

**UNIVERSIDAD PANAMERICANA**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

Con estudios incorporados a la  
Universidad Nacional Autónoma de México

**“DESARROLLO DE MECANISMO PARA  
EL DOBLADO DE FOTOCORTADOS”**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**ÁREA: INGENIERÍA MECÁNICA**

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

**ANTONIO TIBURCIO BERUMEN**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**M.I. ALFREDO GONZÁLEZ RUÍZ**

MÉXICO, D.F.

2013



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.

---

A Adriana, con todo mi amor y gratitud por  
tu ayuda y apoyo.

Natalia y Juan Pablo, gracias por existir.

---

# Agradecimientos

A mi madre Consuelo y mis hermanos Jesús, Gerardo y Gabriel por su soporte y ayuda. A mis padrinos Angelita y Jesús q.e.p.d.d. por su invaluable ayuda.

Este trabajo de desarrollo no hubiera sido posible sin el apoyo incondicional del M.I. Alfredo González Ruíz de la Universidad Panamericana.

A todos mis profesores y colegas de la Universidad Panamericana, en especial al Ing. Ángel Aguerrebere por su apoyo y ayuda.

Junio de 2013

---

# INDICE

CAPITULO 1: Antecedentes .....	1
CAPITULO 2: Modelismo a escala.....	3
2.1. Antecedentes del modelismo a escala .....	3
2.2. Tipos de modelismo a escala .....	14
2.3. Modelismo estático a escala en plástico .....	16
2.4. Herramientas y consumibles utilizados en el modelismo estático en plástico .....	24
CAPITULO 3: Fotocortados.....	29
3.1. Necesidad a satisfacer por los fotocortados en el modelismo a escala .....	29
3.2. Tipos de fotocortados.....	32
3.3. Utilización de los fotocortados .....	33
CAPITULO 4: Mecanismo propuesto para doblar fotocortados.....	39
4.1. Análisis de los productos existentes .....	39
4.2. Necesidades detectadas .....	48
4.3. Diseño propuesto .....	49
4.4. Diseño Detallado .....	62
4.5. Construcción de prototipo .....	69
CAPITULO 5: Conclusiones .....	82
6. Bibliografía.....	88



## **CAPITULO 1: Antecedentes**

El objetivo de la presente tesis es aplicar los conocimientos obtenidos en la licenciatura de Ingeniería Mecánica Eléctrica, para el desarrollo de una propuesta alterna a las opciones que se pueden encontrar en el mercado actual, la cual se basa en la propuesta de un mecanismo que facilite el doblado de las piezas metálicas llamadas fotocortados, mismas que son utilizadas en el modelismo a escala.

La propuesta descrita incluye el diseño de un prototipo, como resultado del análisis de los productos existentes y de las necesidades detectadas en el mercado mexicano.

En este primer capítulo serán presentados los diferentes tipos de modelismo, las herramientas para su desarrollo y la necesidad a satisfacer con el diseño resultante.

El modelismo estático en plástico estireno a escala es una actividad ampliamente difundida en México, gracias a la labor de los clubes especializados, que han logrado despertar el interés de un considerable número de seguidores de diferentes edades y nivel socioeconómico, a través de los concursos y exposiciones que periódicamente organizan.

La falta de herramientas adecuadas para el modelista, así como la escasa disponibilidad de estos instrumentos en el mercado, fueron los factores que me motivaron a elegir este tema. Para el caso específico de la categoría del

mecanismo objeto de este estudio, no hay existencias en el mercado ni proceso de fabricación alguno.

Esta maquinaria tiene la finalidad de realizar dobleces a piezas metálicas para que sean adheridas a un modelo a escala, de forma que su incorporación incremente el grado de similitud con el modelo real, o bien, lo modifique de tal forma que el arquetipo resultante sea la representación de un objeto diferente, como puede ser una versión distinta del modelo original o bien otro prototipo con características similares. Un ejemplo de lo anteriormente descrito podría ser la sustitución de las defensas y la varilla de dirección de un automóvil Volkswagen sedán modelo 1973, a fin de poder representar el modelo 1974.

Las piezas metálicas a doblar son fabricadas y se conocen como fotocortados.

La propuesta de diseño debe de cumplir con las siguientes características:

- Económicamente accesible.
- Funcionalidad adecuada a las necesidades del modelista.
- Resistencia al desgaste debido a su utilización.
- Facilidad para ensamblar y desensamblar.
- Livianidad para facilitar la transportación y el envío por correo.
- Disponibilidad de materiales y procesos para su fabricación en nuestro país.

---

## CAPITULO 2: Modelismo a escala

### 2.1 Antecedentes del modelismo a escala

Un modelo a escala es la representación física de un objeto a una proporción de tamaño menor o mayor al original. Esta representación puede tener diferentes grados de precisión respecto al modelo original, de acuerdo a los aspectos que se desean reproducir. El grado máximo de precisión se obtiene al reproducir el objeto con toda su funcionalidad y apariencia, lo cual da como resultado un prototipo, que se utiliza para entender el comportamiento del modelo original, bajo condiciones del entorno, lo cual sería muy complicado y costoso reproducir con el modelo original.

Para efectos de este trabajo, quienes desarrollan la actividad de realizar un modelo a escala, serán llamados modelistas.

Los modelistas profesionales crean modelos a escala para diferentes profesiones o actividades:

- Ingeniería. En el desarrollo de su profesión, los ingenieros requieren modelos a escala para probar el comportamiento de un diseño particular en una etapa inicial del desarrollo de algún producto sin la necesidad de incurrir en los gastos de desarrollar un prototipo de escala real. En ingeniería también es necesario probar los diseños en condiciones específicas del entorno, que son complicadas o imposible reproducir en la realidad. Para ejemplificar la importancia del uso de los modelos a escala en la ingeniería, tomaremos una de las ramas que requiere de estos tipos

de análisis; nos referimos a la mecánica de fluidos en la que se utiliza el análisis dimensional y la semejanza dinámica. Citando a (Streeter & Wylie, 1985):

Como un medio auxiliar del diseñador, frecuentemente se llevan a cabo estudios sobre modelos de estructuras hidráulicas y de máquinas. Estos estudios permiten visualizar el flujo y hacen posible obtener ciertos resultados numéricos y parámetros de diseño útiles, por ejemplo, en la calibración de vertedores y compuertas y en la determinación de tirantes hidráulicos, de distribuciones de velocidad y presión, de fuerzas sobre compuertas, de pérdidas y de eficacias y gastos en bombas y turbinas.

Si se han de obtener resultados cuantitativos con suficiente aproximación de un estudio sobre modelos, entonces deberá existir semejanza dinámica entre el modelo y el prototipo. Esta semejanza requiere: a) que se tenga similitud geométrica exacta entre ambos sistemas, y b) que la relación entre presiones dinámicas en puntos correspondientes sea una constante. El segundo requisito se puede expresar también como una similitud cinemática: las líneas de corriente deben de ser geoméricamente semejantes.

La similitud geométrica incluye la rugosidad superficial del modelo y del prototipo: si el modelo es la décima parte del prototipo en todas las dimensiones geométricas, entonces las alturas de las

proyecciones de ambas rugosidades deberán guardar la misma relación. Para que las presiones dinámicas estén en la misma proporción en puntos correspondientes en el modelo y el prototipo, las relaciones de los diferentes tipos de fuerzas deberán ser de las mismas en puntos correspondientes; por tanto para que se tenga similitud dinámica estricta, los números de Mach, de Reynolds, de Froude y de Weber deberán tener el mismo valor en el modelo y en el prototipo.

El cumplimiento estricto de los requisitos anteriormente descritos es casi imposible de lograr, excepto cuando se tiene una relación de escalas 1:1. Afortunadamente en la mayoría de los casos, sólo dos fuerzas son del mismo orden de magnitud, necesitándose el mismo valor para uno sólo de los parámetros mencionados.(p. 239-240).

- **Arquitectura.-** Quienes se dedican a la arquitectura requieren el modelo a escala de una construcción para evaluar y demostrar sus características como un paso previo para el desarrollo del proyecto.
- **Cinematografía.-** Los realizadores cinematográficos requieren modelos a escala de objetos que por sus dimensiones o condiciones resultaría imposible utilizar en la película.
- **Diseño industrial.-** Quienes se dedican a esta rama del diseño, necesitan un modelo para presentar su producto a los ingenieros que desarrollarán

el proceso de fabricación o bien para presentarlo a los posibles inversionistas.



Figura 1 Ejemplo de modelos a escala comerciales como se presentan en los puntos de venta: cajas que tienen en su exterior la fotografía o dibujo del modelo a ensamblar y en su interior contienen los componentes para realizarlo.

La actividad no profesional del modelismo a escala tiene el objetivo de fabricar un modelo a escala del original, reproduciendo su apariencia y dimensiones en la forma más precisa posible. Los modelos pueden realizarse utilizando materiales que ayuden al modelista a representar de la mejor manera el objeto, por ejemplo: para representar a escala el casco de un barco se puede emplear madera, debido a que es un material relativamente fácil de cortar y moldear para simular las forma del casco. El proceso de lijado y pintado pueden contribuir

también en gran medida a lograr esta semejanza, una vez que le brindan al modelo una apariencia metálica o de madera pintada.

Existe otra forma de realizar un modelo, que es la más difundida y que consiste en unir y pintar las piezas, lo cual dará como resultado el modelo a escala. Este tipo de productos es elaborado en serie por diferentes empresas, con base en un modelo maestro realizado por el fabricante, quien separa el producto en componentes individuales, llamados sub-ensambles, que a su vez están formados de piezas fabricadas individualmente, de acuerdo a las limitantes del material utilizado, o bien, del proceso utilizado para la fabricación de dichas partes. Para entender mejor lo anterior, podemos tomar como ejemplo el modelo de un barco velero, en cuyo caso, los sub-ensambles serían: el casco, cada mástil, la cubierta, etcétera. A su vez, cada una de estas piezas tiene distintos elementos, en el caso del mástil, las partes que lo conforman son las jarcias y las velas, que, de igual forma podrían estar formadas de varios componentes.

La figura 1 muestra ejemplos de modelos comerciales.

Existen asociaciones o grupos de modelistas que tienen como propósito compartir las experiencias de este pasatiempo con el propósito de lograr mejores resultados. En algunos casos, estos grupos realizan concursos para reconocer a los mejores modelos a escala, de acuerdo a su categoría. La categoría se refiere al tipo de objeto y a alguna de sus características peculiares,

por ejemplo, un avión escala 1/72 con una hélice utilizado en la Segunda Guerra Mundial, está incluido en una categoría de aviones monomotor de escala 1/72.

En los concursos de modelismo se califica cada modelo participante con base en los siguientes aspectos:

- **Ensamble correcto y acabados:** El modelo debe de representar el diseño original, de forma que el trabajo de ensamble realizado a partir de las partes del modelo, no sea evidente, es decir: no debe de presentar a simple vista gotas de pegamento, las piezas deben ser lijadas para quitar residuos resultantes del proceso de fabricación (rebabas, sobrantes del proceso de extrusión o de moldeo como grasa, etcétera). Las uniones entre las piezas deben ser realizadas de forma que no se perciban, asegurando una correcta alineación, de igual manera, no debe notarse el uso de masillas para rellenar y resanar.
- **Pintura y aplicación de calcomanías:** El proceso de pintado debe realizarse sin escurrimientos, dando el terminado propio del modelo representado, que puede ser brillante o mate. Por otra parte, las calcomanías deben aplicarse evitando la formación de burbujas debajo de ellas, procurando también, igualar el brillo al del modelo, de tal manera que en apariencia luzcan como si hubieran sido pintadas.

- Detalles y/o modificaciones: Incluir detalles adicionales al modelo, contribuye a que el modelo represente mejor al original. Si tomamos como base un tanque de la II Guerra Mundial, es conveniente incluir detalles como: la utilización de un cañón de metal torneado en lugar de uno de plástico, orugas metálicas con movimiento de eslabón, cables de arrastre metálicos, un paquete de piezas foto cortadas para remplazar los medios de sujeción de las herramientas, las cajas de herramientas, etcétera.
- Autenticidad: Este punto se logra al conseguir la mayor cantidad de información posible del modelo original, a fin de utilizarla en el proceso de construcción y detallado. Es conveniente conseguir fotografías del modelo original a color en las que se aprecien, entre otros aspectos: el objeto desde diferentes ángulos, el ambiente en que se desenvolvía y detalles difíciles de apreciar desde una fotografía de un plano general. Es valioso, también, conseguir información escrita, como el manual del usuario, los planos de fabricación, folletos donde se pueda obtener información sobre los materiales utilizados en la elaboración del modelo, los colores disponibles, etcétera. Muchos modelistas visitan museos o tratan de tener un contacto más directo con los elementos originales para enriquecer su

conocimiento y realizar un modelo lo más apegado posible al original.

Como ejemplo de las categorías participantes en una convención, podemos tomar las que se utilizaron en la XXIX Convención de Modelismo Estático IPMS México de octubre de 2013 (IPMS México, 2013):

<b>CATEGORIAS XXIX NACIONAL OCTUBRE 2013</b>			
	<b>CATEGORÍAS</b>	<b>ESCALA</b>	<b>NIVEL</b>
<b>JUNIOR</b>			
1	Aviones	Libre	ABIERTA
2	Vehículos militares	Libre	ABIERTA
3	Figuras	Libre	ABIERTA
4	Autos	Libre	ABIERTA
5	Ciencia ficción y fantasía	Libre	ABIERTA
6	Dioramas	Libre	ABIERTA
7	Misceláneos	Libre	ABIERTA
8	Barcos	Libre	ABIERTA
<b>PRINCIPIANTES</b>			
9	Aviones de hélice	1/72	PRINCIPIANTES
10	Aviones de hélice	1/48	PRINCIPIANTES
11	Jets	1/72	PRINCIPIANTES
12	Jets	1/48	PRINCIPIANTES
13	Vehículos militares. Oruga completa	1/72	PRINCIPIANTES
14	Vehículos militares. Oruga completa	1/35	PRINCIPIANTES
15	Vehículos militares ruedas y semiorugas	1/72	PRINCIPIANTES
16	Vehículos militares ruedas y semiorugas	1/35	PRINCIPIANTES
17	Figuras	LIBRE	PRINCIPIANTES
18	Dioramas	LIBRE	PRINCIPIANTES
19	Robots y vehículos de ciencia ficción	LIBRE	PRINCIPIANTES
<b>AVIONES</b>			
20	Aviones monoplanos de hélice monomotores. Aliados	1/72	ABIERTA
21	Aviones monoplanos de hélice multimotores. Aliados	1/72	ABIERTA
22	Aviones monoplanos de hélice monomotores. Eje	1/72	ABIERTA

## CAPITULO 2: Modelismo a escala

23	Aviones monoplanos de hélice multimotores. Eje	1/72	ABIERTA
24	Aviones monoplanos de hélice monomotores. Aliados	1/48	ABIERTA
25	Aviones monoplanos de hélice multimotores. Aliados	1/48	ABIERTA
26	Aviones monoplanos de hélice monomotores. Eje	1/48	ABIERTA
27	Aviones monoplanos de hélice multimotores. Eje	1/48	ABIERTA
28	Biplanos y multiplanos	1/72 y menores	ABIERTA
29	Biplanos y multiplanos	1/48 y mayores	ABIERTA
30	Aviones monoplanos de hélice	1/32 y 1/24	ABIERTA
31	Aviones de hélice. Militares	1/100 y MENOR	ABIERTA
32	Jets. Dimensión hasta 20 cm	1/72	ABIERTA
33	Jets. Dimensión mayor de 20 cm y hasta 30 cm	1/72	ABIERTA
34	Jets. Dimensión mayor de 30 cm	1/72	ABIERTA
35	Jets. Dimensión hasta 25 cm	1/48	ABIERTA
36	Jets. Dimensión mayor de 25 cm y hasta 35 cm	1/48	ABIERTA
37	Jets. Dimensión mayor de 35 cm.	1/48	ABIERTA
38	Jets	1/32 y 1/24	ABIERTA
39	Jets militares	1/100 y menores	ABIERTA
40	Aviones civiles, líneas aéreas y deportivos	Libre	ABIERTA
41	Termoformados construcción integral y conversiones mayores	Libre	ABIERTA
42	Helicópteros y autogiros	1/72 y menores	ABIERTA
43	Helicópteros y autogiros	1/48 y mayores	ABIERTA
44	Astronáutica y aeronáutica	Libre	ABIERTA
45	Hipotéticos y proyectos de pizarrón	Libre	ABIERTA
46	Dioramas con aviones	Libre	ABIERTA
<b>VEHICULOS MILITARES</b>			
47	Tanques Ligeros (Hasta 20 toneladas)	1/35	ABIERTA
48	Vehículos militares cerrados. Oruga completa hasta 1945. Eje	1/35	ABIERTA
49	Vehículos militares cerrados. Oruga completa hasta 1945. Aliados	1/35	ABIERTA
50	Vehículos militares cerrados. Oruga completa desde 1946.	1/35	ABIERTA
51	Vehículos militares abiertos. Oruga completa	1/35	ABIERTA
52	Artillería autopropulsada. Caseta abierta y cerrada	1/35	ABIERTA
53	Semiorugas	1/35	ABIERTA
54	Vehículos blindados con ruedas	1/35	ABIERTA
55	Vehículos sin blindaje con ruedas	1/35	ABIERTA
56	Vehículos militares todo tipo	1/25 y mayores	ABIERTA
57	Artillería de arrastre de todo tipo	Libre	ABIERTA
58	Vehículos militares cerrados. Oruga completa	1/72	ABIERTA
59	Vehículos militares abiertos. Oruga completa	1/72	ABIERTA
60	Vehículos militares con ruedas	1/72	ABIERTA
61	Vehículos militares semiorugas	1/72	ABIERTA
62	Construcción integral y conversiones mayores	Libre	ABIERTA

## CAPITULO 2: Modelismo a escala

63	Vehículos militares. Oruga completa	1/48	ABIERTA
64	Vehículos militares. Ruedas y semiorugas	1/48	ABIERTA
65	Anfibios y vehículos de ingeniería	LIBRE	ABIERTA
66	Dioramas con vehículos militares	LIBRE	ABIERTA
<b>FIGURAS</b>			
67	Figuras a pie	menores a 1/35- 54 mm	ABIERTA
68	Figuras a pie, pre 1900	1/35- 54mm hasta70mm	ABIERTA
69	Figuras a pie, año 1900 en adelante	1/35- 54mm hasta70mm	ABIERTA
70	Figuras a pie, pre-1900	mayores de 70mm	ABIERTA
71	Figuras a pie , año 1900 en adelante	mayores de 70mm	ABIERTA
72	Figuras con montura	Libre	ABIERTA
73	Figuras construcción integral	Libre	ABIERTA
74	Figuras de Glamour	Libre	ABIERTA
75	Bustos	Libre	ABIERTA
76	Flats	Libre	ABIERTA
77	Viñetas. De 2 a 4 figuras	Libre	ABIERTA
78	Dioramas con más de 5 figuras	Libre	ABIERTA
<b>AUTOMÓVILES</b>			
79	Autos de serie hasta 1960	1/24 A 1/25	REGULAR
79.1	Autos de serie hasta 1960	1/24 A 1/25	AVANZADO
80	Autos de serie 1961 hasta 1980	1/24 A 1/25	REGULAR
80.1	Autos de serie 1961 hasta 1980	1/24 A 1/25	AVANZADO
81	Autos de serie 1981 hasta 2009	1/24 A 1/25	REGULAR
81.1	Autos de serie 1981 hasta 2009	1/24 A 1/25	AVANZADO
82	Autos exóticos	1/24 A 1/25	REGULAR
82.1	Autos exóticos	1/24 A 1/25	AVANZADO
83	Autos sin motor o "display" de calle	1/24 A 1/25	REGULAR
83.1	Autos sin motor o "display" de calle	1/24 A 1/25	AVANZADO
84	Autos sin motor o "display" de competencia	1/24 A 1/25	REGULAR
84.1	Autos sin motor o "display" de competencia	1/24 A 1/25	AVANZADO
85	Autos sin motor o "display" exóticos	1/24 A 1/25	REGULAR
85,1	Autos sin motor o "display" exóticos	1/24 A 1/25	AVANZADO
86	Autos de competencia ruedas cubiertas	1/24 A 1/25	REGULAR
86.1	Autos de competencia ruedas cubiertas	1/24 A 1/25	AVANZADO
87	Autos de competencia ruedas descubiertas	1/24 A 1/25	REGULARA
87.1	Autos de competencia ruedas descubiertas	1/24 A 1/25	AVANZADO
88	Autos Custom	1/24 A 1/25	REGULAR
88.1	Autos Custom	1/24 A 1/25	AVANZADO
89	Camionetas Custom	1/24 A 1/25	ABIERTA
90	Tractocamiones y vehículos pesados	LIBRE	ABIERTA

