



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

# **Diseño y manufactura de un prototipo para afilado de cuchillas de cizalla manual**

**TESIS**

Que para obtener el título de  
**Ingeniero Mecánico**

**P R E S E N T A N**

Andrés Enrique Hernández Hernández

Nestor Hernández Olvera

**DIRECTOR DE TESIS**

M. C. Raul Gilberto Valdez Navarro



**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.

## CONTENIDO

<b>Objetivo</b> .....	2
<b>Introducción</b> .....	3
<b>1. Generalidades sobre las cuchillas de corte</b> .....	5
1.1 Aplicaciones en cizalla manual.....	5
1.1.1 Corte de lámina metálica.....	6
1.2 Aceros para cuchillas.....	7
<b>2. Maquinado por abrasivos</b> .....	14
2.1 Rueda abrasiva.....	14
2.1.1 Material abrasivo.....	15
2.1.2 Tamaño del grano.....	16
2.1.3 Dureza de la rueda o grado.....	17
2.1.4 Estructura de la rueda.....	18
2.1.5 Material aglomerante.....	19
2.1.6 Especificación de las ruedas abrasivas.....	19
2.2 Análisis del proceso de maquinado por abrasivos.....	23
2.2.1 Acabado superficial.....	24
2.2.2 Fuerzas y energía.....	24
2.2.3 Temperatura en la superficie de trabajo.....	25
2.3 Lineamientos de aplicación.....	25
<b>3. Diseño y fabricación del equipo (Metodología Gui Bonsiepe)</b> .....	27
3.1 Estructuración del problema.....	27
3.2 Diseño y fabricación.....	31
3.3 Evaluación del prototipo.....	77
<b>4. Análisis de resultados y conclusiones</b> .....	82
4.1 Análisis de resultados.....	82
4.2 Conclusiones.....	84
<b>Apéndice A Planos mecánicos</b> .....	85
<b>Bibliografía</b> .....	126

**Objetivo**

Diseñar y manufacturar un prototipo que permita afilar las cuchillas de las cizallas manuales que se encuentran en los laboratorios de manufactura de la Facultad de Ingeniería.

## Introducción

En la historia de la metalurgia el trabajo de la chapa ocupa sin duda un lugar de relieve. Desde la prehistoria, el hombre se ha esforzado en desarrollar herramientas, utensilios y máquinas cada vez más sofisticados para dar forma a los metales.

En el trabajo metálico de láminas se incluyen operaciones de corte y formado realizadas sobre láminas delgadas de metal. Los espesores del material típicos están entre 0.4 mm (1/64 de in) y 6 mm (1/4 de in). Cuando el espesor excede de 6 mm se le llama placa en lugar de lámina.

La importancia comercial del trabajo con láminas es significativa. Considere el número de productos industriales y de consumo que incluyen piezas de lámina metálica: carrocerías de automóviles, aeroplanos, carros de ferrocarril, equipo de construcción, utensilios pequeños y grandes, muebles y equipo de oficina, etcétera. Aunque estos ejemplos son obvios debido a que tienen lámina en su exterior, muchos componentes internos de estos productos también se hacen de lámina. Las piezas de lámina de metal se caracterizan generalmente por su alta resistencia, buena precisión dimensional, buen acabado superficial y bajo costo relativo.

Las tres grandes categorías de los procesos de láminas metálicas son: 1) corte, 2) doblado y 3) embutido. El doblado y el embutido se usan para transformar láminas de metal en piezas de forma especial. El corte, que es lo que nos compete; se usa para seccionar láminas grandes en piezas menores, para cortar un perímetro o hacer agujeros en una pieza.

Para el corte de chapa o lámina la cizalla ha sido el instrumento básico durante siglos. Como instrumento manual, el uso de la cizalla se remonta a la edad del bronce. En sus inicios era una hoja de metal doblada en forma de U y sólo a partir del siglo XIV aparecen las tijeras de pivote, con las dos hojas móviles alrededor de un eje. La llamada cizalla de palanca, manejada manualmente, permitía cortar espesores de hasta 5 mm y también podía ser accionada a pedal.

La tecnología asociada al corte de chapa no dio un vuelco hasta mediados del siglo XIX, cuando se diseñó y construyó la primera cizalla accionada a vapor, mediante un sistema de biela manivela y volante, para cortar palastro grueso. En las décadas siguientes se construyeron cizallas cada vez más potentes y sofisticadas, equipadas con varias cuchillas o combinadas con punzonadoras.

El propósito de este trabajo es diseñar y construir un prototipo funcional que permita afilar las cuchillas de cizalla manual con las que cuenta la División de Ingeniería Mecánica e Industrial. Si bien el objetivo es bastante específico, la información mostrada aquí es suficiente para comprender los aspectos básicos que se deben tomar en cuenta a la hora de diseñar cualquier dispositivo que permita afilar herramientas.

Para poder desarrollar un diseño que dará solución a un problema, es pertinente enfocarlo metodológicamente para lograr que sea lo más preciso posible. La metodología GuiBonsiepe se adecua al rol del diseñador frente al proceso de diseño.

Esta metodología parte de la siguiente premisa; todo diseño se basa en la búsqueda de información relevante que resulte útil en la toma de decisiones para solucionar los problemas. Es así como se inicia este trabajo. La información relevante se muestra en los primeros dos capítulos del texto.

En el primer capítulo se aborda nuestro primer objeto de estudio, las cuchillas. Este capítulo tiene como objetivo dar a conocer generalidades de las cuchillas de corte, como su geometría y los materiales de los que comúnmente están fabricadas. Es importante conocer estas generalidades pues de ellas depende parte del diseño.

Conocidas las generalidades de las cuchillas, es necesario precisar el proceso de manufactura mediante el cual se realiza la operación de afilado. Dicho proceso es el maquinado por abrasivos, el cual es nuestro segundo objeto de estudio, y se analiza en el capítulo 2. Este proceso consiste básicamente en la remoción de material a través de un material abrasivo. Es un proceso muy útil que puede ser aplicado a cualquier tipo de material. En el capítulo 2 se describen los parámetros que son utilizados por este proceso y de los cuales depende la otra parte del diseño.

Una vez realizada la búsqueda de información pertinente, como señala la metodología, Bonsiepe define las que, en su consideración, son etapas del proceso proyectual:

1. Estructuración del problema
2. Diseño
3. Realización

Cada etapa se subdivide en diferentes pasos que sirven para hacer el diseño lo más preciso posible. Estas tres etapas se desarrollan en el capítulo 3. De acuerdo a estas etapas lo primero es delimitar el problema, verlo de la manera más particular posible, detectar los problemas y subproblemas que requieren solución. Ya definido el problema de la manera más precisa posible, se procede a desarrollar el diseño de las partes a través de lluvia de ideas, bocetos y propuestas, que se someterán a comparación para elegir lo mejor de cada una. La propuesta elegida se someterá a un análisis más detallado para después proceder a su realización física. Aquí es cuando el prototipo toma forma.

Finalmente, concluida la realización del prototipo, este se somete a prueba para poder analizar los resultados que se obtengan y poder concluir si se ha cumplido el o los objetivos del proyecto. Todo esto se explica en el capítulo 4.

## Capítulo 1

### Generalidades sobre las cuchillas de corte

Las cuchillas son herramientas de corte de un solo filo. La forma típica de una cuchilla de corte comprende tres caras principales (ver Figura 1.1); la cara anterior de la cuchilla se llama espejo; la cara opuesta se llama lomo; a la cara sesgada de la cuchilla se le llama bisel. El borde o arista que forman el bisel y el espejo es el filo.

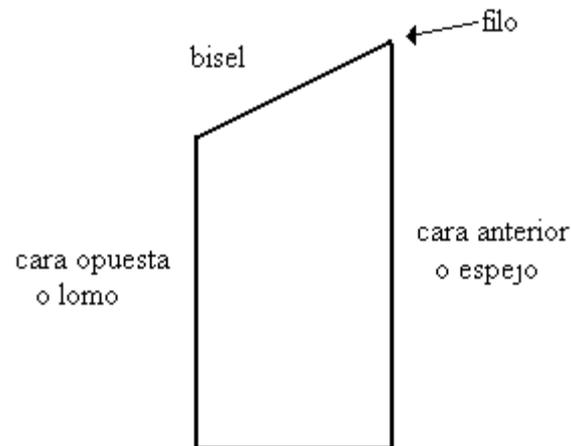


Figura 1.1 Forma típica de una cuchilla de corte.

Las características que debe poseer una cuchilla de corte para lograr la mayor vida útil del filo son una combinación de capacidad de resistencia al desgaste y tenacidad; características que deberá poseer el material del que estén fabricadas. La cuchilla perfecta sería aquella que mantuviera su filo indefinidamente además de poder soportar altas presiones y no romperse, de manera que no hay medidas universalmente aceptadas para cualquiera de estas características.

#### 1.1 Aplicaciones en cizalla manual

Las cizallas son máquinas que combinadas con las cuchillas permiten realizar operaciones de corte generalmente en láminas de diversos materiales. Comercialmente se ofrecen para aplicaciones en la industria siderúrgica, sector plástico, papelería y metalmeccánico. Una de las aplicaciones en cizalla manual se presenta en el corte o seccionamiento de lámina metálica.

Las cizallas de palanca o cizallas de tipo manual tienen una cuchilla inferior fija y una superior móvil como se muestra en la Figura 1.2. El ladeo de la chapa se evita mediante un pisador regulable al espesor de la misma. El filo de la cuchilla de corte superior es algo curvo longitudinalmente para que en las correspondientes posiciones de cizallado el ángulo de abertura permanezca invariable, al igual que la fuerza

requerida para realizar el corte. En cizallas pequeñas, la fuerza manual es transmitida a la cuchilla mediante una palanca.

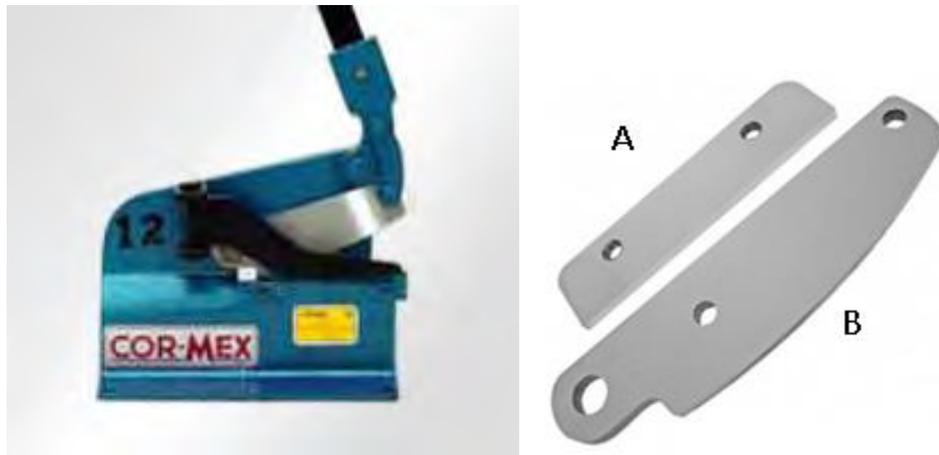


Figura 1.2 Cizalla de tipo manual y cuchillas de corte. Cuchilla de corte inferior (A) y cuchilla de corte superior (B).

### 1.1.1 Corte de lámina metálica

El corte de lámina metálica se realiza por una acción de cizallamiento entre dos bordes afilados de corte. La acción de cizallamiento se describe en los cuatro pasos mostrados en la Figura 1.3 donde; 1) la cuchilla superior se desplaza hacia abajo sobrepasando la cuchilla inferior, 2) cuando la cuchilla comienza su movimiento ocurre una deformación plástica en las superficies de la lámina, 3) conforme esta se desplaza hacia abajo ocurre la compresión de la lámina y penetra el metal. A medida que la cuchilla continúa su movimiento se inicia la fractura en la pieza de trabajo entre los dos bordes de corte, 4) Las dos líneas de fractura se encuentran y el resultado es una separación limpia de la pieza en dos partes.

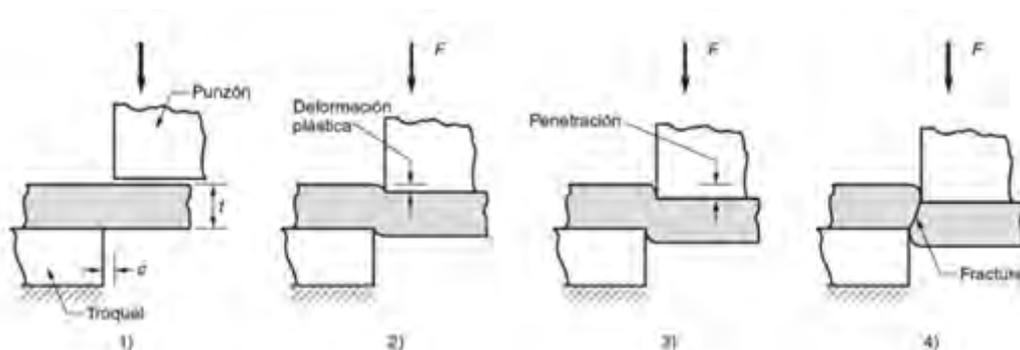


Figura 1.3 Cizallado o corte de una lámina metálica [1].

Los bordes cizallados de la lámina tienen formas características (ver Figura 1.4). En la parte superior de la superficie de corte hay una región que se llama redondeado. Ésta corresponde a la depresión hecha por la cuchilla en la pieza de trabajo antes de empezar el corte, allí es donde empieza la deformación plástica. Justo abajo del redondeado hay una región relativamente lisa llamado bruñido. Ésta resulta de la penetración de la cuchilla en el material antes de empezar la fractura. En la parte inferior de la superficie de corte está la zona de fractura, una superficie relativamente tosca del borde de corte donde el movimiento continuo de la cuchilla hacia abajo causa la fractura del metal. Por último, al fondo del borde de corte está la rebaba, un filo causado por la elongación del metal durante la separación final de las dos partes.

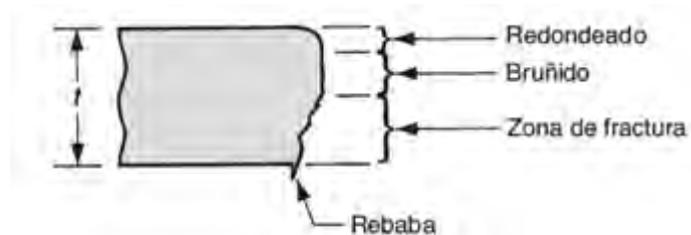


Figura 1.4 Bordes cizallados característicos del material de trabajo [1].

El cizallado se usa típicamente para reducir grandes láminas a secciones más pequeñas para ser utilizadas en operaciones posteriores. Se ejecuta en una máquina llamada cizalla de potencia o en cizallas de tipo manual. La cuchilla superior de la cizalla está frecuentemente sesgada para reducir la fuerza requerida de corte (ver Figura 1.5).

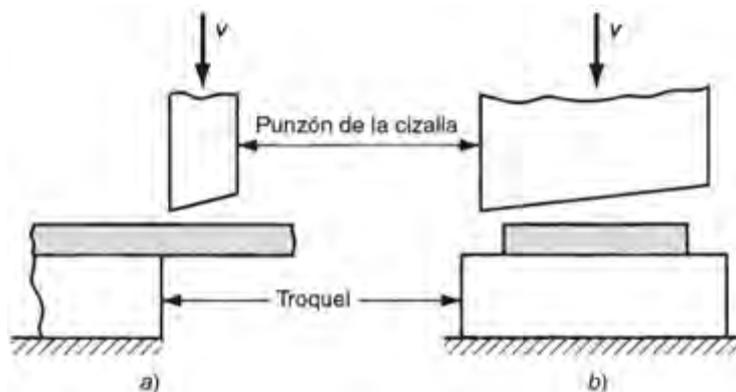


Figura 1.5 a) vista lateral de la operación, b) vista frontal de la cizalla equipada con una cuchilla superior sesgada [1].

## 1.2 Aceros para cuchillas

Si solo el acero al carbono hubiera resultado satisfactorio para todo tipo de aplicaciones no habría la necesidad de los aceros aleados. Las aleaciones se agregan para permitir realizar operaciones que el acero al carbono no puede. Esas características adicionales pueden agruparse en cuatro categorías.

1. Asegurar mayor resistencia al desgaste para el corte o la abrasión.
2. Asegurar mayor tenacidad, resistencia al impacto.
3. Asegurar la precisión y seguridad en el endurecido, y aumentar su capacidad de endurecimiento.
4. Proporcionar al acero “dureza al rojo”, es decir, capacidad para trabajar cuando la herramienta se calienta tanto que un acero al carbono se ablandaría.

Es por esto que surgen los aceros para herramienta. Estos son aceros especialmente diseñados para alta resistencia, tenacidad al impacto y resistencia al desgaste. Se utilizan en el formado y maquinado de metales.

Los aceros para herramienta se dividen en tipos de acuerdo con la aplicación y composición. El Instituto Americano del Hierro y el Acero (AISI por sus siglas en inglés) utilizan un esquema de clasificación que incluye un prefijo de una letra para identificar el acero para herramienta. Esta clasificación se muestra en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1 Clasificación AISI para aceros grado herramienta [1].

Tipo	AISI
De alta velocidad	M (base de molibdeno) T (base de tungsteno)
De trabajado en caliente	H1 a H19 (base de cromo) H20 a H39 (base de tungsteno) H40 a H59 (base de molibdeno)
De trabajado en frio	D (alto carbono, alto cromo) A (aleación media, alta templabilidad) O (templabilidad en aceite)
Resistente al impacto	S
Aceros para moldes	P1 a P19 (bajo carbono) P20 a P39 (otros)
De propósito especial	L (baja aleación) F (carbono tungsteno)
Templables al agua	W

Los aceros de alta velocidad (HSS, por sus siglas en inglés) mantienen su dureza y resistencia a elevadas temperaturas de operación. Existen dos tipos básicos de aceros de alta velocidad: el tipo molibdeno (serie M) y el tipo tungsteno (serie T). Los aceros para trabajo en caliente (serie H) están diseñados para usarse a temperaturas elevadas. Tienen una alta tenacidad así como una gran resistencia al desgaste y al agrietamiento. Los aceros resistentes al impacto (serie S) se diseñan para tener tenacidad al impacto y se utilizan en aplicaciones como matrices para cabeceado, punzones y cinceles. Finalmente, los aceros para trabajo en frío (series A, D y O) se utilizan en operaciones de trabajo en frío; están disponibles en los tipos templables al aceite y al aire.

Otras propiedades de estos aceros dependen de su composición en particular. En la Tabla 1.2 se presentan diversos tipos para una variedad de aplicaciones.

Tabla 1.2 Materiales típicos de herramienta para trabajo de los metales [2].

Proceso	Material
Fundición a presión	H13, P20
Metalurgia de polvos Punzones Matrices	A2, S7, D2, D3, M2 WC, D2, M2
Moldes para plásticos y hule	S1, O1, A2, D2, 6F5, 6F6, P6, P20, P21. H13
Forjado en caliente	6F2, 6G, H11, H12
Extrusión en caliente	H11, H12, H13, H21
Cabeceado en frío	W1, W2, M1, M2, D2, WC
Extrusión en frío Punzones Matrices	A2, D2, M2, M4 O1, W1, A2, D2
Acuñado	52100, W1, O1, A2, D2, D3, D4, H11, H12, H13
Estirado Alambre Formas Barras y tubos	WC, Diamante WC, D2, M2 WC, W1, D2
Laminados Laminado Laminado de cuerdas Laminado de corte	Hierro fundido, acero fundido, acero forjado, WC A2, D2, M2 A2, D2, D3
Hojas metálicas Cizallado En frío En caliente Prensado Embutido profundo	D2, A2, A9, S2, S5, S7 H11, H12, H13 Aleaciones de zinc, acero 4140, hierro fundido, compósitos de epóxicas, A2, D2, O1 W1, O1, hierro fundido, A2, D2
Maquinado	Carburos, aceros de alta velocidad, cerámicas, diamante, nitruro de boro cúbico

*Nota:* Usualmente los materiales para matrices y herramienta se endurecen de 55 a 65 HRC para trabajado en frío, y de 30 a 55 HRC para trabajado en caliente.

Por lo tanto, se observa que los materiales utilizados en la fabricación de cuchillas para la operación de cizallado son: acero grado herramienta D2, A2, A9, S2, S5 y S7 para trabajos en frío.

Cabe aclarar que aunque la Tabla 1.2 es bastante completa hace falta considerar dos aceros más: el acero grado herramienta A6 y L6, ambos para operaciones de cizallado en frío. Estos aceros se obtienen utilizando el *Método del conjunto coordinado*[3], un procedimiento para seleccionar el acero apropiado para cada clase de herramienta.

A continuación se muestran los aceros previamente mencionados para la fabricación de cuchillas de corte. Se muestra su composición química, algunas características y aplicaciones.

#### AISI A2

##### Composición Química - %

C	Mn	Si	Mo	Cr	V	Ni
0.95 – 1.05	1.00 máx.	0.50 máx.	0.90 – 1.40	4.75 – 5.50	0.15 – 0.50	0.30 máx.

Temperatura de temple: 927 – 962 °C

Temperatura de revenido: 177 – 538 °C

Dureza: 57 – 62 HRC

Algunas de sus aplicaciones son:

Estampado y formado

Matrices y punzones

Troquelado y perforado

Troquelado fino

Dados para acuñado

Herramientas de roscado

Herramientas para rebabeear

Partes de desgaste

Dados de laminación

Punzones para pastillas farmacéuticas

**Cuchillas para corte de chatarra y slitters**

Herramientas para embutido

Insertos para moldes

#### AISI D2

##### Composición Química - %

C	Mn	Si	Mo	Cr	V	Co	Ni
1.40 – 1.60	0.60 máx.	0.60 máx.	0.70 – 1.20	11.0 – 13.0	1.10 máx.	1.00 máx.	0.30 máx.

Temperatura de temple: 982 – 1024 °C

Temperatura de revenido: 204 – 538 °C

Dureza: 54 – 61 HRC

Algunas de sus aplicaciones son:

Estampado y formado	Partes de desgaste
Matrices y punzones	Dados de laminación
Troquelado y perforado	Insertos para moldes
Rodillos	<b>Cuchillas, slitters y cizallas</b>
Troquelado fino	Husillos y puntas para inyección de plástico
Dados para acuñado	Cuchillas para molino de plástico
Herramientas de roscado	
Trituradoras de llantas	
Herramientas pararebear	

AISI A6

Composición Química - %

C	Mn	Si	Mo	Cr	V	Ni
0.65 – 0.75	1.80 – 2.50	0.50 máx.	0.90 – 1.40	0.90 – 1.20		0.30 máx.

Temperatura de temple: 829 – 871 °C

Temperatura de revenido: 149 – 427 °C

Dureza: 54 – 60 HRC

Algunas de sus aplicaciones son:

Dados grandes de troquelado	<b>Cuchillas de corte</b>
Dados grandes para formado	Herramienta de precisión
Dados de recorte	Mandriles
Dados de ranurado	Herramientas de doblado
Dados alimentadores	Ejes de torno o mandriles
Punzones para trabajos pesados	Moldes de plástico
Rodillos de rebordear	

AISI L6

Composición Química - %

C	Mn	Si	Mo	Cr	V	Ni
0.65 – 0.75	0.25 – 0.80	0.50 máx.	0.50 máx.	0.60 – 1.20	0.30 máx.	1.25 – 2.00

Temperatura de temple: 788 – 843 °C

Temperatura de revenido: 177 – 538 °C

Dureza: 45 – 62 HRC

Algunas de sus aplicaciones son:

Machos	Cortadores de ranuras
Matrices de forma sacabocados	<b>Hojas de corte</b>
Boquillas	Dados de suajar
Matrices roscadoras	Punzones
Punzones	Tijeras para corte
Matrices para embutido	Estampados
Rodillos para formar	

## AISI A9

## Composición Química - %

C	Mn	Si	Mo	Cr	V	Ni
0.45 – 0.55	0.50 máx.	0.95 – 1.15	1.30 – 1.80	4.75 – 5.50	0.80 – 1.40	1.25 – 1.75

Temperatura de temple: 980 – 1010 °C

Temperatura de revenido: 540 – 595 °C

Dureza: 47 – 57 HRC

Algunas de sus aplicaciones son:

Dados de acuñado	Dados de extrusión
Herramientas de perforación	Punzones
Dados de forja	<b>Cuchillas de corte</b>
Porta insertos	Matrices de corte

## AISI S2

## Composición Química - %

C	Mn	Si	Mo	Cr	V	Ni
0.45 – 0.55	0.30 – 0.60	0.90 - 1.25	0.30 – 0.50	0.25 máx.	0.50 máx.	0.30 máx.

Temperatura de temple: 845 – 900 °C

Temperatura de revenido: 175 – 425 °C

Dureza: 54 – 58 HRC

Algunas de sus aplicaciones son:

<b>Cizallas Rotatorias</b>	Embutidoras
Mandriles de expansión de tubos	Recaladoras
Cortadores de tubos	Cinceladores
Herramientas neumáticas como romperemaches	

## AISI S5

## Composición Química - %

C	Mn	Si	Mo	Cr	V	Ni
0.50 – 0.65	0.60 – 1.00	1.75 - 2.25	0.20 – 1.35	0.35 máx.	0.35 máx.	0.30 máx.

Temperatura de temple: 871 – 927 °C

Temperatura de revenido: 177 – 427 °C

Dureza: 50 – 60 HRC

Algunas de sus aplicaciones son:

Punzones

**Cuchillas de corte**

Cinceles

Aplicaciones que requieran resistencia al impacto

## AISI S7

## Composición Química - %

C	Mn	Si	Mo	Cr	V	Ni
0.45 – 0.55	0.20 – 0.80	0.20 - 1.00	1.30 – 1.80	3.00 – 3.50	0.30 máx.	0.30 máx.

Temperatura de temple: 927 – 954 °C

Temperatura de revenido: 204 – 621 °C

Dureza: 45 – 57 HRC

Algunas de sus aplicaciones son:

Estampado y formado

Matrices y punzones

Troquelado y perforado

Troquelado fino

Dados para clavar

Cinceles

Punzones para pastillas farmacéuticas

**Cuchillas para corte de chatarra**

Dados cabeceadores en frío y en tibio

Moldes de plástico

Moldes para fundición de zinc a presión

Es importante tener en cuenta los aceros adecuados para realizar la operación de cizallado, pues es necesario para la correcta selección de los parámetros que gobiernan la operación de afilado, la cual se realiza a través del maquinado por abrasivos.

## Capítulo 2

### Maquinado por abrasivos

Existen situaciones de manufactura en las que algunos de los procesos de remoción de material convencional, como el torneado y el fresado, no pueden proporcionar la precisión dimensional y el acabado superficial requeridos por una pieza. Uno de los métodos para cumplir con estas demandantes características en las piezas es el maquinado por abrasivos.

El maquinado por abrasivos es un proceso de manufactura ubicado dentro de los procesos de remoción de material convencional por arranque de viruta. Este proceso consiste en la remoción de pequeñas cantidades de material por la acción individual de granos abrasivos, generalmente aglomerados en forma de rueda o disco.

Algunas de las características que hacen de este proceso tan importante en la manufactura se muestran a continuación:

- Puede utilizarse en todos los tipos de materiales, desde metales suaves hasta aceros endurecidos, y en materiales no metálicos, como cerámicas y silicio.
- Algunos de estos procesos pueden usarse para producir acabados superficiales extremadamente finos.
- Para ciertos procesos abrasivos, las dimensiones pueden sujetarse a tolerancias muy estrechas.

#### 2.1 Rueda abrasiva

El maquinado por abrasivos generalmente utiliza como herramienta de corte lo que se conoce como rueda o piedra abrasiva. Esta rueda consiste en granos de material abrasivo y material aglomerante que los mantiene unidos, lo que hace de la rueda abrasiva una herramienta poli-cortante. Estos dos ingredientes (abrasivo y aglomerante) y la forma en que se fabrican determinan los cinco parámetros básicos de una rueda abrasiva:

1. Material abrasivo
2. Tamaño del grano
3. Material aglomerante
4. Dureza de la rueda o grado
5. Estructura de la rueda

### 2.1.1 Material abrasivo

El abrasivo es la parte activa de la rueda, por lo tanto al estar constituida por una multitud de granos duros, esta tiene la función de arrancar el material que se le presenta.

Existe una gran diversidad de materiales abrasivos, también existe variedad en los materiales de trabajo, por lo tanto es necesario adecuar los materiales abrasivos para maquinar los diferentes materiales de trabajo.

Los abrasivos pueden ser naturales o artificiales. Entre los naturales se encuentran:

- a) El cuarzo, la sílice y la arena (muy similares entre sí) compuestos casi siempre por óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ).
- b) El esmeril y corindón, a base de óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ).
- c) El diamante

Los abrasivos artificiales, denominados de diversas maneras por los fabricantes pueden ser a base de:

- a) Óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )
- b) Carburo de silicio ( $\text{SiC}$ )
- c) Carburo de boro (BC)
- d) Diamante

La elección del abrasivo variara dependiendo de la operación y la pieza a trabajar. Los corindones artificiales, por ejemplo, se emplean para trabajar materiales que tengan un elevado límite de elasticidad: aceros de todas clases, bronce y, en general, toda clase de materiales que son flexibles y tenaces.

Los carburos de silicio, se utilizan para trabajar aquellos materiales con reducido límite de elasticidad, tales como: fundición, latón, bronce, metales duros, porcelana, etc.

Las propiedades generales de un material abrasivo deben incluir alta dureza, resistencia al desgaste, tenacidad y fragilidad, recordando que la dureza, la resistencia y la tenacidad son propiedades convenientes a considerar para cualquier material de herramienta de corte. En cuanto a la fragilidad es óptimo conocer la capacidad del material abrasivo a fracturarse cuando el filo de corte del grano se desgasta, exponiendo así un nuevo filo de corte (auto afilado).

Actualmente, los materiales abrasivos de mayor importancia comercial son el óxido de aluminio, el carburo de silicio, el nitruro de boro cúbico y el diamante; en la Tabla 2.1 se presenta una descripción de estos materiales y sus valores relativos de dureza.

Tabla 2.1 Abrasivos de mayor importancia comercial y su descripción [1].

Abrasivo	Descripción	Dureza Knoop
Óxido de aluminio	Es el material abrasivo más común. Se usa para el maquinado de acero y otras aleaciones ferrosas de alta resistencia	2100
Carburo de silicio	Es más duro que el $Al_2O_3$ pero no tan tenaz. Sus aplicaciones incluyen metales dúctiles; como el aluminio, el latón y el acero inoxidable, así como materiales frágiles; algunas fundiciones de hierro y ciertos cerámicos. No puede usarse efectivamente para el esmerilado de acero debido a la fuerte afinidad química entre el carbono en el SiC y el hierro en el acero.	2500
Nitruro de boro cúbico	Cuando se usa como abrasivo, el CBN se produce bajo el nombre comercial de Borazon, por General Electric Company. Las ruedas de CBN se usan para materiales duros, como aceros de herramienta endurecidos y aleaciones aeroespaciales.	5000
Diamante	Los abrasivos de diamante se dan en forma natural y también pueden hacerse sintéticamente. Las ruedas de diamante se usan generalmente en aplicaciones de maquinado de materiales abrasivos duros, como cerámicos, carburos cementados y vidrio.	7000

### 2.1.2 Tamaño del grano

El tamaño del grano de los abrasivos se identifica por el número de grano, que es una función de tamaño de tamiz. El número de grano corresponde al número de hilos (de la malla que constituye al tamiz) existentes en un cuadrado de 24.5 [mm].

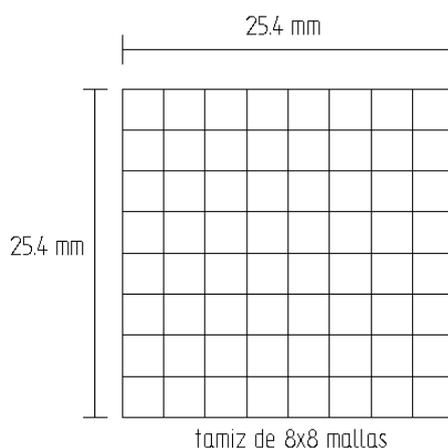


Figura 2.1 Tamiz de 25.4 [mm] x 25.4 [mm] indicado un número de grano igual a 8.

Así, cuanto más pequeño sea el tamaño del grano, más grande será su número. La Tabla 2.2 puede servir de orientación para la elección del tamaño del grano adecuado para una determinada aplicación.

Tabla 2.2 Clasificación del tamaño del grano de los abrasivos.

Numero	Tamaño	Empleo general
8, 10, 12, 14	Grano muy grueso	Desbarbado y desbaste de grandes piezas
15, 16, 20, 24, 30	Grano grueso	a) Desbarbado de piezas medianas b) Desbaste y rectificadores bastos c) Alisado automático
36, 40, 46, 50, 60	Grano mediano	a) Alisado automático b) Rectificado de desbaste y de acabado cilíndrico exterior e interior c) Afilado de herramientas
70, 80, 90	Grano semi-fino	a) Afilado de herramientas b) Rectificado de acabado cilíndrico exterior e interior
100, 120	Grano fino	a) Afilado de herramientas b) Acabado y primer pulido
150, 180, 200, 220	Grano muy fino	Bruñido

### 2.1.3 Dureza de la rueda o grado

La dureza de la rueda o grado, indica la resistencia del aglomerante de la rueda para retener los granos abrasivos durante la operación de corte. Esto depende en gran medida de la cantidad de material aglomerante presente en la estructura de la rueda, si entra menos proporción de aglomerante el grano está más débilmente retenido que si el aglomerante entra en mayor proporción.

La mayor o menor dureza del disco se indica mediante una letra del abecedario. Las primeras letras del abecedario a las más blandas y las últimas a las más duras.

Las ruedas “suaves” pierden los granos fácilmente, mientras que las ruedas “duras” retienen los granos abrasivos.

Entonces, la dureza o grado de la rueda representa la mayor o menor fuerza con la que el aglomerante retiene el grano, y no tiene que ver con la dureza física (Brinell, Rockwell, etc.) ni tampoco representa la dureza del abrasivo.

La elección de la dureza se basa en las necesidades, una rueda abrasiva “corta” mejor cuanto más blanda sea, pues presenta un auto afilado con mayor frecuencia. Los discos muy duros se gastan menos que los blandos, pero el grano al estar más tiempo retenido en el aglutinante se gasta más, por lo tanto su corte es lento, pudiendo incluso calentar excesivamente la pieza o pegársele el material de trabajo. En general, a la hora de elegir la dureza se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- Para trabajar materiales duros, se elegirán ruedas blandas.
- Para trabajar materiales blandos, se utilizarán ruedas duras.
- Para efectuar grandes desbastes, se prefieren las blandas puesto que dan más rendimiento.

#### 2.1.4 Estructura

La estructura de la rueda se refiere al espaciamiento relativo entre los granos abrasivos en dicha rueda. Además de los granos abrasivos y el material aglomerante, las ruedas de esmeril contienen huecos de aire o poros, como se ilustra en la Figura 2.2. Esta porosidad es importante pues proporciona holgura a las virutas que se generan y ayuda al enfriamiento.

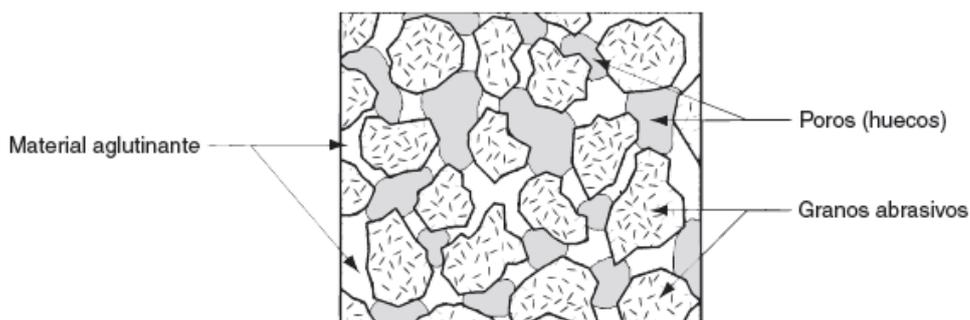


Figura 2.2 Estructura típica de una rueda o disco abrasivo [1].

La estructura de la rueda de esmeril se mide en una escala que va de “abierta” a “densa”. Una estructura abierta es aquella en la que la proporción de los poros es relativamente grande y la proporción de los granos es relativamente pequeña. Esto es, hay muchos poros y pocos granos por unidad de volumen en una rueda de estructura abierta. Por el contrario, en una estructura densa la proporción de los poros es relativamente pequeña y la proporción de los granos es más grande.

### 2.1.5 Material aglomerante

El material aglomerante es la parte pasiva de la rueda, es necesario para poder mantener unidos a los granos y establece la forma y la integridad estructural de la rueda, también ofrece la posibilidad de resistir la presión solicitada para la producción de viruta. El material aglomerante debe poseer también la característica de dejar escapar los granos desgastados y presentar granos nuevos y activos, llamado auto afilado.

Las propiedades convenientes del material aglomerante incluyen la resistencia, la tenacidad y la dureza. El material aglomerante debe ser capaz de soportar las fuerzas centrífugas y las altas temperaturas experimentadas por la rueda abrasiva, y resistir sin quebrarse ante los impactos de la misma.

En la Tabla 2.3 se identifican y se describen brevemente los materiales aglomerantes utilizados con mayor frecuencia.

Tabla 2.3 Materiales aglomerantes usados comercialmente [1]

Material aglomerante	Descripción
Aglomerante vitrificado	Consiste principalmente en arcilla cocida y materiales cerámicos. La mayoría de las ruedas abrasivas de uso común son ruedas con aglutinantes vitrificados, fuertes y rígidos, resistentes a las temperaturas elevadas y casi no se ven afectados con el agua y los aceites que pudiesen usarse en los fluidos de refrigeración.
Aglomerante de silicato	Consiste en silicato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ). Sus aplicaciones se limitan generalmente a situaciones en las que se debe minimizar la generación de calor, como en el maquinado de herramientas de corte.
Aglomerante de hule	Es el más flexible de los materiales aglutinantes. Se usa como material aglutinante en las ruedas de corte.
Aglomerante de resina	Consiste en materiales con diferentes resinas termoestables, como fenol-formaldehído. Tiene una gran resistencia y se usa para desbaste grueso y operaciones de corte.
Aglomerante de laca	Son relativamente fuertes pero no rígidas. Se usan con frecuencia en aplicaciones que requieren un buen acabado.
Aglomerante metálico	El metal, por lo general bronce, es el material aglutinante más común para ruedas de diamante y de nitruro de boro cúbico.

### 2.1.6 Especificación de las ruedas abrasivas y sus formas

Los parámetros descritos anteriormente se pueden designar concisamente usando un sistema de especificación de ruedas abrasivas definido por el Instituto Americano Nacional de Estándares (ANSI por sus siglas en inglés). Este sistema de especificación usa números y letras para identificar el tipo de abrasivo, el tamaño del grano, la dureza, la estructura y el material aglomerante.

La Figura 2.3 muestra una versión abreviada de la norma ANSI que indica como se interpretan los números y letras.

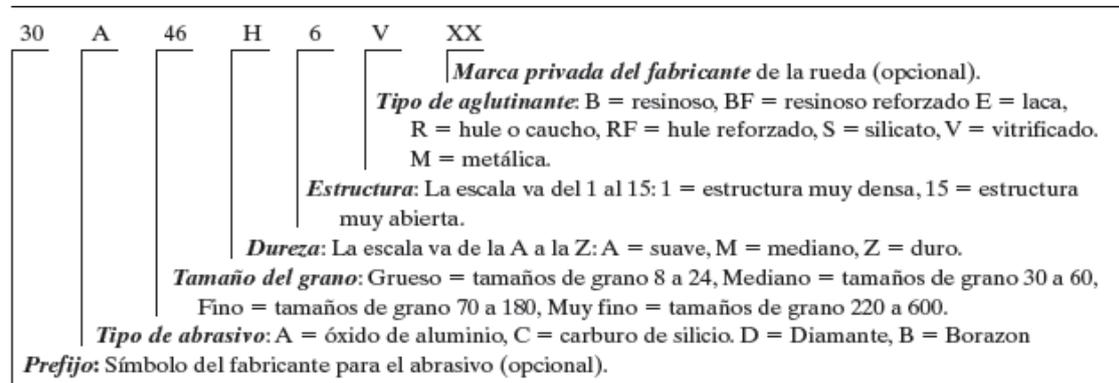


Figura 2.3 Sistema de identificación para ruedas abrasivas convencionales definido por la norma ANSI B74.13-1977 [1].

Entonces, la denominación de una rueda abrasiva se hace indicando su forma, dimensiones (diámetro exterior x ancho x diámetro interior) y finalmente, señalando sus características constitutivas.

Por ejemplo.- una rueda cilíndrica de 400 [mm] de diámetro exterior, 120 [mm] de diámetro de agujero y 50 [mm] de ancho, con abrasivo de corindón artificial, tamaño del grano 60, grado de dureza M, estructura 8 y aglomerante vitrificado, se indicará de acuerdo a la siguiente figura:

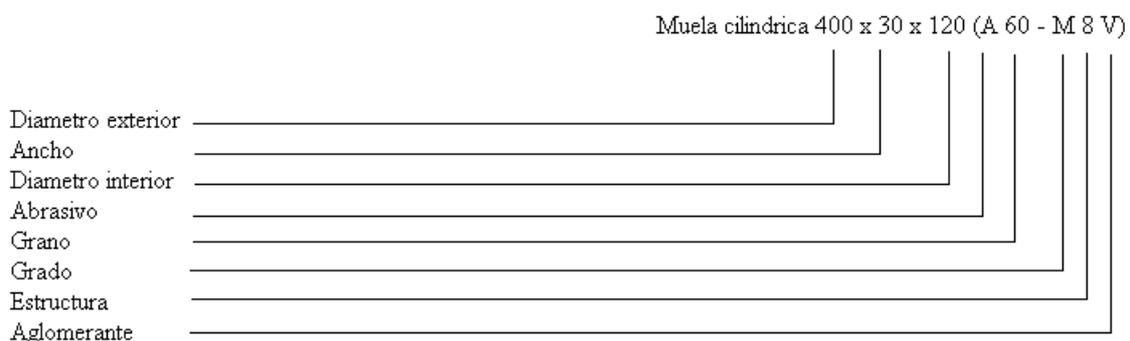


Figura 2.4 Denominación de una rueda abrasiva. Ejemplo.

Hoy en día se fabrica una amplia variedad de tipos y tamaños de piedras abrasivas y estos tipos o formas están normadas por la Organización Internacional de Normalización (ISO por sus siglas en ingles). En la Figura 2.5 y en la Tabla 2.4 se

muestran algunos ejemplos de las formas más comúnmente utilizados y el significado de los parámetros que las definen.

Tabla 2.4 Notación de las ruedas abrasivas [8].

