

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Mecánica



**Automatización de una troqueladora para el doblado y
formado de pines de inductor toroide serie 24100**

Trabajo de graduación presentado por Oscar Guillermo Echeverría de León para
optar el grado de Licenciado en Ingeniería Mecánica

Guatemala

2011

**Automatización de una troqueladora para el doblado y
formado de pines de inductor toroide serie 24100**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Mecánica

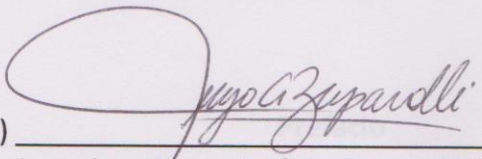
**Automatización de una troqueladora para el doblado y
formado de pines de inductor toroide serie 24100**

Trabajo de graduación presentado por Oscar Guillermo Echeverría de León para
optar el grado de Licenciado en Ingeniería Mecánica

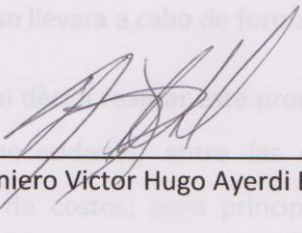
Guatemala

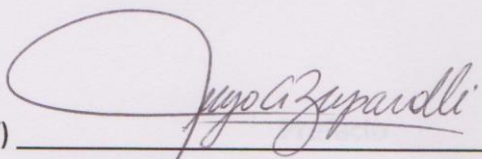
2011

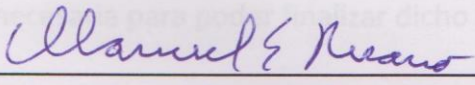
Vo. Bo.:

(f) 
Ingeniero Diego Américo Zapparolli Zetina

Tribunal examinador:

(f) 
Ingeniero Victor Hugo Ayerdi Bardales

(f) 
Ingeniero Diego Américo Zapparolli Zetina

(f) 
Ingeniero Manuel Eduardo Ruano Pérez

Fecha de aprobación: Guatemala 08 de diciembre de 2011

Prefacio

El siguiente trabajo de graduación es el resultado de una meta planteada hace varios años. Con este trabajo culmina una etapa muy importante en mi vida, dando inicio a nuevas metas por cumplir. Este trabajo es producto de gran esfuerzo y perseverancia, tanto de mi parte de como de las personas que ayudaron y contribuyeron a que este se llevara a cabo de forma exitosa.

La razón por la cual decidí realizar este proyecto como trabajo de graduación es para solucionar varias necesidades, entre las cuales resaltan el aumento de la producción, disminución de costos; pero principalmente solventar la necesidad de brindar seguridad al personal operador de las troqueladoras.

Quiero agradecer al Ingeniero Diego Zapparoli por aceptar ser mi asesor del trabajo de graduación y haberme dedicado el tiempo necesario para poder centrar y enfocar mi atención en la dirección correcta. Además, quiero agradecer a la Ingeniera Ana Pacheco por haberme brindado la oportunidad y medios posibles para llevar a cabo todo lo pertinente al proyecto. Y finalmente a todo el personal que me brindó sus conocimientos y ayuda necesaria para poder finalizar dicho trabajo.

Tabla de Contenido

Prefacio	v
Lista de ilustraciones.....	viii
Lista de tablas	ix
Resumen	x
I. Introducción.....	1
II. Planteamiento.....	2
A. Objetivos	3
1. Generales	3
2. Específicos.....	3
B. Descripción de la pieza a fabricar	4
C. Especificaciones de la pieza	6
III. Análisis y diseño	9
A. Aspectos de la función	10
1. Descripción del proceso actual	10
2. Desventajas	16
3. La propuesta conceptual.....	17
a. Parte mecánica.....	23
1) Especificaciones de elementos de la máquina	23
2) Selección de materiales y tratamientos térmicos.....	26
b. Parte neumática.....	29
c. Parte del control	30
1) Descripción del proceso.....	30
2) Descripción del programa.....	31
B. Aspectos de la seguridad	33
1. Zonas convergentes:	34
2. Troqueadoras.....	35

3.	Lentes de seguridad:	35
C.	Aspectos de confiabilidad	36
1.	Del producto	36
a.	Evaluación de precisión:	36
b.	Evaluación de velocidad:.....	39
2.	De la máquina	40
IV.	Análisis financiero	41
A.	Costo hora-hombre:.....	41
B.	Mayor producción:.....	41
C.	Ahorro energético:.....	41
D.	Gasto por pieza defectuosa:	42
E.	Materiales directos:	42
V.	Análisis de impacto ambiental	43
VI.	Conclusiones	44
VII.	Recomendaciones	45
VIII.	Bibliografía	46
IX.	Apéndice	47

Lista de ilustraciones

Figura 1 :Alambre “pin” para inductor toroide serie 24100	2
Figura 2: Inductor 24100.....	4
Figura 3: Dimensiones del alambre	5
Figura 4: Dimensiones # 2 del alambre.....	5
Figura 5: Alambre sujeto a la prensa	10
Figura 6: Método de enderezado manual	11
Figura 7: Guillotina neumática.....	12
Figura 8: Dobladora manual.....	13
Figura 9: Operación de doblado manual	13
Figura 10: Pines doblados en forma de U	14
Figura 11: Método de colocación de los pines	15
Figura 12: Pin terminado (modo manual).....	15
Figura 13: Propuesta conceptual	18
Figura 14: Propuesta del ciclo de operación.....	19
Figura 15: Diseño conceptual cilindro 1.....	20
Figura 16: Diseño conceptual cilindro 2.....	20
Figura 17: Diseño conceptual cilindro 3.....	21
Figura 18: Diagrama de desplazamiento	22
Figura 19: Despiece completo.....	23
Figura 20: Respuesta al temple.....	27
Figura 21: Diagrama de revenido.....	27
Figura 22: Circuito neumático.....	29
Figura 23: Programación PLC	32
Figura 24: Riesgos en zonas convergentes	34
Figura 25: Troqueladora en c.....	35
Figura 26: Pin producto del proceso de automatizado.....	36
Figura 27: Pin moldeado, segunda fase, vista lateral	37
Figura 28: Pin moldeado segunda fase frontal	37
Figura 29: Inductor toroide 24100.....	38
Figura 30: Inductor toroide 24100 completo.....	38

Lista de tablas

Tabla 1: Composición y riesgos	7
Tabla 2: Propiedades físicas	7
Tabla 3: Valores eléctricos	8
Tabla 4: Tiempo de conformado	17
Tabla 5: Especificaciones del motor	24
Tabla 6: Especificaciones de engranaje	24
Tabla 7: Especificaciones de la cremallera	24
Tabla 8: Especificaciones de pistón	25
Tabla 9: Especificaciones de pistón # 2	25
Tabla 10: Especificaciones de rodamiento	25
Tabla 11: Composición química del acero	26
Tabla 12: Propiedades mecánicas acero	28
Tabla 13: Composición química del aluminio	28
Tabla 14: Propiedades mecánicas aluminio	29
Tabla 16: Actividades de mantenimiento	40

Resumen

El trabajo presentado a continuación consiste en la automatización de una troqueladora para el formado de pines para la producción de inductores serie 24100; en una empresa guatemalteca que se dedica a la fabricación de componentes electrónicos. Con el proceso de automatización se espera reducir costos y terminar el proceso de producción en el menor tiempo posible. Durante el proceso de automatización se diseñó el mecanismo para el doblado, formado y cortado, para el funcionamiento seguro y continuo.

La empresa patrocinadora proporcionó las especificaciones del producto a fabricar y los recursos necesarios para construir un prototipo.

En este trabajo se presenta el proceso de diseño que incluyó selección adecuada de material, dimensionamiento de las piezas, fabricación del prototipo y puesta en marcha. Se evaluó el funcionamiento, se automatizó el proceso y finalmente se midió el tiempo de producción y calidad de el producto terminado.

I. Introducción

La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos. Cuando un proceso de automatización se realiza sin la intervención humana decimos que se trata de un proceso automatizado. La automatización permite la eliminación “total” o parcial de la intervención del hombre.

El proyecto presenta el diseño, manufactura, ensamble y automatización de una matriz de troquel, con la finalidad del doblado y formado de pines para el inductor de la serie 24100, de forma continua, rápida, precisa y segura.

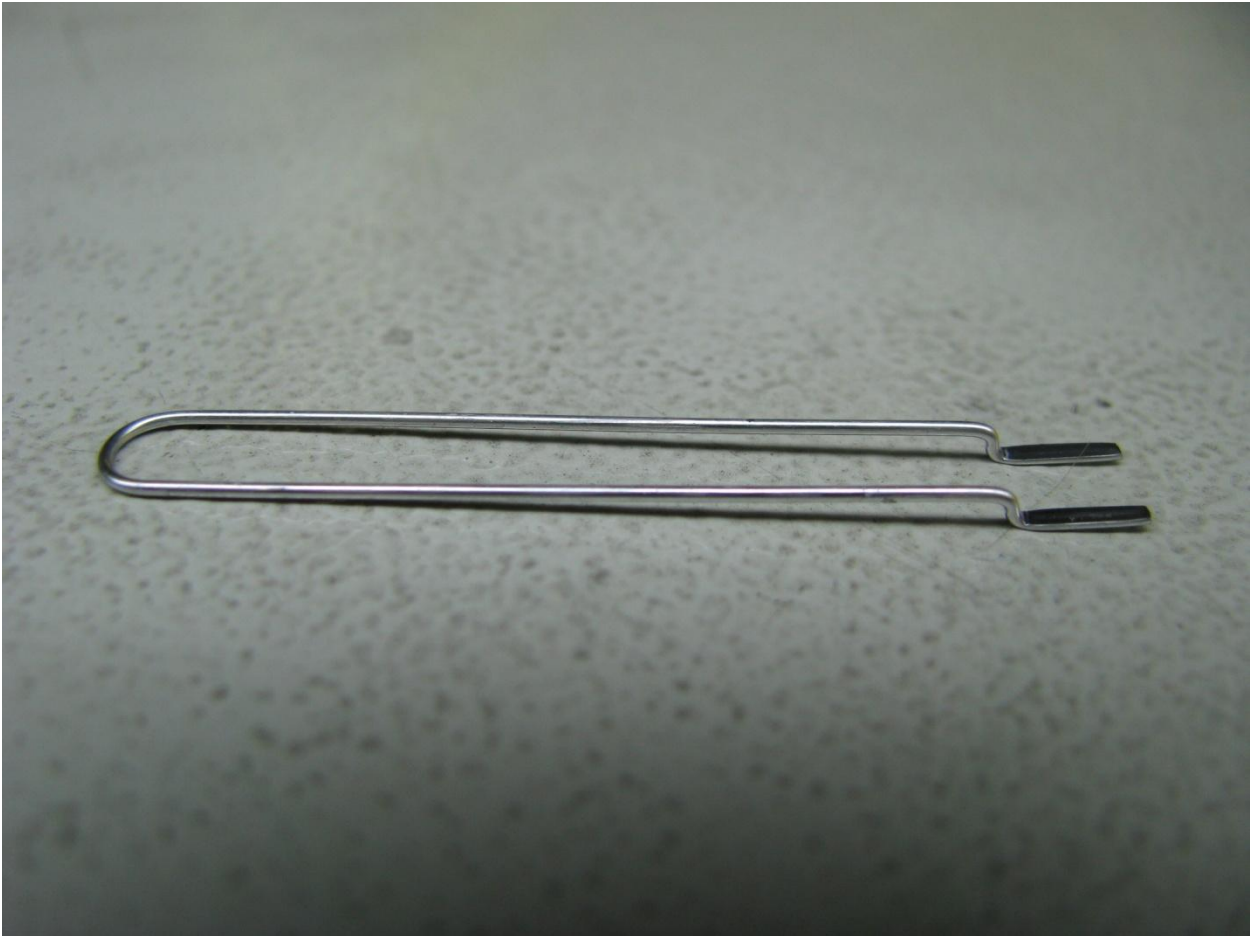
Se presenta además un análisis de eficiencia el cual cataloga todo proyecto como viable o no viable, y que sirve para determinar si el proyecto fue una buena inversión.

También se presenta el análisis financiero, el impacto ambiental y sus repercusiones en la empresa. Finalizando con un plan de mantenimiento básico para la correcta operación de la máquina.

II. Planteamiento

Una empresa guatemalteca desea aumentar la producción de pines para el inductor serie 24100, incrementar la seguridad del personal y hacer más confiable el proceso.

Figura 1 :Alambre “pin” para inductor toroide serie 24100



A. Objetivos

1. Generales

- Aumentar la producción y la reducción de riesgo de accidentes a través de la automatización de una troqueladora.

2. Específicos

- Mantener la calidad del producto terminado de acuerdo a los estándares definidos por la empresa.
- Aumentar la velocidad de producción de los pines en un 50 %.
- Reducción de material de desperdicio en un 20%.
- Reducción de costos de operación.

B. Descripción de la pieza a fabricar

El pin consiste en un alambre en forma de "U", el cual contiene un doblez en forma de grada en ambos extremos, terminando en una sección de menor grosor. El alambre es conformado por medio de una troqueladora; la cual realiza los dobleces y cortes necesarios. Se utiliza alambre 22 de la norma AWG.

Figura 2: Inductor 24100

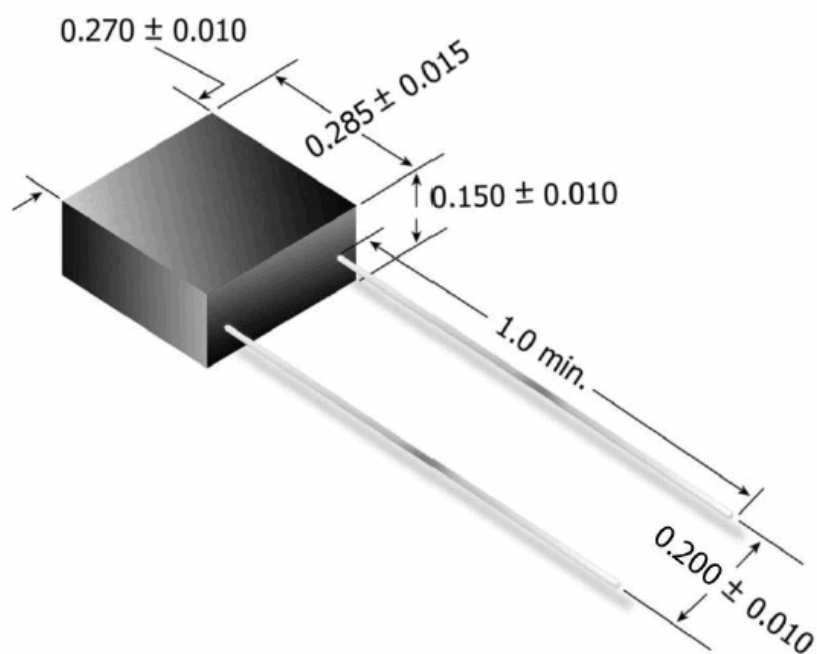


Figura 3: Dimensiones del alambre

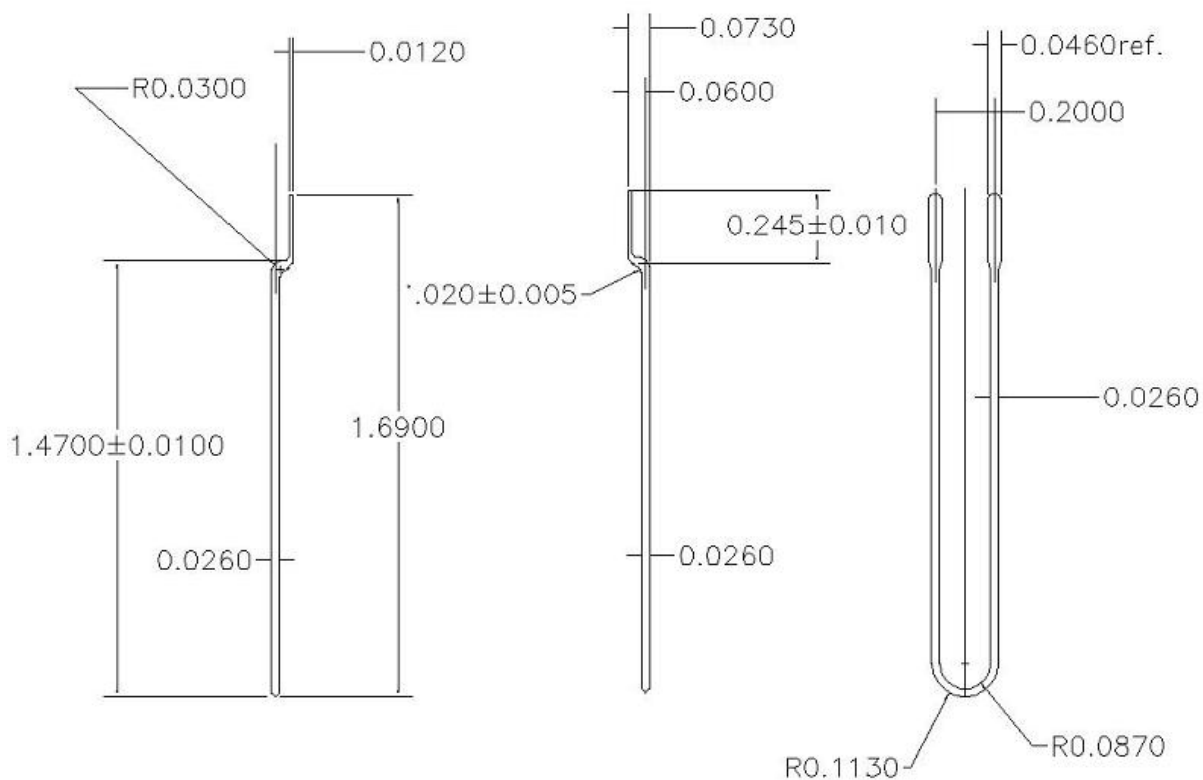
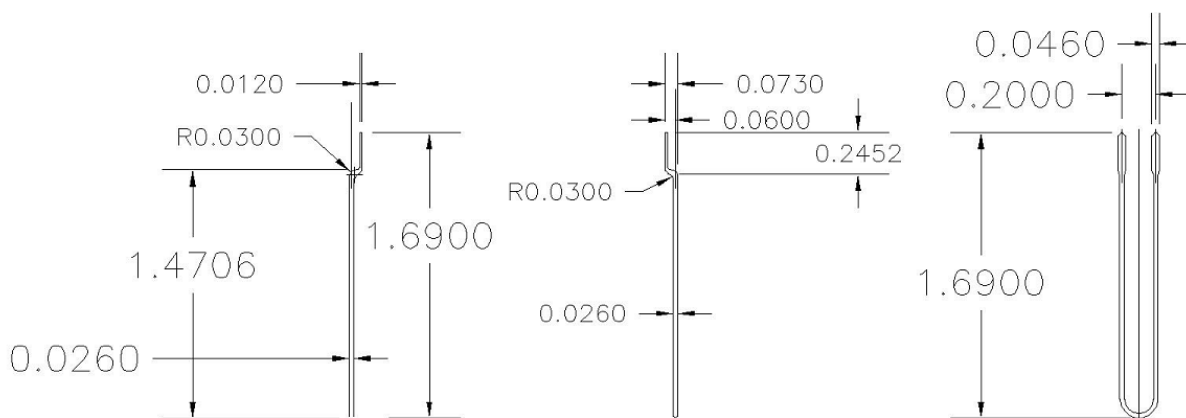


Figura 4: Dimensiones # 2 del alambre



C. Especificaciones de la pieza

Para aplicación en módulos y circuitos impresos:

- Resistente a la humedad y golpe
- Diseñado para cumplir con los requisitos de la norma militar C-15305, grado 1, clase B.
- Temperatura de operación -55° a + 125°C.
- Bajo campo magnético emitido por el toroide lo cual permite el ensamble de unidades más compactas.
- Temperatura máxima de operación: 125°C
- Temperatura de elevación (a 90°C): 35°C
- Tensión eléctrica dieléctrica: 700V rms
- Máxima resistencia a tensión: 5 lbf
- Nota de altitud: 70,000 ft
- Corriente de sobrecarga: 1.4 veces corriente nominal
- Rango de frecuencia: 1 a 50 MHz
- Tolerancia de inductancia: .10 a 0.82 uH, ±10%; 1.0 a 10 uH, ± 10%
- Disipación máxima: 1/5-watt.
- Inductancia TC: + 20 ppm/°C nominal; +50 ppm/°C max.
- Alambre de cobre con recubrimiento de estaño-plomo

Producto utilizado para comunicación de aviones, satélites, submarinos y misiles del gobierno de Estados Unidos de América.