## CAPITULO 2: Modelismo a escala

91	Autos todas las épocas	1/43	ABIERTA
92	Autos todas las épocas	1/16 A 1/8	ABIERTA
93	Motocicletas	1/16	ABIERTA
94	Motocicletas	1/12	ABIERTA
95	Dioramas con vehículos civiles	Libre	ABIERTA
<b>CIENCIA FICCIÓN, DINOSAURIOS Y FANTASÍA</b>			
96	Figuras zoomorfas	25 mm	ABIERTA
97	Figuras antropomorfas	25 mm	ABIERTA
98	Figuras de cualquier tipo	26 a 50 mm	ABIERTA
99	Figuras de cualquier tipo	Más de 50 mm	ABIERTA
100	Personajes de cine y TV	Menor a 1/6	ABIERTA
101	Personajes de TV	1/6 y mayores	ABIERTA
102	Personajes de comics y dibujos animados	Libre	ABIERTA
103	Personajes de manga (anime japonés)	Libre	ABIERTA
104	Bustos	Libre	ABIERTA
105	Dragones	Libre	ABIERTA
106	Dinosaurios	Libre	ABIERTA
107	Robots	Libre	ABIERTA
108	Figuras de construcción Integral	Libre	ABIERTA
109	Vehículos de construcción integral	Libre	ABIERTA
110	Naves de Star Wars	Libre	ABIERTA
111	Vehículos terrestres	Libre	ABIERTA
112	Naves aéreas	Libre	ABIERTA
113	Dioramas de fantasía y ciencia ficción	Libre	ABIERTA
<b>BARCOS</b>			
114	Barcos casco de madera	1/400 y menores	ABIERTA
115	Barcos casco de madera	1/350 y mayores	ABIERTA
115	Submarinos	1/400 y menores	ABIERTA
116	Submarinos	1/350 y mayores	ABIERTA
117	Barcos de guerra casco de metal	1/400 y menores	ABIERTA
118	Barcos de guerra casco de metal	1/350 y mayores	ABIERTA
119	Equipos de madera	1/400 y menores	ABIERTA
120	Equipos de madera	1/350 y mayores	ABIERTA
<b>VARIOS</b>			
121	Colecciones y proyectos conjuntos	Libre	ABIERTA
122	Humor	Libre	ABIERTA
123	Figuras de acción Custom, militares	1/6	ABIERTA
124	Figuras de acción dioramas	1/6	ABIERTA
125	Misceláneos	1/6	ABIERTA

126	Trenes	Libre	ABIERTA
127	Triatlon "ver regla"	Libre	ABIERTA
128	Modelos de papel	Libre	ABIERTA
129	Autos diecast	Libre	ABIERTA
<b>WARHAMMER</b>			
130	Warhammer 40000 personaje	Libre	ABIERTA
131	Warhammer 40000 monstruo	Libre	ABIERTA
132	Warhammer 40000 escuadra	Libre	ABIERTA
133	Warhammer 40000 vehículo	Libre	ABIERTA
134	Warhammer fantasy personaje	Libre	ABIERTA
135	Warhammer fantasy monstruo	Libre	ABIERTA
136	Warhammer fantasy regimiento	Libre	ABIERTA
133	Warhammer fantasy vehículo	Libre	ABIERTA
134	Warhammer señor de los anillos personaje	Libre	ABIERTA
135	Warhammer señor de los anillos monstruo	Libre	ABIERTA
136	Warhammer señor de los anillos unidad	Libre	ABIERTA
134	Warhammer 40000	Libre	PRINCIPIANTE
135	Warhammer fantasy	Libre	PRINCIPIANTE
136	Warhammer señor de los anillos	Libre	PRINCIPIANTE
<b>CATEGORIAS IPMS</b>			
A	JETS	1/72	
B	JETS	1/48	
C	JETS	1/32	
D	AVIONES HELICE	1/72	
E	AVIONES DE HELICE	1/48	
F	AVIONES DE HELICE	1/32	
G	TANQUES EJE Y ALIADOS	1/72	
H	TANQUES EJE Y ALIADOS	1/35	
I	TANQUES POSTERIORES A 1945	1/72	
J	TANQUES POSTERIORES A 1945	1/35	
K	FIGURAS	54 MM	
L	CIENCIA FICCION	ABIERTA	
M	AUTOS	ABIERTA	

**Tabla 1 Listado de categorías participantes de la XXIX Convención de Modelismo Estático IPMS México de octubre de 2013.**

## 2.2 Tipos de modelismo a escala

El aficionado al modelismo a escala se divide principalmente en dos tipos:

- a) El coleccionista de modelos a escala, quien adquiere modelos ya ensamblados.

- b) El coleccionista de modelos a escala, que ensambla sus modelos y en quien está enfocado el objetivo de este trabajo.

Con base en su funcionalidad, los principales tipos de modelismo a escala son:

- a) Modelo a escala que tenga características que le permitan operar como el original. Como ejemplos de este tipo tenemos:
- Modelos de ferrocarriles que funcionan con base en electricidad y operan en maquetas que reproducen circuitos reales de vías de ferrocarril.
  - Automóviles a escala que pueden correr en sus pistas o mediante control remoto.
  - Barcos que flotan en agua y pueden ser impulsados por un motor y operados por control remoto.

Los modelos del tipo descrito, en forma general ya vienen ensamblados y no necesitan ser pintados; son fabricados en serie, en materiales como plástico y metal.

Los modelos de esta categoría no necesariamente son reproducciones fieles en la parte estética, al modelo original, ya que en algunos casos para que la funcionalidad sea posible, se sacrifica la reproducción de algunas características estéticas, por ejemplo en una pista de automóviles a escala, éstos no cuentan con una reproducción de la cabina interior por cuestiones de espacio necesario para su mecanismo de operación y control. Un caso especial es el de los ferrocarriles a escala, ya que los fabricantes ponen especial cuidado en que la reproducción sea lo más cercana a la realidad, tanto funcional como estéticamente.

b) Modelo estático a escala, cuyo principal objetivo es que su aspecto luzca lo más cercano al original.

En este tipo de modelismo los fabricantes utilizan los siguientes materiales para crear las piezas a ensamblar:

- Madera.
- Plástico extruido.
- Plástico vacuformado.
- Resina epóxica.
- Metal.

Los fabricantes o el modelista seleccionan el material a utilizar que mejor ayude a reproducir las características del original. Existen modelos en el mercado que incluyen partes realizadas en dos o más tipos de materiales, ya que algunas piezas se pueden reproducir mejor en un material que en otro, por ejemplo, para imitar una antena para radio de un automóvil utilizan una pieza metálica, ya que en plástico es muy difícil fabricar piezas cuyo diámetro sea menor a un milímetro.

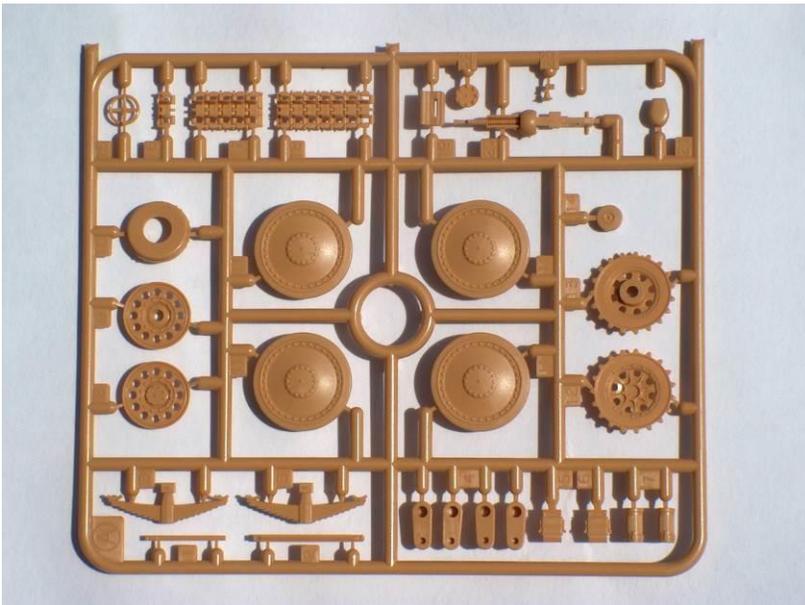
Dentro de este tipo de modelismo existe el modelismo estático a escala en plástico extruido, que es el más difundido a nivel mundial.

### **2.3 Modelismo estático a escala en plástico**

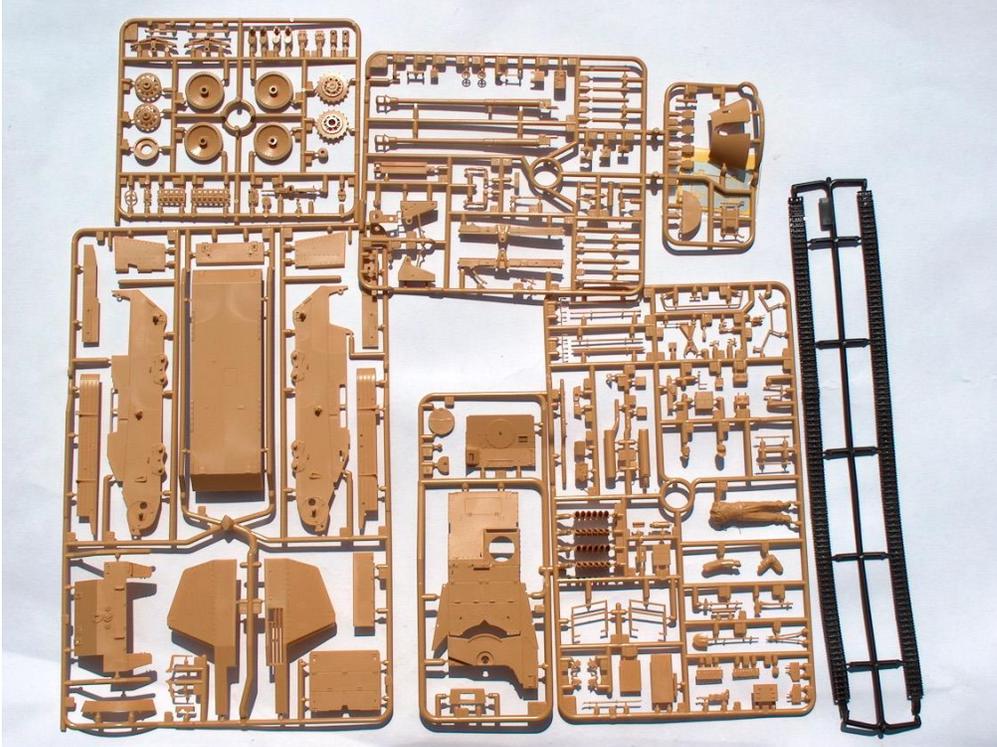
Los modelos de plástico que se encuentran en el mercado se encuentran disponibles en cajas que contienen todas las piezas necesarias para armarlos completamente. A menos que la caja indique lo contrario, las pinturas, las

herramientas o los cementos necesarios para el ensamble y terminado del modelo no vienen incluidas.

Cada caja contiene las matrices moldeadas con las piezas del modelo, las instrucciones de armado y las calcomanías necesarias. Las partes están realizadas en plástico estireno por medio de un proceso de extrusión, en el que se realiza el moldeo de una matriz que contiene diferentes piezas, cada una de ellas identificada por un número al que las instrucciones de armado hacen referencia



**Figura 2** Ejemplo de una matriz.



**Figura 3** Matrices contenidas en un modelo a escala 1/32 comercial.

En la introducción de su guía de armado y terminado de modelos (Testor Corp., 1989) indica que “El modelo se fabrica a una escala específica, que se define por el tipo de objeto a reproducir, para lo cual, existen algunos estándares en la industria. La mayoría de los modelos de automóviles, por ejemplo, están disponibles en una escala 1/24 lo cual significa que cada centímetro del modelo equivale a 24 centímetros del modelo real. La unidad de medición puede ser cualquiera: centímetros, pulgadas, metros, pies, etcétera. La escala es simplemente una razón de proporción” (p. vii).

Figuras de personas y vehículos militares utilizan la escala 1/35. Esto hace que el modelo de un tanque promedio sea de 15 a 18 centímetros de largo, lo que da

un tamaño apropiado que permite ensamblar los componentes, pintarlo y agregar piezas más detalladas.

En el caso de aeroplanos de la Segunda Guerra Mundial se utilizan las escalas 1/72 y 1/48.

A continuación se presenta un pequeño resumen de las escalas más utilizadas por los fabricantes de modelos de plástico para armar, indicando el tipo de objeto a reproducir de acuerdo a (Thompson, 2001):

- a) Aeroplanos: 1/24, 1/32, 1/35, 1/48, 1/72, 1/144 y menores de 1/144
- b) Vehículos militares: 1/16, 1/25, 1/35, 1/48, 1/72, 1/76, 1/87 (HO), 1/285
- c) Automóviles: 1/20 y más grandes, 1/18, 1/24, 1/25, 1/43 y menores que 1/43
- d) Barcos: Mayores que 1/350, 1/350, 1/700, 1/720 y menores que 1/720
- e) Figuras: Mayores que 1/14, 1/14, 1/22.5, 1/32, 1/35, 1/48 y 1/87

(p. 68-71).

La siguiente tabla (Wikipedia, 2013) representa un análisis detallado de las escalas utilizadas en el modelismo sin incluir las utilizadas en modelismo ferroviario ni en juegos de batallas con modelos en miniatura:

Escala	Comentarios
1:20000	Usado por la compañía Arie en la producción de modelos de inyección para naves espaciales de la serie animada <i>Macross</i> .
1:4800	Escala utilizada por el juego de mesa "Star Cruiser" de la compañía Citadel Miniatures.
1:3900	Utilizada para juguetes y modelos de "Viaje a las estrellas".
1:2000	La empresa Valiant Enterprises produce su línea de marinos de guerra navales "Fighting Sail".
1:1250	Medida europea para modelos navales.

Escala	Comentarios
1:1200	Escala británica y norteamericana usada para modelos navales y de puertos.
1:1000	Escala utilizada en Alemania para modelos ya terminados de aviones comerciales. La compañía Herpa produce modelos en esta escala.
1:720	Medida estándar para modelos de barcos producidos por Revell e Italeri.
1:700	Escala utilizada por las compañías Tamiya, Aoshima, Hasegawa, Fujimi, Skywave, Dragon y Trumpeter para producir sus líneas de modelos de barcos y submarinos de gran tamaño en plástico.
1:600	Medida popular empleada en barcos, especialmente en trasatlánticos. Esta es la escala tradicional para dibujos navales comparativos, empleada por la Marina Real. Utilizada para modelos de navíos de guerra por Airfix.
1:570	Esta escala era usada por Revell para algunos modelos de barcos, por corresponder a la mitad de la medida de la escala estándar de los modelos utilizados en juegos de guerra por el ejército de Estados Unidos.
1:500	Escala utilizada en Europa para modelos ya terminados de aviones comerciales. Usada por Trumpeter y compañías japonesas para modelos de barcos.
1:432	Escala utilizada por la marina de Estados Unidos para reconocimiento aéreo durante la Segunda Guerra Mundial.
1:400	Medida europea para modelos de barcos y submarinos y aviones de metal.
1:350	Medida japonesa para modelos de barcos.
1:288	Escala utilizada para aviones y cohetes.
1:250	Usada por Heller para modelos de barcos.
1:200	Escala utilizada para modelos de papel de gran detalle.
1:150	Usada por Heller para modelos de barcos.
1:144	Popular para modelos de aviones y espaciales. Ocasionalmente se usa para automóviles NASCAR. Algunos trenes japoneses de escala N y robots de gran tamaño la usan.

Escala	Comentarios
1:128	Algunos modelos de cohetes la utilizan.
1:108	Medida para modelos de barcos, aviones y del espacio.
1:100	Escala japonesa para modelos de aviones, del espacio y robots gigantes.
1:96	Escala tradicional para barcos y para algunos vehículos espaciales.
1:87	Utilizada en modelos de vehículos militares y civiles. Misma que la escala HO.
1:76	Usada en vehículos militares.
1:75	Usada por la compañía Heller para modelos de barcos.
1:72	Ampliamente utilizada en modelos de aviones, ciencia ficción, modelos del espacio, vehículos y barcos. Actualmente se utiliza mucho en vehículos militares. Es la escala que cubre más géneros que cualquier otra.
1:64	Utilizada en barcos y autos de metal.
1:60	Utilizada por Miniaturas Calabozos y Dragones. La compañía Bandai produce sus modelos para armar de robots gigantes en esta escala. Algunos fabricantes japoneses producen aviones de juguete en ella.
1:55	Usada solamente por la compañía Mattel para la línea de autos de metal de juguetes de Disney-PIXAR.
1:50	Usada en Europa para modelos de vehículos de construcción y camiones. Empleada en el pasado en Japón para modelos de aviones.
1:48	Uso principal en modelos de aviones militares. Escala principal de la compañía LEGO.
1:43	La escala más popular en el mundo para modelos de autos metálicos.
1:40	Los modelos muy iniciales de la compañía British Coronation Coach y algunos vehículos jalados por caballos usaban esta escala. Modelos de soldados de plástico de costo bajo usan esta escala también.

Escala	Comentarios
1:35	La escala más popular para modelos de vehículos militares.
1:34	Escala para colecciones de modelos actuales y anteriores de camiones norteamericanos.
1:33	La escala más común para modelos de papel de aviones.
1:32	Usada en vehículos militares.
1:30.5	Algunas veces se utiliza como alternativa a la escala 1/32.
1:30	Las compañías <i>King and Country</i> y <i>Figarti</i> la utilizan para soldados de juguete y vehículos militares.
1:28	Escala utilizada en aviones de guerra biplanos.
1:25	Usada en automóviles y figuras humanas. Las compañías AMT (Ertl), Revell y Jo-Han fabrican autos en ella. En Europa se prefiere sobre la escala 1:24.
1:24	Usada en automóviles y figuras humanas. Uso popular para casas de muñecas.
1:20	Autos y la más utilizada en modelos de la Fórmula 1.
1:18	Usada en automóviles, casas de muñecas, etcétera. Empleada en la línea de figuras <i>G.I. Joe: A Real American Hero</i> .
1:16	Usada en trenes de vapor para jardín. La compañía Ertl fabrica modelos de maquinaria para construcción y para trabajar el campo en ella.
1:12	Usada en figuras de acción, autos (estáticos y radio control), casas de muñecas para adultos.
1:10	Usada en motocicletas y autos de control remoto.
1:8	Usada en modelos de motocicletas, autos, trenes de vapor para llevar una persona y autos de control remoto.
1:7	Escala utilizada en Japón para figuras de personajes de anime.
1:6	Usada en figuras articuladas como G.I. Joe y Barbie y motocicletas.