Notación	
A	La anchura mas pequeña de los segmentos
B	Anchura de segmentos y piedras de bruñir
C	Altura de segmentos y piedras de bruñir
D	Diámetro exterior de muelas abrasivas
E	Espesor del centro
F	Profundidad del primer rebaje de la muela abrasiva
G	Profundidad del segundo rebaje de la muela abrasiva
H	Diámetro del agujero
HG	Diámetro de rosca en tuercas con rosca interior*
J	Diámetro de la superficie de contacto
K	Diámetro de la superficie de sujeción
L	Longitud de segmentos y piedras de bruñir
N	Profundidad de la conicidad de las muelas abrasivas
NG	Numero de tuercas con rosca interior*
P	1. Diámetro de rebaje de la muela abrasiva
P1	2. Diámetro de rebaje de la muela abrasiva
R	Radio
T	Anchura total
TG	Profundidad de las tuercas con rosca interior*
U	Pequeña anchura de muela cónica
V	Angulo de capa / de perfil
W	Grosor de pared / anchura de la pared abrasiva
	Superficie principal de trabajo

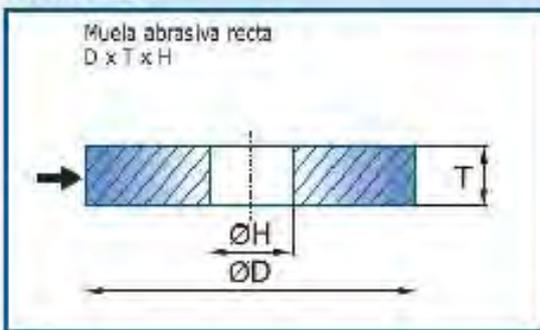
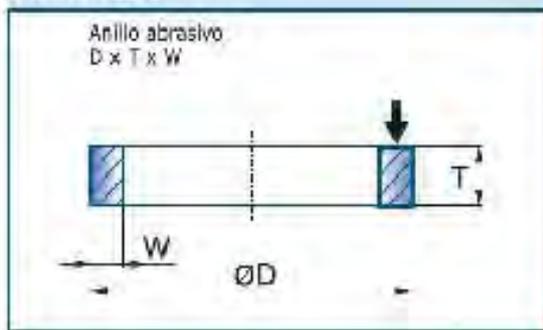
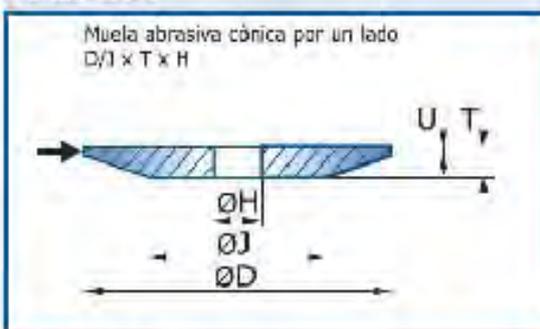
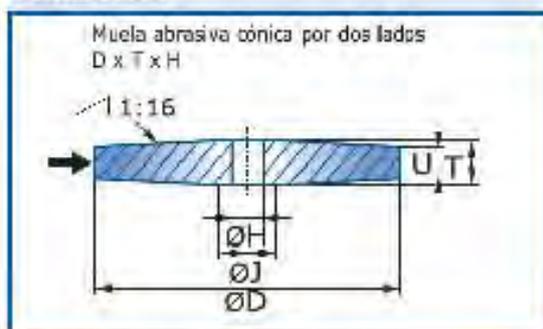
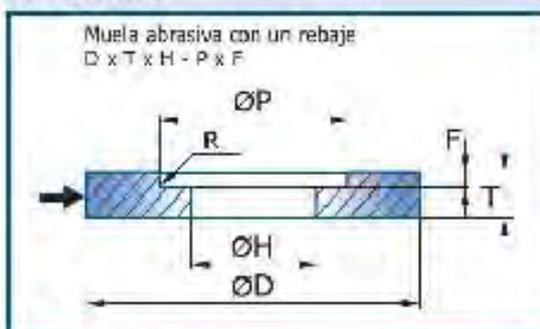
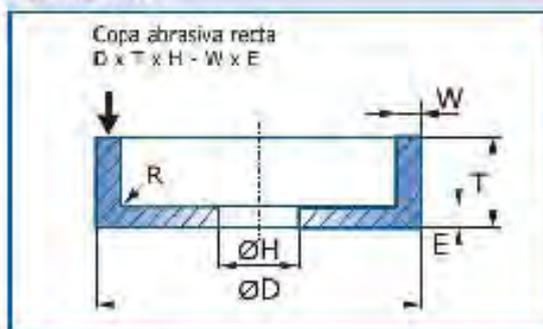
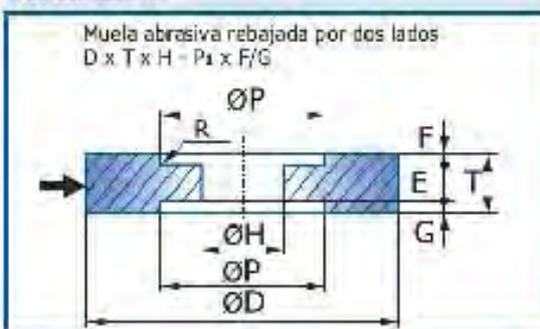
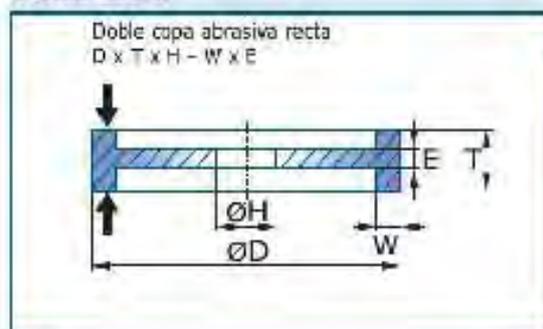
**Forma ISO 1****Forma ISO 2****Forma ISO 3****Forma ISO 4****Forma ISO 5****Forma ISO 6****Forma ISO 7****Forma ISO 9**

Figura 2.5 Algunos tipos de piedras abrasivas de acuerdo a la ISO [8]

## 2.2 Análisis del proceso de maquinado por abrasivos

Las condiciones de corte en el maquinado por abrasivos se caracterizan por velocidades muy altas y cortes muy pequeños.

Se usa la Figura 2.6 para ilustrar las características principales del proceso, la velocidad periférica de la rueda abrasiva se determina mediante la velocidad de rotación de la rueda:

$$v = \pi DN \quad \text{Ec.2.1}$$

Donde:

$v$  = velocidad lineal de la rueda, [m/min] (ft/min)

$N$  = velocidad de rotación del husillo, [rev/min]

$D$  = diámetro de la rueda, [m] (ft)

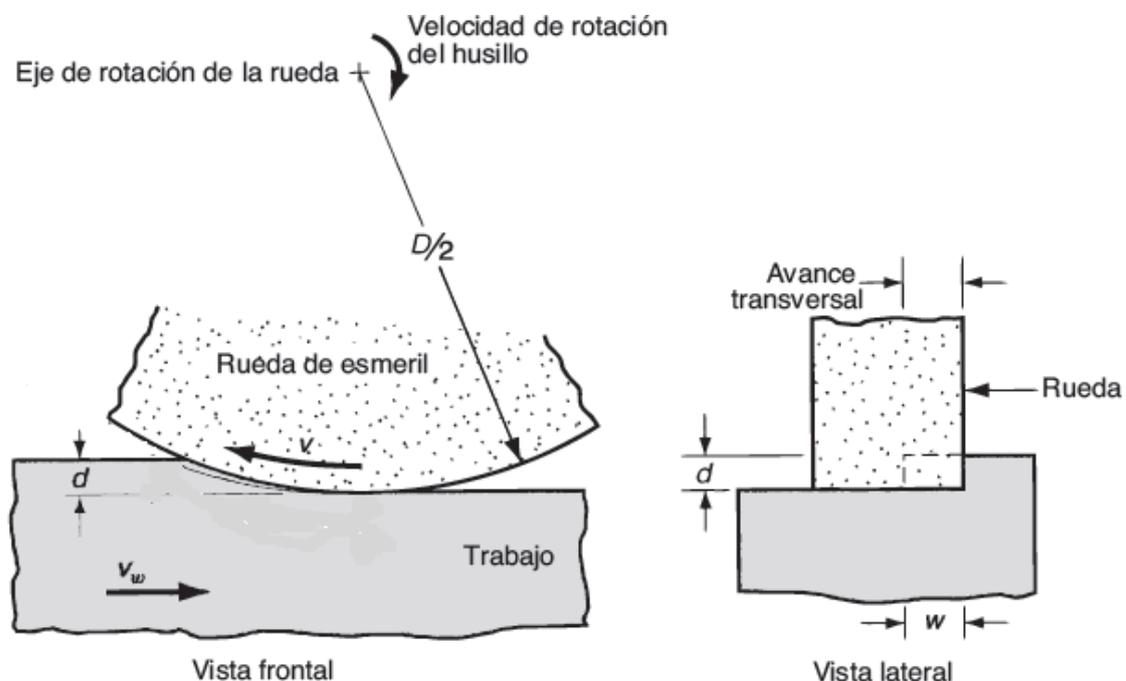


Figura 2.6 Esquema del maquinado por abrasivos de superficies planas; que muestra diversas variables del proceso. La figura ilustra el maquinado convencional [1]

La profundidad del corte  $d$ , es conocida como el avance radial, es decir, la penetración de la rueda dentro de la superficie de trabajo. Al proseguir la operación, la rueda abrasiva avanza lateralmente a través de la superficie en cada ciclo de trabajo. Esto se conoce como avance transversal y determina el ancho del maquinado en la Figura 2.6. Este ancho, multiplicado por la profundidad  $d$ , determinará el área de la sección transversal de corte.

En la mayoría de las operaciones de maquinado, el trabajo se mueve contra la rueda a una cierta velocidad  $v_w$ , de manera que la velocidad de remoción de material es:

$$R_{MR} = v_w w d \quad \text{Ec. 2.2}$$

En una operación de maquinado por abrasivos, lo que interesa es cómo se combinan las condiciones de corte con los parámetros de la rueda abrasiva para afectar los siguientes aspectos:

- 1) Acabado superficial
- 2) Fuerzas y energía
- 3) Temperatura de la superficie de trabajo

### 2.2.1 Acabado superficial

La mayor parte del maquinado por abrasivos se realiza para lograr acabados superficiales superiores a los que se pueden alcanzar con maquinado convencional. El acabado superficial de la pieza de trabajo lo afecta el tamaño de las virutas individuales que se forman durante el maquinado. Un factor obvio en la determinación del tamaño de viruta es el tamaño del grano; los tamaños más pequeños de grano generan mejores acabados superficiales.

### 2.2.2 Fuerzas y energía

Es fundamental conocer las fuerzas en el maquinado por abrasivos para:

- Calcular los requerimientos de potencia.
- Diseñar los equipos de maquinado, los soportes y dispositivos de sujeción de la pieza de trabajo.

Por lo general, las fuerzas en el maquinado por abrasivos son menores que las de las otras operaciones de maquinado tradicional, debido a las pequeñas dimensiones comprendidas.

La energía específica se define como la energía por unidad de volumen de corte de material. En el maquinado por abrasivos la energía específica es más grande que en el maquinado tradicional, atribuyéndose esto a que no todas las partículas abrasivas se involucran en el corte real. La Figura 2.7 reconoce tres tipos de acciones de los granos; a) granos de corte, en el cual los granos penetran de manera adecuada dentro de la superficie y remueven material; b) granos fracturados, el grano penetra dentro del trabajo pero no lo suficiente para causar corte, provocando que la superficie del trabajo se deforme y la energía se consume generando calor sin ninguna remoción de material; y c) fricción, en el cual el grano toca la superficie durante su recorrido pero solamente ocurre rozamiento, lo cual genera fricción consumiendo energía en forma de calor sin remover material.

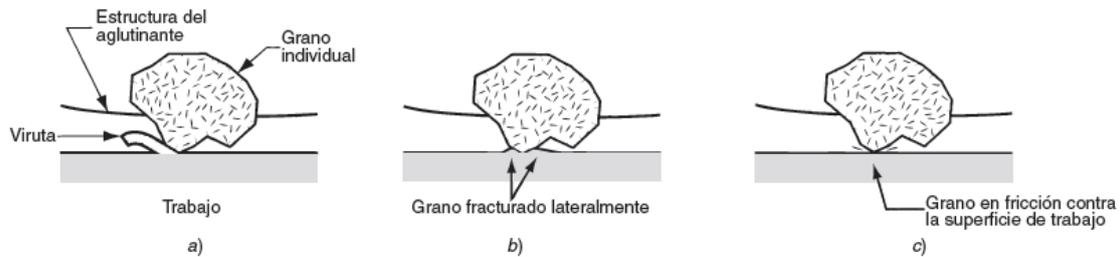


Figura 2.7 Acción de los granos en el esmerilado: a) corte, b) fractura, y c) fricción [1]

### 2.2.3 Temperatura en la superficie de trabajo

El maquinado por abrasivos se caracteriza por altas temperaturas y alta fricción. La mayor parte de la energía de esta operación permanece en la superficie trabajada, lo que ocasiona altas temperaturas en ella.

Las altas temperaturas superficiales tienen varios efectos dañinos posibles, principalmente quemaduras y grietas en la superficie. Las marcas de quemaduras aparecen como decoloraciones debidas a la oxidación.

Un segundo efecto térmico perjudicial es el ablandamiento de la superficie de trabajo. Muchas operaciones se realizan sobre piezas que han sido tratadas térmicamente para obtener alta dureza. Debido a las temperaturas del proceso puede ser que la superficie pierda algo de su dureza.

### 2.3 Lineamientos de aplicación

Existen muchas variables en el maquinado con abrasivos que afectan su desempeño y el éxito de la operación. La siguiente tabla muestra una serie de recomendaciones para seleccionar los parámetros apropiados de la rueda y las condiciones de corte.

Tabla 2.5 Lineamientos de aplicación para el esmerilado [1]

Problema u objetivo de la aplicación	Recomendación o lineamiento
Esmerilar acero y la mayoría de las aleaciones de hierro	Seleccione el óxido de aluminio como abrasivo.
Esmerilar la mayoría de los metales no ferrosos	Seleccione el carburo de silicio como abrasivo
Esmerilar aceros de herramienta endurecidos y ciertas aleaciones aeroespaciales	Seleccione el nitruro de boro cúbico (Borazón) como abrasivo.
Esmerilar materiales abrasivos duros, como cerámicos, carburos y vidrio	Seleccione el diamante como abrasivo
Esmerilar metales suaves	Seleccione un tamaño grande de grano y el grado de rueda más duro
Esmerilar metales duros	Seleccione un tamaño de grano pequeño y una dureza de rueda menor
Optimizar el acabado superficial	Seleccione una estructura de rueda densa con granos de tamaño pequeño. Use velocidades más altas ( $v$ ) y velocidades de trabajo bajas ( $v_w$ )
Maximizar la velocidad de remoción de material	Seleccione un tamaño grande de grano, estructura de rueda más abierta y aglutinante vitrificado
Minimizar el daño por calor, el agrietado y el torcido de la superficie de trabajo	Mantenga el filo de la rueda. Refrigere la rueda frecuentemente. Use profundidades de corte menores ( $d$ ), velocidades de rueda más bajas ( $v$ ), velocidades de trabajo más rápidas ( $v_w$ )
Si la rueda de esmeril se abrillanta y se quema	Seleccione una rueda de dureza menor y una estructura más abierta
Si la rueda de esmeril se rompe demasiado rápido	Seleccione una rueda de mayor dureza y una estructura más densa

## Capítulo 3

### Diseño y fabricación del equipo (Metodología GuiBonsiepe)

[4], [5], [6], [7]

Todo diseño se basa en la búsqueda de información relevante que resulte útil en la toma de decisiones para solucionar los problemas. Entender el diseño como proceso de decisiones implica la localización de criterios adecuados que permitan guiar al diseñador en las acciones más pertinentes.

“Lo metodológico, dice Bonsiepe, contribuye al desglosamiento de la complejidad en el diseño, dividiendo un problema en subproblemas”. [4]

Bonsiepe utiliza el concepto de proyectar como sinónimo de diseñar, aunque como el mismo afirma; lo importante es que ambas actividades pertenecen a un comportamiento similar: resolver problemas, donde los resultados de la proyección o diseño se manifiestan en productos.

Con base en lo anterior Bonsiepe define, las que en su metodología, son etapas del proceso proyectual:

1. Estructuración del problema
2. Diseño
3. Realización

#### 3.1 Estructuración del problema

##### 3.1.1 Localización de una necesidad

En la Facultad de Ingeniería, la División de Ingeniería Mecánica e Industrial requiere de un equipo con la capacidad de afilar las cuchillas de cizalla manual instaladas en los laboratorios de Ingeniería Mecánica.

##### 3.1.2 Valoración de la necesidad

En los laboratorios no se cuenta con un equipo que pueda realizar esta actividad adecuadamente.

### 3.1.3 Análisis del problema proyectual respecto a su justificación

El equipo es necesario pues hay prácticas de laboratorio que necesitan de las cizallas y sus elementos en óptimas condiciones. Desde un punto de vista de seguridad, una cuchilla mal afilada o desgastada no corta adecuadamente; dejando defectos en el material cortado se corre el riesgo de sufrir heridas a la hora de manipularlo.

Además, la actividad de corte de lámina metálica y otros materiales se realiza constantemente en los laboratorios.

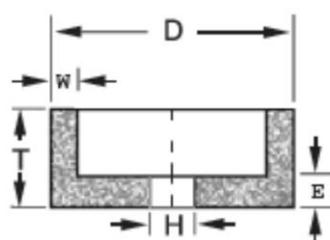
### 3.1.4 Definición del problema proyectual en términos generales

El proyecto tiene como objetivo diseñar y manufacturar un prototipo que permita realizar el afilado de las cuchillas de cizalla manual que se encuentran en los laboratorios de Ingeniería Mecánica.

### 3.1.5 Precisión del problema proyectual

La operación de afilado, como se vio en los capítulos anteriores, requiere de la adecuada selección y determinación de ciertos parámetros como: material de las cuchillas, forma y características de la piedra abrasiva, velocidad de la piedra, profundidad de corte de la piedra y velocidad de avance (puede ser atribuida a la pieza a trabajar o a la piedra abrasiva).

La forma y características de la piedra dependen del material de las cuchillas. La piedra será de óxido de aluminio, de acuerdo a las recomendaciones expuestas en la Tabla 2.5. Sus especificaciones serán mostradas en la siguiente figura.



**Tipo 6**

$$D = 4''$$

$$T = 1 \frac{1}{2}''$$

$$H = 1 \frac{1}{4}''$$

$$W = 20 \text{ mm}$$

$$E = 20 \text{ mm}$$

Tamaño de grano: grano fino 100-120

Figura 3.1 Especificaciones de la rueda abrasiva.

La velocidad de la piedra no deberá exceder las 7065 rpm, pues es la máxima velocidad de trabajo de la misma.

La geometría de las cuchillas es básica para el diseño del equipo: la cuchilla inferior presenta un ángulo de bisel de aproximadamente  $1.5^\circ$ . La geometría de la cuchilla se ilustra en la Figura 3.2.

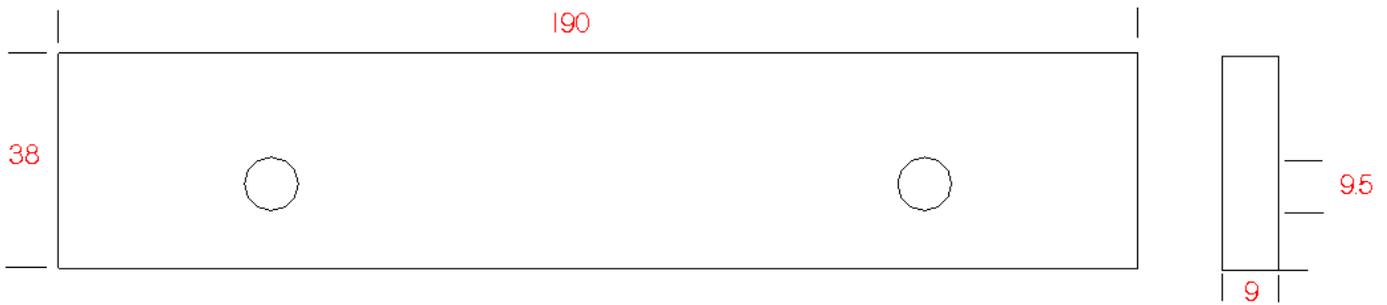


Figura 3.2 Cuchilla inferior recta (dimensiones en mm)

El equipo deberá cubrir estos requerimientos y deberá ser manufacturable en los laboratorios de Ingeniería Mecánica.

### 3.1.6 División de problemas en subproblemas

- Sistema de sujeción de la pieza
  - Material del sistema
  - Mecanismo para proporcionar los ángulos requeridos
  - Base del sistema
- Sistema de movimiento de avance
  - Base del sistema
  - Guías
  - Elemento que proporciona el movimiento
- Sistema de profundidad de corte
  - Mecanismo para proporcionar la penetración
  - Base del sistema
- Estructura base de todos los sistemas

### 3.1.7 Jerarquización de los problemas

- Determinar el modo de sujeción de la pieza.
- Diseñar el mecanismo que proporcionara los ángulos.
- Determinar cómo y a quien se le atribuirá el movimiento de avance.

### 3.1.8 Análisis de soluciones existentes

En el afilado generalmente la cuchilla se sujeta en una orientación horizontal, pudiéndose girar esta mediante un mecanismo para proporcionar el ángulo de bisel. Existen dos configuraciones para realizar la operación de afilado, el maquinado periférico; se realiza girando la rueda en un eje horizontal, y el maquinado frontal; se realiza girando la rueda en un eje vertical. En cualquier caso, el avance de la cuchilla se logra mediante un movimiento oscilante frente a la rueda.

En la máquina de husillo horizontal con mesa oscilante (Figura 3.3), el afilado se realiza haciendo oscilar la pieza en forma longitudinal bajo la rueda a una profundidad muy pequeña (avance normal) y haciendo avanzar la rueda en forma transversal dentro del trabajo una cierta distancia entre cada recorrido.

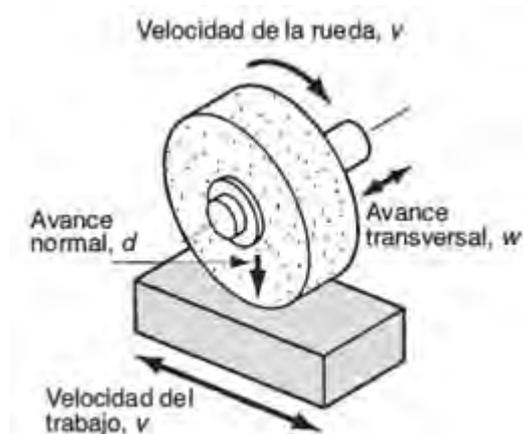


Figura 3.3 máquina de husillo horizontal con mesa oscilante [1].

La máquina con husillo vertical y mesa oscilante (Figura 3.4) se montan para que el diámetro de la rueda sea mayor que el ancho de la pieza de trabajo. En consecuencia, estas operaciones pueden realizarse sin necesidad de usar un movimiento de avance transversal. En su lugar, el afilado se realiza haciendo oscilar el trabajo enfrente de la rueda y haciendo avanzar la rueda verticalmente en el trabajo a la dimensión deseada. Esta configuración es capaz de lograr una superficie muy plana en el trabajo.

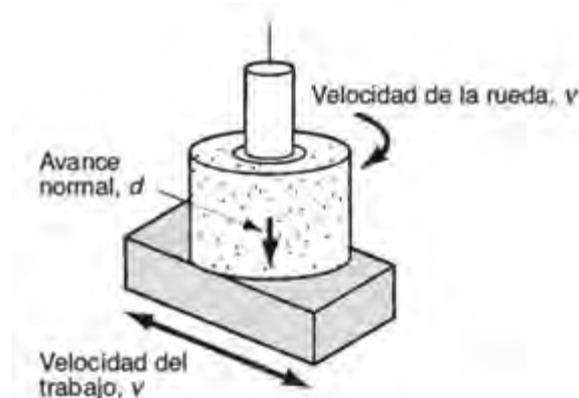


Figura 3.4 máquina de husillo vertical con mesa oscilante [1].

## 3.2 Diseño y fabricación

### 3.2.1 Desarrollo de alternativas o ideas básicas

Primeramente deberá seleccionarse la configuración del equipo de afilado que mejor se adapte a las características del problema y a los medios para solucionarlo.

El equipo será una combinación de ambas soluciones existentes. Utilizará un husillo horizontal y trabajara con una piedra cuyo diámetro sea mayor al ancho de la pieza, esto debido a que no es necesario un avance transversal (utilizado en la maquina con husillo horizontal) por las dimensiones de las cuchillas.

Una vez definida la configuración del equipo este deberá componerse primordialmente de tres sistemas.

- a) El sistema de sujeción de la pieza. Deberá ser capaz de proporcionar los ángulos de bisel requeridos por las cuchillas a través de un mecanismo. Estas alternativas consisten de una superficie plana con un par de ranuras. Las ranuras deberán coincidir con la posición de los barrenos presentes en las cuchillas y a través de estas se sujetaran las piezas. En la Figura 3.5 se muestra el boceto de tres alternativas de mecanismo para proporcionar el ángulo requerido. Estas tres alternativas comparten la placa ranurada mencionada en el párrafo anterior. Dichas alternativas se detallaran más adelante.
- b) El sistema de profundidad de corte. La profundidad de corte será proporcionada por el elemento cortante del sistema, es decir, la piedra abrasiva. Por tanto la profundidad de corte será atribuida al conjunto motor-piedra. (ver Figura 3.6)

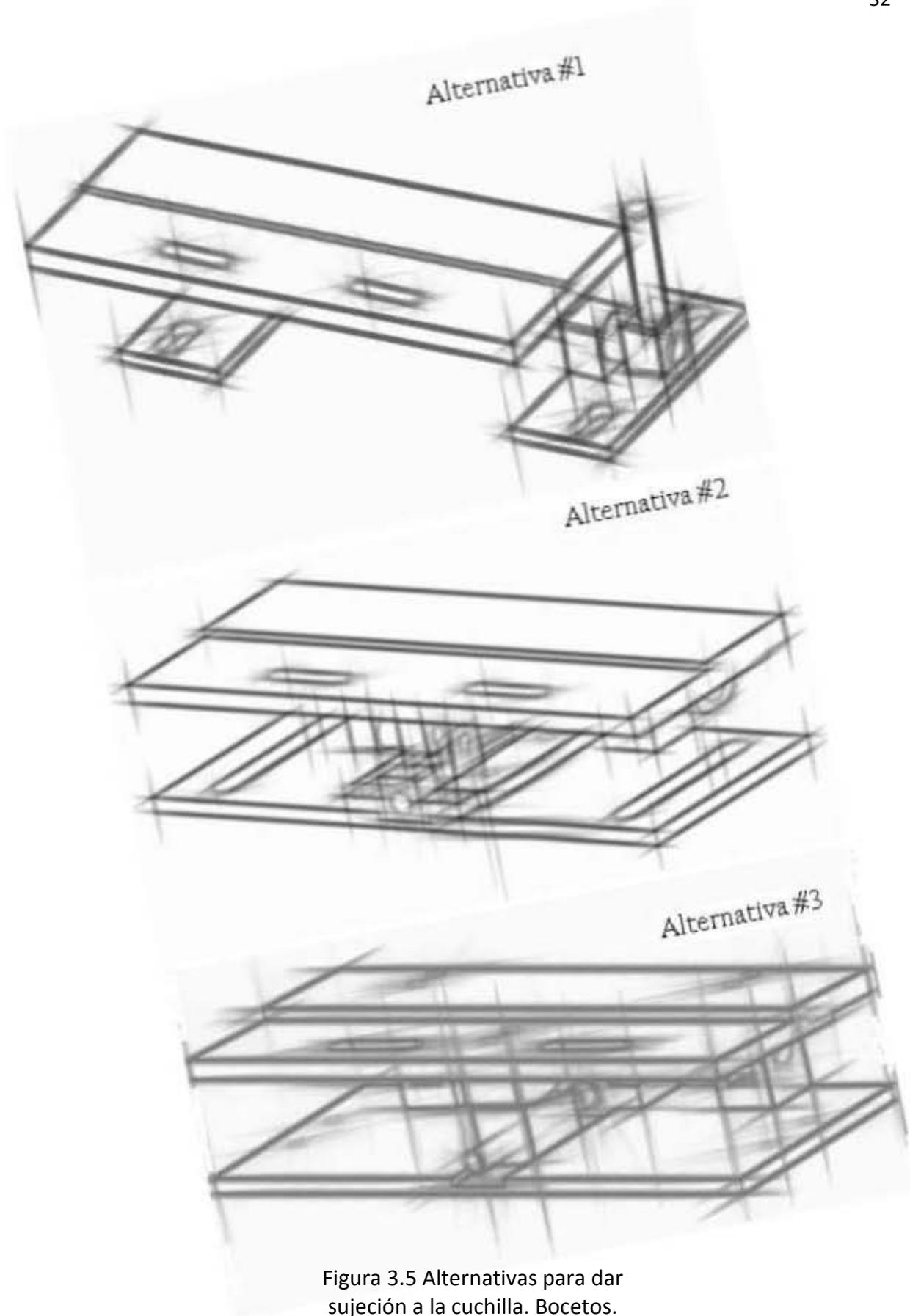


Figura 3.5 Alternativas para dar sujeción a la cuchilla. Bocetos.

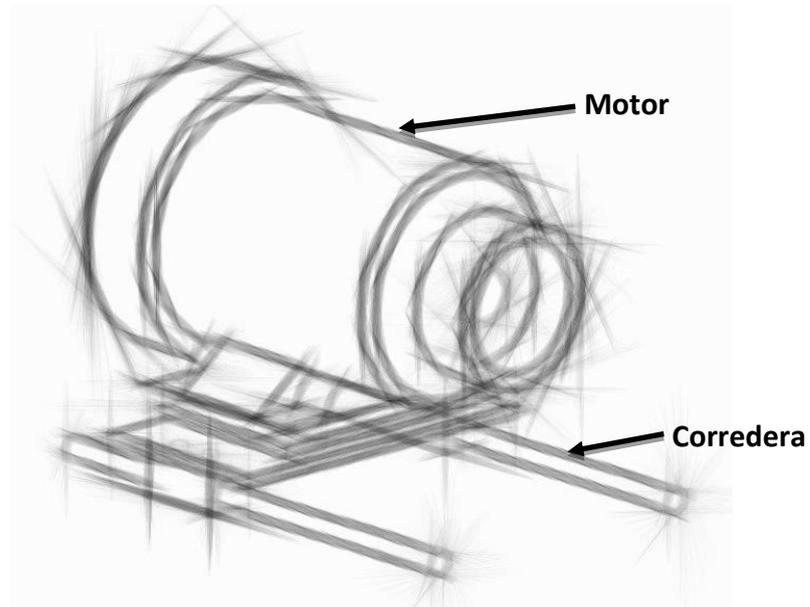


Figura 3.6 El conjunto motor-piedra se apoyara sobre una corredera.  
Boceto.

- c) El sistema de velocidad de avance. El avance podrá ser atribuido a la cuchilla o al conjunto motor-piedra. Este sistema se conformará por un conjunto de guías y rodamientos. Los bocetos se muestran en la Figura 3.7 y Figura 3.8.

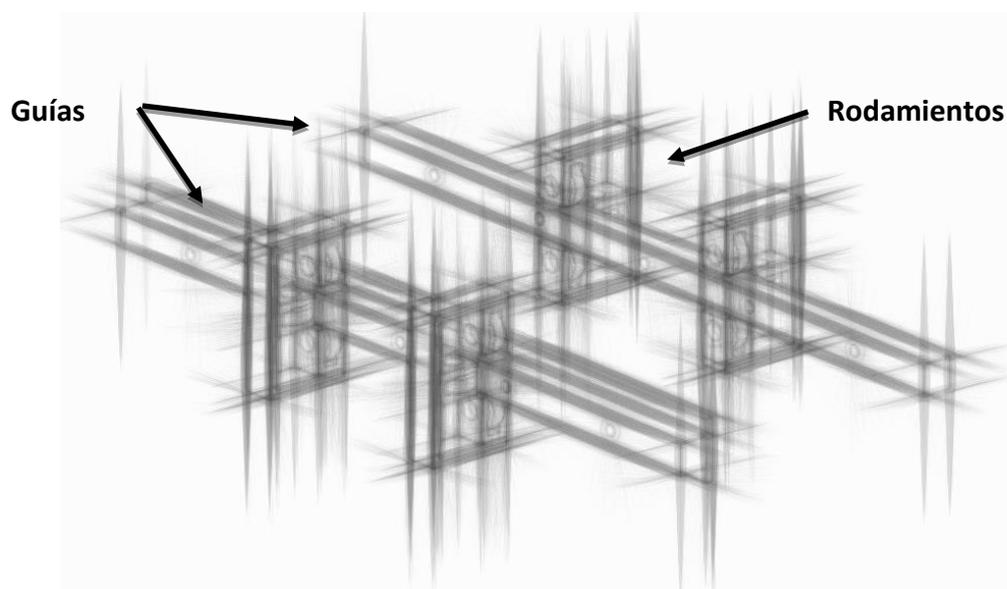


Figura 3.7 Avance atribuido al motor. Guías y rodamientos.  
Boceto.

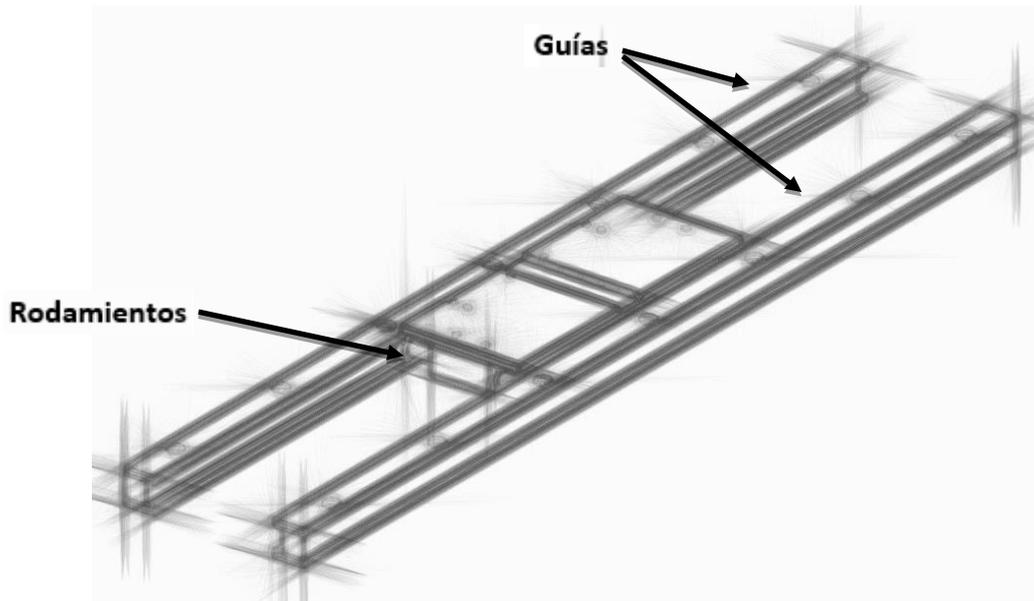


Figura 3.8 Avance atribuido al sistema de sujeción de la cuchilla. Guías y rodamientos. Boceto.

### 3.2.2 Examen de alternativas

#### ➤ Sistemas de sujeción:

##### Sistema #1

En esta alternativa, el mecanismo que proporcionaría los ángulos requeridos consistiría básicamente de una manivela anclada a un eje, la cual haría rotar la placa ranurada. Ver Figura 3.9.

La marcación del ángulo se visualizaría a través de una pieza cilíndrica graduada.

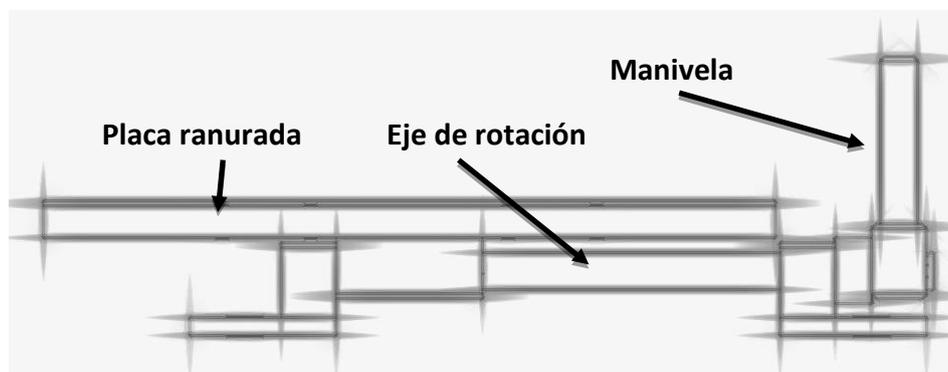


Figura 3.9 Alternativa #1

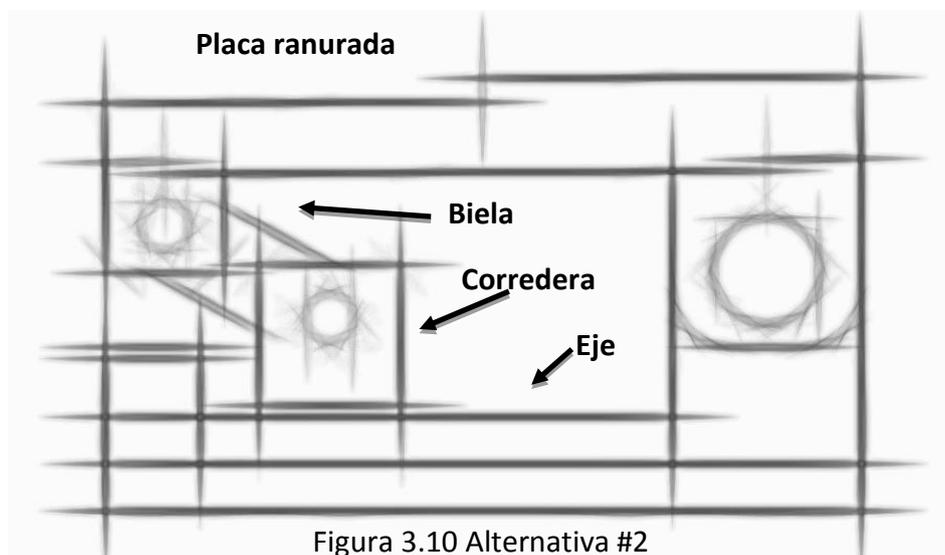
Funcionalmente podría presentar deficiencias pues la fuerza de corte podría hacer variar el ángulo ya que el mecanismo podría presentar juego en los ensambles, es necesario un muy buen manejo de ajustes mecánicos.

Se necesitaría adquirir el material necesario para fabricar el sistema así como la herramienta adecuada para realizar el maquinado.

Es un diseño sencillo, que no requeriría de mucho tiempo, trabajo y costo. Sin embargo su funcionalidad está en duda.

#### Sistema #2

En esta propuesta el encargado de proporcionar la inclinación a la placa es un mecanismo biela-corredera. Constaría de un eje roscado que haría mover una pieza como corredera, a su vez esta corredera transmitiría un movimiento vertical a la placa a través de una biela. La placa estaría ensamblada en uno de sus extremos por piezas que le permitieran realizar un movimiento angular. Ver Figura 3.10.



Para esta alternativa habría que diseñar el mecanismo que permitiera realizar estos movimientos. Además se tendría una restricción en la altura de dicho sistema pues si es "muy alto" la fuerza de empuje de la piedra podría causar un gran momento.

Se necesitaría adquirir el material necesario para fabricar el sistema así como la herramienta adecuada para maquinarlo.

Si bien el mecanismo biela-corredera es una opción bastante confiable este necesitaría un análisis por separado, además habría que tener en cuenta la restricción en por lo menos una de las dimensiones del sistema. Una restricción en dimensiones podría limitar el adecuado funcionamiento del mecanismo.

Es un diseño convincente aunque llevaría tiempo y trabajo en su fabricación, sin mencionar la posible complicación que podría presentar el diseño del mecanismo biela manivela.

### Sistema #3

Para este sistema se siguió la idea del Sistema #2. En esta alternativa se manejan los mismos movimientos que se obtendrían con el mecanismo biela-manivela. La placa estaría anclada en uno de sus extremos por piezas que le permitieran desarrollar un movimiento angular. En este caso el mecanismo se reemplazaría por una cuña (cumpliría la función de la corredera) y una pieza que proporcionara un movimiento vertical (como lo haría la biela) para la elevación de la placa. Ver Figura 3.11.

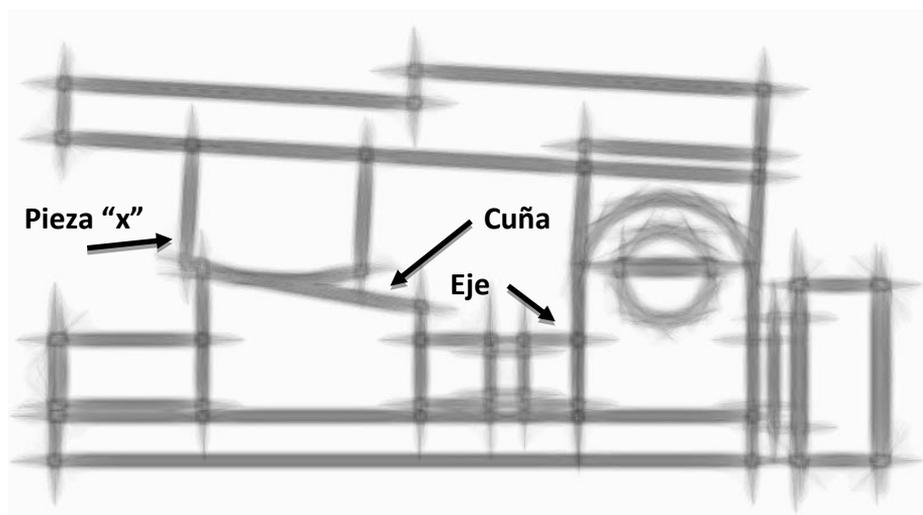


Figura 3.11 Alternativa #3

En esta alternativa no habría que diseñar un mecanismo como tal, bastaría con definir adecuadamente las dimensiones de las piezas para poder obtener los ángulos requeridos, siempre teniendo cuidado con las dimensiones finales del sistema.

Se necesitaría adquirir el material necesario para fabricar el sistema así como la herramienta adecuada para maquinarlo.

Es un diseño tentativo pues no necesitaría de muchas piezas, eso ahorraría tiempo de maquinado y costos de material.

➤ Sistema de profundidad de corte

Quedó establecido que la profundidad de corte será atribuida al conjunto motor-piedra, solo habría que desarrollar de manera mas técnica la idea establecida en el boceto de la Figura 3.6, el cual constará de un par de ejes guías.

➤ Sistema de velocidad de avance:

Avance atribuido al motor

En la Figura 3.12 se presenta un boceto más detallado de un elemento que aparece en la Figura 3.7 de manera poco clara. Se trata de un conjunto de rodamientos montados sobre un soporte los cuales permitirían desplazar al conjunto motor-piedra sobre un par de rieles o guías. Se necesita que el conjunto motor-piedra tenga un movimiento estrictamente lineal sobre las guías, esto se conseguiría con la configuración mostrada del elemento pues se cancelarían los grados de libertad innecesarios.

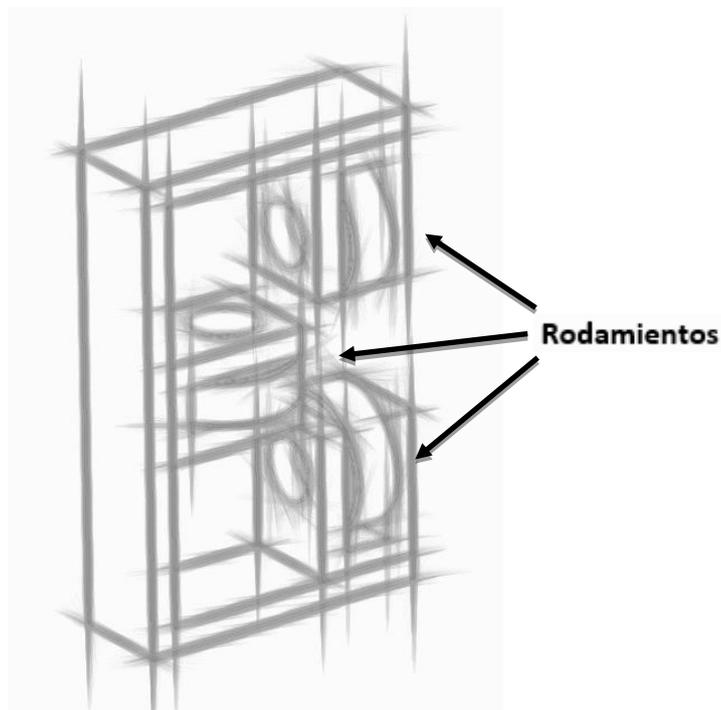


Figura 3.12(Alternativa #1) Soporte con rodamientos. Brinda movimiento lineal al conjunto motor-piedra. Boceto.

Esta propuesta es muy confiable pues es un conjunto que se utiliza comúnmente en los carros de las montañas rusas, los cuales necesitan precisamente cancelar ciertos grados de libertad y desplazarse únicamente sobre los rieles de la misma.

Se necesitaría un tiempo considerable para poder fabricar un elemento como este pues constaría de varias piezas, hay que recordar que todo debe ser manufacturable en los laboratorios de la DIMEI.

Avance atribuido al sistema de sujeción

Para esta alternativa se piensa en un conjunto de elementos sobre el cual se puede montar el sistema de sujeción. Este conjunto debe incluir un par de rieles o guías, así como rodamientos para poder proporcionar el movimiento lineal requerido. Se propone una especie de “carrito”, el cual consiste en un par de ejes sobre los cuales se montarían rodamientos, además de una placa donde se monta el sistema de sujeción. Ver Figura 3.13.