Propiedades químicas:

Nombre comercial: Soldadura de alambre de cobre chapado

Familia Química: Cobre con recubrimiento de aleación estaño/plomo

Tabla 1: Composición y riesgos

Riesgos				
Compuesto	%	No. CAS	TLV	PEL
Cobre	88-98.5 %	7440-50-8	1(D) / 0.1 (F)	1(D) / 0.1 (F)
Estaño	0.9-7.2 %	7440-31-5	2	2
Plomo	0.6-4.8 %	7439-92-1	0.05	0.05

Nota: TLV - American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) Threshold Limit Value (mg/m^3)

PEL - OSHA Permissible Exposure Level (mg/m^3), 8 hour time weighted average

STEL - ACHIH Short Term Exposure Limit (mg/m^3), 15 minutes maximum

D = Dust F = Fume

Tabla 2: Propiedades físicas

Datos físicos	
Gravedad específica	8.9
Temperatura de fusión	1083°C (Cu) / 215°C (Sn-Pb)
Apariencia	Gris-plateado
Olor	Inodoro
Solubilidad	Insoluble en H ₂ O

El cobre recibe un recubrimiento metálico de aleación estaño-plomo, realizado mediante baño electrolítico. El recubrimiento sirve para aumentar su resistencia a la oxidación, la corrosión o el desgaste y mejorar la soldabilidad.

Tabla 3: Valores eléctricos

Norma AWG Calibre 22		
Diámetro	inch	0.253
	mm	0.644
Vueltas de alambre	x inch	39.5
	x cm	15.5
Área	kcmil	0.642
	mm ²	0.326
Resistencia del cobre	(Ω /km) (m Ω /m)	52.96
	(Ω /kFT) (m Ω /ft)	16.14

III. Análisis y diseño

Mediante estudios de tiempos y movimientos la empresa ha detectado problemas en el proceso de fabricación de los pines. Dichos problemas son señales indicadoras que justifican y hacen necesario la implementación de un sistema tecnológico de automatización. Entre los problemas encontrados se mencionan:

- Brindar mejor seguridad al personal
- Aumentar la producción
- Mantener la calidad de los productos
- Reducir costos de producción

Los beneficios que se esperan obtener al automatizar el proceso son:

- Mayor producción sin sacrificar la calidad del producto
- Reducción de costos, horas-hombre.
- Reducción del desperdicio obtenido al realizar el proceso.
- Reducción de riesgos de accidentes por operación.

El proceso de conformado actual limita la cantidad del pines que pueden ser elaborados por día, además presenta un desperdicio de materia prima significativa ya que no existe un método específico de fabricación, lo cual genera errores de percepción en las medidas por parte del operario.

El proceso ha causado varios accidentes por aplastamiento de las manos al momento de trabajar con la troqueladora. Lo cual se traduce a gastos médicos; y por ende pasivos no contemplados. Por lo que la empresa tomó la decisión de apagar la máquina cada vez que se requiere el cambio del pin; esto generó un incrementó en el tiempo de manufactura, así como un aumento en el consumo eléctrico por parte del motor de corriente alterna. Al considerar los problemas que se han presentado y tomando en cuenta que no existe un mecanismo que los solucione, en el presente

trabajo se da a conocer un diseño que se llevó a cabo y que ha presentado ser efectivo, de manera autónoma.

A. Aspectos de la función

1. Descripción del proceso actual

El proceso *manual* posee la siguientes etapas:

- Almacenaje de alambre: El alambre ingresa a la empresa contenido en un carrete, el cual contiene a su alrededor 1000 ft de alambre; lo suficiente para llevar a cabo 3000 pines.
- Enderezado de alambre: El alambre es desenrollado y sujetado a una prensa en donde se jala de él por medio de un trabajador del área de taller. La fuerza de tensión permite dejar el alambre completamente recto.

Figura 5: Alambre sujeto a la prensa

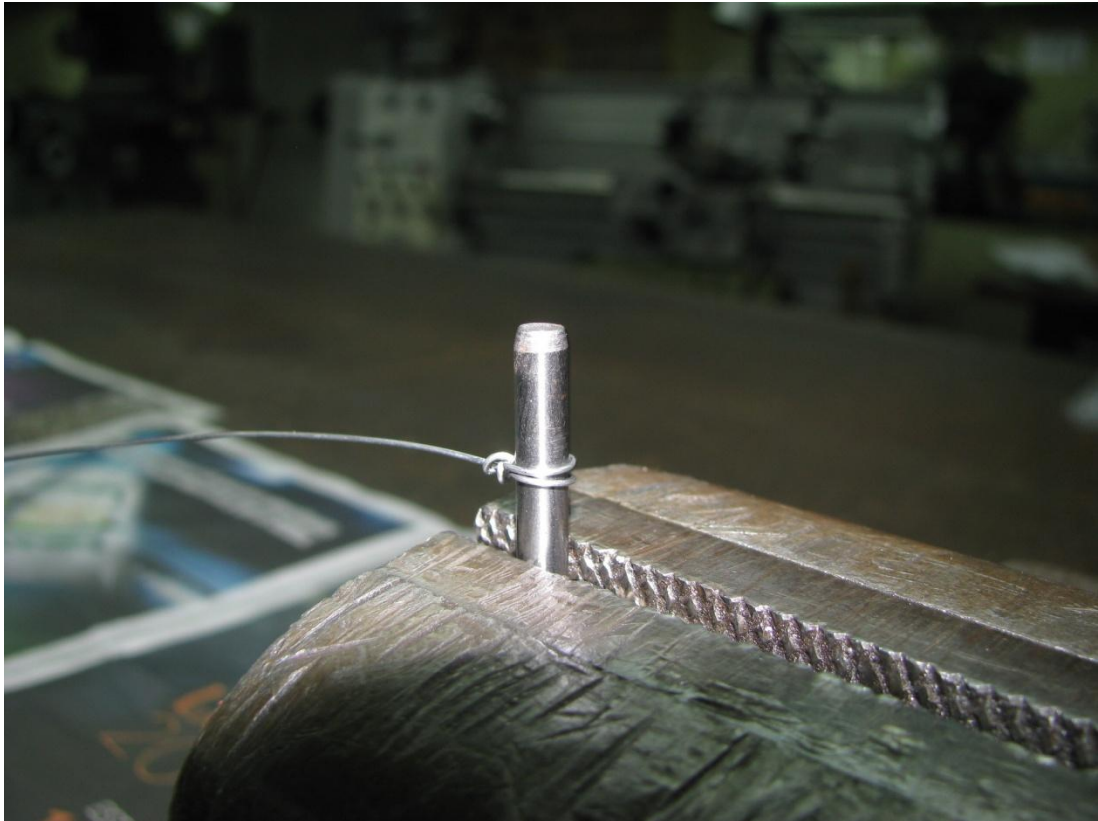


Figura 6: Método de enderezado manual



- Corte de alambre: Una vez completamente recto se corta un tramo de 6ft. Este alambre es transportado a otra área del taller en donde se ingresa a una guillotina. El operario es encargado de alimentar el alambre a una longitud de 3.750 in desde el filo de la guillotina, para poder obtener alrededor de 19 pines por tramo. Durante este proceso se obtiene material de desperdicio de 1 a 2 in.

Figura 7: Guillotina neumática



- Doblado manual: Los pines son llevados a una nueva área del taller en donde otro operario es encargado de colocar los pines en un dado y mediante fuerza humana se lleva a cabo el primer doblado en forma de U. El dado permite el doblado de 5 pines a la vez. Sin embargo este proceso no deja el doblado completamente a 180 grados. Por lo que en varias ocasiones es necesario repasar el doblado de forma manual con una pinza.

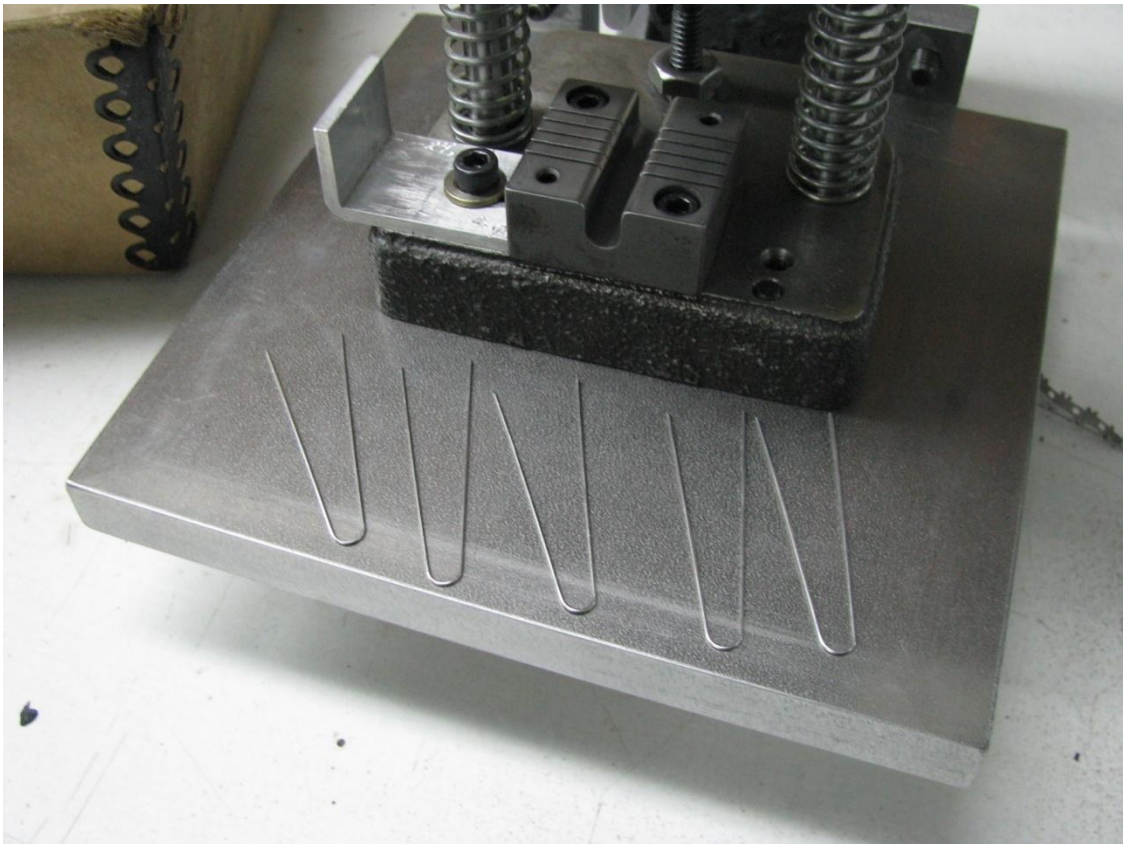
Figura 8: Dobladora manual



Figura 9: Operación de doblado manual



Figura 10: Pines doblados en forma de U



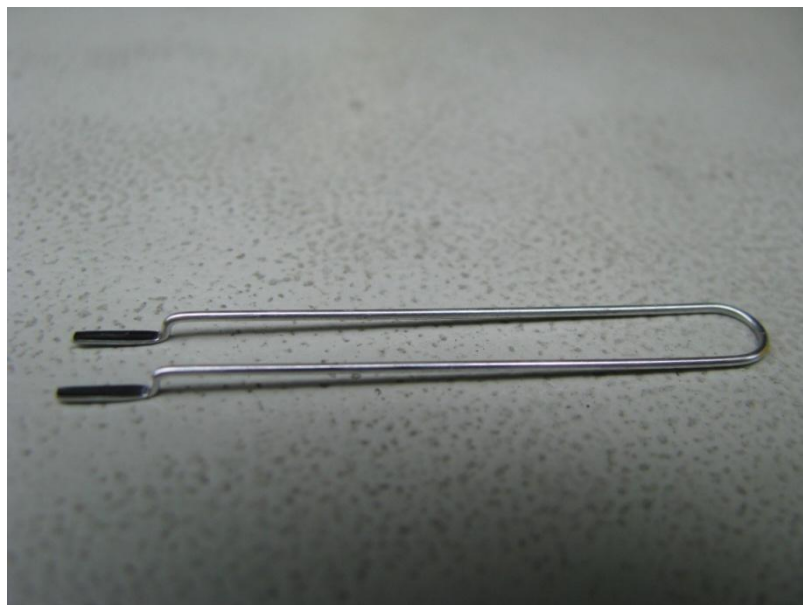
- Troquelado manual: Una vez obtenidos los pines en forma de “U”, se transfieren al área de troquel en donde el operario debe de ingresar el alambre a la matriz de forma manual. Es en dicha área donde se han producido la mayor cantidad de accidentes; ya que en un principio el pin era ingresado a la matriz con los dedos, mientras la máquina se encontraba encendida. Luego de un accidente el operario enciende y apaga la máquina cada vez que realiza el cambio de pin por medio de una pinza; lo cual ha retrasado el proceso de manufactura.

Figura 11: Método de colocación de los pines



- Extracción manual del pin: Una vez concluido el proceso final de troquelado, la pieza es removida con la ayuda de una pinza. El proceso se repite el número de veces necesarias.

Figura 12: Pin terminado (modo manual)



2. Desventajas

- Durante el proceso de estirado no existe una forma de medir exactamente la fuerza necesaria para dejar el alambre recto. Por lo tanto el alambre puede sufrir enlongaciones que luego afectan los valores eléctricos.
- Sólo es posible enderezar 6 ft de alambre, ya que de lo contrario su movimiento por el área de taller se dificulta.
- No existe una medida exacta para poder obtener los 6 ft de alambre recto.
- Existe un desperdicio de alambre en la sujetación a la prensa.
- Cualquier movimiento brusco en el transporte del alambre recto ocasiona que este se doble, lo cual resulta en una pérdida de materia prima.
- El operario de la guillotina debe alimentarla de forma que el alambre no se doble en el proceso.
- Se debe de calcular la distancia de 3.75 in para el corte ya que de lo contrario resultan pines muy cortos, o pines largos, resultando en material de desperdicio.
- La máquina dobladora solo permite el doblado de 5 pines
- El primer doble requerido no siempre resulta estar a 180 grados, por lo cual es necesario que el operario repita la operación con la ayuda de una pinza.
- En el área de troquelado se requiere de gran concentración por parte del operario para no cometer un error a la hora de echar a andar la máquina.
- En dicha área han ocurrido más de 2 accidentes en un mismo semestre.
- Se requiere de 3 a 4 trabajadores para completar el formado del pin final.
- Una vez completado el proceso no existe un control de calidad que dictamine si los pines cumplen con las medidas necesarias para ensamblar la pieza final.
- El proceso de ensamble continúa hasta el final, y muchas veces los valores eléctricos no cumplen el requerido, por lo que son desechados.

Tabla 4: Tiempo de conformado

Tiempo de trabajo para conformado de 6ft =19 pines		
	Fase inicial	Proceso continuo
Desenrollado	1 min	1 min
Estirado		
Corte		
Transporte y preparación de guillotina	5 min	1 min
Corte en guillotina	3 min	3 min
Transporte y preparación	3 min	1 min
Colocación doblado y separación de los pines	4 min	4 min
Transporte y preparación de matriz	1 min	1 min
Colocación doblado cortado y sacado	12 min	12 min
Tiempo total	27 min	23 min

3. La propuesta conceptual

El proceso **automatizado** permitirá:

- Alimentación con rodete
- Enderizado en línea
- Doblado
- Troquelado
- Expulsión

De manera continua.

El diseño busca poder reducir los accidentes de fabricación y aumentar la producción de los pines al automatizar la troqueladora. Los procesos mencionados anteriormente se trabajarán de forma continua, lo cual resultará en el ingreso de la materia prima desde el carrete directamente a la troqueladora, hasta la expulsión del pin de la matriz. De esta manera la intervención humana será mínima. Para poder realizar dicha automatización es necesaria la elaboración de un nuevo dado, ya que el existente no cumple con la función que se desea.

Se hará uso del área neumática para poder accionar los distintos cilindros de doble efecto, que brindarán el movimiento necesario para realizar los dobleces y cortes requeridos. Dichos cilindros serán accionados por válvulas 5-2 con embobinado de ambos lados; las cuales brindan el movimiento de un estado a otro. Finalmente estas válvulas serán accionadas por un PLC, el cual contendrá la secuencia para la elaboración final de los pines.