**Tabla 2 Análisis detallado de las escalas utilizadas en el modelismo.**



Figura 4 Modelo de vehículo militar a escala 1/144.



Figura 5 Mismo modelo de vehículo militar de la figura anterior, a escala 1/35.

---

## 2.4 Herramientas y consumibles utilizados en el modelismo estático en plástico

Para realizar el armado de un modelo es necesario contar con las herramientas básicas para realizarlo, además se recomienda trabajar en un área con buena iluminación, bien ventilada, con espacio suficiente y que permita tener los implementos en orden (Greenland, 2001).

- i. Navaja tipo exacto. Se utiliza para quitar las rebabas de las piezas y separarlas de la matriz. También sirve para separar las piezas fotocortadas de sus láminas.
- ii. Limas: Son empleadas para quitar rugosidad a las superficies fuera del alcance de los dedos. Se recomienda el uso de limas de acero con aleación de cromo de longitud de 16 cm. con secciones rectangular, cuadrada, redonda y triangular. En la lima de sección cuadrada se recomienda el número 0 de nivel de abrasión y en el resto el número 2 ó 4. Complementariamente se utilizan limas más pequeñas de 5 cm. de largo por 1 mm. de diámetro para dar terminados finos a superficies ya sean de piezas o internas de agujeros.
- iii. Pinzas y tijeras: Se utilizan pinzas de punta para realizar dobleces al alambre y así dar forma a manijas o tubos que se incorporan al modelo para dar más realismo. También se utilizan para sostener partes metálicas que se sueldan para

realizar estructuras como rejillas. Las tijeras se utilizan para recortar las calcomanías y para cortar láminas delgadas de latón o de plástico.

- iv. Dobladores de fotocortados: Son mecanismos que se utilizan para sostener las piezas de fotocortados, para facilitar el doblado.
- v. Alicates: Son empleados para separar los fotocortados y las piezas del modelo de la matriz en que se moldearon.
- vi. Regla metálica: Sirve de guía para realizar cortes con la cuchilla y además permite realizar mediciones para verificar que el modelo o las partes adicionales que se agreguen tengan las medidas correctas de acuerdo a las referencias disponibles.
- vii. Minitaladro eléctrico: Aunque algunas funciones de esta herramienta pueden realizarse por medio de un taladro manual, se recomienda el uso de la versión eléctrica, ya que además de realizar orificios por medio de brocas, admite la instalación de discos de corte o pequeñas fresas, que en ambos casos, necesitan de alta velocidad para funcionar en forma efectiva. El minitaladro debe contar con control de velocidad, ya que en algunos casos una excesiva rapidez en su funcionamiento puede llegar a fundir el plástico.

- viii. Pegamento o cemento para plástico: los pegamentos para plástico son solventes que trabajan fundiendo y soldando las dos superficies plásticas. En el mercado existen pegamentos con consistencia delgada o viscosa y cada uno de ellos puede ser de secado rápido o lento. Los de secado lento se utilizan para sub-ensambles que requieren que el ajuste de la posición de las partes continúe, una vez que éstas han sido unidas, pero con suficiente tiempo para permitir un ajuste final entre ellas. Los pegamentos delgados son utilizados para mejorar el funcionamiento del efecto de la capilaridad en la unión de las piezas, de forma que una vez aplicado el cemento en un punto de una unión de dos superficies, éste cubra por completo el área.
- ix. Pegamento Epóxico: Pegamento de dos componentes que tarda en secar hasta 24 horas y que se utiliza para unir piezas de plástico con piezas de metal de manera sólida.
- x. Pegamento con base de Cianocrilato: Conocido comercialmente como Kola-Loka. Es el pegamento ideal para adherir partes muy delicadas y rellenar hendiduras entre la unión de piezas. En este caso, es necesario tener un especial cuidado al momento de su aplicación, para evitar aplicar demasiado pegamento lo que afectaría la

presentación del modelo. Este pegamento se utiliza para adherir los fotocortados al modelo y entre sí.

- xi. Pegamento blanco: Este pegamento utilizado generalmente para labores escolares, en el modelismo a escala es empleado para unir partes que no estarán sujetas a un esfuerzo, por ejemplo fijar una bandera sobre un tanque. La ventaja de este pegamento es que seca en forma transparente.
- xii. Lijas: Se utilizan lijas para suavizar las superficies del modelo. Se recomienda el uso de lijas de agua, porque duran más tiempo, ya que debido al efecto de este líquido, el material que se retira de la superficie no se queda adherido. Para alcanzar una superficie lisa se puede emplear primero una lija más rugosa del número 320, después una mediana del 600 y para terminar una de grado 1200.
- xiii. Resanador epóxico: Es una mezcla de dos componentes, y como en el caso del pegamento de este tipo, al mezclarse se produce una reacción química. El resanador se utiliza para rellenar imperfecciones, uniones de piezas o para modificar la forma de una pieza. El resanador se endurece de forma que puede ser lijado, cortado o limado sin romperse.

- xiv. Cautín de punta y pirograbador: Estas herramientas se utilizan para fundir el plástico y simular daños de balas o golpes en la superficie del modelo.

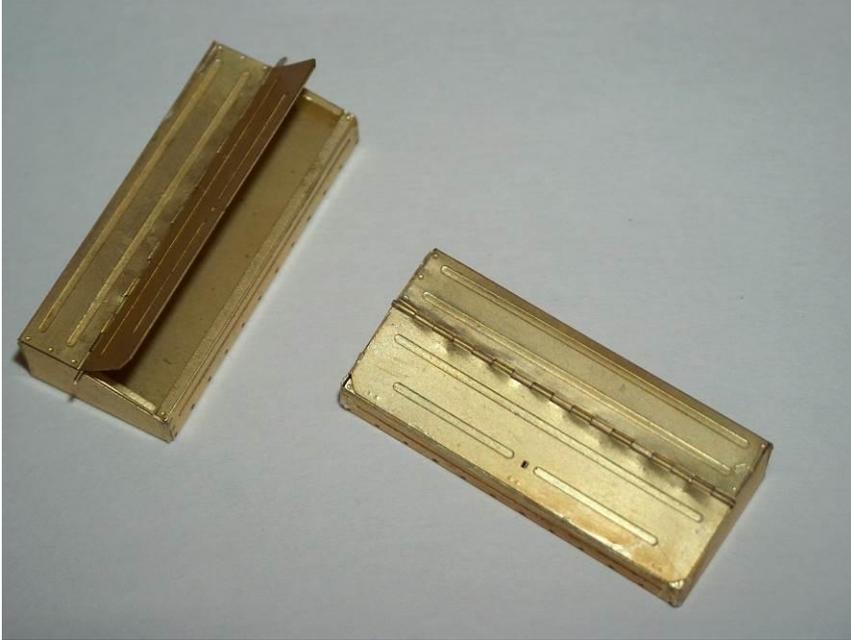
(p. 8-11)

## CAPITULO 3: Fotocortados

### 3.1 Necesidad a satisfacer por los fotocortados en el modelismo a escala

Como se comentó anteriormente, el objetivo principal del modelismo estático a escala es representar el modelo original con la mayor exactitud posible. Una de las limitantes de los modelos a escala fabricados en plástico estireno extruido es lo complicado de su realización, debido a las limitantes propias del material.

- Piezas con espesor muy pequeño (por ejemplo 0.5 mm).
- Piezas que son maleables para que puedan ajustarse a la forma de una superficie irregular.
- Piezas móviles: Cadenas, bisagras, seguros, etcétera.
- Piezas con orificios pequeños y/o con muy poca distancia entre ellos.
- Tubos de pared delgada en que sea necesario que quede a la vista su sección transversal.



**Figura 6** Ejemplo de uso de fotocortado: cajas de herramientas de lámina con bisagra para abrir la tapa.

Para mejorar el nivel de detalle del modelo se han desarrollado diferentes accesorios que favorecen la semejanza de algunos componentes del modelo en relación a su contraparte de tamaño original, con lo cual, se adicionan o remplazan las piezas suministradas por el fabricante:

- Piezas realizadas con base en láminas de metal que necesitan ser dobladas, a fin de que logren la forma deseada.
- Alambres de diferentes calibres para simular cables o tubos delgados.
- Telas para simular rejillas y/o telas de alambre.
- Tubos metálicos con espesor de pared delgado.

Las piezas fotocortadas pertenecen al primer tipo de estos accesorios. Usualmente el espesor de las láminas de fotocortados es de 0.2 mm., pero también se encuentran disponibles en diferentes espesores hasta llegar a 2 mm. Las láminas son grabadas y cortadas por medio de agentes químicos que

actúan sobre ellas en el proceso de fabricación, lo cual es similar al procedimiento utilizado para fabricar circuitos integrados.

El proceso de manufactura de estas piezas se conoce como fotoformado que es un tipo de labrado químico. A continuación daremos la definición de ambos procesos con sus diferencias de acuerdo a (Deutschman, Michaels, & Wilson, 1987):

“El labrado químico es un proceso controlado de grabado al agua fuerte que se le conoce también como pieza fabricada por medios químicos, maquinado químico y labrado químico. El proceso no usa corriente eléctrica, pero depende de la acción al grabado de un ácido o álcali (dependiendo del material) el cual ataca uniformemente todas las áreas expuestas de la pieza de trabajo. Por lo tanto, a fin de obtener la configuración o perfil deseado, es necesario proteger con una cubierta todas aquellas superficies de la pieza de trabajo que no vayan a ser grabadas al agua fuerte.” (p. 198)

Al proceso de fotocortado también se le conoce como fotoformado, que “es un método muy parecido al labrado químico en la eliminación de metal por grabado al agua fuerte por acción química. Sin embargo, se diferencia del labrado químico en que las áreas que no van a ser grabadas, son protegidas por formas que son producidas fotográficamente hasta dimensiones muy pequeñas. Además el fotoformado elimina todo el metal de un área expuesta, mientras que con el labrado químico se elimina el material suficiente para producir cavidades en la superficie de la pieza de trabajo. El fotoformado se usa, por lo general, para materiales relativamente delgados y se utiliza para hacer plantillas para la

fabricación de transistores, circuitos impresos, detectores de deformación, etc.”(p. 202-203).

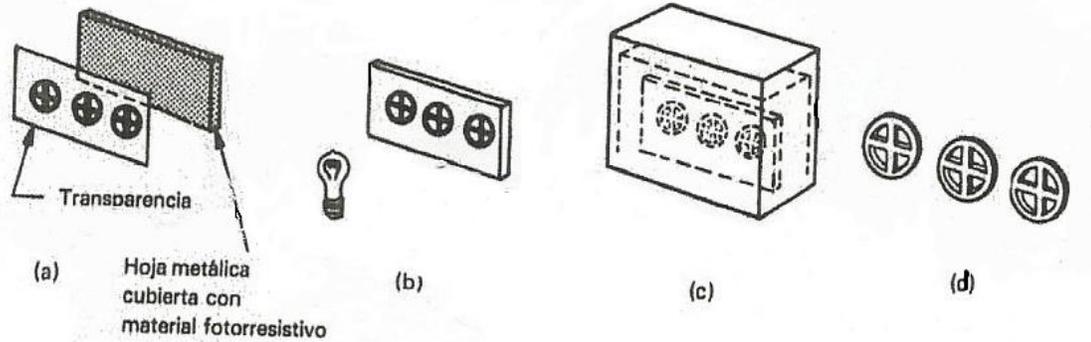


Figura 7 (Deutschman, Michaels, & Wilson, 1987), (p. 204) Fotoformado: (a) la transparencia que contiene la imagen del perfil deseado es aplicada a una hoja metálica que contiene un recubrimiento foto resistivo. (b) La hoja es expuesta a la luz y en un baño subsecuente se elimina todo el material resistivo menos el material sombreado por la imagen. (c) El material resistivo restante sirve como plantilla en una operación de grabado al agua fuerte, la cual (d) elimina el metal no protegido para producir una pieza con perfil idéntico al de la imagen inicial. [1970 Metals reference issue, Machine Design. Penton Publishing Co., Cleveland, OH.]

### 3.2 Tipos de fotocortados

(De-Vaquero, 2004) “Las piezas fotocortadas se realizan en láminas de latón o acero y reproducen diversos tipos de partes. Son muy útiles para detallar, complementar o modificar modelos a escala”. (p. 58)

Existen en el mercado láminas de fotocortados diseñadas específicamente para un modelo y existen otras láminas genéricas que pueden ser utilizadas en diversos modelos. Algunos ejemplos de fotocortados genéricos pueden ser: láminas para simular rejillas, láminas lisas para realizar partes de una carrocería con espesor adecuado a la escala, placas de automóvil, hojas para árbol, etcétera.



Figura 8 Ejemplos de fotocortados comerciales.

### 3.3 Utilización de los fotocortados

Las láminas de fotocortados disponibles en el mercado se encuentran empacadas en una bolsa de plástico junto con un cartón (para evitar deformaciones por su manejo) y una hoja de instrucciones, donde se indica el tipo de doblado necesario en cada pieza y la forma en que se integra al modelo o a un subensamble del mismo. En cada lámina vienen moldeadas las piezas que se doblarán para realizar las partes que se incorporarán al modelo. El lugar en que se realizará un doblado en la pieza es una sección adelgazada para permitir un doblado con menor resistencia en el lugar exacto requerido. Estos

materiales deben ser manejados con cuidado, a fin de evitar que las partes se deformen en secciones que no lo requieren. Antes de separar las piezas de la hoja es conveniente lijar un poco la cara posterior de la misma, lo cual ayudará a que el pegamento (en este caso se recomienda el uso de cianocrilato) se adhiera mejor a la superficie de la pieza. Cada una de las partes contenidas en la lámina tiene grabado un número que se relaciona en la hoja de instrucciones. En el proceso de separación se recomienda posicionar la lámina de fotocortados sobre una superficie sólida y lisa (plástico, vidrio, acrílico, etcétera) y presionarla con una regla que servirá de guía para el corte y que además, ayudará a evitar la deformación de las partes. Para cortar la unión que une la pieza con la hoja, debe utilizarse una navaja de punta y una lija o una lima para eliminar el material residual de la unión que quede en la pieza.

Después de ser separadas las piezas fotocortadas pueden seguir alguno de los siguientes procesos:

- 1) Ser adheridas al modelo sin necesidad de modificar su forma. Ejemplo: una rejilla para proteger un respiradero o un pasamanos en un barco.
- 2) Por medio de dobleces rectos se realiza una pieza y, en algunos casos, se usa pegamento base cianocrilato o soldadura para unir los vértices resultantes de la unión de las caras de la pieza y de esta manera evitar que la pieza se deforme por la acción de fuerzas externas. Ejemplo: una caja para herramientas.
- 3) Tomar forma convexa cónica o circular por medio de patrones curvos. Ejemplo: un tubo o una bisagra.

- 4) Tomar la forma de una parte del modelo utilizándola como patrón, a la vez que cubre esa misma parte del modelo. Lo anterior se realiza para enriquecer el detalle de una superficie del modelo, por ejemplo un piso antiderrapante con superficie rugosa o con algún patrón.



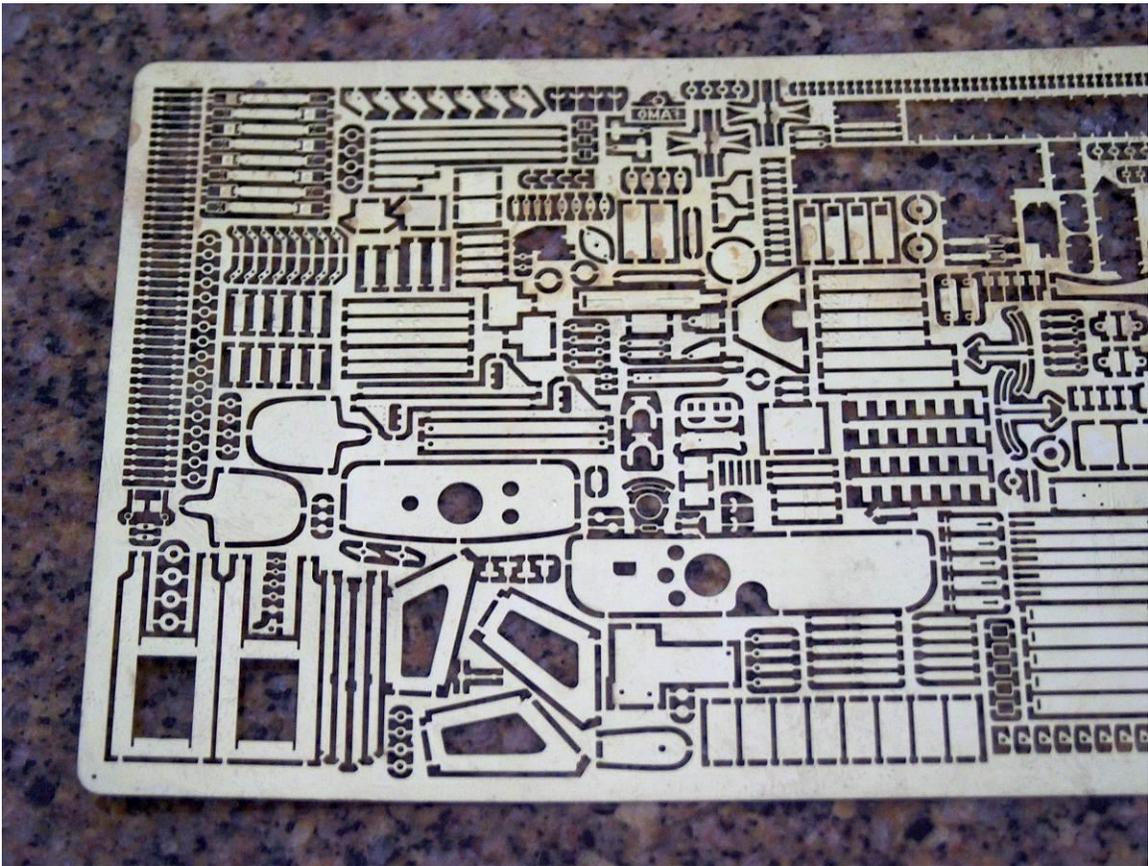
**Figura 9** Fotocortado de rejillas que no necesita ser doblado para adicionarse al modelo a escala.

El mecanismo propuesto en el presente trabajo estará enfocado primordialmente a ayudar el doblado de piezas del tipo que se indica en el inciso 2.

En caso de no contar con un mecanismo específico para doblar la pieza, es preciso utilizar pinzas para realizar los dobleces necesarios, o bien, emplear un

tornillo de banco a escala para fijar la parte en cuestión y realizar el doblado con una regla metálica.

Como se indicó anteriormente, las líneas de doblado en la pieza usualmente están grabadas en ella y sirven como guía para el doblado.



