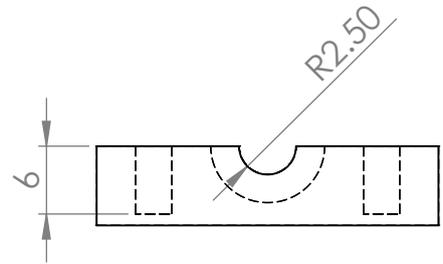
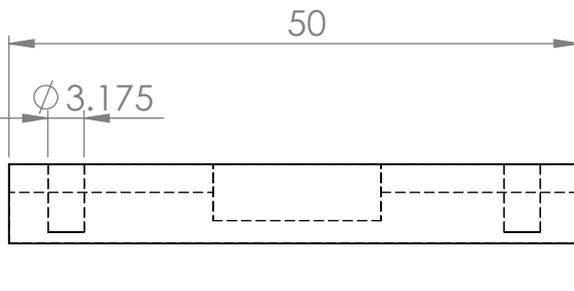
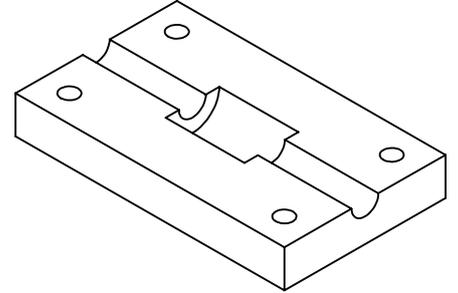
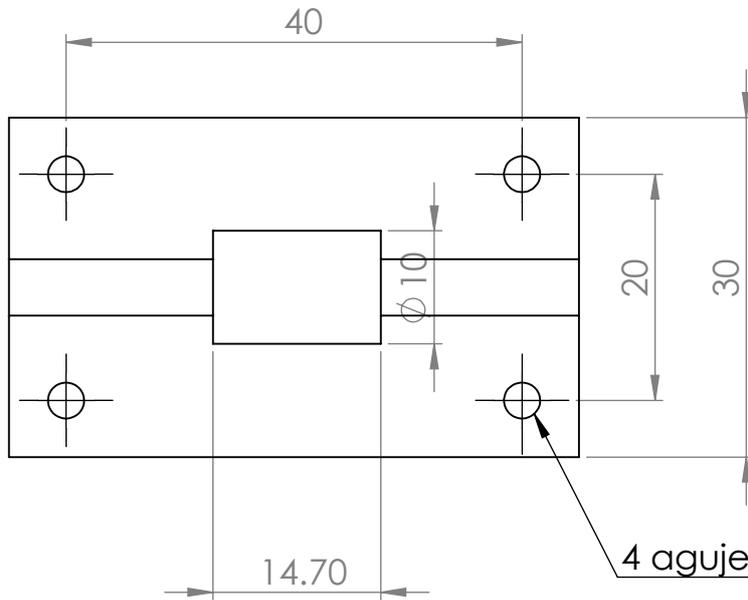
A4

ESCALA: 1:1

HOJA 1 DE 1



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
NOMBRE				FIRMA		FECHA		TÍTULO:			
DIBUJ.				VERIF.		APROB.		N.º DE DIBUJO			
FABR.				CAUID.		MATERIAL:		resorte del yunque A4			
PESO:				ESCALA: 1:1		HOJA 1 DE 1					



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:  
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM  
ACABADO SUPERFICIAL:  
TOLERANCIAS:  
LINEAL:  
ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y  
ROMPER ARISTAS  
VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA		
DIBUJ.					
VERIF.					
APROB.					
FABR.					
CAUD.				MATERIAL:	
				PESO:	

TÍTULO:

Yunque 1

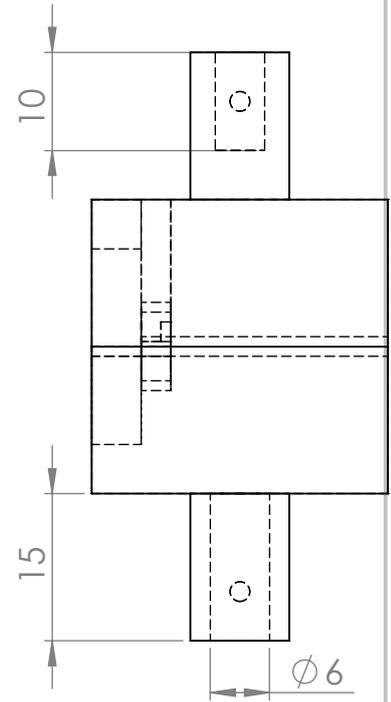
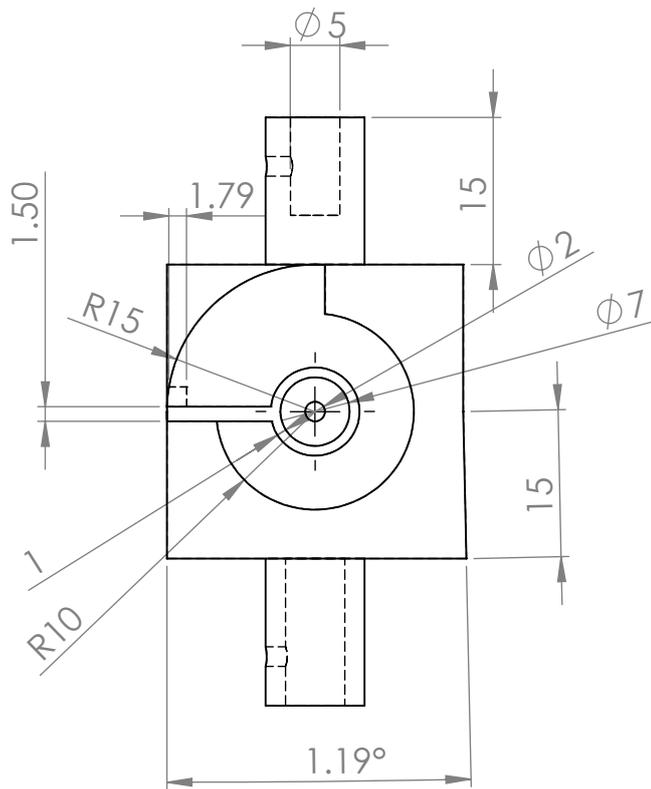
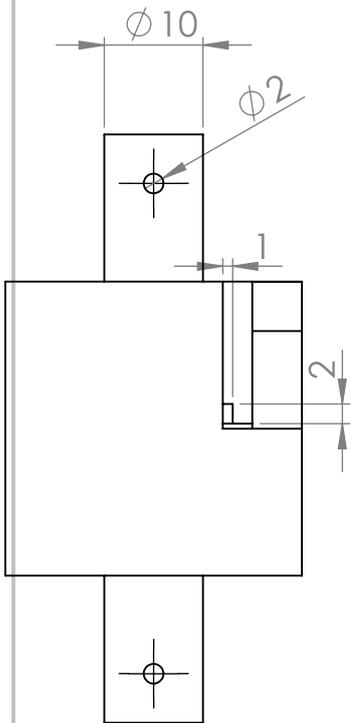
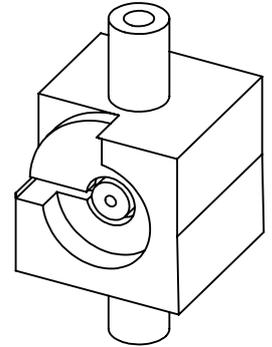
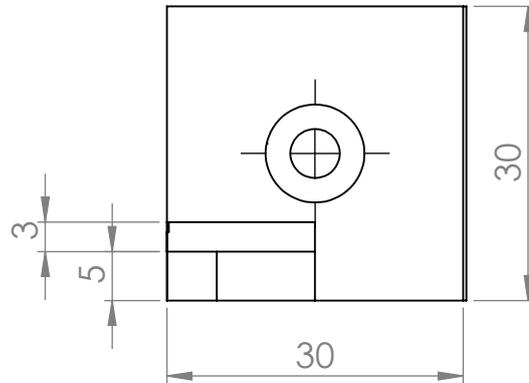
N.º DE DIBUJO

yunque 1

A4

ESCALA:1:1

HOJA 1 DE 1



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:  
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM  
ACABADO SUPERFICIAL:  
TOLERANCIAS:  
LINEAL:  
ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y  
ROMPER ARISTAS  
VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA	
DIBUJ.				
VERIF.				
APROB.				
FABR.				
CAUID.				
				MATERIAL:
				PESO:

TÍTULO:

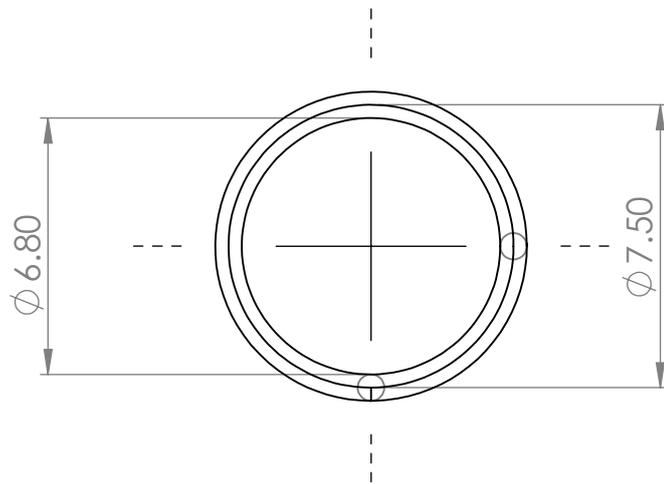
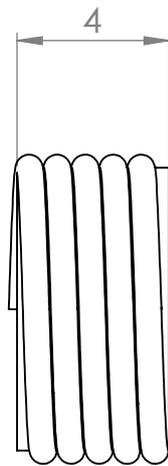
Eje con sistema de retroceso

N.º DE DIBUJO  
eje con sistema de retroces

A4

ESCALA: 1:1

HOJA 1 DE 1



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:  
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM  
 ACABADO SUPERFICIAL:  
 TOLERANCIAS:  
 LINEAL:  
 ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y  
 ROMPER ARISTAS  
 VIVAS

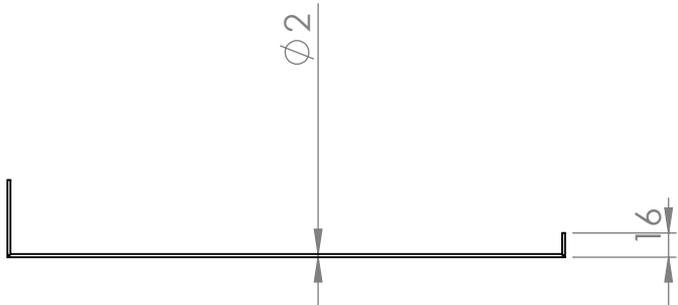
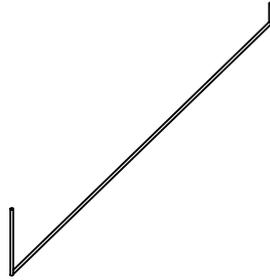
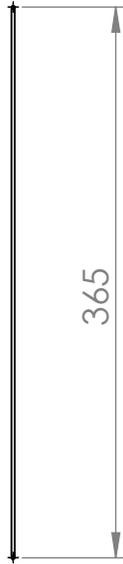
NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA		
DIBUJ.					
VERIF.					
APROB.					
FABR.					
CAUID.				MATERIAL:	
				PESO:	

TÍTULO:	
N.º DE DIBUJO	14
ESCALA: 1:1	HOJA 1 DE 1

resorte del sistema de retroce



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:  
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM  
 ACABADO SUPERFICIAL:  
 LINEAL:  
 ANGULAR:

ACABADO:

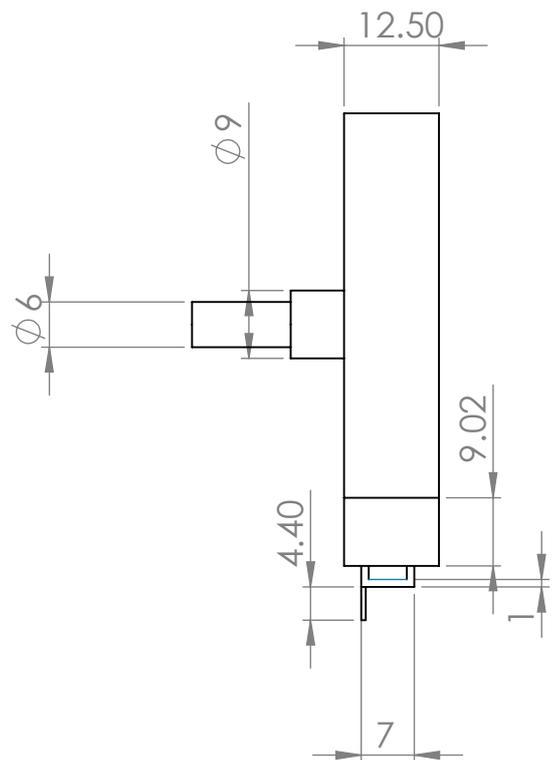
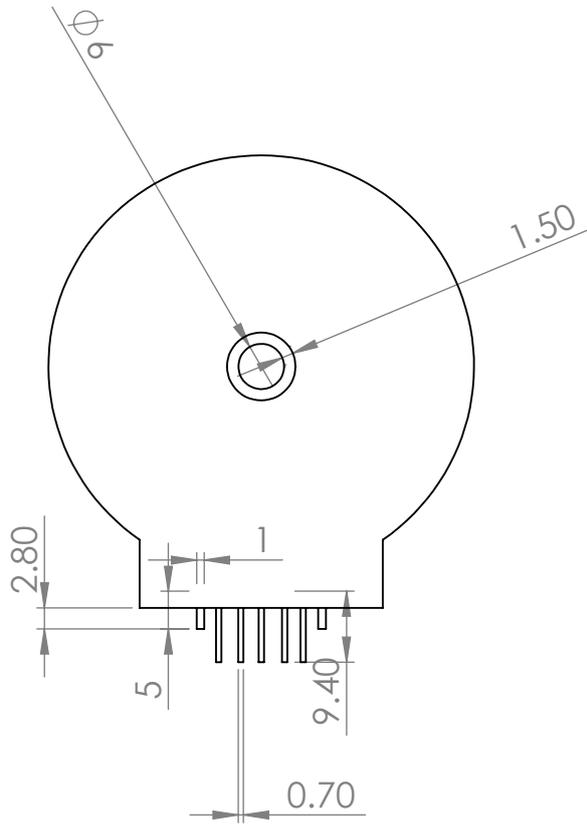
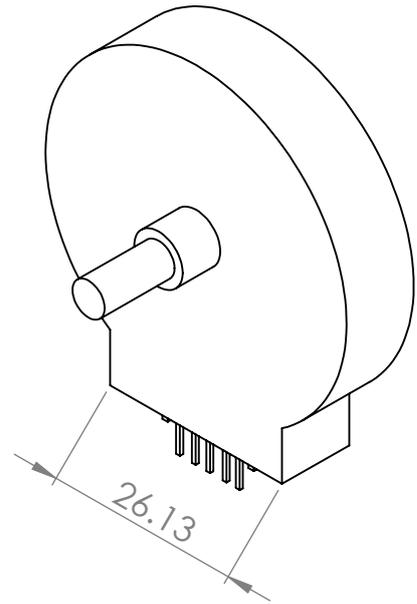
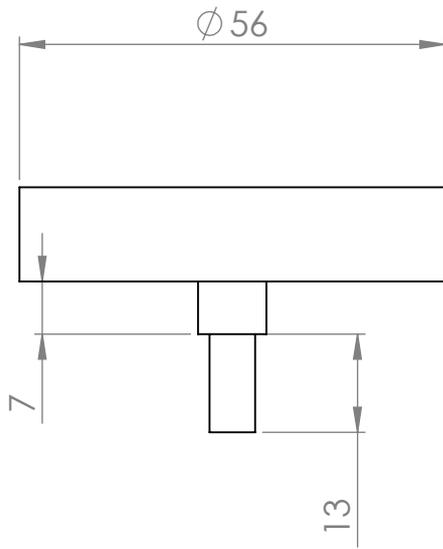
REBARBAR Y  
 ROMPER ARISTAS  
 VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA		
DIBUJ.					
VERIF.					
APROB.					
FABR.					
CAUD.				MATERIAL:	
				PESO:	

TÍTULO:	
N.º DE DIBUJO	tensador
ESCALA: 1:1	HOJA 1 DE 1
	A4



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:  
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM  
ACABADO SUPERFICIAL:  
TOLERANCIAS:  
LINEAL:  
ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y  
ROMPER ARISTAS  
VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA		
DIBUJ.					
VERIF.					
APROB.					
FABR.					
CAUD.				MATERIAL:	
				PESO:	

TÍTULO:		
N.º DE DIBUJO	encoder	A4
ESCALA: 1:1	HOJA 1 DE 1	

## Apéndice B: Diseño 2

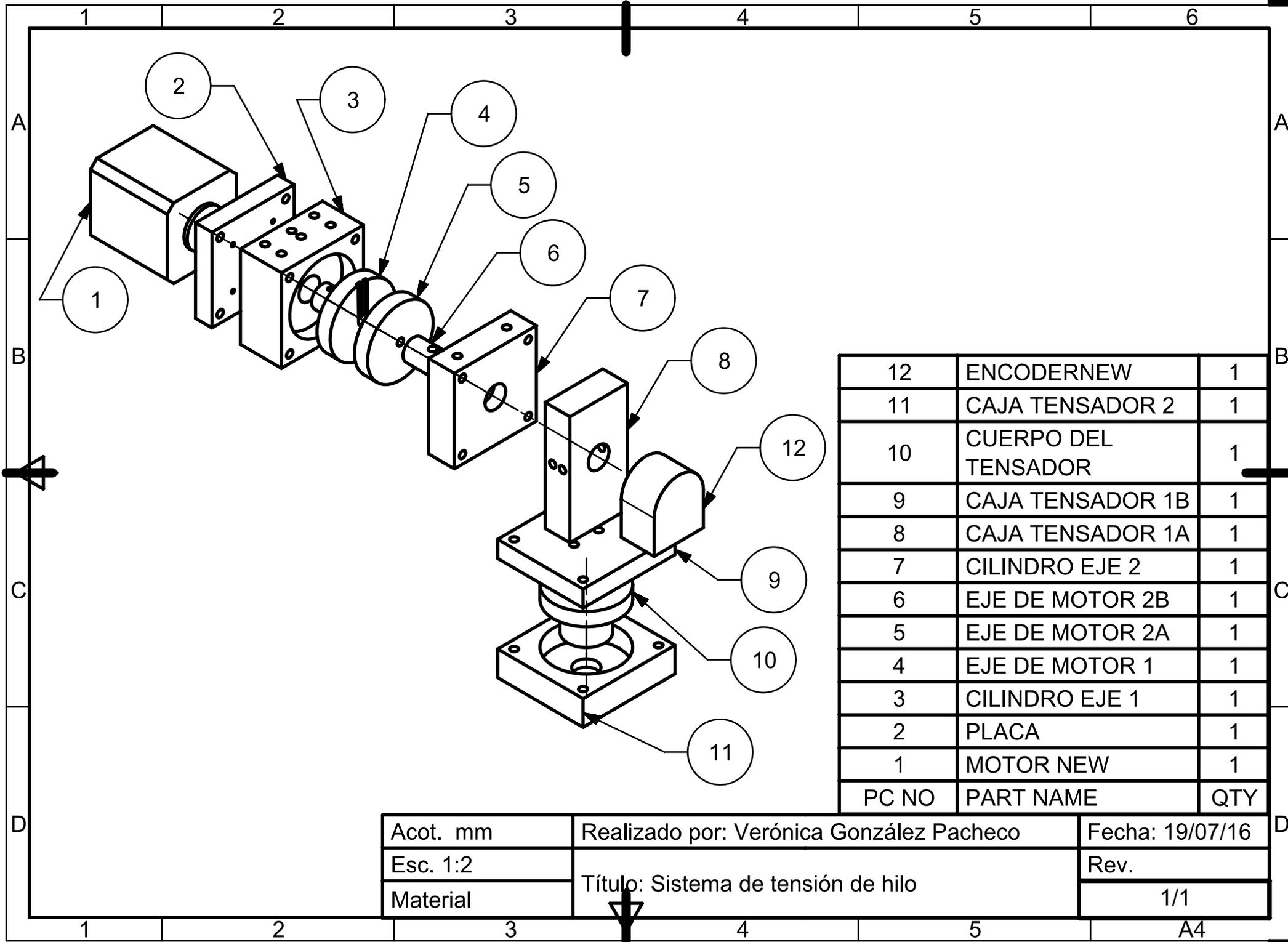
---

Este diseño es resultado de la etapa de rediseño.

### **Simbología utilizada**

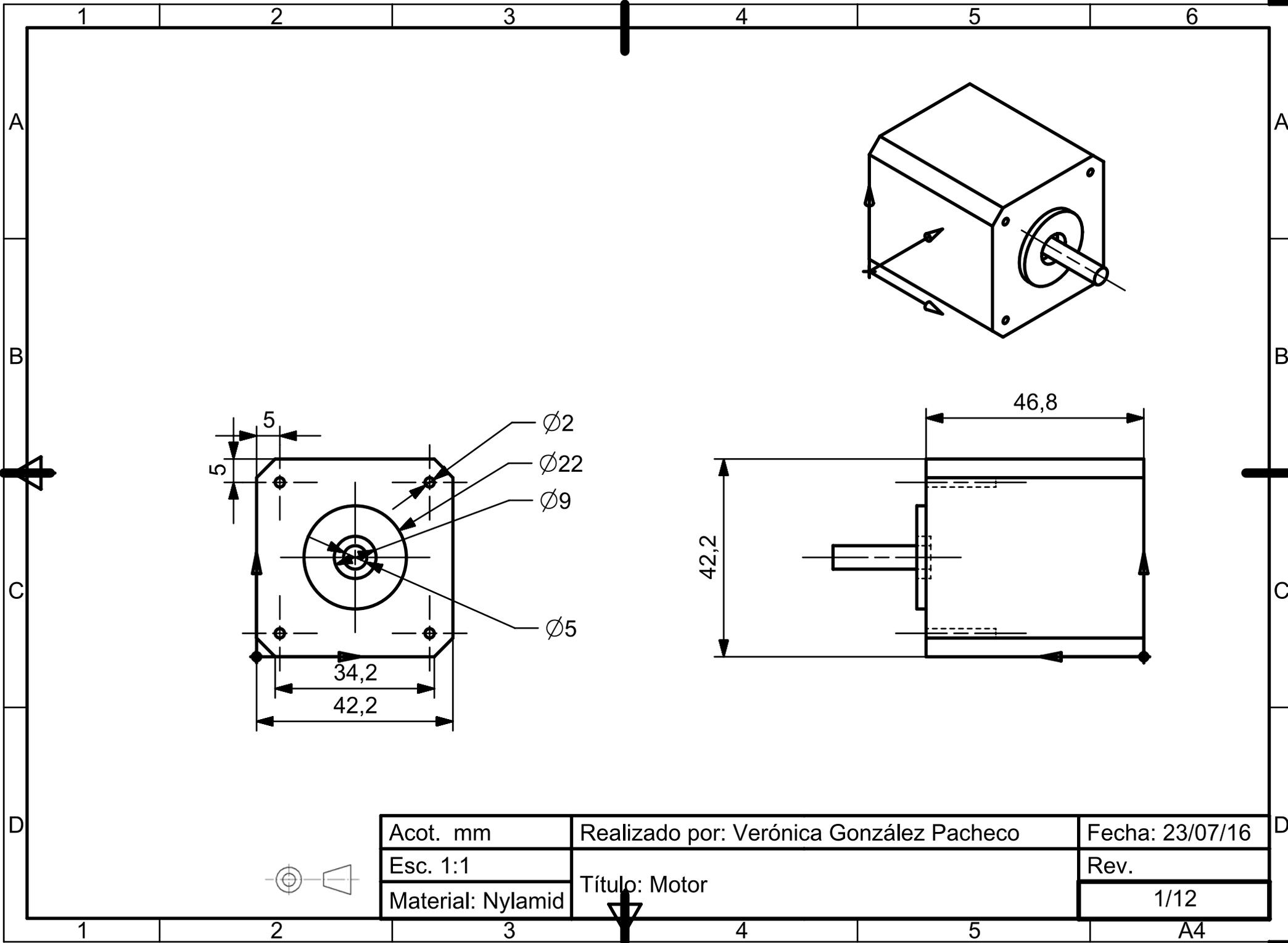
I cuerda izquierda

P# profundidad de la perforación



12	ENCODERNEW	1
11	CAJA TENSADOR 2	1
10	CUERPO DEL TENSADOR	1
9	CAJA TENSADOR 1B	1
8	CAJA TENSADOR 1A	1
7	CILINDRO EJE 2	1
6	EJE DE MOTOR 2B	1
5	EJE DE MOTOR 2A	1
4	EJE DE MOTOR 1	1
3	CILINDRO EJE 1	1
2	PLACA	1
1	MOTOR NEW	1
PC NO	PART NAME	QTY