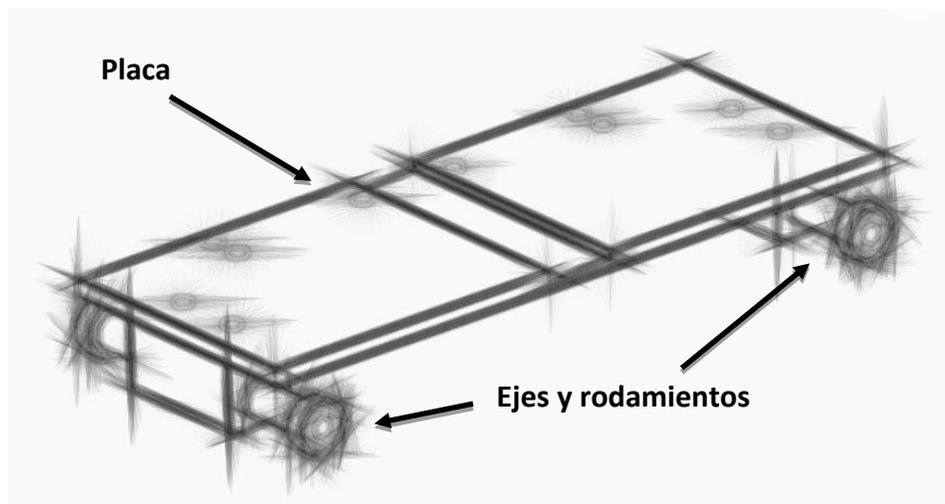


Figura 3.13(Alternativa #2)Base con rodamientos sobre la cual se montaría el sistema de sujeción. Boceto.

En cuanto a la guía, esta tendría un perfil en “C” para cancelar los grados de libertad innecesarios.

Es una propuesta sencilla que no incluye muchas piezas, y por lo tanto, ahorraría tiempo de manufactura. Se tendrían que escoger los rodamientos que cumplan con los requerimientos de carga que se presentasen al momento del afilado.

### 3.2.3 Selección de mejores alternativas

Se asignan valores de calificación a una lista de parámetros, estos parámetros estarán redactados de manera tal que se elegirá la o las alternativas con mayor puntaje.

La puntuación se asignará de manera comparativa, es decir, las alternativas se someterán a cada parámetro y la alternativa que mejor cumpla dicho parámetro obtendrá la mayor puntuación.

Los parámetros y las puntuaciones se muestran en la Tabla 3.1 para el sistema de sujeción, y, en la Tabla 3.2 para el sistema de avance.

Tabla 3.1 Matriz de decisión para el sistema de sujeción.

Sistemas de sujeción			
Parámetro	Alternativa #1	Alternativa #2	Alternativa #3
Facilidad de diseño	10	7	8
Facilidad de fabricación	10	7	8
Fiabilidad	10	10	10
Economía	8	7	8
Funcionalidad	6	9	10
Seguridad de operación	6	9	9
Peso del sistema	7	9	9
Duración	8	8	8
<b>Puntuación</b>	<b>63</b>	<b>66</b>	<b>70</b>

La alternativa con mayor puntaje para el sistema de sujeción resultó ser la alternativa #3. Si se analizan las puntuaciones se entenderá mejor el porqué de este resultado.

Si bien esta alternativa no es tan fácil de fabricar como la alternativa #1, tampoco es complicada como la alternativa #2. Las alternativas #2 y #3 son bastante parecidas, cumplen de igual manera algunos parámetros importantes, como son: funcionalidad, fiabilidad y costos, contrario a la alternativa #1.

Sin embargo, la facilidad de diseño y la facilidad de fabricación, son los parámetros que al final inclinan la balanza a favor del sistema de sujeción alternativo #3.

Tabla 3.2 Matriz de decisión para el sistema de avance.

<b>Sistema de avance</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Alternativa #1</b>	<b>Alternativa #2</b>
<b>Facilidad de diseño</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Facilidad de fabricación</b>	<b>7</b>	<b>10</b>
<b>Fiabilidad</b>	<b>9</b>	<b>9</b>
<b>Economía</b>	<b>7</b>	<b>9</b>
<b>Funcionalidad</b>	<b>10</b>	<b>9</b>
<b>Seguridad de operación</b>	<b>9</b>	<b>9</b>
<b>Peso del sistema</b>	<b>9</b>	<b>8</b>
<b>Duración</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>Puntuación</b>	<b>68</b>	<b>73</b>

La alternativa con mayor puntaje para el sistema de avance resultó ser la #2. Se revisarán las puntuaciones para entender este resultado.

Estas alternativas son parecidas, pues ambas se basan en la idea de utilizar carriles o guías así como rodamientos. Ambas cumplen de la misma manera algunos parámetros como: funcionalidad, fiabilidad y seguridad de operación. Hay que aclarar que la alternativa #1 es más costosa, pues requeriría de más elementos para su fabricación.

De nuevo, los parámetros que hacen la diferencia en la selección de la mejor alternativa, son la facilidad de diseño y por lo tanto la facilidad de fabricación.

### 3.2.4 Detallar alternativa(s) seleccionada

Sistema de sujeción. Alternativa #3.

Para dimensionar y seleccionar los materiales adecuados que se utilizan, es necesario conocer las sollicitaciones a las que se ve sometido el sistema de sujeción. Dichas sollicitaciones son las fuerzas presentes en el maquinado por abrasivos, las cuales se calculan a continuación.

Donde:

$F_c$ =Fuerza de corte (fuerza tangencial al disco o piedra)

$F_n$ = La fuerza de empuje

$P$ = Potencia del motor

$T$ = Torque

$D$ = Diámetro

$\omega$ = Velocidad angular

$$P = T * \omega \quad ; \quad P = 0.5 \text{ HP} \quad (1 \text{ HP} = 745.7 \text{ W})$$

$$\omega = 3450 \text{ rpm} \quad \left( 1 \text{ rpm} = \frac{2\pi \text{ rad}}{60 \text{ s}} \right)$$

$$T = \frac{P}{\omega} = \frac{0.5(745.7)}{115\pi}$$

$$T = 1.032 \text{ [N} \cdot \text{m]}$$

$$T = F_c * D/2 \quad ; \quad D = 4 \text{ [in]}(10.16 \text{ [cm]})$$

$$F_c = \frac{2 * T}{D} = \frac{2 * 1.032}{0.1016}$$

$$\therefore F_c = 20.315 \text{ [N]}$$

*“...puede calcularse observando, con base en datos experimentales de la bibliografía técnica, que es aproximadamente 30% más alta que la fuerza de corte ( $F_c$ ).” [2]*

Por consiguiente,

$$F_n = 1.3 F_c$$

$$F_n = 1.3 (20.315)$$

$$\therefore F_n = 26.4095 \text{ [N]}$$

Se confirma que las fuerzas de corte involucradas en el maquinado con abrasivos son relativamente pequeñas, como se mencionó en el Capítulo 2.

Se dimensionan las piezas y se analiza el mecanismo propuesto utilizando un software CAD (las dimensiones se muestran en pulgadas).

Las dimensiones se verán limitadas por el material con el que se cuenta: barra cuadrada de 1", barra cuadrada de 0.75", barra circular de  $F=0.75$ " y barra circular de  $F=1$ ".

Se deberá adquirir el material necesario para las piezas que así lo requieran.

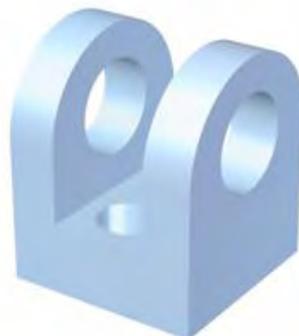
### Sistema de sujeción. Alternativa #3

Este sistema necesita un conjunto de piezas que pueda proporcionar a la placa, en donde se apoyará la cuchilla, un movimiento angular.

La solución propuesta se presenta en las siguientes figuras (Figura 3.14 y Figura 3.15).



Figura 3.14 Oreja, pieza que se ensambla a la placa



y que le permite realizar el movimiento angular.

Figura 3.15 Macho de la oreja, pieza que se ensambla a la placa base y contendrá a la oreja.

Para proporcionar los ángulos requeridos se plantean las siguientes piezas.



Figura 3.16 Cuña, pieza por la cual se desliza un seguidor.



Figura 3.17 Seguidor, pieza que se desliza sobre la cuña y proporcionara el ángulo a la placa.



Figura.3.18 Eje roscado, este eje proporciona a la rampa un movimiento lineal, el cual permite deslizar al seguidor.

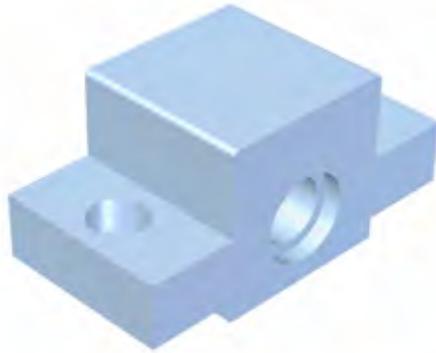
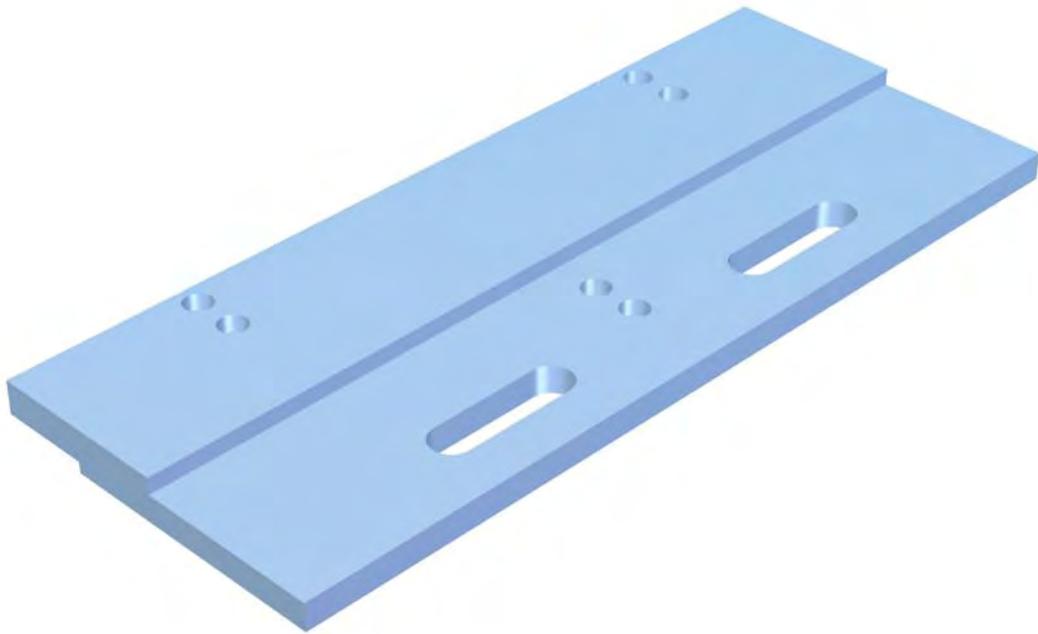


Figura 3.19 Soporte eje roscado, esta pieza permite sujetar al eje roscado para mantenerlo fijo y que este solo pueda rotar.



Figura 3.20 Volante, esta pieza al ensamblarse con el eje roscado le permite mantenerlo fijo.

A continuación se presentan las placas de sujeción y base del sistema.



---

Figura 3.21 Placa de sujeción, en esta pieza se montan las cuchillas y se ensamblan algunas piezas del mecanismo.

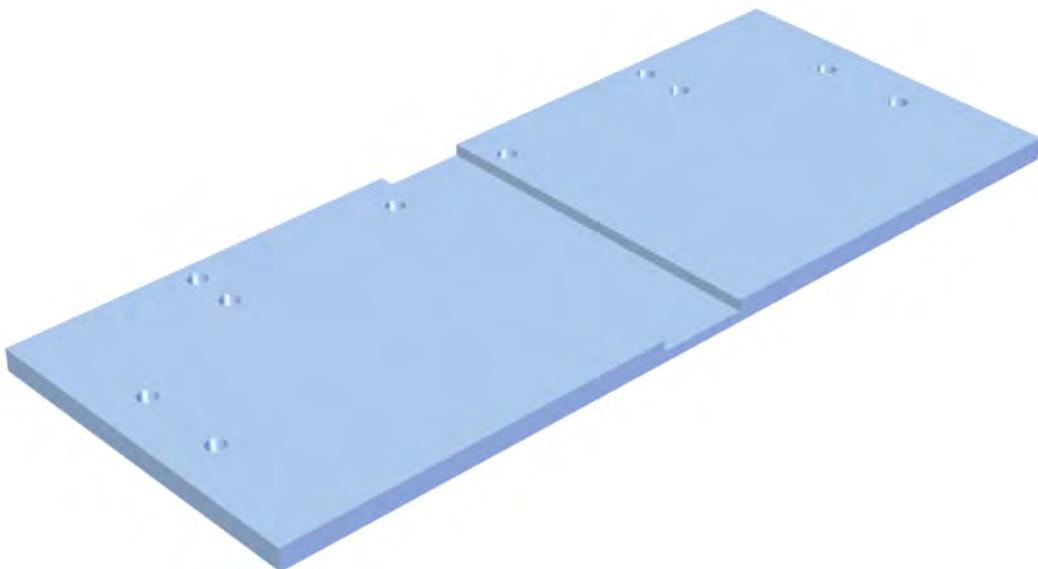


Figura 3.22 Placa base, esta pieza es la base del mecanismo y en ella se ensamblan piezas del sistema de avance seleccionado.

En la siguientes figuras 3.23 y 3.24 se muestran; el ensamble del sistema de sujeción y el movimiento que se genera con el mecanismo propuesto.

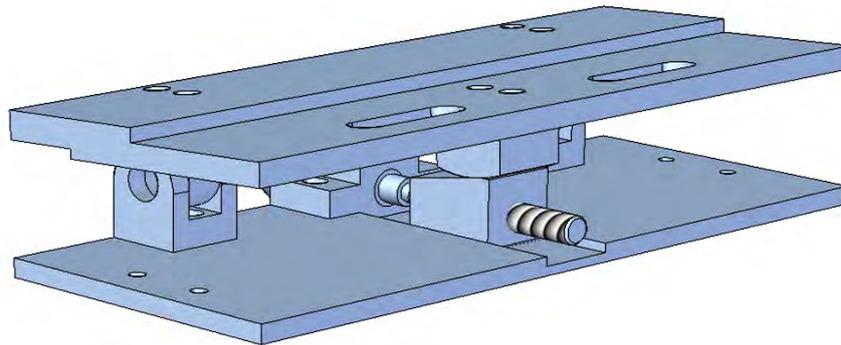


Figura 3.23 Ensamble del sistema de sujeción.

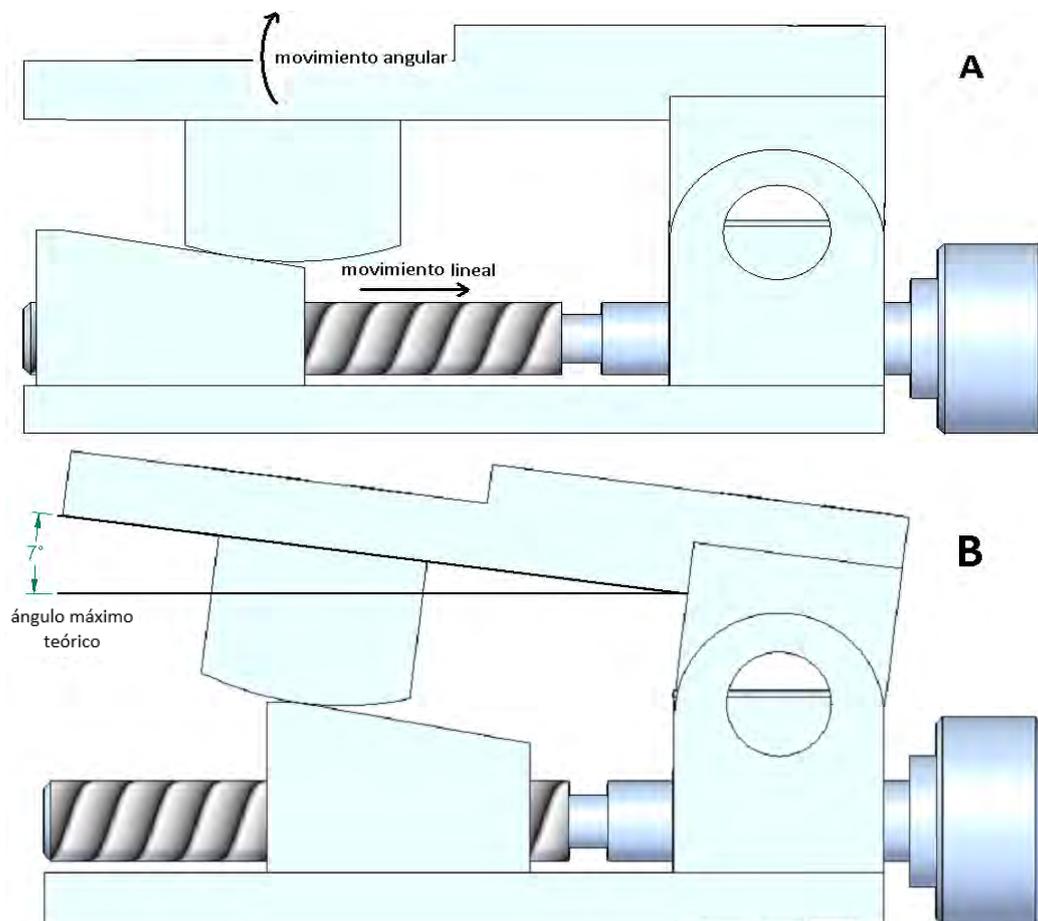


Figura 3.24 Mecanismo (vista lateral); A) descripción de los movimientos, B) posición final, se muestra el ángulo generado.

Una vez analizado el mecanismo, se procede a trabajar sobre el sistema de avance del mismo.

### Sistema de Avance. Alternativa #2

Anteriormente se planteó la idea de un “carrito” para proporcionar el avance de la cuchilla. Esta idea consiste en un elemento capaz de albergar al sistema de sujeción, así como piezas que brinden un movimiento lineal.

Además de la placa base (en la cual se ensamblan piezas del mecanismo) se diseñaron las siguientes piezas con el objetivo de proporcionar el movimiento lineal.



Figura 3.25 Camisa del eje, esta pieza va ensamblada a la placa base y es el apoyo para el eje.

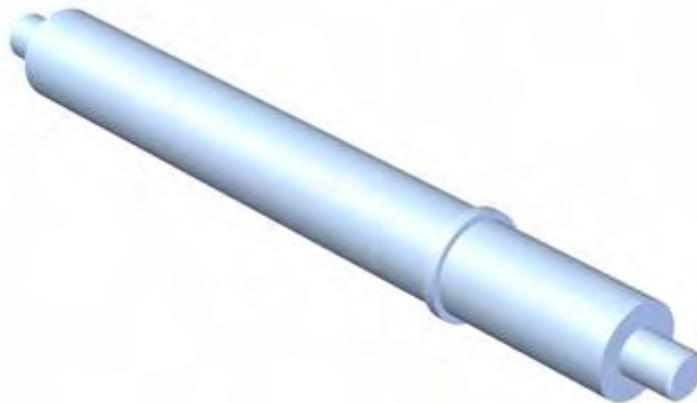


Figura 3.26 Eje, se encarga de dar soporte al sistema de avance, además de incluir los rodamientos encargados de brindar el movimiento requerido.

Se diseña un compensador, figura 3.27. Esta pieza, mediante un resorte contenido en un bloque, mantiene a dos de los rodamientos del sistema de avance siempre en contacto con una cara interna de uno de los rieles; de esta manera el resorte compensa y/o absorbe cualquier distorsión que el riel pudiera tener. También se incluyen rodamientos (transversales a los rodamientos del carrito) debido a la fuerza ocasionada por el resorte, para dar un desplazamiento más fluido.

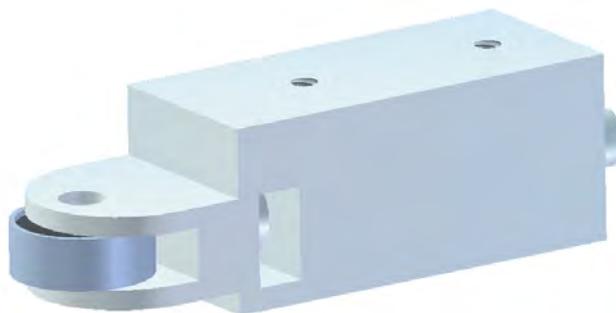


Figura 3.27 Compensador

A continuación se muestra el ensamble de una parte del sistema de avance seleccionado. Se aprecia mejor la función de la pieza denominada compensador.

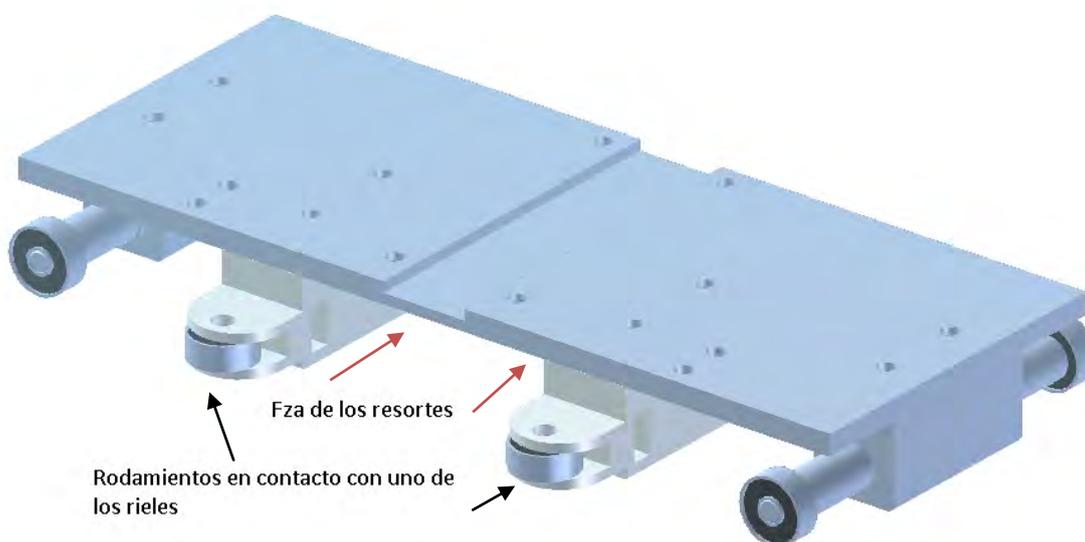


Figura 3.28 Ensamble del “carrito”, conformado por: placa base, camisa del eje, eje, rodamientos y compensador.

Los rodamientos seleccionados son R4A-ZZ los cuales cumplen con los requerimientos de carga y se adaptan a las dimensiones del sistema que los contiene, sus especificaciones se muestran en la tabla 3.3.

Tabla 3.3 especificaciones del rodamiento R4A-ZZ

Diámetro del agujero [pulgadas]	Diámetro exterior [pulgadas]	Ancho [pulgadas]	Designación básica	Capacidad de carga dinámica [N]	Capacidad de carga estática [N]	Límite de velocidad [rpm]
1/4	3/4	9/32	R4A-ZZ	1030	2530	32000

Por otra parte, el carril o guía tendrá perfil de "C". Este perfil se conseguirá utilizando como material de partida barra cuadrada de 1 [in].

En la siguiente figura se muestra una vista tridimensional del riel en "C".

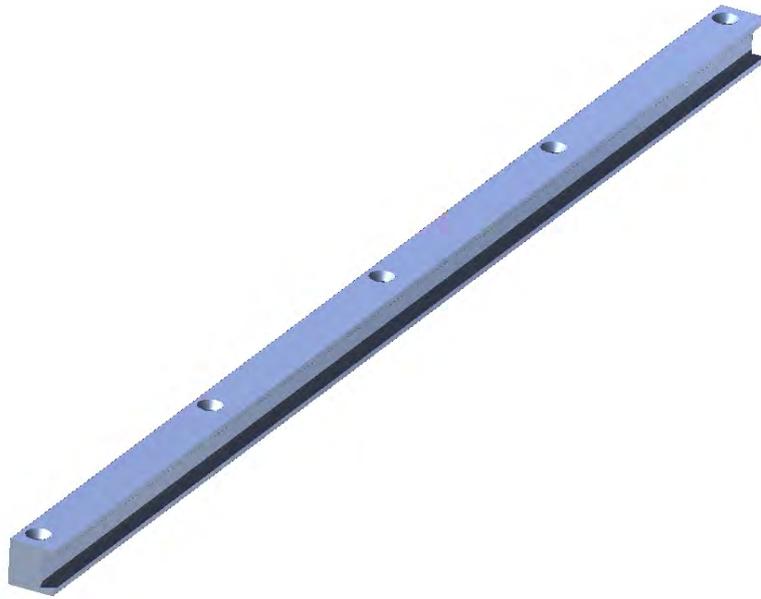


Figura 3.29 Vista isométrico del carril en "C".

Una vez definido el sistema de avance se realiza un ensamble de todas las partes. Este ensamble muestra mas claramente como se realizará el movimiento lineal, como se ve en la figura 3.30.

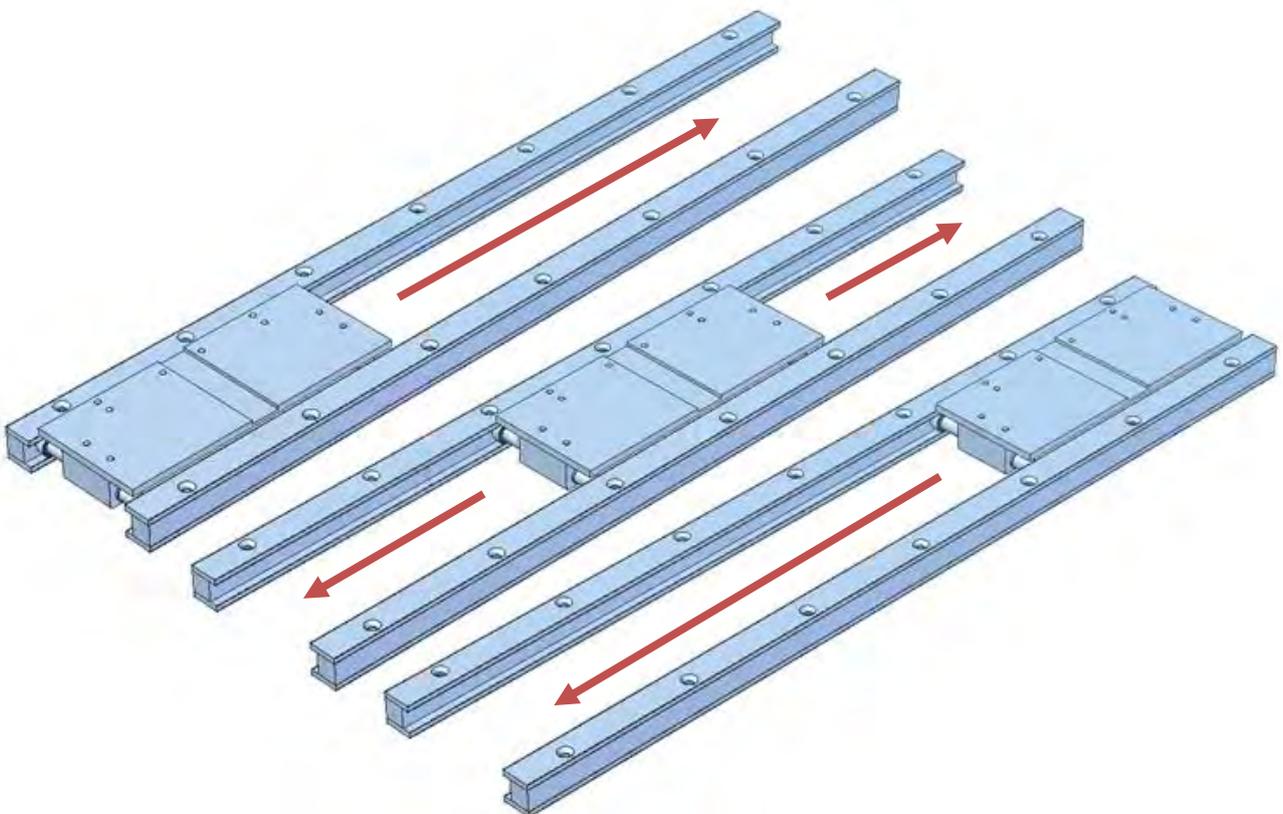


Figura 3.30 Ensamble de las partes del sistema de avance. Se muestran algunas posiciones de la trayectoria que seguiría el sistema de sujeción

La siguientes figuras 3.31 y 3.32 muestran como se ve el sistema de sujecion ensamblado al "carrito", que forma parte del sistema de avance.

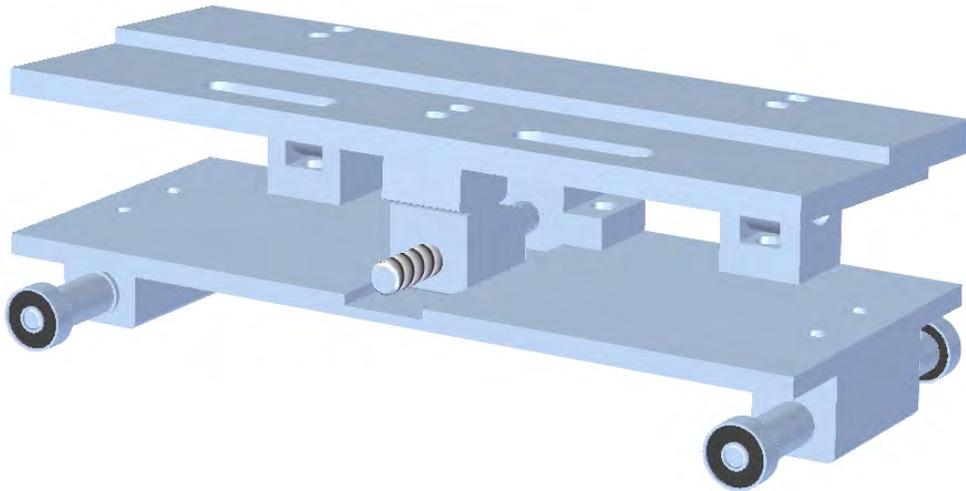


Figura 3.31 Ensamble: sistema de sujecion y sistema de avance.

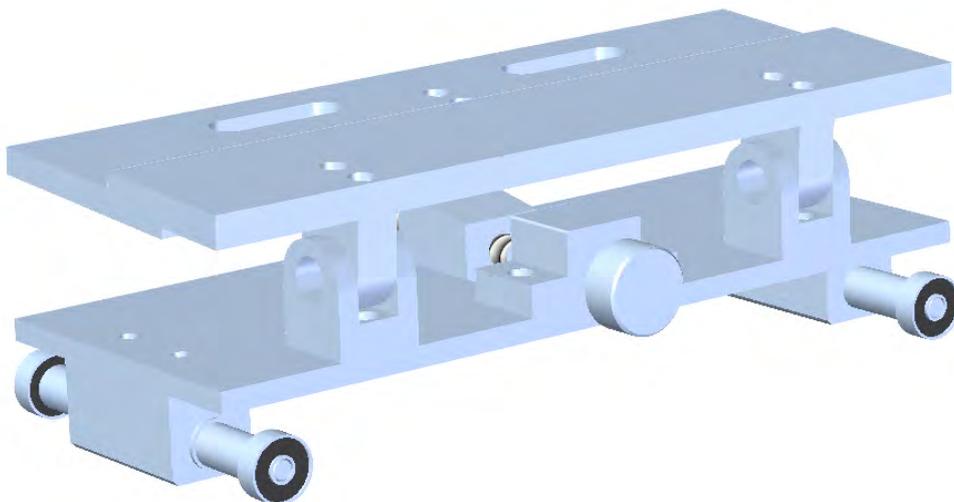


Figura 3.32 Ensamble: sistema de sujecion y sistema de avance, vista trasera.

A continuación se muestra el ensamble total y definitivo entre el sistema de sujeción y el sistema de avance. También se indica con flechas el movimiento lineal que, el sistema de sujeción realizará apoyado sobre los carriles en "C".

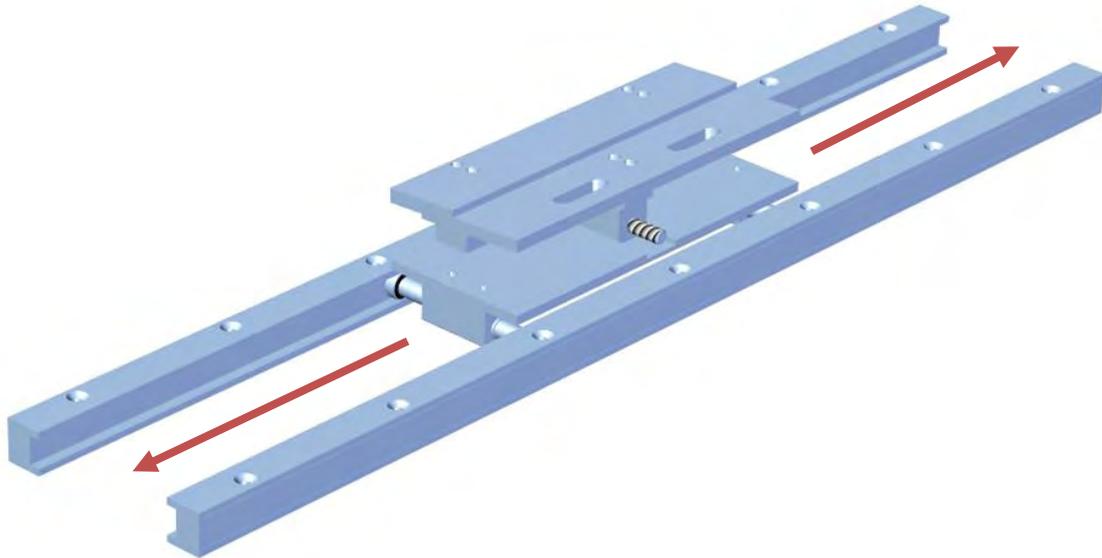


Figura 3.33 Ensamble total entre el sistema de sujeción y el sistema de avance.

### **Sistema de profundidad de corte**

#### Conjunto motor-piedra

Un mandril es básicamente un dispositivo semejante a una prensa que tiene como función sujetar o aprisionar un objeto. Generalmente es utilizado para sujetar una herramienta rotativa o una pieza de trabajo en rotación.

El mandril desarrollado se muestra en las siguientes figuras 3.34 y 3.35. Se trata de un par de discos los cuales se ensamblan a la flecha del motor y entre los dos queda aprisionada la piedra abrasiva.

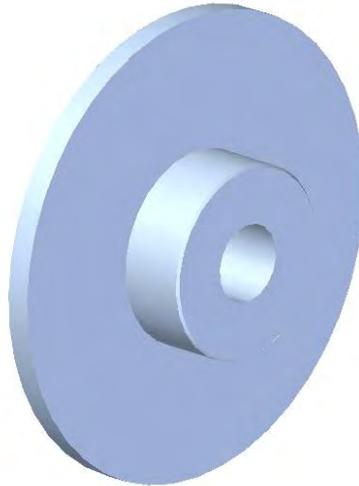


Figura 3.34 Brida trasera.  
Acopla la piedra a la flecha del motor.



Figura 3.35 Brida delantera.  
Aprieta la piedra con ayuda de una tuerca.

La primera pieza presenta una variación de diámetros, porque el diámetro de la flecha del motor es más pequeño que el diámetro del agujero de la copa abrasiva.

La segunda pieza fungiría prácticamente como una rondana, pues a través de esta se realizaría el apriete de la copa.

La manera de trabajar de estas piezas se ilustra más claramente en la figura 3.36.

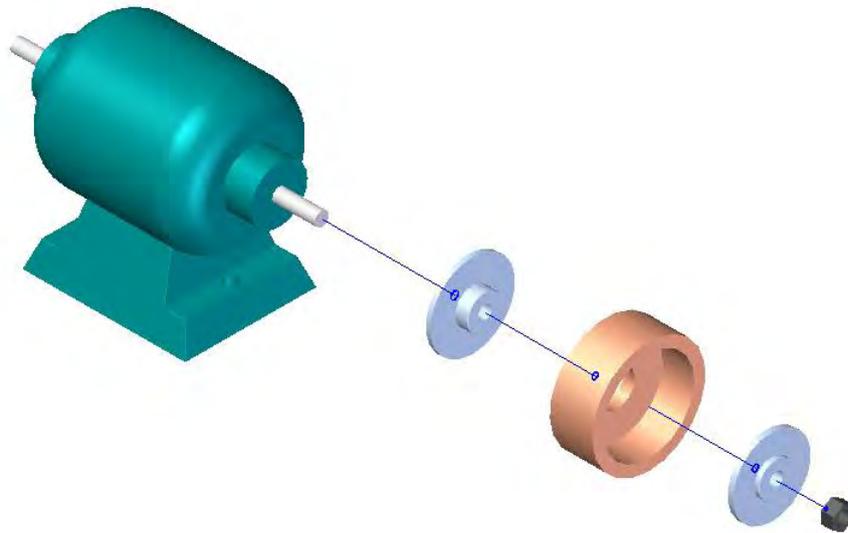


Figura 3.36 Se muestra el ensamble propuesto para el conjunto motor-piedra. Las piezas del mandril sujetan la copa abrasiva con ayuda de una tuerca.

### Mecanismo

Una vez definido el sistema de sujeción de la piedra, se diseña el mecanismo que permite el desplazamiento lineal necesario para proporcionar la profundidad de corte.

Se crea una base para sujetar al conjunto motor-piedra. Esta base albergará unos barrenos en los cuales se insertan un par de ejes (que harán funcionar al conjunto como una corredera), así como un eje roscado que proporciona el movimiento.

Dicha base está conformada por dos piezas: el bloque de guías y la placa base. Se muestran a continuación, en la figura 3.37 y 3.38.

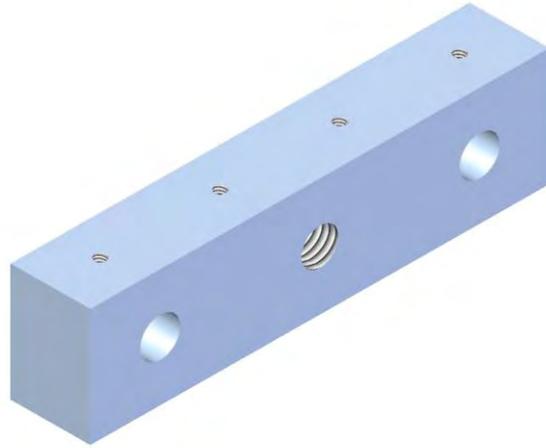


Figura 3.37 Bloque de ejes guía y husillo. Alberga los ejes del mecanismo de corte.

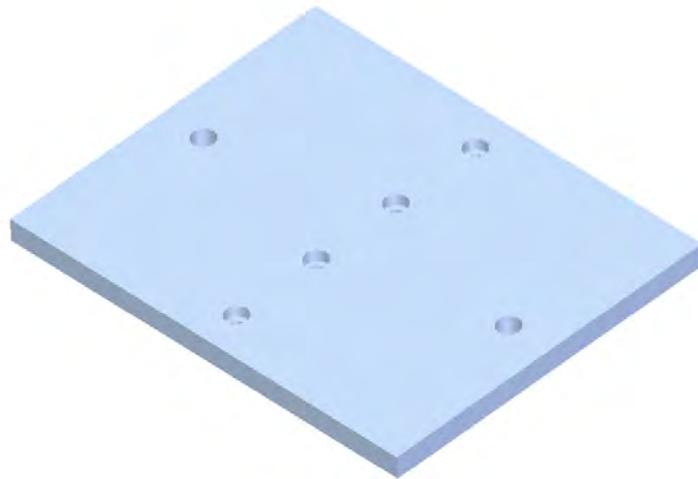


Figura 3.38 Placa base de motor. Sobre esta se apoya y se sujeta el motor.

En la figura 3.39 se muestra el ensamble de ambas piezas. Juntas crean la base del conjunto motor-piedra.



Figura 3.39 Base del conjunto motor-piedra.

Los ejes que se insertan en la base del conjunto motor-piedra sirven de apoyo y de guía para el mismo. La base del conjunto y los ejes realizan la función de corredera en el mecanismo. El eje guía se muestra en la figura 3.40.



Figura 3.40 Eje guía.

El eje roscado básicamente es la pieza que proporciona el movimiento al mecanismo. Ver Figura 3.41.



Figura 3.41 Eje husillo.

Así, el eje roscado junto con la base del conjunto motor-piedra dan el movimiento, y, la base del conjunto junto con los ejes de apoyo generan la trayectoria del mecanismo. En la figura 3.42 se muestra el ensamblaje del mecanismo.

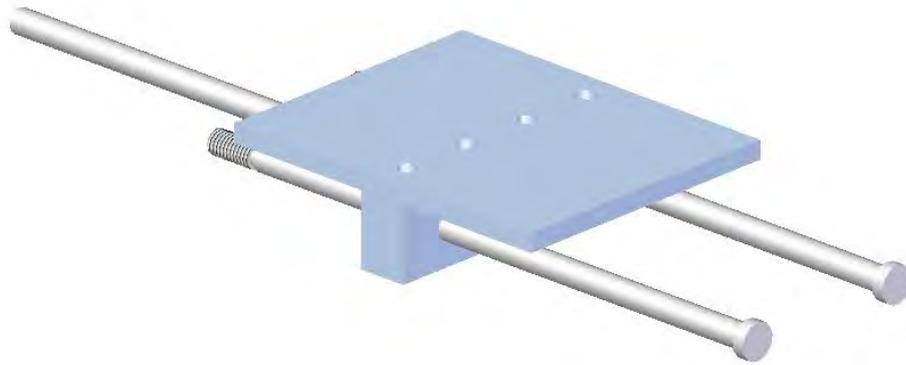


Figura 3.42 Mecanismo del sistema de profundidad de corte.

El mecanismo que proporciona la profundidad de corte con sus elementos se muestra en la figura 3.43.

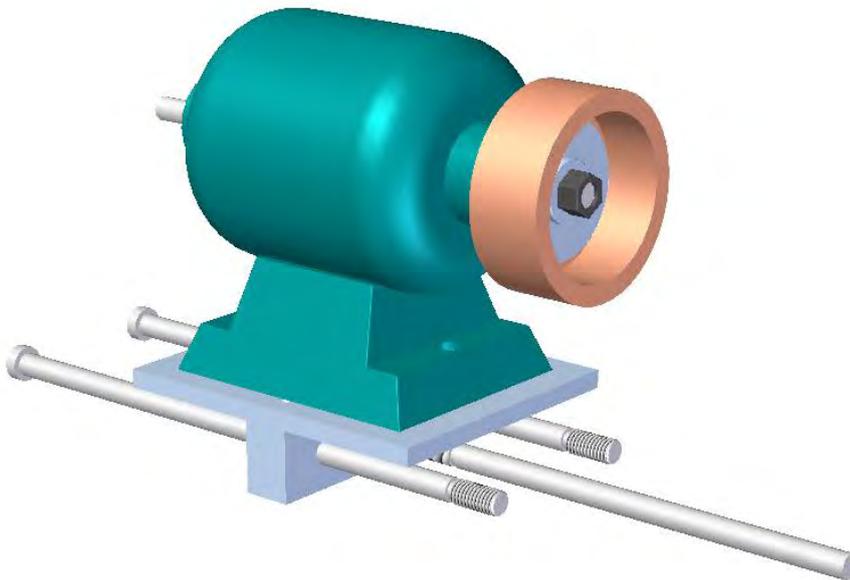


Figura 3.43 Mecanismo de profundidad de corte.

Para que el mecanismo funcione adecuadamente es necesario acoplar al husillo ciertas piezas que evitarán que este tenga desplazamientos a la hora de introducir la profundidad de corte, esto debido al avance generado por la rosca del mecanismo.

Para evitar estos desplazamientos se retiene al husillo mediante soportes, que se fijaran a la estructura base de ensamblaje. También se diseñan soportes para los ejes guía. Dichos soportes se ilustran a continuación.

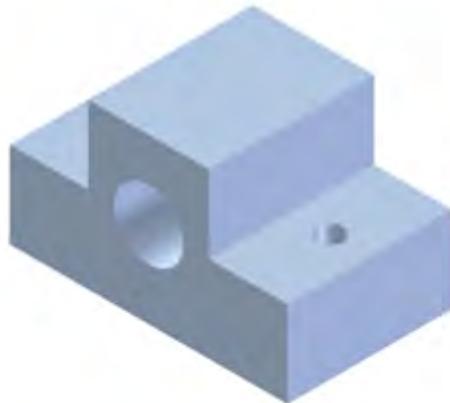


Figura 3.44 Soporte de los Ejes guía. Fija las guías a la Estructura base de ensamblaje.