Figura 13: Propuesta conceptual

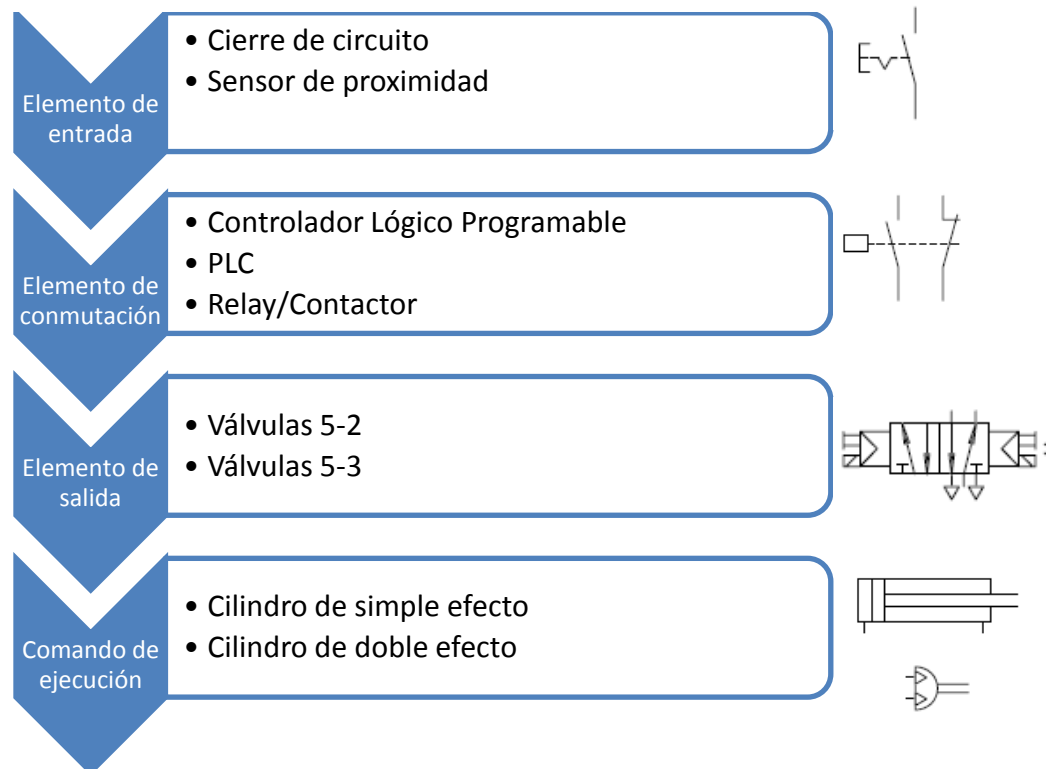


Figura 14: Propuesta del ciclo de operación

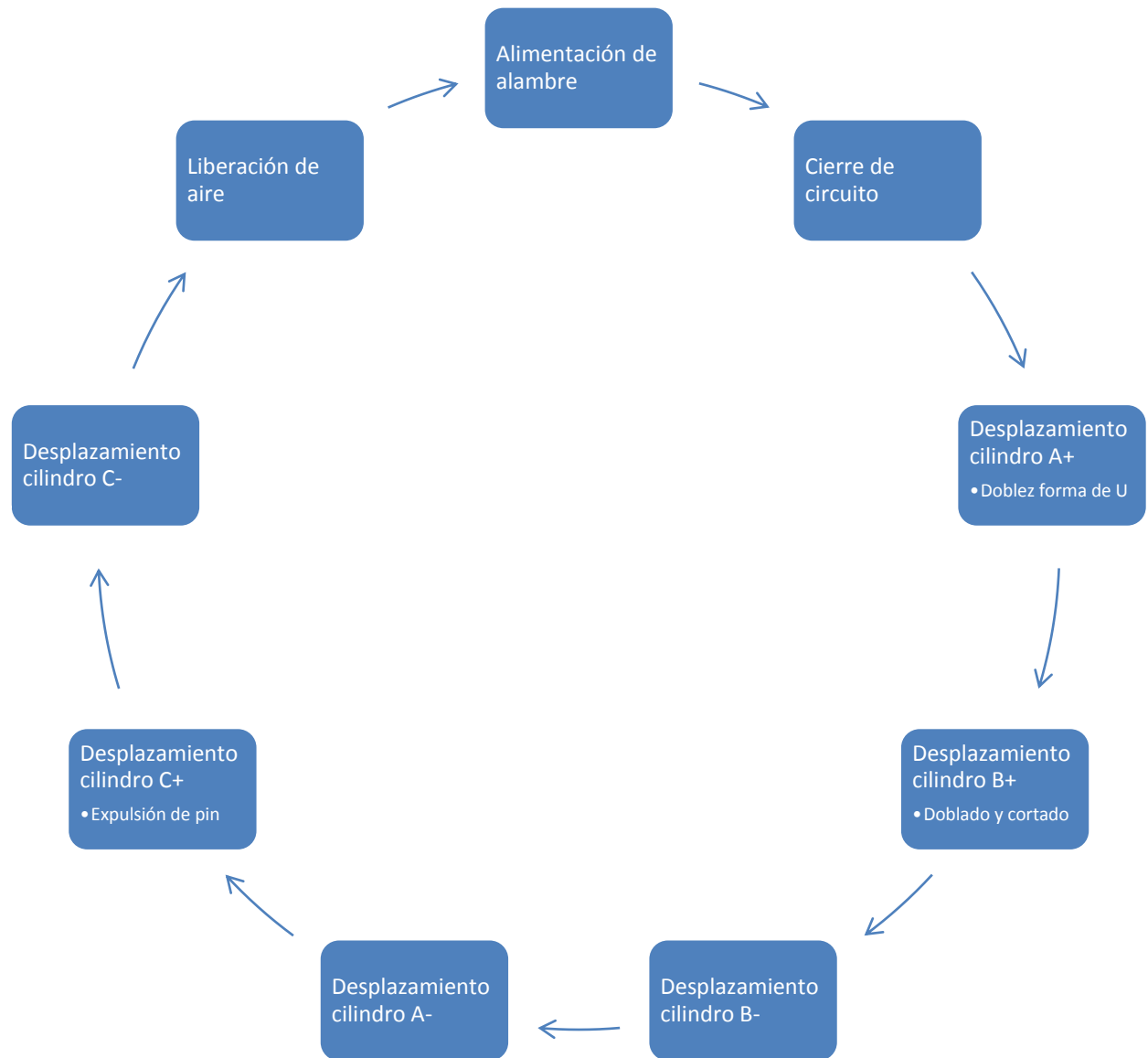


Figura 15: Diseño conceptual cilindro 1

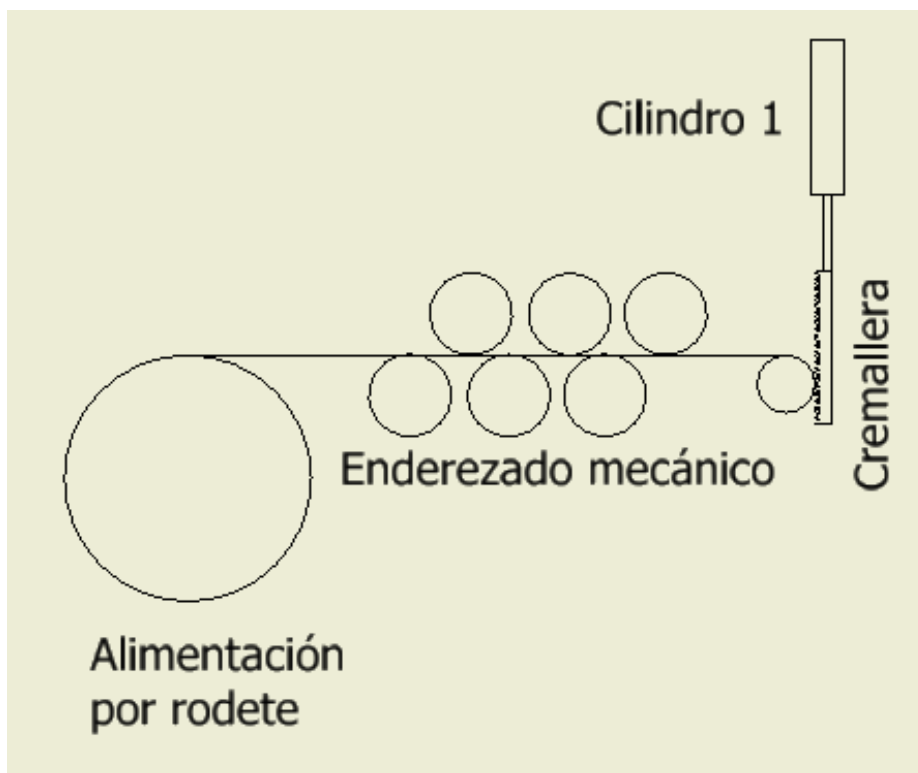
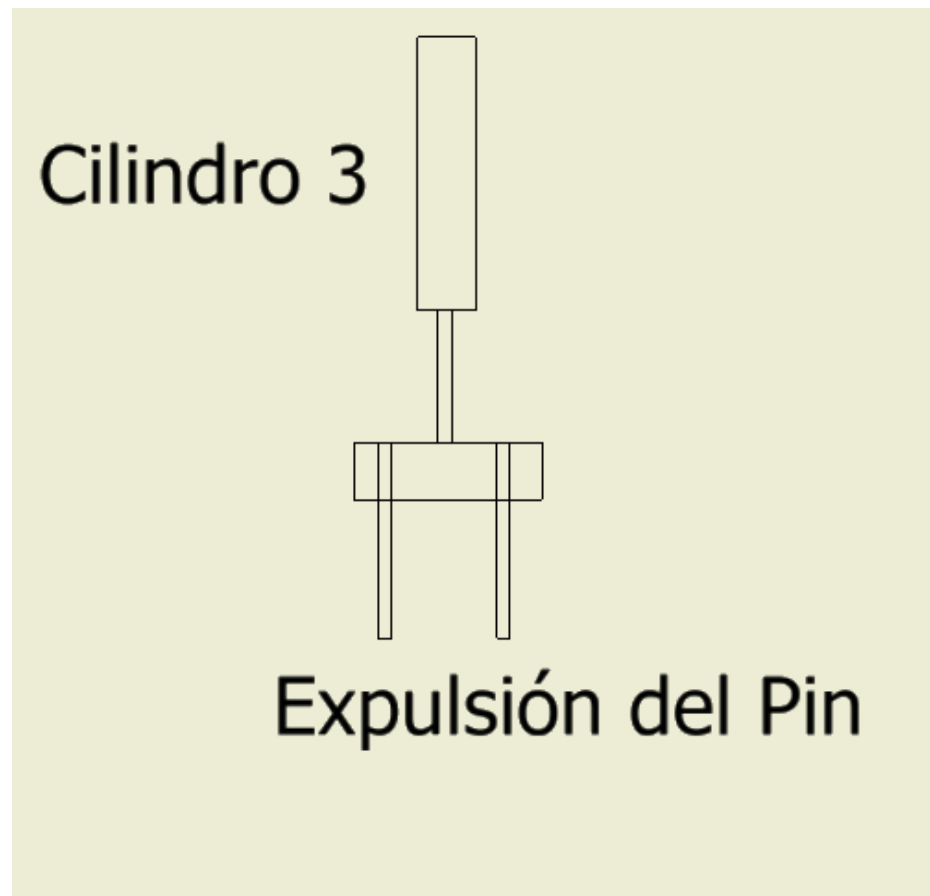


Figura 16: Diseño conceptual cilindro 2



Figura 17: Diseño conceptual cilindro 3



La secuencia de operación es:

- Doblado en U (cilindro 1)
 - Accionamiento de cilindro A+
 - Accionamiento de cilindro A-
- Troquelado (cilindro 2)
 - Accionamiento de cilindro B+
 - Accionamiento de cilindro B-
- Expulsión (cilindro 3)
 - Accionamiento de cilindro C+
 - Accionamiento de cilindro C-

Figura 18: Diagrama de desplazamiento



Como se puede observar el diagrama de desplazamiento muestra la secuencia en la que se llevarán a cabo los movimientos de los cilindros neumáticos; así como el tiempo en que se accionan y el tiempo que permanecerán en dicha posición.

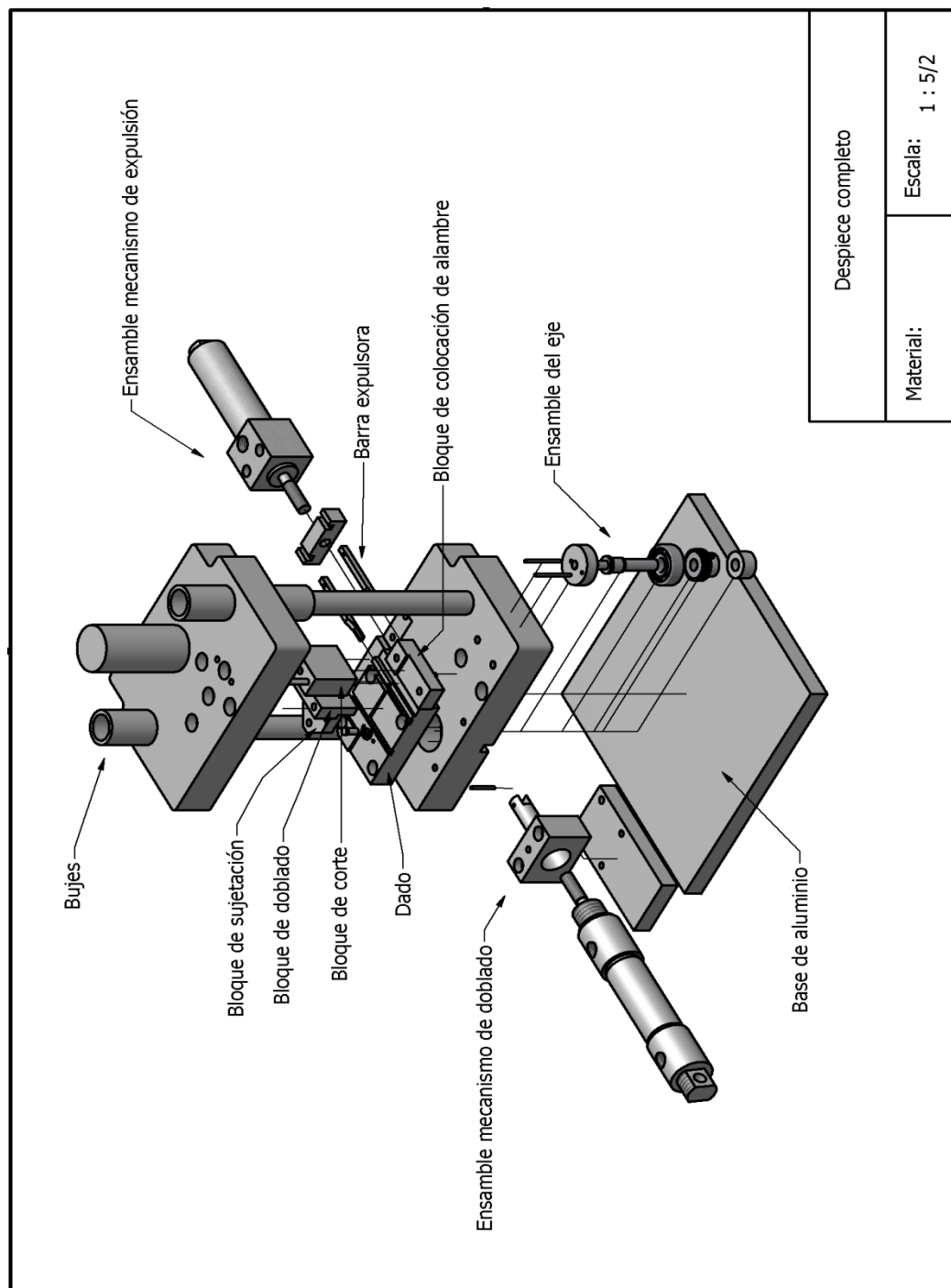
Claramente notamos que el cilindro A, el cual acciona el proceso de doblado permanecerá en posición afuera por 1 segundo, tiempo en el cual el cilindro B, que acciona el troquel desciende y asciende nuevamente. En este momento el cilindro A regresa a su posición original.

Es en este momento que el cilindro C, encargado de accionar el mecanismo de expulsión entra y sale en un tiempo de 1 segundo; tiempo suficientemente rápido para poder expulsar la pieza y dejar el troquel limpio y listo para que el proceso se lleve de nuevo.

a. Parte mecánica

1) Especificaciones de elementos de la máquina

Figura 19: Despiece completo



Para el dimensionamiento de cada uno de los elementos referirse al apéndice.

- Motor eléctrico: Accionará el mecanismo de troquelado

Tabla 5: Especificaciones del motor

MOTOR KC	
Voltaje	110/220V
Corriente	7.6/3.8A
RPM	1725
Caballaje	1/2 Hp

- Engranaje acero inoxidable: Permtirá convertir el movimiento lineal del pistón en un movimiento circular.

Tabla 6: Especificaciones de engranaje

Engranaje	
Número de dientes (Z)	30
Módulo	0.5
Altura del diente	0.5
Paso	1.5708
Diámetro primitivo	15
Diámetro externo	16
Diámetro interno	13.8333
Espacio entre dientes	0.7854
Espesor del diente	0.7854

- Cremallera: Permtirá convertir el movimiento lineal del pistón en un movimiento circular.

Tabla 7: Especificaciones de la cremallera

Cremallera	
Número de dientes (Z)	N/A
Módulo	0.5
Altura del diente	0.5
Paso	1.5708
Espacio entre dientes	0.7854
Espesor del diente	0.7854

- Cilindros neumáticos # 1 y # 2: Encargado de accionar el mecanismo de expulsión del pin; así como de accionar la troqueladora.

Tabla 8: Especificaciones de pistón

Cilindro BIMBA	
Tipo	Doble efecto
Diámetro	3/4 in
Carrera	1 in
Peso	0.22 lbs
Material	Acero Inoxidable 304
Modelo	BF-041-D

- Cilindro neumático #3: Encargado de accionar el mecanismo de doblado en línea.

Tabla 9: Especificaciones de pistón # 2

Cilindro Parker	
Tipo	Doble efecto
Diámetro	3/4 in
Carrera	1 1/2 in
Peso	0.22 lbs
Material	Acero inoxidable 304
Modelo	0.75DXPSR01.5

- Cojinete: Permitirá el giro del eje que realiza el doblado del alambre.

Tabla 10: Especificaciones de rodamiento

Rodamiento	
Designacion	SKF
Tipo	Ranura profunda
Sello	Sello de hule
Modelo	6082 RS
Diámetro exterior	22 mm
Diámetro interior	8 mm
Espesor	7 mm

2) Selección de materiales y tratamientos térmicos

Acero O1: Nombre comercial Amutit S

Acero especial, aleado, de temple parejo y seguro con poca variación de medidas, excelente conservación de filo, buena resistencia al desgaste y magnífica tenacidad. Fácilmente maquinable especialmente para dispositivos de roscar como también para punzones y cizallas, herramienta para labrar madera. Matrices de corte con exigencias normales. Luego del temple y el revenido adquiere una alta dureza superficial.

Tabla 11: Composición química del acero

Composición química	
Elemento	% promedio
Carbono	0.95
Silicio	0.3
Manganeso	1.1
Cromo	0.5
Vanadio	0.12
Wolframio	0.6

Tratamiento térmico:

- Templado: La dureza del núcleo únicamente se obtendrá en secciones menores a 3 in (76 mm) de espesor.

El primer paso es realizar el normalizado de la pieza para ello se calienta el horno de 675 a 730°C (1250 a 1350°F), a continuación se eleva la temperatura a la temperatura de austenización (790 a 815°C) (1450 a 1500°F) y se mantiene la pieza de 10 a 30 minutos. El enfriamiento se debe realizar en aceite o en baño de sales.

- Revenido: Inmediatamente después de realizar el temple se ingresa la pieza a un horno con temperatura de 175 a 315°C (350 a 600°F) por un mínimo de 2 horas. Luego se enfría a temperatura ambiente y se repite el proceso una vez más.

Figura 20: Respuesta al temple

RESPUESTA AL TRATAMIENTO TÉRMICO

Dureza y Tenacidad al Impacto

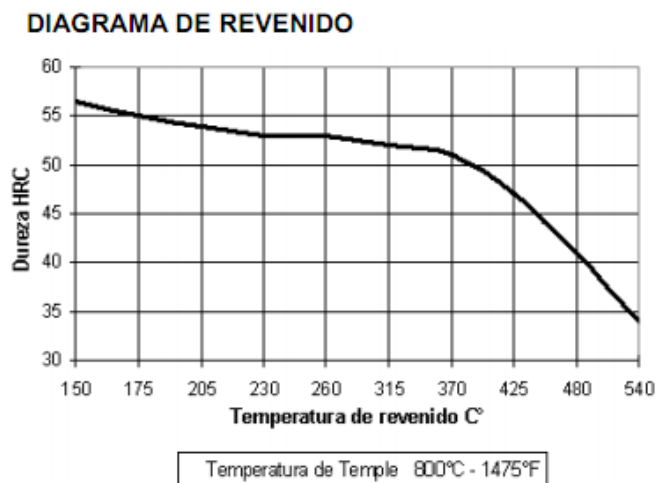
Temple a 800°C (1475°F) Enfriamiento al Aceite

Temperatura de Revenido	Entalla Charpy C		
	HRC	Ft. lbs.	Joules
Temple al Aceite	63-65	----	----
150°C - (300°F)	63-65	14	19
175°C - (350°F)	62-64	28	38
205°C - (400°F)	61-63	30	41
230°C - (450°F)	60-62	----	----
260°C - (500°F)	58-60	30	41
315°C - (600°F)	55-57	32	43
370°C - (700°F)	51-53	----	----
425°C - (800°F)	48-50	----	----
480°C - (900°F)	43-45	----	----
540°C - (1000°F)	39-41	----	----

Los resultados pueden variar dependiendo del método de temple y el tamaño de la pieza

“Catálogo Servicio Industrial S.A. 2001. Acero SISA O1. México DF. pag 1”

Figura 21: Diagrama de revenido



“Catálogo Servicio Industrial S.A. 2001. Acero SISA O1. México DF. pag 1”

Tabla 12: Propiedades mecánicas acero

SAE/AISI	UTS (Mpa)	E (Gpa)	SY (Mpa)	S Fractura (Mpa)	Deformación (%)	Reducción de área (%)	Dureza HRC
O1	1618	216	1480	1610	0.72	0	51.7

Aluminio 6061-T6:

Aleación Dúctil y Ligera, con gran resistencia y excelentes características de acabado, el aluminio 6061-T6 es ideal para la elaboración de piezas maquinadas con calidad de excelencia y para trabajos que requieran buen acabado superficial. Posee excelente resistencia a la corrosión y acabado además de facilidad de soldadura y una resistencia parecida a la del acero. Ésta es una aleación de propósito general muy popular con buena facilidad de maquinado a pesar de su tratamiento de envejecimiento artificial.

Tabla 13: Composición química del aluminio

Composición química	
Elemento	% promedio
Silicio	0.40/0.80
Hierro	0.7 máx
Cobre	0.15/0.40
Magnesio	0.8/1.2
Cromo	0.04/0.35
Zinc	0.25 max
Titanio	0.015 max
Manganeso	0.15

Tratamiento térmico:

Una característica esencial de esta aleación es que debe ser sometida a tratamiento térmico T6, para alcanzar el endurecimiento por precipitación, el tratamiento consiste en una puesta en solución a una temperatura de 540 °C con enfriamiento en agua para mantener la solución sobresaturada y posterior envejecimiento artificial en un rango de 155-170 °C.