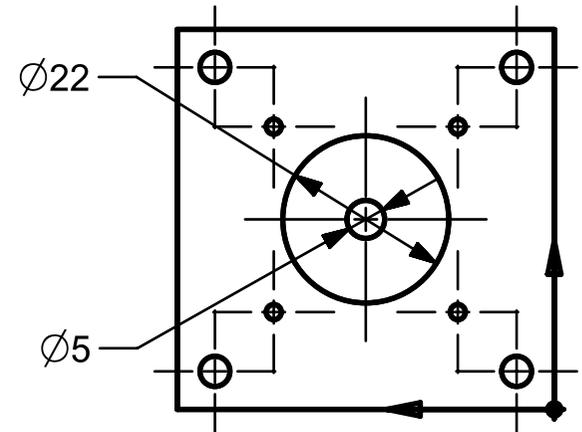
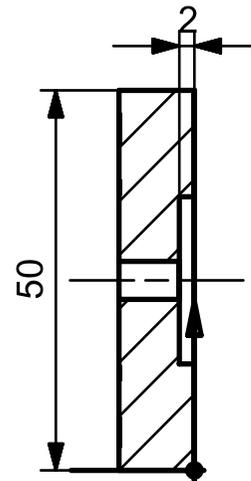
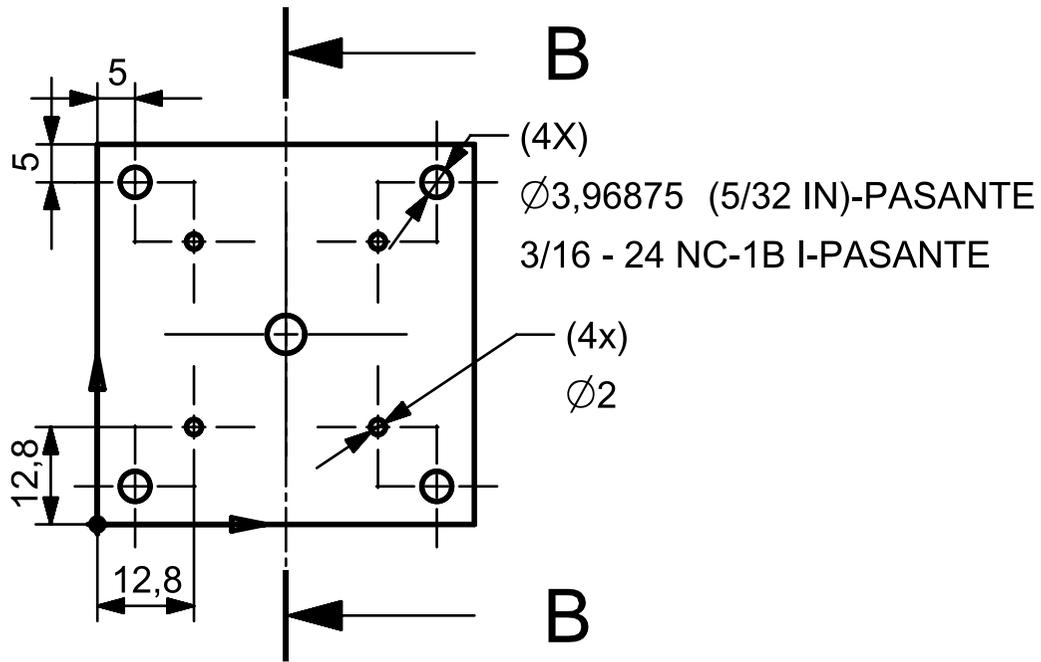
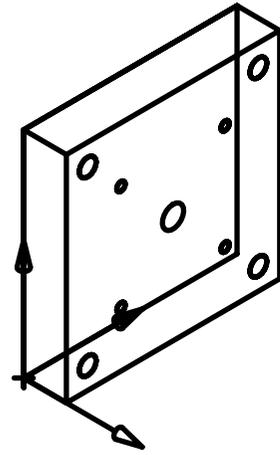
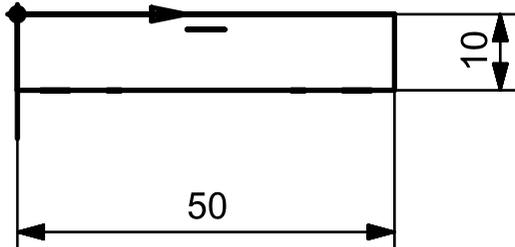
Acot. mm	Realizado por: Verónica González Pacheco	Fecha: 19/07/16
Esc. 1:2	Título: Sistema de tensión de hilo	Rev.
Material		1/1



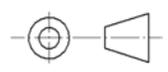
1 2 3 4 5 6

A  
B  
C  
D

A  
B  
C  
D



SECTION B-B



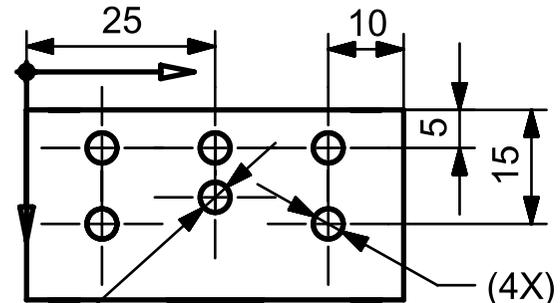
Acot. mm	Realizado por: Verónica González Pacheco	Fecha: 20/07/16
Esc. 1:1	Título: Placa	Rev.
Material: Nylamid		2/12

1 2 3 4 5 6 A4

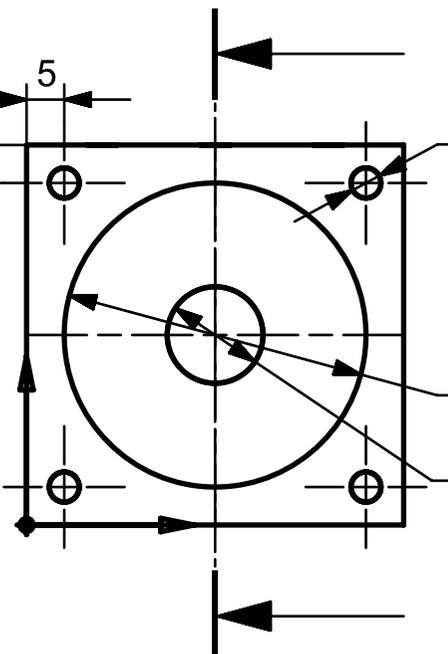
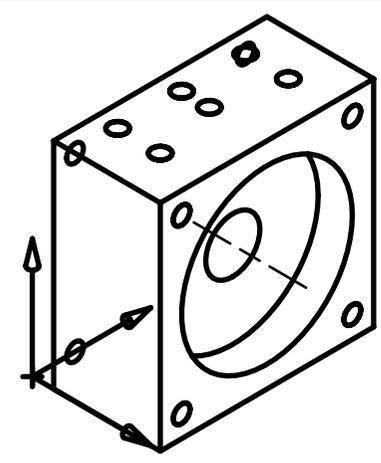
1 2 3 4 5 6

A  
B  
C  
D

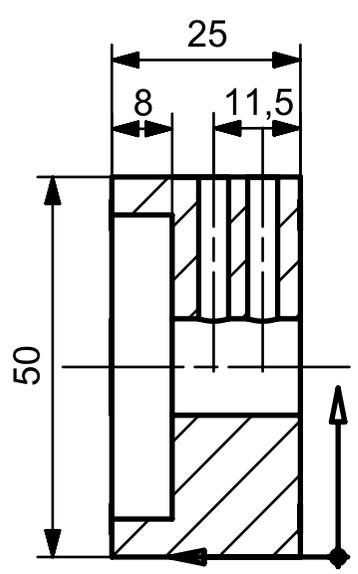
A  
B  
C  
D



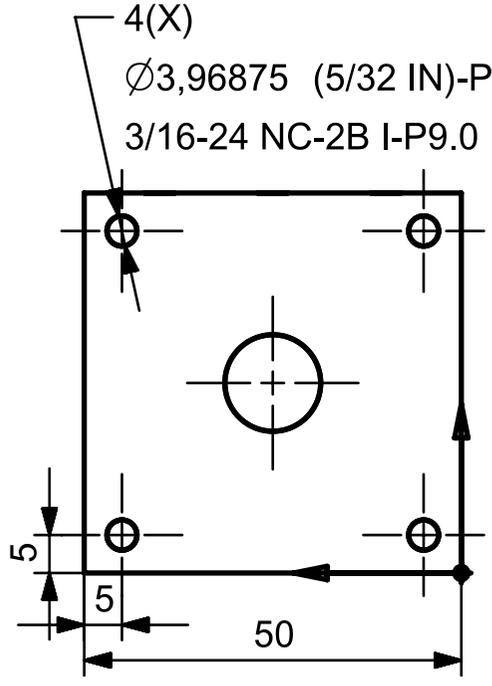
(4X)  
 $\varnothing 3,96875$  (5/32 IN)-P10.0  
 3/16-24 NC-2B I-P10.0  
 (2X)  
 $\varnothing 3,96875$  (5/32 IN)-PASANTE  
 3/16-24 NC-2B I-PASANTE



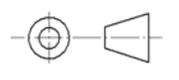
(4X)  
 $\varnothing 3,96875$  (5/32 IN)-P10.0  
 3/16-24 NC-2B I-10.0  
 $\varnothing 40$  FRESADO  
 $\varnothing 12,7$  PASANTE



SECTION A-A

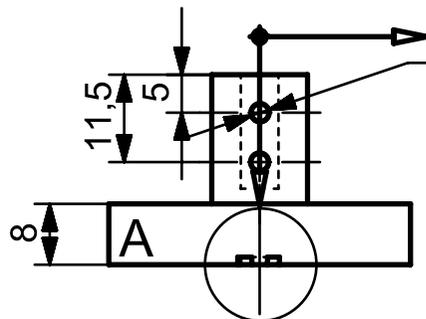


4(X)  
 $\varnothing 3,96875$  (5/32 IN)-P9.0  
 3/16-24 NC-2B I-P9.0

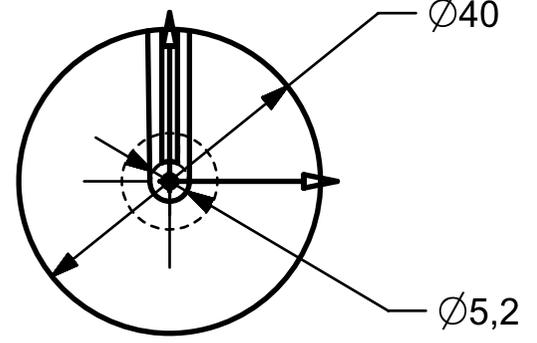
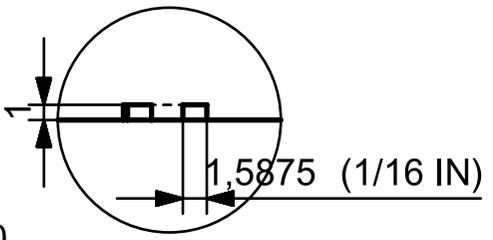
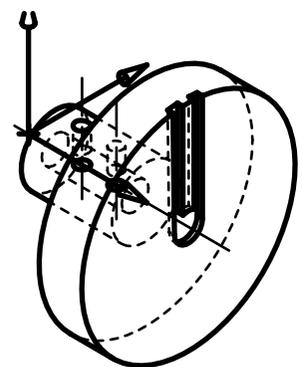


Acot. mm	Realizado por: Verónica González Pacheco	Fecha: 20/07/16
Esc. 1:1	Título: Cilindro eje 1	Rev.
Material: Nylamid		3/12