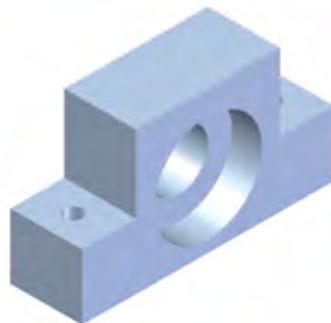


Figura 3.45 Soporte de husillo. Lleva una caja para albergar un rodamiento por medio del cual el husillo gira sin problemas.

Las siguientes piezas, ver figuras 3.46 a 3.49, tienen cajas para contener rodamientos axiales. Estos rodamientos minimizan la posible dificultad que podría presentar el husillo al girar, debido al ya mencionado avance generado por la rosca del mecanismo.



Figura 3.46 Barril. Se encarga de mostrar la magnitud de la profundidad de corte introducida. Esta grabado de manera tal que permite una resolución de una milésima de pulgada.

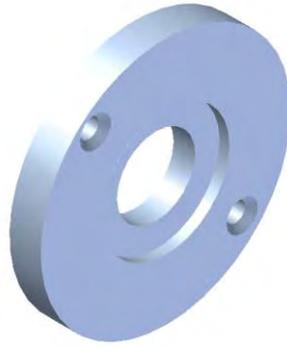


Figura 3.47 Anillo de barril. Esta pieza sirve para referenciar la profundidad de corte.

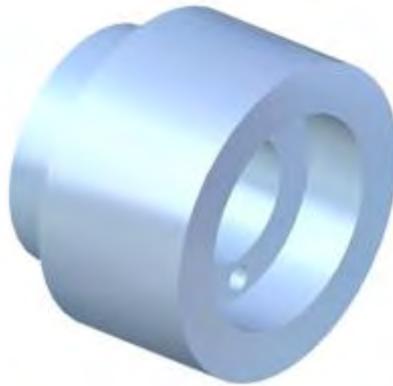


Figura 3.48 Caja para rodamiento axial.



Figura 3.50 Caja para pista de rodamiento axial.

Por último, para evitar que la base del conjunto motor-piedra pueda desplazarse más de lo que le permite el husillo, y de este modo proteger la cuerda del mismo, se le acoplan un par de topes de carrera. Dichos topes se muestran a continuación en la figura 3.50.

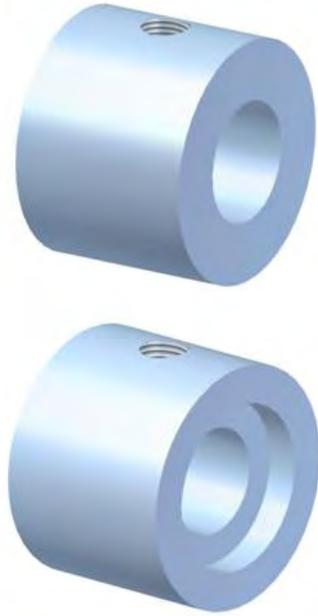


Figura 3.50 Topes de la rosca del husillo.

A continuación se muestra una imagen del husillo, la cual incluye todos sus elementos que le brindan una correcta funcionalidad.

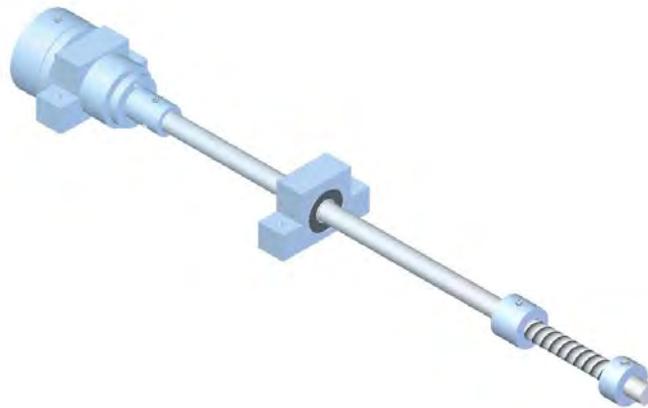


Figura 3.51 Husillo del mecanismo.

También, en la figura 3.52, se muestra una imagen del Sistema de profundidad de corte con todos sus elementos.

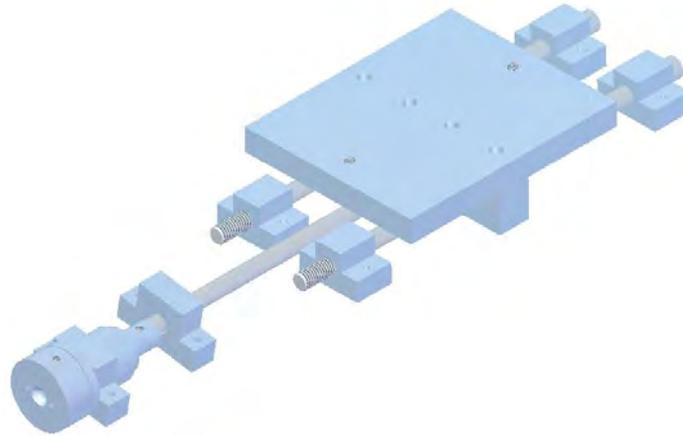


Figura 3.52 Sistema de profundidad de corte.

Ya habiéndose definido los sistemas de los que se conforma el prototipo se puede definir la estructura, o mesa de ensamble. Esta estructura es el elemento en el que los tres sistemas: sistema de sujeción, sistema de avance y sistema de profundidad de corte, se fijan para darle al prototipo estabilidad y presentación. Dicha estructura se muestra en la figura 3.53.

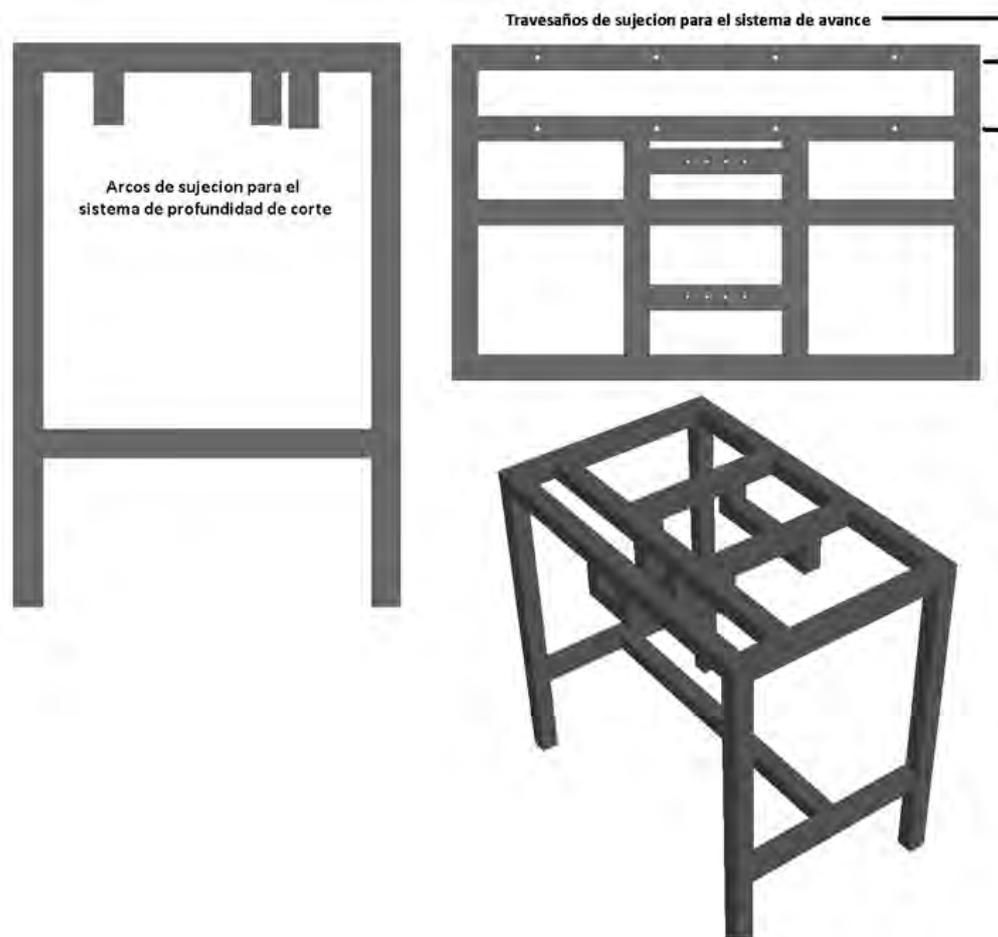


Figura 3.53 Estructura o mesa de ensamble.  
El sistema de sujeción se apoya sobre el sistema de avance.

De esta forma el diseño conceptual del prototipo, y por consiguiente, el diseño conceptual de los sistemas que lo conforman queda definido. A continuación se muestra en la figura 3.54 que se puede apreciar el prototipo conceptualmente.



Figura 3.54 Diseño conceptual del prototipo.

#### Selección de materiales y análisis de esfuerzos

Durante la investigación realizada de este proyecto, se revisó un método de selección de materiales denominado como “Método del conjunto coordinado”. Este método consiste en una serie de pasos o reglas a seguir, dependiendo de la aplicación que se requiera.

*“...Regla 1: Todas las herramientas deben hacerse de acero al carbono, salvo que exista una buen razón para que sea fabricada de algún material diferente.” [3]*

Como este proyecto no será sometido a grandes solicitaciones no requiere de un material con solicitaciones especiales y por lo tanto, como lo indica el método, el material seleccionado es acero al carbono, del cual se muestra en la tabla 3.4 algunas de sus propiedades.

Tabla 3.4 Algunas propiedades del acero al carbono (ColdRolled)

Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	Módulo de elasticidad [MPa]	Resistencia de deformación [MPa]	Resistencia a la tensión [MPa]
7850	209x10 <sup>3</sup>	75	300

El análisis de esfuerzos se realiza mediante un método de formulación de desplazamientos de elementos finitos para calcular, deformaciones y tensiones de los componentes con cargas internas y externas (FEM), con ayuda de un software CAD (diseño asistido por computadora).

Este análisis es importante ya que muestra los esfuerzos a los que se someterán las piezas, y, a partir de los resultados obtenidos se podrá concluir si el material seleccionado es el adecuado.

Se analizan las piezas que estarán sometidas a las sollicitaciones principales como son: las fuerzas de corte, el peso del sistema de sujeción y el peso del conjunto motor-piedra. Las piezas serán: la rampa, el seguidor de rampa, la placa de sujeción, la placa base y el eje de los rodamientos.

Aunque el FEM es una muy buena forma de aproximar los esfuerzos, siempre se debe tomar en cuenta cierta tolerancia. Para brindar más confianza al diseño, se designará un factor de seguridad. Este factor de seguridad se establece como:

$$F_s = \frac{\sigma_Y}{\sigma_{Max\ Diseño}} = 2 \text{ Ec. 3.1}$$

Por lo tanto, el esfuerzo máximo permisible será  $\sigma_{Max\ Diseño} \leq \frac{\sigma_y}{2}$  Ec. 3.2

En este caso  $\sigma_Y$  será de 75[MPa].

La primera pieza que se somete al análisis es el seguidor de rampa. Esta pieza es importante porque a través de esta se transmiten las sollicitaciones hacia la rampa.

Las principales cargas que actúan sobre esta pieza son: la fuerza de corte (20[N]), el peso de la cuchilla (10[N]) y el peso de la placa de sujeción (20[N]).

Por lo tanto, la carga aplicada para el análisis se definirá de 50[N]. Ver Figura 3.55.

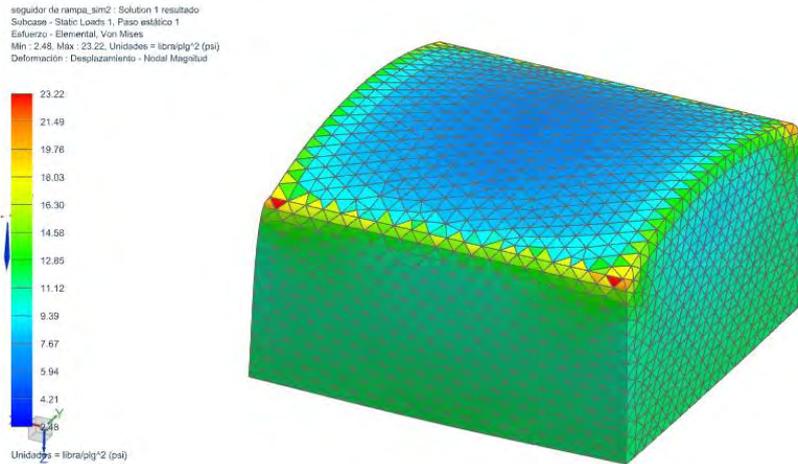


Figura 3.55 Distribución de esfuerzos en el seguidor de rampa bajo la carga calculada.

Los resultados obtenidos arrojan un esfuerzo máximo de Von Mises de magnitud 160.096 [kPa] (23.22 [lb/plg<sup>2</sup>]).

Se calcula el esfuerzo máximo de diseño

$$\sigma_{Max\ Diseño} \leq \frac{75}{2} [MPa] \text{ Ec. 3.3}$$

Así, 160.096 kPa es mucho menor que 37.5 [MPa], además de que no está presente en un área considerable de la pieza. Por lo tanto la pieza funcionará adecuadamente. También el mismo análisis muestra una deformación máxima de 0.00729 [mm], la cual es bastante pequeña.

La siguiente pieza en someterse al análisis es la cuña. Esta pieza es importante pues a través de esta también se transmiten las fuerzas de afilado, en esta ocasión hacia la placa base.

Las principales cargas a las que se somete esta pieza, actúan en el plano inclinado, son: la fuerza de corte y los pesos de la cuchilla y de la placa de sujeción. (Las mismas que en la pieza anterior).

Por lo tanto, la carga aplicada para el análisis se definirá de 50[N]. Ver Figura 3.56.

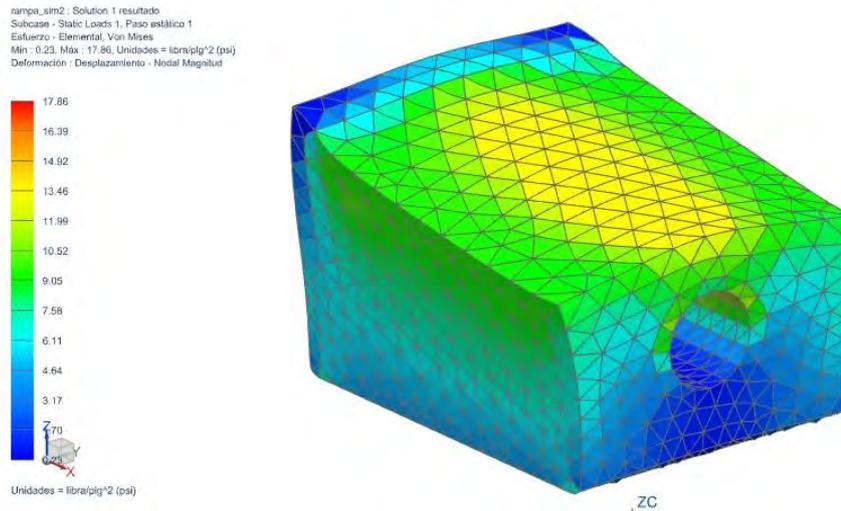


Figura 3.56 Distribución de esfuerzos en la pieza cuña.

Los resultados obtenidos arrojan un esfuerzo máximo de Von Mises de magnitud 123.14 [kPa] (17.86 [lb/plg<sup>2</sup>]).

De acuerdo al Esfuerzo Máximo de Diseño calculado, que resultó ser de 37.5 [MPa]. Se tiene que 123.14 [kPa] es mucho menor, por lo tanto la pieza cumplirá su función de manera segura. Además que el mismo análisis muestra una deformación máxima en la pieza de 0.00625 [mm], la cual es bastante baja, infinitesimal podría decirse.

El siguiente análisis se realiza a la placa de sujeción. Esta pieza es importante porque es la primera en tener contacto con las fuerzas de corte.

Las cargas que se ven involucradas con esta pieza son: la fuerza de corte, en dirección  $-z$  con magnitud de 21 [N], y, la fuerza de empuje en dirección  $-y$  con magnitud de 27 [N]. Ver Figura 3.57.

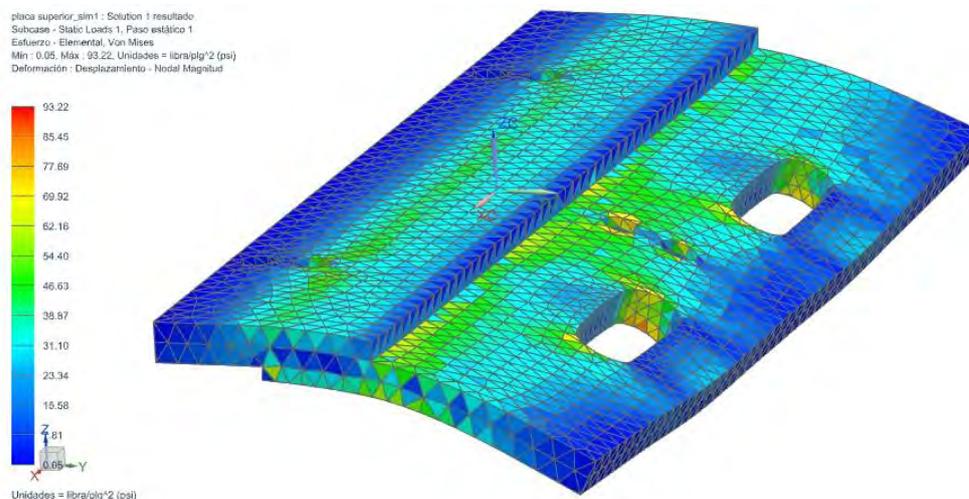


Figura 3.57 Distribución de esfuerzos en la placa de sujeción.

Los resultados obtenidos muestran un esfuerzo máximo de Von Mises de magnitud 642.729 kPa (93.22 [lb/plg<sup>2</sup>]).

Se compara con el esfuerzo máximo de diseño Ec. 3.3.

Entonces, 642.729 [kPa] es mucho menor que 37.5 [MPa]. Por la imagen, se nota que no está presente en muchas zonas de la pieza. El valor con mayor presencia es un esfuerzo de aproximadamente 450 [kPa], el cual sigue siendo pequeño. Además, el mismo análisis arroja una deformación máxima en la pieza de 0.00132 [mm], por lo tanto la pieza no fallará durante su funcionamiento.

El siguiente análisis se realiza a un conjunto compuesto por la cuña, la placa base y a las camisas de los ejes de rodamientos. Se realiza de esta manera porque es a través de la cuña que se transmite la fuerza y la camisa del eje sirve de apoyo a la placa base.

Las cargas a las que se somete este conjunto son las mismas hasta ahora: la fuerza de corte y los pesos de la cuchilla y la placa de sujeción.

Por lo tanto, la carga de análisis permanecerá de 50N. Ver Figura 3.58.

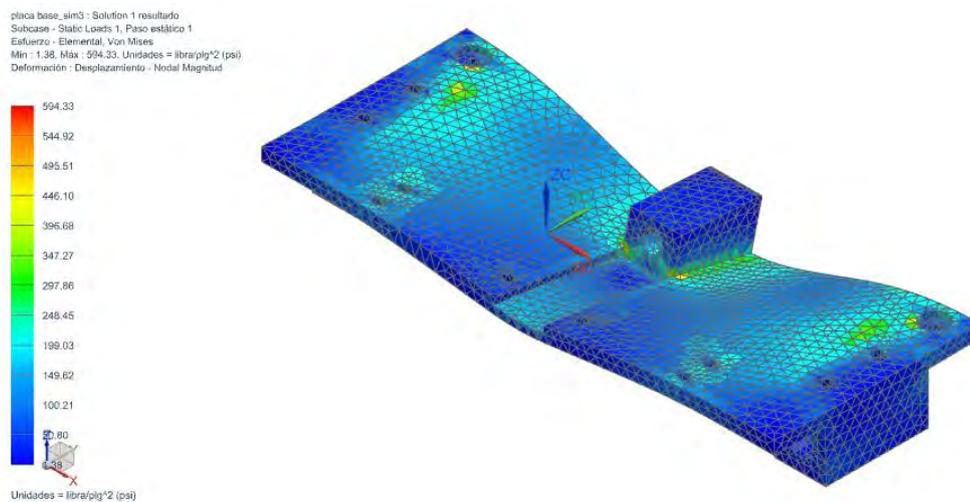


Figura 3.58 Distribución de esfuerzos en el conjunto.

Los resultados arrojados muestran un esfuerzo máximo de Von Mises de magnitud 4.097 [MPa] (594.33 [lb/plg<sup>2</sup>]). Este valor es un valor considerable pues no es tan pequeño como los obtenidos anteriormente. Sin embargo este esfuerzo no se presenta de manera constante en el conjunto. Se compara con el Esfuerzo Máximo de Diseño calculado de 37.5 [MPa].

Así, 4.097 [MPa] sigue siendo menor que 37.5 [MPa]. Es importante decir que la pieza principal de estudio aquí es la placa base, pues es importante conocer su comportamiento debido al espesor en la sección donde corre la cuña.

Además, el análisis arroja una deformación máxima de 0.013 [mm] precisamente en el espesor menor de la pieza, aunque es una deformación mayor a las anteriores, no compromete la función de la pieza.

La última pieza del sistema de sujeción y del sistema de avance en someterse al análisis es el eje de los rodamientos. Esta pieza es quizá la más importante de estos sistemas, pues es la que carga con todo el peso del sistema de sujeción además de la fuerza de corte.

Las cargas a las que se somete, como se mencionó en el párrafo anterior, son; la fuerza de corte (21 [N]) y el peso total del sistema de sujeción (60 [N] aproximadamente).

Por lo tanto, la carga de análisis será de 80 [N]. Ver Figura 3.59.

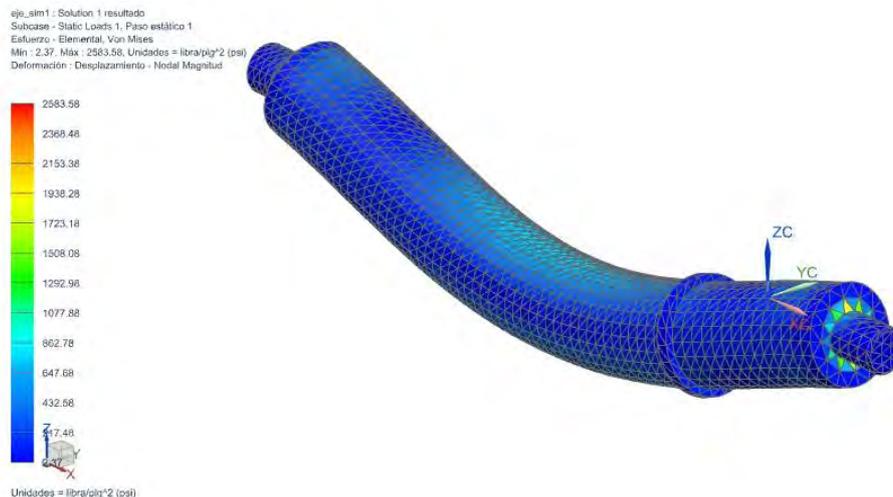


Figura 3.59 Distribución de esfuerzos en el eje de rodamientos.

Los resultados obtenidos muestran un esfuerzo máximo de Von Mises de magnitud 17.8091 [MPa] (2563.58 [lb/plg<sup>2</sup>]). Este valor es bastante considerable aunque afortunadamente no se presenta en un área grande de la pieza.

Si se compara con el Esfuerzo Máximo de Diseño calculado (37.5 [MPa]), se observa que ya no es tan pequeño como los esfuerzos anteriores.

Así, 17.8091 [MPa] sigue siendo menor que 37.5 [MPa]. Aunque se observa que el esfuerzo en la pieza es alrededor de la mitad del esfuerzo permisible, no habría problema en su funcionamiento pues sigue estando en el rango de seguridad. Esto era de esperarse pues esta pieza, como se mencionó, es la que se somete a mayor carga. Además, el análisis arroja una deflexión máxima en la pieza de 0.003208 [mm], la cual no interfiere con el funcionamiento del sistema.

Por otra parte, en el sistema de profundidad de corte, se encuentra una pieza a la que es necesario realizarle un análisis.

La pieza eje guía, es la parte que se encarga de soportar el peso del conjunto motor-piedra, además de permitir el deslizamiento del mismo conjunto.

La carga que se utiliza para realizar el análisis es de 130 [N], la cual representa el peso del conjunto.

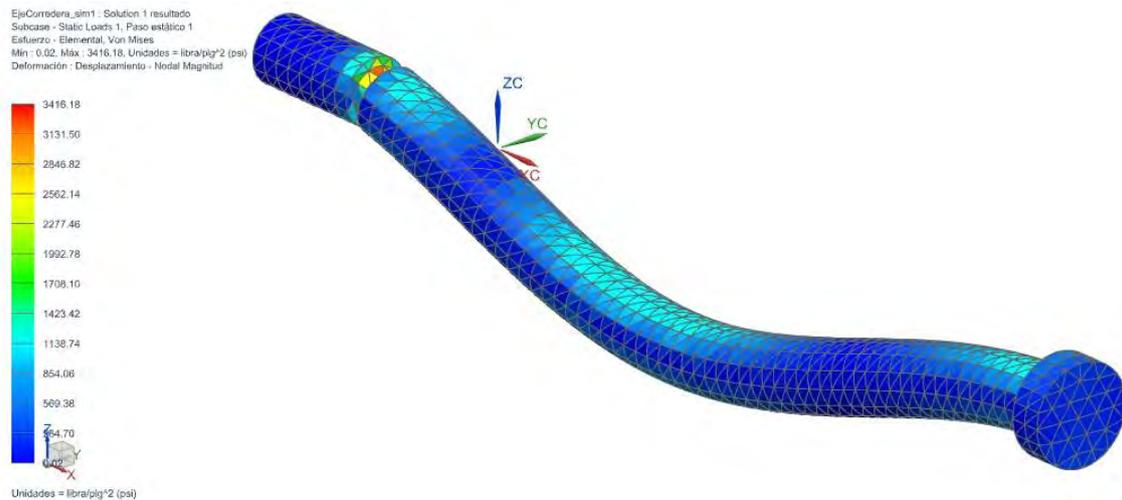


Figura 3.60 Distribución de esfuerzos en el eje corredera.

Los resultados arrojados muestran un esfuerzo máximo de Von Mises de magnitud 23.553 [MPa] (3415.18 [lb/plg<sup>2</sup>]). Era de esperar que esta pieza sufriera un esfuerzo de ese orden pues es la que a más carga se somete.

Al comparar este esfuerzo con el esfuerzo máximo de diseño calculado Ec. 3.3.

Se tiene que, aunque 23.553 [MPa] es el esfuerzo de mayor magnitud presente en el prototipo sigue siendo menor que 37.5 [MPa]. Afortunadamente este esfuerzo no se presenta en una gran área o zona de la pieza. Este esfuerzo se presenta principalmente en la garganta previa a la cuerda, esto se debe a la reducción de área de la misma. Además, el análisis arroja una deflexión máxima de 0.01154 [mm], la cual no interfiere con la función de la pieza.

De esta manera los análisis practicados muestran resultados favorables para el diseño de los componentes del equipo que se pretende. Es importante notar la diferencia entre valores de esfuerzo máximo y valores de deformación. Mientras que el valor de esfuerzo máximo obtenido puede verse como un valor relativo, pues en la comparación con el Esfuerzo Máximo de Diseño interfiere el factor de seguridad, los valores de deformación obtenidos son reales pues estos no se ven afectados por el factor de seguridad.

Se puede concluir entonces que ningún componente se deformará de manera tal que, dicha deformación pueda interferir parcial y/o totalmente con su adecuado funcionamiento.

### 3.2.5 Construcción del prototipo

En este apartado se muestran imágenes de las piezas previamente descritas. Estas piezas fueron manufacturadas siguiendo los planos mecánicos que se encuentran en el apéndice A. Además de proporcionar una breve explicación de su aplicación.

Es importante recordar que la manufactura del prototipo fue realizada en los laboratorios de ingeniería mecánica.

Al término de las imágenes se llevará a cabo la unión de los sistemas para ilustrar el ensamble final en la mesa de trabajo.

#### a) Partes del sistema de sujeción:



Figura. 3.61 Oreja, pieza que se ensambla a la placa y que le permite realizar el movimiento angular.



Figura 3.62 Macho-oreja, pieza que se ensambla a la placa base y contendrá a la "oreja".

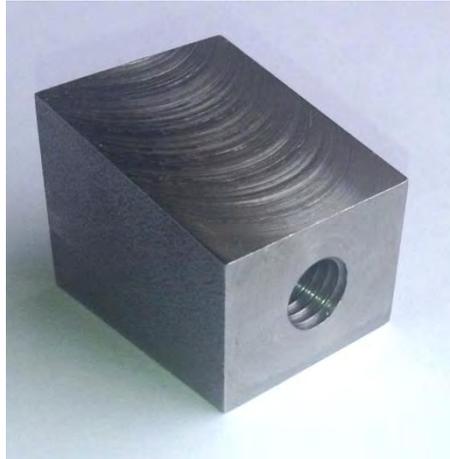


Figura 3.63 Cuña, pieza por la cual se desliza el “seguidor”.

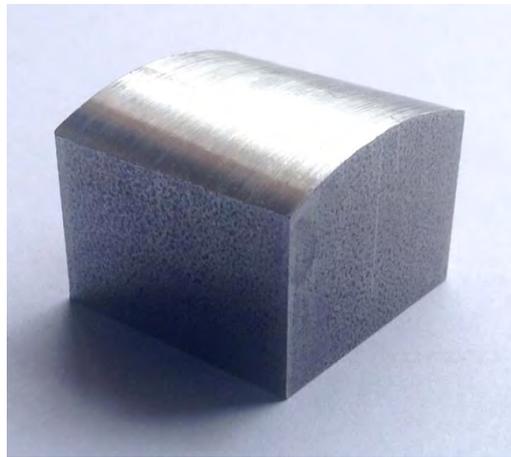


Figura 3.64 Seguidor, pieza que se desliza sobre la “cuña” y proporciona el ángulo a la placa.



Figura 3.65 Eje roscado. Este eje proporciona a la “cuña” un movimiento lineal, el cual hará deslizar al “seguidor”.



Figura 3.66 Soporte eje roscado. Esta pieza permite sujetar al “eje roscado” para mantenerlo fijo y que este solo pueda rotar.

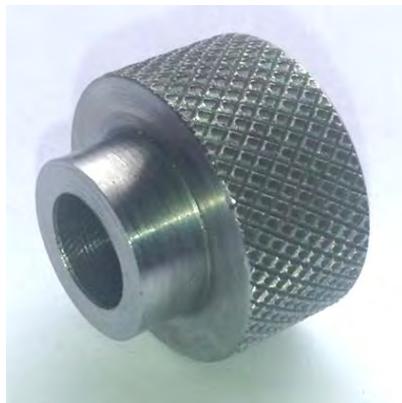


Figura 3.67 Volante. Esta pieza al ensamblarse con el “eje roscado” le permite mantenerlo fijo y ayuda a que este gire.



Figura 3.68 Placa de sujeción. En esta pieza se montan las cuchillas y se ensamblan algunas piezas del mecanismo.



Figura 3.69 Placa base del mecanismo. Esta pieza es la base del mecanismo y en ella se ensamblan piezas del sistema de avance seleccionado.

**b) Partes del Sistema de avance:**



Figura 3.70 Camisa del eje, esta pieza va ensamblada a la "placa base" y es el apoyo para el "eje".



Figura 3.71 Eje, se encarga de dar soporte al sistema de avance, además de incluir los rodamientos encargados de brindar el movimiento requerido.



Figura 3.72 Carril en C, piezas por las que se desplaza el mecanismo del sistema de sujeción.

c) Partes del sistema de profundidad de corte:



Figura 3.73 Bridas, piezas que se utilizan para sujetar la piedra abrasiva al motor.

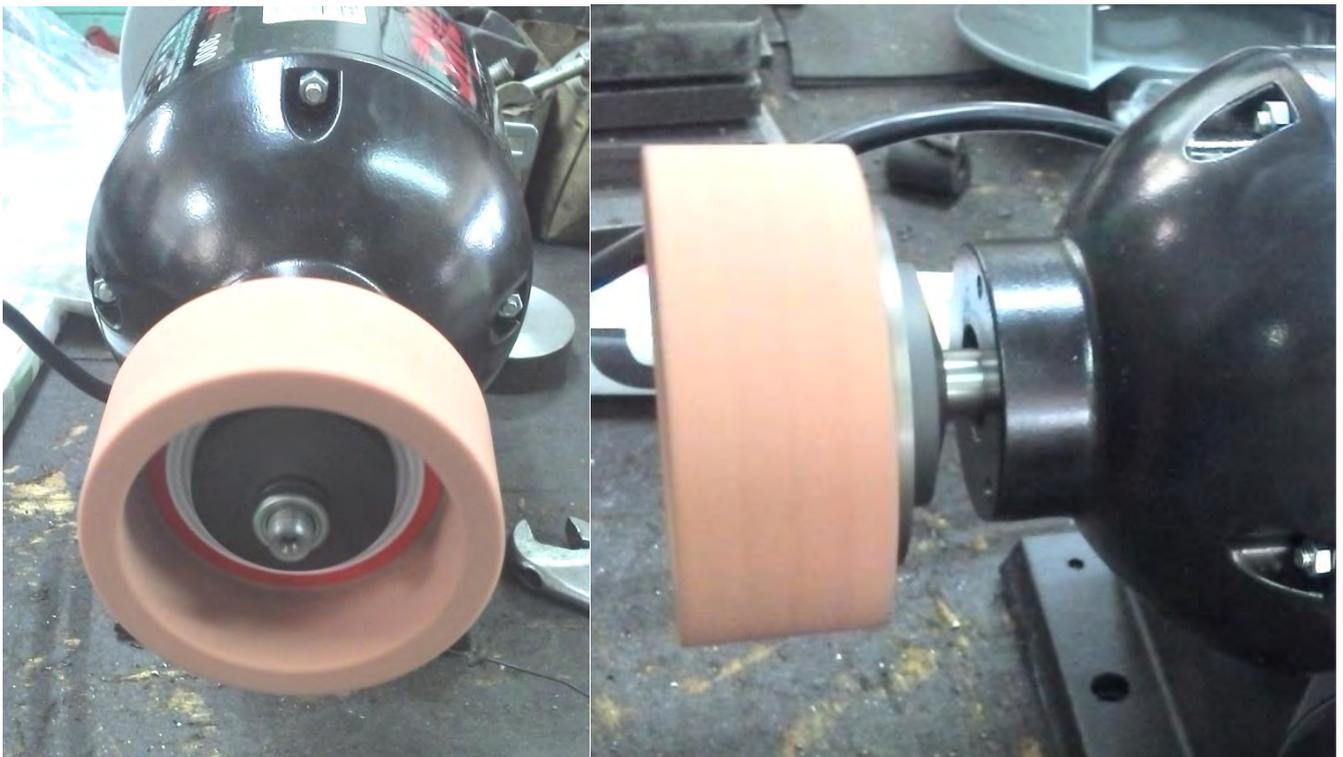


Figura 3.74 Conjunto motor-piedra.



Figura 3.75 Base del conjunto motor-piedra. En esta se sujeta el conjunto motor-piedra.



Figura 3.76 Ejes guía y husillo principal. El mecanismo de profundidad de corte se desliza sobre los ejes guía. El husillo junto con la base del conjunto motor-piedra forma el mecanismo.



Figura 3.77 Soporte del husillo. Por medio de este se fija el husillo a la mesa base de ensamble.

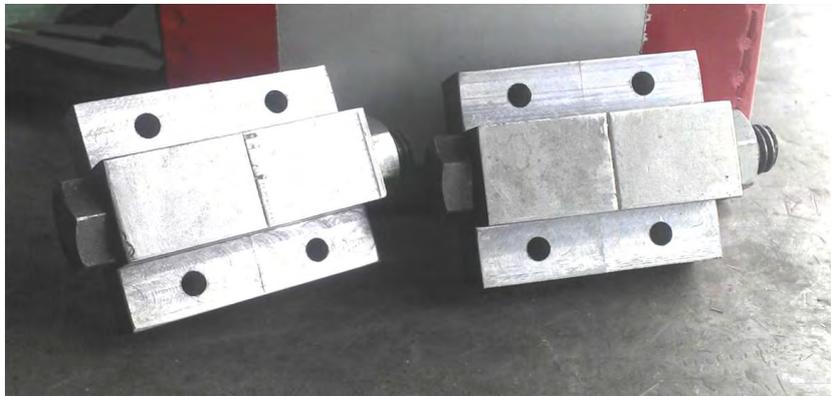


Figura 3.78 Soportes de ejes guía.



Figura 3.79 Barril, proporciona un avance en milésima de pulgada al sistema de profundidad de corte.



Figura 3.80 Anillo de Barril. Esta pieza sirve para referenciar la profundidad de corte.



Figura 3.81 Caja para pista y rodamiento axial.



Figura 3.82 Caja para pista de rodamiento axial

Después de hacer el recorrido de las piezas manufacturadas que conforman los sistemas del prototipo se hace la estructura o mesa de ensamble. Es importante mencionar que todas las piezas se ensamblan mediante sujeción mecánica, utilizando elementos como: tornillos, tuercas de seguridad y rondanas de presión; estos para contrarrestar la vibración presente durante el proceso de afilado.

El prototipo manufacturado se muestra en las siguientes figuras 3.83.

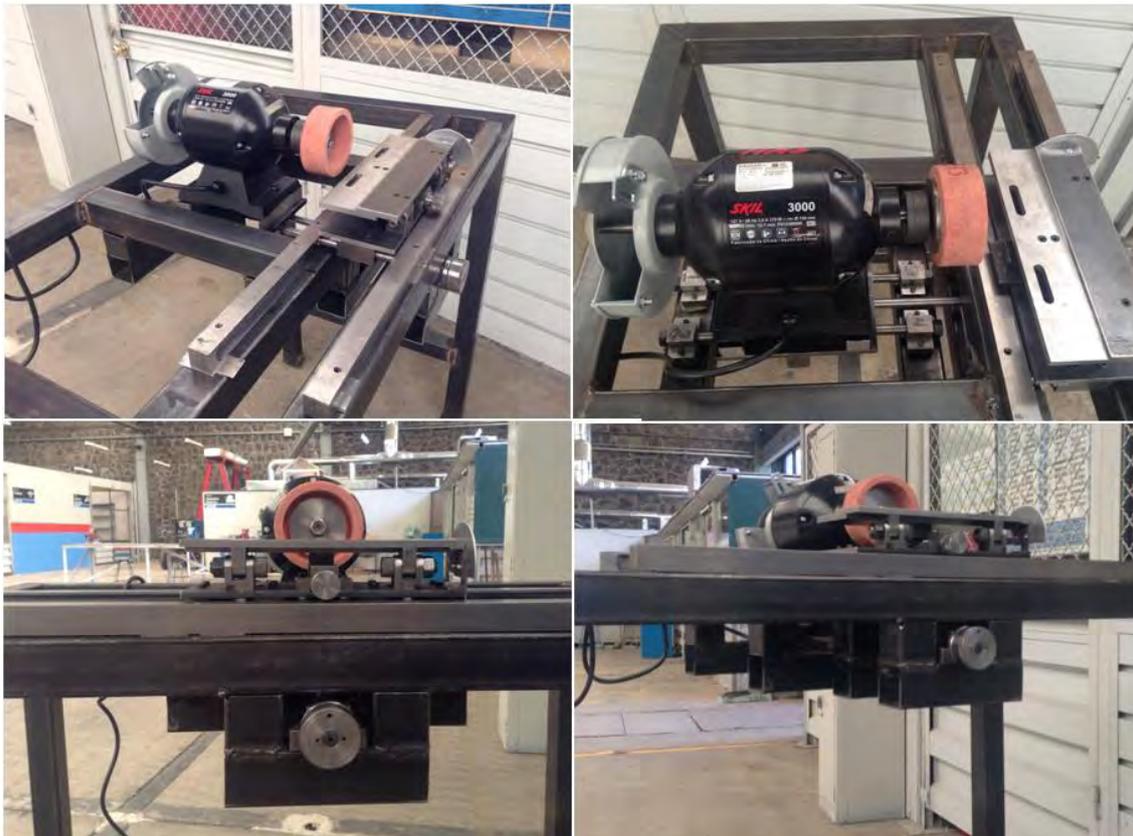


Figura 3.83 Prototipo ensamblado.

### 3.3 Evaluación del prototipo

Al diseñar un prototipo mecánico y una vez manufacturado es necesario verificar que cumpla con un correcto funcionamiento.

La prueba a realizar consiste en colocar una cuchilla que tenga desgaste en su filo sobre el sistema de sujeción, haciendo coincidir los barrenos de la cuchilla con las ranuras de la placa y alinearla con la piedra.

Una vez hecho esto, se verifica el sistema de avance, iniciando un ciclo de recorridos mediante el desplazamiento del carro a lo largo de las guías para corroborar su

linealidad. Estos ciclos se llevaron a cabo con el motor encendido para inspeccionar el impacto de las vibraciones que este aporte al sistema (figura 3.84).

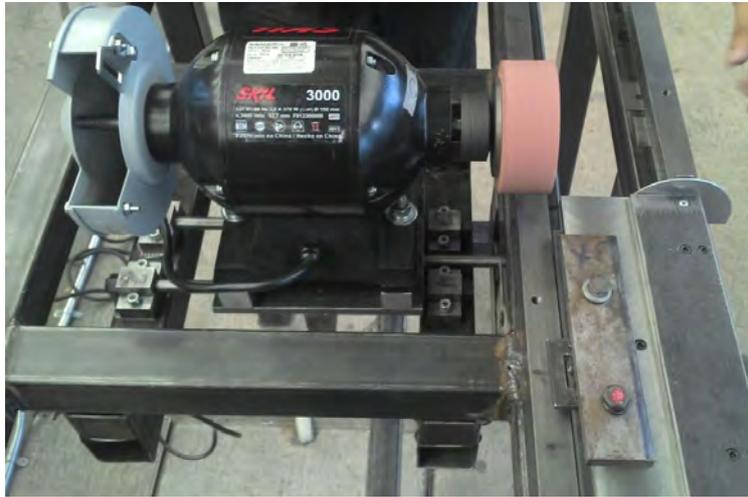


Figura 3.84 Montaje de la cuchilla en el prototipo.

A su vez se determina el ángulo de bisel que corresponde, el cual se visualiza en el transportador (figura 3.85).



Figura 3.85 Transportador.

A continuación se da un avance de corte al sistema, esta se determina a través de la manipulación del barril graduado (Figura 3.86), se inicia nuevamente el ciclo de recorridos. El ciclo completo se ilustra en la serie de imágenes de la figura 3.87.



Figura 3.86 Barril del sistema de profundidad de corte.

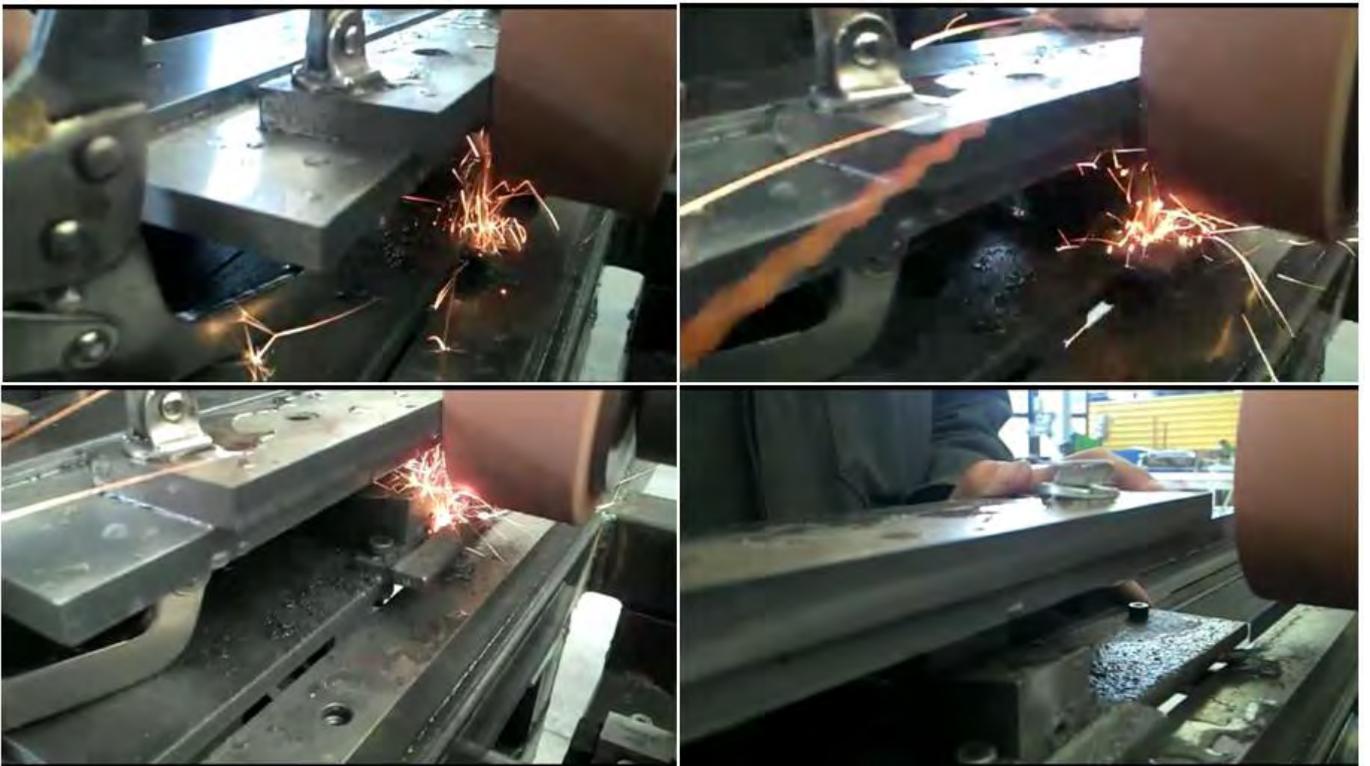


Figura 3.87 Ciclo de afilado.