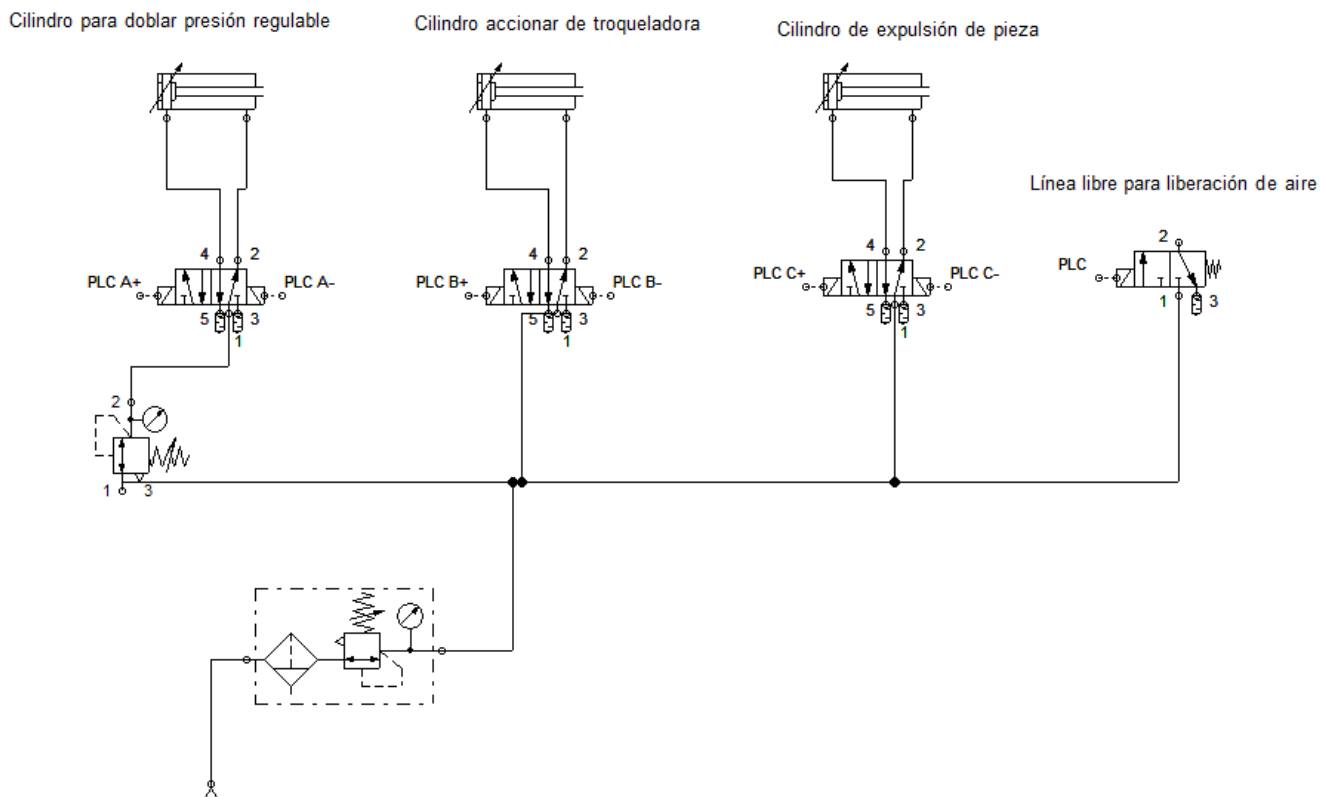
Tabla 14: Propiedades mecánicas aluminio

Aleación	Tensión				Dureza	Corte	Fatiga	Módulo
	Resistencia (Ksi)		Enlongación en 2 in		Brinell	Último de corte	Límite de fatiga	Módulo de elasticidad
	Último	Cedencia	1/16" espesor	1/2" diámetro	500kg bala de 10 mm	Resistencia Ksi	Ksi	Ksi x 10 ³
6061-T6	45	40	12	17	95	30	14	10

b. Parte neumática. El siguiente circuito ejemplifica la conexión entre el suministro de aire, el PLC, las válvulas y sus respectivos cilindros. La válvula que controla el cilindro encargado de realizar el doblez, es regulable, lo cual permite graduar la fuerza y velocidad con la que se realiza el giro del alambre a 180 grados. Es importante poder graduar esta presión ya que radica en la acción de dejar los pines más abiertos o más cerrados.

La válvula 3-2 que se encuentra al final del diagrama es la encargada de realizar la liberación de aire al final del ciclo. Este aire es utilizado para remover el material de desperdicio de la matriz de troquelado.

Figura 22: Circuito neumático



c. Parte del control

1) Descripción del proceso. El alambre es alimentado al troquel por medio de la acción de un motor de 5 voltios DC. El motor hace pasar el alambre por una serie de poleas que lo enderezan. Una vez recto el alambre ingresa al dado y continúa para cubrir una distancia de 3.75 in; dicha distancia es necesaria para poder cumplir con las medidas especificadas. Al final de la distancia de 3.75 in hay un sensor que cierra el circuito; para el motor e inicia el ciclo de conformado.

El primer movimiento es el del cilindro A, encargado de realizar el doblado a 180 grados, este desplaza la cremallera a una presión de 20 psi, que a su vez hace girar un engranaje, proporcionando así el movimiento excéntrico necesario para realizar el doblado.

Una vez desplazado por completo el cilindro A, se prosigue a desplazar el cilindro B. Este cilindro libera la cuña que hace operar el mecanismo de troquelado por 0.05 seg, tiempo suficiente para realizar un solo estampado. Una vez concluido ese tiempo el cilindro B se retira. En este momento el cilindro A regresa a su estado inicial.

Luego de haber completado el proceso de conformado del pin, se libera el cilindro C y enseguida regresa a su posición inicial. Este movimiento es suficiente para realizar la expulsión de la pieza de la matriz.

Por último se acciona la válvula 3-2 la cual brinda una ráfaga de aire para remover todo material de desperdicio del área de trabajo. Una vez completado el ciclo inicia de nuevo con la alimentación del alambre.

2) Descripción del programa. La programación fue realizada a través del programa LOGO, proporcionado por Siemens. El PLC utilizado fue el 230RC el cual sólo posee 4 salidas físicas; por lo que fue necesario acoplar una extensión de 4 salidas extras; completando así las 8 salidas necesarias para operar.

Entradas:

- I1: Sensor de proximidad
- I2: Encendido/Apagado del programa
- I3: Botón paro de emergencia
- I4: Modo manual/automático
- I5: Accionamiento del motor en modo manual

Salidas:

- Q1: accionamiento de válvula 5-2 para desplazamiento de cilindro A+
- Q2: accionamiento de válvula 5-2 para desplazamiento de cilindro B+
- Q3: accionamiento de válvula 5-2 para desplazamiento de cilindro B-
- Q4: accionamiento de válvula 5-2 para desplazamiento de cilindro A-
- Q5: accionamiento de válvula 5-2 para desplazamiento de cilindro C+
- Q6: accionamiento de válvula 5-2 para desplazamiento de cilindro C-
- Q7: accionamiento de válvula 3-2 para liberación de aire
- Q8: alimentación del motor DC

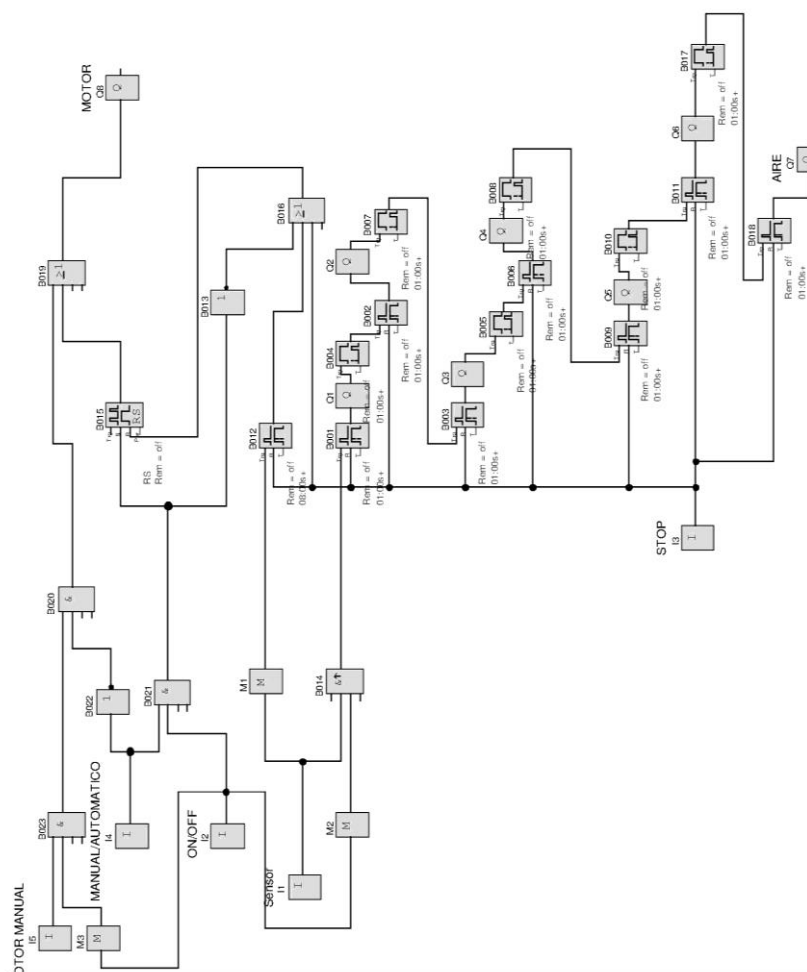
El programa corre en dos modalidades,

- Manual: Requiere presionar el botón de I5 para poder accionar el motor y alimentar el sistema hasta el sensor de proximidad; en este momento el motor deja de operar y el ciclo continúa de manera automática, hasta completar un ciclo; luego se detiene. Esta modalidad permite el conformado de un pin a la vez. Se configuró un botón adicional para que sea posible girar el motor en sentido contrario a su funcionamiento normal con el fin de

regresar el alambre a su carrete original. Además se agregó un botón que permite correr el ciclo sin la necesidad de que el alambre cierre el contacto en el sensor de proximidad, con la finalidad de probar los movimientos de operación antes de iniciar el proceso de manufactura.

- Automático: En esta modalidad el motor gira constantemente hasta que se cierra el circuito y el resto del ciclo continúa. En esta modalidad el programa inicia los ciclos de forma automática y no se requiere de un operario.

Figura 23: Programación PLC



Como se muestra en el diagrama el ciclo es una secuencia simple; se envía un pulso a través de una de las salidas del PLC y tiempo después se envía el siguiente; y así

sucesivamente hasta completar el ciclo. El programa opera únicamente con temporizadores por lo que no existe un sistema de realimentación en el sistema.

B. Aspectos de la seguridad

Una máquina cumple con su objetivo cuando realiza el trabajo para la que fue creada y es segura. Para esto la forma de utilización debe ser adecuada y el trabajador debe contar con la debida formación para el trabajo, conociendo entre otras cosas cuáles son las protecciones con que cada máquina debe tener.

Los puntos o zonas de peligro en la máquina son:

- Elementos móviles
- Zonas convergentes
- Transmisiones
- Puntos de operación donde la máquina dobla, aplasta, y corta las piezas a maquinar.

Los objetivos básicos y elementales de la seguridad industrial son:

- Evitar la lesión y muerte por accidente. Cuando ocurren accidentes hay una pérdida de potencial humano y con ello una disminución de la productividad.
- Reducción de costos operativos de producción. De esta manera se incide en la minimización de costos y la maximización de beneficios.
- Mejorar la imagen de la empresa y, por ende, la seguridad del trabajador que así da un mejor rendimiento en el trabajo.
- Contar con un sistema estadístico que permita detectar el avance o disminución de los accidentes, y las causas de los mismos.
- Contar con los medios para montar un plan de Seguridad.

Todo accidente es una combinación de riesgo físico y error humano. También se puede definir como un acontecimiento imprevisto, incontrolado e indeseable que interrumpe el desarrollo normal de una actividad.

El error humano lo conforman los actos peligrosos o situaciones inherentes a las personas: ignorancia, temperamento, deficiencias físicas o mentales.

Se estima que los accidentes laborales cuestan millones de dólares al año, distribuidos en:

- Pérdidas de salarios
- Gastos médicos
- Costos de seguro

1. Zonas convergentes. Las partes móviles de una máquina tienen el potencial de causar lesiones graves en el lugar de trabajo, tales como aplastamiento de los dedos o las manos, amputaciones, quemaduras o ceguera. Estas lesiones pueden ser prevenidas si las máquinas operan con guardas, que protejan al operador de hacer contacto con dichas partes móviles. Cualquier elemento de la máquina, función o proceso que pueda causar un daño deberá tener una guarda.

Figura 24: Riesgos en zonas convergentes



2. Troqueadoras. Las troqueladoras son máquinas destinadas a cortar, punzonar o dar forma a materiales metálicos. Esto significa una gran fuerza de golpe entre la parte móvil y la parte fija (matriz o dado). Existe un gran riesgo por atrapamiento entre el objeto móvil e inmóvil que radica en consecuencias como el golpe, aplastamiento y amputación de los falanges de los operarios.

Por lo tanto es necesario que estas partes posean una guarda que evite que los operarios ingresen sus manos a la máquina una vez se encuentre en operación. Otra solución viable es operar la máquina con botoneras que se encuentren alejadas de la matriz del troquel; evitando de igual manera que el operario pueda ingresar las manos a la máquina.

Figura 25: Troqueladora en c



3. Lentes de seguridad. El equipo para protección visual tiene como función principal, el proteger el órgano visual contra impactos peligrosos y/o partículas en el aire, así como polvo, chispas y resplandor. Este equipo debe ser de buen tamaño, debe proteger muy bien de impactos frontales y a la vez ser confortable para su uso.

C. Aspectos de confiabilidad

1. Del producto

a. Evaluación de precisión: Los pines realizados durante el proceso automatizado fueron evaluados visualmente sin encontrar fallas. Inmediatamente después fueron evaluados en el área de control de calidad para dictaminar si cumplían con las medidas establecidas; luego de ser autorizados continuaron en la línea de ensamblaje. Las piezas fueron moldeadas en la segunda fase de fabricación y resultaron satisfactorias.

Figura 26: Pin producto del proceso de automatizado



Figura 27: Pin moldeado, segunda fase, vista lateral

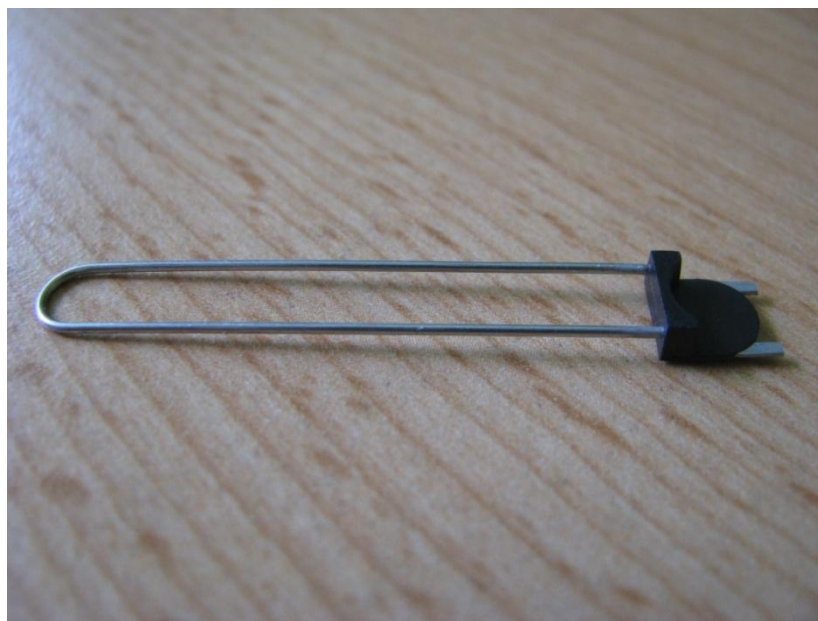


Figura 28: Pin moldeado segunda fase frontal



En otra área de la empresa se colocó el inductor y nuevamente se moldeó con la carcasa final. En el área de testing las piezas cumplieron con los valores eléctricos; por lo que el proyecto fue catalogado como exitoso.

Figura 29: Inductor toroide 24100

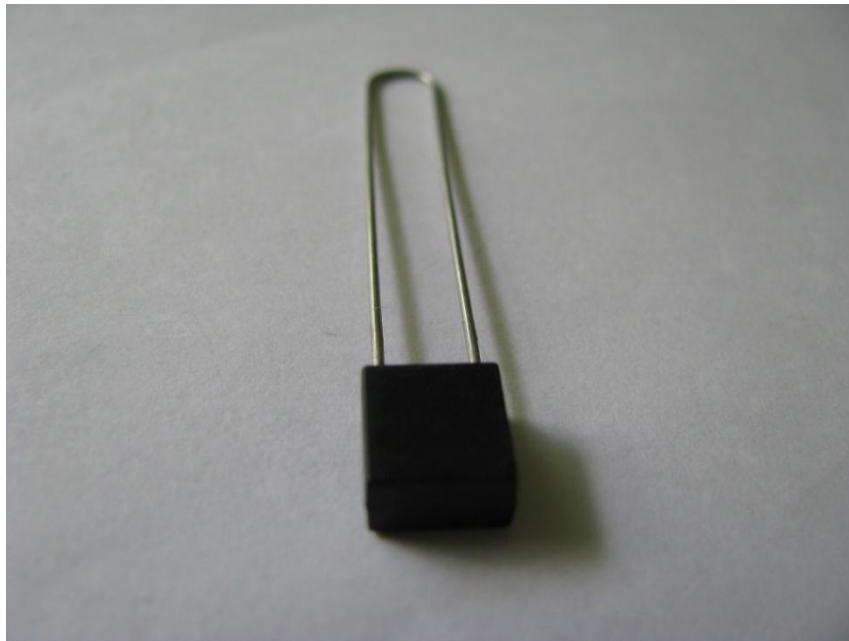
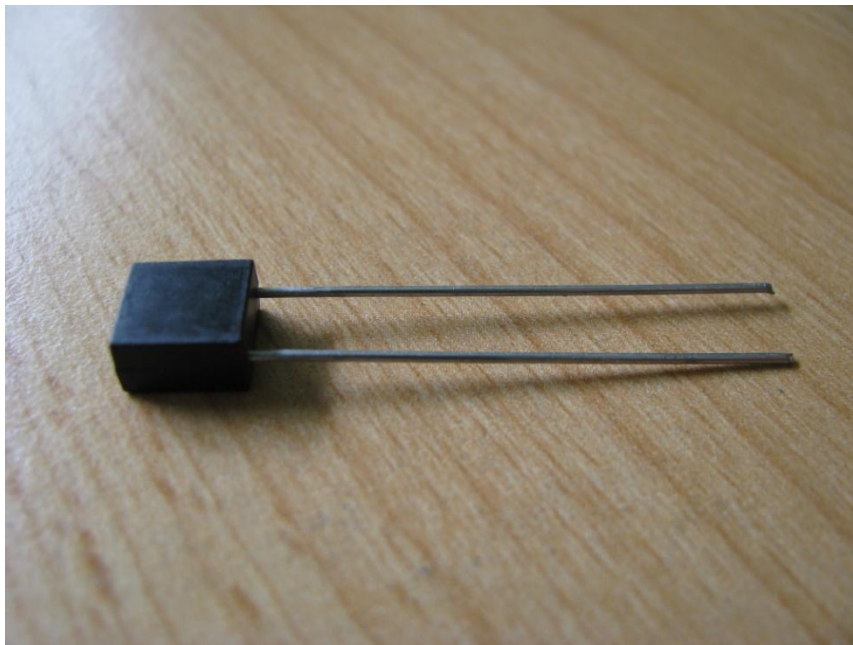


Figura 30: Inductor toroide 24100 completo



Los pines provenientes de la troqueladora varían en el área de menor volumen entre 0.0125 y 0.011 in, por lo que se consideran dentro del rango aceptable que es de 0.012 in.

b. Evaluación de velocidad: El proyecto fue realizado con la idea de poder variar la velocidad del motor que alimenta el alambre a la troqueladora. Dicha velocidad afecta directamente la cantidad de pines que pueden ser elaborados en cierto tiempo; así como la precisión con la que las piezas cumplen los estándares. La velocidad de alimentación no afecta el tiempo de corrida.