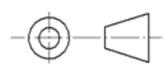
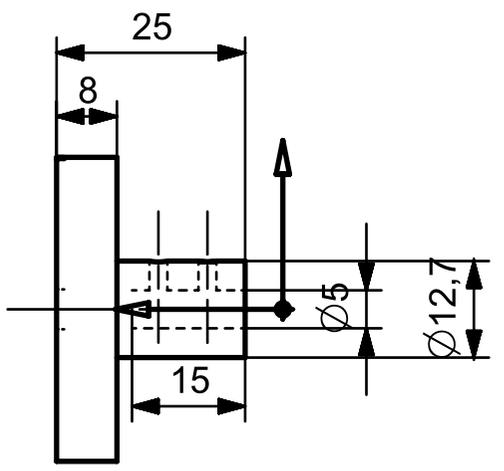
1 2 3 4 5 6 A4



(2X)  
 $\varnothing 2,38125$  (3/32 IN)-PASANTE  
 1/8-42 NC-2B I-PASANTE



DETAIL A  
 SCALE 2:1



Acot. mm	Realizado por: Verónica González Pacheco	Fecha: 20/07/16
Esc. 1:1	Título: Eje de motor 1	Rev.
Material		4/12

1 2 3 4 5 6

A

A

B

B

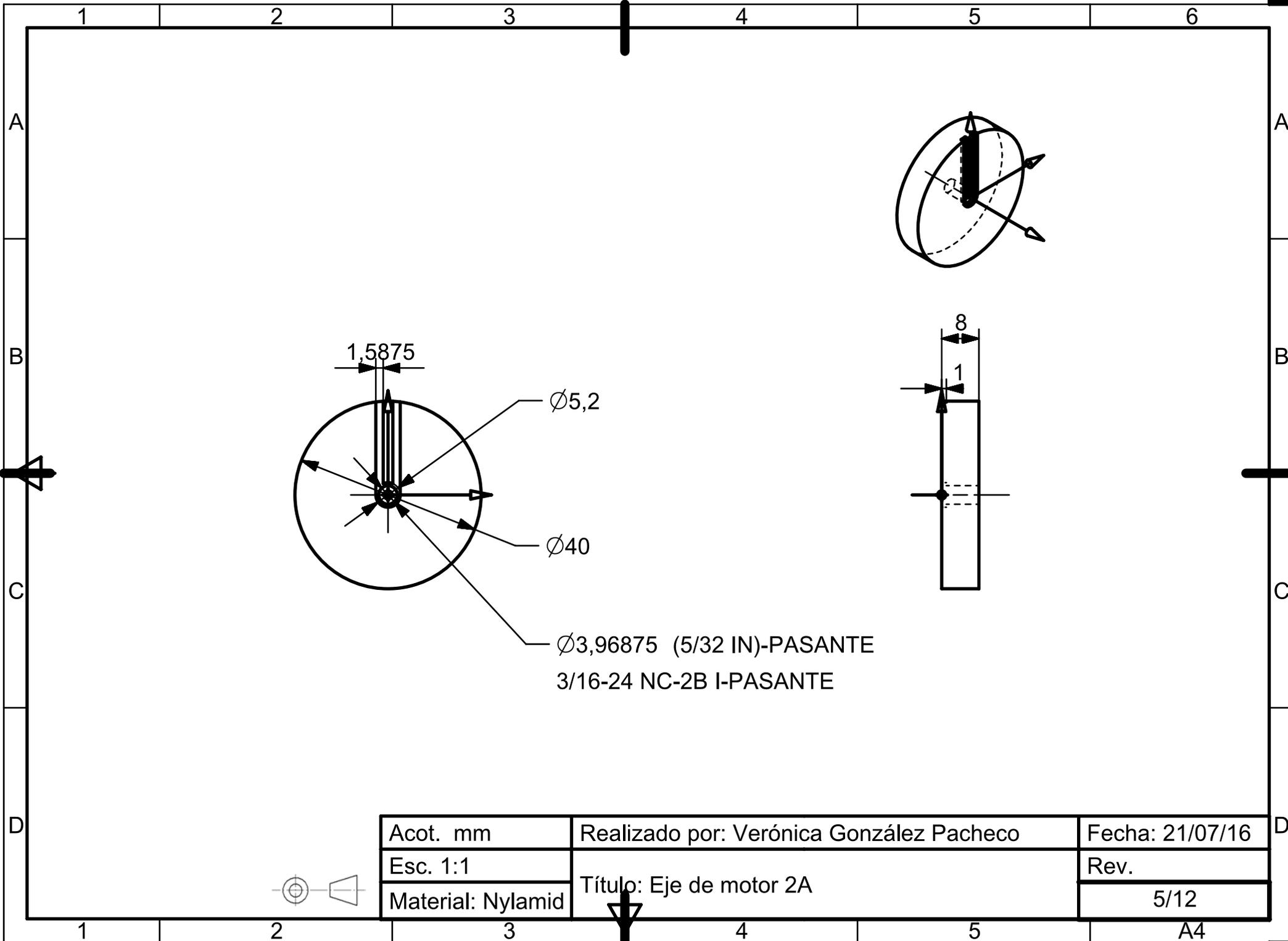
C

C

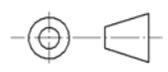
D

D

1 2 3 4 5 6 A4



Acot. mm	Realizado por: Verónica González Pacheco	Fecha: 21/07/16
Esc. 1:1	Título: Eje de motor 2A	Rev.
Material: Nylamid		5/12



1 2 3 4 5 6

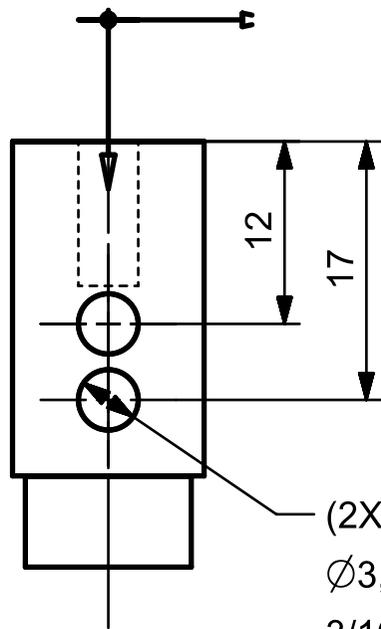
A A

B B

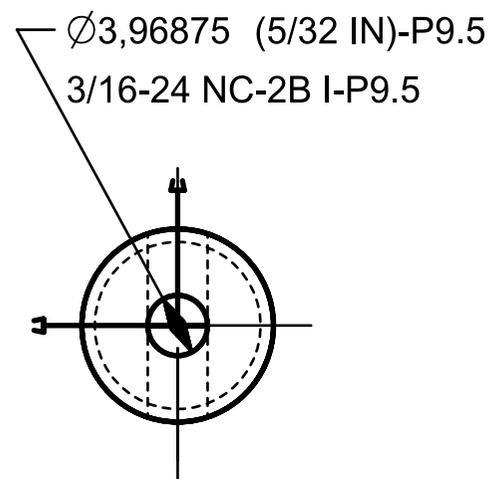
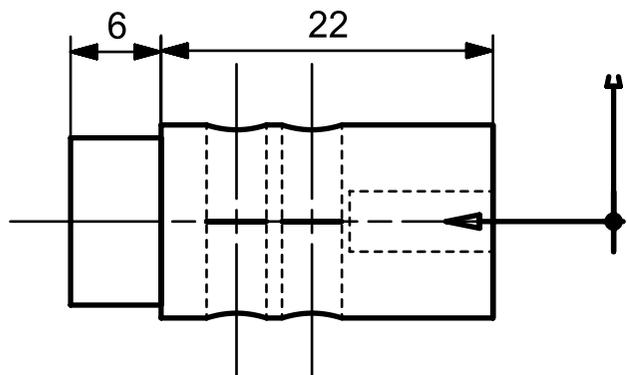
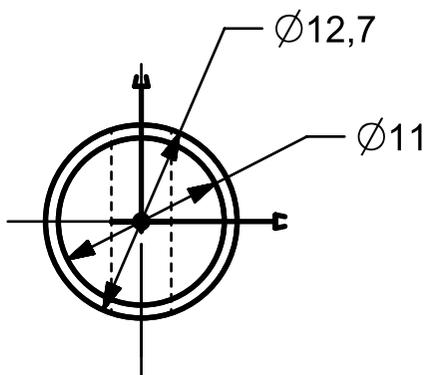
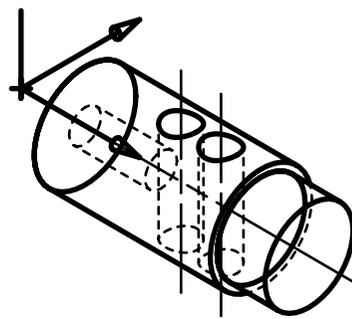
C C

D D

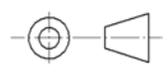
1 2 3 4 5 A4



(2X)  
 $\varnothing 3,96875$  (5/32 IN) PASANTE  
 3/16-24 NC-2B I-PASANTE



Acot. mm	Realizado por: Verónica González Pacheco	Fecha: 21/07/16
Esc. 1:1	Título: Eje de motor 2B	Rev.
Material: Nylamid		6/12



1 2 3 4 5 6

A  
B  
C  
D

A  
B  
C  
D

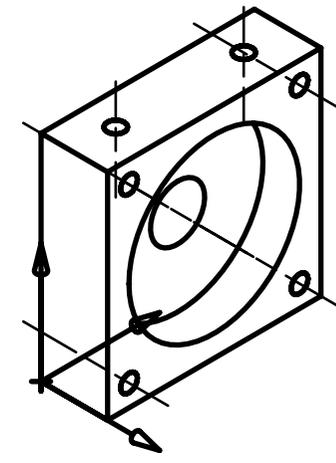
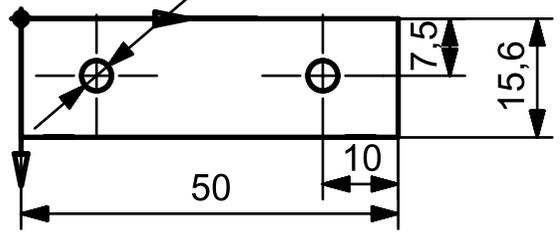
1 2 3 4 5 6 A4

1 2 3 4 5 6

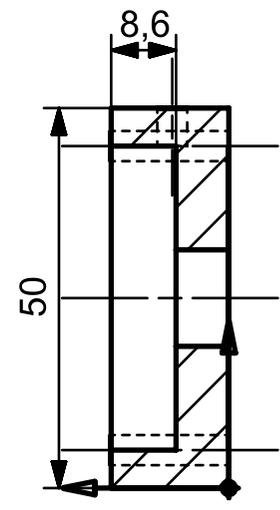
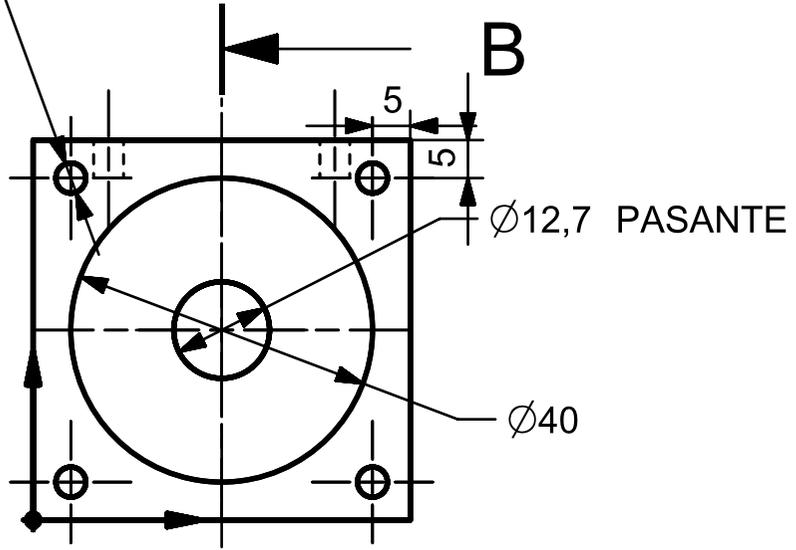
A  
B  
C  
D