**Figura 10** Ejemplo de lámina de fotocortado

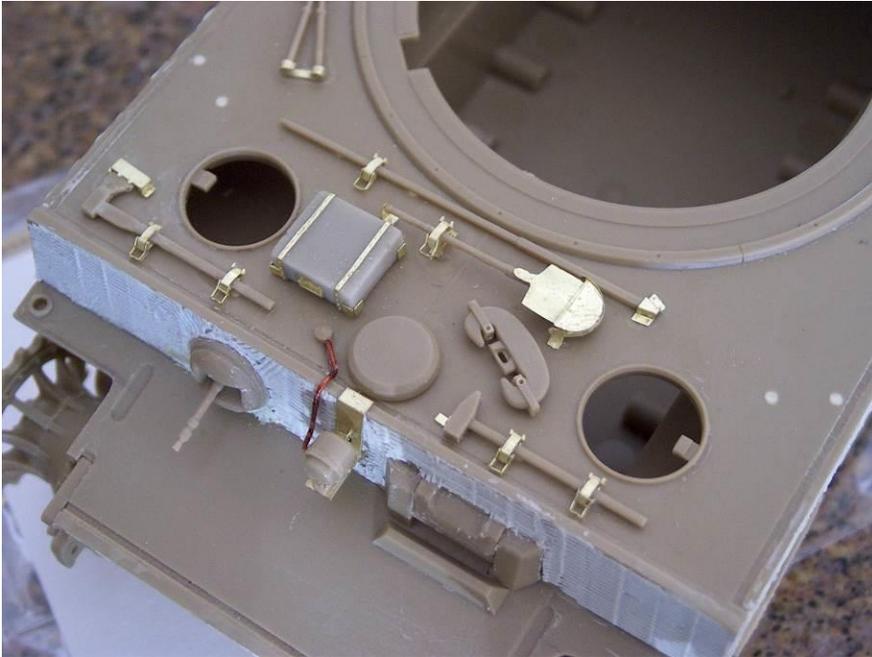
Al utilizar un mecanismo para doblar fotocortados, el proceso se simplifica ya que éste cuenta con un cabezal para doblar las piezas y una base, lo cual en conjunto hace que la pieza quede fija entre la cabeza y la base, por medio de presión. La cabeza de doblado tiene en su forma extensiones rectangulares de diferente anchura, que son utilizadas para fungir como patrón en el doblado de

las piezas. A estas extensiones les llamaremos uñas de doblado. En los mecanismos con base rígida, el doblado se realiza con la ayuda de una navaja que apoyada en la base, levanta la sección de la pieza a doblar hasta la posición que la cabeza lo permite.

Si se requiere doblar partes de sección circular, como tubos, se puede utilizar una pieza cilíndrica que se ajuste al diámetro requerido, con lo cual la pieza se doblará sobre esta última para tomar su forma.

Para adherir la pieza al modelo se utiliza una pequeña cantidad de pegamento con base cianocrilato, aplicada por medio de la punta de una navaja o con un pincel que ya no se utilice para pintar. Debido a que esta clase de pegamento es de secado rápido es necesario posicionar la pieza en el lugar exacto donde quedará. En caso de que la pieza no quede colocada en el lugar adecuado, es preciso separarla del modelo con una navaja, lijar el residuo del pegamento y repetir el proceso.

Existen en el mercado agentes químicos que retrasan o aceleran el secado de pegamentos con base de cianocrilato, los cuales son de gran ayuda en el proceso de pegado de las partes, ya que por un lado retrasan el proceso, permitiendo la manipulación de la pieza hasta que ésta alcance su posición final, y por el otro, pueden acelerar el proceso de secado a fin de que la pieza permanezca en el lugar deseado de forma inmediata.



**Figura 11** Piezas fotocortadas ya dobladas y posicionadas en el modelo a escala.



**Figura 12** Rejillas fotocortadas ya ubicadas y adheridas al modelo a escala.

## **CAPITULO 4: Mecanismo propuesto para doblar fotocortados**

### **4.1 Análisis de los productos existentes**

Dada la expansión de la actividad del modelismo estático y el interés de los aficionados de que los modelos a escala tengan una apariencia más apegada al original, el uso de los fotocortados se ha extendido notoriamente, a tal grado que varios fabricantes los incluyen en las cajas de los modelos, lo que a su vez provoca que el modelista busque utilizar los fotocortados en forma más rápida y eficiente. En razón de ello, la existencia de un mecanismo que facilite este proceso se ha convertido en una necesidad creciente por parte de los aficionados.

En el mercado existen tres productos para el doblado de fotocortados, las compañías que los fabrican son:

- Mission Models
- Small Shop
- Ausfwerks

Si bien hay otros fabricantes que tienen productos similares, seleccionamos a estas tres empresas por su permanencia en el mercado y porque sus productos son los más utilizados en los procesos de fotocortados.

Los mecanismos de las dos primeras compañías se componen de las siguientes partes:

- Base de aluminio anodizado

- Cabeza de doblado
- Perilla para elevar la cabeza de doblado con respecto a la base que sirve para prensar o liberar las piezas que serán dobladas.
- Postes guía para mantener alineada la cabeza de doblado con la base.

A continuación, la descripción de los productos por compañía:

a) Mission Models (la compañía cerró operaciones en 2009, pero el producto aún se puede comprar en algunas tiendas de modelismo o en sitios de subastas electrónicas):

- a. Nombre del producto: Etch Mate 3C.
- b. País de origen: Estados Unidos.
- c. Precio: \$60 USD más impuestos y costo de embarque.
- d. Descripción: De la revisión hecha por (Green, 2003) es un mecanismo para fijar y doblar fotocortados con tamaño de base de 6.5" x 3.5" x .2". La cabeza de doblado tiene 6 uñas de doblado con anchos de 1/8", 1/4", 1/2", 5/16" y 1/16". respectivamente. Esta herramienta es un diseño CAD, producida por medio de control numérico. Cada juego de cabeza de doblado y base forman un conjunto hermanado en su ajuste. La cabeza de doblado se posiciona por medio de una perilla de elevación manual que permite asentarla firmemente en la base de doblado, lo que produce una presión adecuada para fijar las piezas de fotocortado a doblar entre ellas, lo anterior requiere poca fuerza. La energía para elevar la cabeza de doblado se trasmite por medio de un

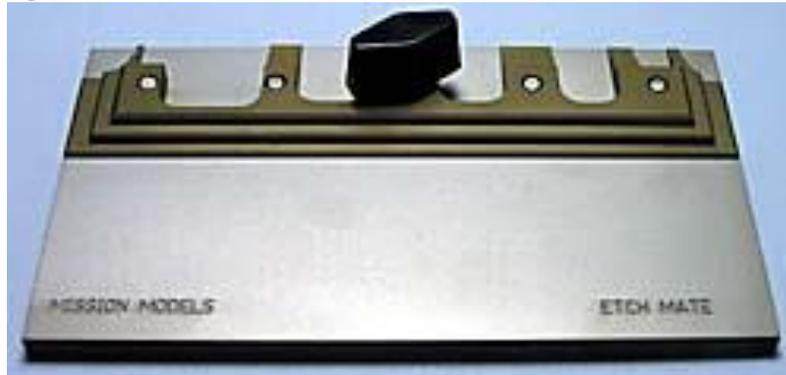
resorte que se aloja alrededor de la cuerda del tornillo de la perilla de elevación, y que se asienta en la parte inferior en el cuerpo de la base de doblado y en la parte superior en la superficie inferior de la cabeza de doblado.

En el cuerpo de la base hay un canal triangular de doblado, que produce dobleces en ángulo recto de exactitud. Este canal de doblado sirve también como guía de alineamiento, el cual asegura que el fotocortado se encuentre correctamente alineado con las uñas de doblado, antes de realizar el doblado de la pieza. El mecanismo incorpora cuatro postes guía para eliminar cualquier juego entre la cabeza de doblado y la base, además de facilitar el desplazamiento de la cabeza.

Por su parte, la cabeza cuenta con el mismo perfil en la parte posterior que en la parte frontal, pero sin uñas de doblado, es decir, solo un perfil recto por toda la longitud de la pieza. La cabeza de doblado puede liberarse y girarse 180 grados para poder doblar perfiles más largos.



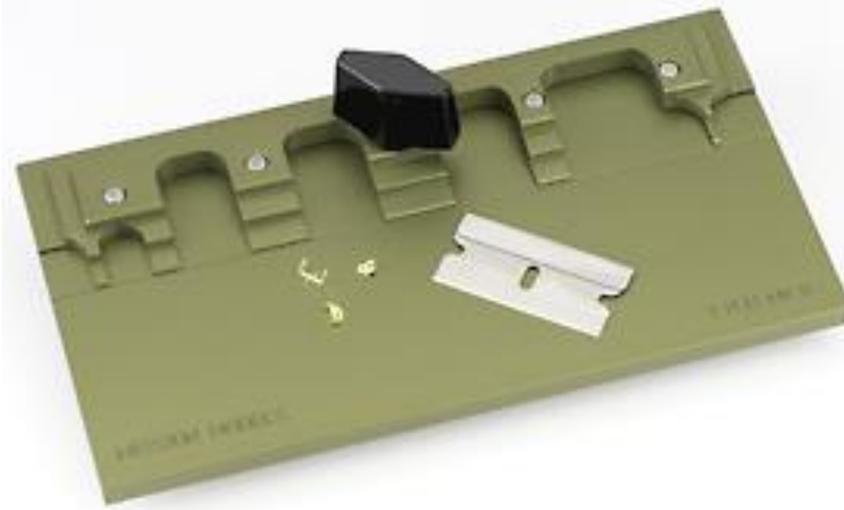
**Figura 13 Mecanismo con la cabeza de doblado desensamblada.**



**Figura 14 Cabeza de doblado ensamblada para doblar piezas de longitud mayor.**

Por medio de una combinación de acción de agentes químicos, y un proceso de anodizado color caqui (como terminado), se obtiene una superficie de trabajo no reflejante, que permite trabajar por más tiempo con el mecanismo. Lo anterior permite obtener una mayor visibilidad para diferenciar la pieza a doblar y la superficie de trabajo con cualquier tipo de fotocortado.

El mecanismo incluye una navaja para realizar los dobleces.



**Figura 15 Mecanismo de Mission Models.**

b) Small Shop

- a. Nombre del producto: Hold and Fold PE Workstation.
- b. País de origen: Estados Unidos de América.
- c. Precio: \$ 50.00 USD (la versión de 4"x4").
- d. Descripción: El mecanismo está fabricado de aluminio del mismo grado que se utiliza en la industria aeronáutica. La base mide 4" x 4" x .2", lo que permite que se ubique en cualquier mesa de trabajo. La cabeza de doblado está sostenida por un tornillo que se enrosca en la base y en la perilla de elevación. El mecanismo cuenta con un resorte cuya acción se realiza entre la cabeza y la base de doblado. La cabeza de doblado mantiene fijo por presión el fotocortado con la base y, además, sirve como patrón para dar forma a las piezas de fotocortado.

La cabeza de doblado tiene dos lados:

- i) Un lado tiene una orilla recta para doblar paneles largos, lo que permite que la cabeza de doblado pueda girarse para doblar piezas más largas.
- ii) El otro lado está moldeado con las siguientes formas:
  - i. Tres uñas de doblado con ancho de 0.093", 1/8" y 1/4" respectivamente.
  - ii. Orillas de la cabeza de doblado que permiten doblar piezas en forma de U.

En el catálogo de esta compañía existen cabezas de doblado adicionales.

Además esta empresa ofrece versiones del mecanismo en 2" y 8" pulgadas de longitud. La versión de 8" cuenta con dos perillas para ajustar la cabeza de doblado, lo que hace que la presión sea uniforme a lo largo de toda la pieza.

El mecanismo incluye una navaja para realizar los dobleces y una hoja de instrucciones con fotografías que ejemplifican diferentes tipos de dobleces: ángulo recto, "U", "Z" y el proceso para el doblado de una caja, con lo cual se ejemplifica un artículo de tres dimensiones.

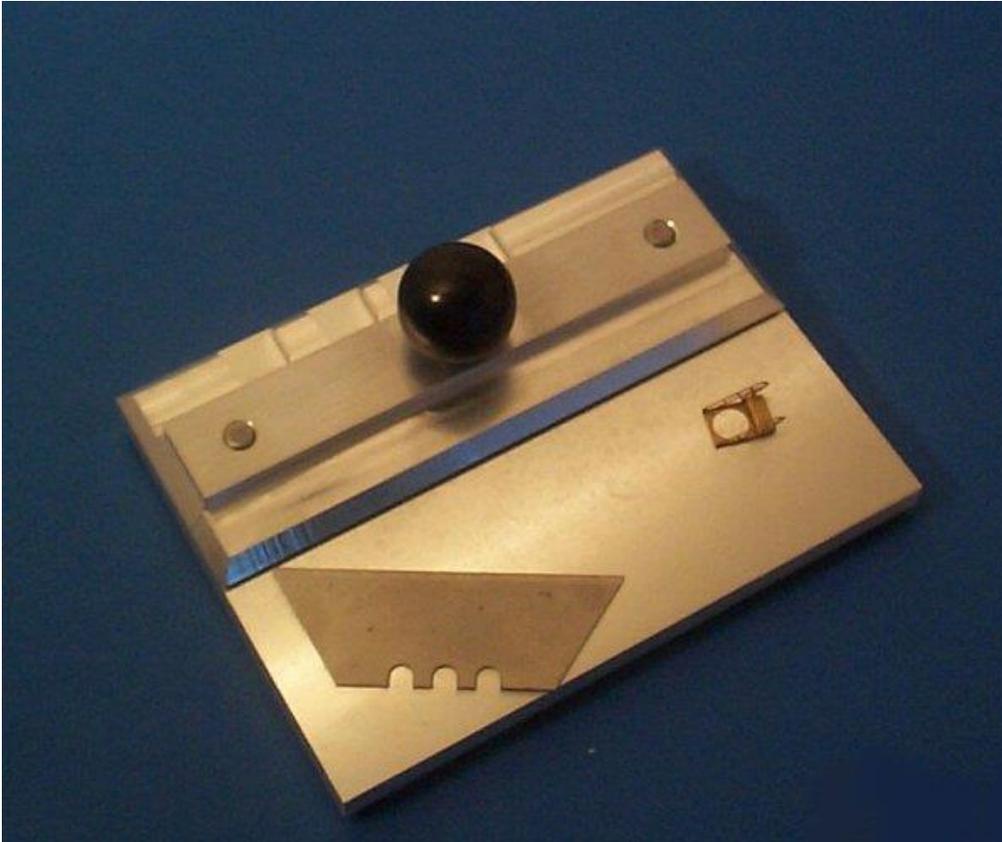


Figura 16 Mecanismo de "Small Shop".

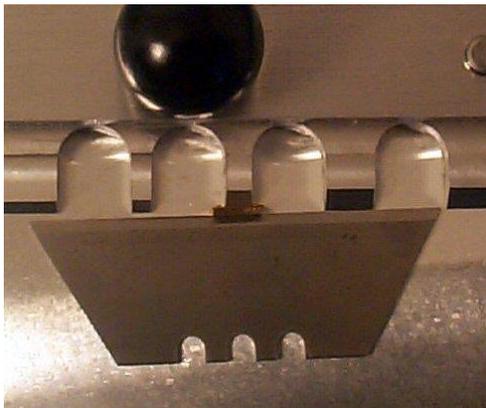


Figura 17 Realización de un doblar con la ayuda de una cuchilla.

## Ausfwerks

- a. Nombre del producto: Fender Bender.

- b. País de origen: Estados Unidos de Norteamérica.
- c. Precio: \$ 80.00 USD
- d. Descripción: De acuerdo a la revisión de este producto hecha por (Ashley, 2006) el mecanismo es diferente a los anteriores. El cuerpo está compuesto de dos láminas de acero que funcionan como la base de apoyo y que están unidas por dos tornillos en sus extremos, los cuales sirven de pivote para que las piezas puedan girar de forma que el ángulo formado por el extremo en el cual hacen contacto pueda variar desde 180 grados al que se requiera . Una de láminas base tiene tres orificios que sirven para que el mismo número de tornillos ajusten la cabeza de doblado, de modo que la pieza de fotocortado a doblar pueda ser ajustada por presión entre la cabeza y la lámina base. El extremo de las uñas de doblez coincide con la posición donde los extremos de la láminas tienen contacto, de forma que para realizar el doblez sólo es necesario girar la lámina que no tiene la cabeza de doblado al ángulo requerido.

La cabeza de doblado cuenta con una longitud de 7" (178mm) con 11 uñas de doblado que van de 1" (25.4mm) a 1/16" (1.5mm) con una profundidad de 3/4" (19mm). En el lado opuesto a las uñas se localiza (por toda su longitud) un perfil de doblado para piezas largas.

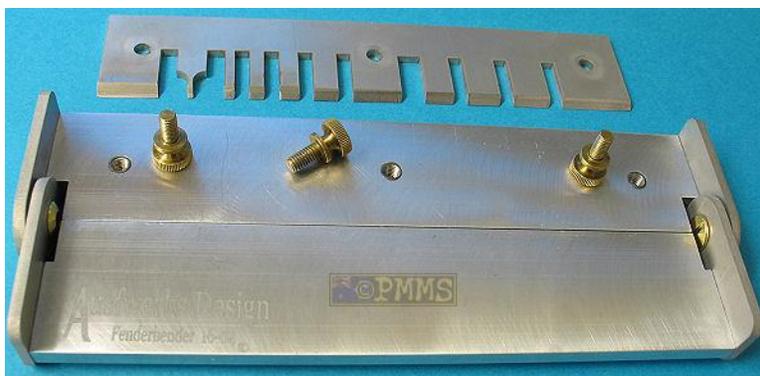


Figura 18 Componentes del mecanismo.



Figura 19 Mecanismo ensamblado.



Figura 20 Ejecución de doblado en una pieza.

El mecanismo, cuyo peso es de casi medio kilo (18 onzas) puede doblar láminas de metal hasta un grosor de .020" (.5mm) y con un

mínimo de .001" (.03mm), lo cual se ajusta a la mayoría de los fotocortados existentes.

Una vez analizados los mecanismos descritos en esta sección observamos que:

- Las bases y cabezales están fabricados con aluminio de espesor arriba de los 5 mm, lo que provoca que su peso sea alto.
- Por los materiales utilizados y sus características de diseño, los mecanismos aseguran gran rigidez y una correcta fijación de la pieza a doblar entre la base y el cabezal.
- El costo de los mecanismos está arriba de los 500 pesos más gastos de envío.
- Son fáciles de usar y satisfacen la necesidad de doblado requerida y así lo confirman los comentarios que de ellos aparecen en revistas y sitios web de modelismo.

#### **4.2 Necesidades detectadas**

Después de este análisis concluimos que nuestra propuesta debe cumplir con las siguientes características:

- Costo menor a los existentes en el mercado.- Un precio por debajo de 500 pesos es aceptable, ya que esto cuesta un modelo para armar.
- Ligero y que ocupe poco espacio de trabajo.- El diseño debe ser ligero para que sea fácil de manejar y de costo accesible. En general, los modelistas disponen de poco espacio para desarrollar su pasatiempo, o

- bien, ocupan lugares como la mesa de la cocina para trabajar, por lo que un mecanismo, cuyo peso sea ligero y que ocupe poco espacio, siempre será bien recibido por el usuario.
- Fabricado con un material durable que tenga una superficie no reflejante.- Es importante que el material a utilizar no sufra ralladuras en la superficie, para evitar problemas futuros en la sujeción de las piezas o su posicionamiento. Adicionalmente una superficie con poco reflejo ayudará a posicionar correctamente la pieza a doblar.
  - El mecanismo debe ser simple de operar y de ensamblar.
  - El prototipo puede ser utilizado en modelos de escalas desde 1/32 hasta 1/144, por lo que las piezas a doblar pueden ir desde 2 mm hasta 40 mm (en promedio).