Calidad de salida: Capacidad para obrar o para conseguir un resultado determinado.

$$n = 1 - \frac{\text{Número de piezas fallidas}}{\text{Número de pieza correctas}} \times 100$$

A continuación se muestran los resultados obtenidos, tras una hora de operación a distintas velocidades.

Tabla 5: Resultados obtenidos a distintas velocidades

Resultados de operación en 1 hora			
Tiempo/Pieza (seg)	Piezas	Fallas	Calidad de salida
30	120	4 a 5	95.84%
20	180	5 a 7	96.11%
10	360	20 a 25	93%

De acuerdo a los resultados presentados anteriormente, se tomó la decisión de operar con una velocidad que corresponda a operar con un tiempo de 20 a 25 segundos por pieza, dado que presenta la mayor eficiencia.

Trabajando con un tiempo de manufactura de 20 a 25 segundos por pieza, el tiempo de elaboración de 19 pines (margen de comparación) se reduce a 7 minutos; lo cual garantiza la triplicación de la producción.

2. De la máquina. El proyecto se trabajó con el ideal de operar con una gestión de mantenimiento autónomo, es decir llevar a cabo un mantenimiento por los propios operarios de producción. Esto implica la corresponsabilización activa de todos los empleados, sobre todo de técnicos y operarios de la planta. Para ello es necesaria la existencia o creación de una cultura propia que sea estimulante y motivadora, de forma que se fomente en trabajo en equipo, la motivación y el estímulo y coordinación entre producción y mantenimiento.

Las ventajas y mejoras que pueden obtenerse de esta adecuada implantación son:

- Reducción del número de averías del equipo
- Reducción del tiempo de espera y preparación de los equipos de trabajo
- Aumento del control de herramienta y equipo
- Conservación del medio ambiente y ahorro de energía
- Mayor formación y experiencia de los recursos humanos

Tabla 15: Actividades de mantenimiento

Reparto de actividades posibles			
Actividad	Tipo	Personal de producción	Personal de mantenimiento
Producción	Preparación	X	
	Ajustes	X	
	Operación	X	
Mantenimiento Primer Nivel	Limpieza	X	
	Engrase	X	
	Reaprietes	X	
	Inspecciones diarias	X	
Mantenimiento preventivo de Segundo Nivel	Inspecciones diarias		X
	Operaciones de seguridad y normativa		X
	Grandes Operaciones		X
Mantenimiento correctivo	Averías reparables desde el puesto de trabajo	X	
	Averías no reparables desde el puesto de trabajo		X
Modificaciones y mejoras	Operativas	X	
	Automatizaciones		X
	Actualizaciones		X

IV. Análisis financiero

El proyecto conlleva a un ahorro económico significativo. Que se deriva en diferentes aspectos.

A. Costo hora-hombre:

En el proceso anterior el trabajo exigía la mano de obra de mínimo dos trabajadores. Tras la automatización se requiere un solo operario que establezca las condiciones iniciales y preparativas de la máquina. Esto se refiere a que la empresa cuenta con la disponibilidad de localizar esta mano de obra en otra área de la empresa en donde se requiera. Asumiendo salario mínimo con prestaciones de Q2400.00, el pago de dos trabajadores era Q4800.00; actualmente se redujo la mano de obra en 50%, para un total de Q2400.00

B. Mayor producción:

Al triplicar la producción, la empresa cuenta con la ventaja de ofrecer a sus clientes la posibilidad de aumentar su orden de adquisición. En otro caso la empresa cuenta con la posibilidad de realizar tiempos de entrega menores o adquirir nuevos clientes; todo esto traducido a un índice de mayores ventas y por lo tanto mayores ganancias.

Se estima un aumento del 18% en las ventas. Asumiendo ventas equivalentes a Q1,600,000.00 mensuales; el aumento correpondería a Q288,000.00 al mes.

C. Ahorro energético:

El proceso opera con un motor de $\frac{1}{2}$ hp el cual tiene un consumo promedio de 7.6 amperios a 110 voltios. Durante el conformado manual este motor era encendido y apagado cada cambio de alambre. Esto se realizaba por seguridad del operario; sin

embargo, un motor eléctrico consume de 3 a 4 veces su consumo normal en el arranque. Por lo que el consumo promedio en el arranque es de 23 amperios. En el proceso actual el motor es puesto en marcha una sola vez en el día, por lo que el consumo disminuye. Un menor consumo significa menor gasto en energía eléctrica.

D. Gasto por pieza defectuosa:

Se debe tomar en cuenta el gasto que representa a la empresa contar con dos salarios de mano de obra directa, además de los costos indirectos de fabricación. Los costos indirectos incluyen la energía, el salario del supervisor de taller, arrendamiento del edificio de la empresa, depreciación del edificio y de equipo de fábrica, mantenimiento del edificio, agua luz y teléfono. Todos estos costos son justificados siempre y cuando la empresa obtenga un beneficio sobre las piezas manufacturadas; sin embargo en el proceso anterior las piezas completadas indicaban valores eléctricos fuera de lo establecido, por lo que significaba una pérdida.

La empresa trabaja por lotes de 1000 piezas, y con un costo de producción de Q80.00 por cada pieza. En algunas ocasiones se echaban a perder hasta 7% de las piezas durante el proceso de conformado, por lo que el ahorro sería de Q5600.00 por lote.

E. Materiales directos:

De la forma manual se exhibía un índice de error humano que radicaba en grandes cantidades de material de desperdicio. Este error se presentaba debido a la falta de un método preciso de corte y conformado del alambre, que a la larga conllevaba a una pérdida de aproximadamente el 15% de materia prima.

Asumiendo un costo de Q1600.00 por rollo de alambre, la pérdida representaría Q240.00

V. Análisis de impacto ambiental

El proceso que se ejecutaba con anterioridad, siendo éste estrictamente manual, contaba con el inconveniente que los residuos de material que se obtenían al manufacturar 19 pines, durante el proceso de corte, eran de 1 a 2 pulgadas. Además se presentaba material de residuo al momento de doblar y troquelar.

Los residuos cuentan con el inconveniente que contienen plomo, siendo este un metal tóxico y muy contaminante para el medio ambiente. La reducción de los residuos ayuda especialmente a reducir la cantidad de plomo que deba desecharse para su posterior venta como chatarra.

El hecho de una menor producción de residuos, resulta en la disminución de vehículos contaminantes para el transporte de los mismos. Además que al contar con una máquina-herramienta capaz de llevar a cabo el proceso en su totalidad, se redujo la cantidad de aceites hidráulicos y lubricantes necesarios para el óptimo funcionamiento de todas las anteriores que se veían involucradas en la manufactura.

Al contener menos maquinaria dentro de la fábrica se contribuye a la reducción de la contaminación por ruido; un fenómeno que afecta severamente el ecosistema. Esto también tiene un efecto positivo en la reducción de los desechos que puedan darse por el personal operativo, ya que al contar con un proceso automatizado, la necesidad de trabajadores se reduce, reduciendo proporcionalmente la cantidad de desechos, principalmente de alimentos, siendo muchos de estos no degradables.

En conclusión, podemos asegurar que esta mejora en el proceso de manufactura reducirá el impacto ambiental que por muchos años era causado debido a un proceso no automatizado, contribuyendo no sólo al desarrollo y la productividad, sino también a preservar los recursos naturales.

VI. Conclusiones

1. El proceso automatizado brinda un gran número de ventajas a la empresa, que incluye ahorro de tiempo y ahorro económico; sin embargo el aspecto más importante a considerar es la seguridad que brinda al personal operario. El personal evita contacto con piezas que presentan grandes riesgos a su salud y que resultarían en accidentes graves.
2. Existen varias herramientas para llevar a cabo un proceso de automatización. En este caso se utilizó un PLC, el cual es una herramienta fácil de utilizar, amigable al programador y que demuestra que no se requiere una gran inversión en mecanismos costosos para llevar a cabo un proceso de automatización.
3. El producto final obtenido durante este proceso se sometió a un largo proceso de control de calidad para poder garantizar que cumplía con los estándares de la empresa, el cual fue aprobado sin la presencia de un problema.
4. El índice de producción se triplicó al reducir el tiempo de manufactura de las piezas, por lo que la empresa ahora tiene la posibilidad de ofrecer a sus clientes un menor tiempo de entrega en las órdenes del inductor toroide 24100.
5. La reducción de material de desperdicio, ayudó a reducir costos de manufactura en un 15%, por lo que el proceso es más eficiente.
6. Los costos de operación fueron reducidos en un 50% al momento de automatizar.
7. El tratamiento térmico es sumamente necesario para garantizar una dureza en la superficie de las piezas laboradas en acero O1, pues por la función de la máquina éstas tienden a sufrir desgaste.

VII. Recomendaciones

1. Se encontró que el principal problema, a la hora de manufacturar como un proceso continuo, es la forma de enderezar el alambre. El alambre es un material con memoria por lo que la aplicación de una fuerza a la hora de enderezar puede resultar en un doblez indeseado.

Se recomienda mejorar el diseño de las poleas para poder obtener un alambre completamente rectilíneo. Se sugiere la fabricación de dichas poleas de acero templado.

2. Siempre que se vaya a realizar un proceso de automatización se recomienda capacitar al personal con tres meses de anticipación. Pues de esta manera se garantiza la cooperación completa del personal. Dado que muchas veces el personal teme que un proceso automatizado reemplace su trabajo y por ende se niegan a cooperar en el proceso de fabricación.

VIII. Bibliografía

Budynas, Richard G.; Nisbett, J. Keith. 2008. *Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley*. 8va. Edición. México D. F. McGraw Hill. pag 11

Catálogo Servicio Industrial S.A. 2001. *Acero SISA 01*. México DF. pag 1

Catálogo Tecniaceros . 2001. *Aluminio 6061-T6*. Guatemala. pag 1

Catálogo MSW Wire Industries. 2010. *Solder Plated Copper Wire*. USA. Pag 1

González Fernández, Francisco J. *Teoría y práctica del mantenimiento avanzado*. Fundación Confemetal, España. pag 113

Ramírez Cavassa, César. 1993. *Manual de Seguridad Industrial*. Grupo Noriega pag 21

IX. Apéndice

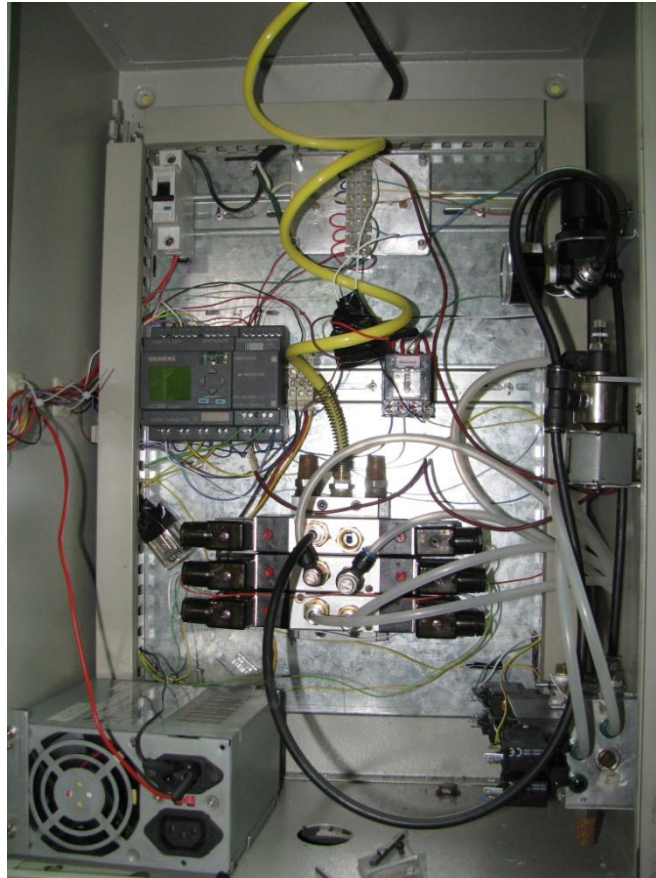
Troqueladora ensamblada



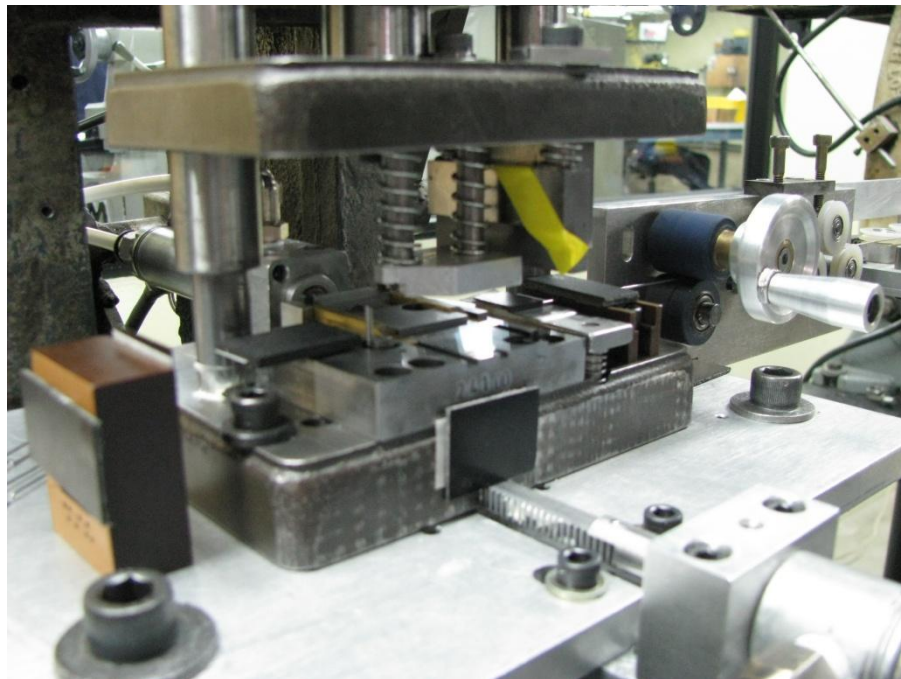
Caja de control y troqueladora



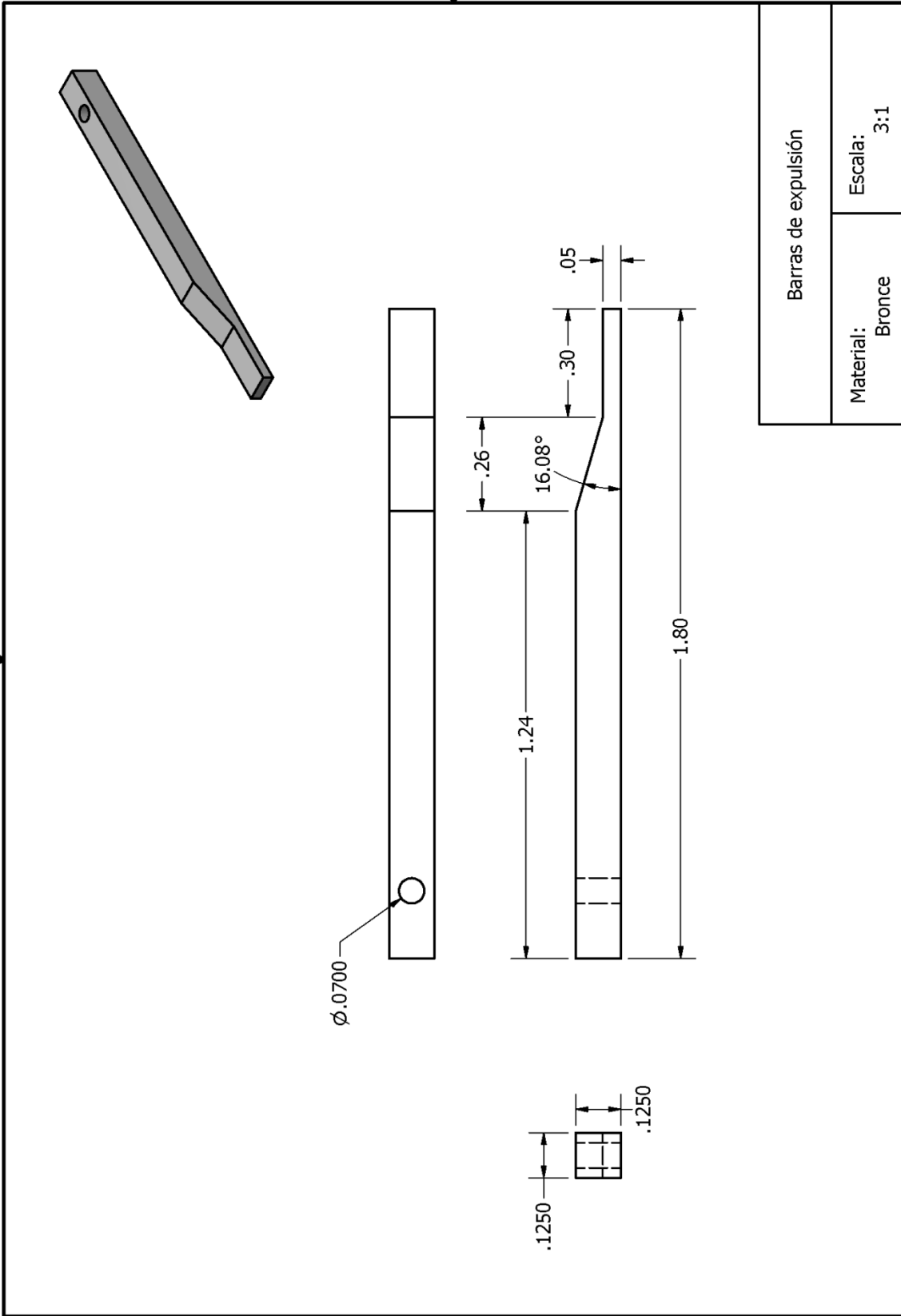
Interior de caja de control (circuito neumático)



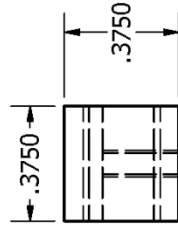
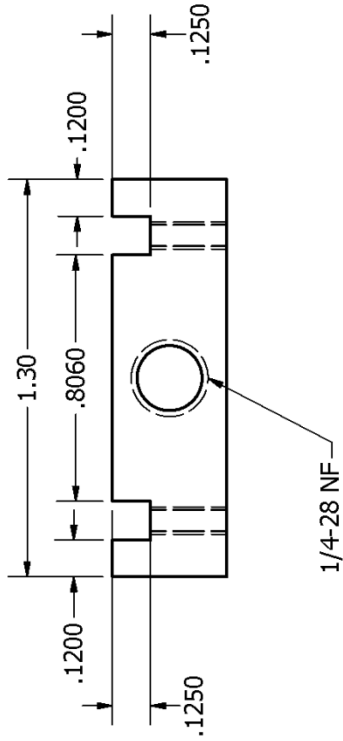
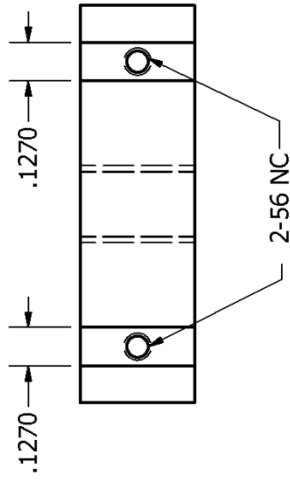
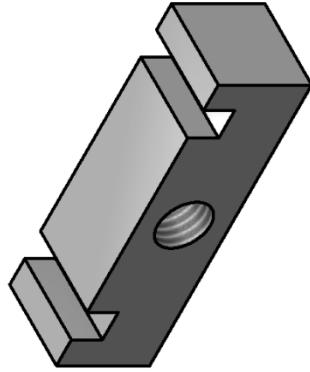
Troquel ensamblado



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

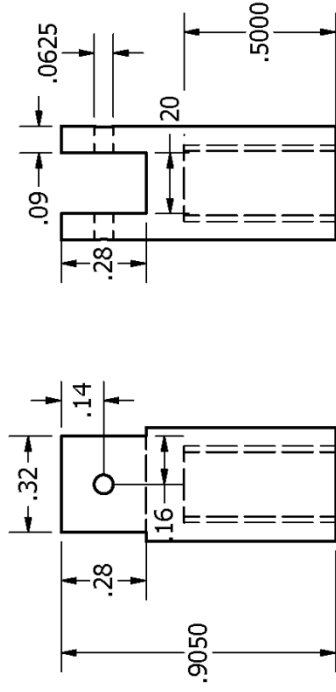
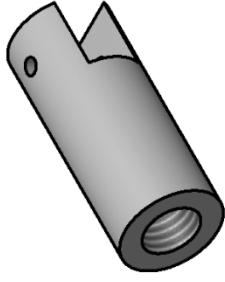