A  
B  
C  
D

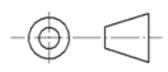
(2X)  
 $\varnothing 3,96875$  (5/32 IN)-P6.35  
 3/16-24 NC-2B I-P6.35



(4X)  
 $\varnothing 3,96875$  (5/32 IN)-PASANTE  
 3/16-24 NC-2B I-PASANTE



SECTION B-B



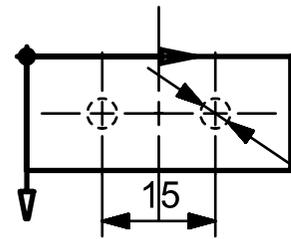
Acot. mm	Realizado por: Verónica González Pacheco	Fecha: 21/07/16
Esc. 1:1	Título: Cilindo eje 2	Rev.
Material: Nylamid		7/12

1 2 3 4 5 6 A4

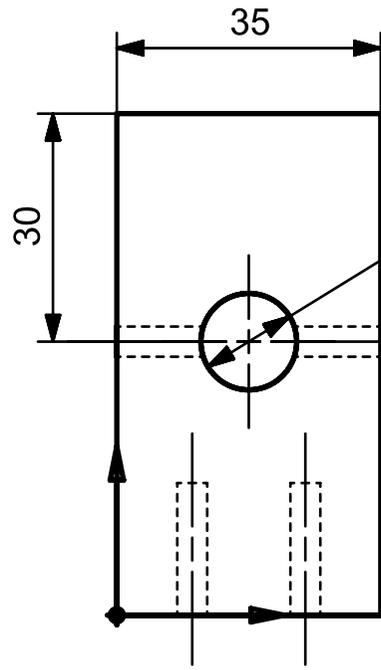
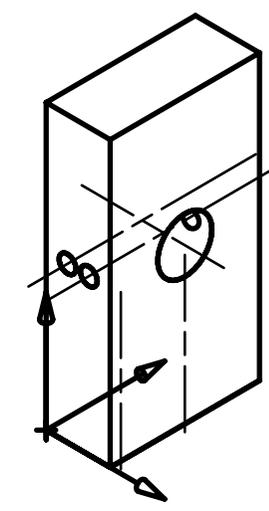
1 2 3 4 5 6

A  
B  
C  
D

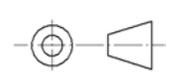
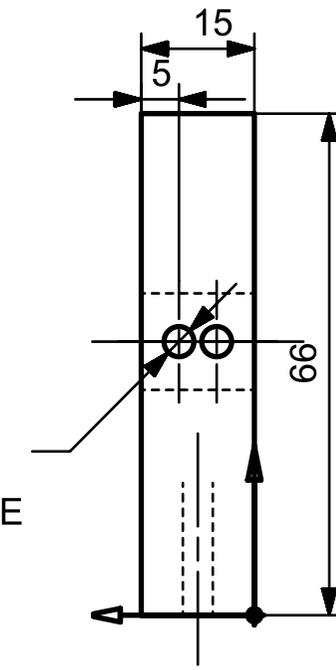
A  
B  
C  
D



2(X)  
 Ø3,96875 (5/32 IN)-P17.4  
 3/16-24 NC-2B I-P17.4

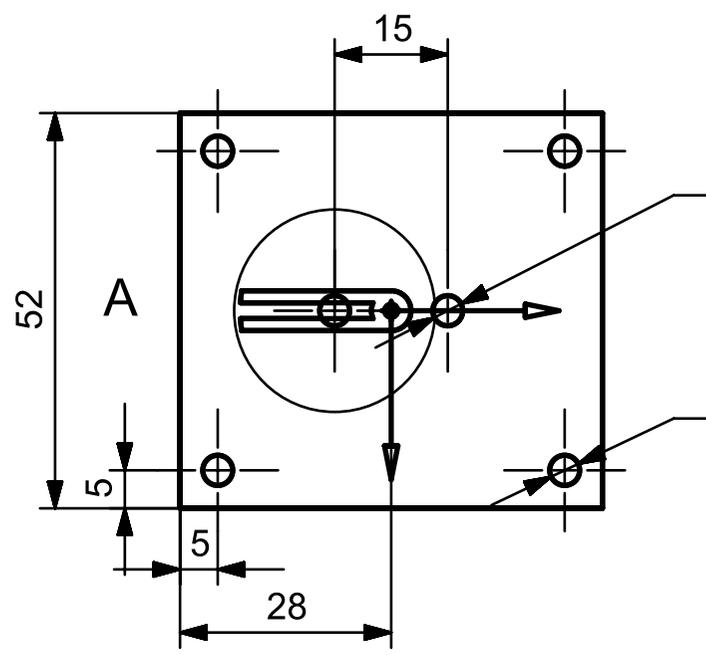


Ø12,7 (1/2 IN)-PASANTE  
 (2X)  
 Ø3,96875 (5/32 IN)-PASANTE  
 3/36-24 NC-2B I-PASANTE



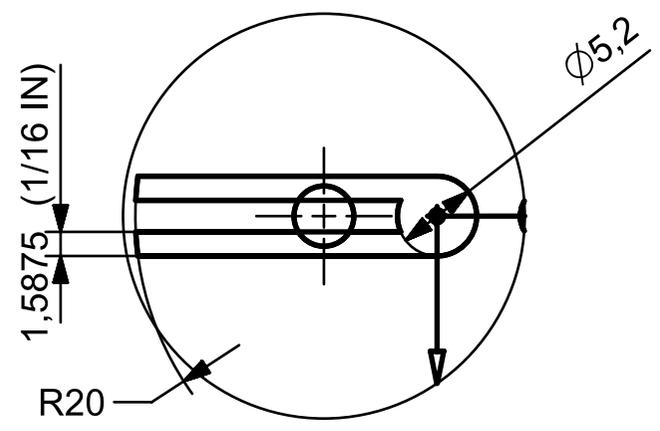
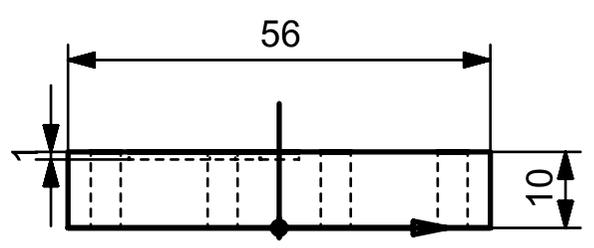
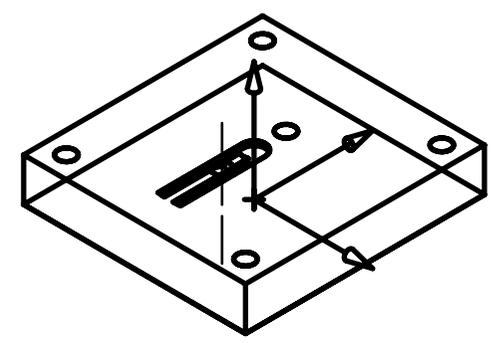
Acot. mm	Realizado por: Verónica González Pacheco	Fecha: 23/07/16
Esc. 1:1	Título: Caja tensador 1A	Rev.
Material: Nylamid		8/12

1 2 3 4 5 6 A4

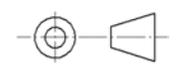


(2X)  
 $\varnothing 3,96875$  (5/32 IN)-PASANTE  
 3/16-24 NC-2B D-PASANTE

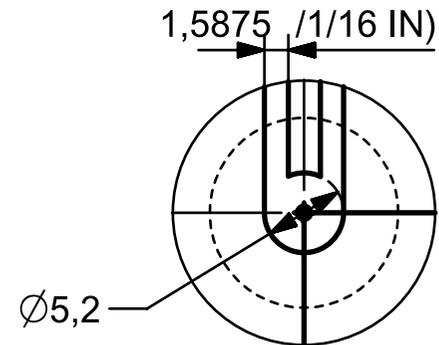
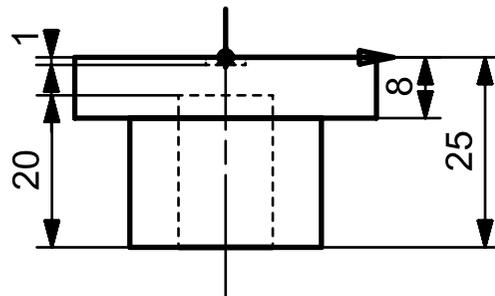
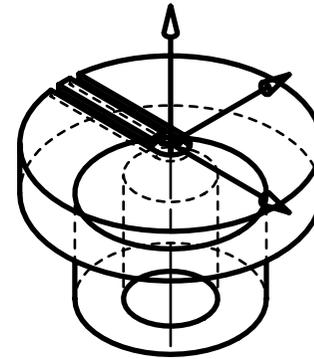
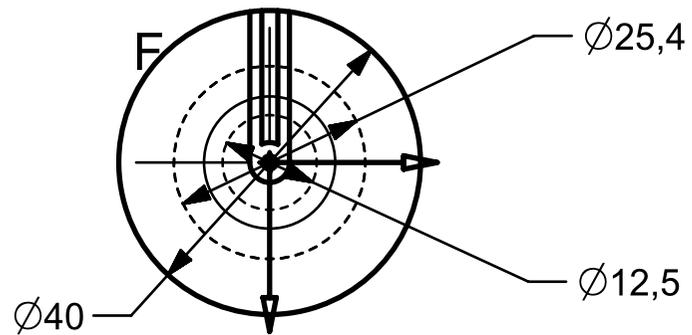
(4X)  
 $\varnothing 3,96875$  (5/32 IN)-PASANTE  
 3/16-24 NC-2B I-PASANTE



DETAIL A  
 SCALE 2:1



Acot. mm	Realizado por: Verónica González Pacheco	Fecha: 23/07/16
Esc. 1:1	Título: Caja tensador 1B	Rev.
Material: Nylamid		9/12



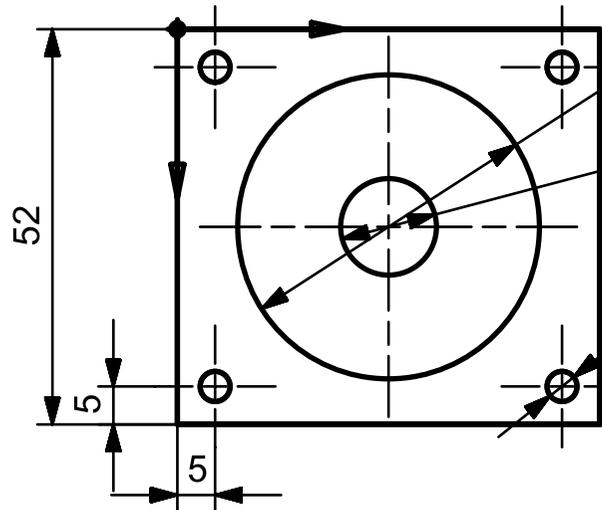
DETAIL F  
SCALE 2:1



Acot. mm	Realizado por: Verónica González Pacheco	Fecha: 23/07716
Esc. 7/5	Título: Cuerpo de tensador	Rev.
Material: Nylamid		10/12

1 2 3 4 5 6

A



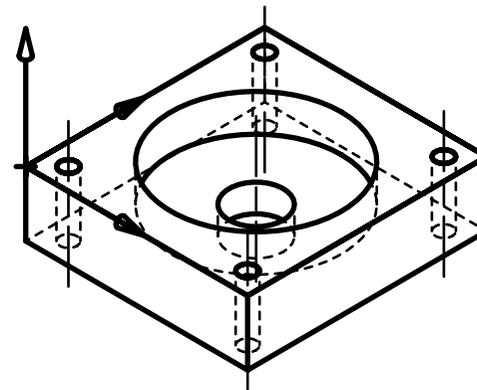
$\varnothing 40$  -P8.6

$\varnothing 12,7$

ORIFICIO PASANTE

(4X)

$\varnothing 3,96875$  (5/32)-PASANTE  
3/16-24 NC-2B D-PASANTE



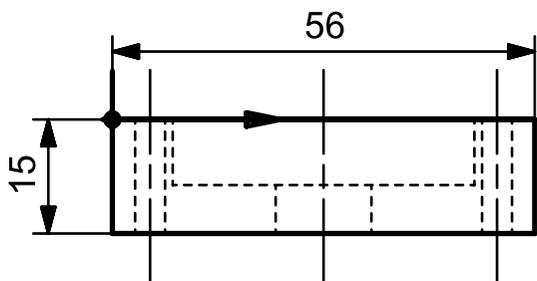
A

B

B

C

C



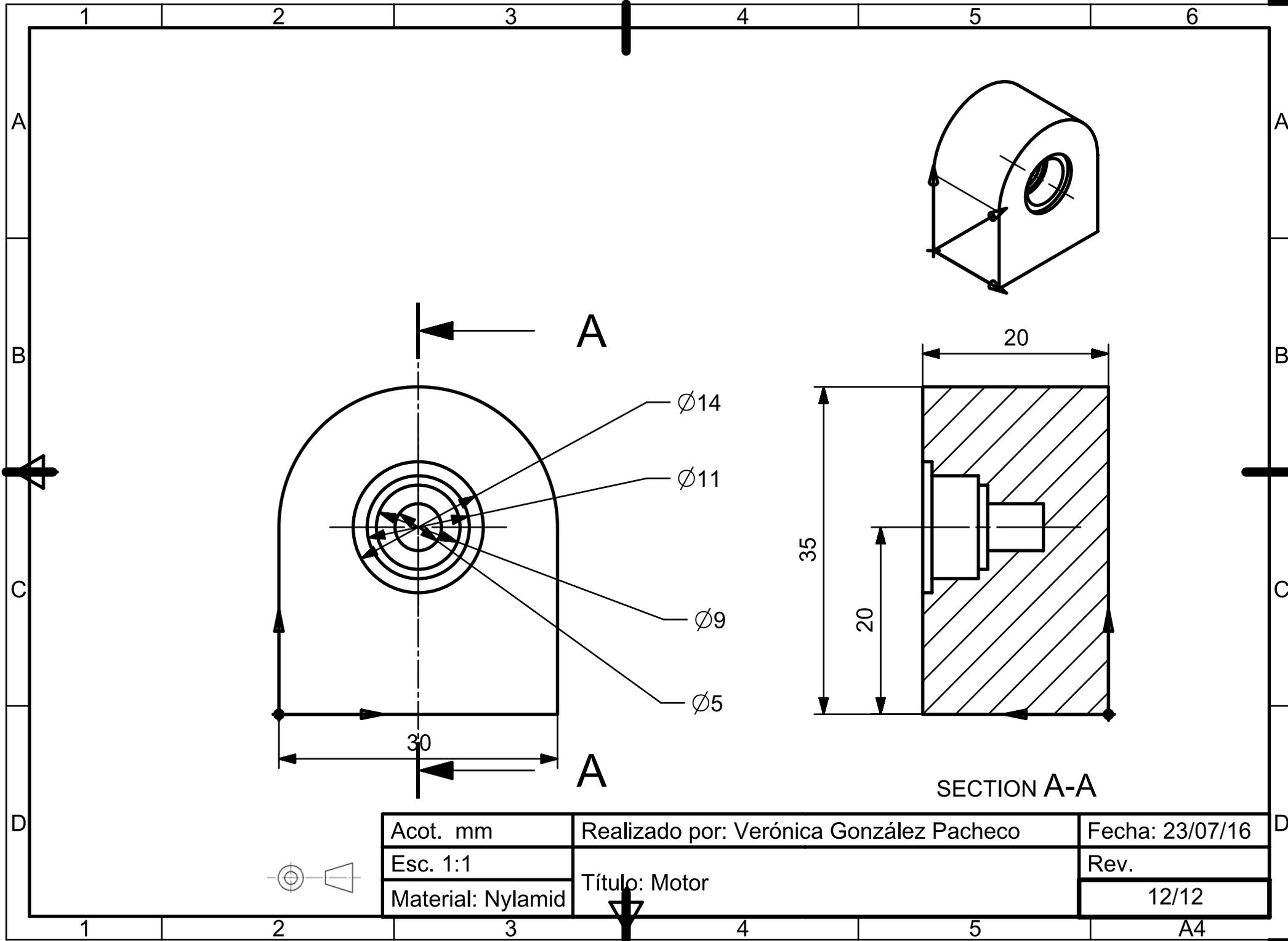
D

D

Acot. mm	Realizado por: Verónica González Pacheco	Fecha: 23/07/16
Esc. 1:1	Título: Caja tensador 2	Rev.
Material: Nylamid		11/12



1 2 3 4 5 6 A4



Acot. mm	Realizado por: Verónica González Pacheco	Fecha: 23/07/16
Esc. 1:1	Título: Motor	Rev.
Material: Nylamid		12/12

SECTION A-A

1 2 3 4 5 6

A A

B B

C C

D D

1 2 3 4 5 6 A4

## Apéndice C: Diseño 3

---

Diseño desarrollado después de una etapa de ensamble.

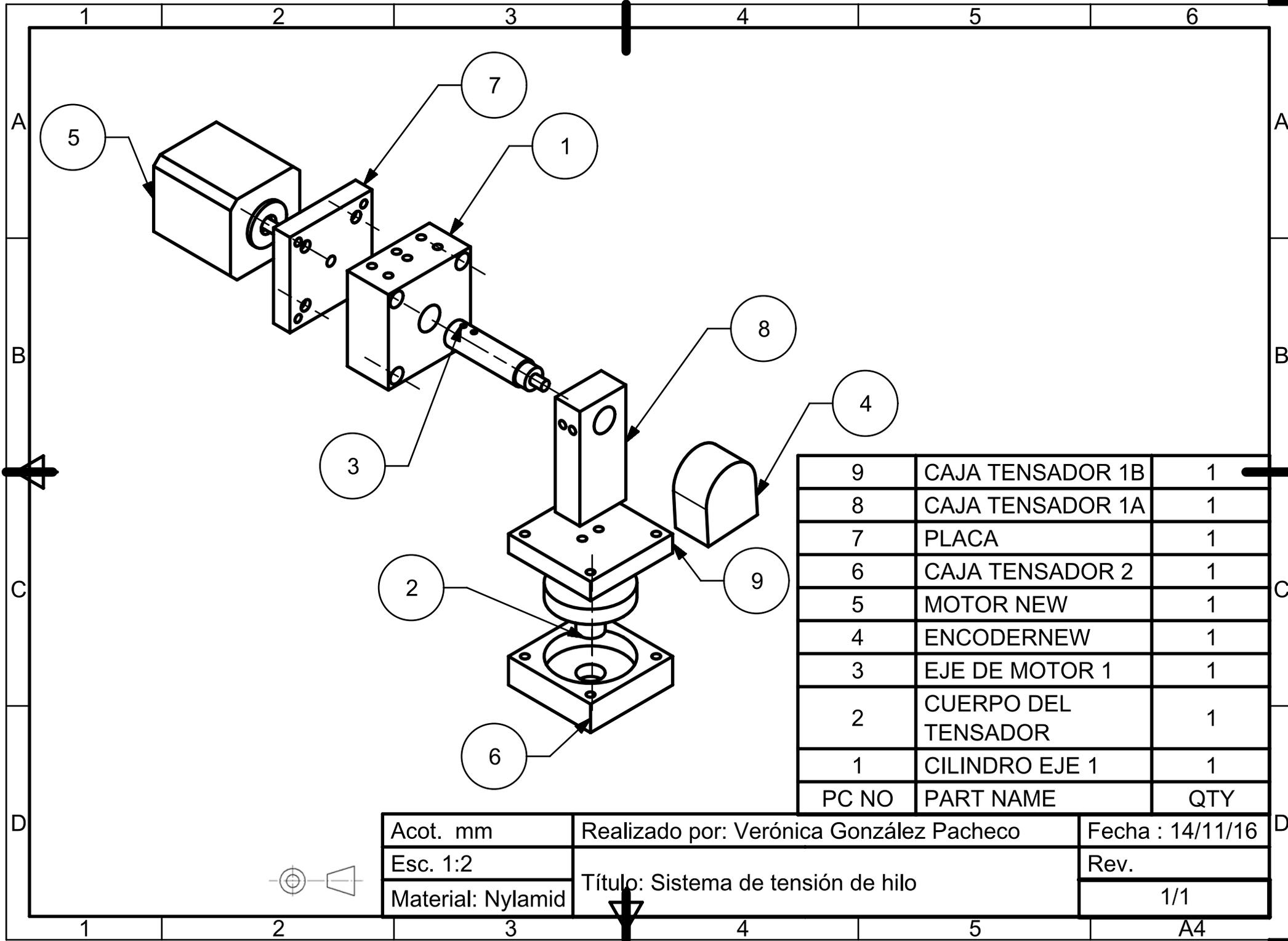
### **Simbología utilizada**

I cuerda izquierda

A abocardado

F fresado

P# profundidad de la perforación



9	CAJA TENSADOR 1B	1
8	CAJA TENSADOR 1A	1
7	PLACA	1
6	CAJA TENSADOR 2	1
5	MOTOR NEW	1
4	ENCODERNEW	1
3	EJE DE MOTOR 1	1
2	CUERPO DEL TENSADOR	1
1	CILINDRO EJE 1	1
PC NO	PART NAME	QTY

Acot. mm	Realizado por: Verónica González Pacheco	Fecha : 14/11/16
Esc. 1:2	Título: Sistema de tensión de hilo	Rev.
Material: Nylamid		1/1



1 2 3 4 5 6

A A

B B

C C

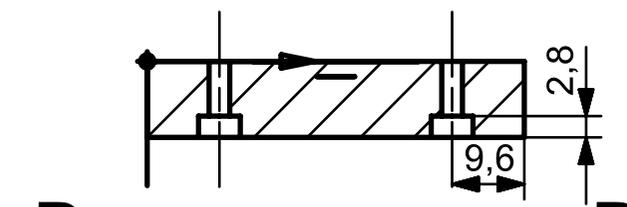
D D

1 2 3 4 5 6 A4

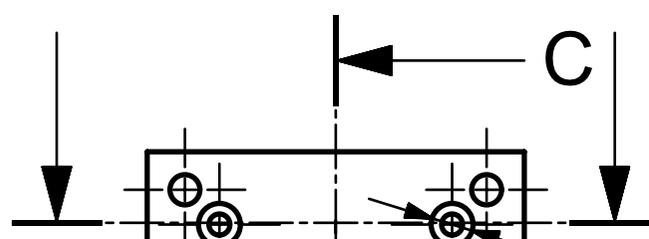
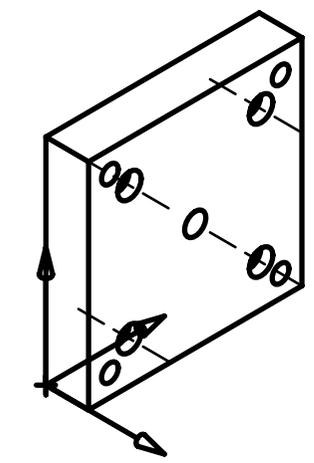
1 2 3 4 5 6

A

A



SECTION D-D



Ø5 -PASANTE

(4X)

Ø5,556 (7/32 IN)-A

(4X)

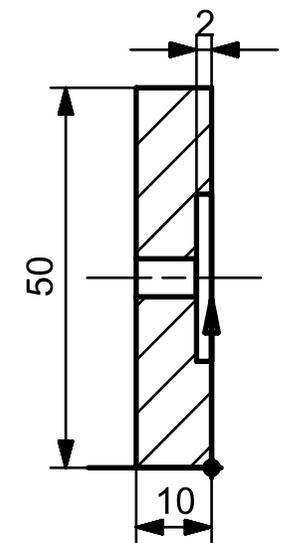
Ø2,778 (7/64 IN)-PASANTE

Ø22 -F

(4X)

Ø3,9688 (5/32 IN)-PASANTE

3/16-24 NC-2B I-PASANTE



SECTION C-C

Acot. mm	Realizado por: Verónica González Pacheco	Fecha: 13/11/16
Esc. 1:1	Título: Placa	Rev.
Material: Nylamid		1/7