Se da por finalizado el ciclo de recorridos uniformes cuando el operador observe que la cuchilla presenta un acabado superficial continuo en su cara sesgada (bisel), esto significa que se ha terminado de afilar la cuchilla, como se puede observar en la figura 3.88



Figura 3.88 Cuchilla afilada.

Para concluir se realiza una prueba de corte. Se llevan a cabo dos cortes sobre lámina de acero calibre 18; el primero de ellos con una cuchilla con desgaste en su filo (figura 3.89) y el segundo con la cuchilla afilada (figura 3.90).

Después de haber concluido todas las pruebas del prototipo es importante mencionar el buen comportamiento mecánico del sistema pues no presento fallas en su funcionamiento.

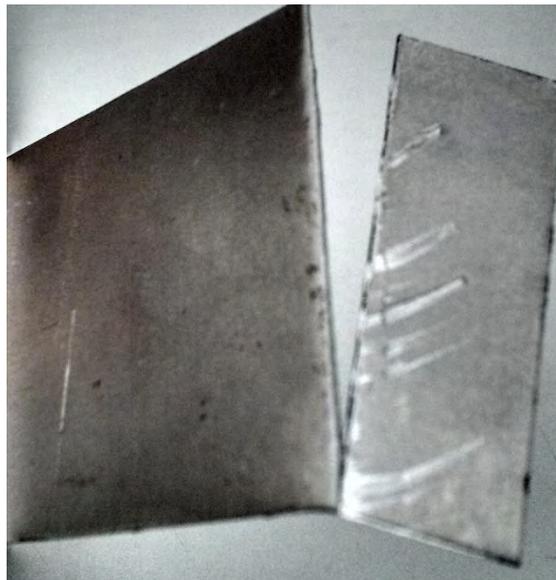


Figura 3.89 Corte de lámina, cuchilla con desgaste en su filo.



Figura 3.90 Corte de lámina, cuchilla afilada.

## Capítulo 4

### Análisis de resultados y conclusiones

#### 4.1 Análisis de resultados

Posteriormente de revisar las láminas que se obtuvieron de la prueba de corte con ambas cuchillas, figura 4.2, los cortes muestran las zonas características producidas por el efecto de cizallamiento (figura 4.1) descritas en el Capítulo 1 (redondeado, bruñido, zona de fractura y rebaba), pero existen dos diferencias muy marcadas que se distinguen en el corte realizado por una cuchilla afilada con el prototipo y de el corte realizado por una cuchilla con desgaste en filo, dichas diferencias se encuentran en las zonas de redondeado y de rebaba; al inicio y final del corte.

En el corte realizado con la cuchilla dañada se nota un redondeado más marcado, contrario a lo que se observa en el corte realizado con la cuchilla afilada, en el cual el redondeado es casi imperceptible. Así mismo, la rebaba dejada por el corte realizado con la cuchilla dañada es mucho más pronunciada que la dejada por la cuchilla afilada, siendo casi nula en este último. Es decir, la cuchilla afilada presenta en su corte sobre la lámina una menor deformación plástica en el material antes de empezar el corte, al mostrar un redondeado menor se puede decir que comienza a cortar antes que la cuchilla dañada. También, el presentar una menor rebaba es un indicativo de que hay menos arrastre de material a la hora de realizar el corte, se puede decir que el corte es más efectivo. Por lo tanto la cuchilla afilada con el prototipo quedó correctamente afilada ya que el corte que entrega es de buena calidad.

Además, a simple vista la cuchilla dañada en su filo muestra, precisamente, defectos en su superficie de bisel así como en su filo, debido al desgaste propio de un largo periodo de uso. Contrario a lo que se observa en la cuchilla afilada, ya que fueron eliminados mediante este proceso dichos defectos.

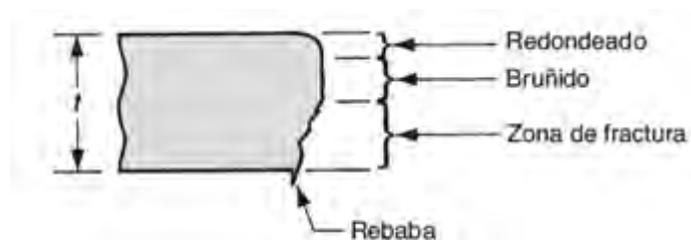


Figura 4.1 Zonas características del cizallado.

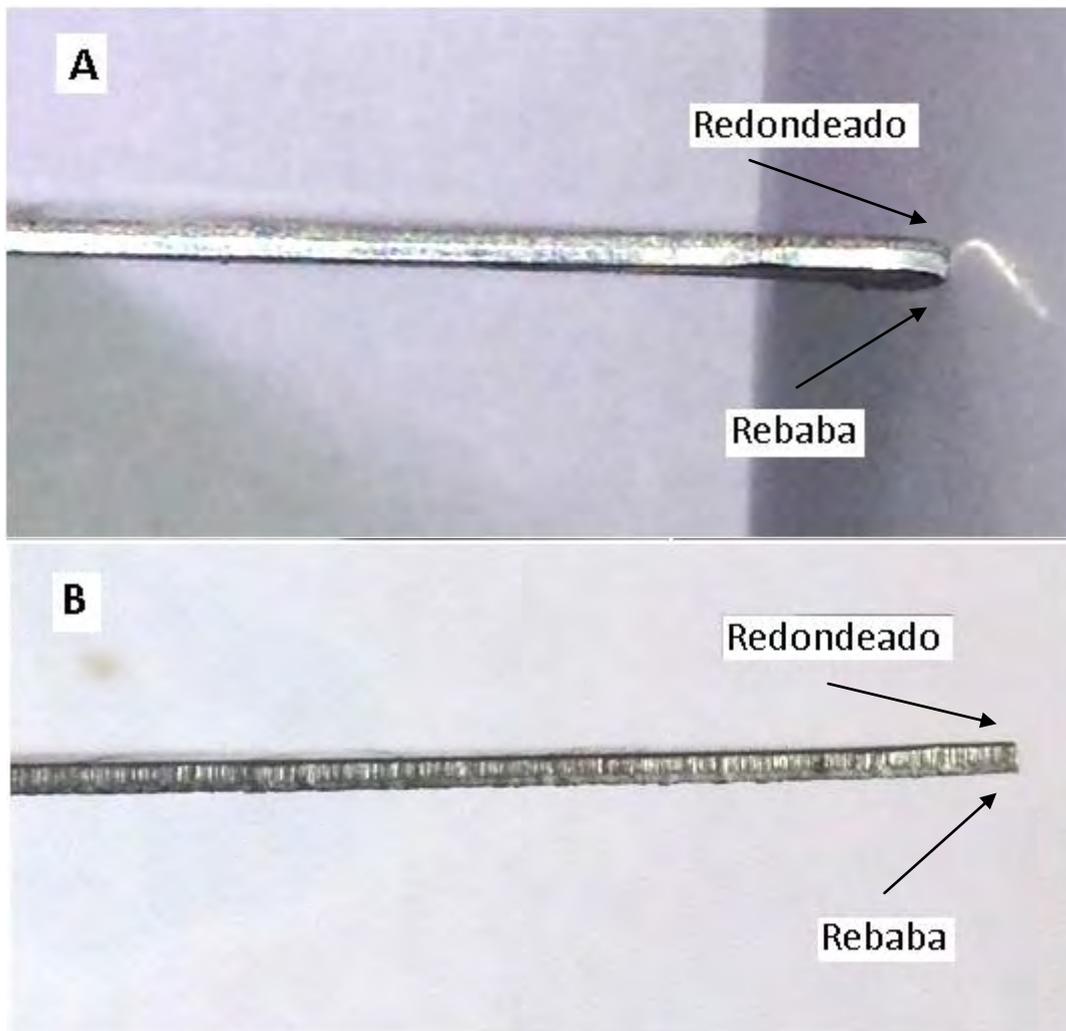


Figura 4.2 Lamina cortada con (A) Cuchilla con filo dañado  
(B) Cuchilla "afilada". Vistas de perfil.

## 4.2 Conclusiones

El desarrollo de este proyecto se realizó de manera satisfactoria de acuerdo al objetivo planteado al comienzo de este...

*“Diseñar y manufacturar un prototipo que permita afilar las cuchillas de las cizallas manuales que se encuentran en los laboratorios de manufactura de la Facultad de Ingeniería”*

Como se puede ver se alcanzaron los objetivos ya que se obtuvo un prototipo funcional que además ha sido manufacturado en su totalidad con las maquinas herramienta que se encuentran en el departamento de laboratorios de manufactura de nuestra facultad.

El proyecto abarcó una investigación previa para comprender el proceso de afilado y sus bases. El conocimiento de la geometría así como la selección de materiales de una cuchilla, del procedimiento de cizallado y del maquinado por abrasivos hicieron posible este trabajo.

Fue un proyecto que requirió tiempo y trabajo, tratándose de hacer lo más sencillo y manufacturable. Los ensambles se realizaron de manera adecuada y sin complicaciones, todo esto debido a un buen diseño con el apoyo de la metodología de Bonsiepe y a las buenas prácticas de manufactura con las que se trabajó durante el desarrollo del mismo.

En concreto, los objetivos planteados fueron cubiertos satisfactoriamente, respaldándonos con los resultados obtenidos en la prueba de corte realizada puesto que la cuchilla presentó un filo correcto.

Sin embargo todo diseño es susceptible de una serie de mejoras.

# **Apéndice A**

## **Planos mecánicos**



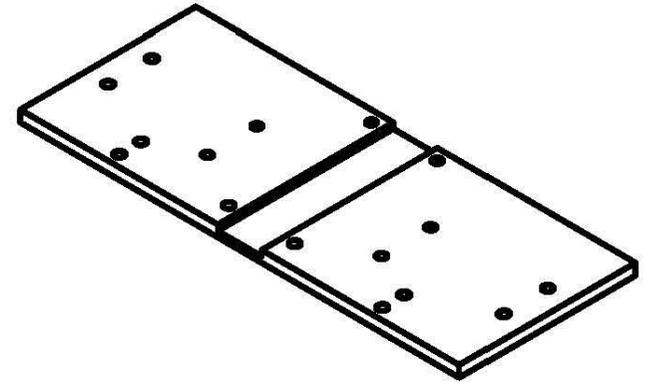
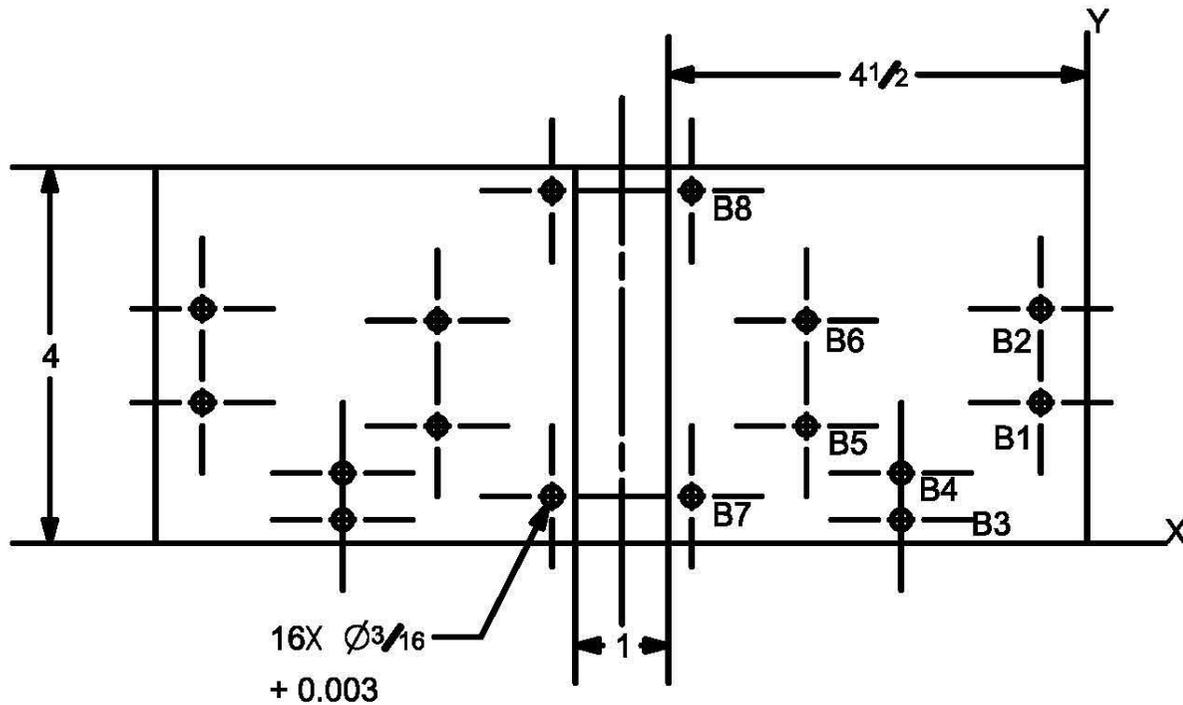
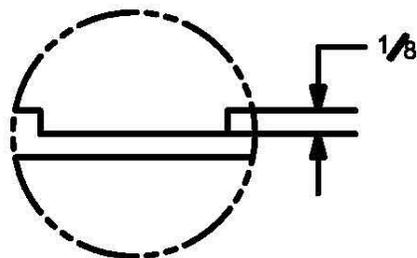
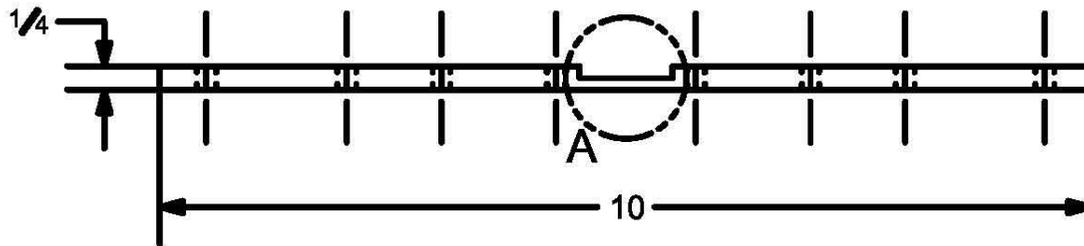


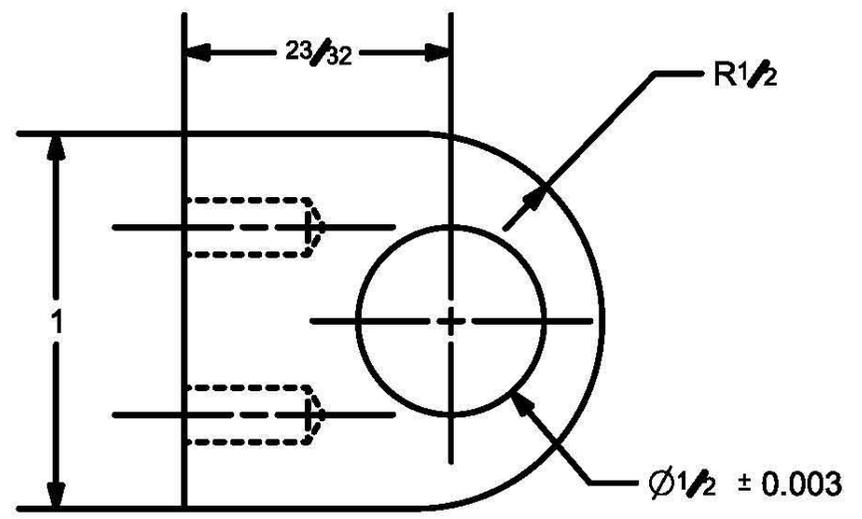
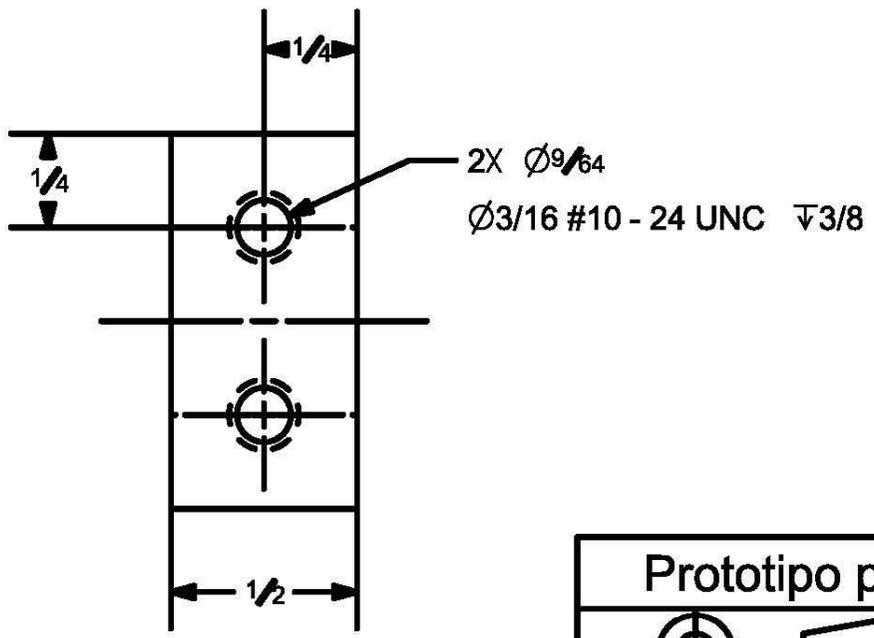
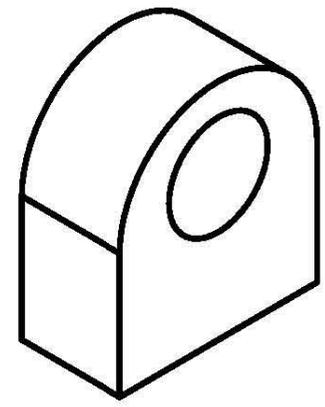
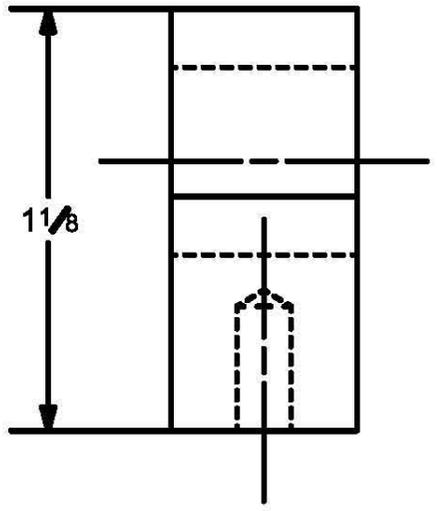
Tabla de agujeros		
Agujeros	X	Y
B1	-0.50	1.5
B2	-0.50	2.5
B3	-2.0	0.25
B4	-2.0	0.75
B5	-3.0	1.25
B6	-3.0	2.375
B7	-4.25	0.50
B8	-4.25	3.5



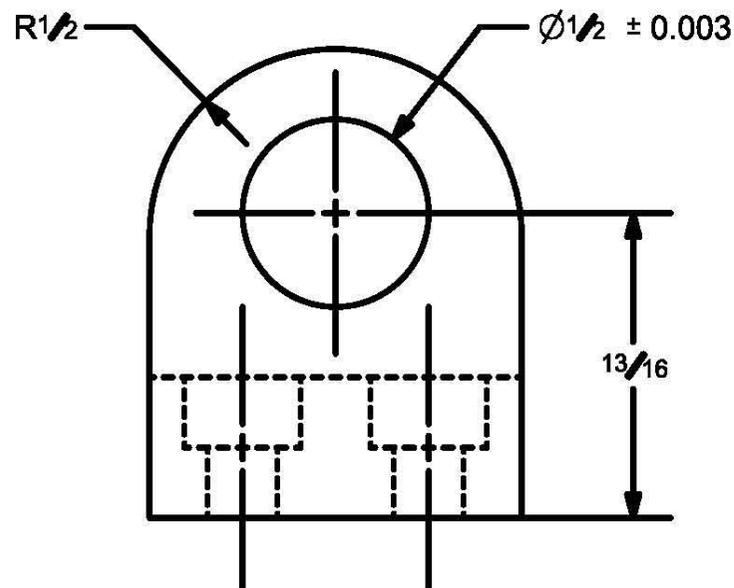
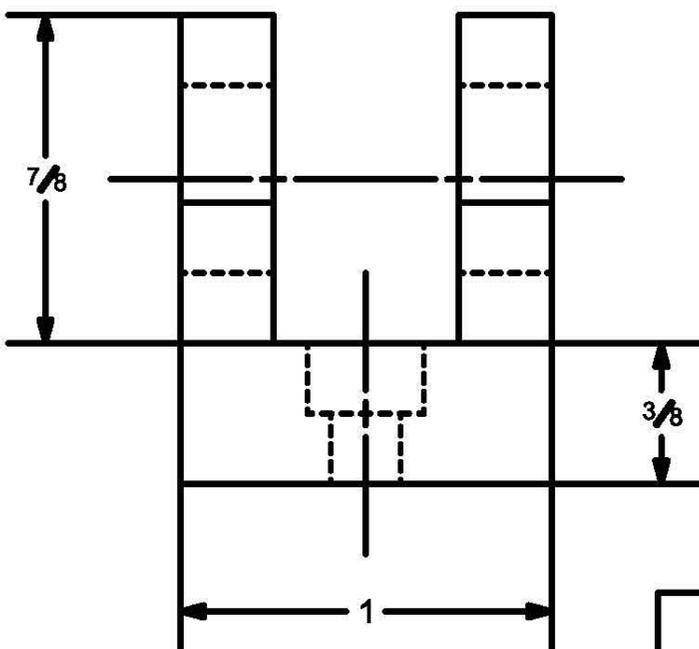
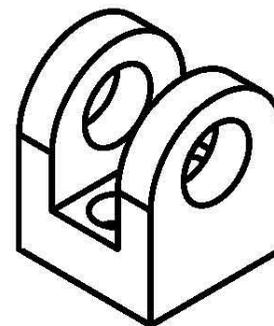
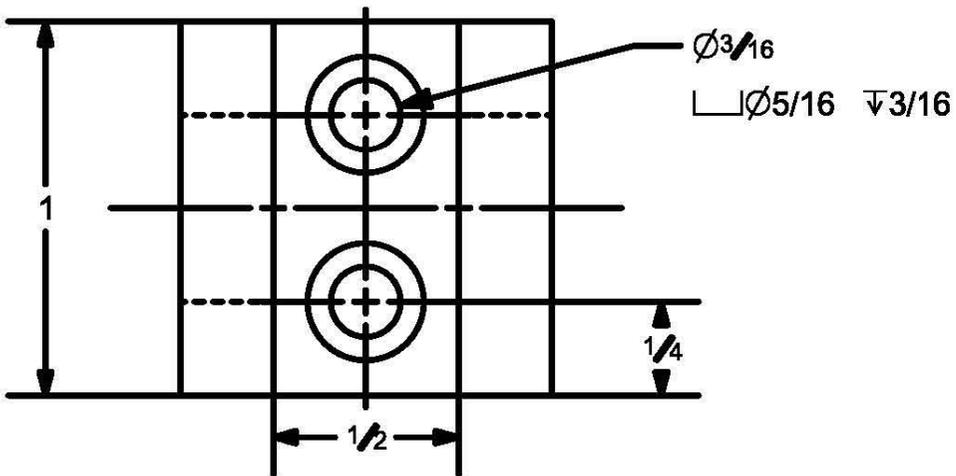
DETALLE A

### Prototipo para afilado de cuchillas de cizalla manual

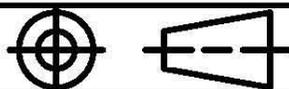
		Placa base	N° de piezas: 1	
Esc: 1:2	Acot: in	Material: Acero 1018		Fecha: 26/09/2016
Tol. gen. $\pm 0.010$ in a menos que se indique lo contrario.		Diseñado por: A. E. H. H. & N. H. O.	Revisado por: M. A. H. A.	Aprobado por: R. G. V. N.
		A4	Hoja: 1/1	



<b>Prototipo para afilado de cuchillas de cizalla manual</b>			
		Oreja	N° de piezas: 2
Esc: 2:1	Acot: in	Material: Acero 1018	Fecha: 26/09/2016
Tol. gen. ±0.010 in a menos que se indique lo contrario.	Diseñado por: A. E. H. H. & N. H. O.	Revisado por: M. A. H. A.	Aprobado por: R. G. V. N.
	A4	Hoja: 1/1	



### Prototipo para afilado de cuchillas de cizalla manual



Macho de oreja

N° de piezas:  
2

Esc: 2:1

Acot: in

Material: Acero 1018

Fecha:  
26/09/2016

Tol. gen.  $\pm 0.010$  in  
a menos que se indique lo  
contrario.

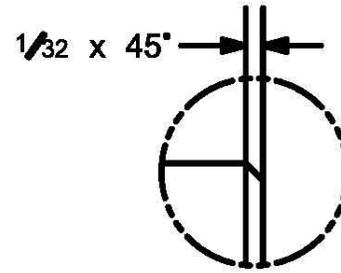
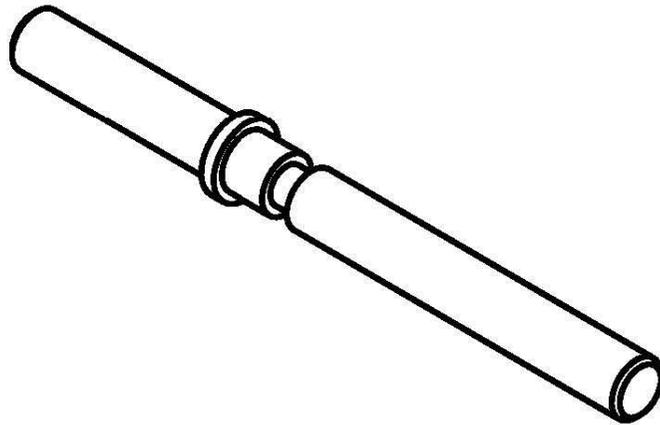
Diseñado por:  
A. E. H. H. &  
N. H. O.

Revisado  
por:  
M. A. H. A.

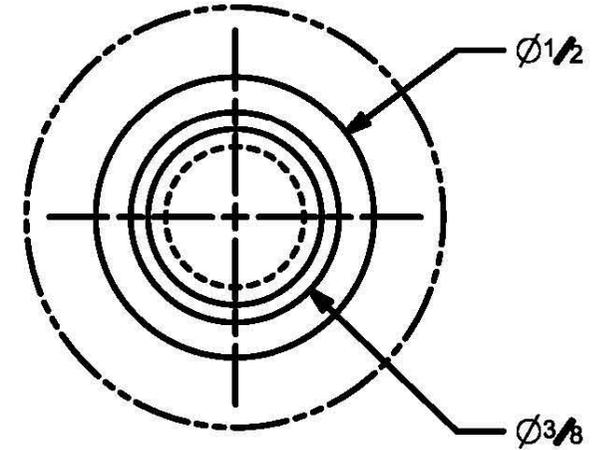
Aprobado  
por:  
R. G. V. N.

A4

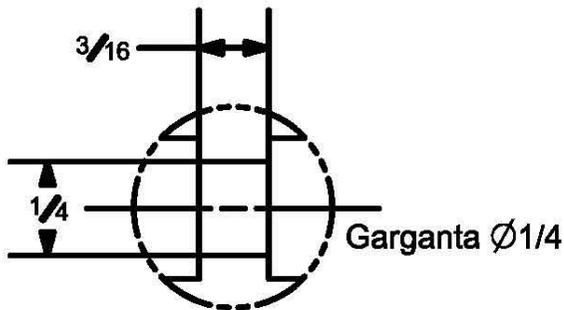
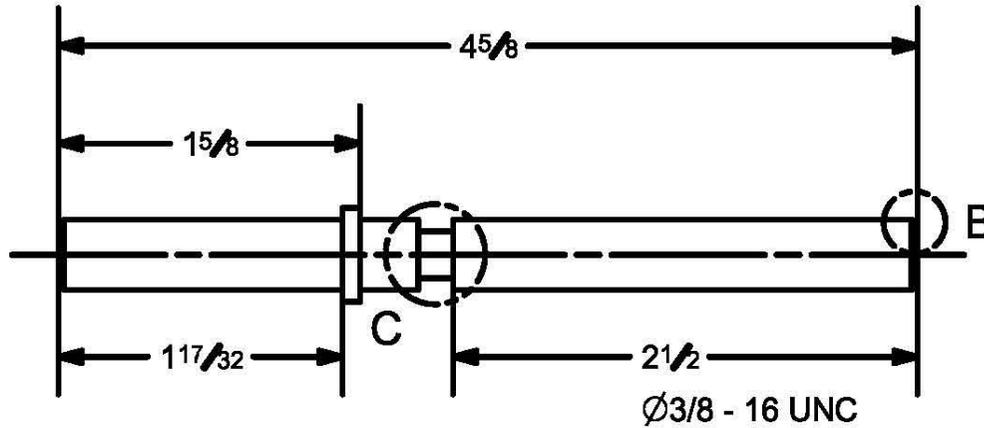
Hoja:  
1/1



DETALLE B

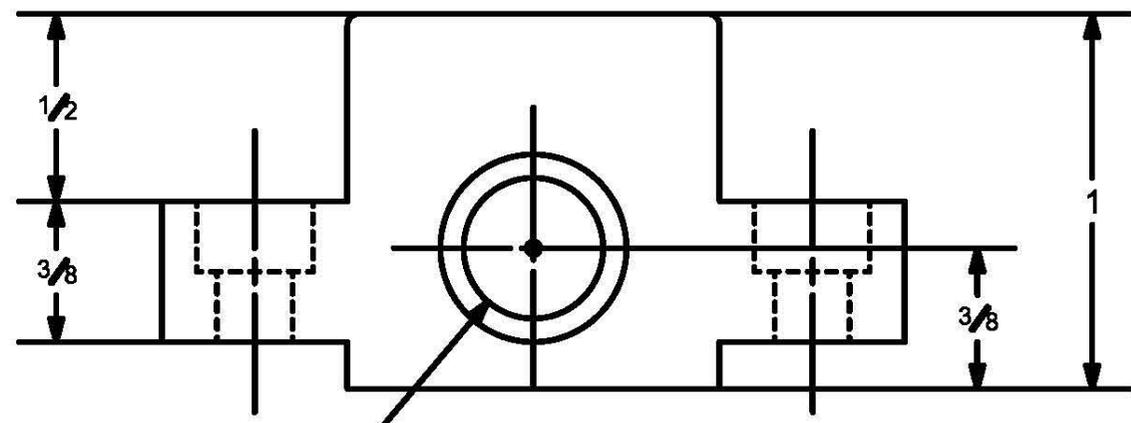
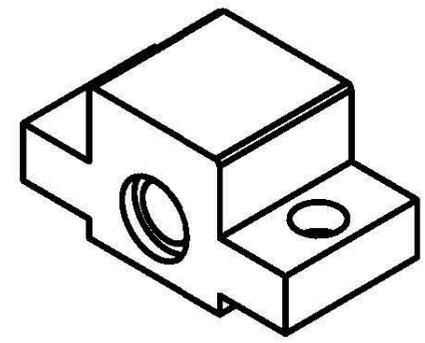
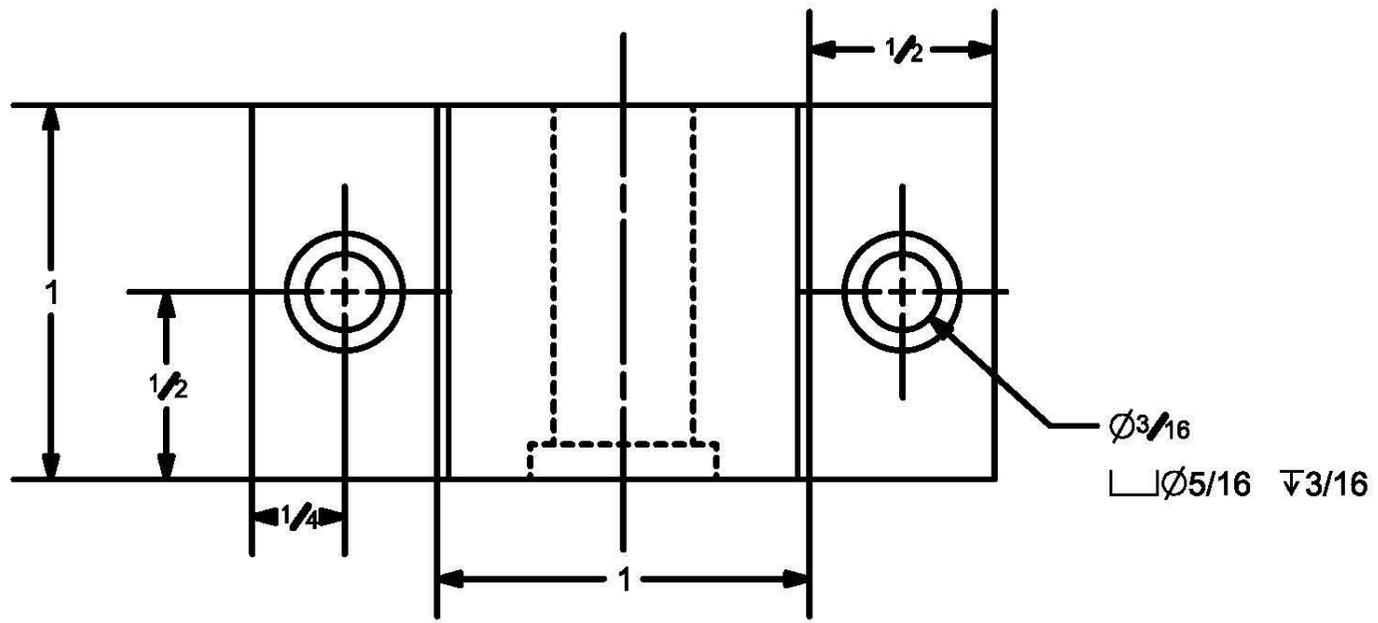


DETALLE A

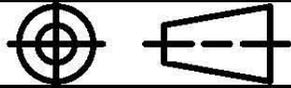


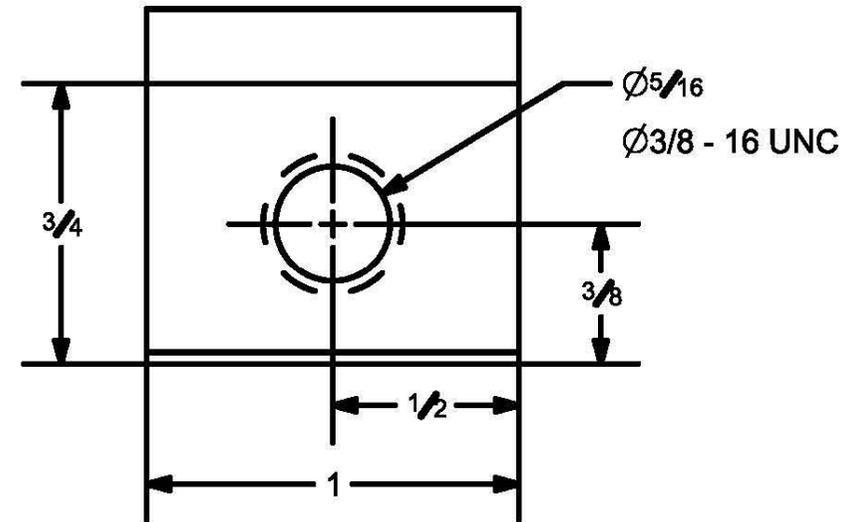
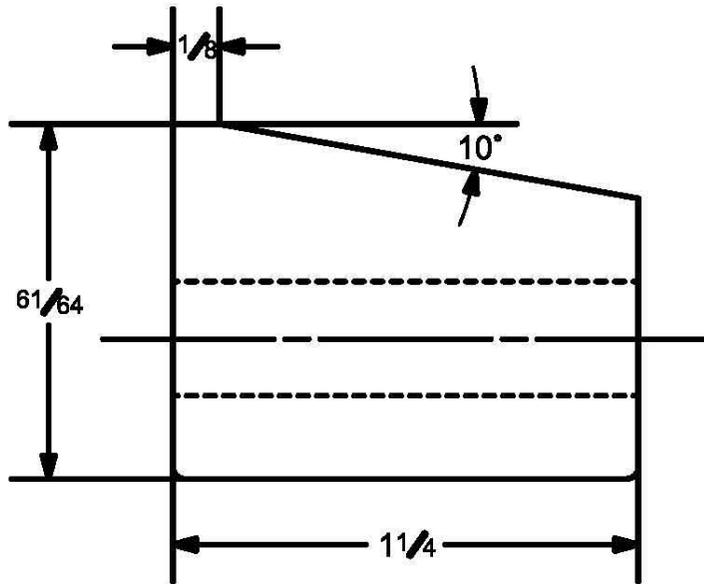
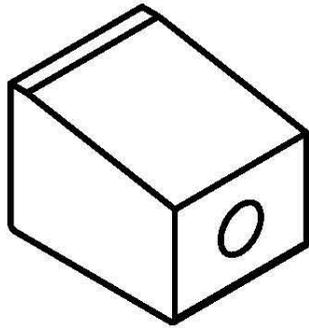
DETALLE C

Prototipo para afilado de cuchillas de cizalla manual						
		Eje roscado		N° de piezas: 1		
Esc: 1:1	Acot: in	Material: Acero 1018		Fecha: 26/09/2016		
Tol. gen. ±0.010 in a menos que se indique lo contrario.		Diseñado por: A. E. H. H. & N. H. O.	Revisado por: M. A. H. A.	Aprobado por: R. G. V. N.	A4	Hoja: 1/1



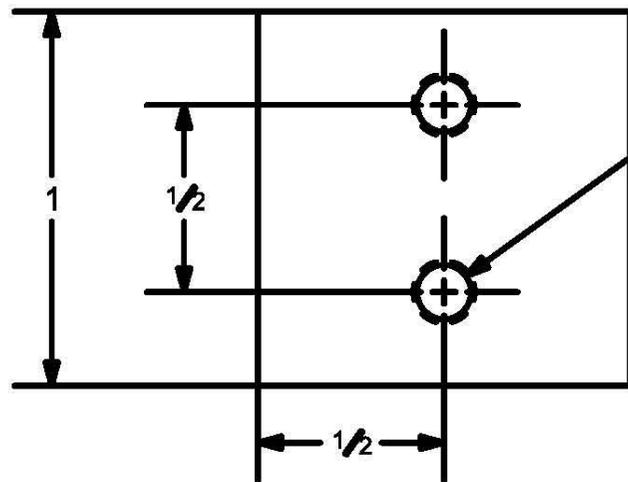
### Prototipo para afilado de cuchillas de cizalla manual

		Soporte eje roscado		N° de piezas: 1		
Esc: 2:1	Acot: in	Material: Acero 1018		Fecha: 26/09/2016		
Tol. gen. $\pm 0.010$ in a menos que se indique lo contrario.		Diseñado por: A. E. H. H. & N. H. O.	Revisado por: M. A. H. A.	Aprobado por: R. G. V. N.	A4	Hoja: 1/1

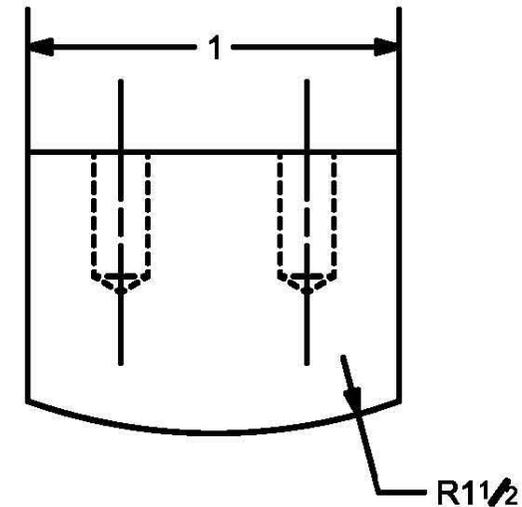
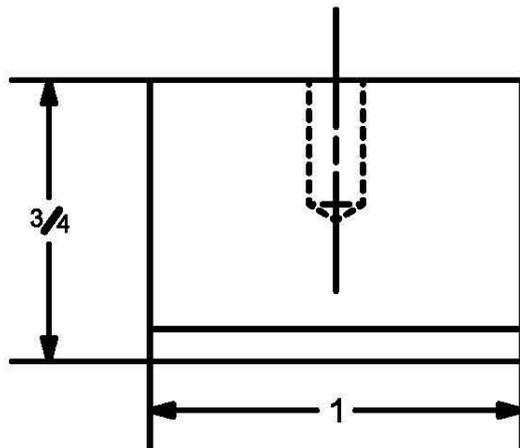
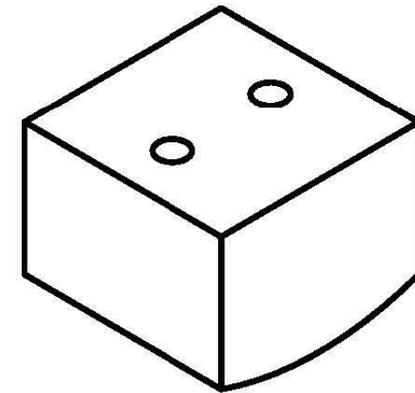


### Prototipo para afilado de cuchillas de cizalla manual

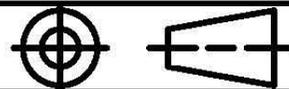
		Cuña		N° de piezas: 1		
Esc: 2:1	Acot: in	Material: Acero 1018		Fecha: 26/09/2016		
Tol. gen. $\pm 0.010$ in a menos que se indique lo contrario.		Diseñado por: A. E. H. H. & N. H. O.	Revisado por: M. A. H. A.	Aprobado por: R. G. V. N.	A4	Hoja: 1/1



2X  $\varnothing 9/64$   
 $\varnothing 3/16$  #10 - 24 UNC  $\nabla 3/8$



### Prototipo para afilado de cuchillas de cizalla manual



Seguidor

N° de piezas:  
1

Esc: 2:1

Acot: in

Material: Acero 1018

Fecha:  
26/09/2016

Tol. gen.  $\pm 0.010$  in  
a menos que se indique lo  
contrario.

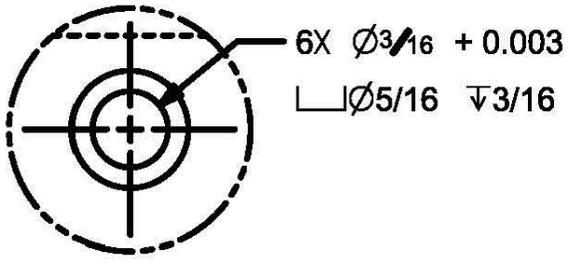
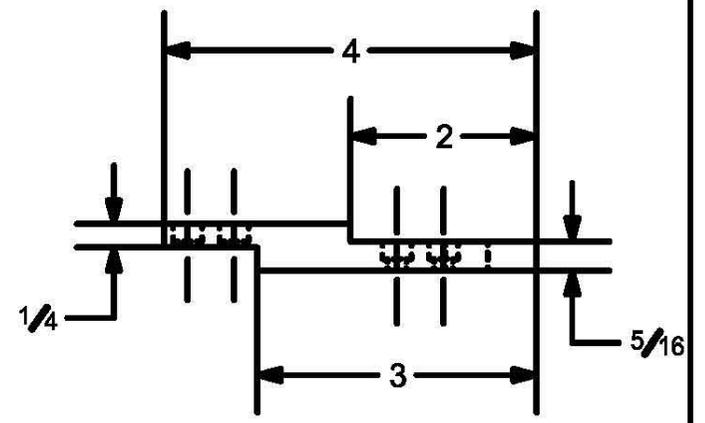
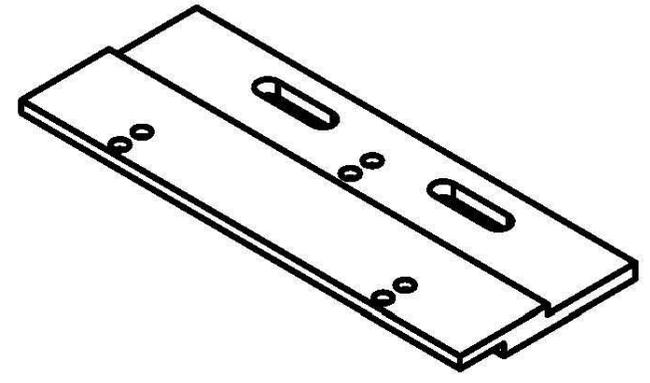
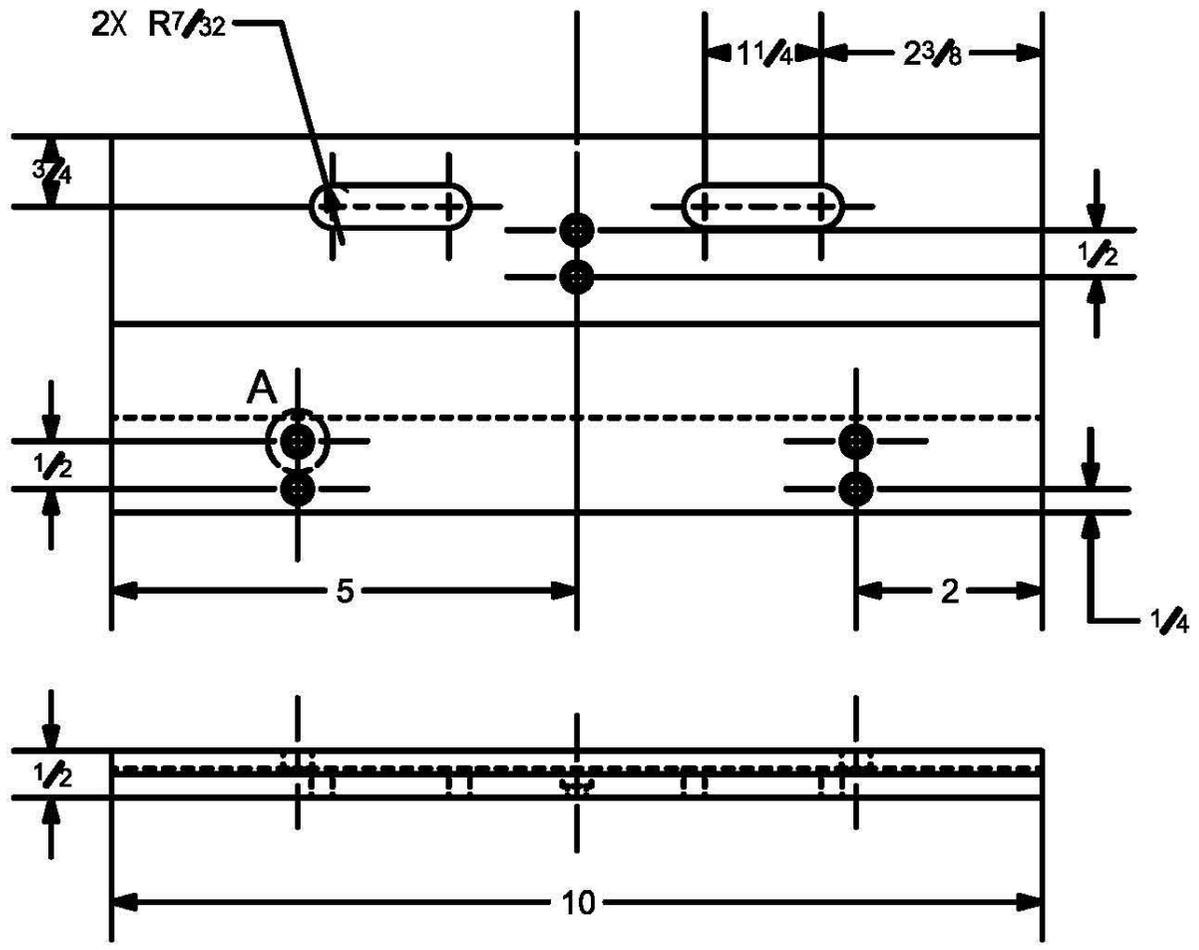
Diseñado por:  
A. E. H. H. &  
N. H. O.

Revisado  
por:  
M. A. H. A.

Aprobado  
por:  
R. G. V. N.

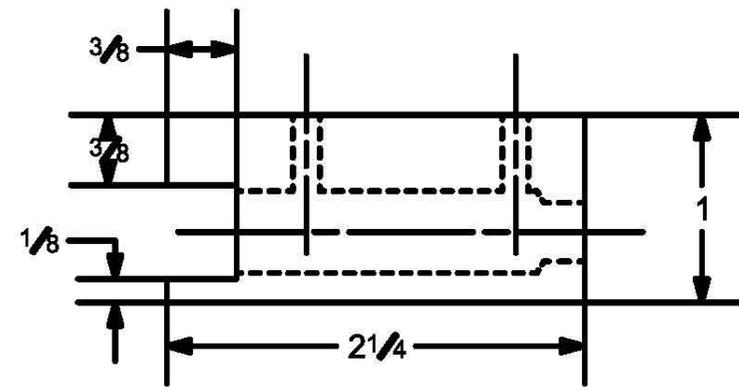
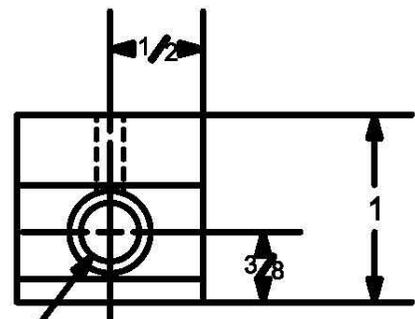
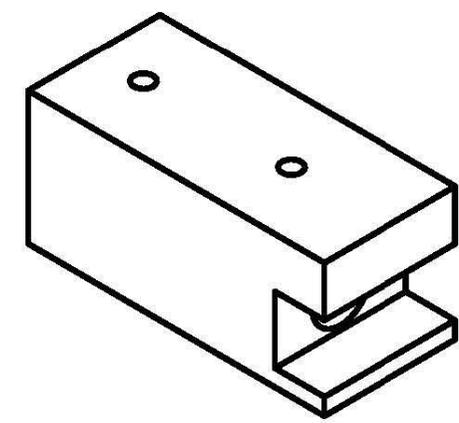
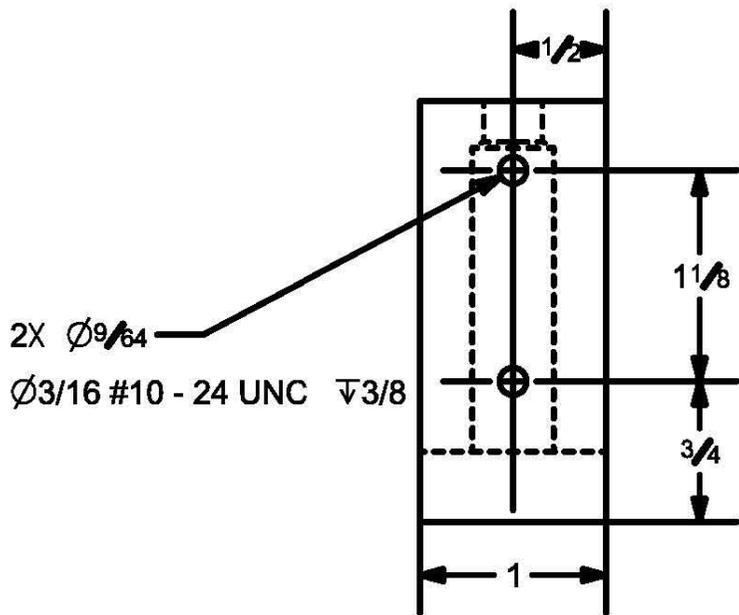
A4

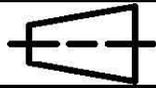
Hoja:  
1/1

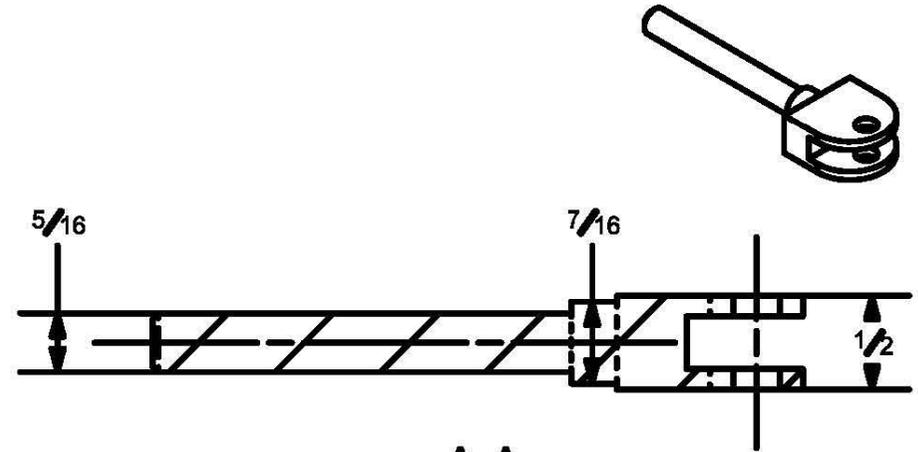
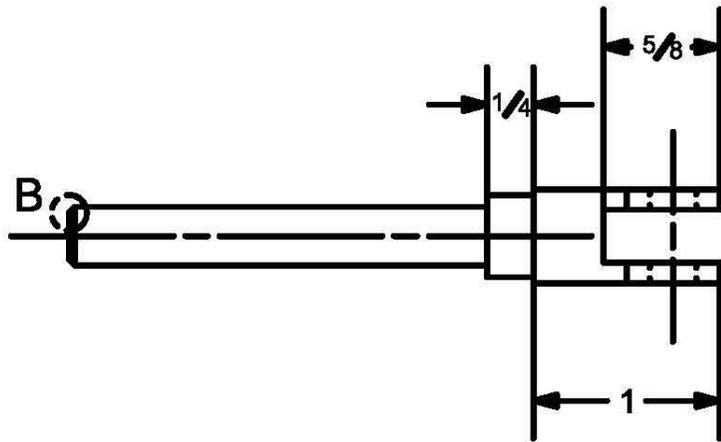


DETALLE A

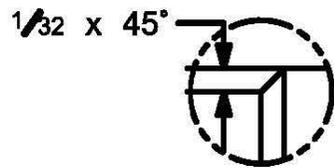
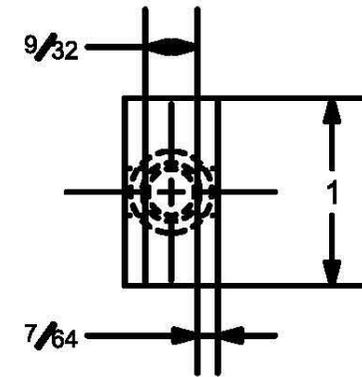
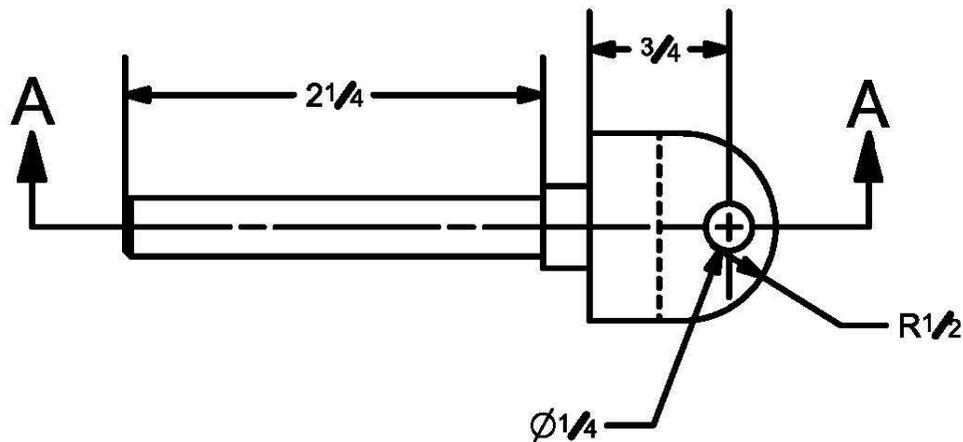
<b>Prototipo para afilado de cuchillas de cizalla manual</b>			
		Placa de sujeción	N° de piezas: 1
Esc: 1:2	Acot: in	Material: Acero 1045	Fecha: 26/09/2016
Tol. gen. ±0.010 in a menos que se indique lo contrario.		Diseñado por: A. E. H. H. & N. H. O.	Revisado por: M. A. H. A.
		Aprobado por: R. G. V. N.	Hoja: 1/1



<b>Prototipo para afilado de cuchillas de cizalla manual</b>			
 		Camisa del compensador	N° de piezas: 2
Esc: 1:1	Acot: in	Material: Acero 1018	Fecha: 26/09/2016
Tol. gen. $\pm 0.010$ in a menos que se indique lo contrario.		Diseñado por: A. E. H. H. & N. H. O.	Revisado por: M. A. H. A.
		Aprobado por: R. G. V. N.	A4 Hoja: 1/1



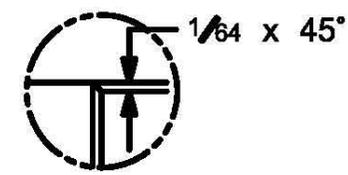
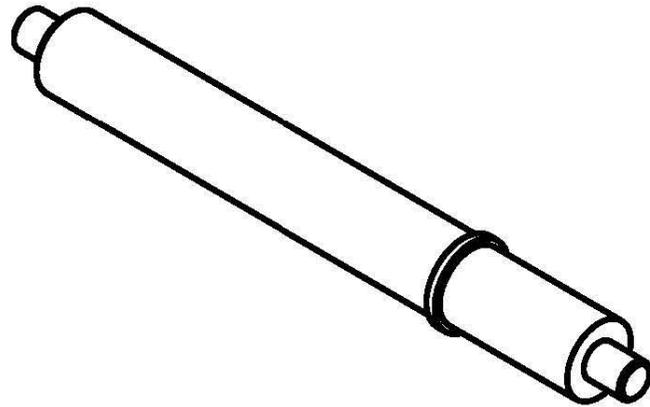
SECCION A-A



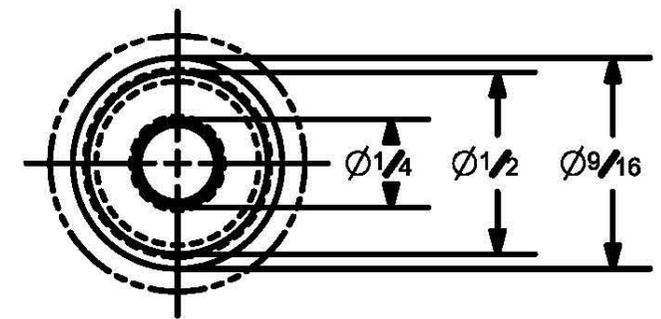
DETALLE B

### Prototipo para afilado de cuchillas de cizalla manual

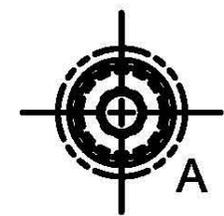
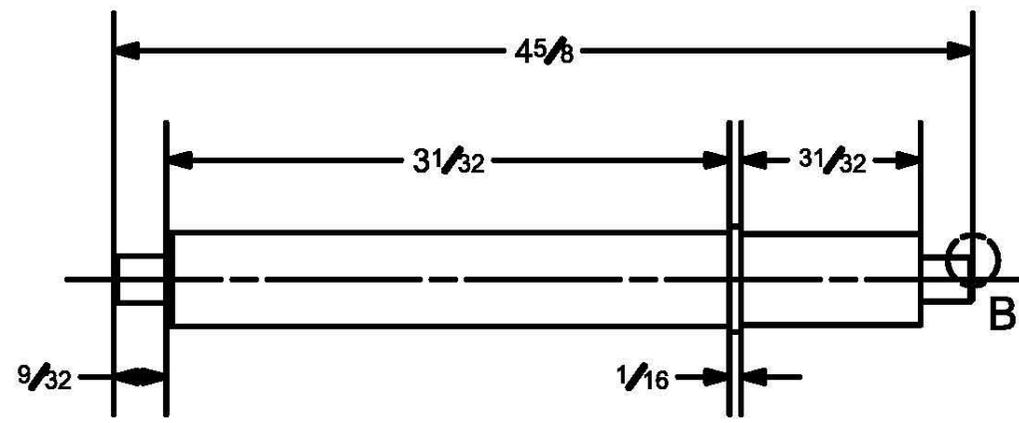
		Pistón del compensador		N° de piezas: 2		
Esc: 1:1	Acot: in	Material: Acero 1018		Fecha: 26/09/2016		
Tol. gen. $\pm 0.010$ in a menos que se indique lo contrario.		Diseñado por: A. E. H. H. & N. H. O.	Revisado por: M. A. H. A.	Aprobado por: R. G. V. N.	A4	Hoja: 1/1



DETALLE B

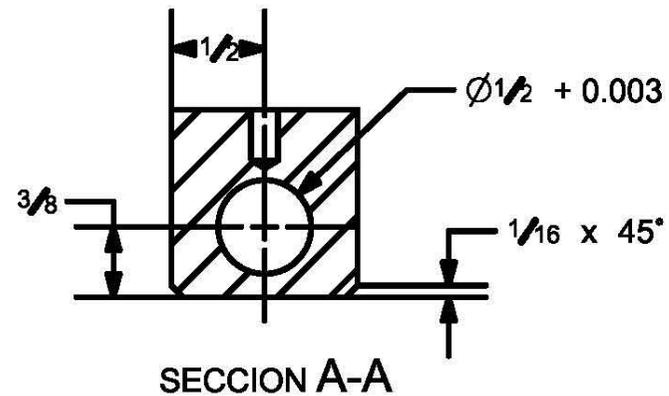
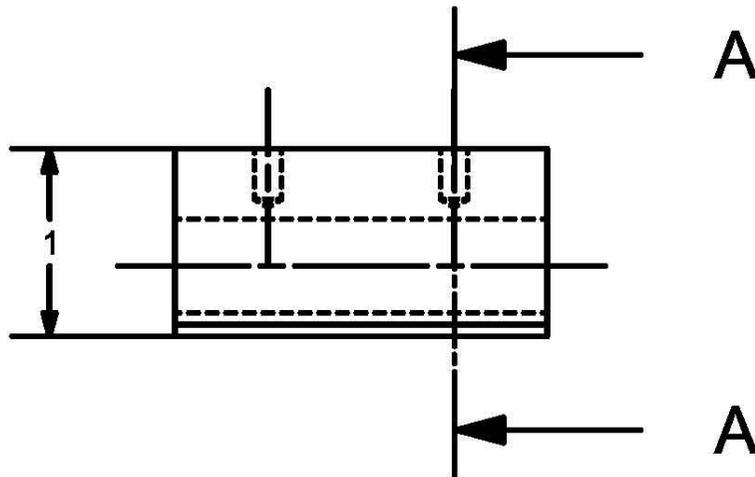
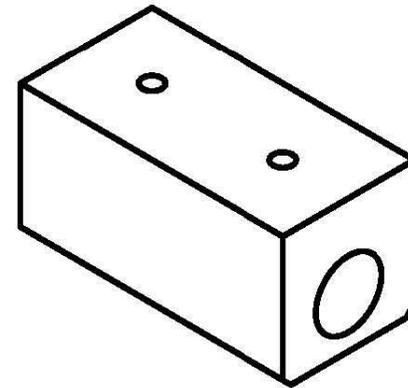
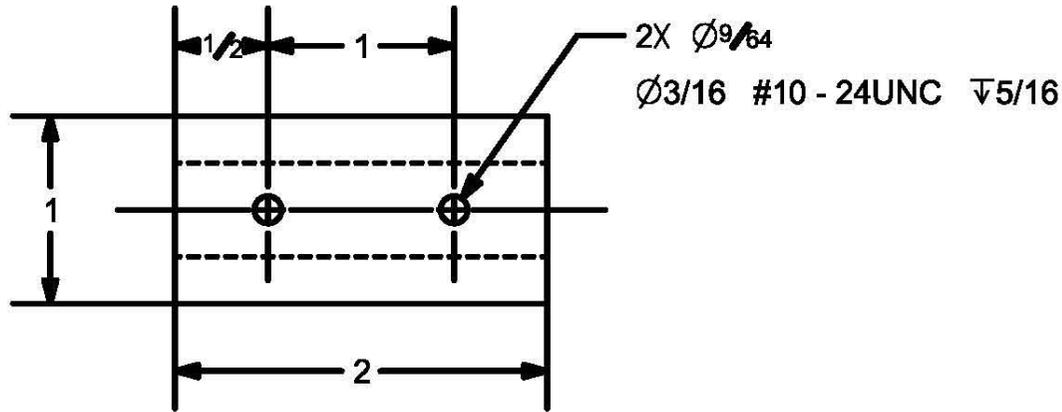


DETALLE A



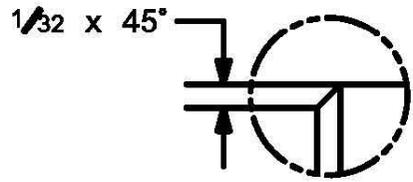
A

<b>Prototipo para afilado de cuchillas de cizalla manual</b>				
		Eje de rodamientos		N° de piezas: 2
Esc: 1:1	Acot: in	Material: Acero 1018		Fecha: 26/09/2016
Tol. gen. ±0.010 in a menos que se indique lo contrario.		Diseñado por: A. E. H. H. & N. H. O.	Revisado por: M. A. H. A.	Aprobado por: R. G. V. N.
			A4	Hoja: 1/1

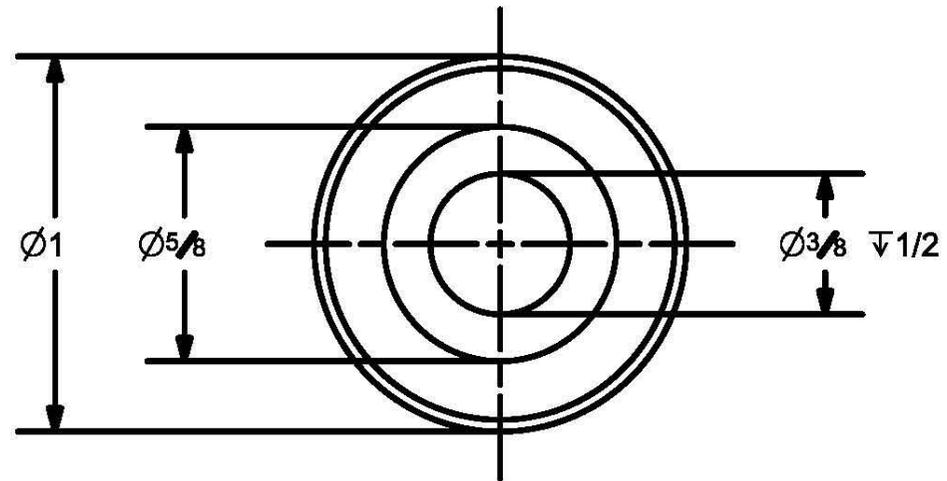
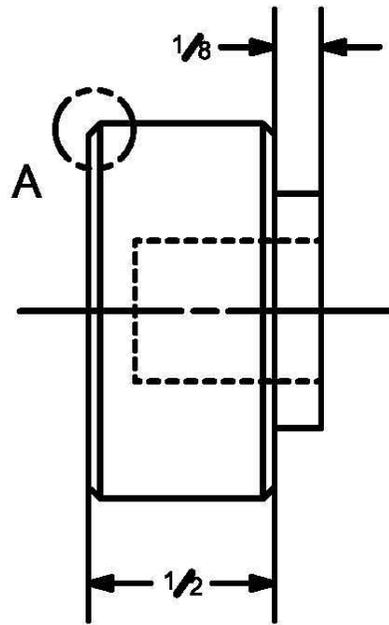
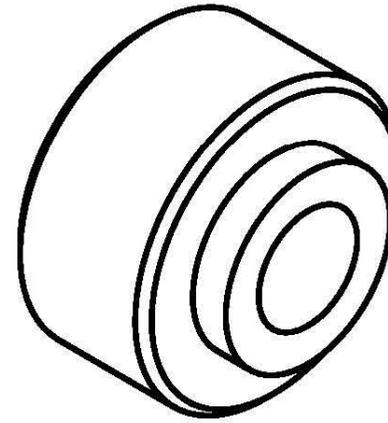


**Prototipo para afilado de cuchillas de cizalla manual**

		Camisa de eje	N° de piezas: 2	
Esc: 1:1	Acot: in	Material: Acero 1018		Fecha: 26/09/2016
Tol. gen. $\pm 0.010$ in a menos que se indique lo contrario.		Diseñado por: A. E. H. H. & N. H. O.	Revisado por: M. A. H. A.	Aprobado por: R. G. V. N.
		A4	Hoja: 1/1	

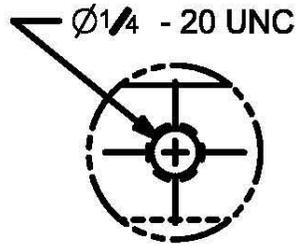
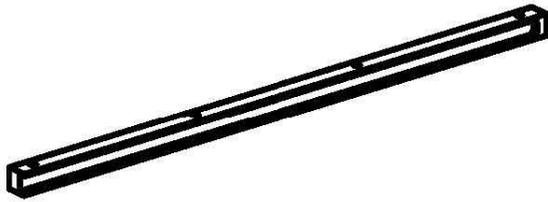


DETALLE A

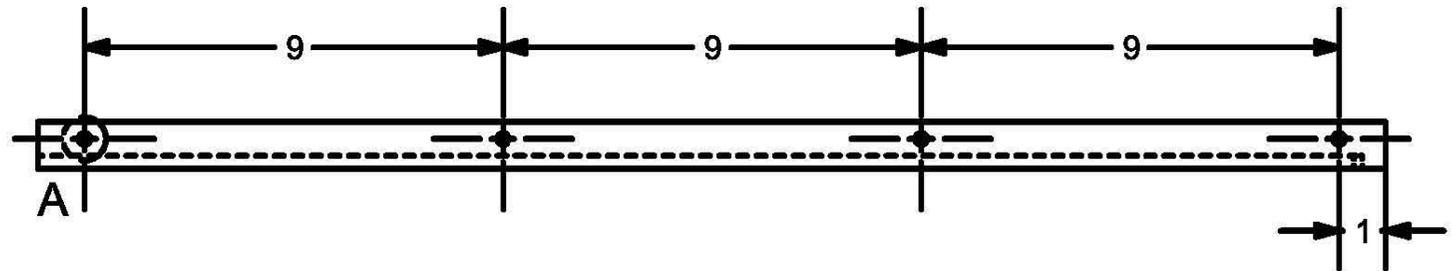


Prototipo para afilado de cuchillas de cizalla manual

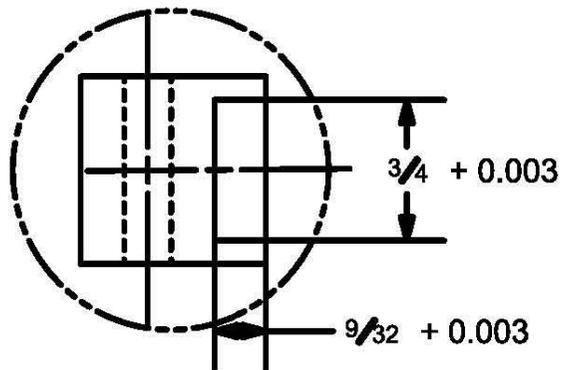
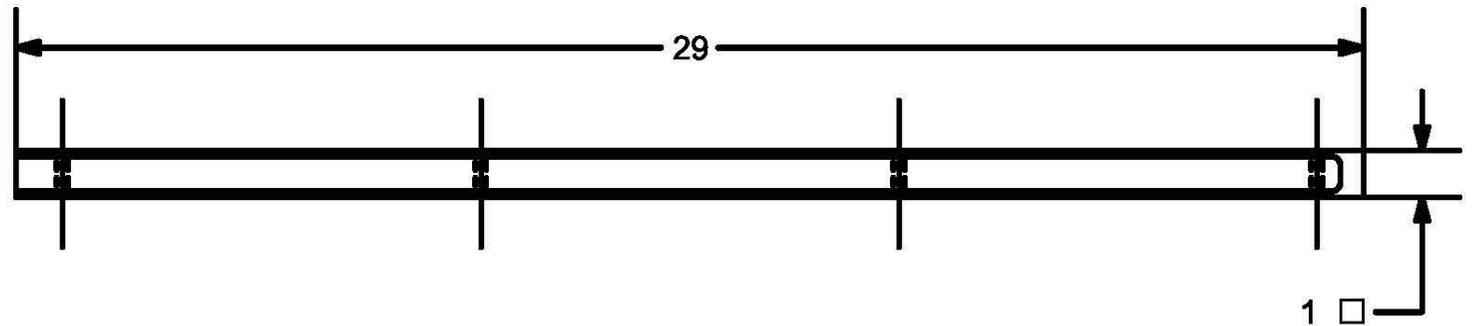
		Volante		N° de piezas: 1	
Esc: 2:1	Acot: in	Material: Acero 1018		Fecha: 26/09/2016	
Tol. gen. ±0.010 in a menos que se indique lo contrario.		Diseñado por: A. E. H. H. & N. H. O.	Revisado por: M. A. H. A.	Aprobado por: R. G. V. N.	Hoja: 1/1



DETALLE A

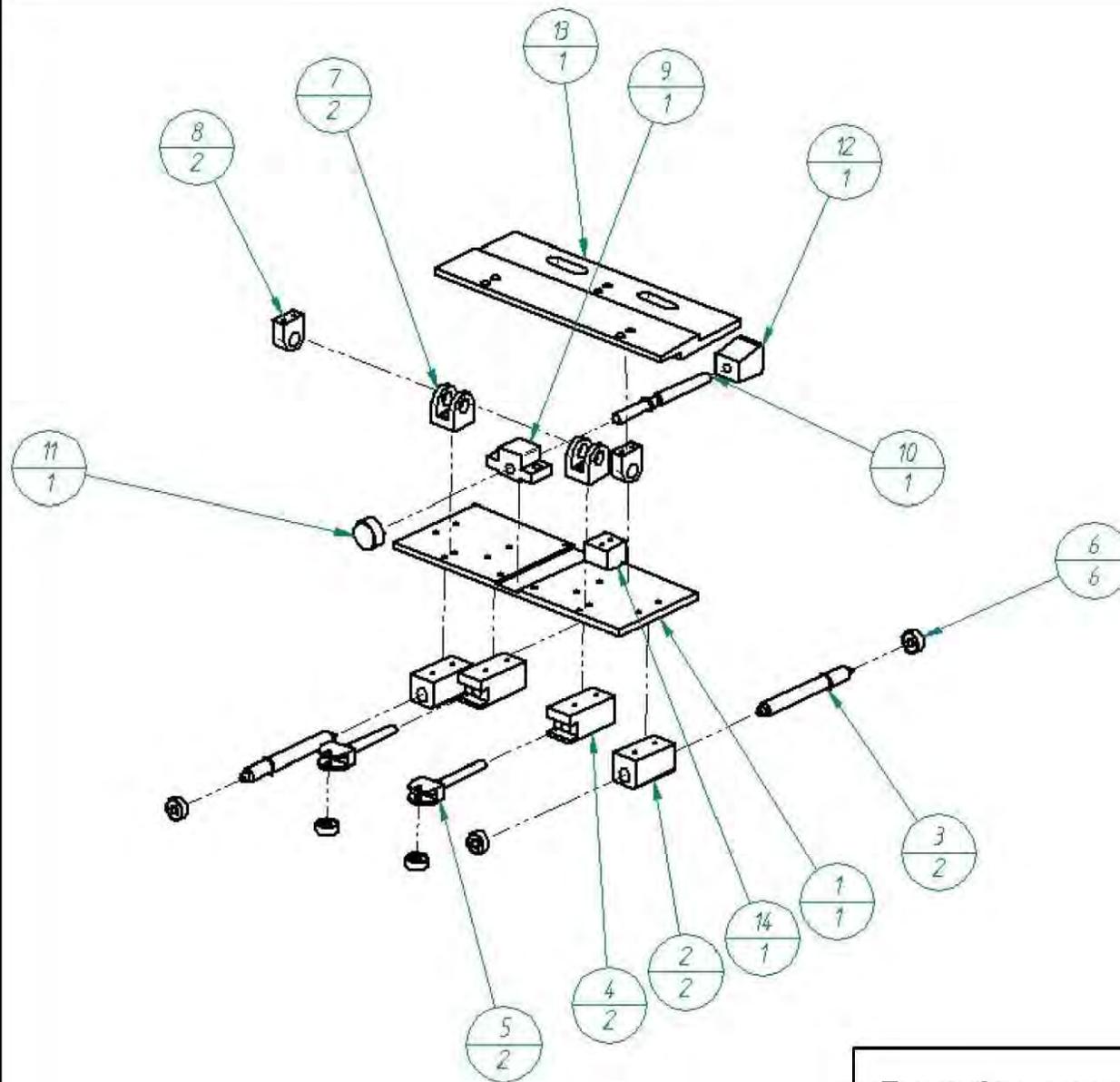


B



DETALLE B

<b>Prototipo para afilado de cuchillas de cizalla manual</b>					
		Carril en C		N° de piezas: 2	
Esc: 1:4	Acot: in	Material: Acero 1018		Fecha: 26/09/2016	
Tol. gen. $\pm 0.010$ in a menos que se indique lo contrario.		Diseñado por: A. E. H. H. & N. H. O.	Revisado por: M. A. H. A.	Aprobado por: R. G. V. N.	Hoja: 1/1



Número de elemento	Título	Material	Cantidad
1	Placa base	acero 1018	1
2	Camisa del eje	Acero 1018	2
3	Eje de rodamientos	Acero 1018	2
4	Camisa del compensador	Acero 1018	2
5	Piston del compensador	Acero 1018	2
6	Rodamiento R4AZZ	-----	6
7	Macho de la Oreja	Acero 1018	2
8	Oreja	Acero 1018	2
9	Soporte eje roscado	Acero 1018	1
10	Eje roscado	Acero 1018	1
11	Volante	Acero 1018	1
12	Cuña	Acero 1018	1
13	Placa de sujecion	Acero 1045	1
14	Seguidor	Acero 1018	1

### Prototipo para afilado de cuchillas de cizalla manual

Explosivo: sistema de sujeción y avance

Fecha:  
26/09/2016

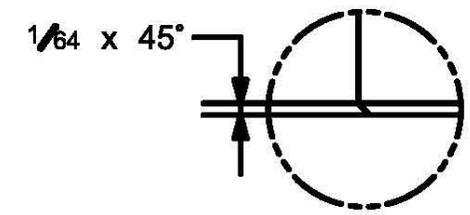
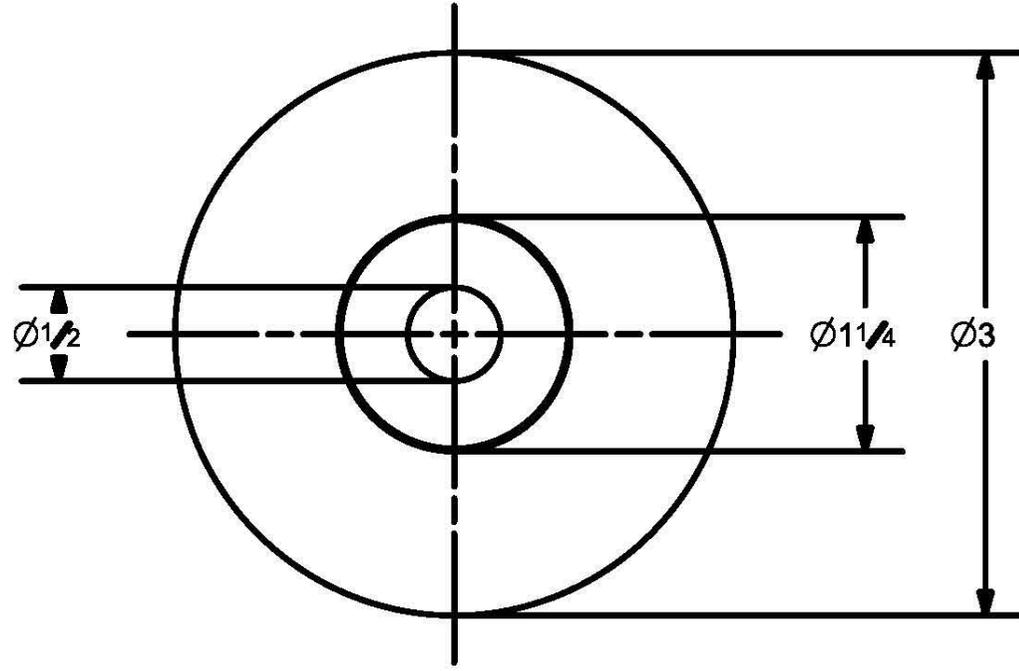
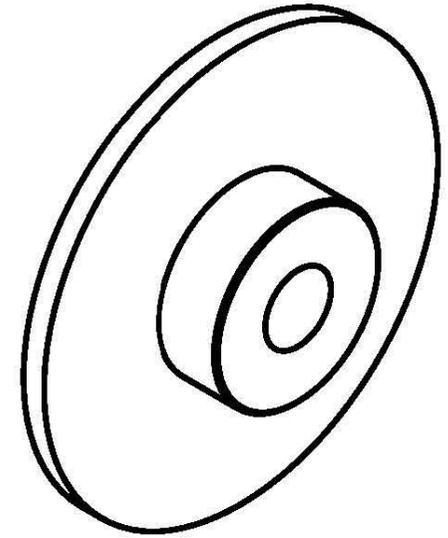
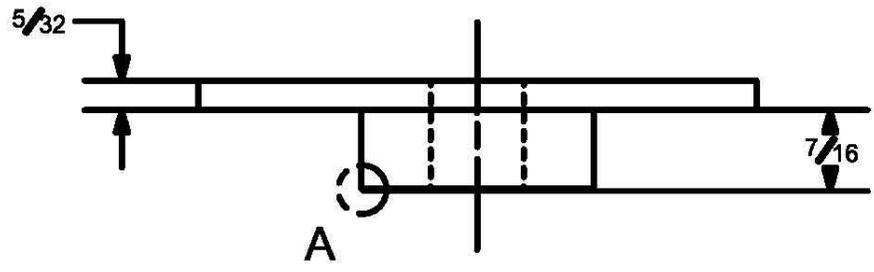
Diseñado por:  
A. E. H. H. &  
N. H. O.

Revisado  
por:  
M. A. H. A.

Aprobado  
por:  
R. G. V. N.

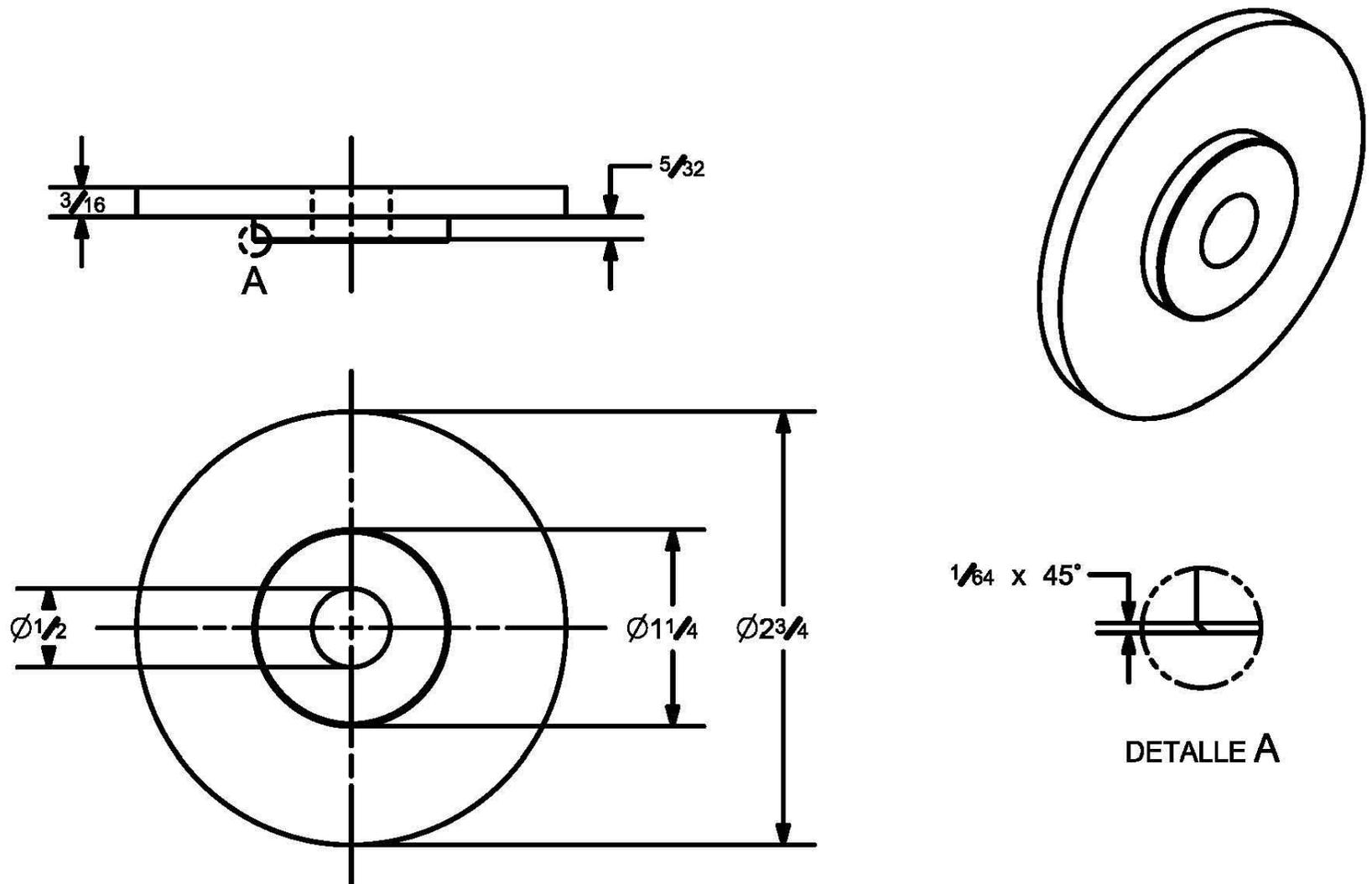
A4

Hoja:  
1/1

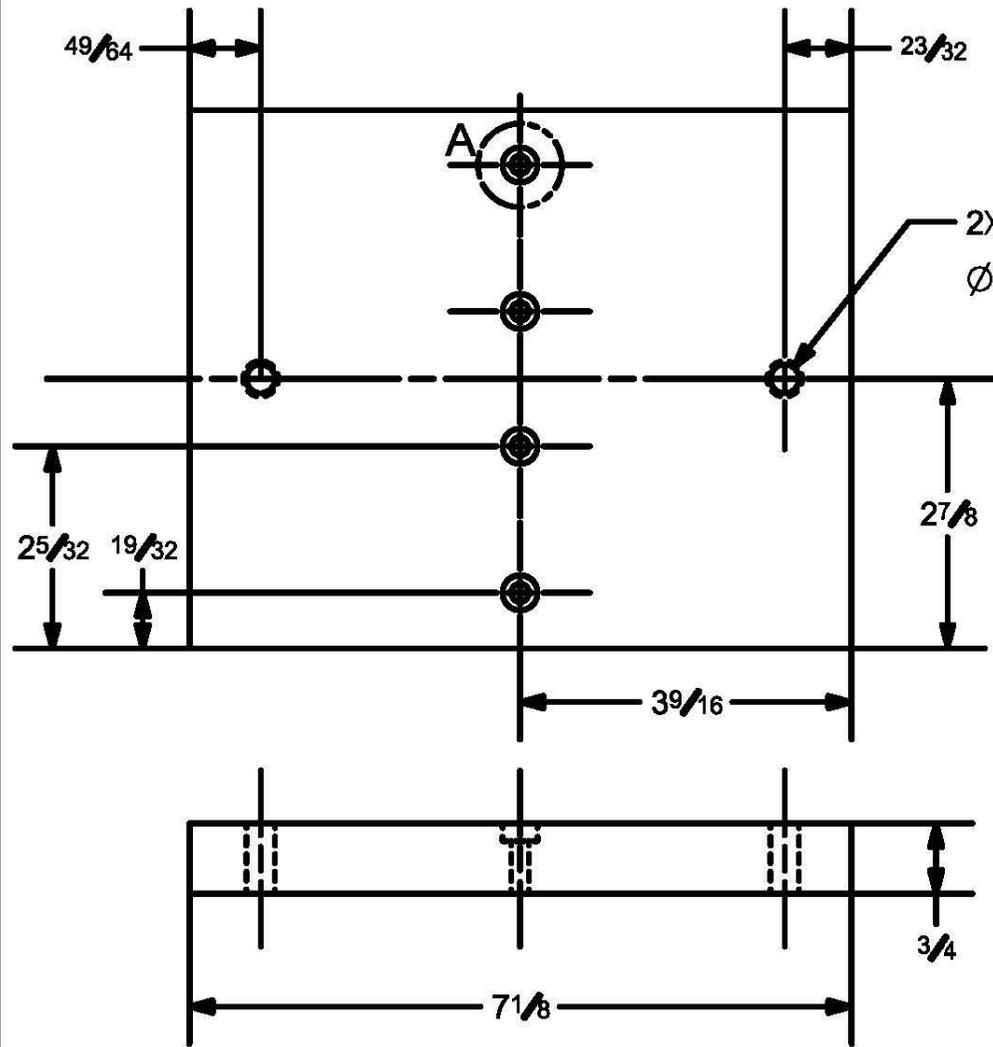


DETALLE A

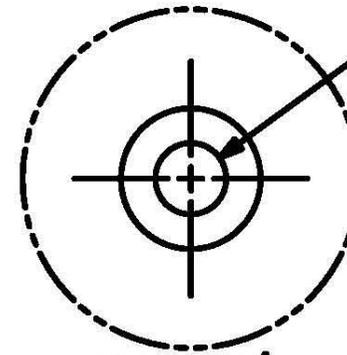
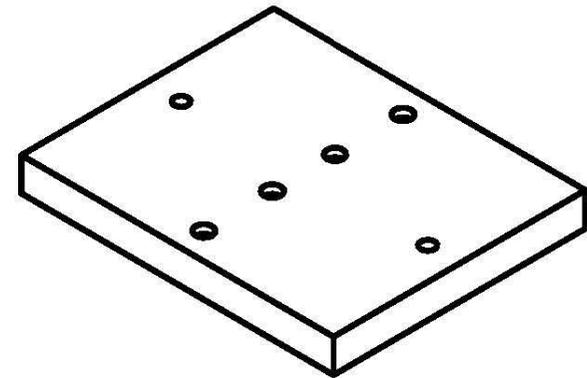
<b>Prototipo para afilado de cuchillas de cizalla manual</b>						
		Brida trasera			N° de piezas: 1	
Esc: 1:1	Acot: in	Material: Acero 1018			Fecha: 26/09/2016	
Tol. gen. $\pm 0.010$ in a menos que se indique lo contrario.		Diseñado por: A. E. H. H. & N. H. O.	Revisado por: M. A. H. A.	Aprobado por: R. G. V. N.	A4	Hoja: 1/1



<b>Prototipo para afilado de cuchillas de cizalla manual</b>			
		Brida frontal	N° de piezas: 1
Esc: 1:1	Acot: in	Material: Acero 1018	Fecha: 26/09/2016
Tol. gen. ±0.010 in a menos que se indique lo contrario.	Diseñado por: A. E. H. H. & N. H. O.	Revisado por: M. A. H. A.	Aprobado por: R. G. V. N.
	A4	Hoja: 1/1	



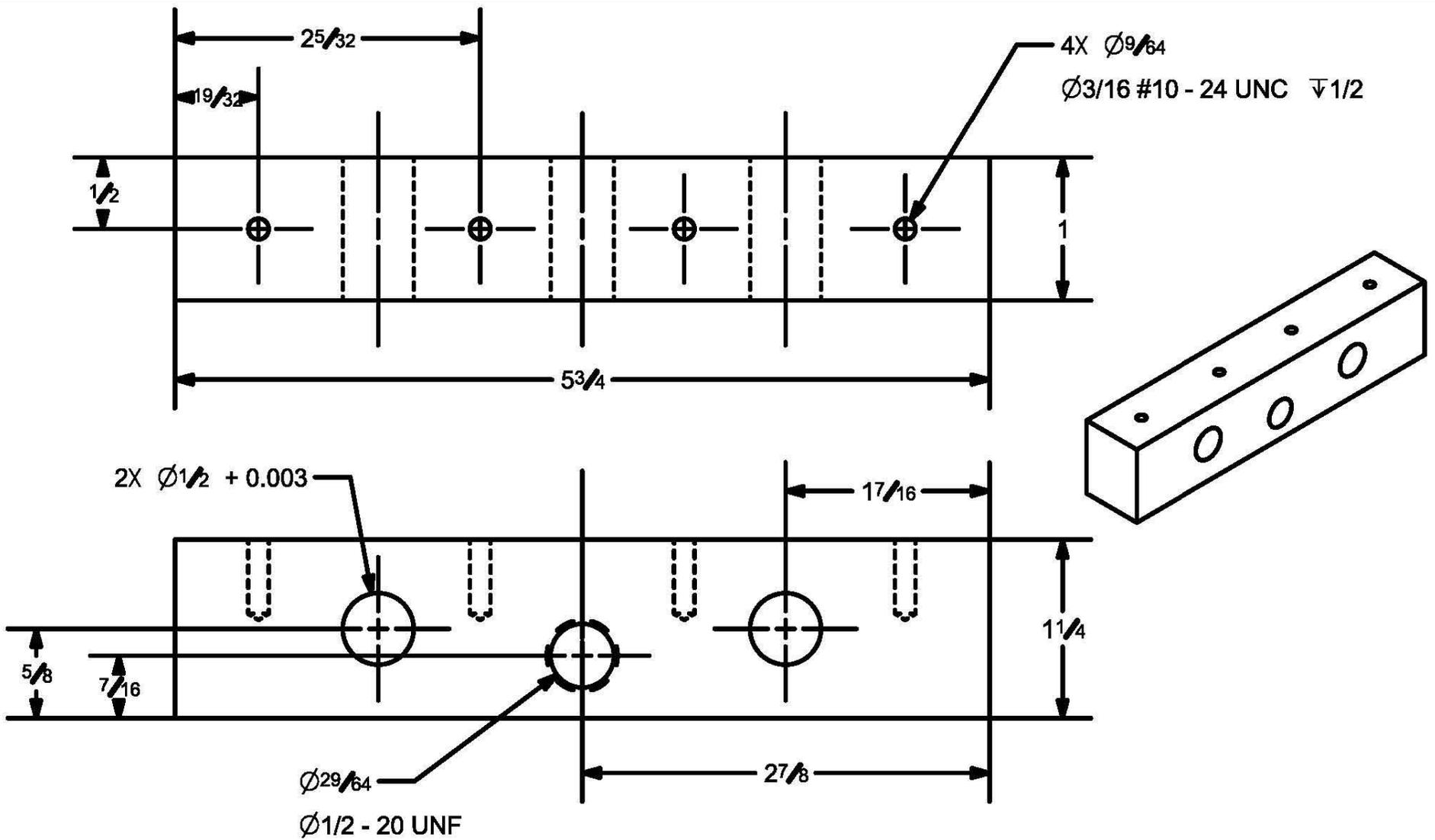
2X  $\varnothing 5/16$   
 $\varnothing 3/8 - 16 \text{ UNC}$



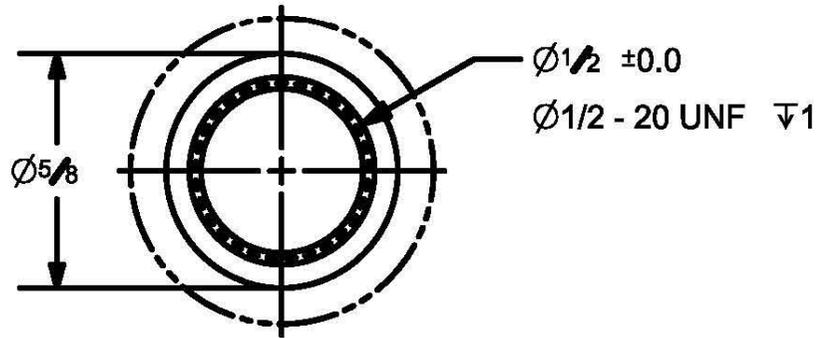
4X  $\varnothing 3/16 + 0.003$   
 $\square \varnothing 5/16 \nabla 3/16$

DETALLE A

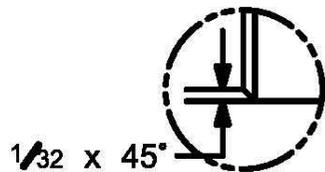
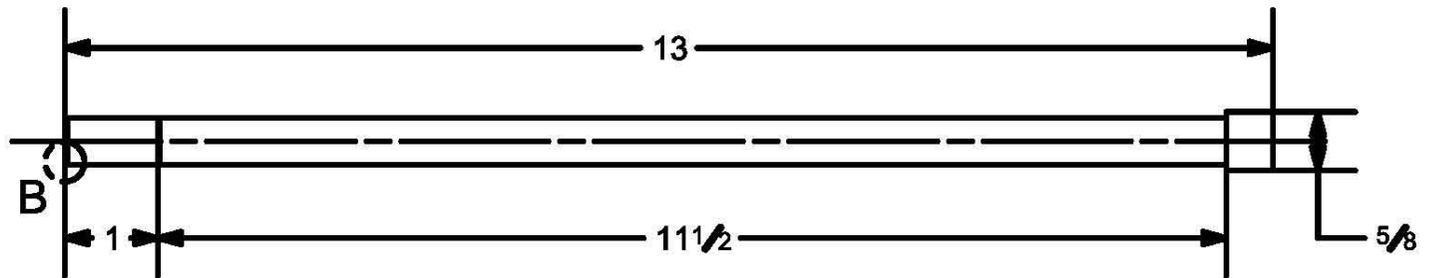
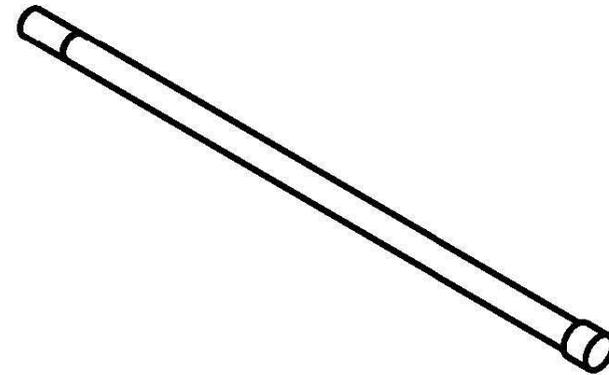
<b>Prototipo para afilado de cuchillas de cizalla manual</b>						
		Placa base de motor		N° de piezas: 1		
Esc: 1:2	Acot: in	Material: Acero 1018		Fecha: 26/09/2016		
Tol. gen. $\pm 0.010$ in a menos que se indique lo contrario.		Diseñado por: A. E. H. H. & N. H. O.	Revisado por: M. A. H. A.	Aprobado por: R. G. V. N.	A4	Hoja: 1/1



<b>Prototipo para afilado de cuchillas de cizalla manual</b>			
		Bloque de ejes guía y husillo	N° de piezas: 1
Esc: 1:1	Acot: in	Material: Acero 1018	Fecha: 26/09/2016
Tol. gen. ±0.010 in a menos que se indique lo contrario.		Diseñado por: A. E. H. H. & N. H. O.	Revisado por: M. A. H. A.
		Aprobado por: R. G. V. N.	A4 Hoja: 1/1

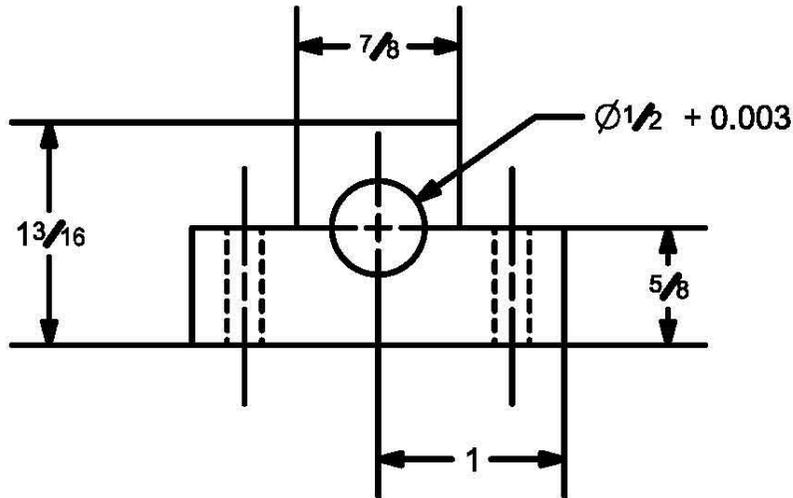
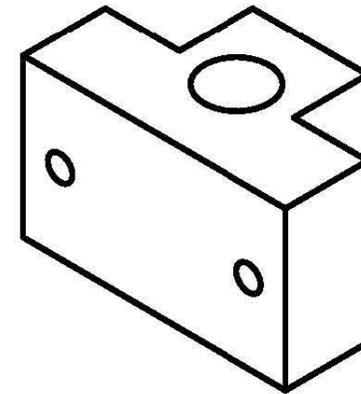
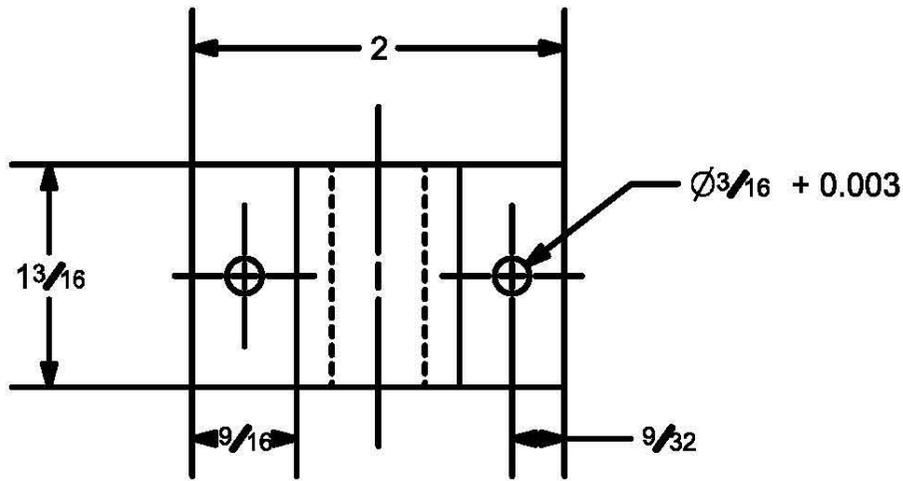


DETALLE A

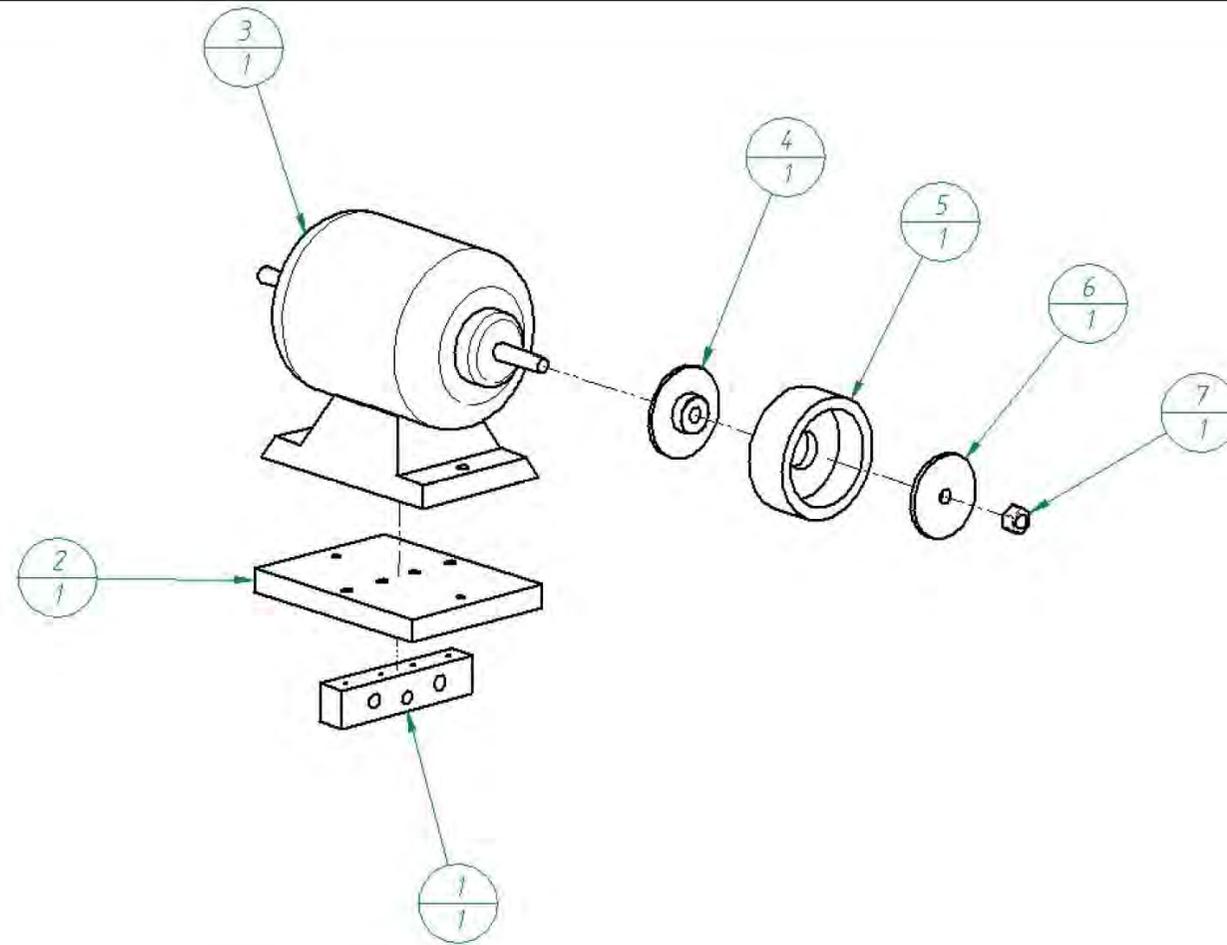


DETALLE B

<b>Prototipo para afilado de cuchillas de cizalla manual</b>						
		Eje guía			N° de piezas: 2	
Esc: 1:2	Acot: in	Material: Acero Plata W1			Fecha: 26/09/2016	
Tol. gen. ±0.010 in a menos que se indique lo contrario.		Diseñado por: A. E. H. H. & N. H. O.	Revisado por: M. A. H. A.	Aprobado por: R. G. V. N.	A4	Hoja: 1/1



<b>Prototipo para afilado de cuchillas de cizalla manual</b>			
		Soporte de ejes guía	N° de piezas: 4
Esc: 1:1	Acot: in	Material: Acero 1018	Fecha: 26/09/2016
Tol. gen. $\pm 0.010$ in a menos que se indique lo contrario.	Diseñado por: A. E. H. H. & N. H. O.	Revisado por: M. A. H. A.	Aprobado por: R. G. V. N.
	A4	Hoja: 1/1	



Número de elemento	Título	Material	Cantidad
1	Bloque de ejes guía y husillo	Acero 1018	1
2	Placa base de notor	Acero 1018	1
3	Motor	-----	1
4	Brida trasera	Acero 1018	1
5	Copa abrasiva Tipo 6	Alumina	1
6	Brida frontal	Acero 1018	1
7	tuerca	-----	1

### Prototipo para afilado de cuchillas de cizalla manual

Explosivo: sistema motor - piedra

Fecha:  
26/09/2016

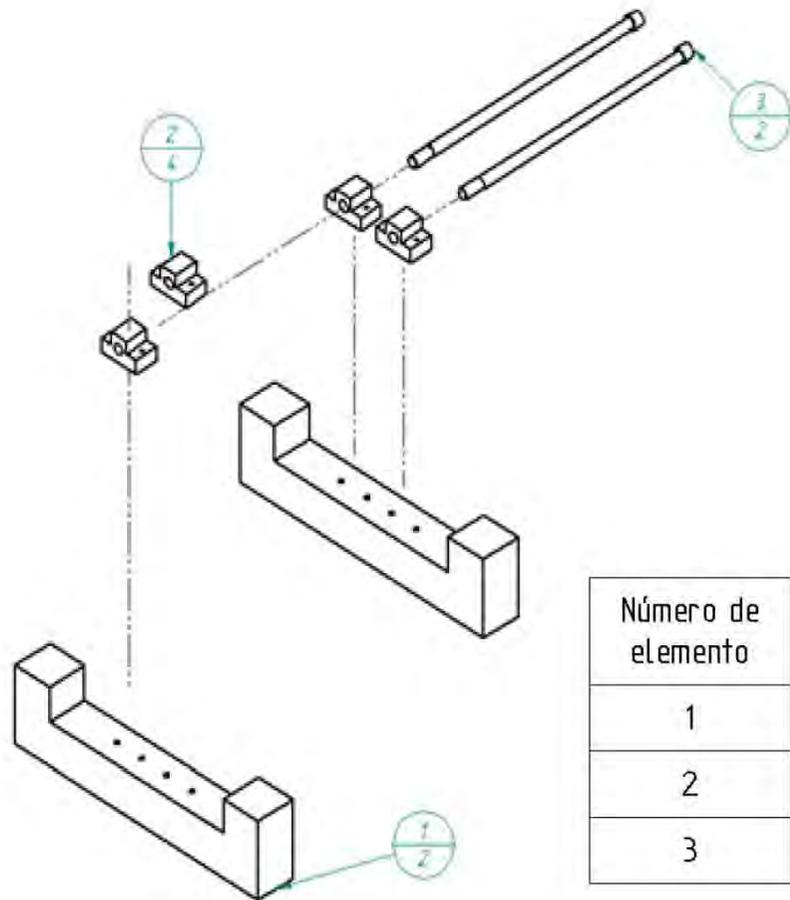
Diseñado por:  
A. E. H. H. &  
N. H. O.

Revisado  
por:  
M. A. H. A.

Aprobado  
por:  
R. G. V. N.

A4

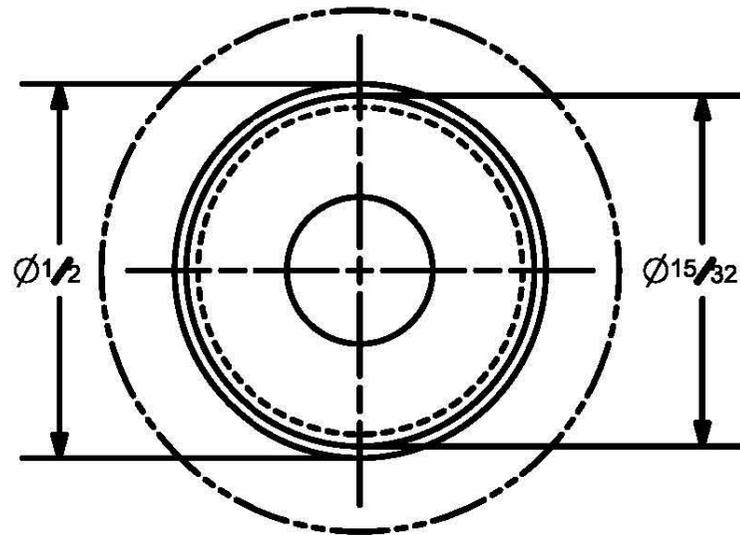
Hoja:  
1/1



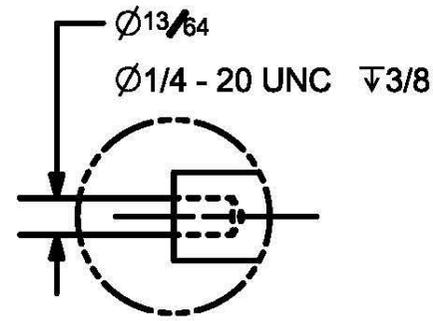
Número de elemento	Título	Material	Cantidad
1	Arco soportes	PTR Cal. 14	2
2	Soporte de ejes guía	Acero 1018	4
3	Ejes guía	Acero Plata W1	2

### Prototipo para afilado de cuchillas de cizalla manual

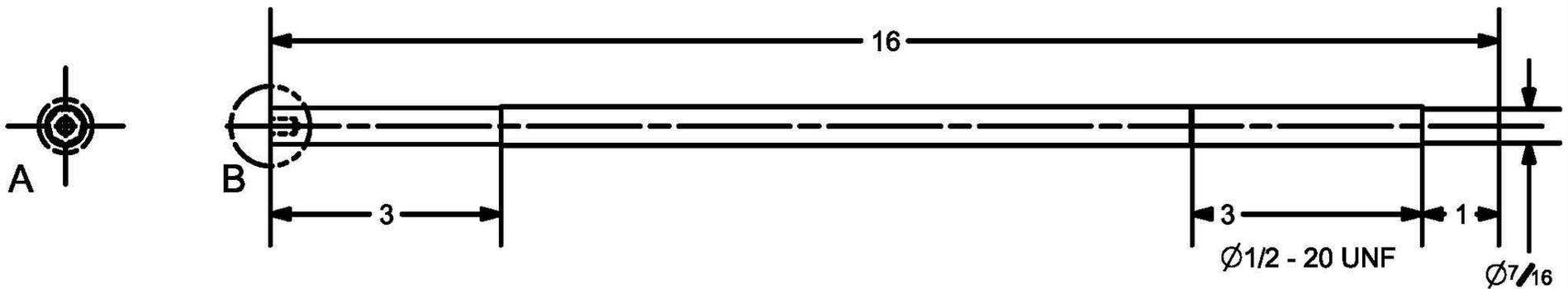
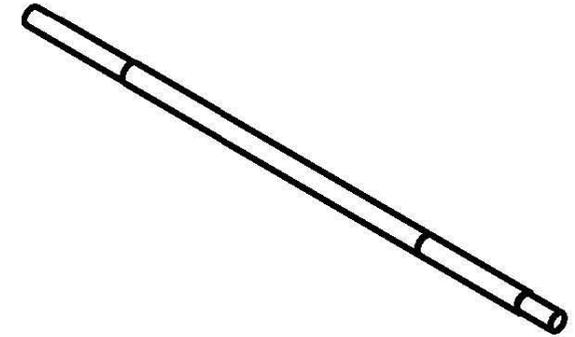
Explosivo: sistema de ejes guía				Fecha: 26/09/2016
Diseñado por: A. E. H. H. & N. H. O.	Revisado por: M. A. H. A.	Aprobado por: R. G. V. N.	A4	Hoja: 1/1



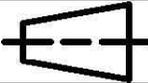
DETALLE A

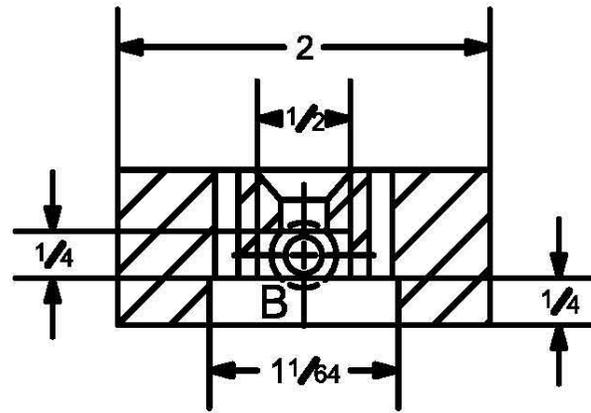


DETALLE B

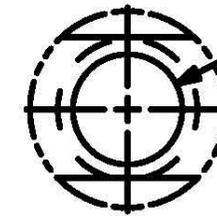
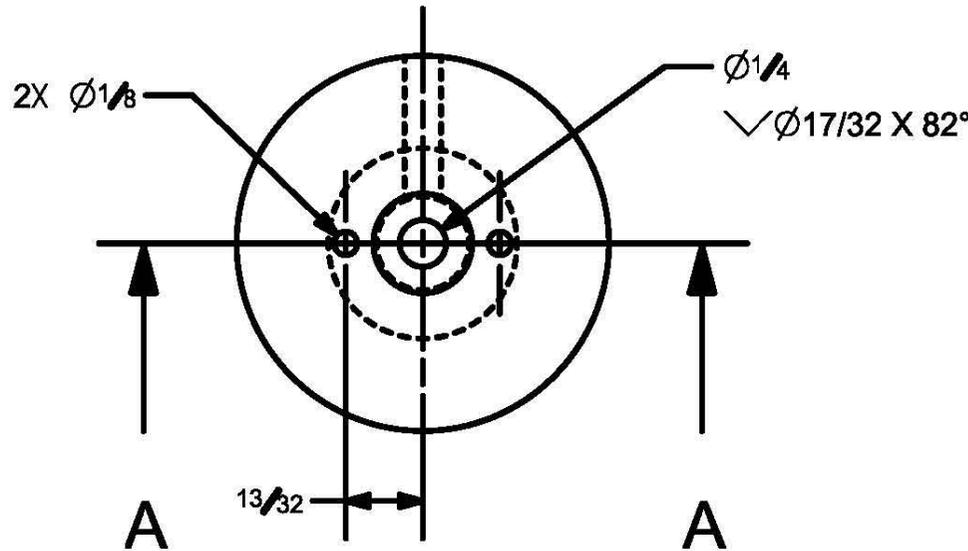
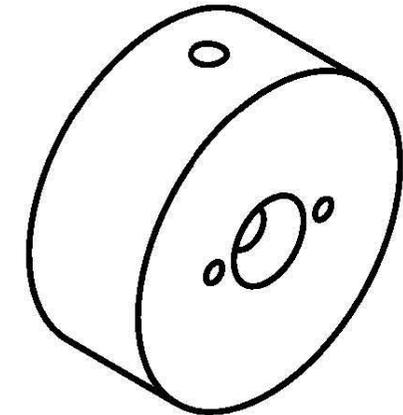


Prototipo para afilado de cuchillas de cizalla manual

 		Eje husillo		N° de piezas: 1	
Esc: 1:2	Acot: in	Material: Acero 1018		Fecha: 26/09/2016	
Tol. gen. ±0.010 in a menos que se indique lo contrario.		Diseñado por: A. E. H. H. & N. H. O.	Revisado por: M. A. H. A.	Aprobado por: R. G. V. N.	Hoja: 1/1



SECCION A-A



DETALLE B

<b>Prototipo para afilado de cuchillas de cizalla manual</b>			
		Barril	Nº de piezas: 1
Esc: 1:1	Acot: in	Material: Acero 1018	
Tol. gen. ±0.010 in a menos que se indique lo contrario.		Diseñado por: A. E. H. H. & N. H. O.	Revisado por: M. A. H. A.
		Aprobado por: R. G. V. N.	Fecha: 26/09/2016
		A4	Hoja: 1/1

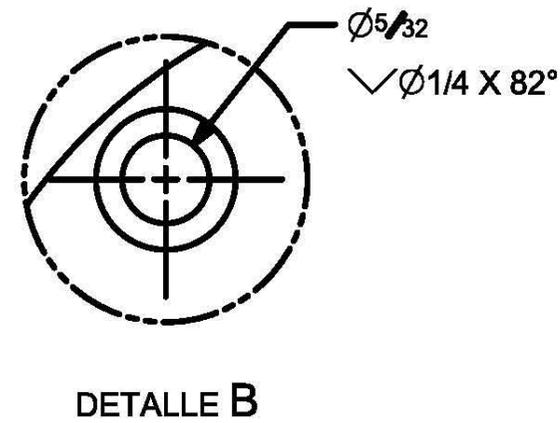
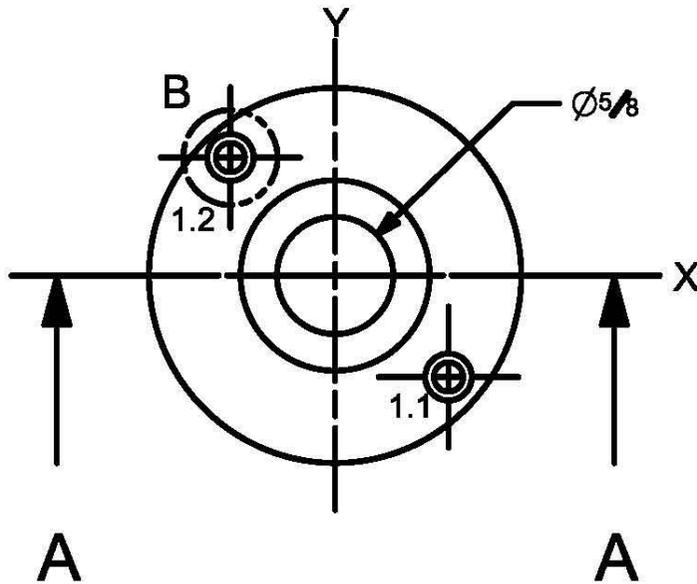
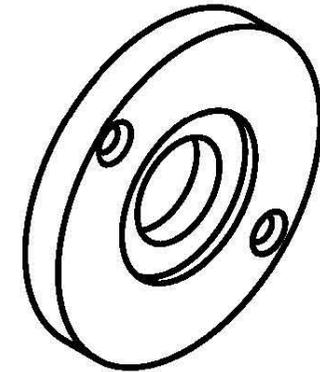
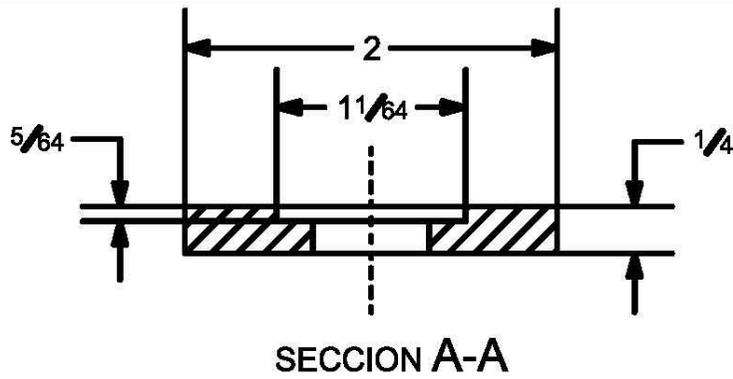
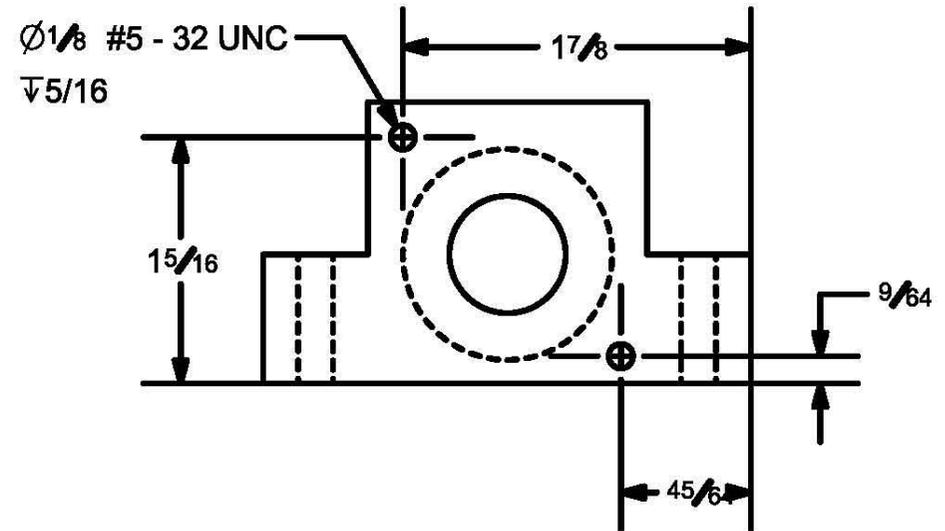
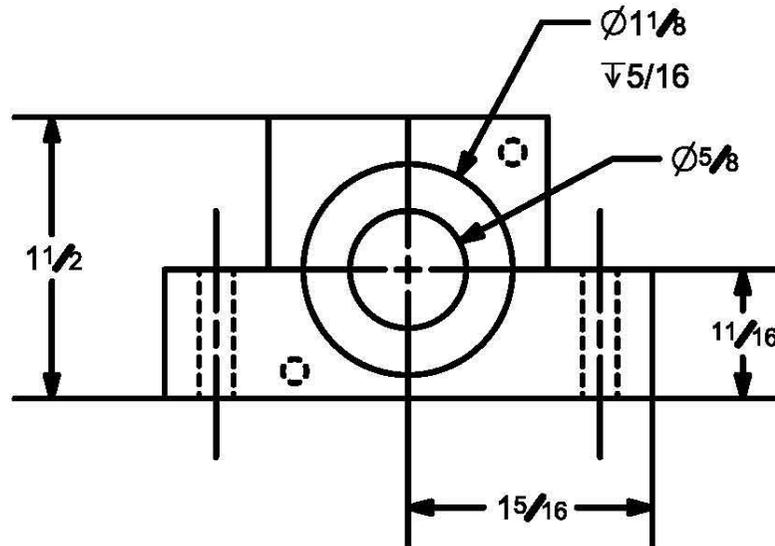
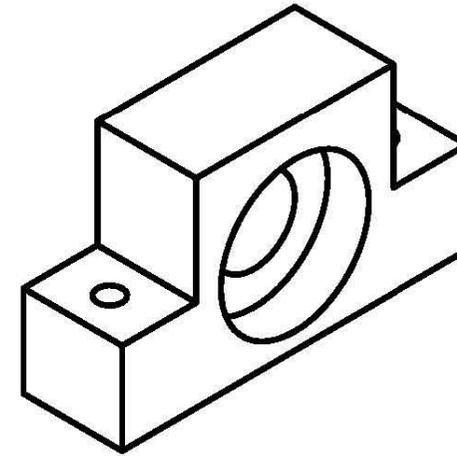
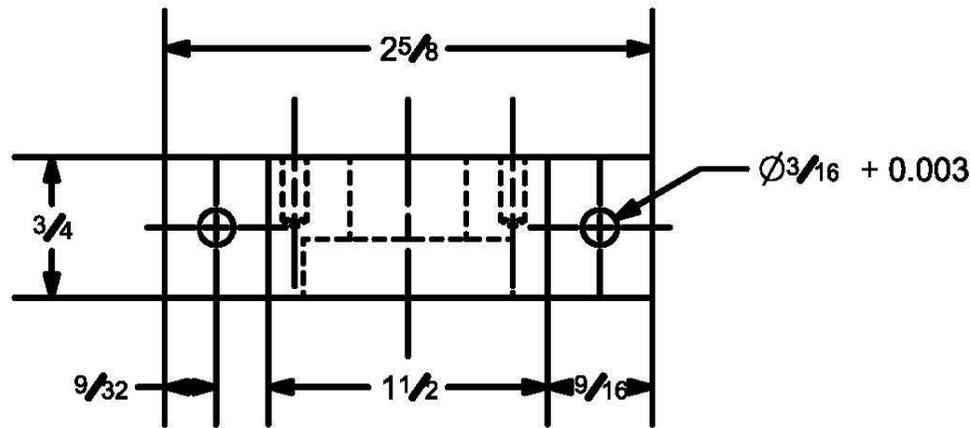


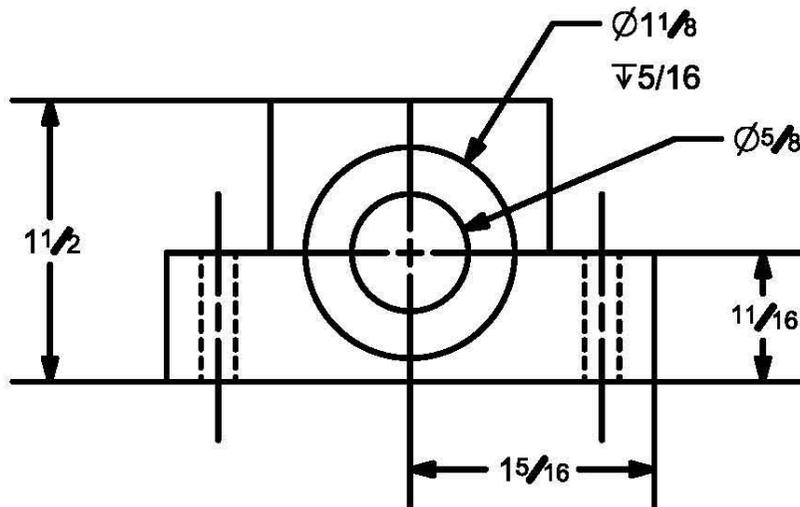
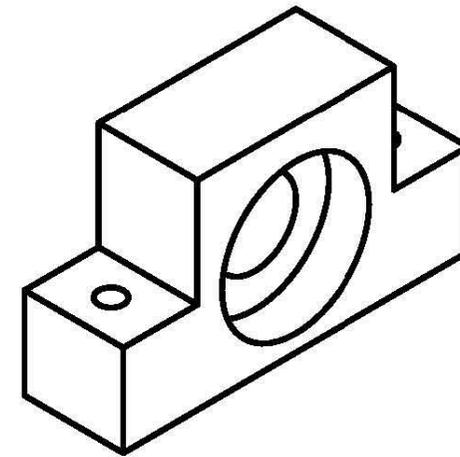
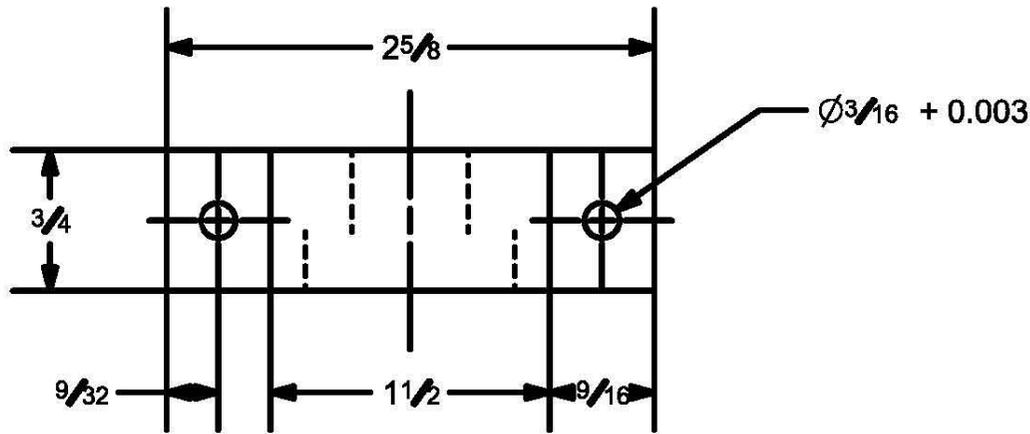
Tabla de agujeros		
Agujero	X	Y
1.1	39/64	-35/64
1.2	-9/16	5/8

Prototipo para afilado de cuchillas de cizalla manual						
		Anillo de referencia de corte		N° de piezas: 1		
Esc: 1:1	Acot: in	Material: Acero 1018		Fecha: 26/09/2016		
Tol. gen. ±0.010 in a menos que se indique lo contrario.		Diseñado por: A. E. H. H. & N. H. O.	Revisado por: M. A. H. A.	Aprobado por: R. G. V. N.	A4	Hoja: 1/1

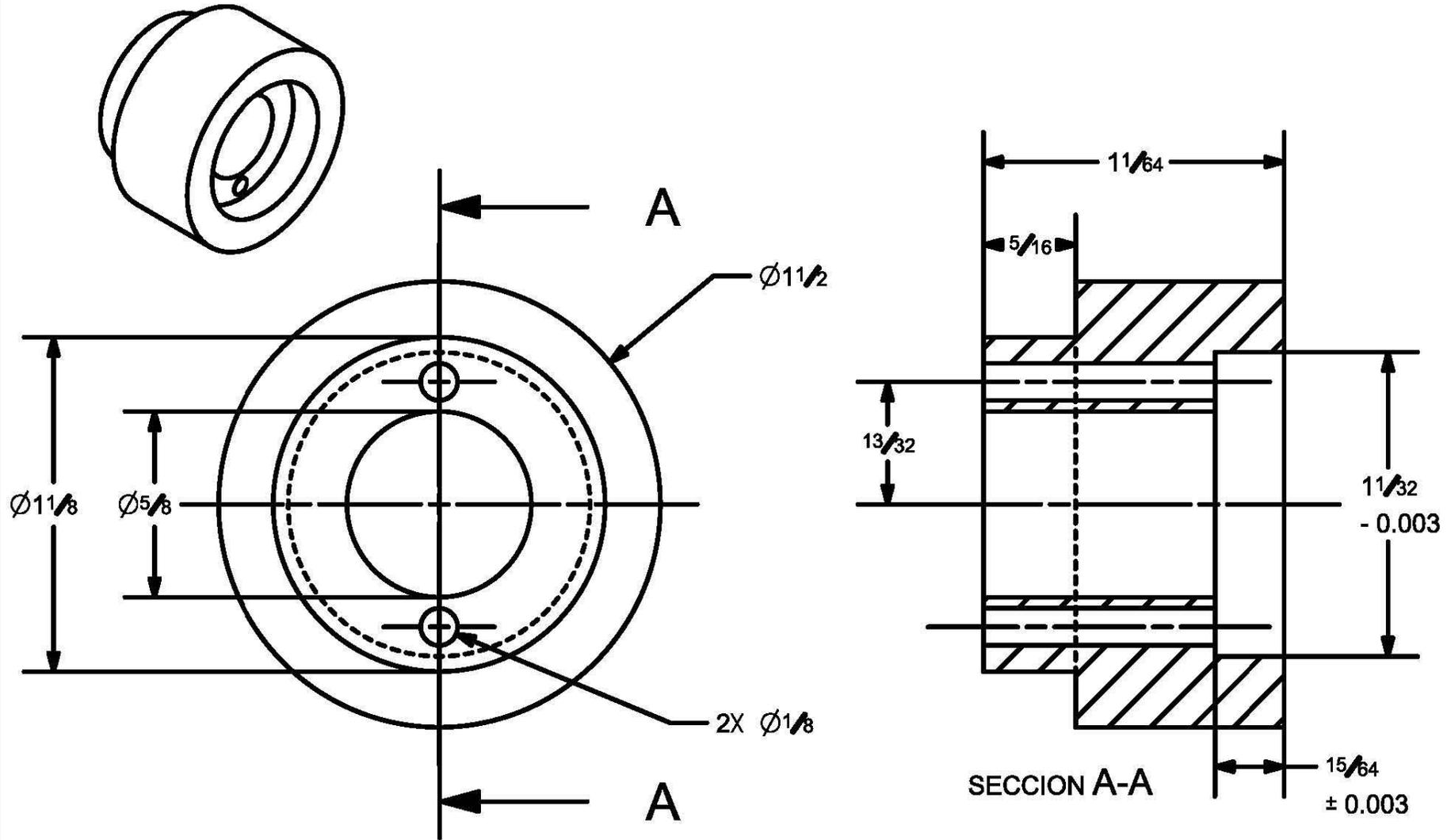


### Prototipo para afilado de cuchillas de cizalla manual

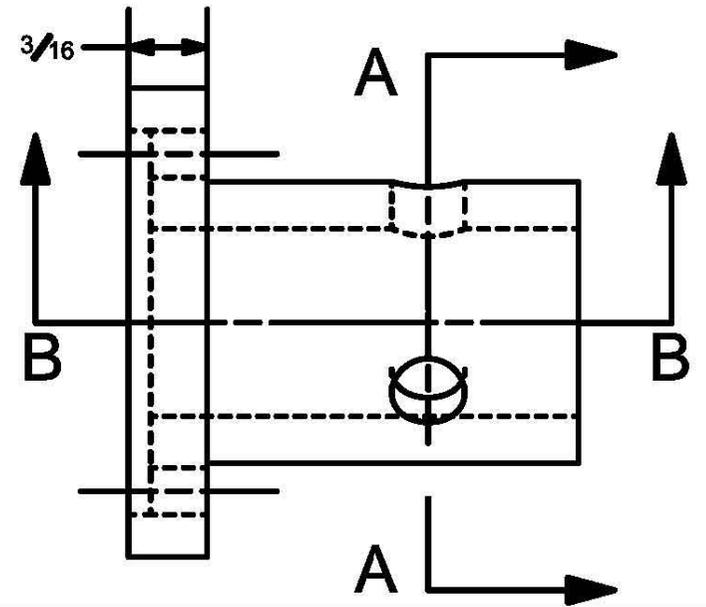
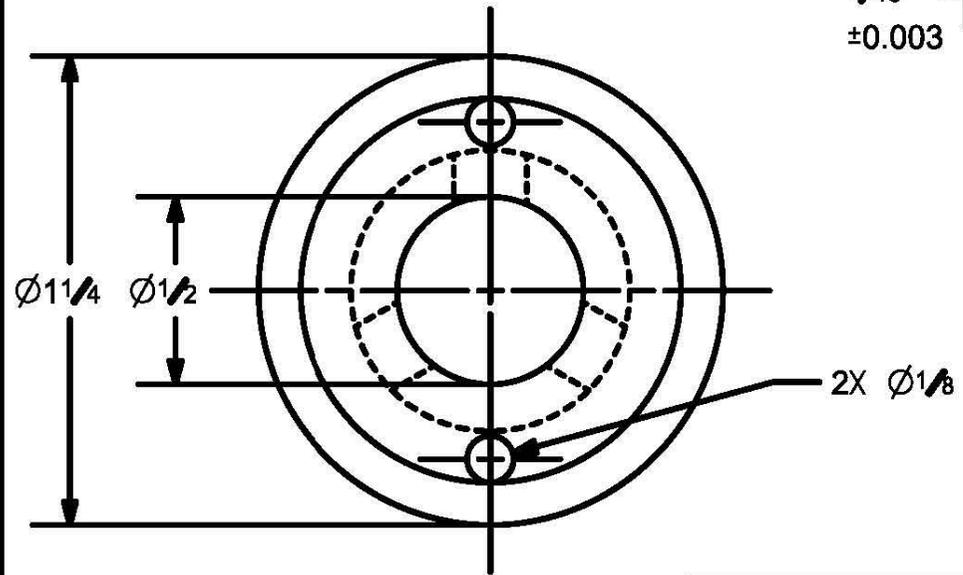
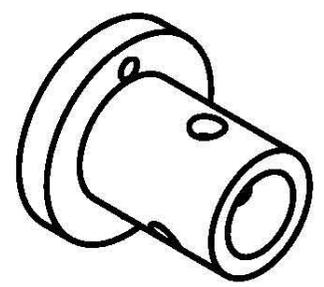
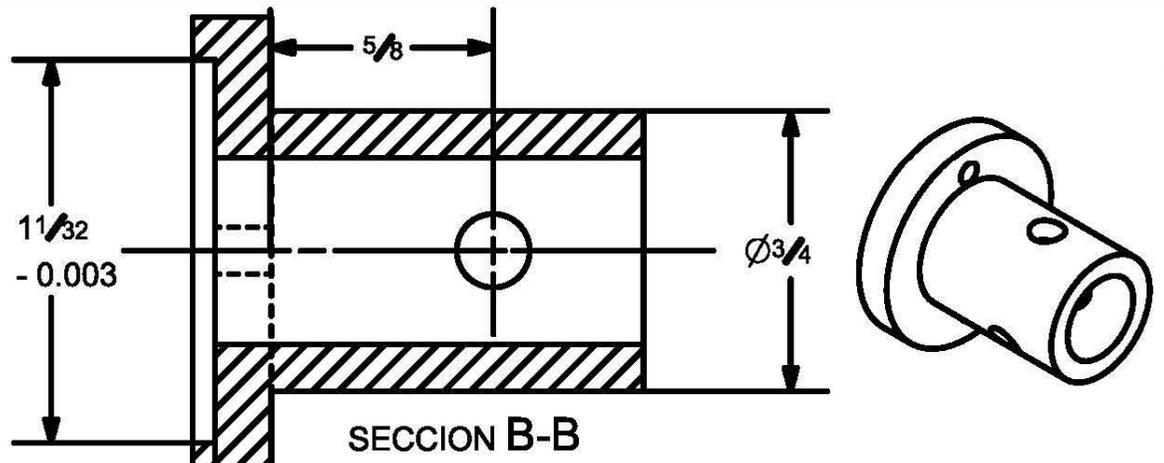
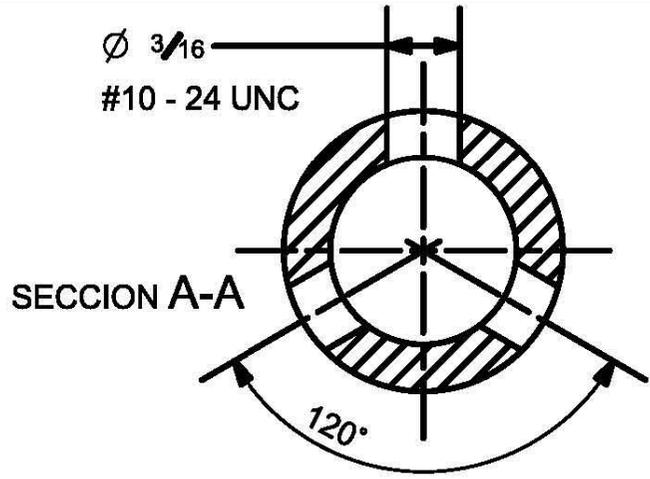
		Soporte de husillo 1		N° de piezas: 1		
Esc: 1:1	Acot: in	Material: Acero 1018		Fecha: 26/09/2016		
Tol. gen. $\pm 0.010$ in a menos que se indique lo contrario.		Diseñado por: A. E. H. H. & N. H. O.	Revisado por: M. A. H. A.	Aprobado por: R. G. V. N.	A4	Hoja: 1/1



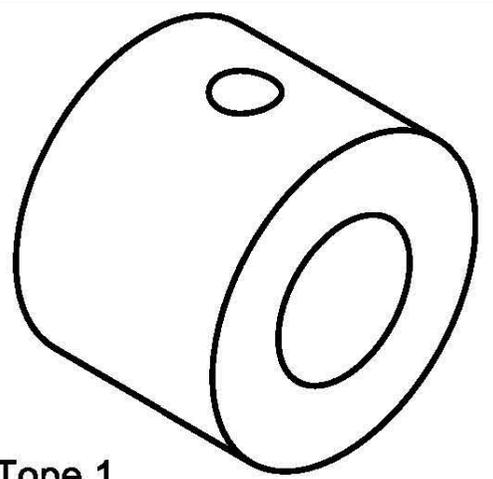
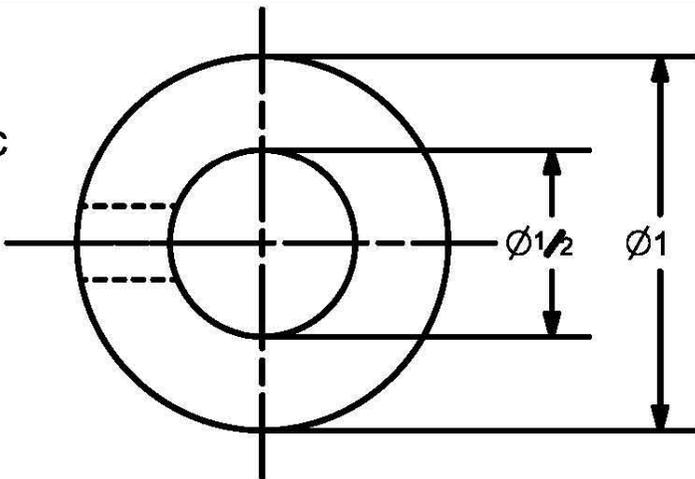
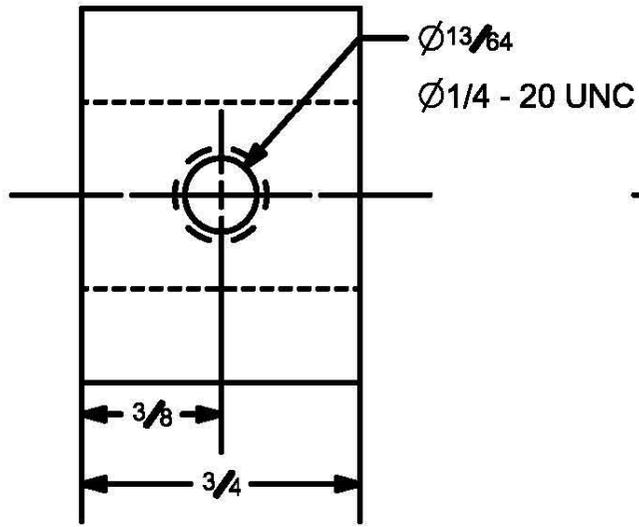
Prototipo para afilado de cuchillas de cizalla manual						
		Soporte de husillo 2			N° de piezas: 1	
Esc: 1:1	Acot: in	Material: Acero 1018			Fecha: 26/09/2016	
Tol. gen. $\pm 0.010$ in a menos que se indique lo contrario.		Diseñado por: A. E. H. H. & N. H. O.	Revisado por: M. A. H. A.	Aprobado por: R. G. V. N.	A4	Hoja: 1/1



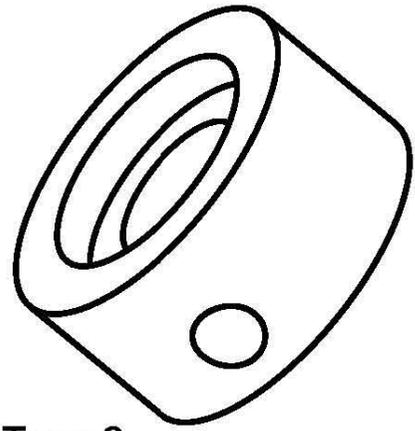
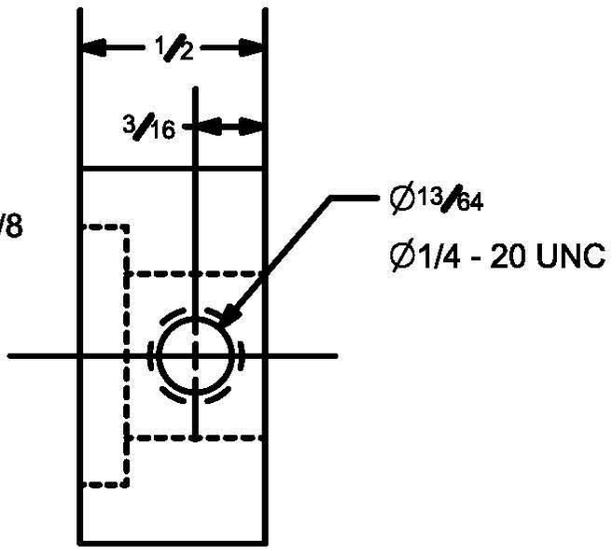
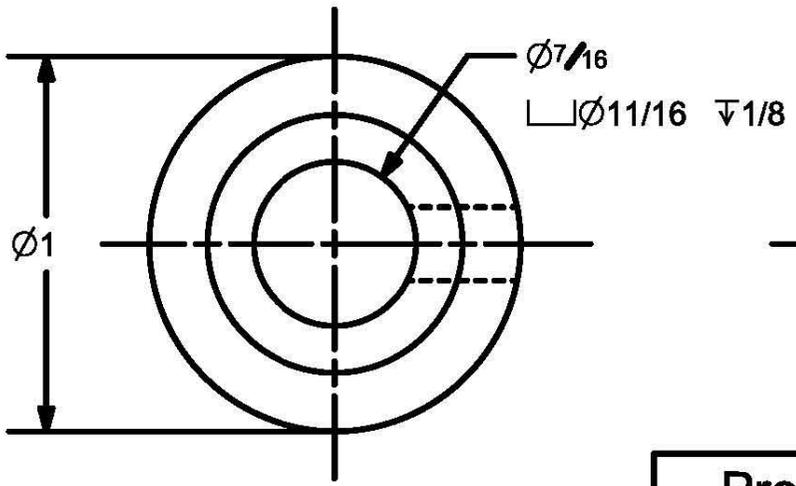
<b>Prototipo para afilado de cuchillas de cizalla manual</b>			
		Caja de rodamiento axial	N° de piezas: 1
Esc: 2:1	Acot: in	Material: Acero 1018	Fecha: 26/09/2016
Tol. gen. ±0.010 in a menos que se indique lo contrario.	Diseñado por: A. E. H. H. & N. H. O.	Revisado por: M. A. H. A.	Aprobado por: R. G. V. N.
	A4	Hoja: 1/1	



<b>Prototipo para afilado de cuchillas de cizalla manual</b>			
		Buje de rodamiento axial	N° de piezas: 1
Esc: 2:1	Acot: in	Material: Acero 1018	Fecha: 26/09/2016
Tol. gen. ±0.010 in a menos que se indique lo contrario.	Diseñado por: A. E. H. H. & N. H. O.	Revisado por: M. A. H. A.	Aprobado por: R. G. V. N.
	A4	Hoja: 1/1	



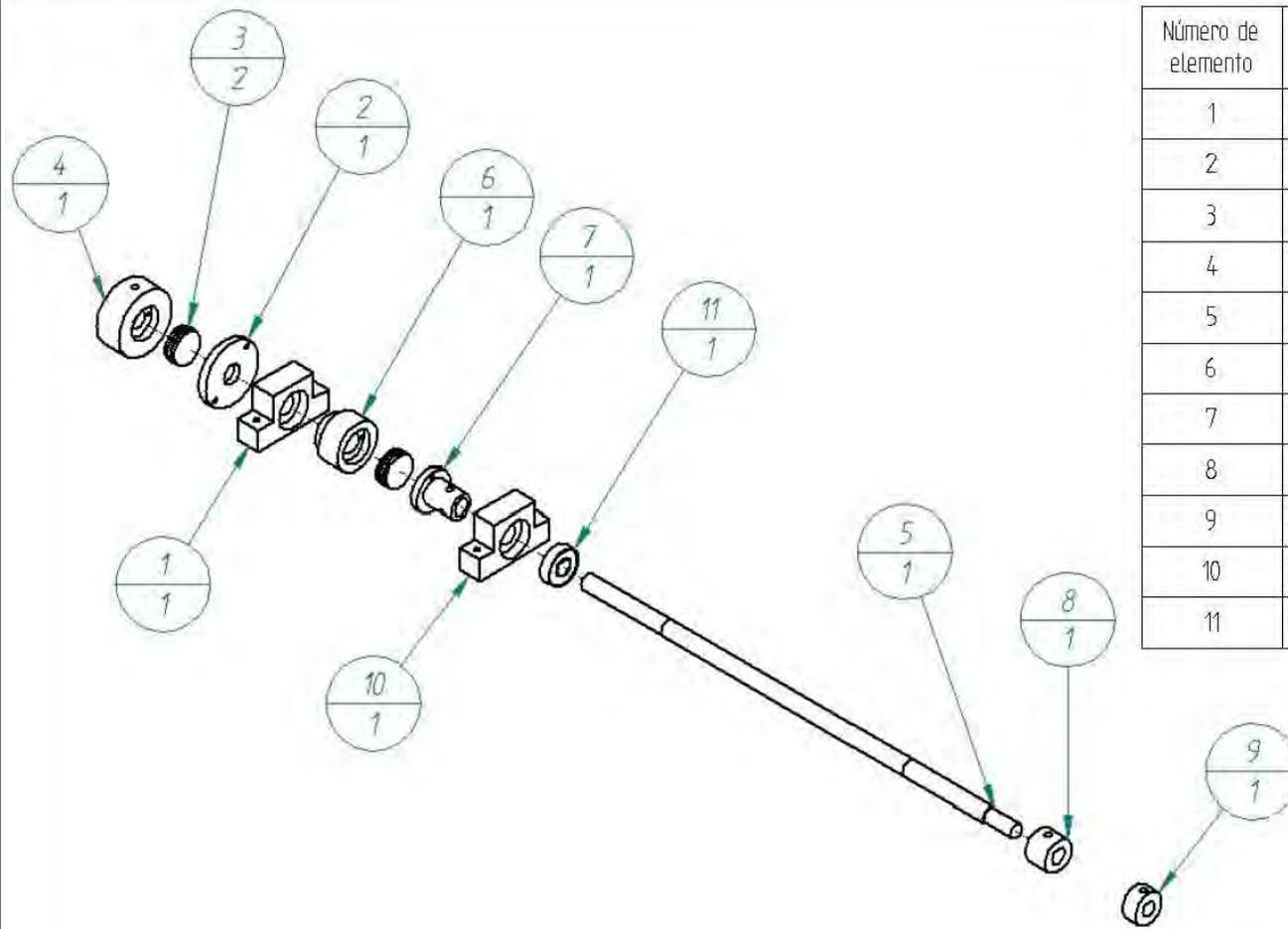
Tope 1



Tope 2

**Prototipo para afilado de cuchillas de cizalla manual**

		Topes 1 y 2 de la rosca del husillo		N° de piezas: 1	
Esc: 2:1	Acot: in	Material: Acero 1018		Fecha: 26/09/2016	
Tol. gen. $\pm 0.010$ in a menos que se indique lo contrario.		Diseñado por: A. E. H. H. & N. H. O.	Revisado por: M. A. H. A.	Aprobado por: R. G. V. N.	Hoja: 1/1



Número de elemento	Título	Material	Cantidad
1	Soporte de husillo 1	Acero 1018	1
2	Anillo de referencia de corte	Acero 1018	1
3	Rodamiento axial	51101	2
4	Barril	Acero 1018	1
5	Eje husillo	Acero 1018	1
6	Caja de rodamiento axial	Acero 1018	1
7	Buje de rodamiento axial	Acero 1018	1
8	Tope de rosca de husillo	Acero 1018	1
9	Tope de rosca de husillo	Acero 1018	1
10	Soporte de husillo 2	Acero 1018	1
11	Rodamiento	R8-2RS	1

### Prototipo para afilado de cuchillas de cizalla manual

Explosivo: sistema del husillo en profundidad de corte

Fecha:  
26/09/2016

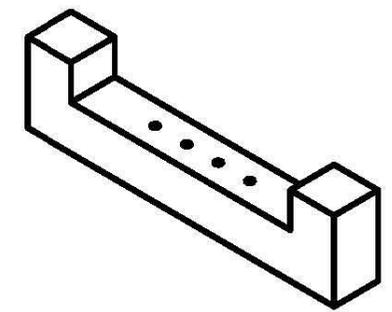
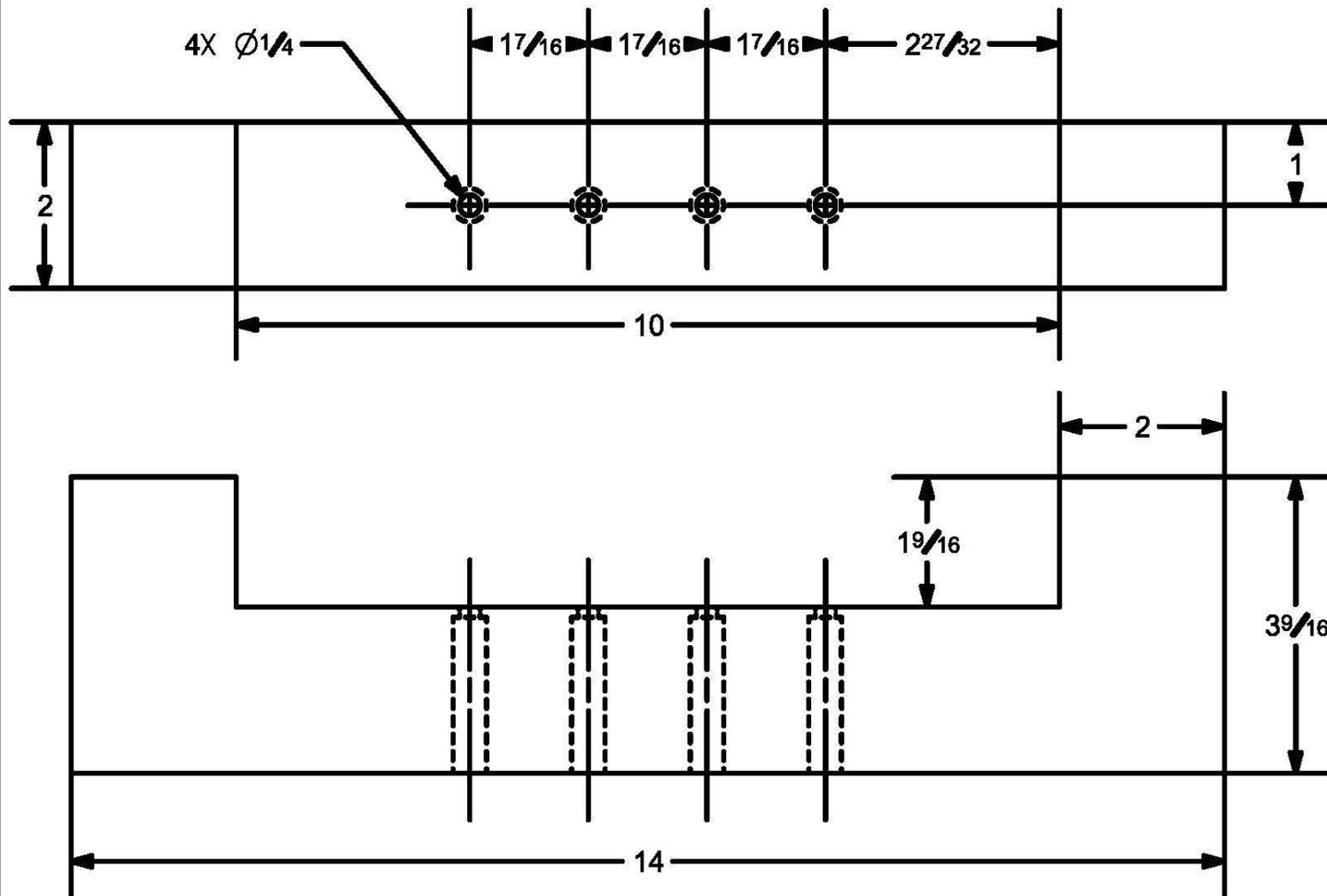
Diseñado por:  
A. E. H. H. &  
N. H. O.

Revisado  
por:  
M. A. H. A.

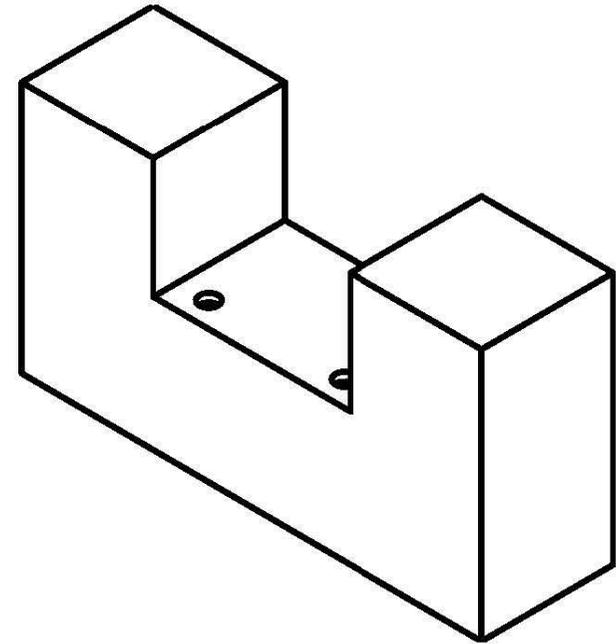
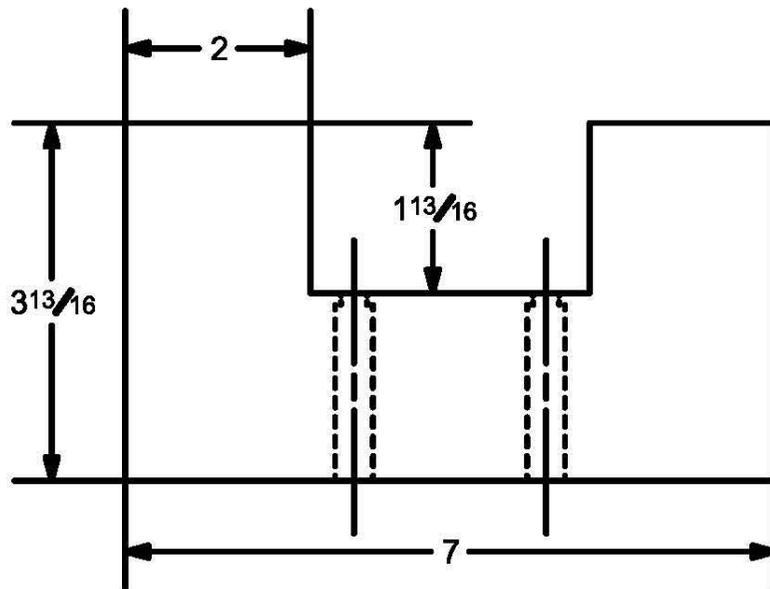
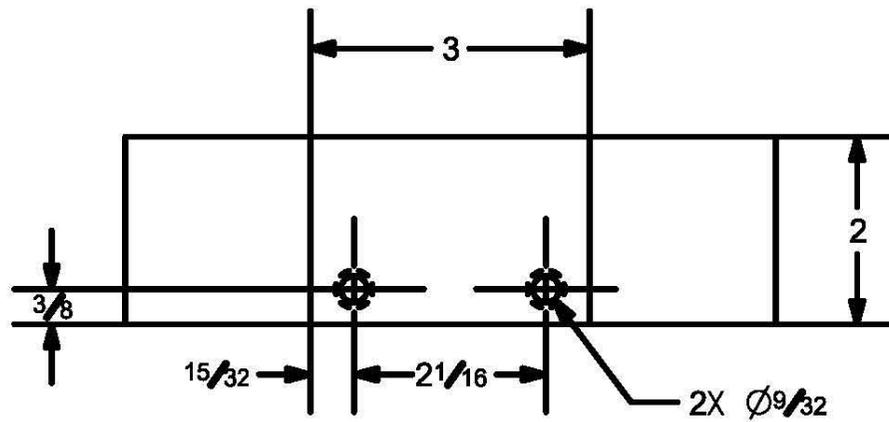
Aprobado  
por:  
R. G. V. N.

A4

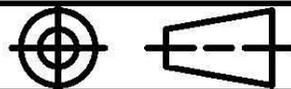
Hoja:  
1/1



<b>Prototipo para afilado de cuchillas de cizalla manual</b>			
		Arco de soportes de ejes guía	N° de piezas: 2
Esc: 1:2	Acot: in	Material: PTR (2" x 2") cal. 14	Fecha: 26/09/2016
Tol. gen. ±0.010 in a menos que se indique lo contrario.	Diseñado por: A. E. H. H. & N. H. O.	Revisado por: M. A. H. A.	Aprobado por: R. G. V. N.
	A4	Hoja: 1/1	



### Prototipo para afilado de cuchillas de cizalla manual



Arco del soporte de husillo 1

N° de piezas:  
1

Esc: 1:2

Acot: in

Material: PTR (2" x 2") cal. 14

Fecha:  
26/09/2016

Tol. gen.  $\pm 0.010$  in  
a menos que se indique lo  
contrario.

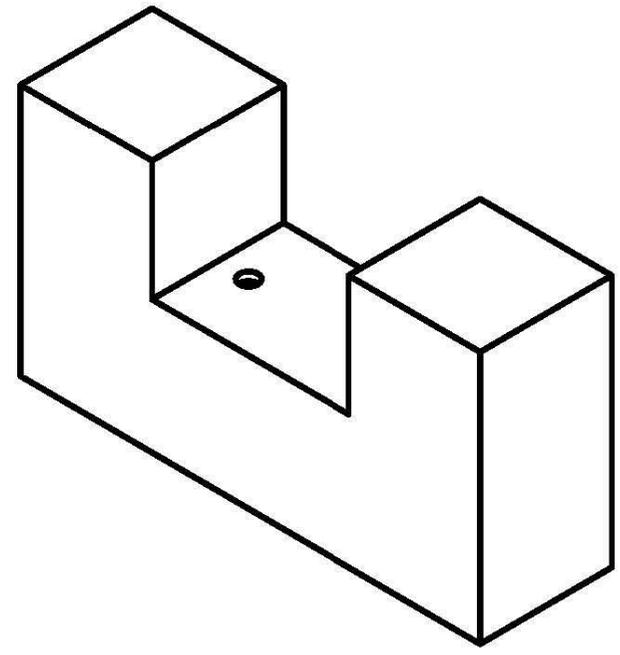
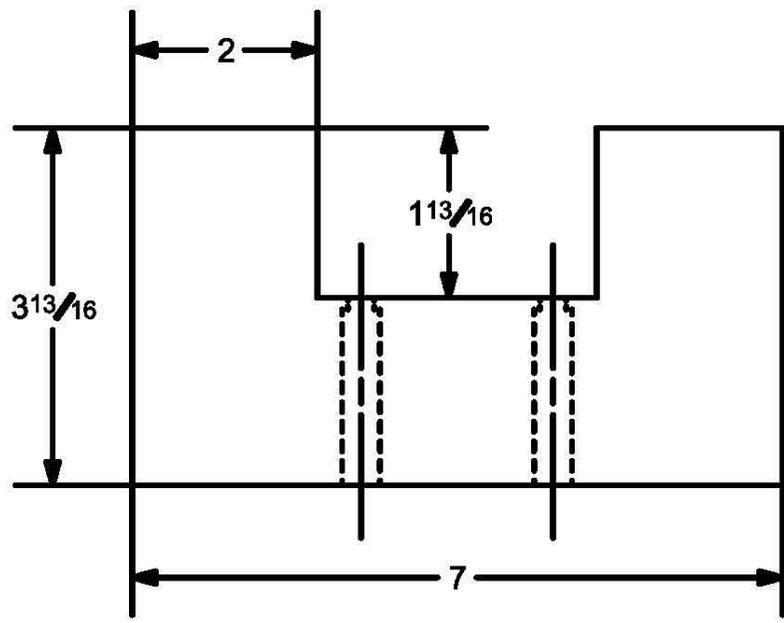
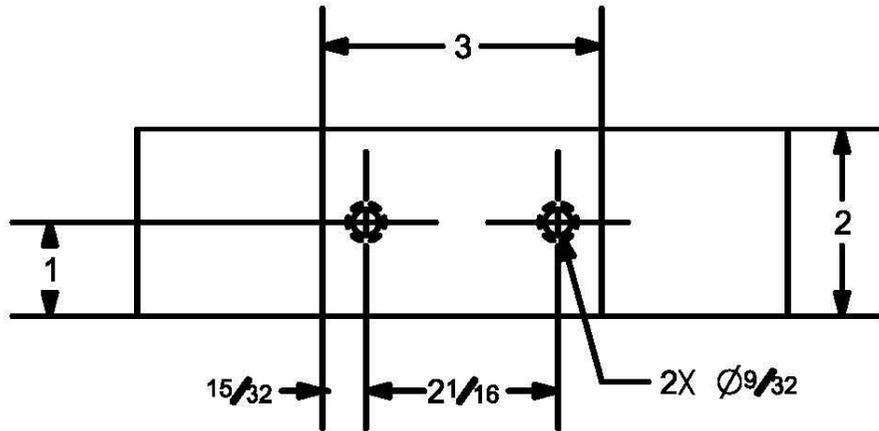
Diseñado por:  
A. E. H. H. &  
N. H. O.

Revisado  
por:  
M. A. H. A.

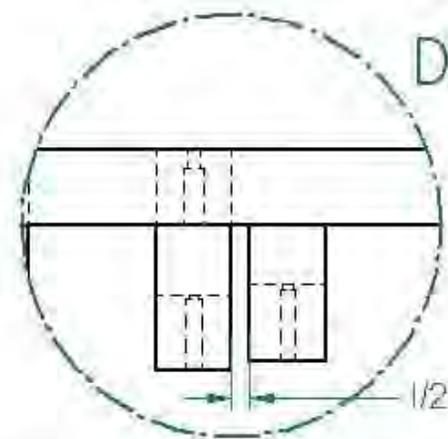
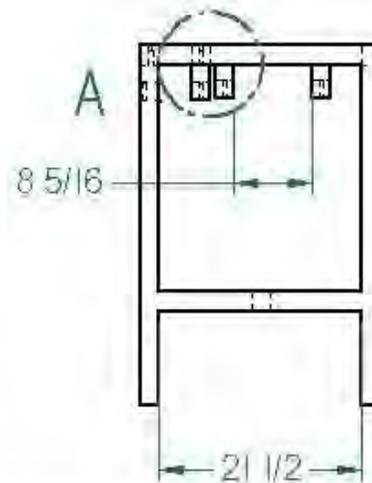
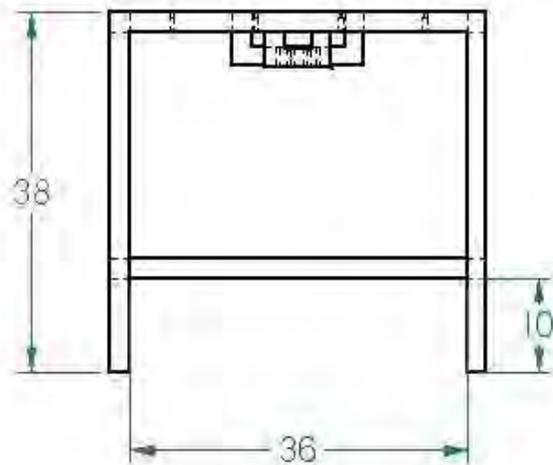
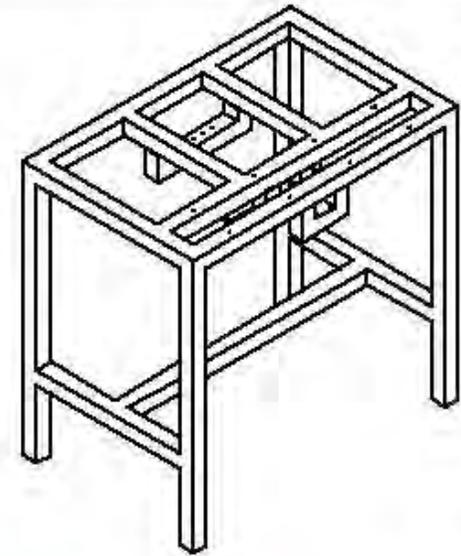
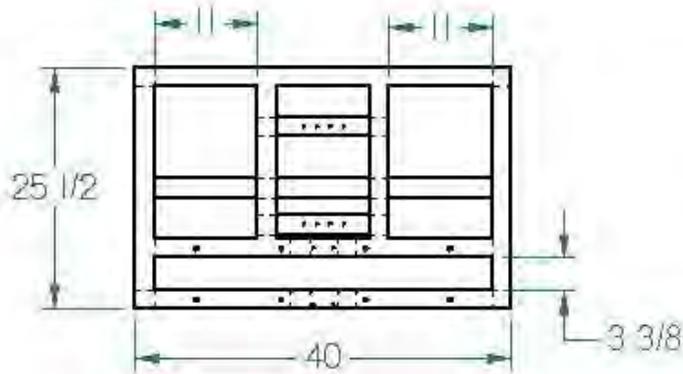
Aprobado  
por:  
R. G. V. N.

A4

Hoja:  
1/1

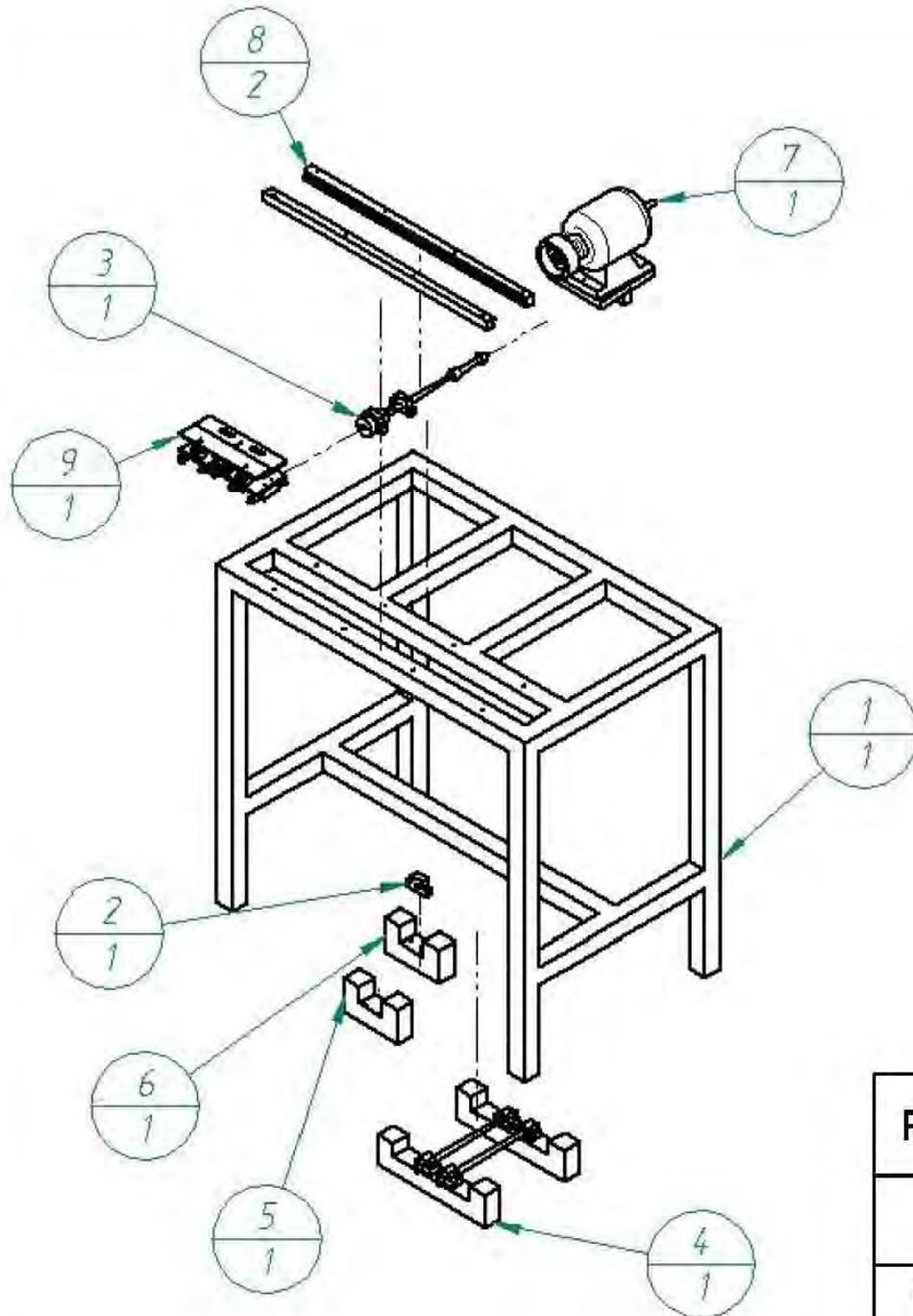


<b>Prototipo para afilado de cuchillas de cizalla manual</b>			
		Arco del soporte de husillo 2	N° de piezas: 1
Esc: 1:2	Acot: in	Material: PTR (2" x 2") cal. 14	Fecha: 26/09/2016
Tol. gen. ±0.010 in a menos que se indique lo contrario.		Diseñado por: A. E. H. H. & N. H. O.	Revisado por: M. A. H. A.
		Aprobado por: R. G. V. N.	A4 Hoja: 1/1



DETALLE A

<b>Prototipo para afilado de cuchillas de cizalla manual</b>			
		<b>Mesa de ensamble</b>	<b>N° de piezas: 1</b>
Esc: 1:20	Acot: in	Material: PTR (2" x 2") cal. 14	Fecha: 26/09/2016
Tol. gen. ±0.010 in a menos que se indique lo contrario.		Diseñado por: A. E. H. H. & N. H. O.	Revisado por: M. A. H. A.
		Aprobado por: R. G. V. N.	A4 Hoja: 1/1



Número de elemento	Título	Cantidad
1	Mesa de ensamble	1
2	Soporte de husillo 2	1
3	Husillo, conjunto	1
4	Guías, conjunto	1
5	Soporte de husillo 1	1
6	Soporte de husillo 2	1
7	Conjunto motor-piedra	1
8	Rieles de avance	2
9	Sistema de sujecion	1

### Prototipo para afilado de cuchillas de cizalla manual

Explosivo: ensamble final

Fecha:  
26/09/2016

Diseñado por:  
A. E. H. H. &  
N. H. O.

Revisado  
por:  
M. A. H. A.

Aprobado  
por:  
R. G. V. N.

A4

Hoja:  
1/1

## **Bibliografía**

1. Fundamentos de manufactura moderna, Mikell P. Groover, Tercera edición, McGraw-Hill
2. Manufactura, ingeniería y tecnología, S. Kalpakjian, Quinta edición, Pearson Educación
3. Acero para herramientas, Frank R. Palmer, Cuarta Edición, Representaciones y Servicios de Ingeniería
4. Metodología del diseño fundamentos teóricos, Luz del Carmen Vilchis, Tercera edición
5. The mechanical design process, David G. Ullman, Fourth edition, McGraw-Hill
6. Maquinas herramientas modernas, Mario Rossi, Octava edición, Editorial Dossat
7. Principios fundamentales para el diseño de herramientas, Compañía editorial continental
8. Catalogo AUSTROMEX 2014. Soluciones en abrasivos.
9. Catalogo ATLANTIC 2014. Muelas abrasivas y segmentos.