Acople pistón-barras de expulsión

Material:
Aluminio 6061

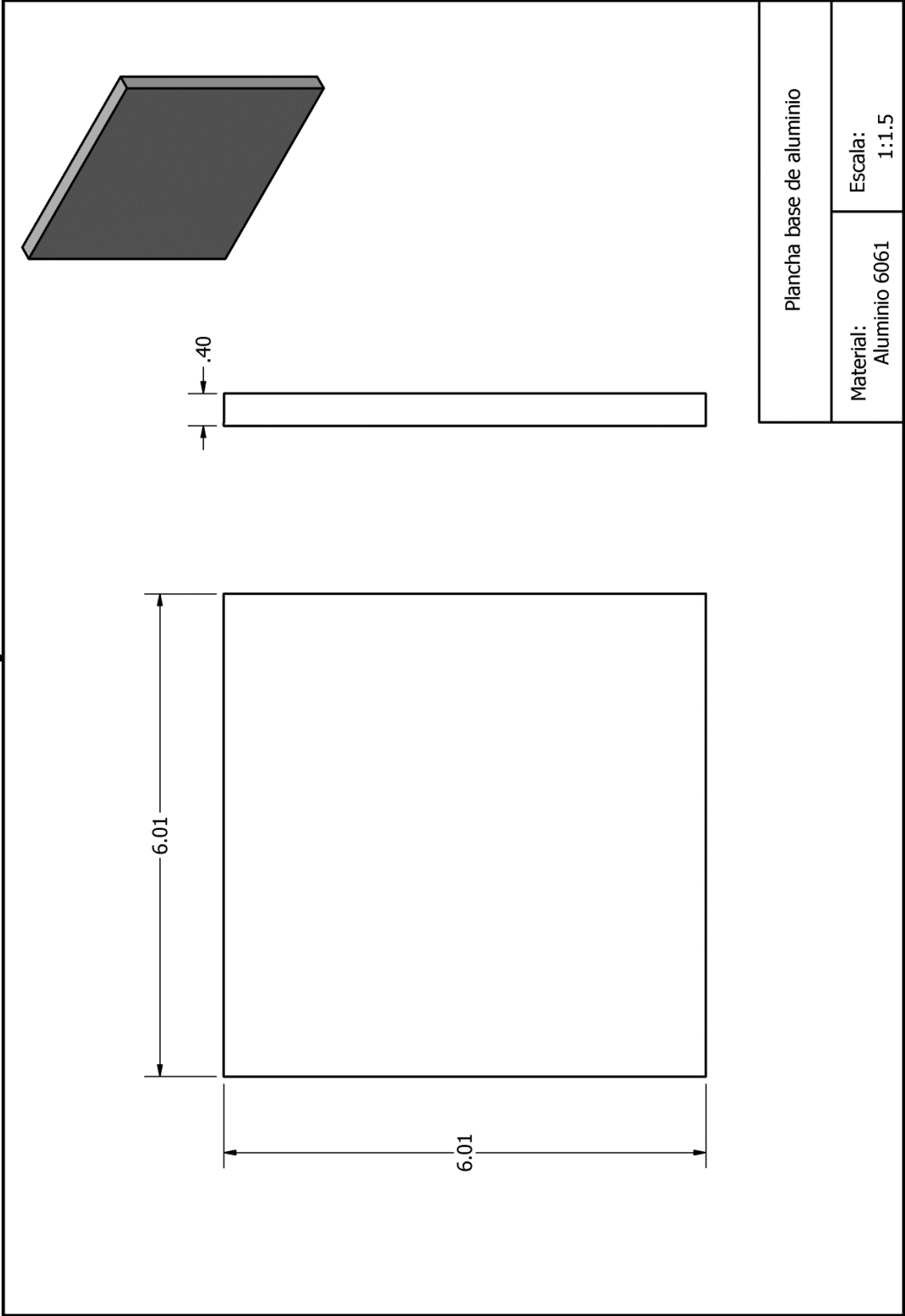
Escala:
2:1





Adaptador pistón-cremallera	
Material: O1	Escala: 2:1

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



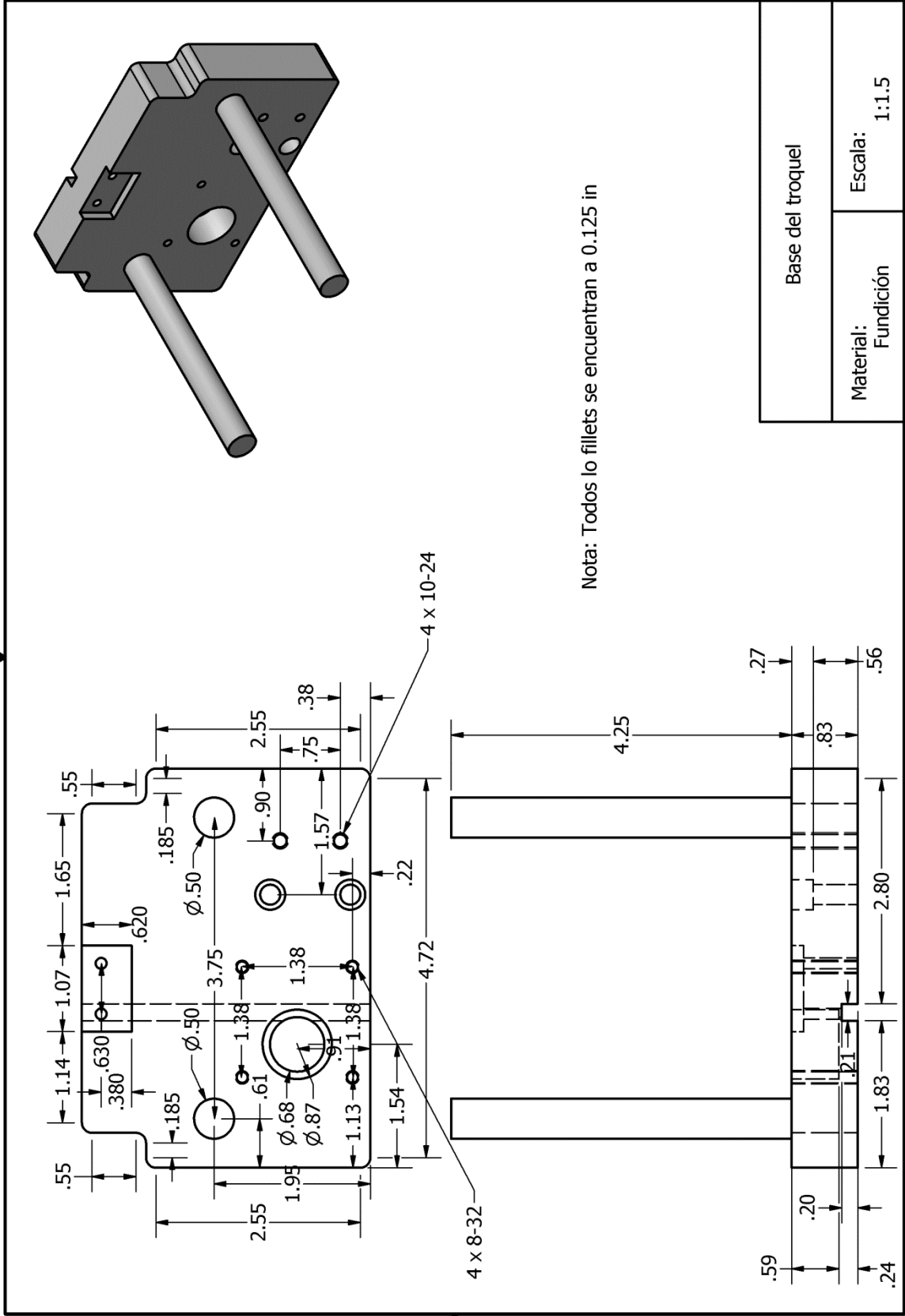
Plancha base de aluminio

Material:
Aluminio 6061

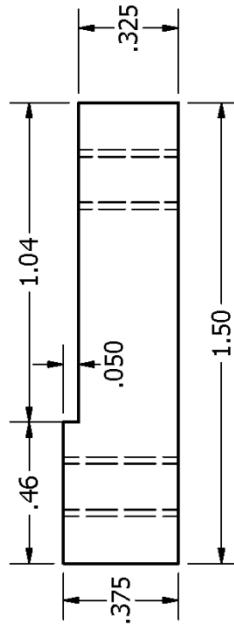
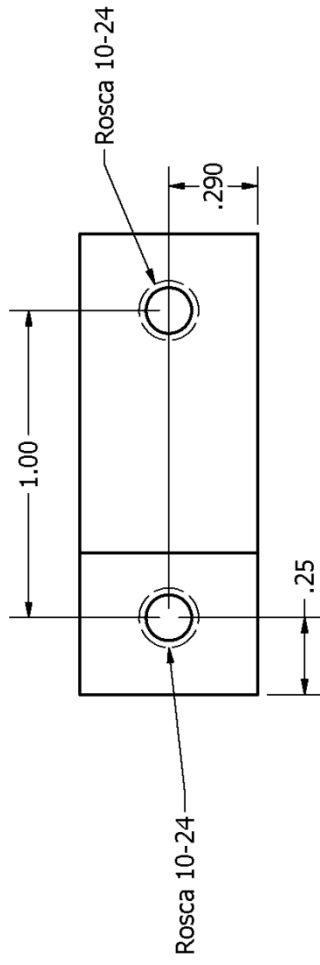
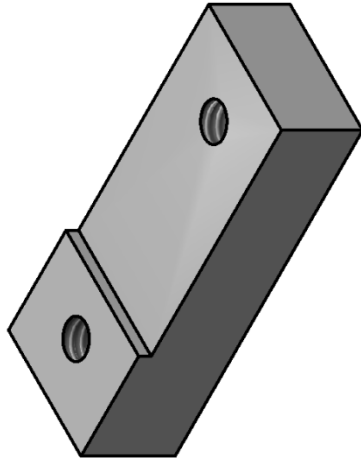
Escala:
1:1.5

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



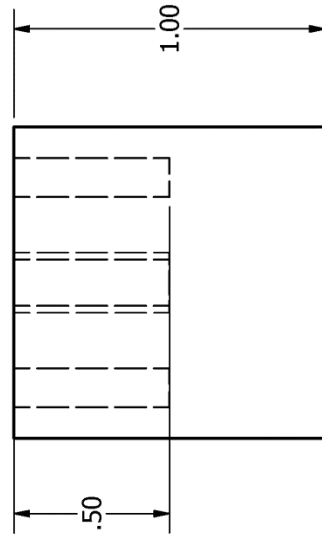
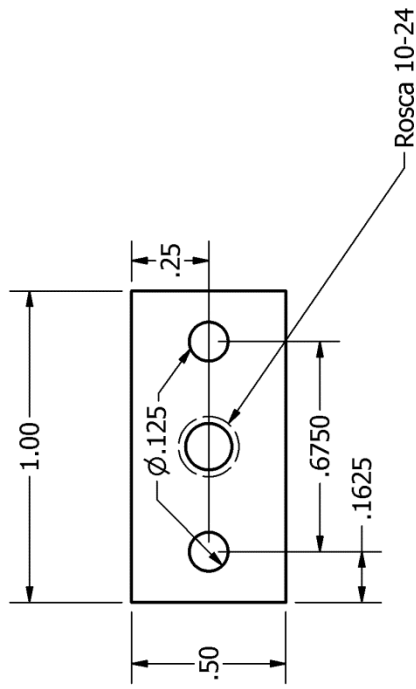
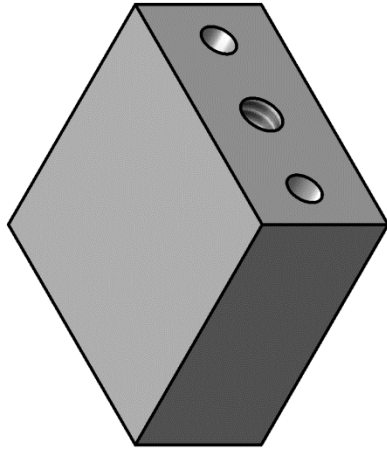
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



Bloque de colocación de alambre	
Material: O1	Escala: 2:1



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

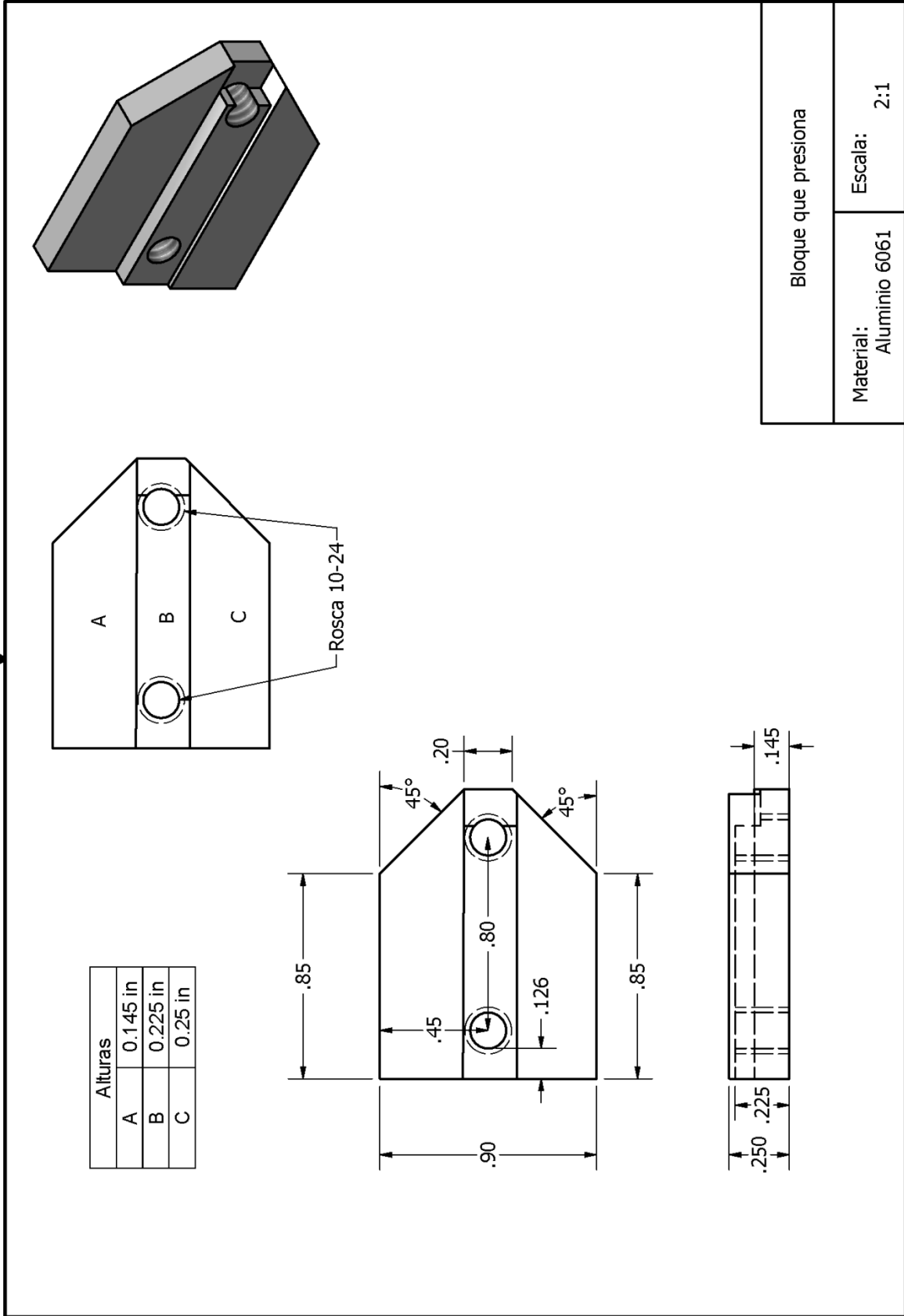


Bloque de corte	
Material: O1	Escala: 2:1

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



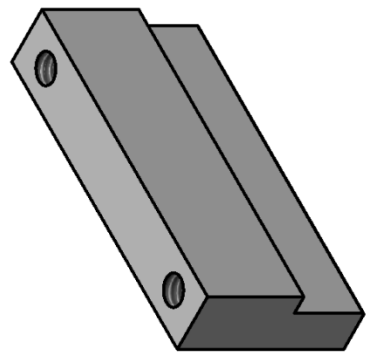
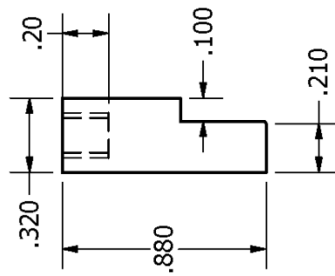
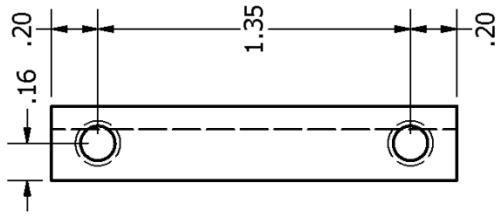
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



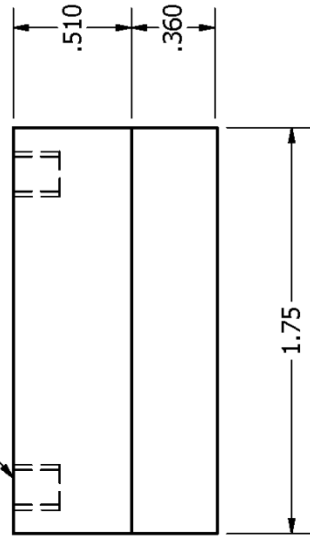
Bloque que presiona	
Material: Aluminio 6061	Escala: 2:1

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



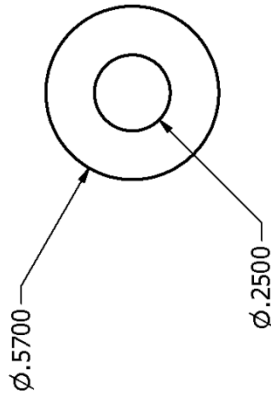
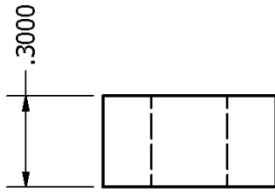
2 x 10-24