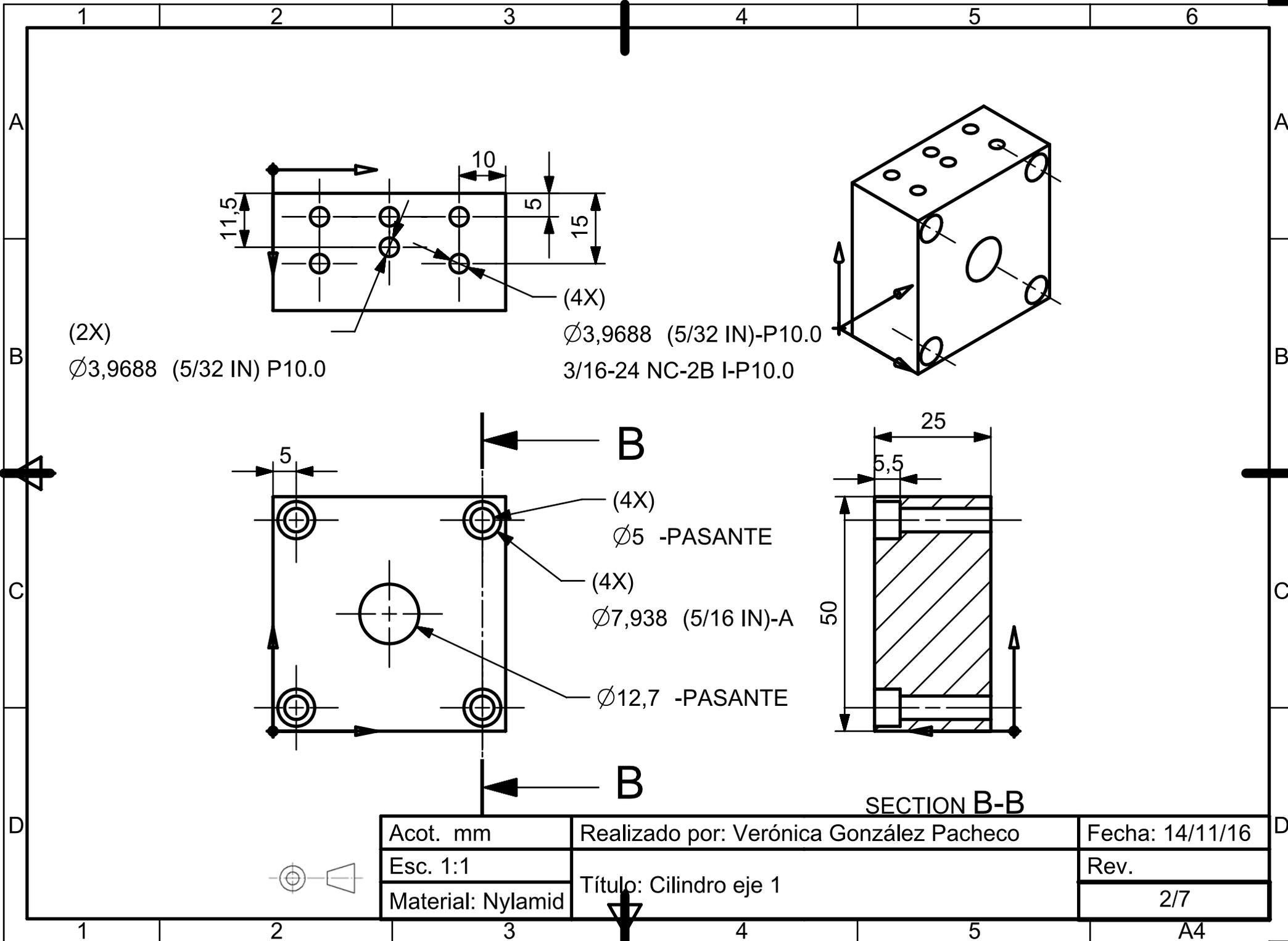


1 2 3 4 5 6

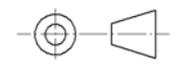
D

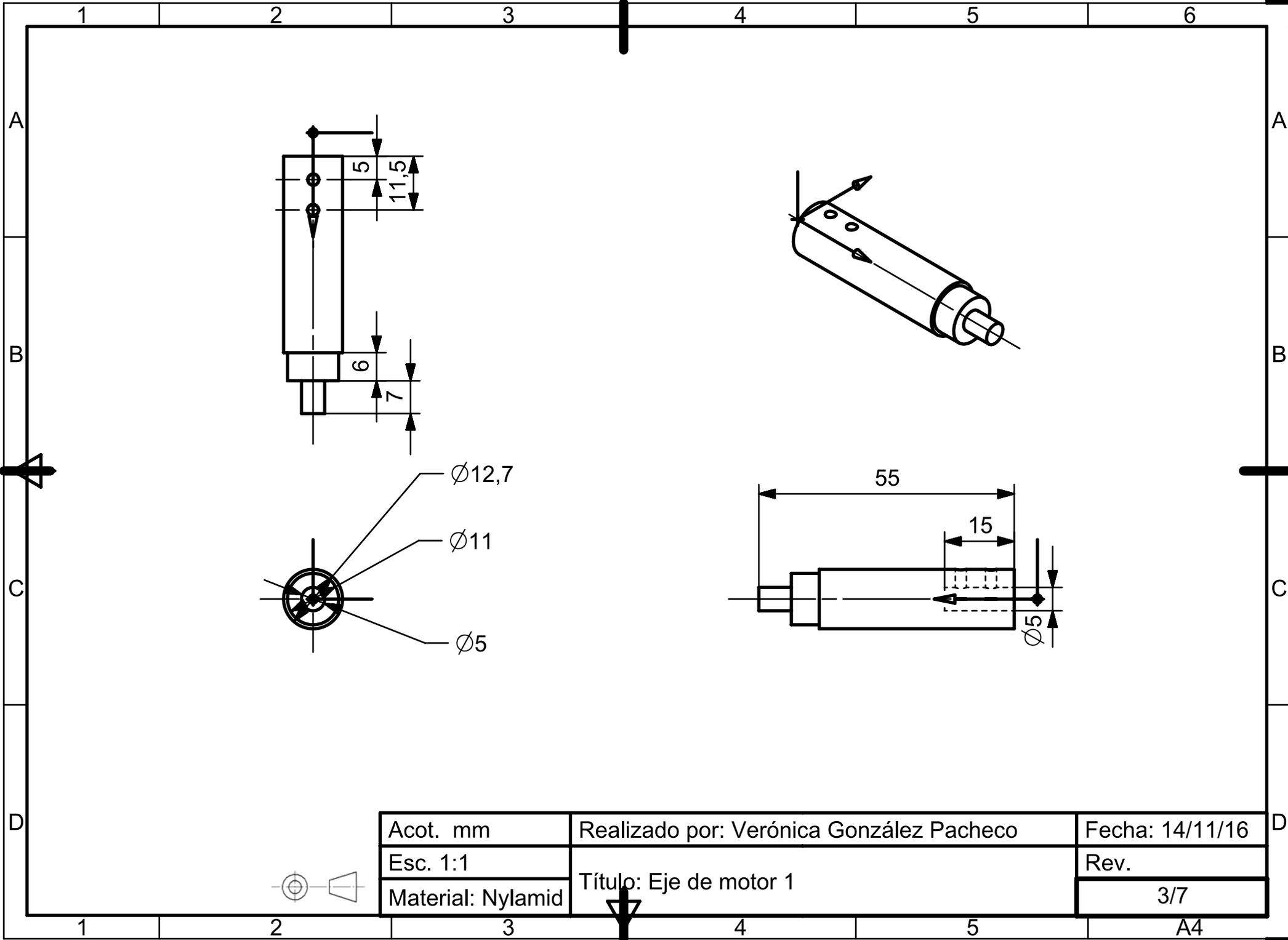
D

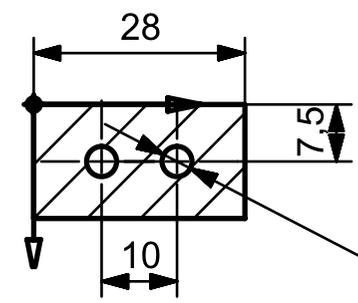
A4



Acot. mm	Realizado por: Verónica González Pacheco	Fecha: 14/11/16
Esc. 1:1	Título: Cilindro eje 1	Rev.
Material: Nylamid		2/7





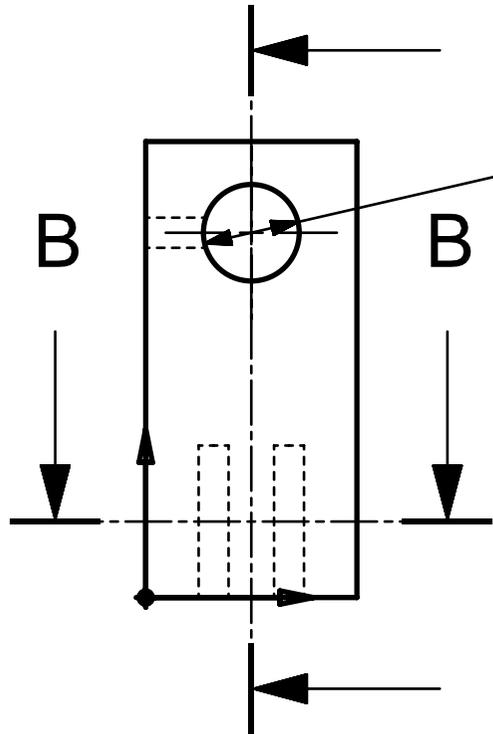
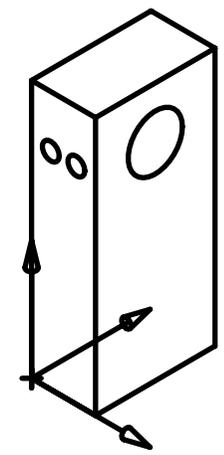


SECTION B-B

(2X)

Ø3,9688 (5/32 IN)-P20.0

3/16-24 NC-2B I-P15.0



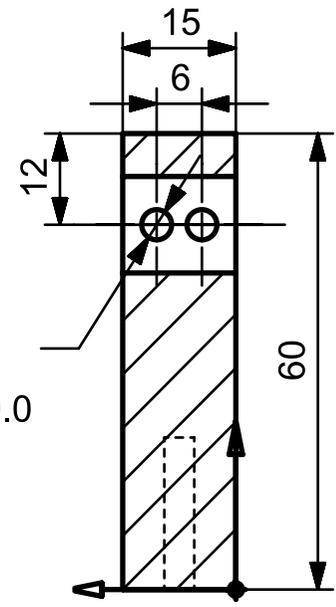
A

Ø12,7 -PASANTE

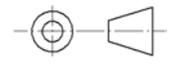
(4X)

Ø3,9688 (5/32 IN)-P10.0

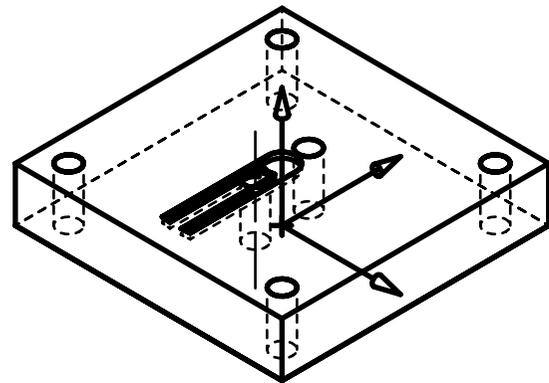
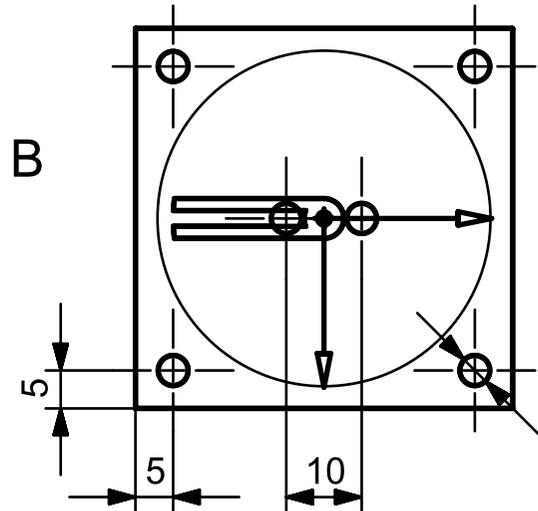
3/16-24 NC-2B I-P10.0



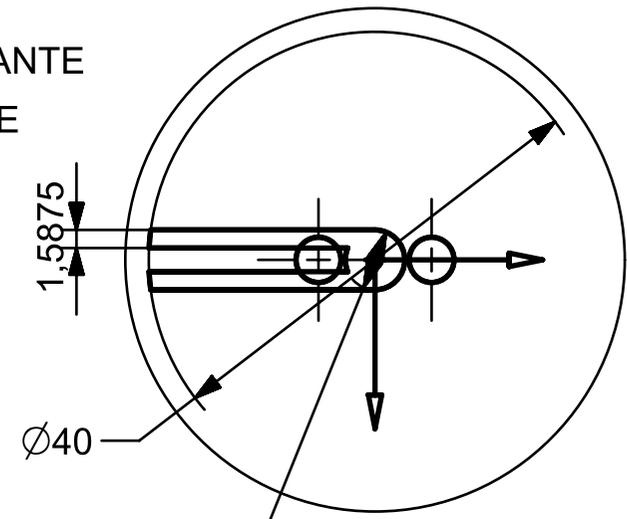
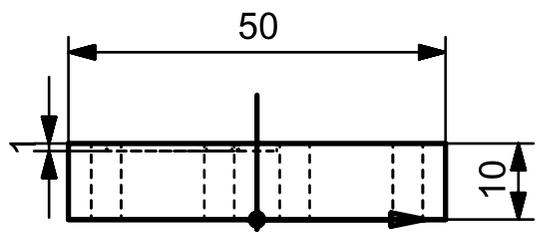
SECTION A-A



Acot. mm	Realizado por: Verónica González Pacheco	Fecha: 14/11/16
Esc. 1:1	Título: Caja tensador 1A	Rev.
Material: Nylamid		4/7



(6X)  
 $\varnothing 3,96875$  (5/32 IN)-PASANTE  
 3/16-24 NC-2B I-PASANTE



DETAIL B  
 SCALE 3:2

Acot. mm	Realizado por: Verónica González Pacheco	Fecha: 14/11/16
Esc. 1:1	Título: Caja tensador 1B	Rev.
Material: Nylamid		5/7

1 2 3 4 5 6

A

A

B

B

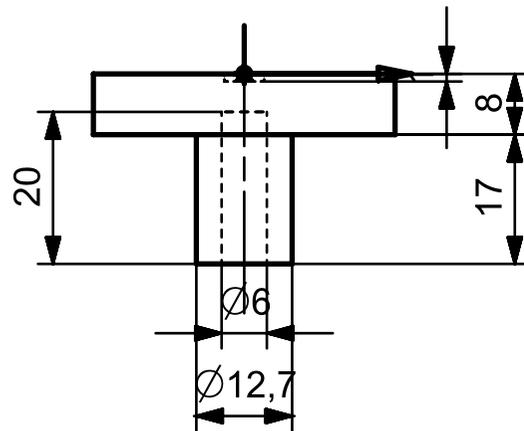
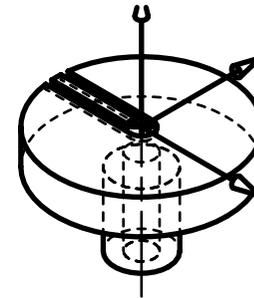
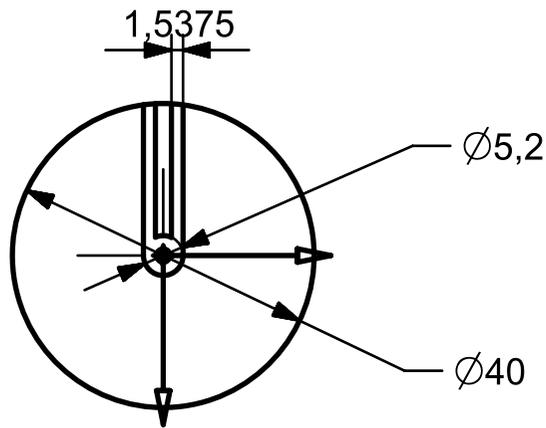
C

C

D

D

1 2 3 4 5 6 A4



Acot. mm	Realizado por: Verónica González Pacheco	Fecha: 14/11/16
Esc. 1:1	Título: Cuerpo de tensador	Rev.
Material: Nylamid		6/7

1

2

3

4

5

6

A

A

B

B

C

C

D

D

1

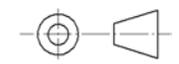
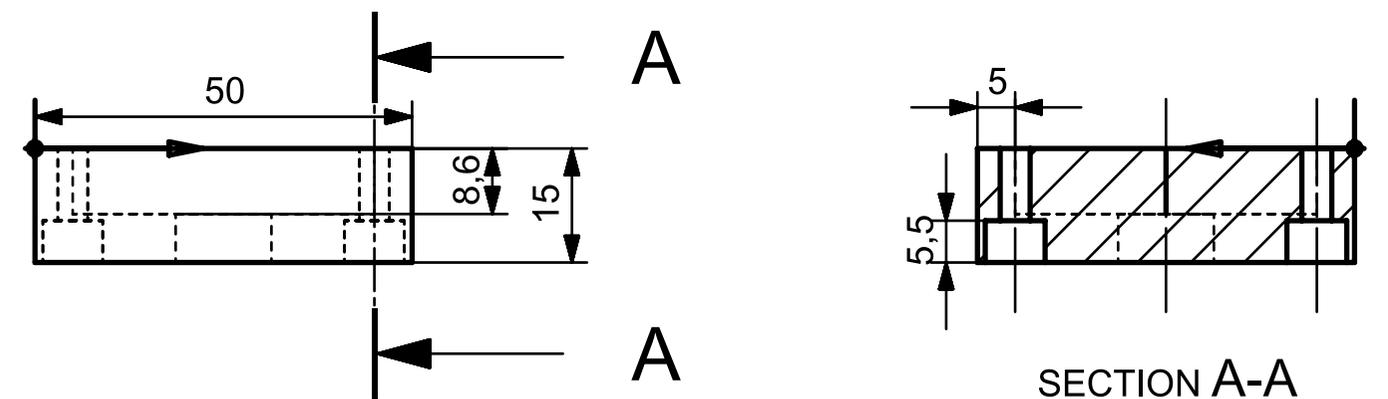
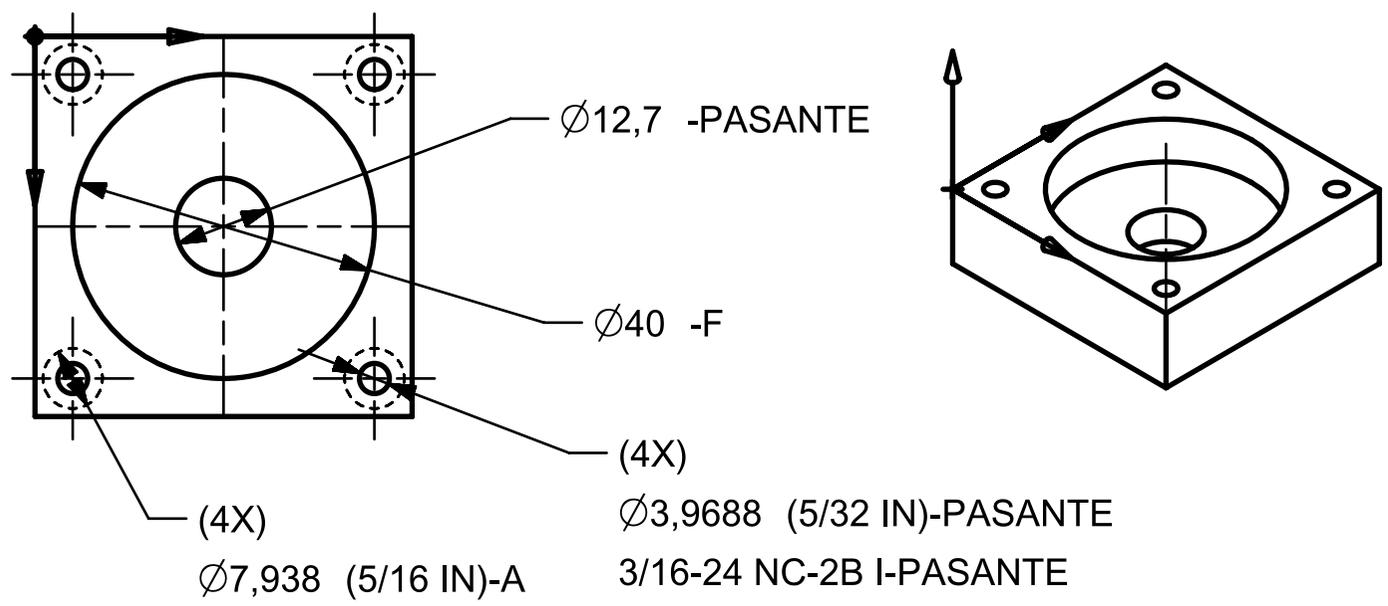
2

3

4

5

A4



Acot. mm	Realizado por: Verónica González Pacheco	Fecha: 14/11/16
Esc. 1:1	Título: Caja tensador 2	Rev.
Material: Nylamid		7/7

# Glosario

---

<b>a priori</b>	Que indica la demostración que consiste en descender de la causa al efecto, o de la esencia de una cosa y sus propiedades.
<b>ajuste</b>	Encaje o medida proporcionada que tiene las partes de que se compone alguna cosa para el efecto de ajustar.
<b>barrenar</b>	Abrir agujeros con barrena en algún cuerpo.
<b>bosquejo</b>	Traza primera de una obra, en general de cualquier producción del ingenio.
<b>colineal</b>	Dos o más elementos que se encuentran en una sola línea.
<b>cortador</b>	Herramienta que a diferencia de una broca los filos los presenta a los lados.
<b>encoder</b>	En español codificador o decodificador, es un dispositivo, circuito o programa de software capaz de convertir información de un formato a otro. En este caso tiene la función de convertir el movimiento mecánico de un motor en pulsos digitales o análogos que puedan ser interpretados por un controlador de movimiento.
<b>fresa</b>	Herramienta de movimiento circular continuo, constituida por una serie de cuchillas, cortadores o brocas convenientemente espaciados entre sí, que trabajan uno después de otro en la máquina de labrar metales o fresarlos.
<b>fresadora</b>	Máquina provista de fresas que sirve para labrar metales.
<b>fundir</b>	Derretir los metales, minerales u otros cuerpos sólidos.
<b>isométrica</b>	En referencia a una proyección isométrica, es un método gráfico que representa un objeto tridimensionalmente.
<b>machuelo</b>	Herramienta de corte para generar cuerdas de tornillos interiores.
<b>maquinado</b>	Proceso de fabricación que comprende varios procesos de disminución de material.
<b>norma</b>	Regla que se debe seguir o a que se deben ajustar las operaciones.
<b>prisionero</b>	Tornillo sin cabeza que va dentro de las piezas a sujetar.
<b>prototipo</b>	Ejemplar original o primer molde en que se fabrica una figura o cosa.
<b>punzonado</b>	Acción en la que un punzón que en la punta tiene de realce una figura, la cual, hincada por presión queda impresa en el troquel.
<b>rectificar</b>	Reducir una cosa a la exactitud que debe tener.
<b>rosca</b>	Resalto helicoidal de un tornillo o tuerca.
<b>torno</b>	Máquina simple que consiste en un cilindro dispuesto para girar alrededor de un eje para labrar en redondo piezas de diferentes materiales.

## Bibliografía

- Garmo, E. P. (2002). *Materiales y procesos de fabricación* (Segunda ed., Vol. 1). Barcelona: Reverté.
- Giesecke, F. y. (2013). *Dibujo Técnico con gráficas de ingeniería* (Decimo cuarta edición ed.). México: Pearson.
- Groover, M. P. (1997). *Fundamentos de manufactura moderna: Materiales, procesos y sistemas*. . México: Pearson Prentice-Hall.
- Instituto Ecuatoriano de normalización, INEN. (30 de 10 de 2009). *Textiles. Identificación de fibras*. Recuperado el 1 de 6 de 2016, de [www.inen.gov.ec](http://www.inen.gov.ec)
- S., K., & S. R., S. (2008). *Manufactura, Ingeniería y Tecnología* (Quinta edición ed.). México: Pearson educación.
- Shigley, J. E. (1979). *Diseño en Ingeniería Mecánica* (Segunda ed.). México: McGraw-Hill.
- Tecnologías de los plásticos*. (s.f.). Obtenido de <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2011/07/nylon.html>
- Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2004). *Diseño y desarrollo de productos: Enfoque multidisciplinario* (Tercera ed.). México: McGraw-Hill.