Estas necesidades se alinean con los siguientes requerimientos para adecuarse a las características que se definieron en la introducción de la presente tesis y que son:

- Costo económico accesible.
- Funcionalidad adecuada a las necesidades del modelista.
- Resistencia al desgaste propio del uso que se le dé
- Facilidad de ensamble y desensamble.
- Livianidad para facilitar la transportación y envío.
- Disponibilidad de materiales y procesos para su fabricación en nuestro país.

### **4.3 Diseño propuesto**

El proceso de diseño que se propone en este trabajo, es el que se indican (Deutschman, Michaels, & Wilson, 1987), el cual es reproducido en el siguiente:

diagrama de flujo (p. 15):

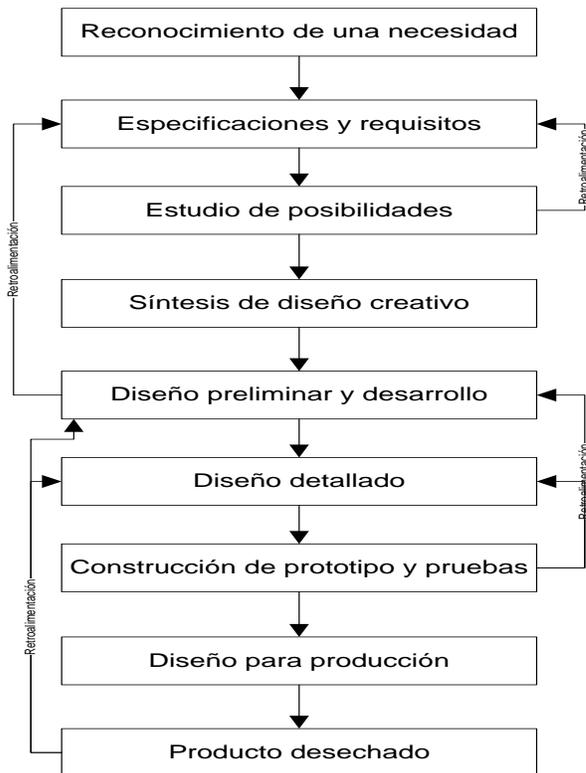


Figura 21 Reproducción del proceso de diseño que se utilizará en este trabajo (Deutschman, Michaels, & Wilson, 1987).

Según el diagrama de diseño, en este punto hemos cubierto la fase:

- Reconocimiento de una necesidad

El siguiente paso es definir las **especificaciones y requisitos**:

Con base en los requerimientos de diseño y en el análisis de los mecanismos en el mercado, podemos indicar algunos parámetros importantes que servirán como base de diseño:

- El mecanismo debe de realizar el doblado de piezas de fotocortado de acuerdo al siguiente esquema:

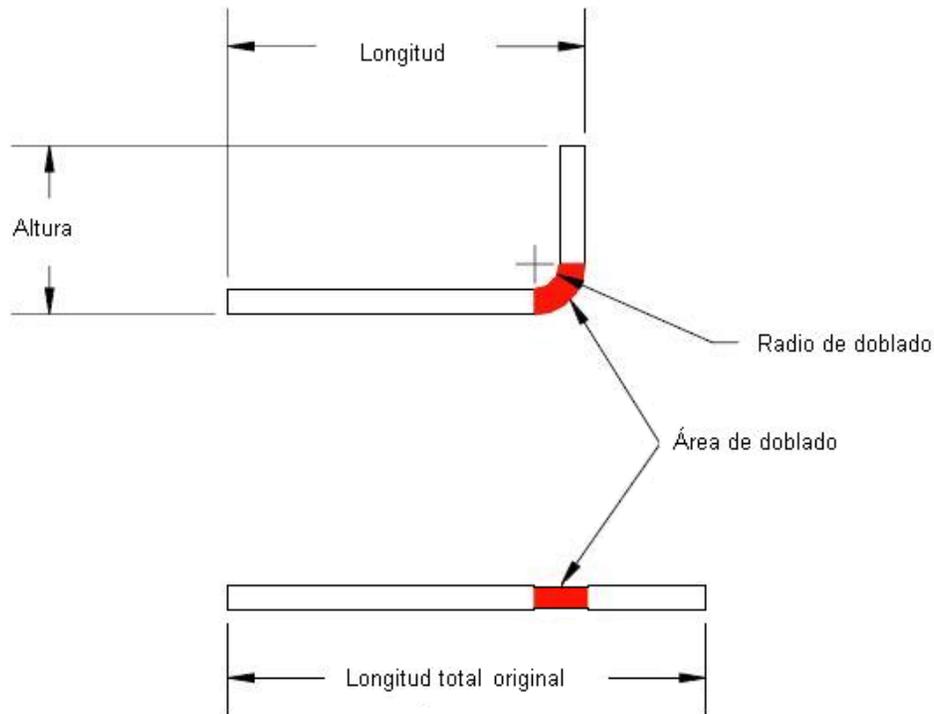


Figura 22 Esquema que muestra el proceso de doblado y sus parámetros.

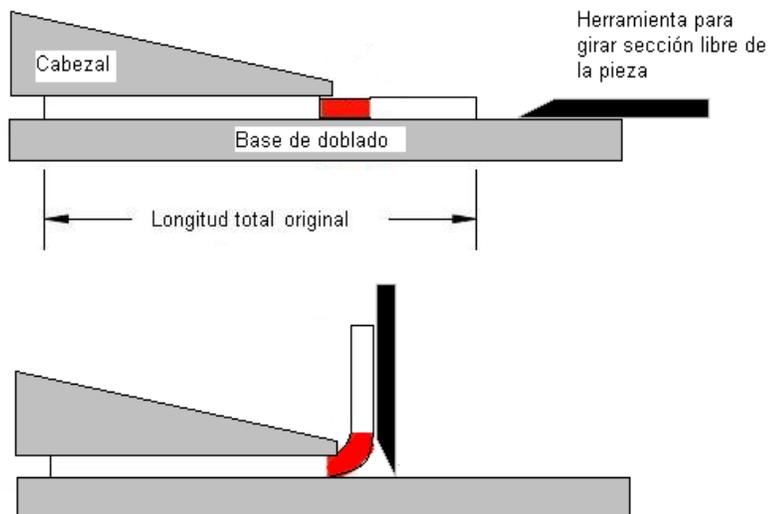
- El mecanismo debe tener la rigidez necesaria para que al momento de su operación, la pieza a doblar no pierda la forma en su estructura y así evitar una anomalía en el proceso, que afecte el doblado realizado en cada pieza.
- Todos los dobleces a realizar con el mecanismo son en perfiles rectos.
- Aunque la mayoría de los dobleces a realizar en el mecanismo serán en ángulo de 90 grados, es conveniente incluir un indicador para que el usuario pueda medir el ángulo de doblado.

- El mecanismo está habilitado para doblar piezas con estas características:
  - o 2 mm a 50 mm de longitud.
  - o Espesor máximo de 0.3 mm.
  - o Marca en la posición del doblado y reducción en el espesor en la sección de doblado.

Ahora procederemos a realizar el **estudio de posibilidades**:

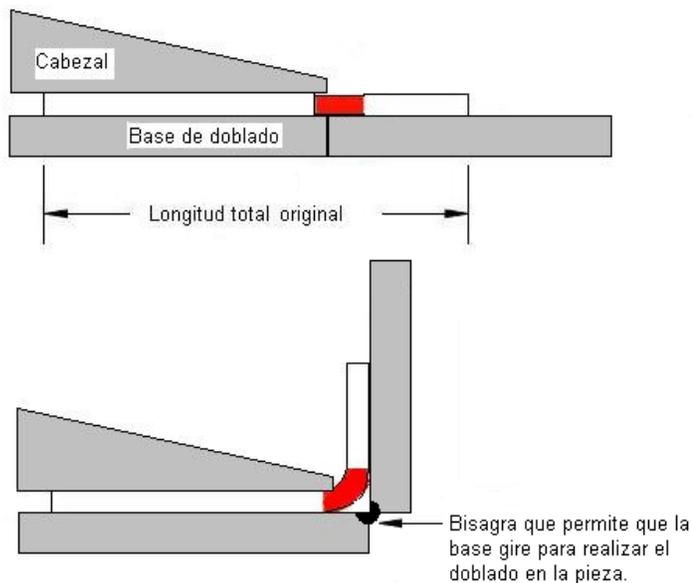
De acuerdo a los mecanismos analizados y a los procesos de doblado de metales, podemos afirmar que tenemos tres opciones generales de funcionamiento para realizar el doblado:

- a) Fijar la parte de la pieza que formará uno de los vértices del doblado, entre una base y un cabezal, para que, por medio de una herramienta adicional, la parte libre de la pieza gire el ángulo necesario para realizar el doblado.



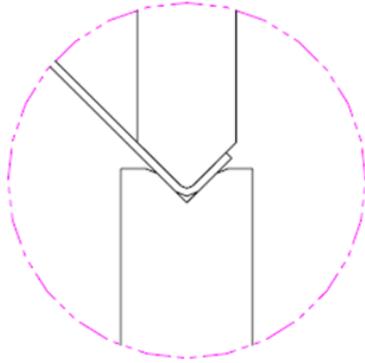
**Figura 23** Primera opción para realizar el doblado: una herramienta gira la parte libre de la pieza a doblar.

- b) Fijar la parte de la pieza a doblar (que no se moverá durante el proceso) entre una base y un cabezal. La base se une a una extensión en la que descansa la sección libre de la pieza que realiza el doblado, por medio de una bisagra:



**Figura 24** Opción 2: La base donde descansa la pieza funciona como una bisagra para realizar el doblado.

- c) (Kalpakjian & Schmid, 2007) nos presentan un mecanismo que tiene en su estructura la forma de la pieza con el doblado requerido (que servirá como una matriz de embutido) y es por medio de la acción de un punzón, que la pieza tomará su forma final. (p. 398)



**Figura 25** Esquematzación de tercera opción de diseño: matriz de embutido.

Antes de definir cuál de los mecanismos será el que nos brinda más ventajas y cumple con los requerimientos, partiremos de la base de que el peso de los tres es similar y utilizan materiales con características parecidas en su fabricación.

Por lo tanto, la selección estará basada en primer lugar, en la funcionalidad, para después elegir el material que más convenga.

En la siguiente tabla presentamos un comparativo de los mecanismos propuestos con respecto a los requerimientos definidos y a las preguntas básicas que aseguren que el mecanismo es posible de realizar. Las columnas indican las tres opciones de funcionalidad que definimos y los renglones los requerimientos que deben cumplirse.

Requerimientos y características	Opción 1: Cabezal y base rígida	Opción 2: Cabezal y base con bisagra	Opción 3: Matriz de embutido y punzón
Fijación de pieza que asegura ningún desplazamiento al doblarla	Sí	Sí	No
¿El mecanismo contiene en si mismo lo requerido para realizar	No	Sí	Sí

su operación?			
¿Existen mecanismos similares en el mercado?	Sí	Sí	No
¿Ofrece la posibilidad de realizar dobleces con diferentes ángulos?	Sí	Sí	No
Al ejecutarlo, ¿ejerce una presión uniforme en las superficies de ambas secciones del doblez?	No	Sí	Sí
¿Se pueden doblar piezas con las características requeridas?	Sí	Sí	Sí
¿Existe un indicador para determinar el ángulo del doblez realizado?	No	No	No
¿Cuenta con la rigidez necesaria para evitar deformaciones al operar?	Sí	Sí	Sí
¿Atenta en contra de alguna ley natural?	No	No	No
¿Alguna especificación va más allá de lo que técnicamente existe en el mercado?	No	No	No
¿Hay alguna dependencia con respecto a materiales difíciles de obtener?	No	No	No
¿El costo del producto será tan alto como para eliminarlo en el futuro?	No	No	No

Tabla 3 Tabla para definir la mejor opción de diseño para utilizar con base en el cumplimiento de las características requeridas.

De acuerdo a los resultados de la tabla, el mecanismo que cumple con el mayor número de requerimientos es la opción 2:

### **Mecanismo con cabezal y base con bisagra.**

Una vez definido el tipo de mecanismo, podemos comenzar la fase de **Síntesis de diseño creativo**, en la que utilizaremos ideas y conceptos nuevos y antiguos

para sintetizarlos en un diseño que satisfaga el conjunto de especificaciones y requisitos.

Las características que el diseño tendrá son:

- a) Medidas de la base de doblado: Suficiente para posicionar una pieza a doblar con dimensiones máximas de 3 x 5 cm para la sección que se mantendrá fija por el cabezal.
- b) Material: Metálico que hará que el mecanismo sea liviano y resistente, con un terminado que evite reflejo en la superficie de doblado.
- c) El cabezal tendrá cuatro uñas de doblado con anchos de 2, 5, 8 y 10 mm para realizar los dobleces en piezas pequeñas. El lado opuesto se utilizará para realizar dobleces de hasta 5cm y tendrá grabada o pintada esta medida, indicando cada milímetro, cada 5 mm y cada centímetro.

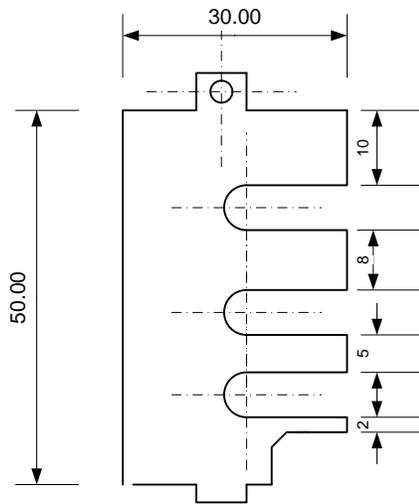
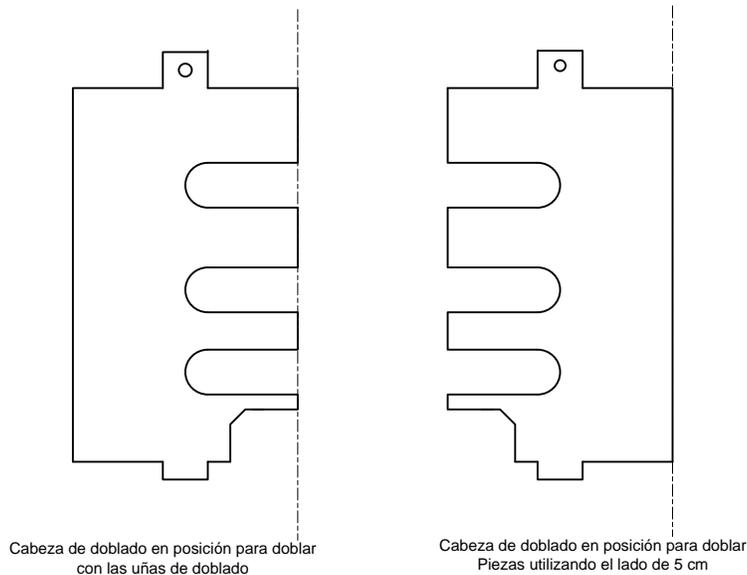


Figura 26 Diseño preliminar del cabezal.

- d) Cabeza de doblado que pueda rotarse 180 grados para ser utilizada en el doblado de piezas de longitud máxima de 5 cm en el extremo sin uñas.



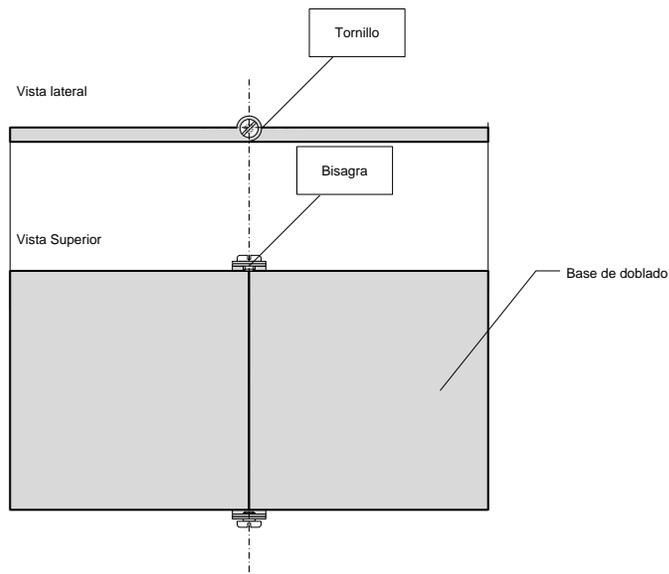
**Figura 27** La cabeza de doblado podrá ser utilizada para dobleces utilizando las uñas o su longitud total.

- e) Para mantener alineada la cabeza de doblado respecto a la base se incluirá una guía en el soporte, donde se inserta una pestaña del cabezal para un correcto posicionamiento.
- f) Para realizar la medición del ángulo de doblado se fijará en una de las dos láminas de la base un aro que tendrá grabados los grados, a fin de que visualmente el usuario pueda medir el ángulo que se crea entre las dos láminas.
- g) El tipo de bisagra a utilizar es una definición crítica para el funcionamiento en general del mecanismo, ya que en cualquier ángulo de abertura la unión entre ambas láminas siempre debe de formar un vértice recto que impida que una lámina tenga juego o desplazamiento respecto a la otra con la excepción del que permite la bisagra.

Al analizar las diferentes posibilidades, la opción que mejor resuelve nuestra necesidad es un par de bisagras que se ubican en cada uno de

los extremos de la línea vértice imaginario del doblado, de forma que el centro de giro de las bisagras sea dicho vértice. Cada una de las láminas que componen la base de doblado tiene dos cejas que serán los componentes de las bisagras y que en su centro tienen un orificio para que se inserte un tornillo que servirá de eje para la rotación.

El siguiente esquema representa cómo se ubicarán las bisagras:



**Figura 28** El eje de rotación de la bisagra es el vértice que crean las láminas.

- h) La forma para sujetar el cabezal será por medio de un tornillo que realiza la presión necesaria entre ésta y la base de doblado. El tornillo se acomoda en la posición opuesta a la pestaña. Al realizar el doblado de una pieza, la presión que ejercen los dedos de la mano es suficiente para mantener la pieza entre el cabezal y la base durante la operación; el tornillo se utilizará en caso que sea necesaria una presión mayor y/o que se requiera que la pieza permanezca fija firmemente entre el cabezal y la base.

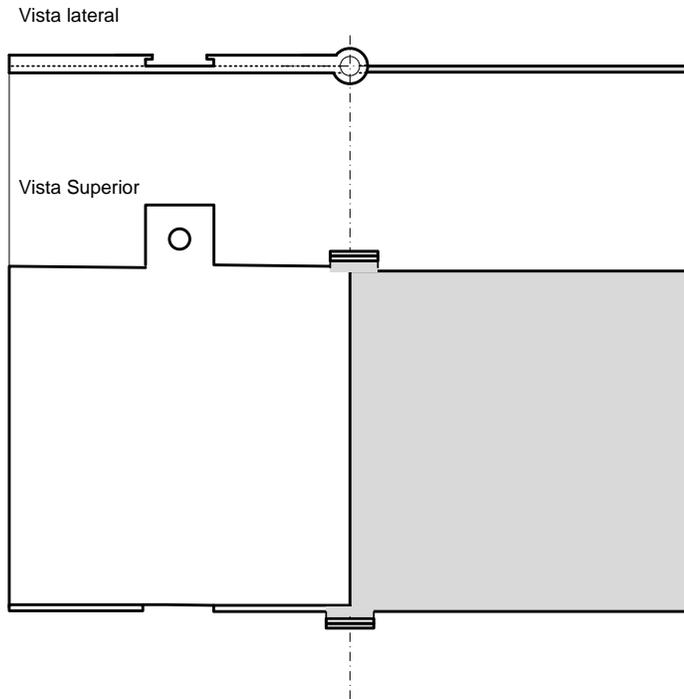
Con lo anterior podemos definir que la fase de síntesis ya está terminada, ahora pasaremos a la fase de **desarrollar el diseño preliminar**, para lo cual separaremos el mecanismo en subensambles o componentes:

- a) Base de doblado: La base de doblado tiene que cumplir con los siguientes requerimientos:

La base de doblado está realizada en lámina de metal con espesor suficiente para mantener la rigidez al ser manipulada y para realizar el doblado de piezas fotocortadas. Utilizaremos lámina de acero inoxidable de 1 mm de espesor para realizarla. La superficie de la base es de 6 cm de largo por 5 cm de ancho, con dos secciones, cada una de 3 cm de largo para el doblado y 5 cm de ancho. Estas secciones están unidas por medio de una bisagra, cuyo eje de giro es el eje de doblado.

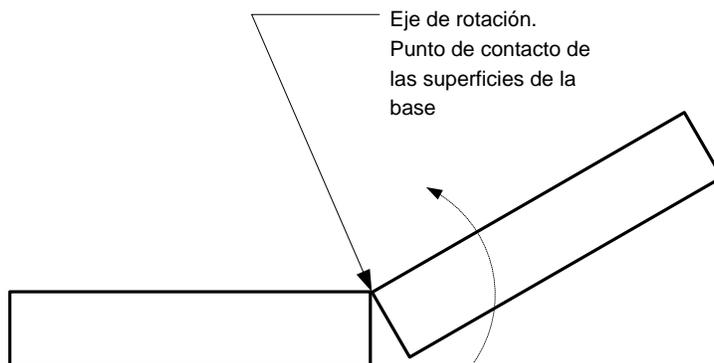
La sección derecha de la base respecto al eje de doblado es lisa y es la que aplica la fuerza a la pieza a doblar para realizar el procedimiento mediante su giro sobre el eje de doblado.

La sección izquierda de la base aloja a la cabeza de doblado, cuya correcta posición es asegurada mediante una pestaña que se inserta en una guía realizada en el lado derecho perpendicular al eje de doblado de la base. Adicionalmente, en el extremo opuesto a la guía existe un orificio con cuerda maquinada para que por medio de un tornillo, en acción conjunta con la pestaña, se pueda fijar el cabezal de doblado a la base cuando se requiera.



**Figura 29** La sección izquierda de la base alojará la cabeza de doblado.

El eje de doblado lo forma el punto de contacto entre las superficies de las dos secciones de la base al rotar.



**Figura 30** Diagrama que muestra la formación del eje de doblado por el punto de contacto entre las superficies de las dos secciones de la base al rotar.

Como se había indicado anteriormente, para lograr que el punto de contacto se mantenga durante la rotación, las bisagras deben de tener el

eje de rotación en el eje de doblado, por lo que las bisagras deben de posicionarse fuera del área de la base, para no interferir con el doblado.

Las bisagras están formadas por dos láminas del mismo material de la base, cada una con un orificio donde se ubicará un eje metálico para que ambas láminas giren en forma independiente, compartiendo el mismo eje de rotación, que a su vez, es el eje de doblado.

Cada lámina que compone la bisagra estará unida a una de las láminas que compone la base, de esta forma la base realizará el movimiento requerido para realizar el doblado.

b) Cabeza de doblado

La cabeza de doblado está realizada en lámina metálica con espesor constante y suficiente para no deformarse al realizar el doblado de la pieza de fotocortado o por el manejo propio del proceso. La lámina a utilizar es de latón con un espesor de 1 mm.

El diseño cuenta con cuatro uñas para realizar dobleces en piezas de 2, 4, 8 y 10 mm; las uñas en su perímetro tienen un terminado en 45 grados para facilitar el proceso, al hacer que en la sección de doblado de la pieza de fotocortado exista un esfuerzo menor respecto a un terminado en 90 grados.

La cara posterior de la cabeza cuenta con un terminado a 45 grados en toda su extensión, de 5 cm, para servir como uña de doblado para longitudes mayores a 1 cm o menores para el caso de dobleces

diferentes a la longitud de las uñas disponibles en el extremo opuesto del cabezal.

Para utilizar la longitud de 5 cm como uña de doblez sólo es necesario girar el cabezal 180 grados, de forma que la superficie posterior del mismo quede ahora como la superficie anterior y posicionar la pestaña en su lugar.

Es conveniente comentar que la longitud de 5 cm es suficiente para contener más del 95% de las piezas de fotocortado para modelos de aviones, tanques, ciencia ficción y barcos de las escalas comerciales. El tipo de piezas que no se podrán doblar son barandales para las cubiertas de barcos en escala 1/350 o alerones o flaps en aviones a escala 1/35.

#### **4.4 Diseño Detallado**

En esta fase del proceso se dimensionarán todos los componentes individuales que componen el producto final.

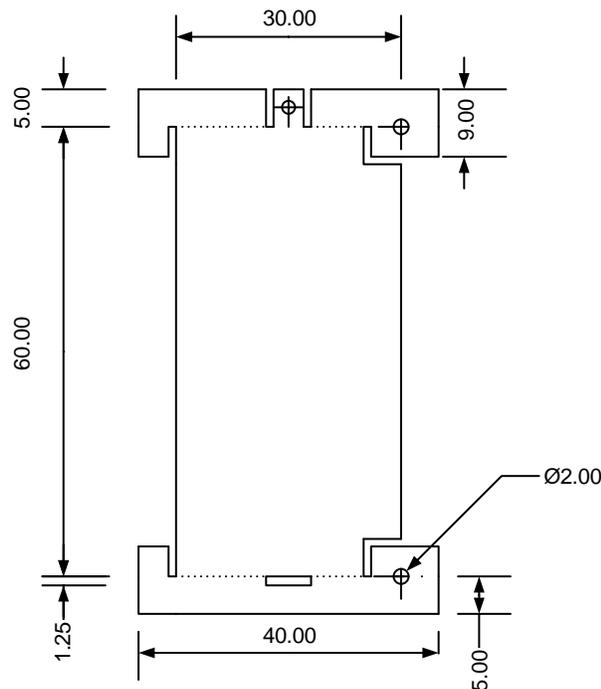
##### **a) Base para doblado izquierda**

La parte izquierda de la base es la que con la ayuda de la cabeza de doblado mantendrá la pieza a doblar fija.

Para mantener el cabezal fijo en ella, la base cuenta con un orificio rectangular, donde se inserta una pestaña realizada en el cabezal y en el extremo opuesto, un orificio que se alinea con otro, igual en el cabezal, para que por medio de un tornillo se aplique la fuerza necesaria para fijar la pieza entre ellas. Lo anterior aplica en el caso

que la fuerza de los dedos de la mano no sea suficiente, o se busque que la pieza quede fija para realizar en ella algún doblado adicional.

La lámina que será el componente izquierdo de la base se cortará y se doblará para tomar su forma final. Este diseño hace un mecanismo muy liviano y fácil de manejar y transportar. La forma que tiene este componente antes de doblarlo se presenta a continuación, las líneas punteadas indican los ejes donde se tendrá que realizar un doblado a 90 grados:



**Figura 31** Diseño de la base de doblado izquierda.

Esquemas de la base ya doblada. Las medidas se expresan en milímetros. Como se puede apreciar en los esquemas, al ser doblada la lámina, el orificio donde se posiciona el tornillo para que gire la bisagra queda alineado al eje de doblado. Para poder realizar lo anterior y

mantener la longitud de 5 cm para máximo doblado, se incrementó en un centímetro la longitud de la base para que en el espacio adicional en cada extremo pueda insertarse la cabeza del tornillo.

Este incremento afecta la longitud de la cabeza de doblado como veremos un poco más adelante.

Además, este diseño hace que los dobleces sirvan como soportes para que la base quede elevada respecto a la superficie donde se ubica y se permita que el mecanismo de la bisagra pueda girar libremente.

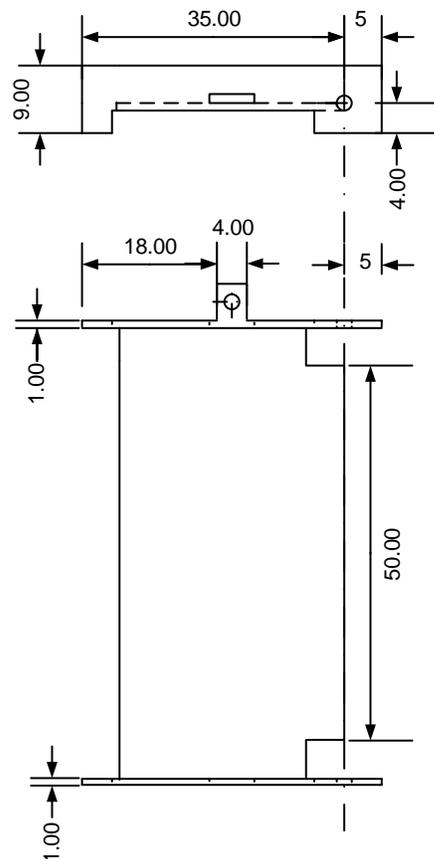
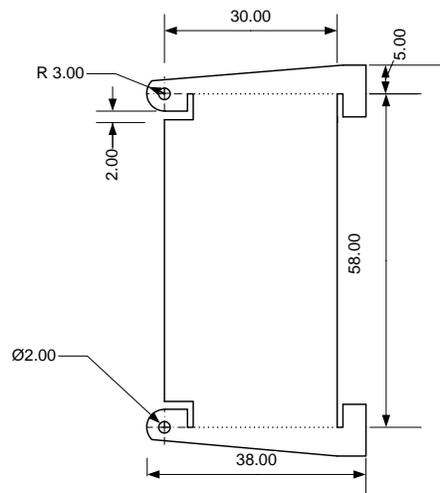


Figura 32 Base de doblado izquierda terminada en su vista lateral y superior.

## b) Base de doblado derecha

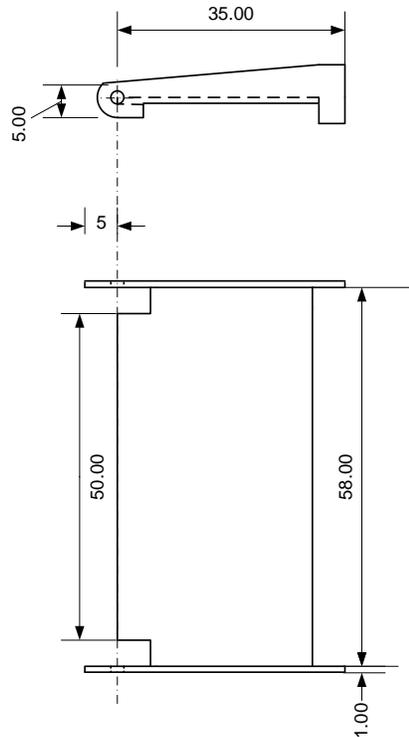
La parte derecha de la base de doblado es la que realizará la fuerza para el doblado de las piezas mediante su giro.

La lámina que será el componente derecho de la base se cortará y se doblará para tomar su forma final. A continuación presentamos la forma que tiene este componente antes de doblarlo. En el esquema, las líneas punteadas indican los ejes donde se tendrá que realizar un doblado a 90 grados para que se alcance la forma requerida. La sección que servirá como bisagra tiene una forma en arco circular para permitir su giro en la bisagra:



**Figura 33** Diseño de la base de doblado derecha.

La lámina ya doblada se presenta a continuación en su vista lateral y superior. Cabe señalar que la longitud de 58 mm se definió para que esta pieza quede insertada en la base de doblado izquierda:



**Figura 34** Base de doblado derecha terminada en su vista lateral y superior.

- c) El ensamble de la base queda de esta forma: Se presenta la vista lateral y superior. En los orificios de las bisagras se inserta un tornillo de 2mm de diámetro exterior de cuerda y longitud de 4 mm. El tornillo tiene cabeza redonda y la tuerca cabeza cuadrada de 2 mm de ancho. La operación del mecanismo se realizará de forma que la parte izquierda de la base se mantenga fija y la derecha realice el giro para realizar el doblado.

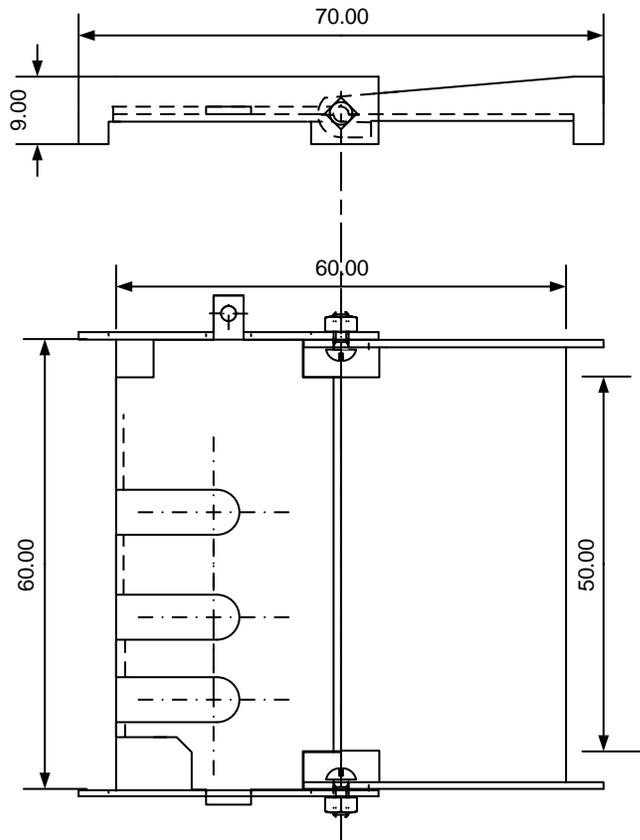


Figura 35 Ensamble de la base de doblado.

d) Cabeza de doblado

La cabeza de doblado se realiza en lámina de acero de 1 mm de espesor. La longitud de la cabeza de doblado es de 60 mm para que en los extremos podamos tener sendos espacios cuadrados de 5 x 5 mm, de forma que la cabeza del tornillo quede en un espacio libre y la longitud de doblado quede en 50 mm, como se requiere.

La cabeza cuenta en un extremo con una pestaña que se inserta en la sección izquierda de la base para asegurar un correcto posicionamiento. En el extremo opuesto a la pestaña, existe otra que se alinea con una

igual en la base, para que pueda pasar un tornillo que realice presión entre ellas para apresar la pieza a doblar.

El diseño quedará de la siguiente forma:

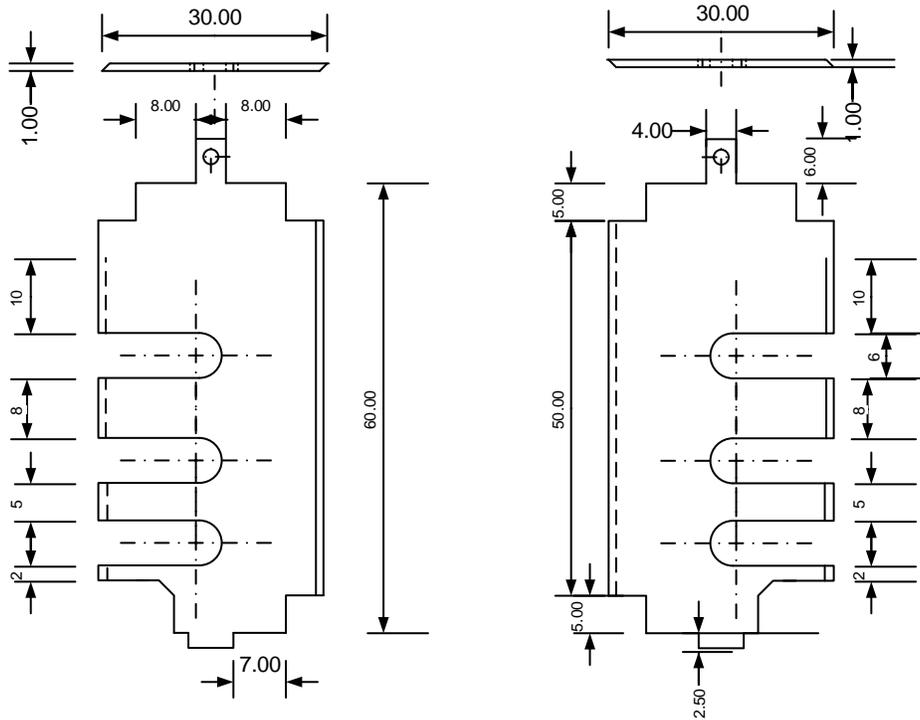


Figura 36 Diseño detallado de la cabeza de doblado en sus vistas anterior y posterior.

e) El ensamble del mecanismo completo: Con el diseño de la cabeza de doblado terminado, todos los componentes del mecanismo ya están definidos y podemos proceder a realizar el esquema con todos los componentes para asegurar el correcto dimensionamiento y ajuste de las mismas.

El ensamble con la cabeza de doblado en su posición para realizar dobleces con las uñas de doblado, queda de la siguiente forma en sus vistas lateral y superior:

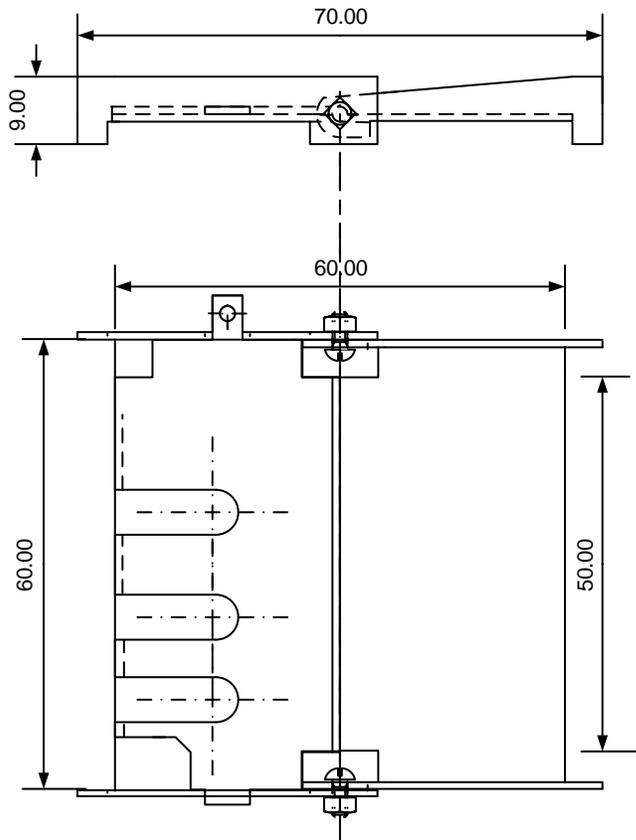


Figura 37 Ensamble final del mecanismo.

#### 4.5 Construcción de prototipo

Utilizaremos el proceso de fabricación que mejor cumpla con lo que requerimos, en cuanto a características de fabricación:

- Uso en metales.
- Bajo costo.
- Alto número de piezas producidas por hora.
- Tipo de forma de origen: lámina.
- Grado de tolerancia alto.
- Tamaño de piezas a producir: pequeño.

Con base en la tabla comparativa de procesos de fabricación que nos presenta (Lefteri, 2012), el proceso que mejor se ajusta es el de fotoformado o fotocortado, que además nos entrega estos beneficios:

- No es necesario utilizar algún proceso de maquinado para el terminado.
- El diseño puede ser modificado fácilmente en caso de ser necesario ya que la impresión del film que se utiliza para cubrir la lámina y crear la pieza se hace directamente de CAD.
- Se puede utilizar para láminas muy delgadas (desde un milésimo de pulgada) en un gran rango de metales.
- Aunque los químicos utilizados en el proceso son dañinos, el proceso de limpieza posterior a la fabricación permite su reutilización disminuyendo daños al ambiente. (p. 10-11)
- Además (McGeough, 1988) nos indica que en los métodos de fotográficos de fabricación “No se afectan las características físicas y químicas del metal durante el proceso” y “tal vez es el único proceso viable para obtener muy alta resolución”(p. 216).

Tomando como referencia la información de (Allen, 2013) y de (Newcut, 2013), el proceso de fabricación tiene los siguientes pasos:

1. Diseño de las piezas y selección del material a utilizar.
2. Cortado de la lámina para que exista el menor desperdicio.
3. Limpieza del material para quitar grasa y contaminantes de la superficie es importante para asegurar una correcta adhesión entre el material y el material foto resistente durante el proceso de revestimiento.

4. Laminado: el material debe ser recubierto de material foto resistente justo después de la limpieza para reducir el riesgo de contaminación y oxidación de la superficie. El material foto resistente es un polímero sensible a la luz ultravioleta. El recubrimiento es fotosensible y resistente a los químicos que cortarán el metal y puede ser una película seca aplicada con una laminadora o un revestimiento líquido que se aplicará en ambas caras de la lámina para permitir el formado en ambas caras simultáneamente.

Cabe comentar que el cubrimiento foto resistente puede ser positivo o negativo: a) positivo: Las áreas expuestas a la luz durante el proceso son removidas y b) negativo: en este proceso, más comúnmente usado, las áreas no expuestas a la luz, son removidas.

5. Exposición: El material recubierto con la capa fotosensible es expuesto a luz ultravioleta (UV) para transferir la imagen de la pieza a formar en el material recubierto. La acción de la luz polimeriza la superficie expuesta. La lámina se pone en un marco de vacío entre las dos películas con las imágenes de las piezas y se expone a la luz UV por ambos lados.
6. Revelado: esta etapa se realiza sumergiendo la lámina previamente expuesta en una charola con líquido revelador. Este proceso remueve el material no polimerizado en las áreas descubiertas de la lámina. Se usa hidróxido de sodio como revelador.

El resultado de esta etapa es la lámina con la imagen del diseño protegida por el material foto resistente. Las áreas descubiertas están listas para ser removidas por el proceso de fotocortado.

7. Fotocortado: En esta etapa cualquier área no cubierta será erosionada por la acción química del líquido formador, que generalmente es Cloruro Férrico, también conocido como cloruro de hierro. Esta etapa se realiza en un tanque de formado.
8. Remoción de capa de material fotosensible: de acuerdo al material utilizado como recubrimiento se realiza el proceso de su remoción y limpieza de la superficie.
9. Control de calidad: las piezas terminadas se revisan electrónicamente para verificar sus medidas de acuerdo al diseño y visualmente se revisa su superficie.

La fabricación del prototipo se encargó a la empresa Newcut, Inc. ubicada en Newark, Nueva York, Estados Unidos ya que fue la que mejor costo ofreció y cuenta con la experiencia en este tipo de requerimientos, ya que otras opciones se enfocan solo en productos de gran tamaño para uso industrial o se encuentran ubicadas en Europa, lo que incrementa el costo de flete. La información de la empresa se puede encontrar en [www.newcut.com](http://www.newcut.com).

El proceso inició con el envío de los diseños de las tres piezas para su análisis tras lo cual se tuvo que tomar la decisión sobre realizar una línea de doblado fotograbada o no, teniendo estas opciones:

- a) Utilizar una línea de doblado: No se incrementa la longitud de la pieza, ayuda a realizar el doblado sirviendo como guía y se mantiene exactitud del doblado, se pierde un poco de solidez.
- b) No utilizar una línea de doblado: Se requiere un milímetro por cada línea de doblado ya que se requiere por el resultado del radio de doblado, se mantiene la solidez y se pierde exactitud ya que no existe guía para realizar los dobleces.

Por lo anterior, se decidió utilizar una línea de doblado ya que la exactitud es más importante que la solidez por la necesidad de la alineación del eje de doblado resultante de la alineación de las dos piezas que conforman la base.

Utilizaremos acero inoxidable en lámina de 1 mm de espesor ya que este material tiene un buen comportamiento en este proceso de fabricación, su superficie es resistente a rayones, es maleable y soporta la deformación.

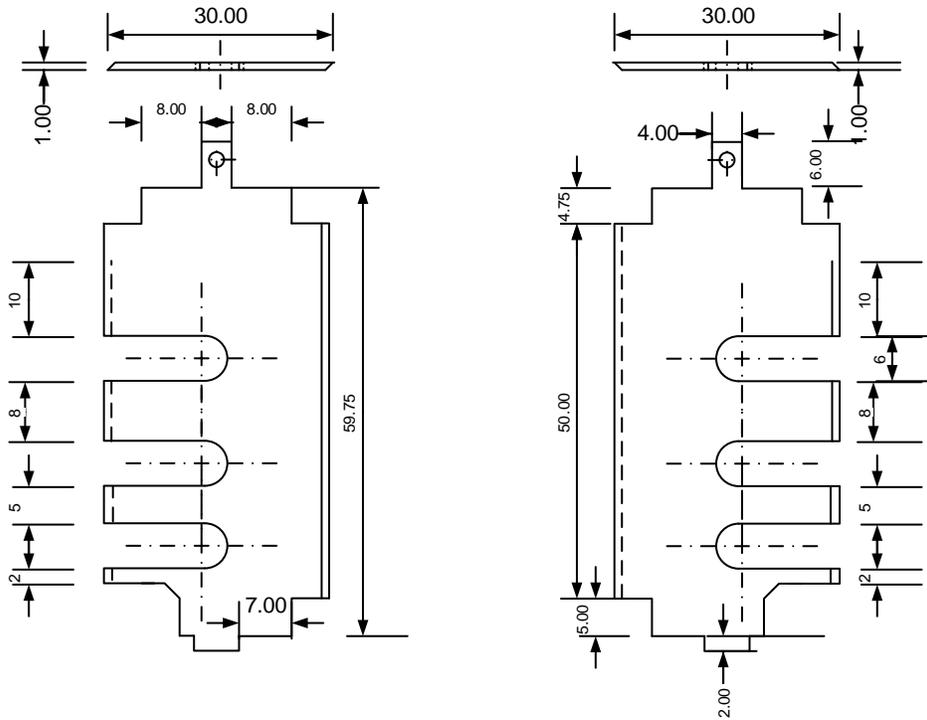
En el caso de nuestro prototipo utilizaremos una lámina de acero anodizado 304 de 12x12 pulgadas con espesor de 1 mm donde se fabricarán seis juegos de cada una de las tres piezas que conforman el mecanismo. El costo de hacer un juego o seis es el mismo, ya que es la lámina más pequeña que maneja el proveedor.

La tolerancia que se maneja en este proceso de fabricación es del 10% del espesor de la lámina, en este caso es de  $\pm 0.1016$  mm ( $\pm 0.004$ ”).

El diseño de las piezas sólo sufrió modificación en la pieza de la cabeza de doblado acortando en 0.25 mm la longitud que tiene contacto con las paredes de la base de forma que el ajuste no quede forzado.



El diseño de la cabeza de doblado final queda así:



**Figura 38** Diseño final de la cabeza de doblado con los ajustes requeridos para su correcto posicionamiento en la base de doblado.

A continuación se autorizaron los diseños de cada pieza en el archivo de AutoCAD y se procedió a realizar la película foto resistente.

Para ubicar las piezas en la película foto resistente se recomienda que la distancia entre cada pieza debe ser de al menos el espesor de la lámina, que en este caso es de 1 mm, además alrededor de cada pieza se realizó un línea de 0.75 mm de ancho que desaparecerá en el proceso de fotocortado dejando la pieza libre de la lámina.

A continuación se presenta como queda el arreglo de las partes del mecanismo en la película foto resistente realizada en AutoCAD:

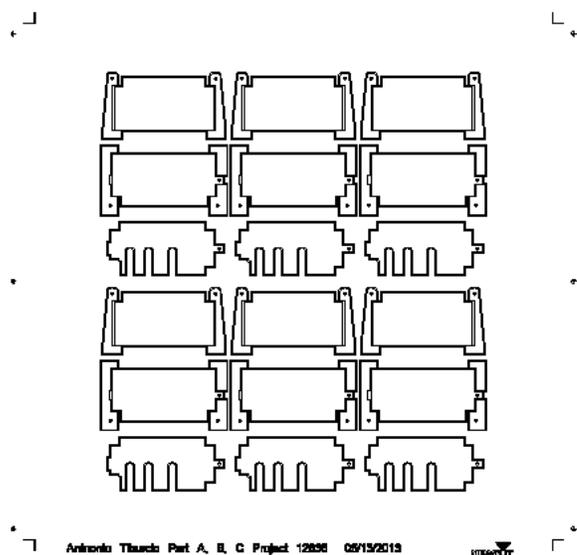


Figura 39 Se muestra la distribución de las piezas en la película foto resistente.

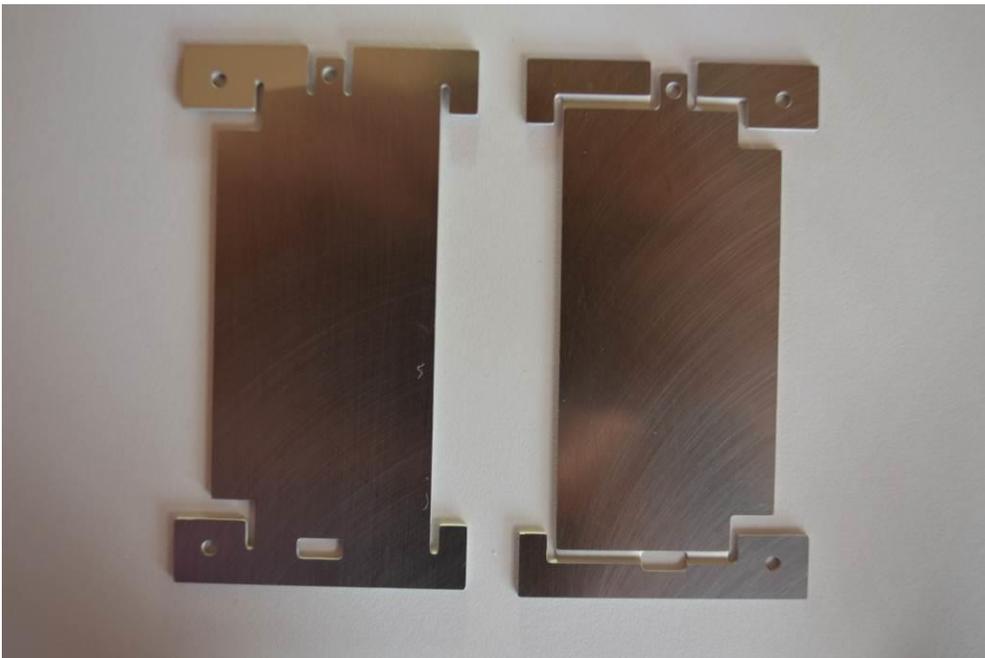
Aquí se presentan las piezas terminadas:



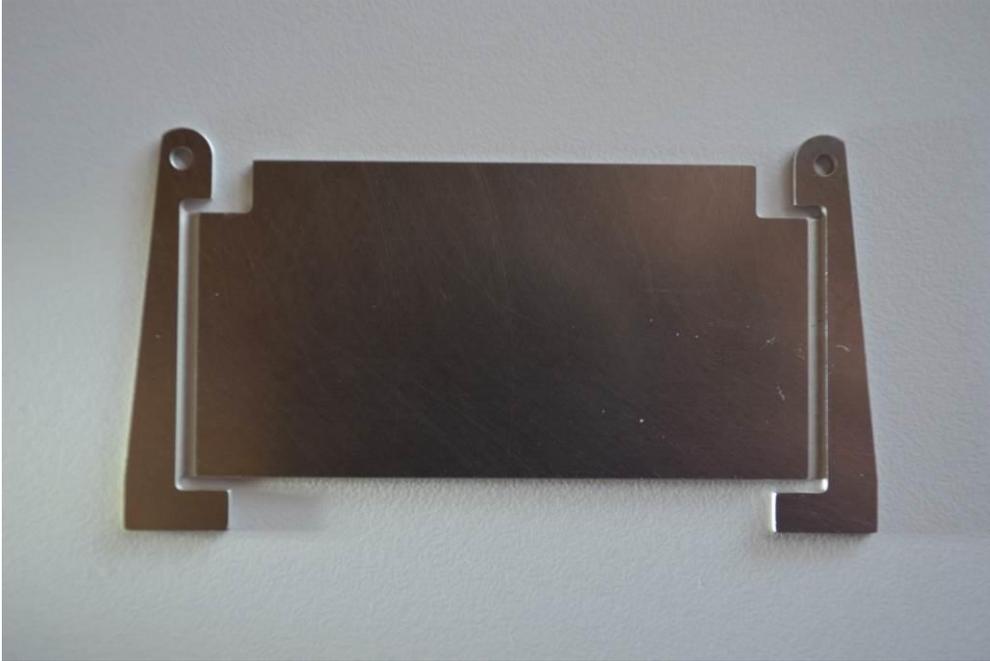
Figura 40 Cabeza de doblado.



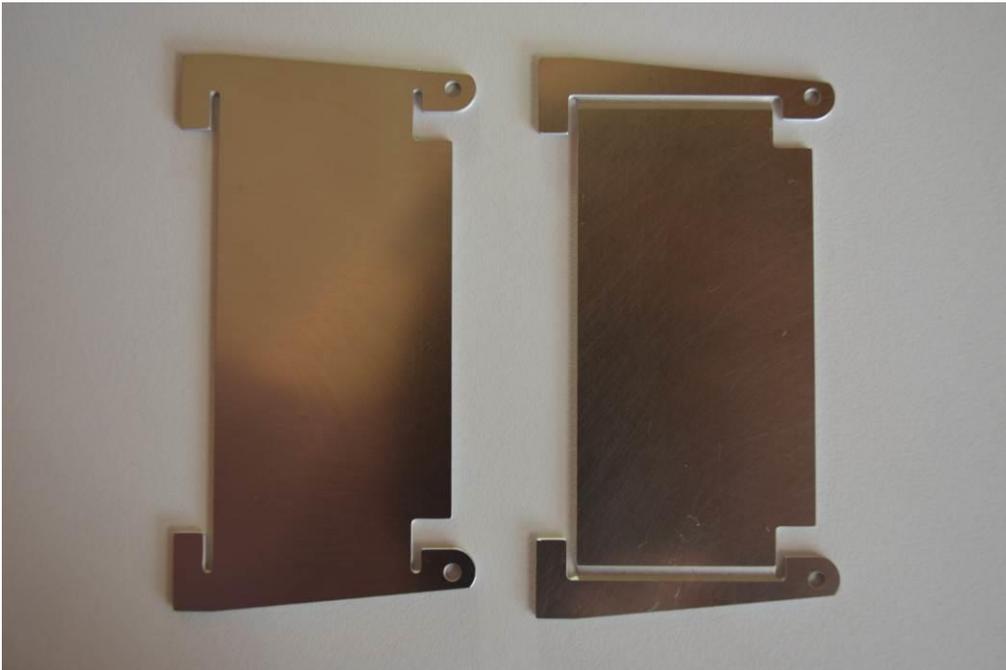
**Figura 41** Base izquierda, nótese la línea de doblado.



**Figura 42** Base izquierda reverso y anverso

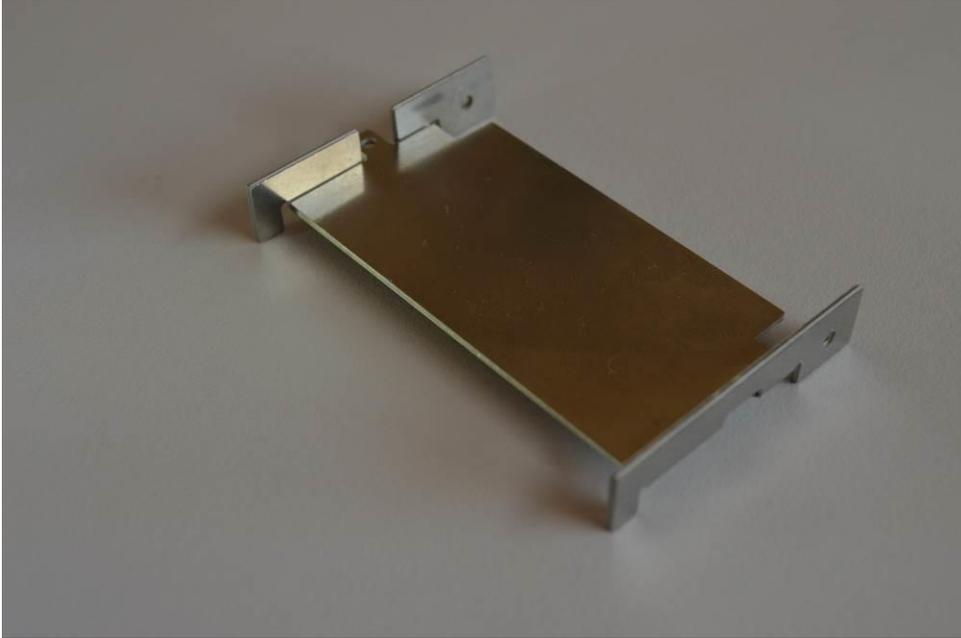


**Figura 43 Base derecha.**

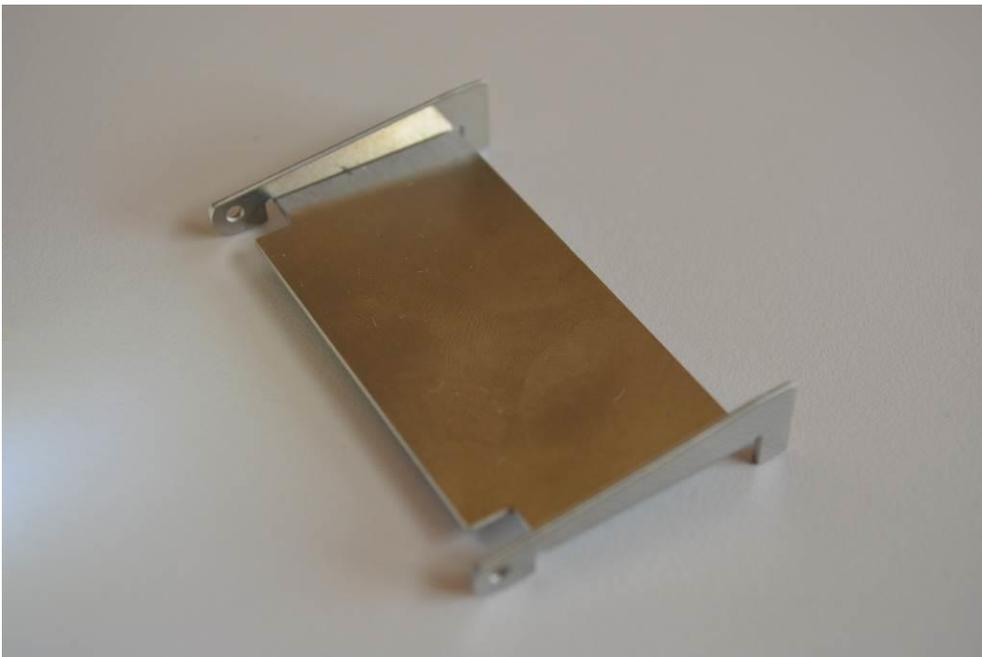


**Figura 44 Base derecha reverso y anverso.**

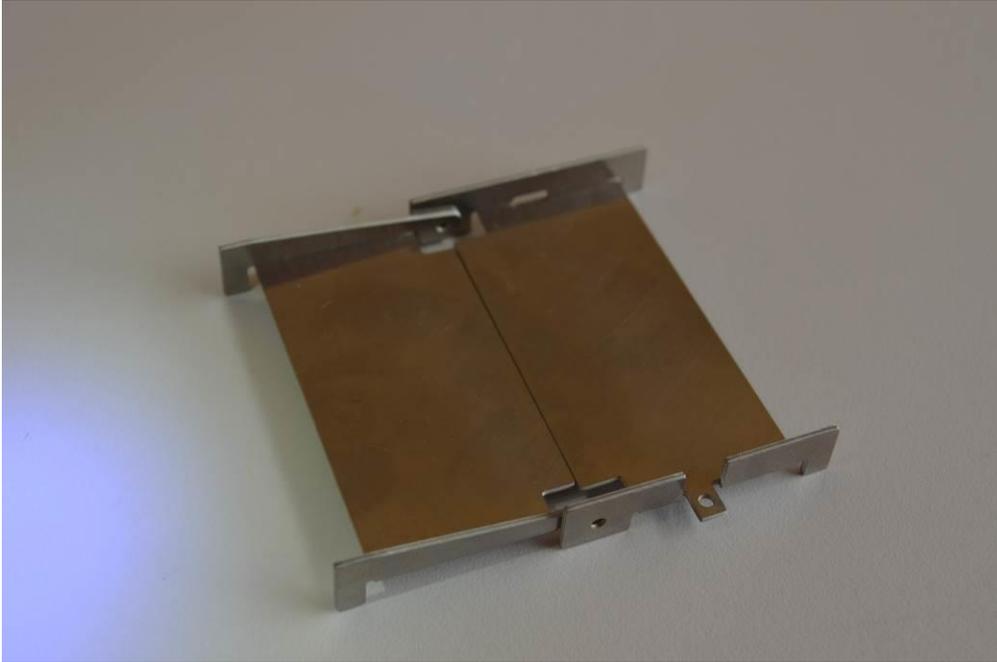
Para realizar el ensamble primeramente procederemos a doblar las piezas que conforman la base:



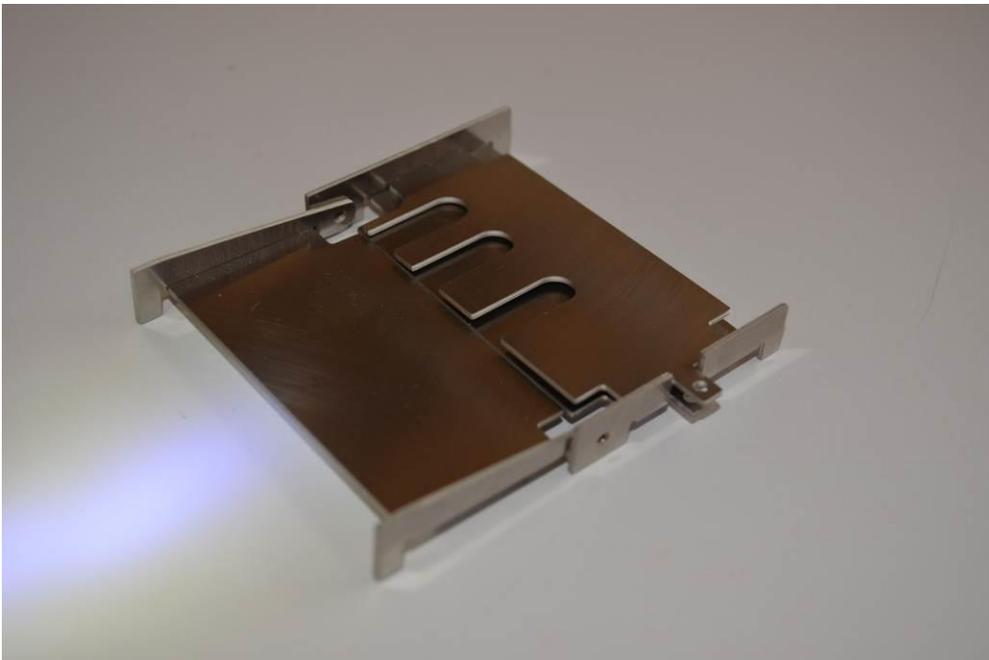
**Figura 45** Base izquierda doblada a su forma final.



**Figura 46** Base derecha doblada a su forma final



**Figura 47** Ensamble de la base.



**Figura 48** Ensamble de la base con cabeza de doblado.

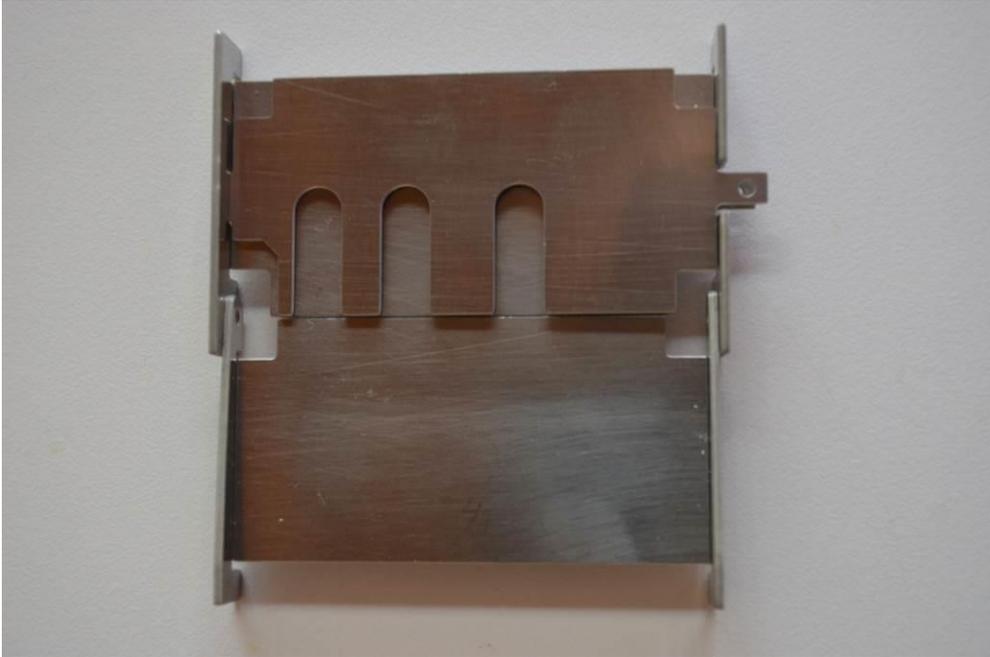


Figura 49 Otra vista del ensamble con la cabeza de doblado.

### **Costo**

El costo cotizado de los 6 juegos fue de 573.65 dólares de los Estados Unidos (usd), lo que nos da un costo unitario de 95.60 usd por unidad más 20.83 usd por envío e importación, es decir 116.43 usd por juego. Hay un cargo adicional único de desarrollo de la pieza por 353 usd.

El costo para 100 juegos es de 26.66 usd por unidad con gastos de envío e importación de 5.80 usd, por lo que el costo unitario puesto en México es de 32.46 usd, más el costo único, queda el costo de fabricación en 35.99 usd. Cada tornillo tiene un costo de 0.5 usd, por lo que el costo final es de 36.99 usd.

## CAPITULO 5: Conclusiones

La tesis cumple con su objetivo general al presentar el diseño y prototipo funcional del mecanismo para doblar láminas de fotocortados. Del proceso de desarrollo y su análisis se desprenden varias conclusiones:

- a) El mecanismo desarrollado cumple con la mayoría de los requerimientos planteados:
  - a. Económicamente accesible.
  - b. Funcionalidad adecuada a las necesidades del modelista.
  - c. Resistencia al desgaste debido a su utilización.
  - d. Facilidad para ensamblar y desensamblar.
  - e. Livianidad para facilitar la transportación y el envío por correo.
  - f. Disponibilidad de materiales y procesos para su fabricación en nuestro país. En este punto vale la pena comentar que aunque los materiales para la fabricación existen en México, no fue posible localizar un proveedor para realizar el prototipo, así como su posterior fabricación.
- b) Utilización: Como es el caso con cualquier producto, la máxima prueba de éxito en su desarrollo es que su desempeño en su uso objetivo sea adecuado. Es por ello que realizamos pruebas de utilización del mecanismo con piezas de fotocortados comerciales utilizadas en el armado de un modelo de un tanque escala 1/35.

Escogimos piezas de tamaño pequeño y/o que tuvieran al menos dos dobleces y/o piezas con dobleces complejos en que se requiera que una sección ya doblada requiera un doblado adicional.

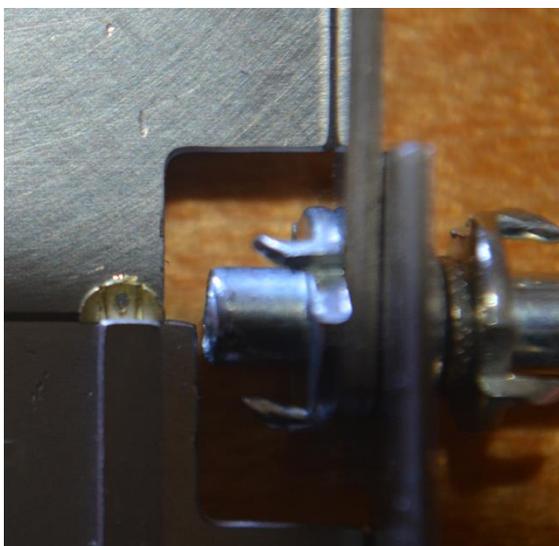
En esta imagen se muestran las piezas a doblar por el mecanismo:



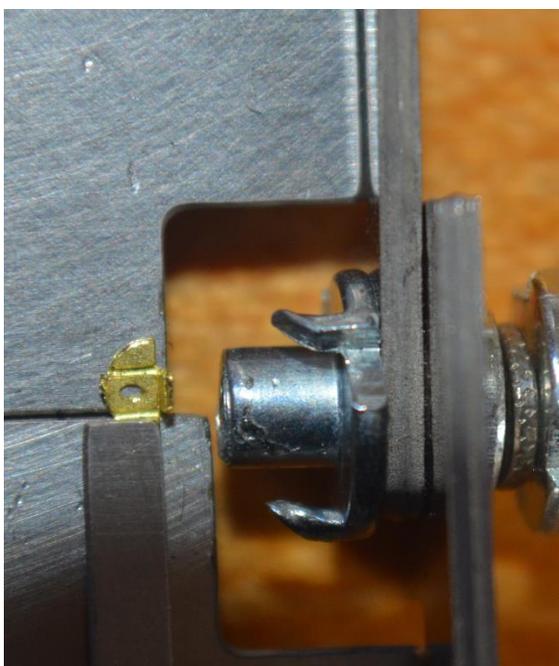
**Figura 50 Selección de piezas para ser dobladas a manera de prueba del mecanismo.**

La experiencia resultante de la utilización del mecanismo la resumimos en estos comentarios:

- a) Posicionar la pieza en el lugar adecuado para doblarla es sencillo y la sujeción de la pieza de forma que mantenga su posición al realizar el doblado es muy buena ya que no hubo desplazamiento por lo que los dobleces fueron hechos con exactitud.



**Figura 51** Pieza posicionada para ser doblada en el mecanismo con uña de 2 mm.

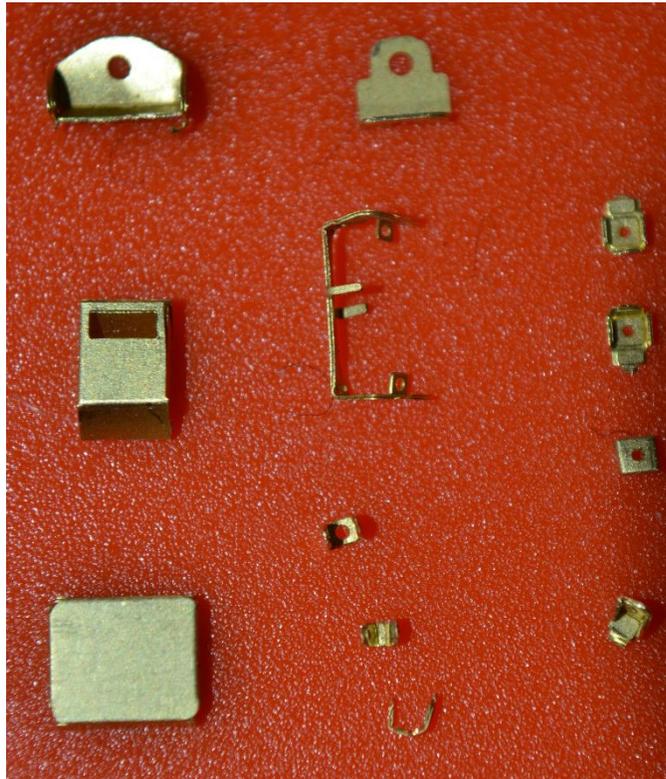


**Figura 52** Segundo doblado en la pieza mostrada en figura anterior.

- b) La fuerza del pulgar es suficiente para ejercer la presión necesaria para que la pieza quede firmemente posicionada entre la cabeza de

doblado y la base. Por lo tanto no es necesario incluir un tornillo para ajustar la cabeza de impresión con la base.

- c) El mecanismo se percibe sólido y estable, no se deforma al operar, la rotación de la base no crea esfuerzos que afecten la operación o propicie un desajuste en el ensamble.
- d) Todas las piezas se pudieron doblar, solo que en el caso de que se requiera una fijación menor a dos milímetros, el doblado se hace parcial ya que la uña más pequeña de la cabeza de doblado tiene 2 milímetros de ancho. Esta situación afecta negativamente para realizar el último doblado para piezas en forma de caja o piezas en que la sección entre dos dobleces sea menor a 2 mm.



**Figura 53** Piezas dobladas. Notar que las cajas de 1mm por lado, del extremo derecho, solo pudieron ser dobladas en 3 lados.

- e) El ángulo de 45 grados del bisel de las uñas es suficiente para la mayoría de los dobleces. En una pieza de prueba quedó muy justo este ángulo, por lo que la disminución a 30 grados será benéfica.

Como resumen podemos decir que el mecanismo funciona adecuadamente con un buen desempeño, no experimentando problemas en su ensamble y operación.

Existen algunas limitantes en su uso que afectan su aplicación en algunos casos comentados anteriormente, pero no existe problema alguno para comercializar este producto como está diseñado actualmente.

Como acciones a futuro para mejorar la funcionalidad se pueden comentar éstas:

- a) En el diseño de la cabeza de doblado, la uña de 2 mm de ancho se reemplaza por una de 1 mm moviendo, además, su posición 3 mm más al centro para alejarla del hueco de la base, ya que en el caso de que la pieza a doblar tenga un segmento en dicho hueco, su doblado no es uniforme respecto al área que si está apoyada en la base, causando deformación no deseada. La uña de 4 mm se reemplaza por una de 2 mm para tener el espacio de mover la uña de 1 mm.
- b) El ángulo del bisel se reduce de 45 a 30 grados.
- c) El diseño debe modificarse incrementando el diámetro de los orificios donde se insertan los tornillos para ensamblar la base a un tamaño estándar ya que el propuesto requiere de un tornillo especial. Esta

modificación se puede realizar sin generar cambios al proceso de fabricación ya que sólo es necesario cambiar el diseño en el archivo de AutoCAD para que estos orificios queden en un diámetro tamaño estándar.

- d) Realizar un prototipo para evaluar si el mecanismo puede fabricarse en lámina de acero con menor espesor, por ejemplo de 0.5 mm, para reducir costo y peso.

---

## Bibliografía

- Allen, D. (2013). *The Technology - PCM Process*. Recuperado el 25 de agosto de 2013, de Photo Chemical Machining Institute:  
<http://pcmi.org/technology-process/>
- Ashley, T. (13 de mayo de 2006). *Fender Bender Review*. Recuperado el 15 de julio de 2013, de Perth Military Model Site:  
<http://www.perthmilitarymodelling.com/reviews/tools/ausfwerks/ausfwerks16-04.htm>
- Deutschman, A. D., Michaels, W. J., & Wilson, C. E. (1987). *Diseño de maquinas* (1a ed.). México: CECSA.
- De-Vaquerizo, C. D. (abril de 2004). Láminas de Fotocortado. *Revista Panzer Aces No.3*, 58.
- Green, B. (2003). *Mission Model's Etch Mate review*. Recuperado el 20 de agosto de 2013, de Hyper Scale:  
[http://misc.kitreview.com/tools/etchmatereviewbg\\_1.htm](http://misc.kitreview.com/tools/etchmatereviewbg_1.htm)
- Greenland, T. (2001). *Panzer Modelling* (2a ed.). Oxford: Osprey Modelling.
- IPMS México. (2013). *Sitio de la Sociedad Internacional de Modelistas de Plástico México*. Recuperado el 2 de Septiembre de 2013, de XXIX Convención Nacional de Modelismo Estático:  
<http://www.ipmsmexico.org/categorias.html>
- Jiménez, M. (2005). *F.A.Q. Preguntas frecuentes sobre técnicas de pintura de vehículos militares* (1a ed.). Madrid: Andrea Press.
- Kalpakjian, S., & Schmid, S. (2007). *Manufacturing Processes for Engineering Materials* (5a ed.). Reading, Mass, E.U.A.: Prentice Hall.
- Lefteri, C. (2012). *Making IT: Manufacturing Techniques for product design* (5a ed.). Londres: Laurence King Publishing.
- McGeough, J. (1988). *Advanced Methods of Machining* (1a ed.). Londres: Chapman & Hall.
- Newcut. (25 de Agosto de 2013). *PCM Process*. Obtenido de Newcut:  
<http://www.newcut.com/photochemical-machining-process>
- Streeter, E., & Wylie, V. (1985). *Mecánica de los fluidos* (6a ed.). México: Mc Graw-Hill.
- Testor Corp. (1989). *Model Building & Finishing Guide* (1a ed.). Rockford, IL, E.U.A.: Testor corp.
- Thompson, T. (diciembre de 2001). Which scale is right for your next model. *Revista "Fine Scale Modeller"*, 68-71.
- Wikipedia. (2013). *Wikipedia*. Recuperado el 20 de agosto de 2013, de List of scale model sizes: [http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_scale\\_model\\_sizes](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_scale_model_sizes)