Bloque de doblado	
Material: O1	Escala: 2:1

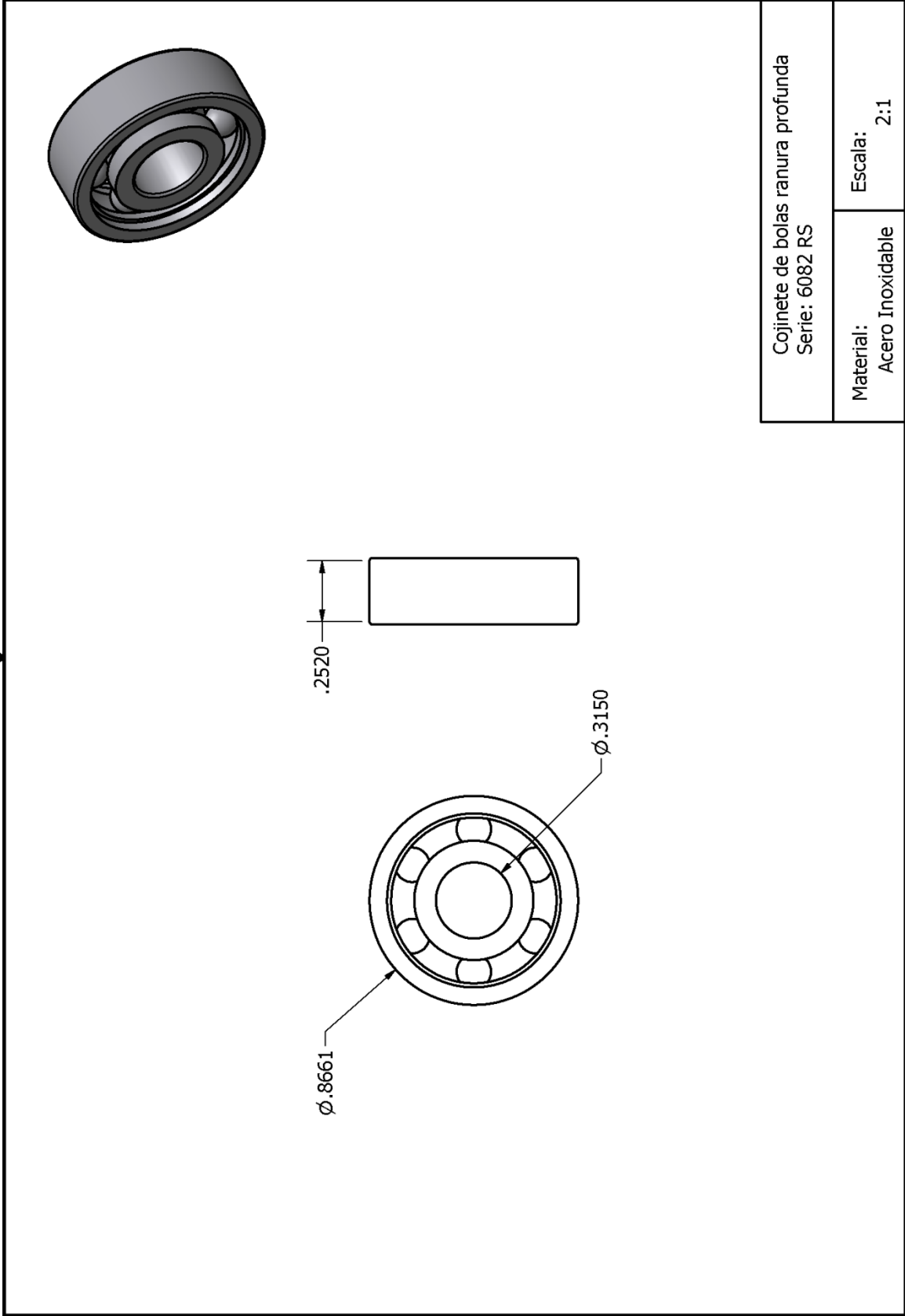


PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

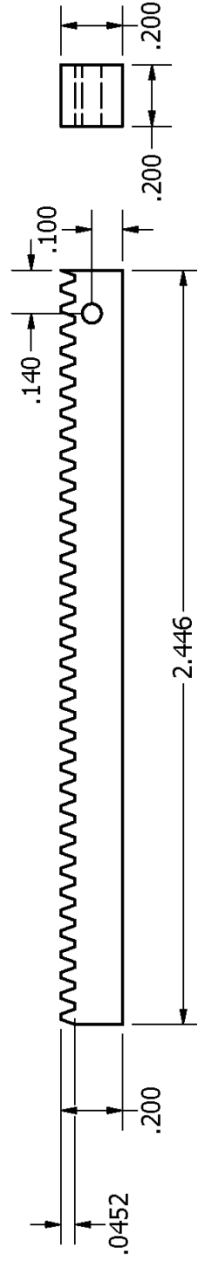
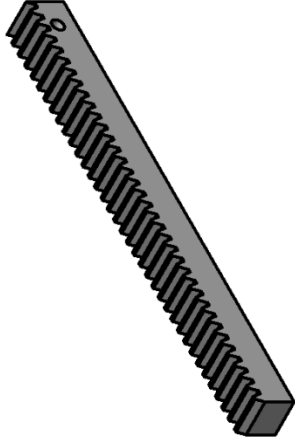


Buje	
Material: Bronce	Escala: 2:1



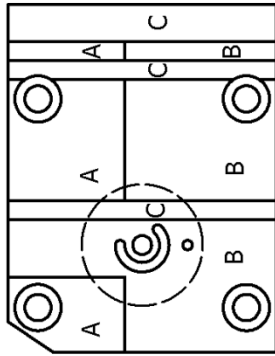
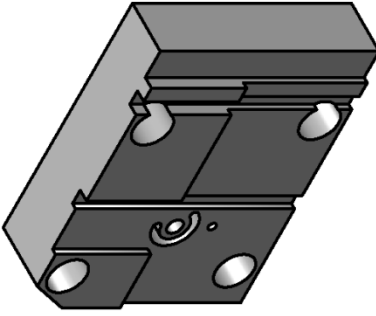


Cremallera	
Módulo	0.5293
Paso	1.6628
Altura del diente	1.147
Espesor	0.8314

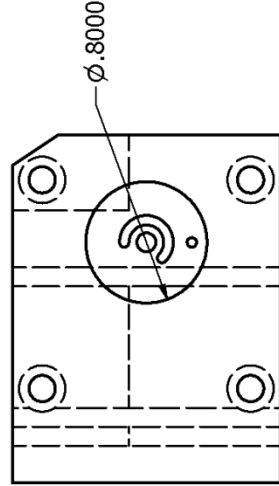
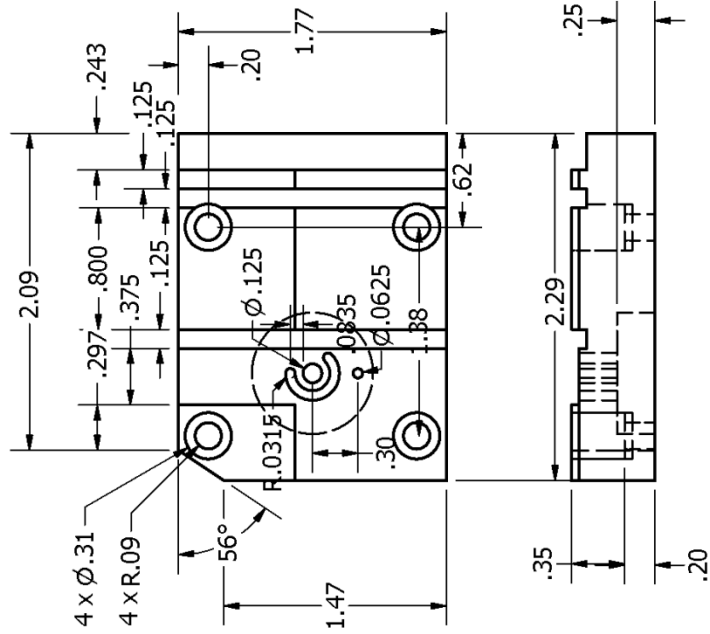


Cremallera	
Material:	AISI 1020
Escala:	2:1

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

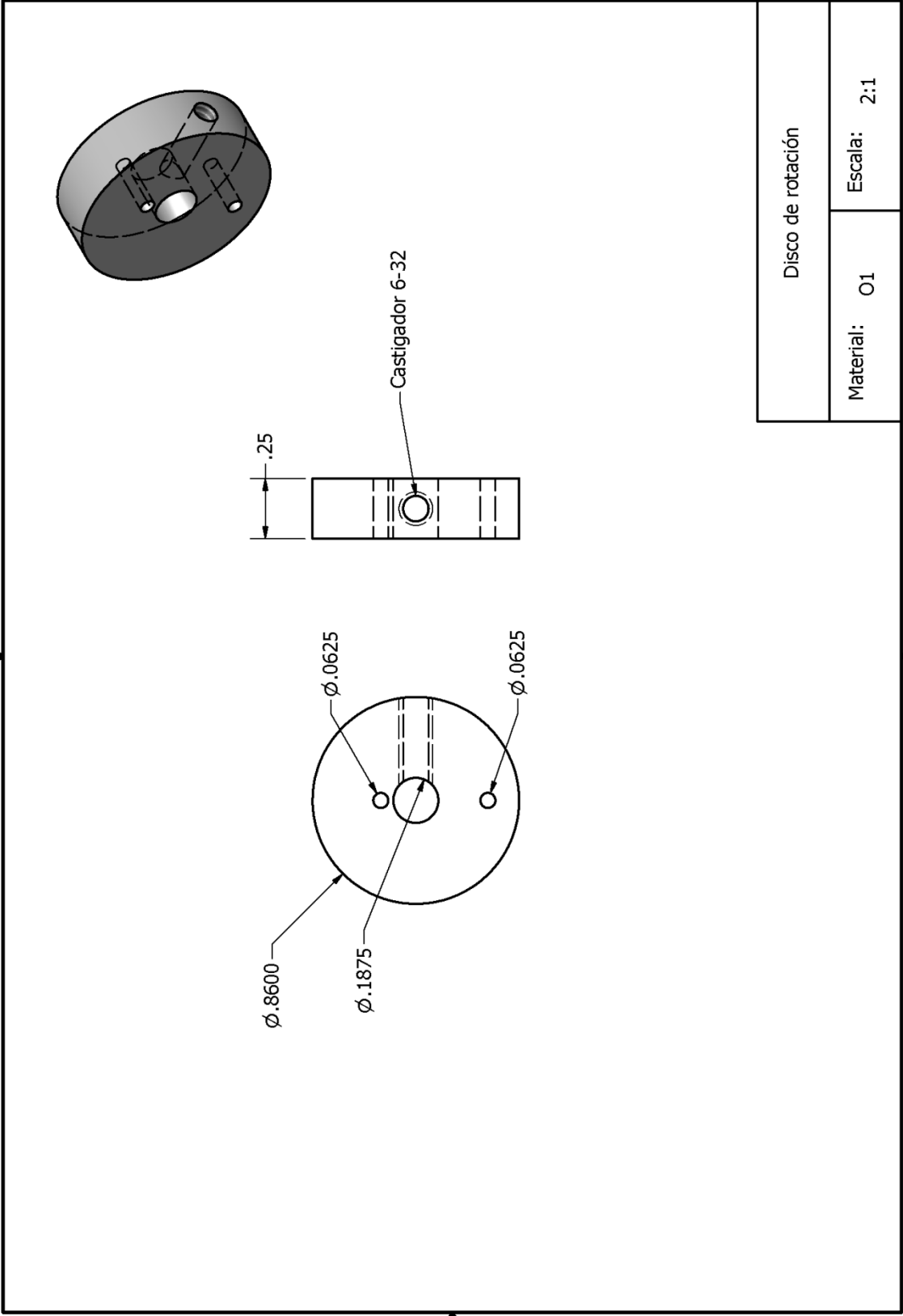


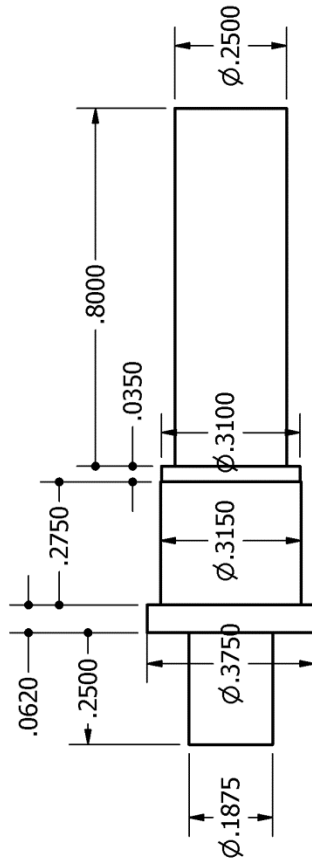
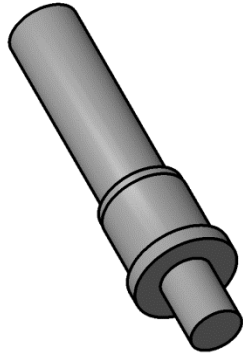
Alturas	
A	0.550 in
B	0.500 in
C	0.450 in



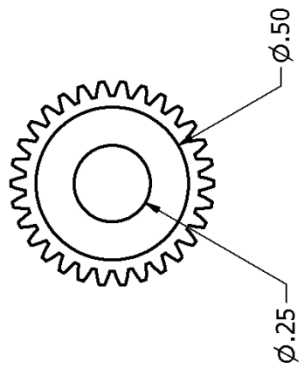
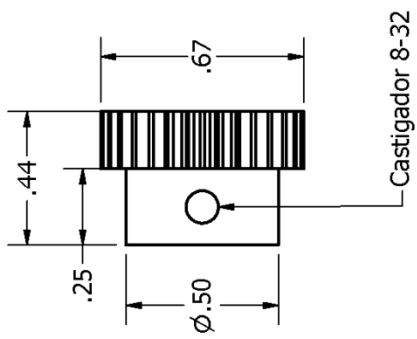
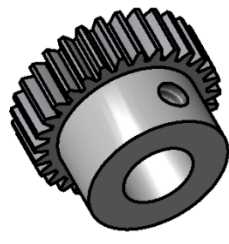
Dado 24100	
Material: O1	Escala: 1:1

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT





Eje principal	
Material:	O1
Escola:	3:1

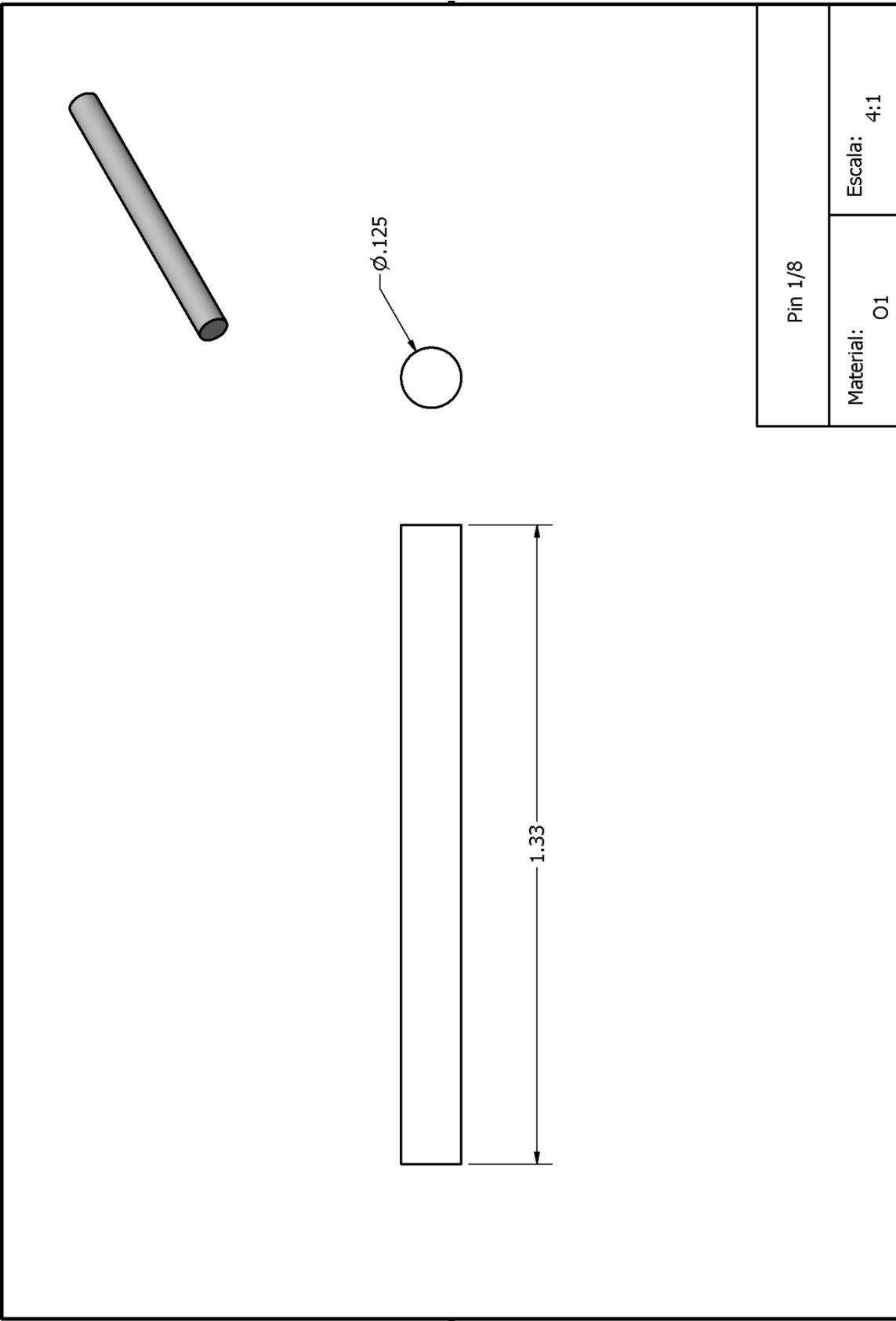


Engranaje	
Número de dientes (Z)	30
Módulo	0.5
Altura del diente	0.5
Paso	1.5708
Diámetro Primitivo	15
Diámetro externo	16
Diámetro interno	13.8333
Espacio entre dientes	0.7854
Espesor del diente	0.7854

Engranaje	
Material: Acero Inoxidable	Escala: 2:1

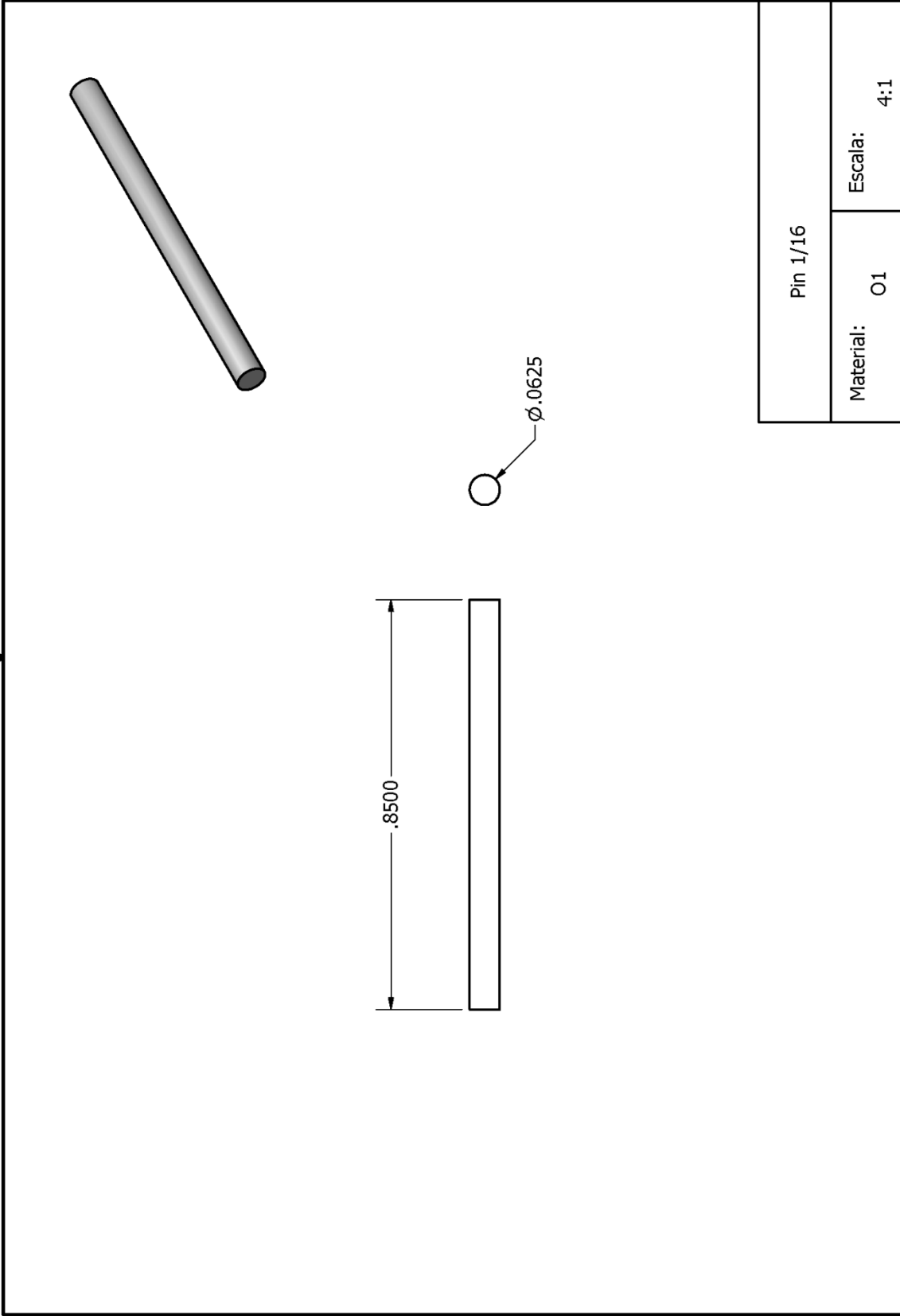


PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

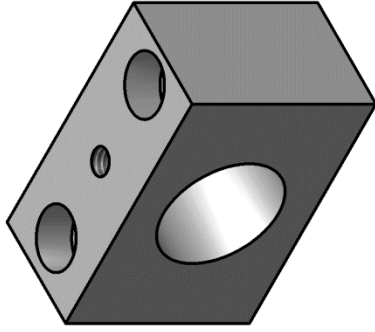
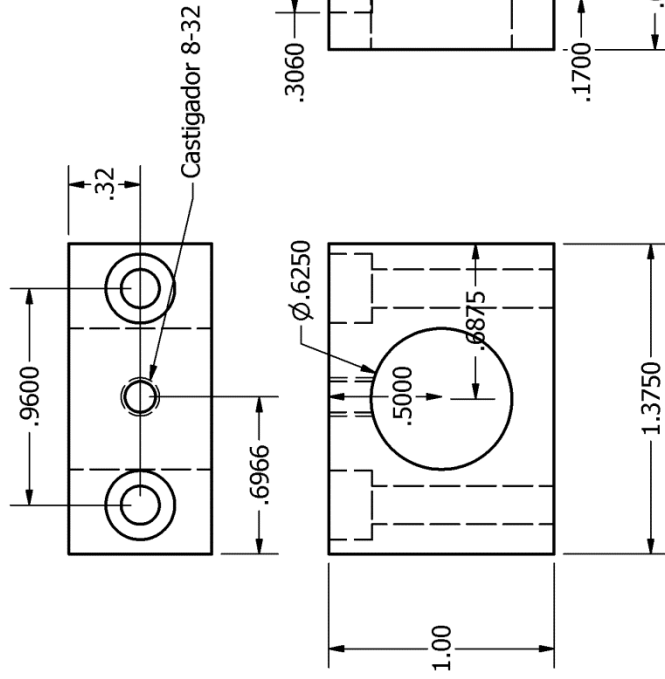


PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

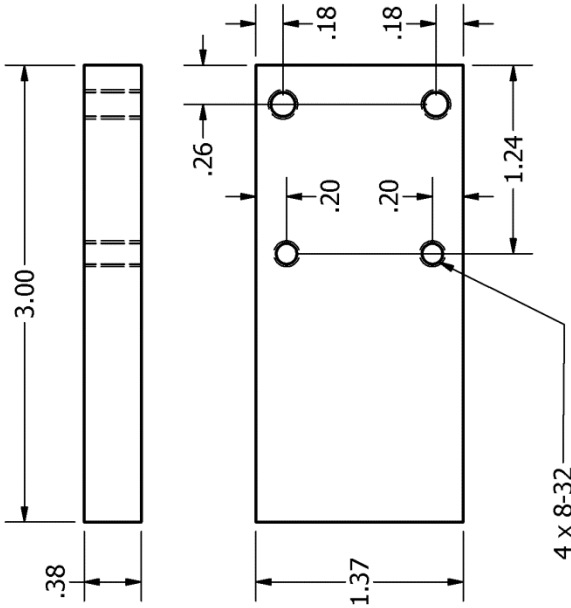
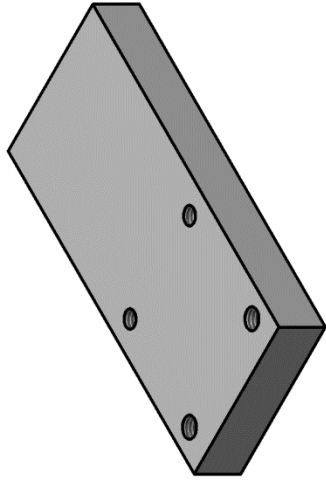


PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



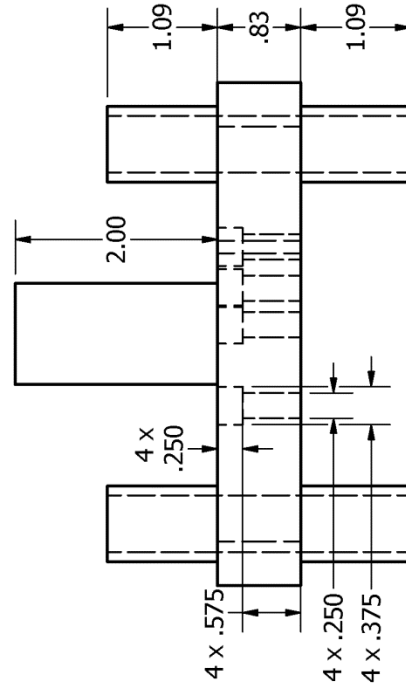
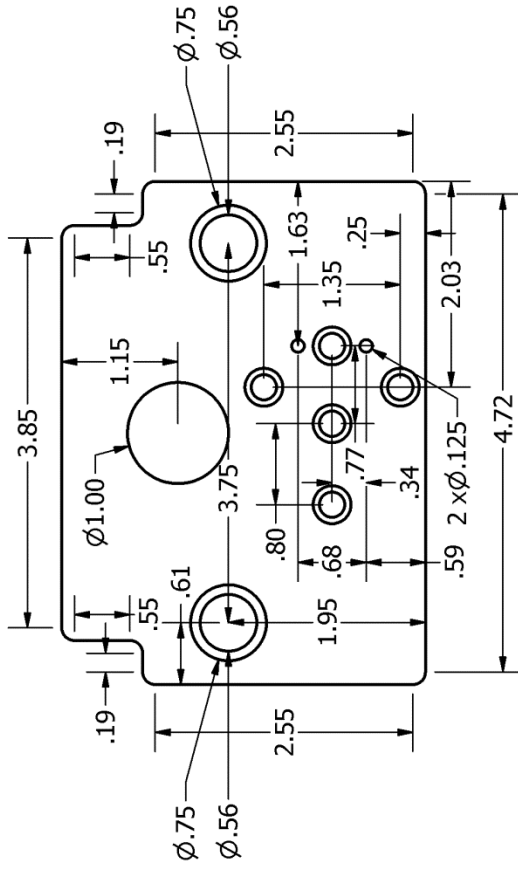
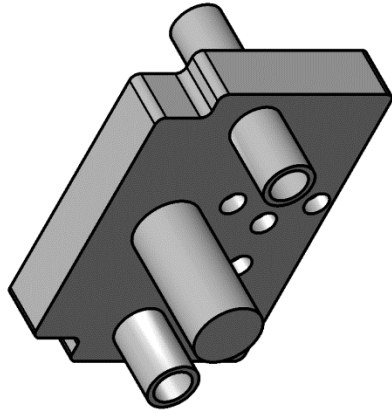
Sujetador de pistón	
Material: Aluminio 6061	Escala: 1.5:1





Sujetador pistón-base de aluminio	
Material: Aluminio	Escala: 1:1

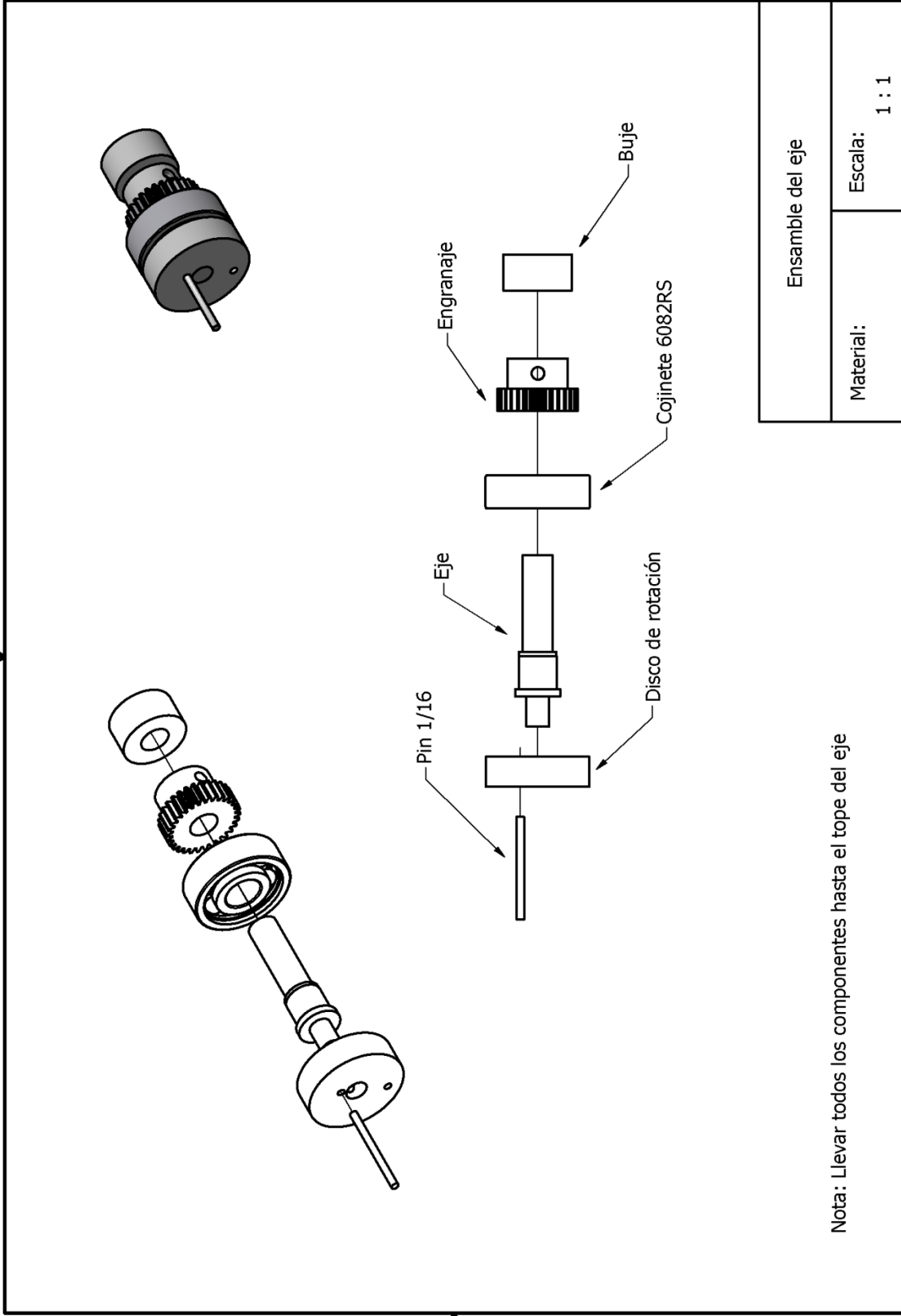




Nota: Todos los fillets se encuentran a 0.125 in

Parte superior del troquel	
Material:	Fundición
Escala:	1:1.5

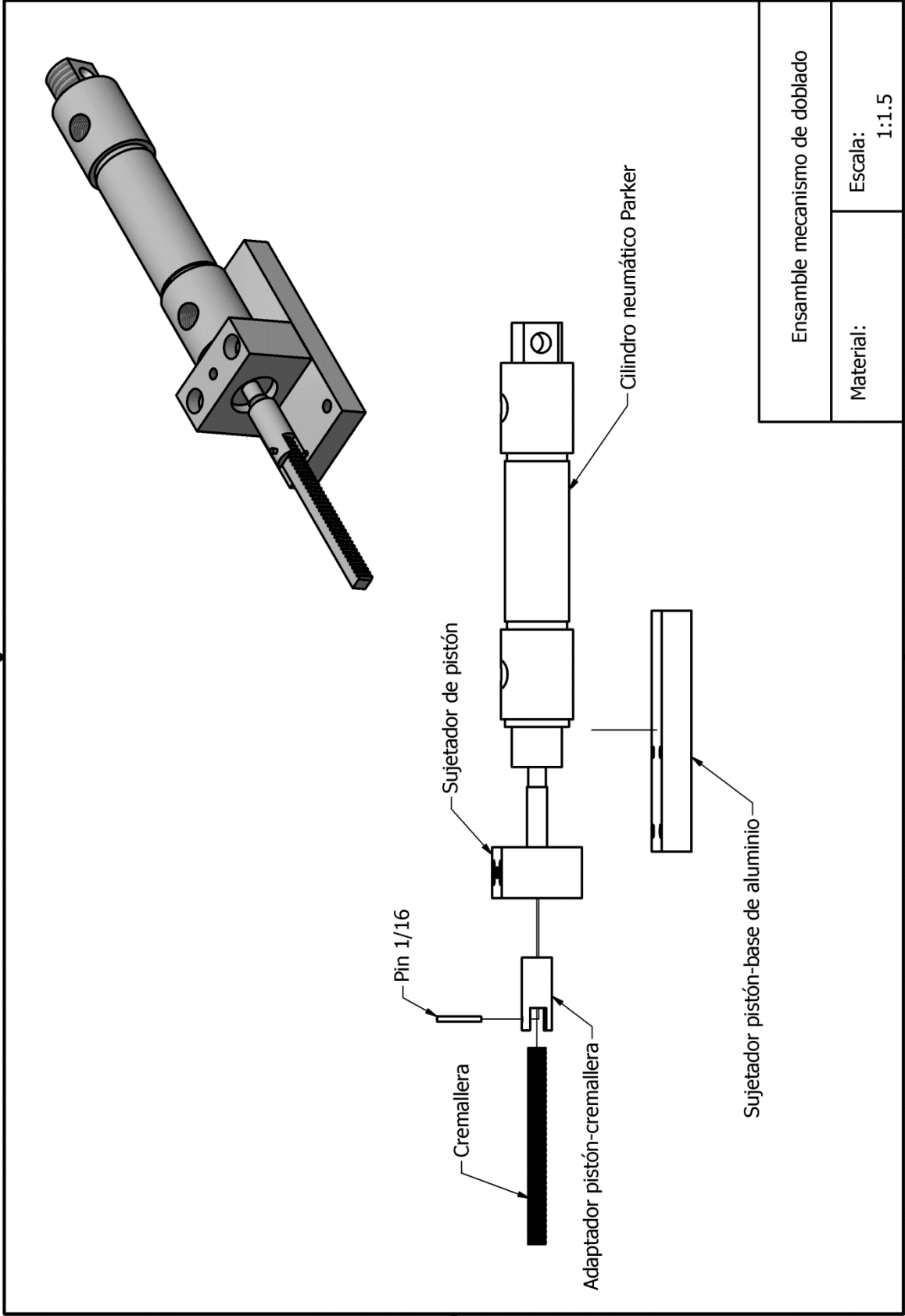
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



Ensamble del eje	
Material:	Escala: 1 : 1

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

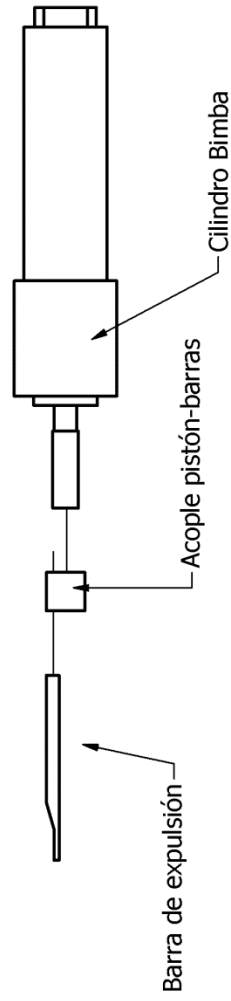
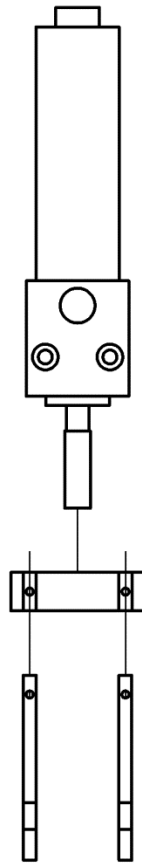
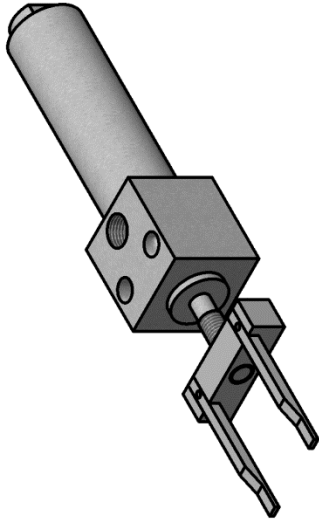


Ensamble mecanismo de doblado

Material:
Escala: 1:1.5

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

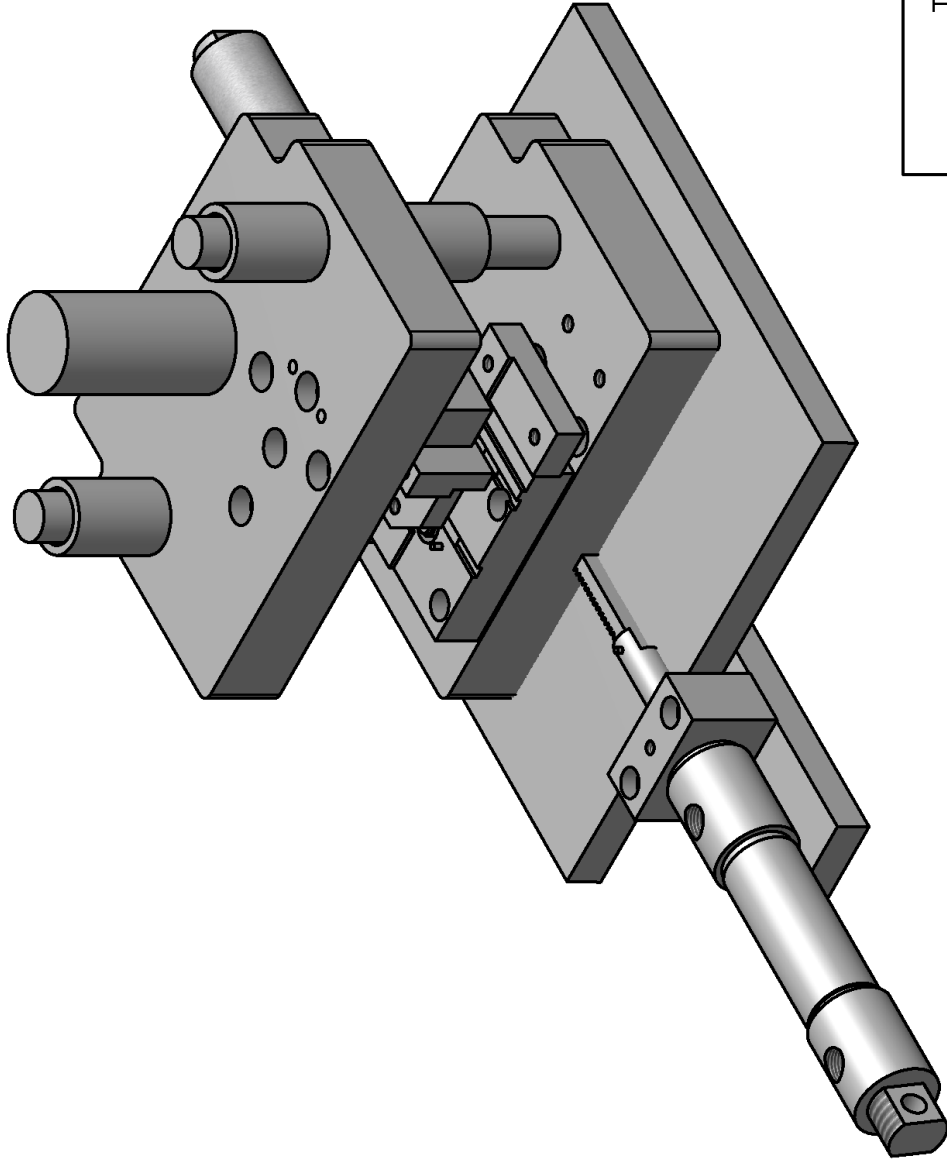


Ensamble mecanismo de expulsión	
Material:	Escala: 1:1.5



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



Troquel completo

Material: Escala: 1 : 1.5



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT