



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA  
Ingeniería Civil - Área Construcción

**CIMBRAS DE PLÁSTICO ENSAMBLABLES,  
DISEÑO DE PIEZAS DE PLÁSTICO PARA CIMBRA**

**TESIS**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:  
ING. ALEJANDRO SENÉN HERNÁNDEZ SORIANO

TUTOR PRINCIPAL:  
Ing. Luis Armando Díaz-Infante de la Mora  
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA

México, D.F. Enero del 2014



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

**JURADO ASIGNADO:**

Presidente: M. I. Salvador Díaz Díaz

Secretario: Dr. Jesús Hugo Meza Puesto

Vocal: Ing. Luis Armando Díaz-Infante de la Mora

1<sup>er</sup> Suplente: M. I. Marco Tulio Mendoza Rosas

2<sup>do</sup>. Suplente: M. I. Carlos Narcia Morales

Lugar o lugares donde se realizó la tesis:

Ciudad Universitaria, México, D.F.

TUTOR DE TESIS:

Ing. Luis Armando Díaz-Infante de la Mora

-----  
FIRMA



Agradezco a Dios  
A la Universidad Nacional Autónoma de México  
Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología  
Y a los maestros que tuve en la Facultad de Ingeniería

A mi maravillosa esposa, Rosa Elia Alvear

Y a mi mamá, Doña Socorrito Soriano



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESTUDIOS DE POSGRADO



***CIMBRAS DE PLÁSTICO ENSAMBLABLES,  
DISEÑO DE PIEZAS PLÁSTICAS PARA CIMBRA***

**Por Ing. Alejandro Senén Hernández Soriano**

Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería. Departamento de Construcción,  
Ciudad Universitaria, México DF, 2014.

---

**Palabras clave**

Cimbras, Encofrados, Manual de cimbras, Diseño de cimbras, cimbras de plástico, encofrados de plástico, cimbras ensamblables, plástico.

---

**Resumen**

En este trabajo se diseñaron piezas de plástico ensamblables para utilizarlas como cimbras en la construcción. Actualmente se utilizan cimbras de varios materiales y con mayor frecuencia las cimbras de madera, la cual es un recurso natural y su uso debe racionalizarse. La madera puede ser substituida por un adecuado diseño de material plástico que iguale sus características mecánicas. Se investigaron varias tipos de plásticos, encontrando que el Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS) entre otros es una buena opción para iniciar el proceso de substitución de las cimbras de madera convencionales. El diseño de las cimbras de plástico permite utilizarlas para cualquier forma que se le quiera dar al concreto en la construcción, con las ventajas que proporciona el plástico. Al principio el costo de fabricación de estas cimbras será alto, sin embargo los usos que se le otorgan lo convierten en una opción viable para competir con las cimbras de madera e inclusive cimbras de otros materiales.

# ÍNDICE

	Págs.
Abreviaturas	VIII
Introducción	IV
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>CARACTERÍSTICAS DE CIMBRAS Y CONCRETOS</b>	
1.1 Objetivo Capitular	1
1.2 Definición y función de cimbras	1
1.3 Clasificación de las cimbras	1
1.3.1. Según su posición	1
1.3.2. Según el modo transmisión de los esfuerzos	1
1.3.3. Según el acabado del concreto	2
1.3.4. Según el material de ejecución	2
1.3.5. Según el número de usos	2
1.3.6. Según la forma de trabajo	2
1.4 Cimbras para diversos tipos de elementos	2
1.5 Ventajas y desventajas de cimbras	2
1.5.1. Cimbras de madera	2
1.5.2. Cimbras de acero	3
1.5.3. Características de cimbras para soportar el peso del concreto	3
1.5.4. Propiedades de cimbras para soportar el peso de concreto	3
1.6 Características y propiedades del concreto	4
1.6.1. Densidad y peso	4
1.6.2. Temperaturas máximas	5
1.6.3. Desmoldantes	5
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>PROPIEDADES DE LOS PLÁSTICOS</b>	
2.1 Objetivo Capitular	6
2.2 Definición de los plásticos	6
2.3 Clasificación	7
2.3.1. Materiales Termoplásticos	7
2.3.2. Plásticos Termoestables	8
2.4 Características de plásticos	10
2.4.1. Propiedades Mecánicas	10
2.4.2. Degradación	10
2.4.3. Desgaste y propiedades friccionantes	10
2.4.4. Características térmicas	11

2.4.5 Permeabilidad	11
2.4.6. Procesamiento	13
2.4.7. Costos	13
2.5 Principios Básicos para su fabricación	13
2.5.1. El proceso de extrusión	13
2.5.2. Moldeo con inyección a presión	14
2.5.3. Extrusión combinada con soplado	15
2.5.4. Plástico disponible para el diseño	15
2.5.5. Plástico Adecuado	16

### **CAPÍTULO 3 DISEÑO DE PIEZAS PLÁSTICAS**

3.1. Objetivo Capitular	17
3.2. Selección de Formas básicas: Cimbra común	17
3.3. Soporte Larguero	20
3.4. Cerchas	21
3.5. Esquineros	23
3.6. Soportes Triangulares	24
3.7. Yugos	27
3.8. Esquinero-27	29
3.9. Cabezal Recto	30
3.10. Cabezal Inclinado	31
3.11. Piezas especiales	34
3.11.1. Pieza Esquinero-ES27	34
3.11.2. Pieza Común-ES10.	35
3.11.3. Cabezal Largo	36

### **CAPÍTULO 4 COSTOS Y PROCEDIMIENTO DE ENSAMBLE DE CIMBRAS DE PLÁSTICO**

4.1 Objetivo capitular	38
4.2 Estudio de costos para las cimbras de plástico	38
4.2.1 Fabricación de piezas	38
4.3 Procedimiento de armado de cimbra para losas	43

### **CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES 46**

### **BIBLIOGRAFÍA 48**

<b>ANEXO A</b> Clasificación y propiedades de los plásticos	49
<b>ANEXO B</b> Procesos de moldeo para termoplásticos comunes	53
<b>ANEXO C</b> Procesos de formado adecuado para piezas con formas particulares	54
<b>ANEXO D</b> Comparativa de costo de herramientas, ritmos de producción,	



	y volúmenes de producción típicos para procesos de moldeo	55
<b>APÉNDICE I.</b>	Ecuación para el cálculo del tamaño de espacios entre Pivotes	56
<b>APÉNDICE II.</b>	Tabla de medidas y costos de las piezas de plástico	58
<b>APÉNDICE III.</b>	Planos de las piezas diseñadas	59
	Cimbra Común	60
	Largueros	61
	Cercha	62
	Esquinero	63
	Soporte Triangular	64
	Yugos	65
	Esquinero-27	66
	Cabezal Recto	67
	Cabezal Inclinado	68
	Esquinero-ES27	69
	Común-ES10	70
	Cabezal Largo	71

## ABREVIATURAS USADAS

<i>Art.</i>	<i>Artículo</i>
<i>ant.</i>	<i>anterior</i>
<i>cap.</i>	<i>capítulo</i>
<i>Ed.</i>	<i>Editorial</i>
<i>edic.</i>	<i>Edición</i>
<i>fig.</i>	<i>Figura</i>
<i>kg</i>	<i>kilogramo(s)</i>
<i>lb</i>	<i>Libras</i>
<i>mm</i>	<i>milímetros</i>
<i>No.</i>	<i>Número</i>
<i>pág.</i>	<i>Página</i>
<i>págs.</i>	<i>Páginas</i>
<i>pulg.</i>	<i>pulgadas</i>
<i>sec.</i>	<i>Sección</i>
<i>s. f.</i>	<i>sin fecha de publicación</i>
<i>trad.</i>	<i>Traducción</i>
<i>USD</i>	<i>Dólares americanos</i>
<i>vol.</i>	<i>Volumen</i>
<i>Vols.</i>	<i>Volúmenes</i>

## LATINISMOS UTILIZADOS

		<b>Significa</b>
<i>Cfr.</i>	(confer)	"compárese, confróntese, consúltese a..."
<i>Et al.</i>	(et alli)	"y otros"
<i>Ídem</i>	(ídem)	"el mismo, lo mismo"
<i>Ibíd.</i>	(ibídem)	"en el mismo lugar"
<i>Infra.</i>	(infra)	"mas adelante"
<i>Op. Cit.</i>	(opus citatum)	"en la obra citada"
<i>Supra.</i>	(supra)	"en la parte de atrás"
<i>Vid.</i>	(videtur)	"Véase a"
<i>Vid. Infra.</i>	(videtur infra)	"véase mas adelante"
<i>Vid. Supra.</i>	(videtur supra)	"véase en la parte de atrás"

## **INTRODUCCIÓN**

### ***Exposición de tema***

En este trabajo se diseñarán y propondrán piezas de plástico para utilizarlas en los trabajos de construcción como cimbras.

### ***Los motivos del trabajo***

En la construcción civil se han utilizado por mucho tiempo cimbras de diferentes materiales tales como la madera, el metal y la fibra de vidrio entre otros, teniendo que contener con las adversidades que presentan estos materiales para el constructor, como su limitado uso, el precio elevado de los materiales con las que están hechas y los cuidados que se deben de tener al concreto el cual contendrán. Estas adversidades normalmente se redimen con un costo a los trabajos que se realizan.

En la actualidad se han desarrollado plásticos que pueden competir con aquellos materiales que componen las cimbras, en cuanto a uso, resistencia y costo.

Esta investigación pretende utilizar el plástico adecuado que cubra la mayoría de las deficiencias de los materiales usados y se diseñaran piezas que optimicen los trabajos de cimbrado que la industria de la construcción requiere para mejorar su producción.

### ***Hipótesis formuladas***

Se diseñaran piezas plásticas ensamblables para formar cimbras

### ***Estructura general del trabajo***

Para llevar a cabo esta investigación en el primer capítulo se habla de las características de las cimbras y de las cualidades y cuidados que se deben de tener con el concreto en relación a las cimbras.

En el segundo capítulo se explica lo que es el plástico, las características, las propiedades y los tipos de plásticos disponibles para el diseño. Se comparan con las necesidades de las piezas a diseñar y se elegirá al plástico adecuado que proporcione las mejores características y propiedades.

En el tercer capítulo se diseñará las piezas para la cimbra, se describirán sus propiedades y uso en el cimbrado así como su colocación. Se desarrollarán alrededor de doce piezas que cubrirán la mayoría de posiciones del cimbrado.

En el Cuarto capítulo se estudian los costos de producción de las cimbras de plástico, se cotiza la producción de piezas por medio de simuladores. Se describe el procedimiento de ensamble de una loza de cimentación con las cimbras de plástico

En el capítulo cinco se desarrollan las conclusiones

En trabajo consta de un anexo y catorce apéndices con los cuales concluye el trabajo.

# **CAPÍTULO 1**

## **CARACTERÍSTICAS DE CIMBRAS Y CONCRETOS**

### **1.1 Objetivo Capitular**

Los objetivos de este capítulo son:

Describir las funciones de las cimbras, su clasificación, las características de los materiales que las forman y las cargas que actúan sobre estas. Se hablará de las propiedades del concreto y los cuidados que se deben considerar en las cimbras para mantener sus cualidades de diseño al endurecer.

### **1.2 Definición y función de cimbras**

Como definición podemos decir que una cimbra es un molde que le da al concreto su forma. Técnicamente una cimbra es una estructura que contendrá al concreto mientras esté en su estado dúctil. Sus funciones principales son:

- Soportar cargas
- Aportar precisión en las medidas y
- Proporcionar seguridad

Un aspecto muy importante en las obras es que la cimbra debe de ser económica.

### **1.3 Clasificación de las cimbras**

Las cimbras se pueden clasificar de la siguiente manera:

#### **1.3.1 Según su posición**

- a) Cimbras horizontales, utilizadas para ejecutar elementos estructurales como losas
- b) Cimbras verticales o inclinadas, usados en muros, pilares, pilas de puentes, presas, etc.

#### **1.3.2. Según el modo transmisión de los esfuerzos se clasifican en:**

- a) Cimbras a una cara; Las presiones del concreto son absorbidas por estructuras externas al cimbrado.
  - b) Cimbras a dos caras; las presiones del concreto son absorbidas por tirantes internos que atan las dos caras de las cimbras
- 1.3.3. Según el acabado del concreto
- a) Cimbras de Concreto aparente
  - b) Cimbras comunes
- 1.3.4. Según el material de ejecución
- a) Cimbras de madera
  - b) Cimbras metálicas
  - c) Cimbras de cartón
  - d) Cimbras de poliestireno
- 1.3.5. Según el número de usos
- a) Cimbras recuperables
  - b) Cimbras no recuperables
- 1.3.6. Según la forma de trabajo
- a) Cimbras fijas; pilares, muros, losas.
  - b) Cimbras con desplazamiento (móviles); trepadoras, auto trepadoras, deslizantes y especiales.

## **1.4 Cimbras para diversos tipos de elementos<sup>1</sup>**

Las cimbras se utilizan para formar distintas estructuras de concreto como son:

- a) Cimbras para cimentaciones, que incluyen zapatas aisladas, combinadas y corridas, dados y contratrabes.
- b) Cimbras para columnas, que comúnmente son de sección cuadrada o circulares.
- c) Cimbras para muros de contención o estructurales.
- d) Cimbras para losas y trabes.

## **1.5 ventajas y desventajas de cimbras**

### 1.5.1. Cimbras de madera

- a) La madera es un material fácil de trabajar con herramientas sencillas.

---

<sup>1</sup> Curso de Edificación, Luis Armando Díaz-Infante de la Mora., Ed. Trillas. 2009 Pág. 178

- b) Con un mantenimiento adecuado son durables.
- c) Con gran resistencia específica, una viga de madera soporta más carga y esfuerzo que sus equivalentes del mismo peso en concreto o en acero
- d) Es un material económico
- e) Es ligera en comparación con el acero
- f) La veta de la madera determina su resistencia estructural
- g) La humedad afecta su resistencia
- h) Puede ser atacada por agentes naturales
- i) Tiene usos limitados
- j) Su deformación con cargas prolongadas es permanente

#### 1.5.2 Cimbras de acero

- a) Tienen una gran cantidad de usos
- b) Proporcionan gran estabilidad a la obra
- c) Puede mecanizarse
- d) Tiene una gran resistencia a esfuerzos considerables
- e) En su mayoría son modulares
- f) Son muy pesados para su colocación
- g) Son susceptibles a la corrosión
- h) Son muy costosas

#### 1.5.3. Características de cimbras para soportar el peso del concreto

En cimbras de madera, el peso de la estructura de madera es despreciable. En cimbras de acero se debe de considerar un peso de estructura de 50 kg por metro cuadrado

La cimbra debe ser capaz de soportar el peso del concreto, los trabajadores, la herramienta, el impacto de concreto al ser vaciado y la temperatura.

La magnitud de la presión " $P$ " del concreto, considerado como un líquido perfecto, en un punto cualquiera de la cimbra estará dada por el producto de la densidad del concreto " $\delta$ " por la altura " $h$ " que alcanza el concreto en ese punto.

$$P = \delta h$$

#### 1.5.4. Propiedades de cimbras para soportar el peso de concreto

En el siguiente cuadro se muestran los valores que la madera de pino de primera debe tener.

<b>Resistencia de la madera</b>	
Compresión	60 Kg/cm <sup>2</sup>
Flexión por impacto	80 kg
Tensión	65 kg
Modulo de elasticidad	85 000 Kg/cm <sup>2</sup>

Convencionalmente la forma mas eficaz de una cimbra es presentarla en forma de tarima, la cual se compone de marcos de madera de 1 m de largo por 50 cm de ancho y 2 x 4 pulgadas de sección, con una superficie de contacto hecha con duelas de media pulgada de espesor.

Esta cimbra es conocida como "común" y ha demostrado versatilidad y velocidad en el armado

## **1.6. Características y propiedades del concreto**

### 1.6.1. Densidad y peso

La masa volumétrica del concreto varía dependiendo de la cantidad y la densidad del agregado, la cantidad de aire incluido y las cantidades de agua y cemento.

En la siguiente tabla se muestran algunas relaciones de densidad con relación al tamaño de los agregados.

**Promedio de las Masas Volumétricas Observadas para el Concreto Fresco<sup>2</sup>**

Tamaño máximo del agregado, mm	Contenido de aire, porcentaje	Agua, kg/m <sup>3</sup>	Cemento, kg/m <sup>3</sup>	Masa específica, kg/m <sup>3</sup> **				
				Masa específica relativa del agregado <sup>†</sup>				
				2.55	2.60	2.65	2.70	2.75
19	6.0	168	336	2194	2227	2259	2291	2323
37.5	4.5	145	291	2259	2291	2339	2371	2403
75	3.5	121	242	2307	2355	2387	2435	2467

\*\* Concreto con aire incluido, con la cantidad de aire indicada.

† En condición saturada, con superficie seca. Multiplique la masa específica relativa del agregado por 1000 para obtenerse la masa específica de las partículas de agregado en kg/m<sup>3</sup>.

---

<sup>2</sup> Diseño Y Control de Mezclas de Concreto., Steven H. Kosmatka Editor PCA, 2004, Pág. 10



La primera consideración para fabricar cimbras es el peso del concreto en estado líquido. Utilizando cemento Tipo I el peso del concreto "w" incluyendo el acero de refuerzo es de:

$$w = 2.5 \text{ ton/m}^3$$

#### 1.6.2. Temperaturas máximas

Las temperaturas del concreto varían dependiendo de las condiciones climatológicas, en general el concreto depositado en las cimbras alcanza una temperatura que varía de los 4.5°C a los 55°C.

#### 1.6.3. Desmoldantes

Los desmoldantes son productos químicos utilizados entre las cimbras y el concreto para separarlos fácilmente y evitar daños en la superficie del concreto y la cimbra. También se utilizan para dejar superficies tersas, limpias y homogéneas.

## **CAPÍTULO 2**

### **PROPIEDADES DE LOS PLÁSTICOS**

#### **2.1 Objetivo Capitular**

Los objetivos de este capítulo son:

Definir el concepto del plástico, analizar cuantos tipos de plástico existen, las características y propiedades de cada uno de los tipos de plásticos y el proceso de fabricación del plástico en general para determinar el material a utilizar en las cimbras de plástico.

#### **2.2 Definición de los plásticos**

Existen varias definiciones para los plásticos

- Plástico (del griego plastikos, derivado de plassein: formar, moldear)
- Materias sintéticas o artificiales<sup>3</sup>

Comúnmente se dice que son elementos con estructuras iguales y grados de fusión distintos, que presentan en un intervalo dado de temperatura, un comportamiento elástico y moldeable.

Plástico, es un concepto global de forma análoga a “metal”, al igual que existen metales con distintas propiedades, también se conocen plásticos con distintas propiedades.

La palabra polímero y plástico a menudo es tomada como sinónimo sin embargo hay una distinción. El polímero es el material puro resultado del proceso de polimerización y rara vez se usan en su forma pura, para mejorar sus propiedades se les aplican aditivos y es cuando se le da el nombre de plástico<sup>4</sup>.

---

<sup>3</sup> Traducción literal de la palabra alemana “Kunststoffe”, traducida normalmente por “plásticos” o “resinas sintéticas”

<sup>4</sup> R.J. Crawford, *Plastics Engineering*. Third Edition, Ed. Butterworth Heinemann 1998. Pág. 3

En forma general se puede decir que los plásticos son una mezcla de moléculas, la mayor parte está formada por grandes cadenas de moléculas conocidas como polímeros, el resto de la mezcla está compuesta por pequeñas y diferentes moléculas conocidas como aditivos<sup>5</sup>.

Los principales aditivos usados en plásticos son:

- **Agentes antiestáticos.** Reducen la probabilidad de una descarga eléctrica en su superficie.
- **Agentes de acoplamiento.** Mejoran la combinación de los plásticos con rellenos o fibras
- **Rellenadores.** Mejoran las características mecánicas de los plásticos.
- **Expansores.** Usados para producir grandes volúmenes de plástico con poca resina
- **Retardantes de flama.** Reducen la posibilidad de combustión.
- **Lubricantes.** Mejoran las características de moldeo en el plástico fundido.
- **Pigmentados.** Producen color en el plástico.
- **Plastificantes.** Alteran las propiedades flexibles de formación de los plásticos
- **Reforzadores.** Mejoran la resistencia y rigidez de los polímeros
- **Estabilizadores.** Previenen el deterioro de los polímeros debido a factores ambientales.

## **2.3 Clasificación**

En cuanto a su proceso de elaboración, existen dos clases importantes de plásticos, los Materiales Termoplásticos y los plásticos Termoestables.

**2.3.1 Materiales Termoplásticos.** Son los que al ser calentados se pueden fundir y al enfriarse regresar a su estado sólido original. Este ciclo se puede repetir casi indefinidamente y es la base de su método de procesamiento. Dentro de esta clasificación existe una subdivisión en cuanto a su estructura molecular, que puede ser amorfa o cristalina, las cuales proveen diferentes características a los plásticos como a continuación se mencionan:

### **Estructura Amorfa**

- Gran rango de ablandamiento
- Transparente generalmente

---

<sup>5</sup> R. L. E. Brown, Design and Manufacture of Plastic Parts; Ed. John Wiley & Sons; 1980. Pág. 1

- Contracción baja
- Baja resistencia química
- Mala resistencia a la fatiga y al desgaste

### **Estructura Cristalina**

- Punto de fusión preciso
- Opaca Generalmente
- Contracción alta
- Alta resistencia química
- Buena resistencia a la fatiga y al desgaste

**2.3.2 Plásticos Termoestables.** Son aquellos que no pueden ser reblandecidos una vez que se han enfriado ni regresar a su estado original, es decir, son aquellos que una vez que se han moldeado y solidificado son extremadamente rígidos y presentan gran resistencia al calor, por esta razón se puede decir que son térmicamente estables.

Las piezas a diseñar requieren un material plástico que se pueda reciclar con facilidad para crear una tecnología sustentable y amigable con el medio ambiente, así mismo, este plástico sólo deberá de soportar temperaturas menores a los 100°C sin cambiar su propiedades de rigidez y dureza, por lo tanto, los materiales clasificados como termoplásticos son adecuados.

Dentro de estas dos clasificaciones, termoplásticos y termoestables se tienen las siguientes categorías:

- a) Plásticos de ingeniería: Son aquellos capaces de soportar grandes cargas por periodos determinados.
- b) Compuestos: son plásticos fusionados con fibras de diferentes materiales que sirven para aumentar las propiedades originales del plástico base.
- c) Espumas estructurales: Materiales plásticos a los que se les aplica gas para expandirlos antes y/o al moldearlos para formar una estructura interna de burbujas de aire y una capa sólida en el exterior, lo que ofrece una atractiva relación de peso-resistencia.
- d) Elastómeros: Son polímeros con poder de recuperación, flexibles y algunos muy suaves.
- e) Aleaciones poliméricas. Son plásticos formados por varios polímeros para lograr en un sólo material las ventajas poseídas de los polímeros usados.

f) Polímeros de cristal líquido: de reciente elaboración son principalmente poliésteres termoplásticos aromáticos con una excelente estabilidad dimensional.

En el Anexo A se muestra una lista de materiales termoplásticos y termoestables con sus clasificaciones y propiedades.

<b>Material</b>	<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Fuerza de tensión (MN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Modulo de Flexión (GN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Elongación al rompimiento %</b>
ABS (alto impacto)	1,040.00	38.0	2.200	8
Acetal (homopolímero)	1,420.00	68.0	2.800	40
Acetal (copolímero)	1,410.00	70.0	2.600	65
Acrílico	1,180.00	70.0	2.900	2
Acetato celulósico	1,280.00	30.0	1.700	30
CAB	1,190.00	25.0	1.300	60
EPOXI	1,200.00	70.0	3.000	3
Modificado PPO	1,060.00	45.0	2.300	70
Nylon 66	1,140.00	70.0	2.800	60
Nylon 66 (33% de vidrio)	1,380.00	115.0	5.100	4
PEEK	1,300.00	62.0	3.800	4
PEEK (30% de carbono)	1,400.00	240.0	14.000	1.6
PET	1,360.00	75.0	3.000	70
PET (36% de vidrio)	1,630.00	180.0	12.000	3
Fenólico (relleno de mineral)	1,690.00	55.0	8.000	0.8
Poliamida-imida	1,400.00	185.0	4.500	12
Policarbonato	1,150.00	65.0	2.800	100
Polieterimida	1,270.00	105.0	3.300	60
Polietersulfona	1,370.00	84.0	2.600	60
Poliimida	1,420.00	72.0	2.500	8
Polipropileno	905.00	33.0	1.500	150
Polisulfona	1,240.00	70.0	2.600	80
Poliestireno	1,050.00	40.0	3.000	1.5
Polietileno (LD)	920.00	10.0	0.200	400
Polietileno (HD)	950.00	32.0	1.200	150
PTFE	2,100.00	25.0	0.500	200
PVC (rígido)	1,400.00	50.0	3.000	80
PVC (flexible)	1,300.00	14.0	0.007	300
SAN	1,080.00	72.0	3.600	2
DMC (poliéster)	1,800.00	40.0	9.000	2
SMC (poliéster)	1,800.00	70.0	11.000	3

**Tabla 2.1 Propiedades mecánicas de plásticos<sup>6</sup>**

<sup>6</sup> R.J. Crawford, Plastics Engineering. Third Edition, Ed. Butterworth Heinemann 1998. Pág. 22

## **2.4 Características de plásticos**

Para hacer una elección adecuada del material plástico, se deben considerar las características del grupo al que pertenece y las cualidades individuales que tiene. Las características principales que se deben considerar en la elección del material plástico apropiado son las siguientes.

### **2.4.1 Propiedades Mecánicas**

- a) Resistencia, es la fuerza necesaria del plástico para llevar a cabo su función satisfactoriamente.
- b) Rigidez, es la capacidad del plástico para soportar una carga sin deformarse.
- c) Fatiga, es el debilitamiento del plástico como resultado de esfuerzos cíclicos constantes.
- d) Dureza, es la resistencia a la fractura.
- e) La Fluencia, que es la deformación de los plásticos debido a un esfuerzo constante aplicado y su magnitud dependerá del tiempo en que se presenta la carga.

En la tabla 2.1 se muestran las propiedades mecánicas a corto tiempo de algunos de los plásticos más importantes.

### **2.4.2 Degradación**

- a) Ataques químicos a los que son susceptibles los plásticos por lo que es necesario revisar las especificaciones de los productores.
- b) Desgaste por combinación de radiación ultra-violeta y absorción de agua lo que produce pérdida de color y desestabilización dimensional en algunos plásticos
- c) Oxidación, provocado por ácidos oxidantes, exposición a rayos UV y aplicación prolongada de calor excesivo.

### **2.4.3 Desgaste y propiedades friccionantes**

Los plásticos tienen un desgaste bajo en ausencia de lubricantes regulares, un coeficiente de fricción menor al de los metales. Esta característica depende de la aplicación y las propiedades del plástico. La tabla 2.2 muestra el coeficiente de fricción y el ritmo de desgaste de algunos plásticos.

Material	Coeficiente de fricción		Ritmo de Desgaste Relativo
	Estático	Dinámico	
Nylon 66	0.20	0.28	33
Nylon 66 (vidrio)	0.24	0.31	13
Nylon 66 (carbón)	0.10	0.11	1
Polycarbonato	0.31	0.38	420
Polycarbonato/vidrio	0.18	0.20	5
Polibutileno Teraftalato	0.19	0.25	35
PBT (vidrio)	0.11	0.12	2
Sufuro de polifenileno	0.30	0.24	90
PPS (vidrio)	0.15	0.17	19
PPS (carbón)	0.16	0.15	13
Acetal	0.20	0.21	-
PTFE	0.40	0.05	-

**Tabla 2.2 Coeficiente de fricción y ritmo de desgaste relativo<sup>7</sup>**

#### 2.4.4 Características térmicas

La temperatura afecta las propiedades mecánicas de los plásticos de una manera muy marcada, al calentarse los plásticos se hacen más flexibles y al enfriarse se hacen quebradizos. En la tabla 2.3 se muestran las propiedades térmicas de algunos materiales.

Se llama, *Temperatura de Transición Vítrea*,  $T_g$ , por debajo de la cual el material plástico se comporta de manera, rígida y dura y por arriba de esta se hace flexible. Los valores de  $T_g$ , no necesariamente son a bajas temperaturas.

La temperatura de operación máxima es el rango de servicio en que se puede utilizar el material.

La conductividad térmica en los plásticos es muy baja, en contraste con se elevado coeficiente térmico de expansión.

#### 2.4.5 Permeabilidad

La permeabilidad depende principalmente de su constante de penetración y la densidad del plástico, las cuales estarán dadas por los proveedores y fabricantes de los materiales plásticos

<sup>7</sup> R.J. Crawford, *Plastics Engineering*. Third Edition, Ed. Butterworth Heinemann 1998, pág. 28

	Densidad	Coef. de exp. térmica	Difusión Térmica	Temp. de Transición Vítrea	Temp. de Operación Máxima
Material	(kg/m <sup>3</sup> )	(um/m/°C)	(m <sup>2</sup> /s)x10 <sup>-7</sup>	T <sub>g</sub> (°C)	(°C)
ABS	1,040.00	90	1.7	115	70
Acetal (monopolímero)	1,420.00	80	0.7	-85	85
Acetal (copolímero)	1,410.00	95	0.72	-85	90
Acrílico	1,180.00	70	1.09	105	50
Acetato celulósico	1,280.00	100	1.04	-	60
CAB	1,190.00	100	1.27	-	60
EPOXI	1,200.00	70	-	-	130
Modificado PPO	1,060.00	60	-	-	120
Nylon 66	1,140.00	90	1.01	56	90
Nylon 66 (33% de vidrio)	1,380.00	30	1.33	-	100
PEEK	1,300.00	48	-	143	204
PEEK (30% de carbono)	1,400.00	14	-	-	255
PET	1,360.00	90	-	75	110
PET (36% de vidrio)	1,630.00	40	-	-	150
Fenólico (relleno de vidrio)	1,700.00	18	-	-	185
Poliamida-imida	1,400.00	36	-	260	210
Policarbonato	1,150.00	65	1.47	149	125
Poliéster	1,200.00	100	-	-	-
Polieterimida	1,270.00	56	-	200	170
Polietersulfona	1,370.00	55	-	230	180
Poliimida	1,420.00	45	-	400	260
Sulfuro de polifenileno	1,340.00	49	-	85	150
Polipropileno	905.00	100	0.65	-10	100
Polisulfona	1,240.00	56	-	180	170
Poliestireno	1,050.00	80	0.6	100	50
Polietileno (LD)	920.00	200	1.17	-120	50
Polietileno (HP)	950.00	120	1.57	-120	55
PTFE	2,100.00	140	0.7	-113	250
PVC (rígido)	1,400.00	70	1.16	80	50
PVC (flexible)	1,300.00	140	0.7	80	50
SAN	1,080.00	70	0.81	115	60
DMC (plyester)	1,800.00	20	-	-	130
SMC (poliéster)	1,800.00	20	-	-	130
Espuma de poliestireno	32.00	-	-	-	-
PU espuma	32.00	-	-	-	-
Acero inoxidable	7,855.00	10	-	-	800
Aleación de cromo níquel	7,950.00	14	-	-	900
Zinc	7,135.00	39	-	-	-
Cobre	8,940.00	16	-	-	-

**Tabla 2.3 Propiedades térmicas de materiales<sup>8</sup>**

<sup>8</sup> R.J. Crawford, *Plastics Engineering*. Third Edition, Ed. Butterworth Heinemann 1998, Pag. 31



### **2.4.6 Procesamiento**

Esta característica de los plásticos es esencial para la elección adecuada del material para su diseño y se vera en la sección 2.5.

### **2.4.7 Costos**

En esta característica se deben de considerar varios aspectos que rodean al producto, como son los costos de materia prima, mano de obra, energía, maquinaria y rendimiento o uso. Se a comprobado en repetidas ocasiones que el uso de plásticos es una buena opción como alternativa a otros materiales.

## **2.5 Principios Básicos para su fabricación**

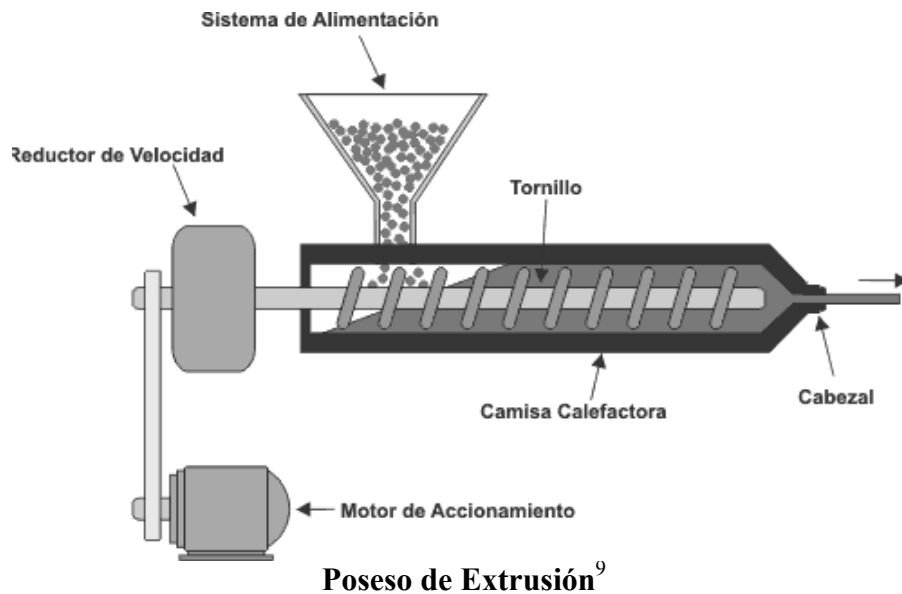
Los polímeros se consigue a través de la reacción química de derivados del petróleo crudo, gas y carbón, se procesa bajo condiciones controladas de temperatura y presión para obtener la polimerización, este proceso se lleva a cabo en plantas especializadas y se suministra a las industrias en forma adecuada, en su mayoría granos pequeños en forma de pastillas o bolas conocidas como "pellets", para la fabricación de los artículos de plástico terminados.

La manufactura hasta antes de los pellets no es parte de este trabajo, solo se describirán los procesos de fabricación a partir de los pellets hasta de la pieza terminada.

Existen varios métodos de fabricación de plásticos, se iniciará con el proceso de extrusión, que es el que puede formar elementos básicos para otros procesos mas simples, como tubos o placas, unos se vierten en moldes, donde se endurecen, y otros se prensan cuando ya son rígidos. Se continuara con el procesos de Inyección y se concluirá con el de Soplado.

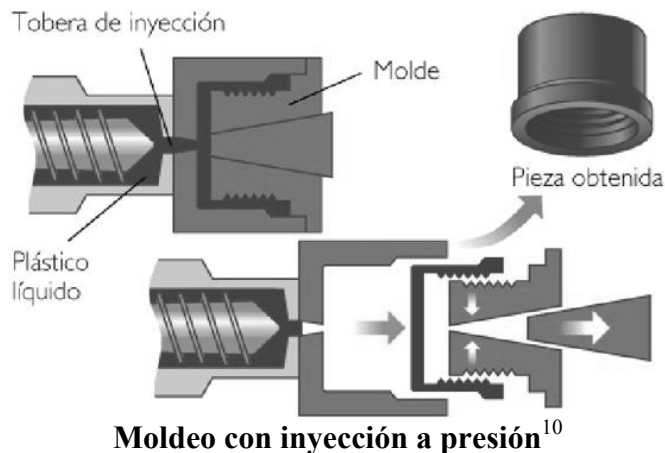
### **2.5.1. El proceso de extrusión**

Los termoplásticos se fabrican utilizando el extrusor, una máquina que procesa estos materiales. La materia prima en forma de granos pequeños se introduce por un embudo en un cañón calentado, donde un cilindro con rosca de tornillo la transporta a lo largo del tubo. El material se va fundiendo, por lo que ocupa menos espacio, y va saliendo por un extremo. Posteriormente, la fabricación del plástico se completa mediante dos procesos: la extrusión combinada con soplado y el moldeo con inyección a presión. En la siguiente figura se muestra el proceso de extrusión.



### 2.5.2. Moldeo con inyección a presión

El material de plástico se calienta hasta el punto de fusión, se inyecta a una alta presión en moldes con refrigeración, donde se enfría y se solidifica con la forma del objeto. El molde se construye en dos mitades que se separan después de la inyección para retirar el artículo de plástico. En la siguiente figura se muestra este proceso con las dos etapas de moldeo del plástico.

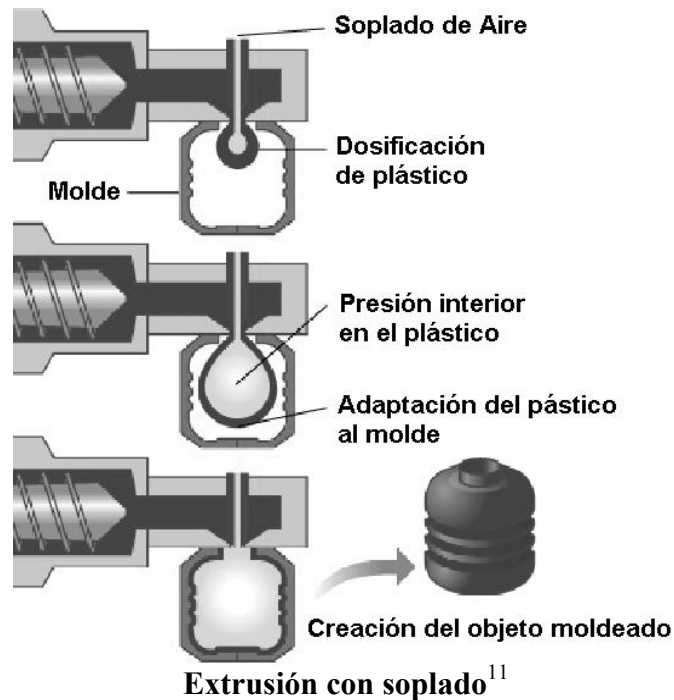


<sup>9</sup> <http://infoplasticos.wordpress.com/page/2/>

<sup>10</sup> <http://infoplasticos.wordpress.com/2010/06/15/tecnicas-de-conformacion-2/>

### 2.5.3. Extrusión combinada con soplado

La materia prima plástica se funde y se procesa a través de una boquilla. Luego, se coloca en un molde que se cierra sobre el polímero ablandado. Una corriente de aire o vapor es introducido por el otro extremo y expande el material hasta llenar la cavidad. El molde es enfriado para el fraguado.



Existen otros procesos para moldear los plásticos como: el moldeo por vacío, que se emplea para revestimientos interiores; y el calandrado, sistema de rodillos que se utiliza para la fabricación de películas plásticas. Estos procesos no se tomarán en cuenta para la fabricación de las piezas objetivo de esta tesis.

En los Anexos B y C se encuentra la tabla de Procesos de Moldeo para Termoplásticos Comunes y la tabla de Procesos de formado adecuado para piezas con formas particulares.

### 2.5.4. Plástico disponible para el diseño

Como se puede observar en la tabla del Anexo A, existe una gran variedad de plásticos para elegir, por lo que se empezará a separar de acuerdo a los criterios que se han venido explicando.

<sup>11</sup> <http://infoplasticos.wordpress.com/2010/06/15/tecnicas-de-conformacion-2/>

Como ya se vio se necesita que el material sea termoplástico por su propiedad de reciclado, dentro de estos se tienen dos categorías y se necesita que el plástico sea de estructura amorfa ya que es importante una contracción baja en la pieza.

En cuanto a las propiedades mecánicas se requiere que sea un material resistente, rígido y duro que no se degrade y sea resistente al desgaste. También es necesario un material con una capacidad térmica baja y una permeabilidad alta.

Con respecto al procesamiento de la pieza, supondremos una forma compleja, lo que se traduce en un moldeo por inyección.

Con respecto a los costos, como en cualquier ámbito, se tratara de economizar sin perder de vista la calidad y el buen servicio de la pieza.

En las tablas 2.1, 2.2 y 2.3 se pueden ver que la mayoría de los plásticos cubre y descubre estos criterios, por lo que se tomarán los valores más destacados y cercanos a las necesidades de la pieza y filtrar tres plásticos que cumplan con la mayoría de estas condiciones.

Los plásticos que cubren los criterios necesarios son el ABS, Nylon y Polietileno.

Cualquiera de estos plásticos se puede elegir para la elaboración de la pieza, sin embargo, en la relación fuerza, densidad, Tg y precio, el ABS tiene una ligera ventaja.

### **2.5.5. Plástico Adecuado**

Para la realización del proyecto se ha elegido el "acrilonitrilo butadieno estireno" ABS.

El rasgo más importante del ABS es su gran firmeza, incluso a baja temperatura (sigue siendo estable a  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Además es duro y rígido; con una resistencia química aceptable; baja absorción de agua, por lo tanto buena estabilidad dimensional y alta resistencia a la abrasión.

Su estructura química esta formada por tres bloques:

Los bloques de acrilonitrilo proporcionan rigidez, resistencia a ataques químicos y estabilidad a alta temperatura así como dureza, propiedades muy apreciadas en ciertas aplicaciones como son equipos pesados o aparatos electrónicos.

Los bloques de butadieno, que es un elastómero, proporcionan tenacidad a cualquier temperatura. Esto es especialmente interesante para ambientes fríos, en los cuales otros plásticos se vuelven quebradizos.

El bloque de estireno aporta resistencia mecánica y rigidez.

Esta mezcla de propiedades, llamada, por los ingenieros químicos, sinergia, indica que el producto final contiene mejores propiedades que la suma de ellos.

## CAPÍTULO 3

### DISEÑO DE PIEZAS DE PLÁSTICO

#### 3.1. Objetivo Capítular

En este capítulo se diseñarán las piezas que formarán las cimbras. Se partirá de una figura tradicional para realizar formas básicas y continuar desarrollado el resto de elementos, se perfeccionará y optimizará la geometría de las piezas acorde a las propiedades, características requeridas por las cimbras y propiedades del polímero ABS que se usará para hacer las piezas, este polímero fue estudiado en el capítulo dos de la presente tesis, de él al final se realizarán simulaciones de armado de cimbras y encofrados.

#### 3.2. Selección de Formas básicas

Cimbra común

Se mencionó en el primer capítulo que existe una cimbra llamada "Común" en forma de charola, que es uno de los modelos más eficientes para modular y armar la cimbra con rapidez, esta figura cuenta con las siguientes dimensiones:

Flancos	Símbolo	Medida	Unidad
Largo	l	100	cm
Ancho	a	50	cm
Espesor de cara de contacto	e	1.6	cm
Lado de marco de soporte	$l_s$	10.16	cm
Ancho de marco de soporte	$a_s$	5.08	cm

La figura 1, muestra la cimbra Común, sus partes y la figura 2, el corte transversal.

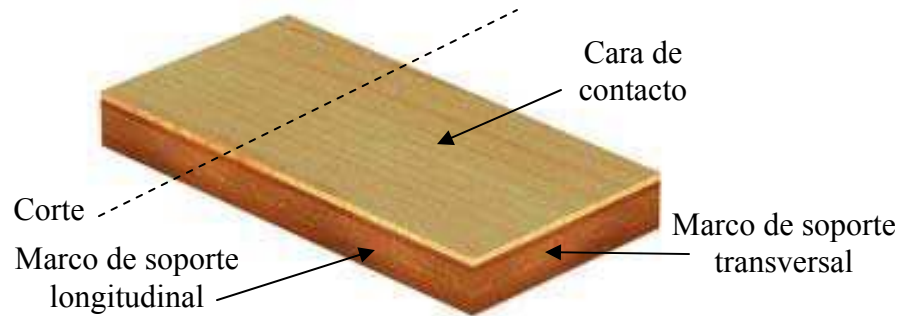


Fig. 1<sup>12</sup>

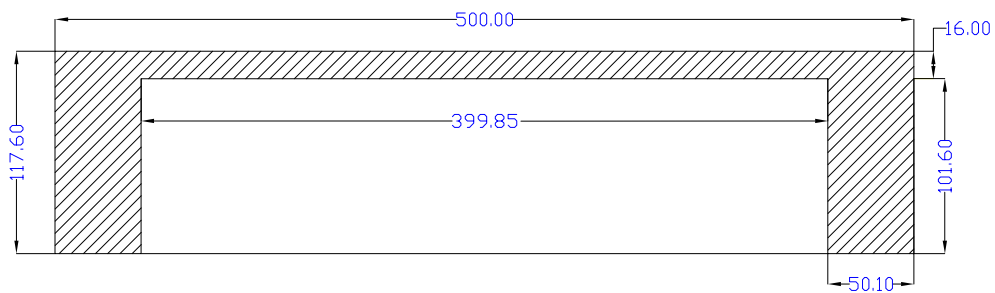


Fig. 2

Para unir esta cimbra, hecha de polímero ABS, con otra, se modificarán los cuatro marcos de soporte. En dos de sus lados contiguos se crearán perforaciones o huecos y en los otros dos se harán con incrustaciones de botones o pivotes. Estas modificaciones serán monolíticas para que la pieza polimétrica tenga una estructura uniforme.

En las orillas de la cara de contacto se harán modificaciones para asegurar la estanqueidad del encofrado. En las dos orillas contiguas se creará una muesca rectangular y en las otras dos orillas se dejará una punta que asegure el sello hermético del plástico.

La figura 3, muestra el corte de estas modificaciones.

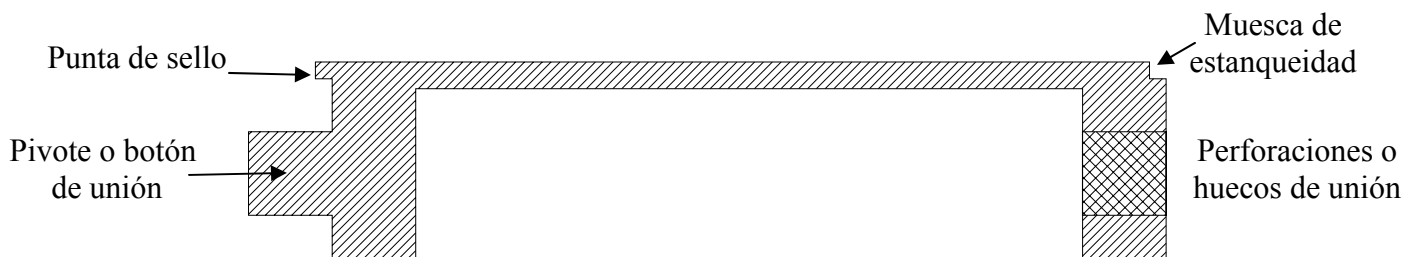


Fig. 3

<sup>12</sup> Análisis Básico de Cimbras, Editorial Viadas, S.A. de C.V., pag. 12

Cuando el concreto alcanza su firmeza, la cimbra se puede retirar, para desmontar esta pieza con facilidad; es necesario proveerla de chaflanes o cortes en "V" de forma discontinua alrededor de la parte baja del marco de soporte en la cara exterior. Con este corte se podrá introducir una cuña para separar las piezas con facilidad.

La figura 4, muestra el chaflán o corte en "V" de la pieza.

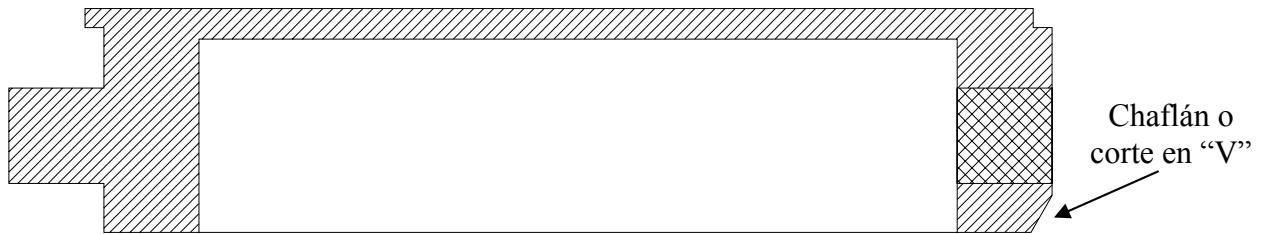


Fig. 4

La pieza completa se muestra a continuación en la figura 5. Por el momento la pieza es demostrativa, más adelante se presentará el plano de la geometría, dimensiones exactas y número de componentes, huecos y pivotes. Los mostrados en la figura 5 son representativos.

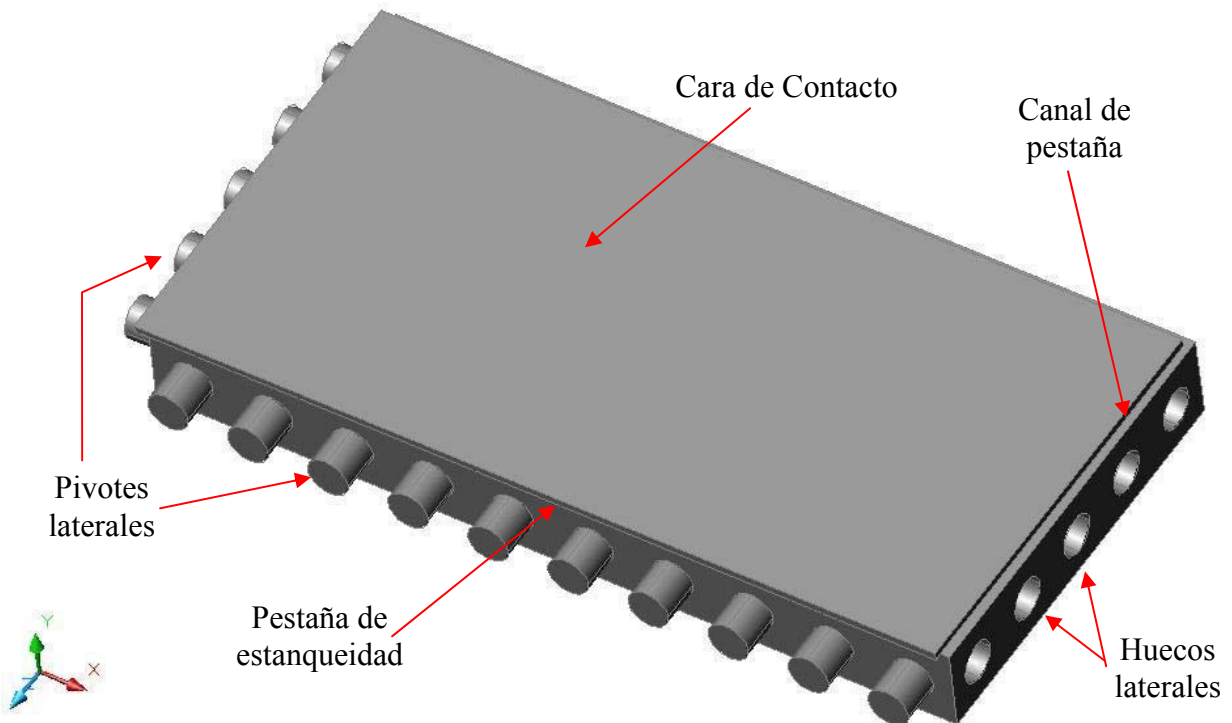


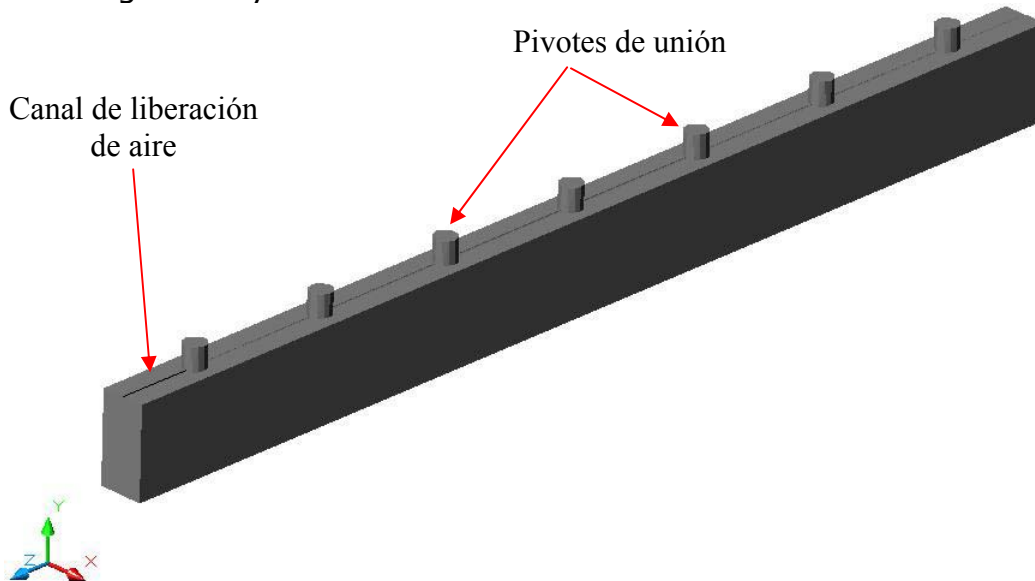
Fig. 5  
Cimbra de plástico Común

Con esta pieza se desarrollará la mayoría de las cimbras y encofrados que actualmente se construyen, de la misma manera que se hace con la pieza

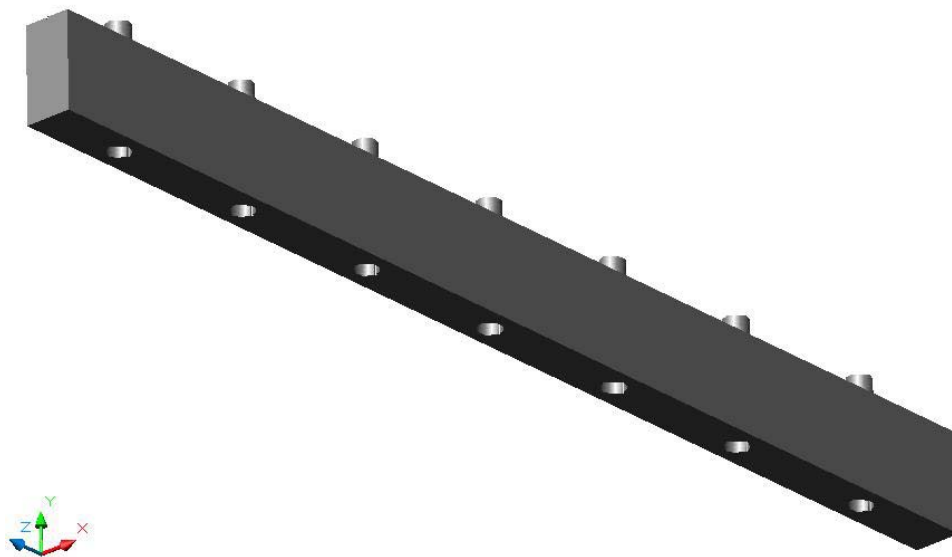
común de madera. Esta pieza necesita un soporte inferior, como en el caso de lozas donde la cimbra común esta soportada por largueros y maderas.

### **3.3. Soporte Larguero**

Los largueros serán piezas de plástico de medidas similares a las que tienen los elementos de madera para este propósito, piezas de 2x4 pulgadas (5x10 cm) con los pivotes y huecos como se muestra en las siguientes figuras 6 y 7.



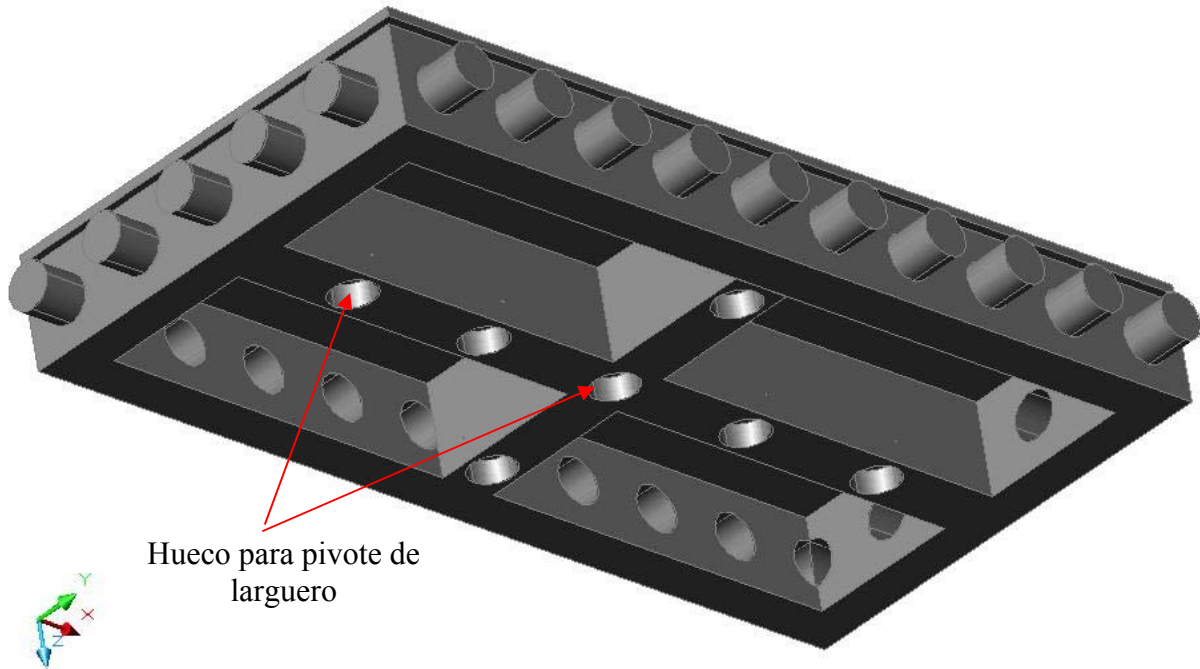
**Fig. 6**  
**Soporte Larguero vista superior**



**Fig. 7**  
**Soporte Larguero vista inferior**



La pieza común llevará huecos en su contra cara donde se insertarán los pivotes de los largueros. En la figura 8 se muestra esta característica.



**Fig. 8**  
Vista posterior cimbra de plástico común

Los pivotes de los largueros llevarán un par de canales que se utilizarán para liberar aire cuando sean ensamblados a los huecos de la pieza común.

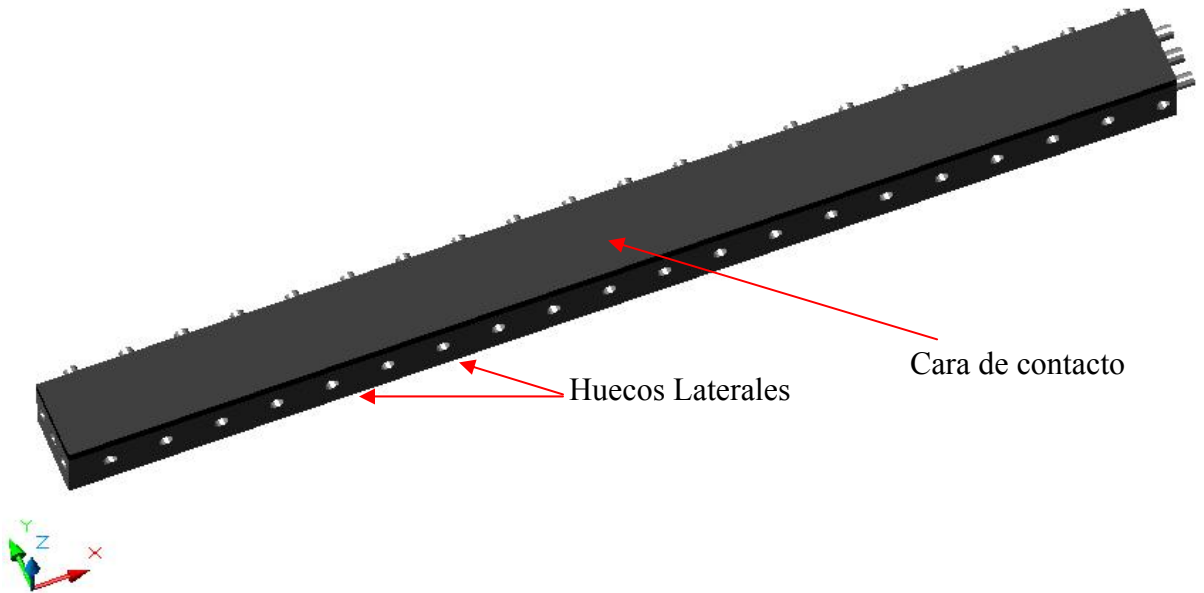
Con estos elementos se tiene una base para diseñar el resto de las piezas que los acompañarán de acuerdo a las cimbras donde se ocupe. Las piezas se desarrollarán conforme lo requieran los tipos de cimbras, empezaremos a describir las cimbras para cimentación, cimbras en contratrabe, cimbras en columnas, cimbras en muros de contención, cimbras en traveses y terminaremos con cimbras en losas. Se desarrolló una fórmula para obtener el número y tamaño de huecos en las piezas, esta se muestra en el Apéndice I

### **3.4. Cerchas**

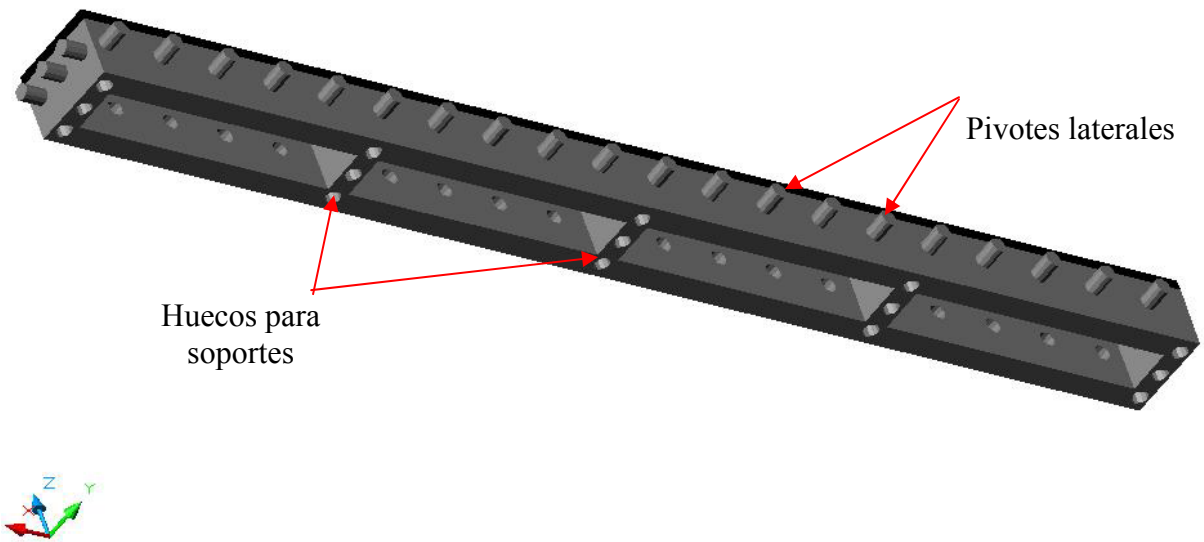
La primera cimbra que se necesita es la de cimentación, en una construcción de pequeña y mediana escala las zapatas corridas son las más usuales.

Se requerirá contener el concreto en los bordes de las zapatas por lo que utilizaremos piezas largas y de corta elevación como barrera para contener

el concreto, su altura será de 20 cm. Este tipo de piezas tendrá un largo máximo de 2.40 metros, se fabricarán piezas cortas de 1.00 m, 0.50 m y esquineros de unión de 20 cm. Al igual que en una cimbra de madera, esta también se podrá fijar con varillas corrugadas enterradas al piso, sin embargo, se diseñara una pieza especial de plástico para soportar a la cimbra, la cual, del mismo modo se enterrara en el piso. La pieza que servirá como barrera se muestra en las figuras 9 y 10.



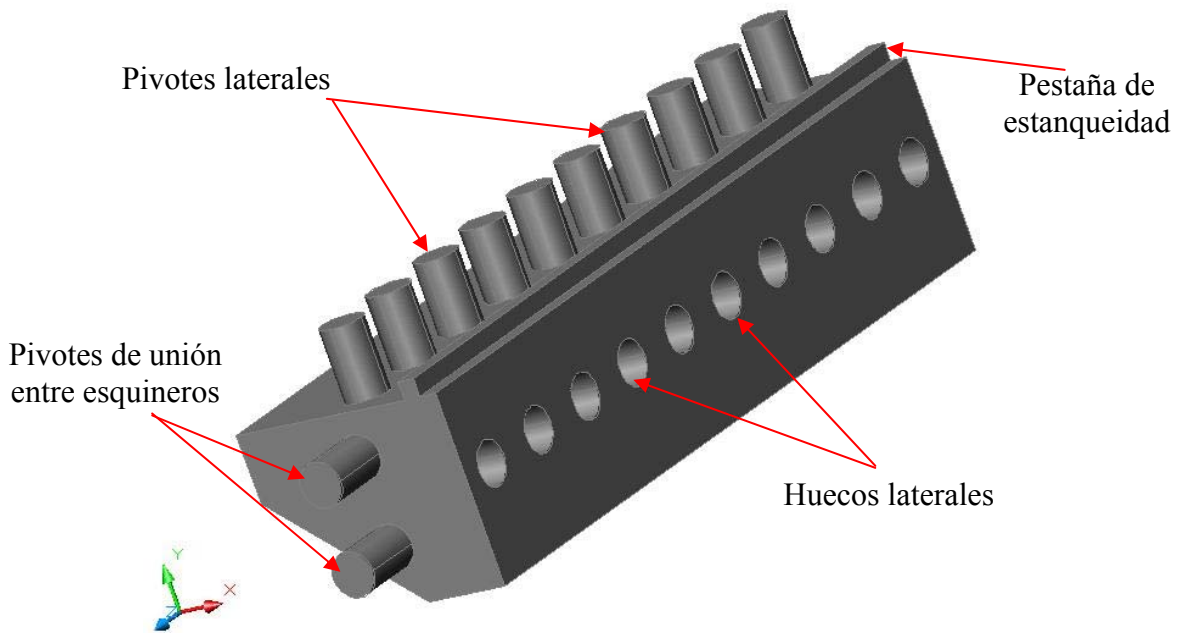
**Fig. 9**  
**Barrera vista de cara de contacto**



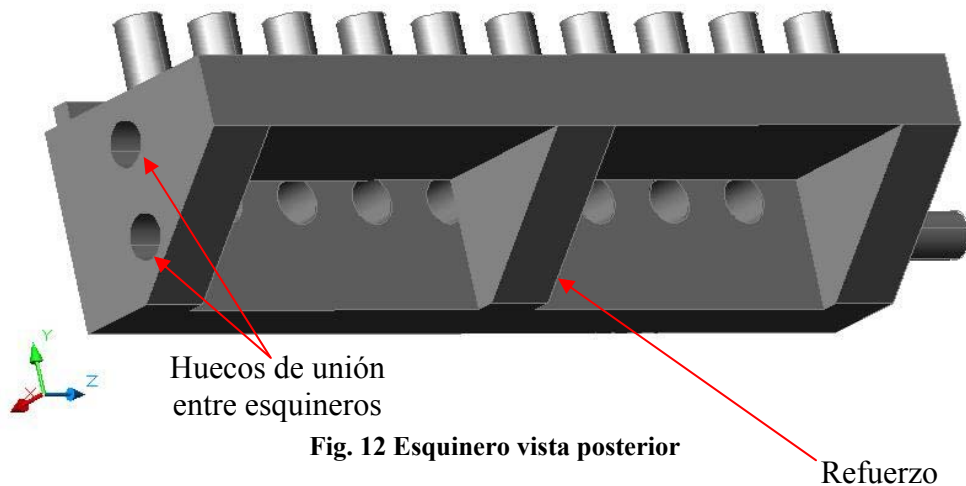
**Fig. 10**  
**Barrera vista posterior de cara de contacto**

### 3.5. Esquineros

Para formar el ángulo del cajón que contendrá el concreto y sujetar o asegurar las paredes contenedoras, se necesita un esquinero de unión entre las barreras. El esquinero de unión será una pieza en forma de prisma pentagonal irregular con dos lados mayores unidos en un vértice en ángulo recto, en una de sus caras extendidas tendrá pivotes y la pestaña de estanqueidad y en la otra, huecos. Las caras pentagonales también tendrán pivotes y huecos, para unirse a otros esquineros cuando se requiera. Estos esquineros se elaborarán de varias dimensiones a lo largo, ya que es una de las piezas principales para formar los encofrados. Es importante mencionar que esta pieza no tiene cara de contacto con el concreto. El esquinero se ilustra en las figuras 11 y 12.



**Fig. 11 Esquinero de unión vista de unión**

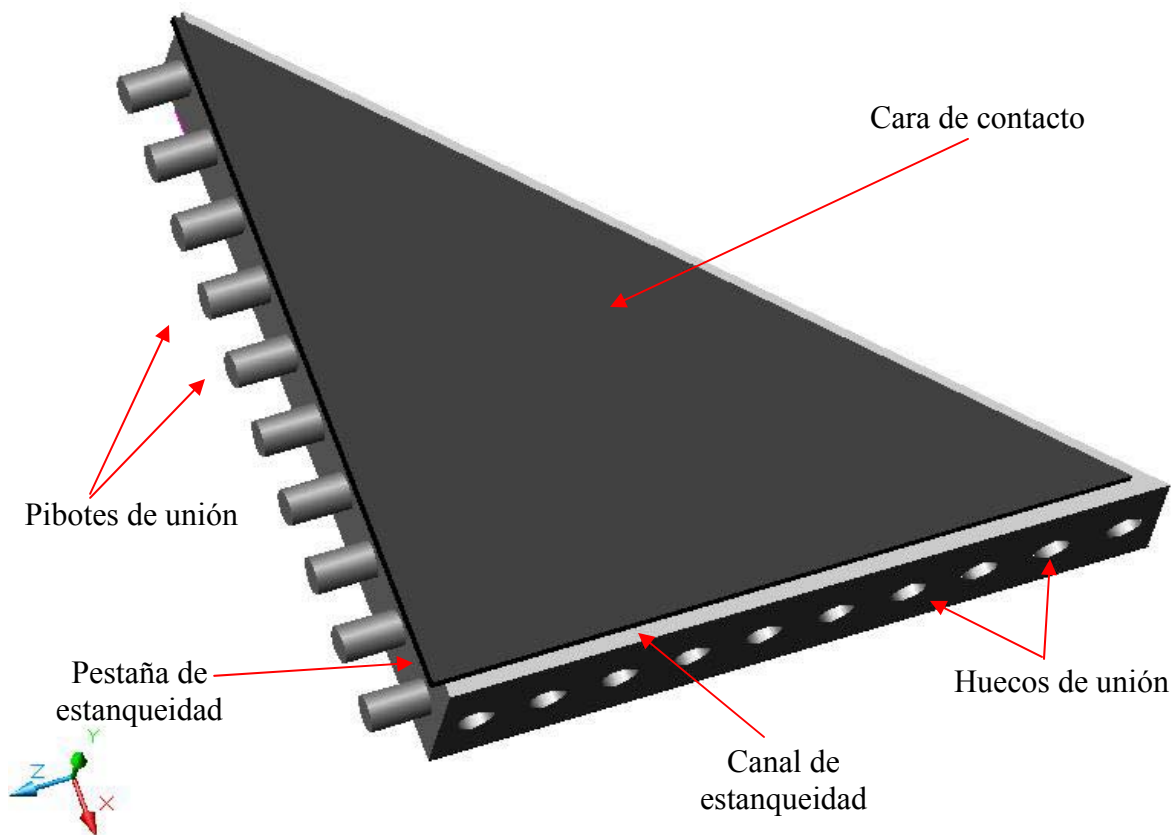


**Fig. 12 Esquinero vista posterior**

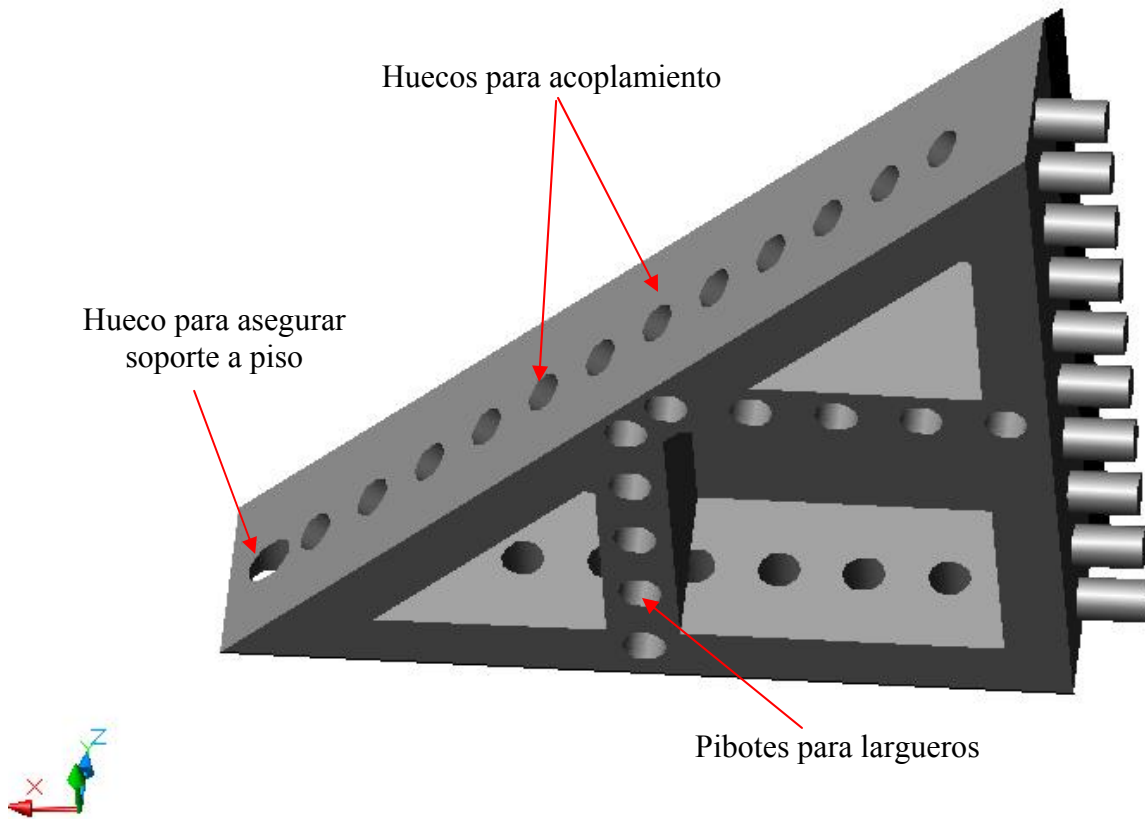
### **3.6. Soportes Triangulares**

La siguiente pieza por diseñar es un soporte que de firmeza a las barreras de las zapatas, en especial si se usan barreras muy largas. Un triángulo equilátero recto es la figura ideal para formar este tipo de soportes. Las dimensiones de la pieza serán similares a la tarima común ya que se ha tomado esta pieza como base de diseño. En los lados cortos tendrá pivotes y huecos respectivamente.

La pieza tendrá una cara de contacto al concreto y huecos en la cara opuesta, esto es porque servirá como complemento a la tarima común y tendrá la pestaña y el canal para formar el sello de estanqueidad. También lleva un hueco para que por este se pueda introducir una varilla y fijarse al suelo para anclar el soporte. Esta pieza se muestra en la figura 13a y 13b. Se fabricaran piezas contrapuestas de este soporte para acoplarlas en cualquier dirección que se requiera.



**Fig. 13a**  
Soporte vista de cara de contacto



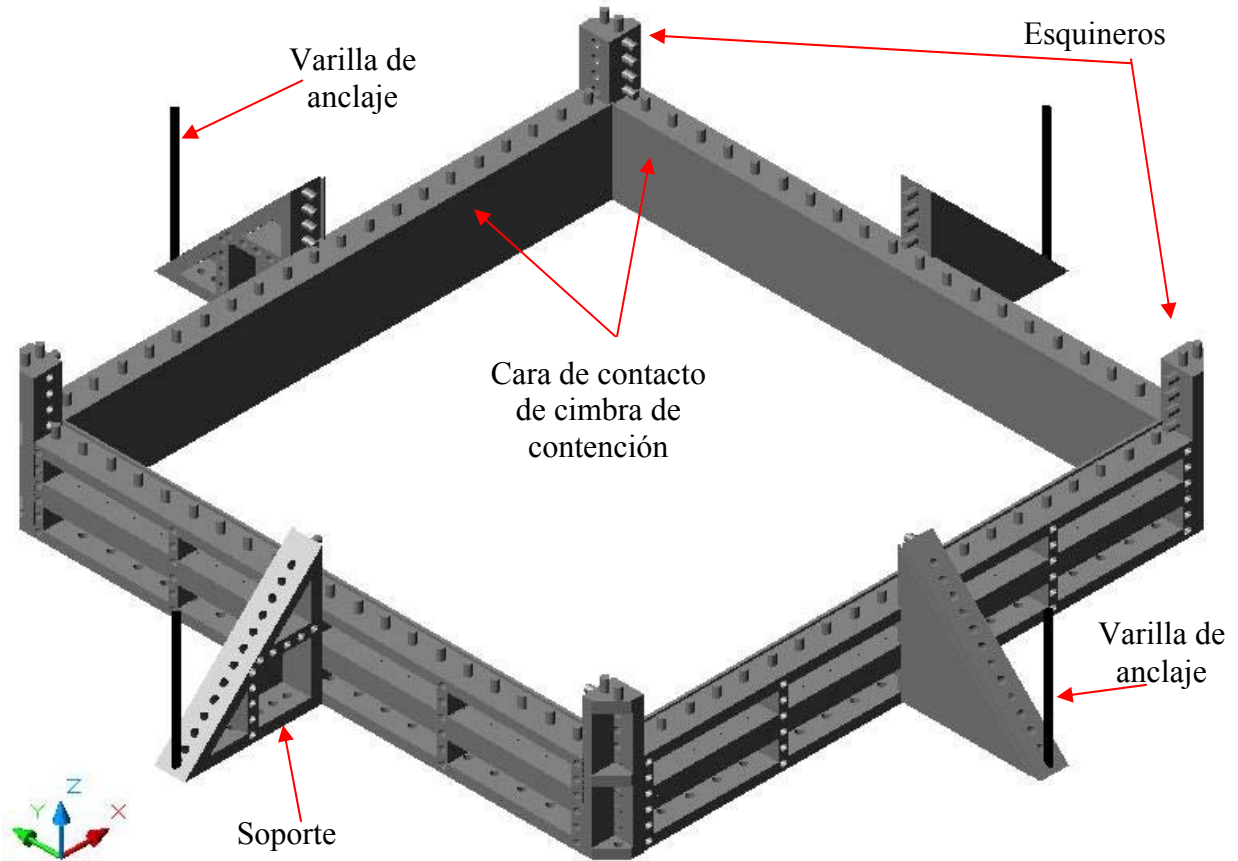
**Fig. 13a**  
**Soporte vista de cara posterior de contacto**

La pestaña de estanqueidad que posee la pieza de soporte, será removible de la misma manera que se presenta en la pieza Común ES10 descrita mas adelante. Dependiendo del uso, como soporte o complemento de cimbra común la pestaña podrá ser removida.

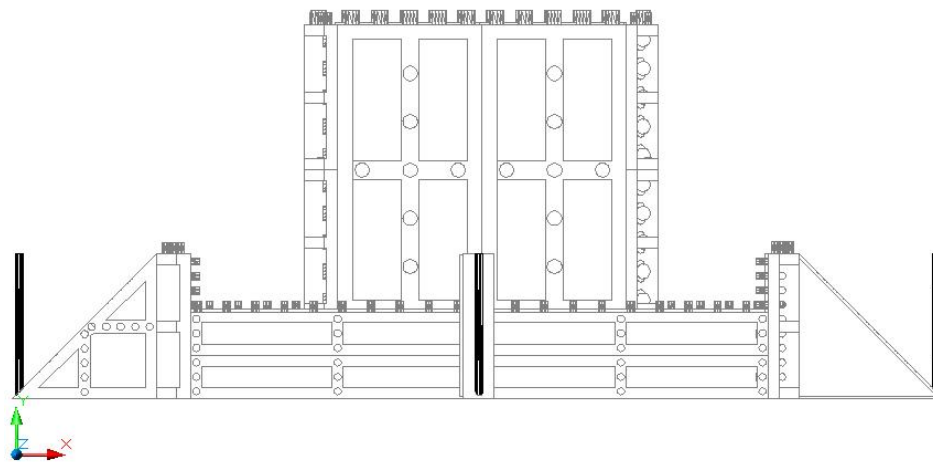
Con las piezas contenedoras, esquineros y soportes, se puede formar la cimbra para las zapatas, las cuales pueden ser arregladas como zapata corrida o aislada. En la figura 14 se muestra un arreglo de zapata aislada. En esta se puede apreciar el arreglo de los soportes y la manera en que se anclan al piso por medio de una barra de acero.

Continuando con la parte superior de las zapatas, ya sea como contratrase o columna, estas se pueden formar con cimbras comunes, esquineros, soportes y puntales, estos últimos para sostener la columna de la zapata.

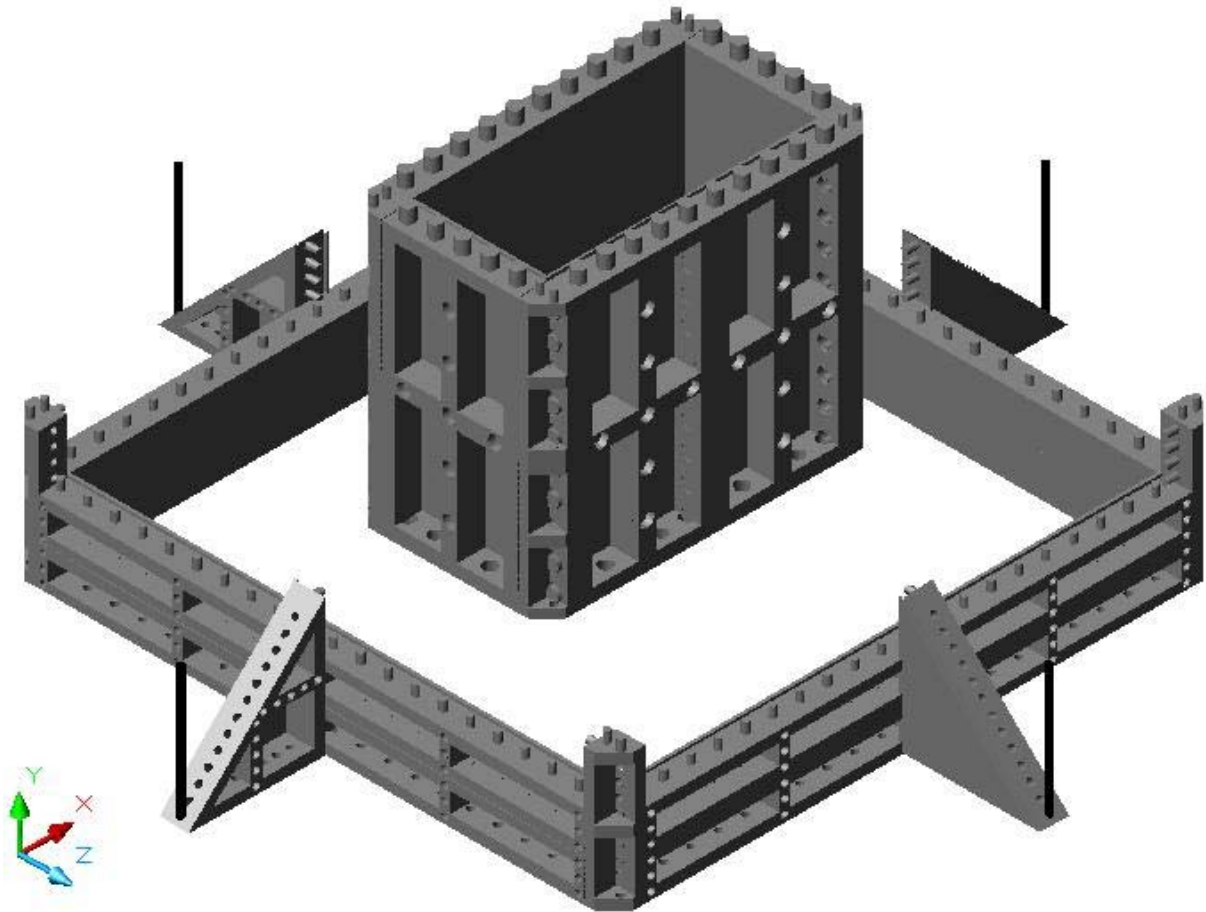
En las Figuras 15a y 15b se muestra la cimbra de la columna, la cual forma la parte superior de la zapata.



**Fig. 14**  
**Cimbra de zapata**



**Fig. 15a**  
**Cimbra de zapata y columna vista lateral**



**Fig. 15b**  
Cimbra de zapata y columna

### **3.7. Yugos**

Concluidas las cimbras para las cimentaciones continuaremos con las columnas.

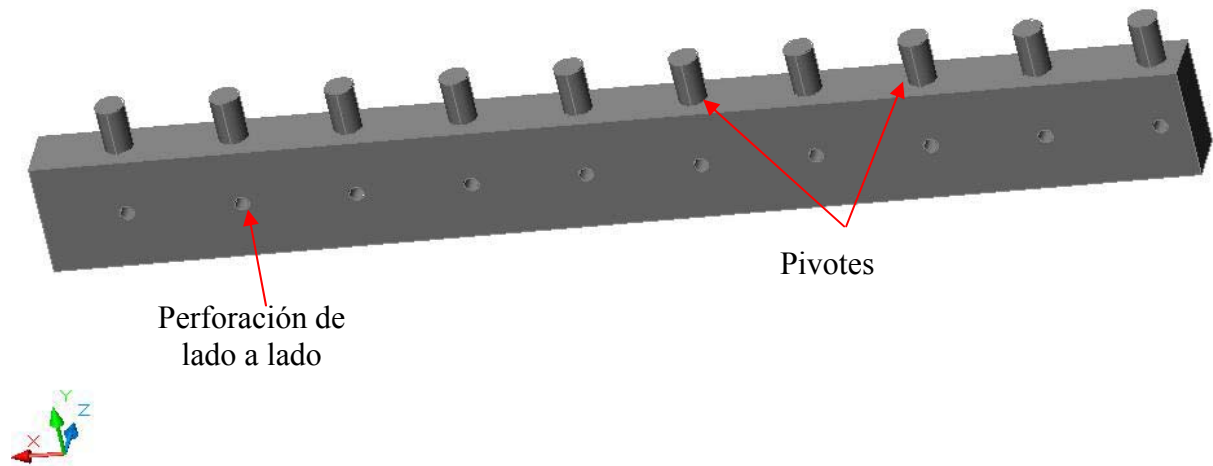
Principalmente se formarán columnas de sección cuadrada, porque debido a las características de las piezas, se formarán con gran facilidad.

Se Mostrará como ensamblar una columna cuadrada formada por una cimbra común por lado y una altura de 2.40 m. Se introducirán dos piezas nuevas, los yugos y los puntales para sostener la columna.

Cualquier columna con cuatro lados se formará principalmente de piezas comunes y esquineros los cuales estarán reforzados con piezas, que al igual que una cimbra de madera, llamaremos "yugos". Esta pieza será de

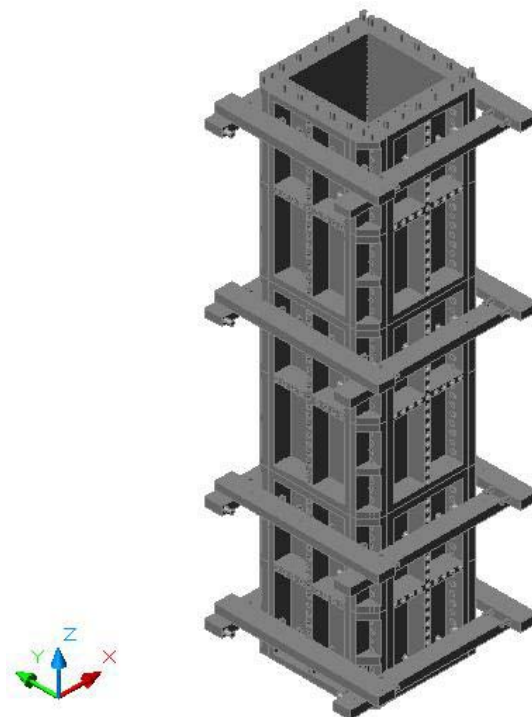


sección rectangular con pivotes sobre un lado corto y huecos atravesando la pieza en por sus lados largos. La pieza se ilustra en la figura 16.



**Fig. 16**  
**Yugo**

Esta será una pieza sólida de plástico formadas con pivotes. En la figura 17 se muestra la manera en que los yugos formaran el cuadro para reforzar la unión de las piezas comunes y asegurar la columna de posibles fugas.



**Fig. 17**  
**Yugos formando rodeando la columna**



### 3.8. Esquinero-27

Continuando con las piezas de cara de contacto, enseguida se describirá la pieza que llamaremos esquinero-27, esta pieza se utilizará en los casos donde se requiera una esquina de 270°, esta pieza es un tubo de sección cuadrada, de lados iguales a las piezas comunes que lo sujetarán, constará de pivotes y huecos en su lados contiguos. Las caras de contacto tendrán cejas que aseguren la estanqueidad en el mismo sentido que las piezas comunes. En la figura 18 se muestra esta pieza.

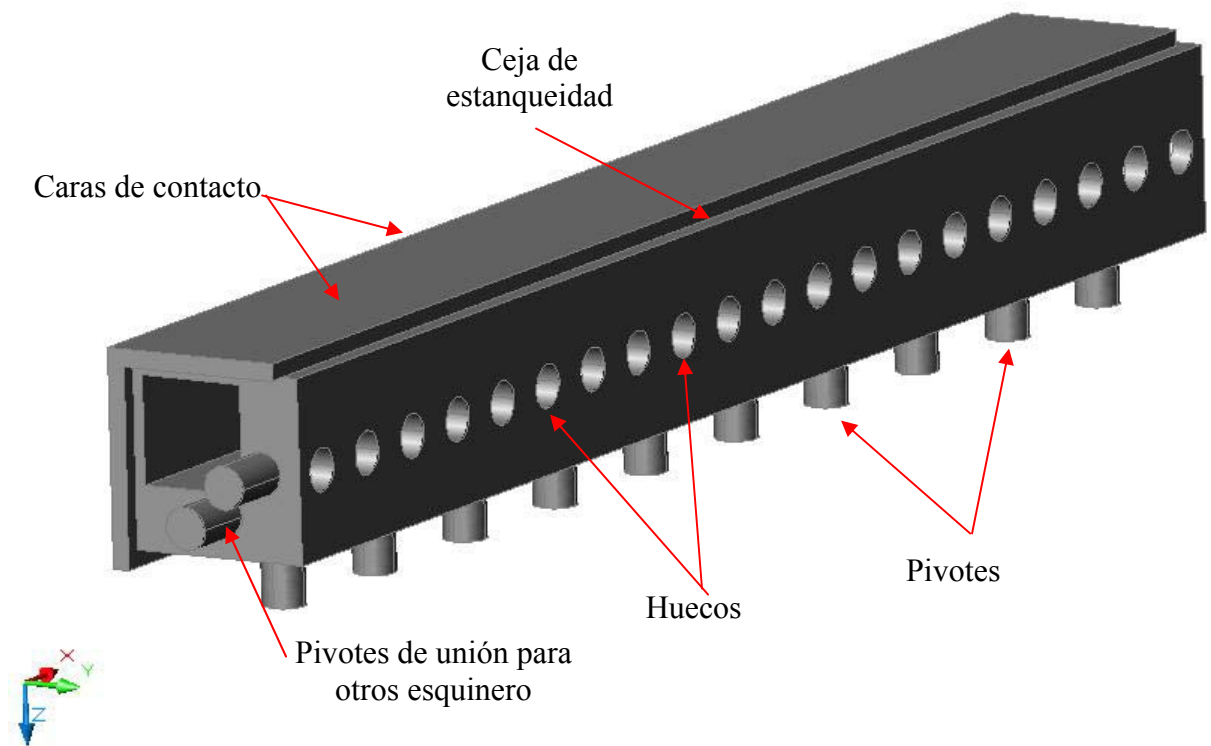


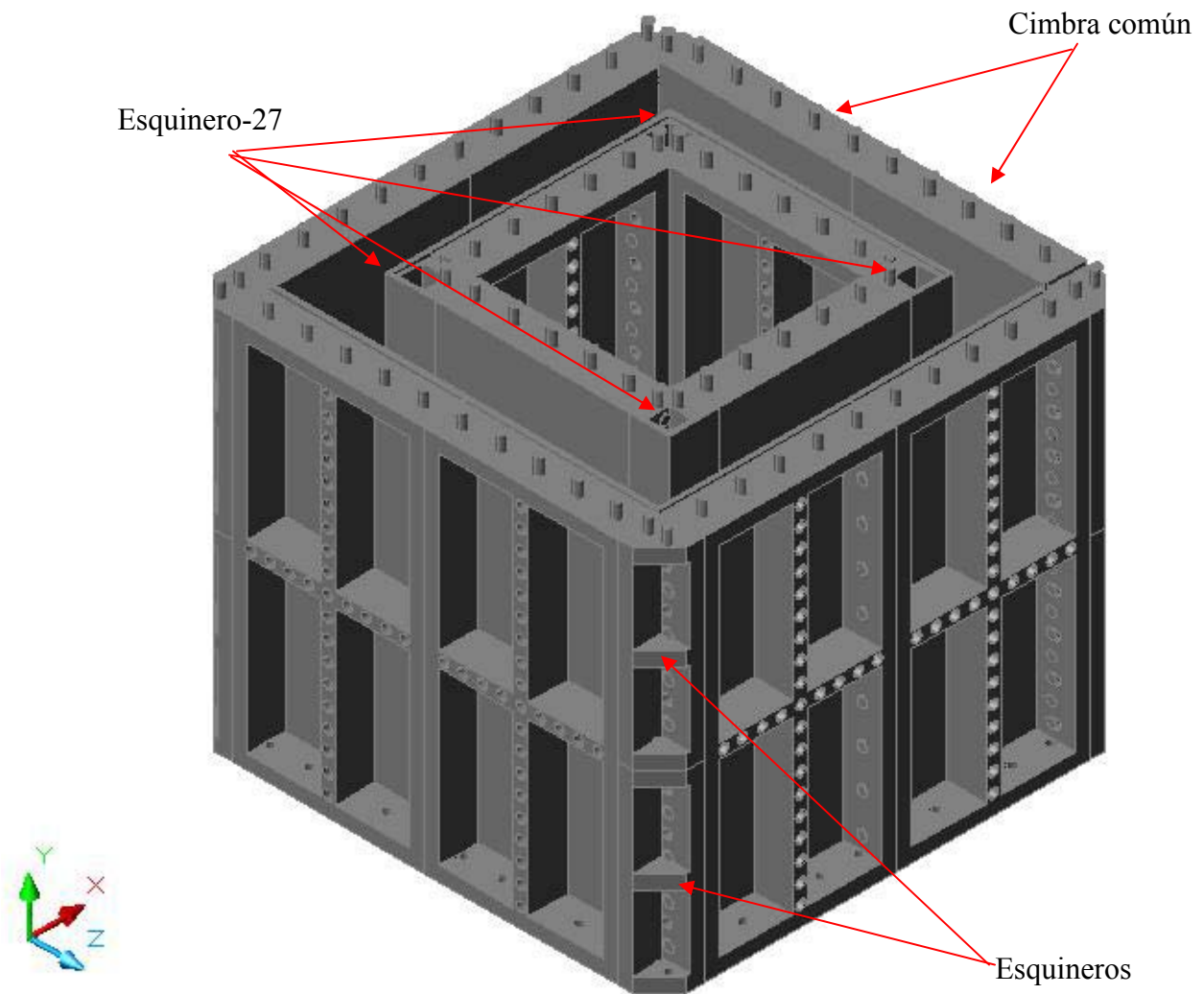
Fig. 18  
Esquinero-27

Se añadieron dos pivotes y huecos en las orillas para que se ensamblen con otras piezas, en estas orillas también se alargaron y recortaron respectivamente las cejas de estanqueidad.

La pieza es hueca para asegurar la unión y al mismo tiempo hacerla mas liviana.

Esta pieza se puede usar en varias formas, por ejemplo para encofrar castillos en esquinas o formar una columna hueca, es decir, donde se requiera que el concreto rodee la cimbra. Debido al tamaño del esquinero se debe de considerar el uso de una cimbra común mas estrecha si el trabajo lo requiere, pues este esquinero por lo menos ocupará 10 cm de

cada lado de la cimbra. En la figura 19 se muestra un cubo hueco, el cual muestra el uso de los esquineros-27.



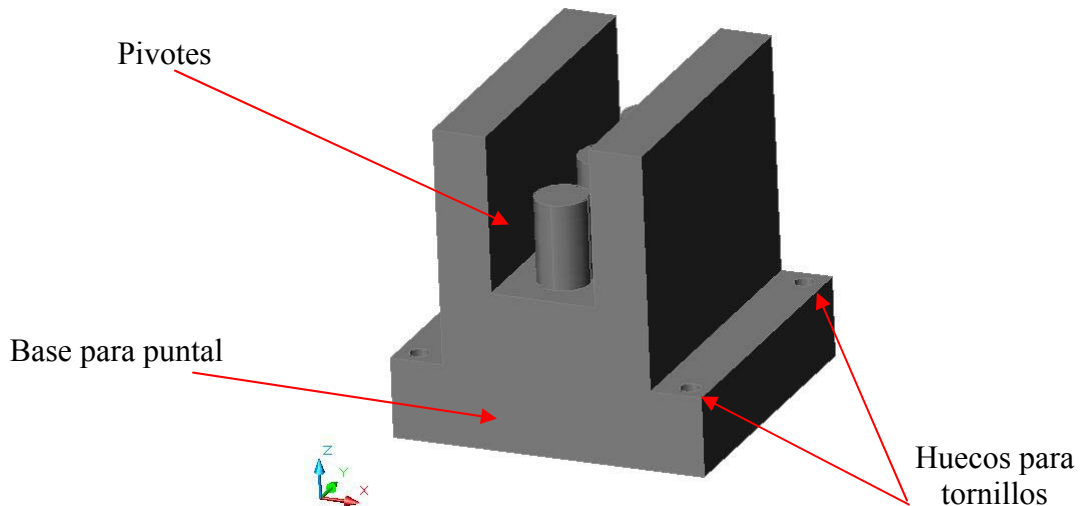
**Fig. 19**  
**Cimbra para un cubo hueco**

### **3.9. Cabezal Recto**

Uno de los aspectos importantes son los puntales, que son los que sostiene a las cimbras, existen principalmente de acero los cuales son esbeltos y resistentes a las cargas, por tal motivo, se propone utilizar puntales de acero para las cimbras que se están desarrollando en esta tesis. Sin embargo se diseñara el cabezal que acople este tipo de puntales a las piezas de plástico.

Para este caso se diseñaran piezas que nombraremos cabezales, estas son en forma de "U" cúbica o prismática, la cual tendrá en su interior pivotes que se ensamblaran en los largueros o caras inferiores de las cimbras

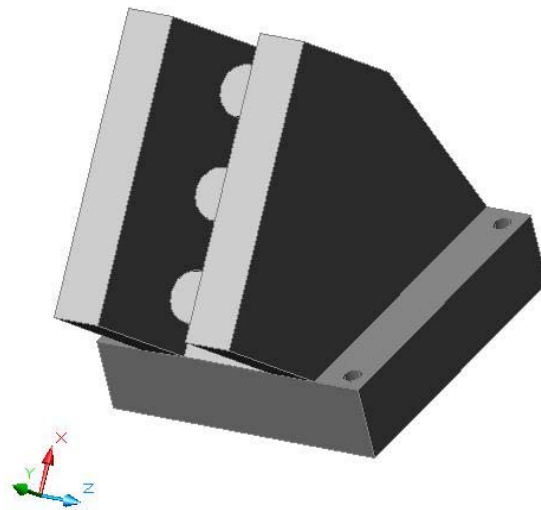
según sea el caso. Se acoplará a las bases de los puntales en su parte inferior y se fijarán por medio de tornillos. En la figura 20 se muestra esta pieza



**Fig. 20**  
**Cabezal Recto**

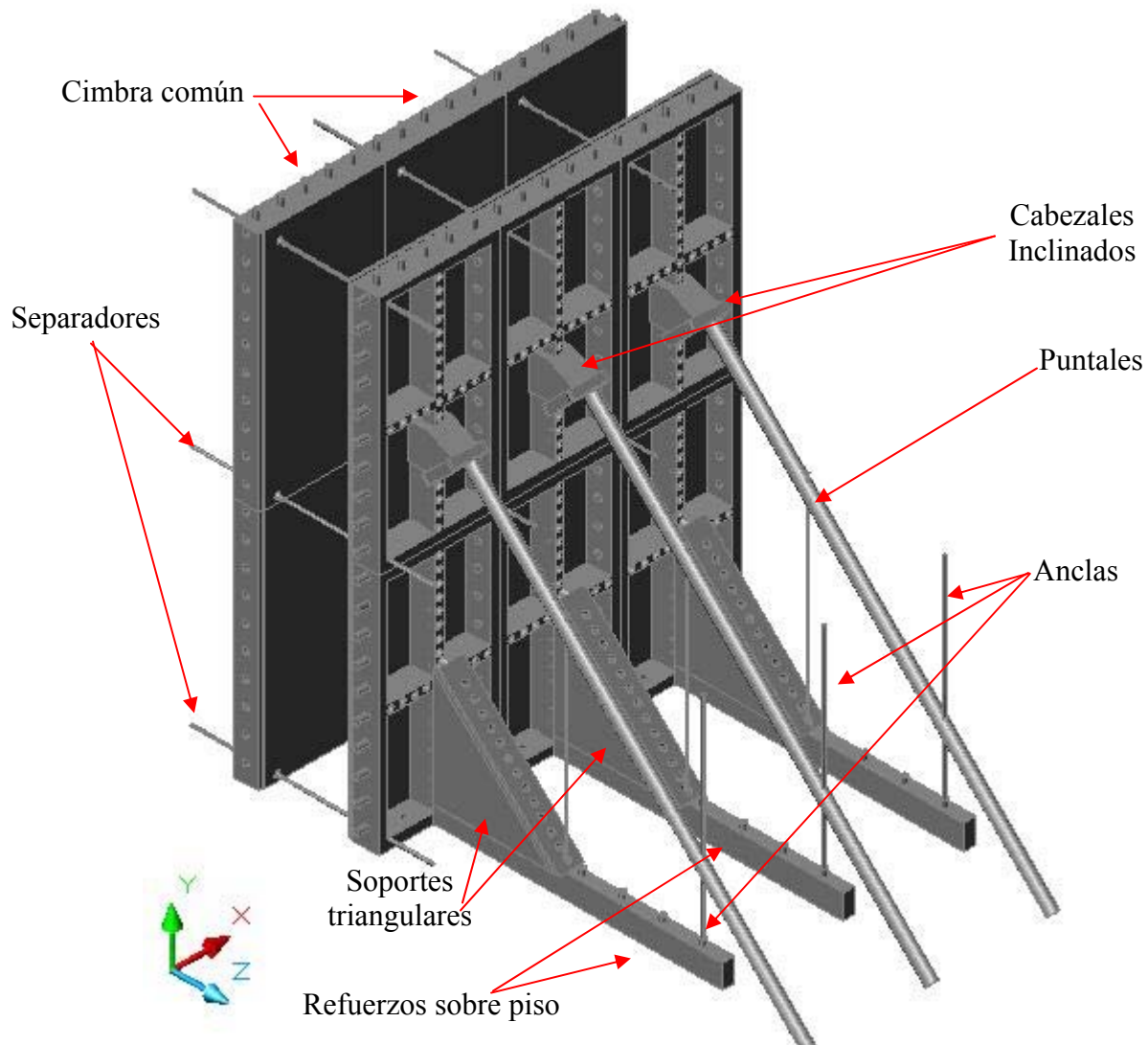
### **3.10. Cabezal Inclinado**

También se requieren de cabezales que se adapten a soportes diagonales que se usen en caso a los elementos verticales. Un ejemplo de estos son los muros de contención donde se utilizarán puntales diagonales. Este cabezal, de forma similar al anterior, estará desfasado  $45^\circ$  en relación a la cara interior de los pivotes, y al final en la cara posterior, tendrá en la base inferior un cubo hueco donde se alojará un puntal. En la figura 21 se muestra el cabezal.



**Fig. 21**  
**Cabezal Inclinado**

En la figura 22, se muestra un arreglo de cimbras para un muro de contención donde se pueden apreciar cimbras comunes, refuerzos sobre piso, soportes, puntales, cabezales inclinados y soportes triangulares.



**Fig. 22**  
**Cimbra para muro de contención**

En este conjunto de cimbras, se usarán varillas corrugadas como anclas para los refuerzos sobre piso, estos junto con los soportes triangulares resistirán el peso del concreto en la base de la estructura y se evitará que se abra la cimbra por el peso y presión de bombeo. Se implementará un hueco especial en las cimbras comunes para insertar los separadores usados para mantener espesores estrictos en las cimbras. En la figura 22

también se muestran cabezales inclinados, usados para sostener a los puntales; que en conjunto soportaran y darán verticalidad al muro.

En las cimbras para traveses se usarán elementos ya diseñados como la cimbra común en el piso y paredes de contención, separadores y soportes triangulares como elementos de sujeción, largueros como soporte de las cimbras, cabezales largos para el acoplamiento de los puntales como elementos de carga y refuerzos en piso como elementos de estabilización de estructura. En la figura 23 se aprecia el arreglo de los elementos.

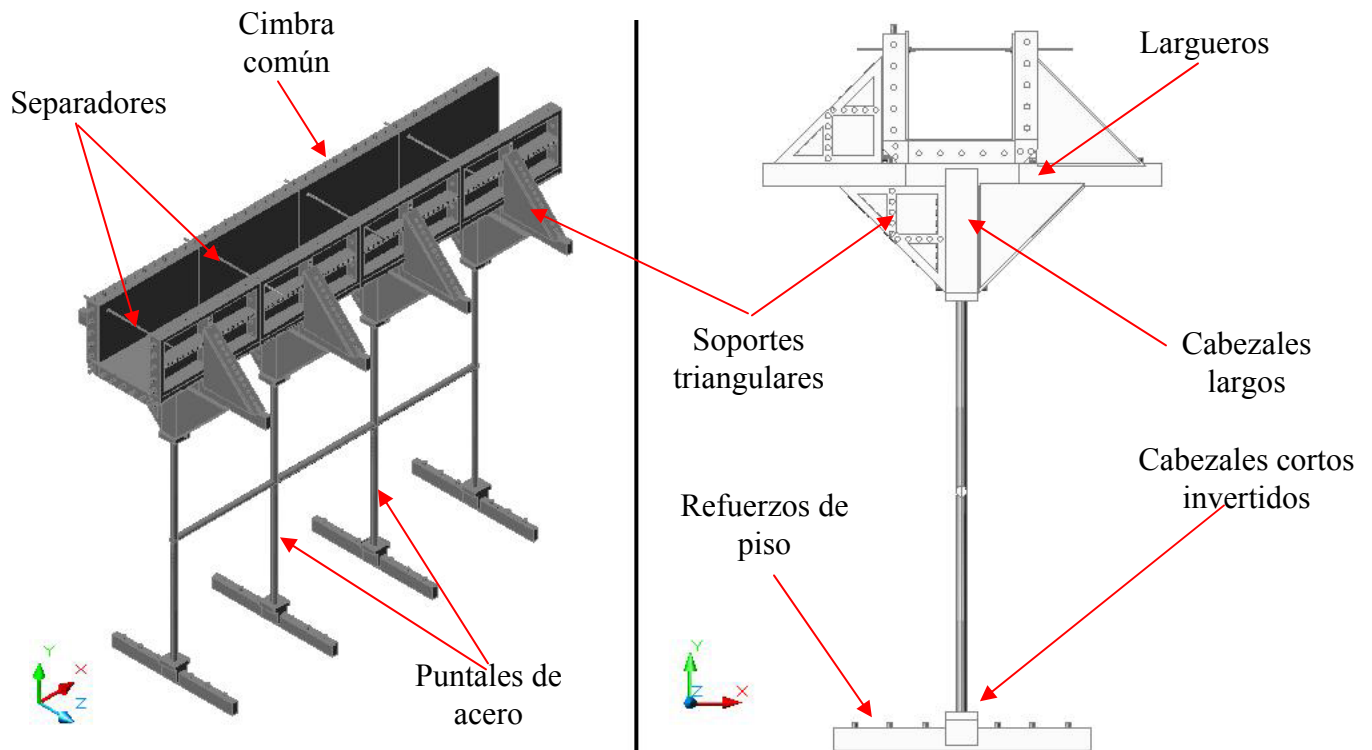


Fig. 23  
Cimbra para trabe

Las losas de concreto han evolucionado usando elementos prefabricados, sin embargo, se mostrará la forma de usar las piezas de plástico como una alternativa de construcción.

Se usará la cimbra común como base, soportada por largueros transversales y longitudinales que darán rigidez a la estructura, bajo estos se ensamblarán cabezales rectos donde se alojarán puntales y contraventeos como elementos de carga y debajo de estos, quedarán los refuerzos de piso como elementos de estabilización.

En los casos donde se requiera se puede utilizar los elementos de contención o cerchas. En la Figura 24 se muestra el arreglo de la cimbra para losa.

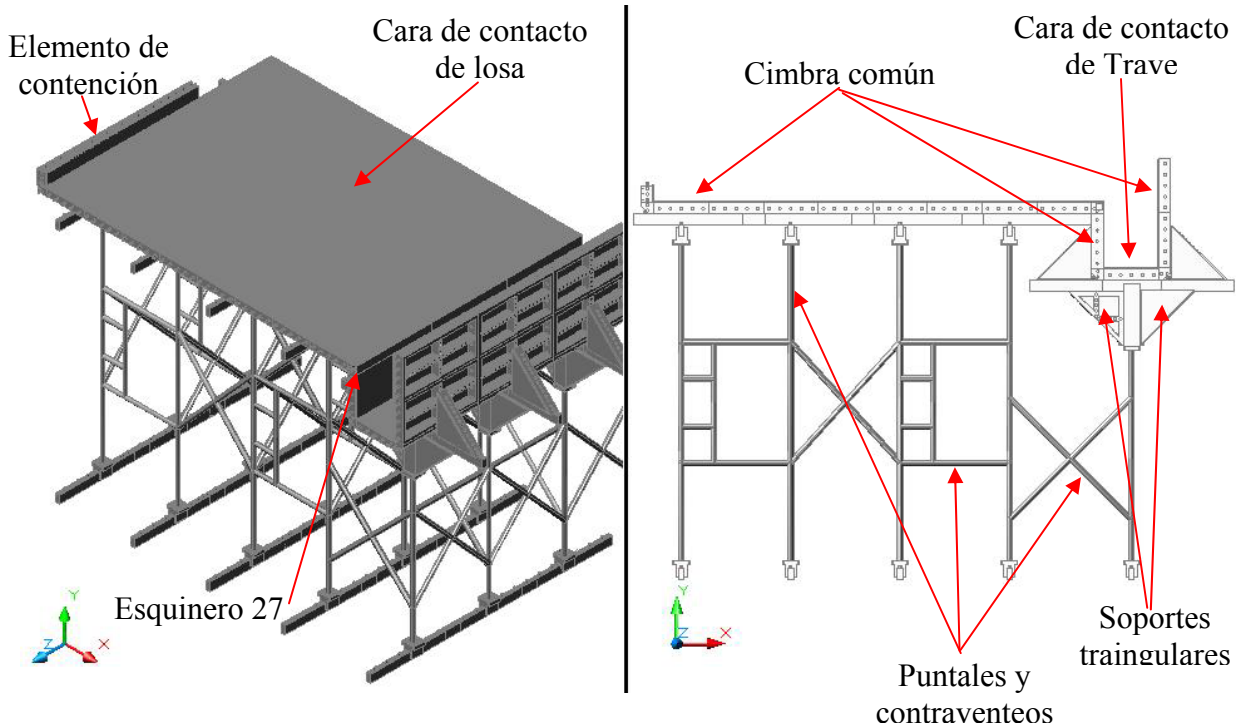


Fig. 24  
Cimbra para losa y tabe

### 3.11. Piezas especiales.

Se diseñaron dos piezas especiales para la cimbra de un cubo hueco. Esto es porque al formar las paredes internas del cubo, como el de la figura 19, sería casi imposible desensamblar las piezas, es decir, la cimbra quedará atrapada en el concreto.

**3.11.1. Pieza Esquinero-ES27** es casi igual al esquinero-27 con una modificación, sus pivotes se pueden contraer, con esto se asegura que la pieza contigua que esta ensamblada a sus pivotes pueda ser removida. En la figura 25 se muestra la pieza.



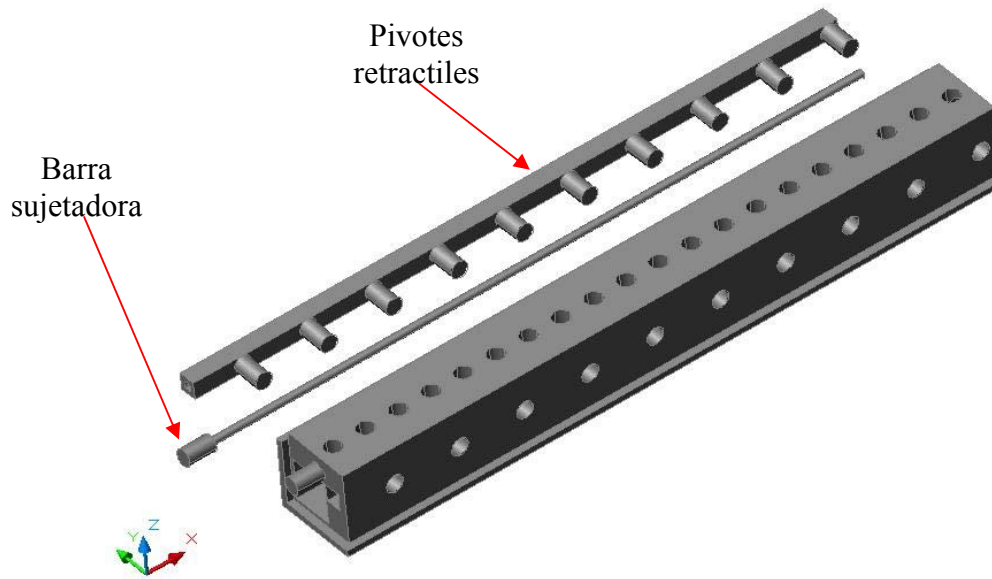


Fig. 25  
Esquinero ES27

Los pivotes forman una sola pieza a lo largo del esquinero. Para retraer los pivotes se debe de extraer por completo la barra que los asegura a la pieza.

**3.11.2. Pieza Común-ES10.** Esta pieza es de forma similar a la cimbra común, con la diferencia que solo tendrá un ancho de 10 cm, sus pivotes se retraerán y la ceja de estancamiento podrá ser removida. La figura 26 muestra esta pieza.

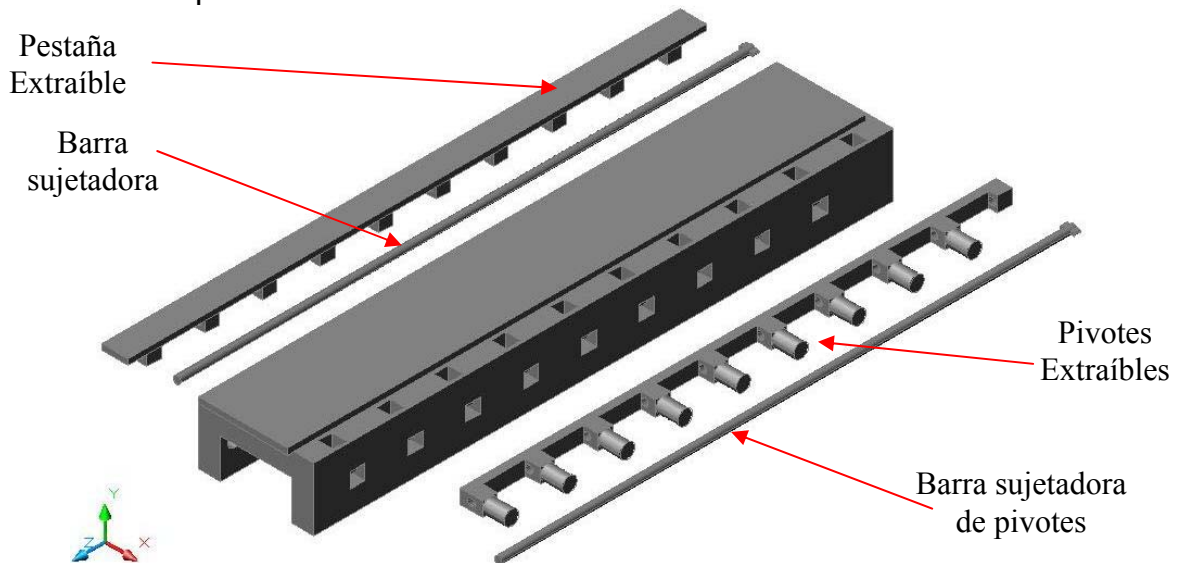


Fig. 26  
Común ES10

Los pivotes se extraen de la misma manera que en el esquinero. La ceja de estancamiento podrá ser liberada sacando en su totalidad la barra que asegura la ceja a la cimbra. En un caso real se extraerá la pieza en lugar de la ceja, la cual quedará atorada en la pieza común contigua. En la figura 27 se muestra un diagrama de la manera en que trabajan estas piezas.

Al ser usada en cualquier forma de cimbra, esta pieza, sirve para asegurar que se puedan desensamblar todas las cimbras.

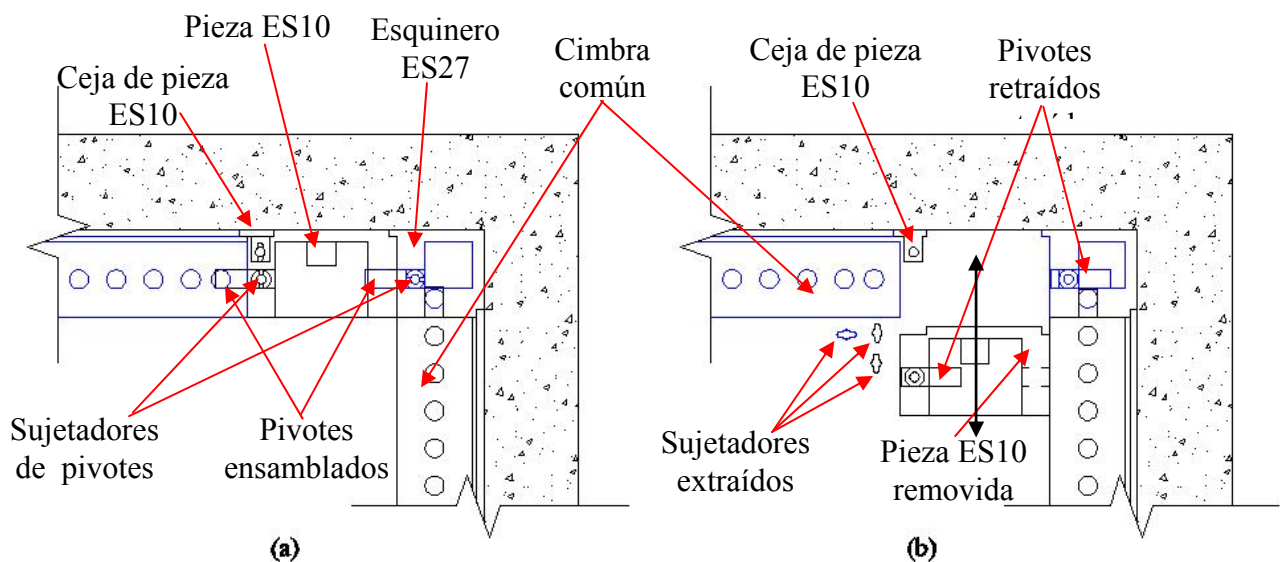


Fig. 27  
Común ES10

**3.11.3. Cabezal Largo.** Diseñado a partir del puntal recto, en la parte superior tiene forma de "U" y en el centro de esta contiene pivotes para acoplarse a largueros. En la parte inferior cuenta con una base cuadrada donde se acoplará y atornillará la base del puntal. La parte central se modificó alargándola y se le añadieron pivotes en los lados cortos, estos servirán para acoplar soportes triangulares y proveer mayor estabilidad a las traveses. En la figura 28 se muestra esta pieza.



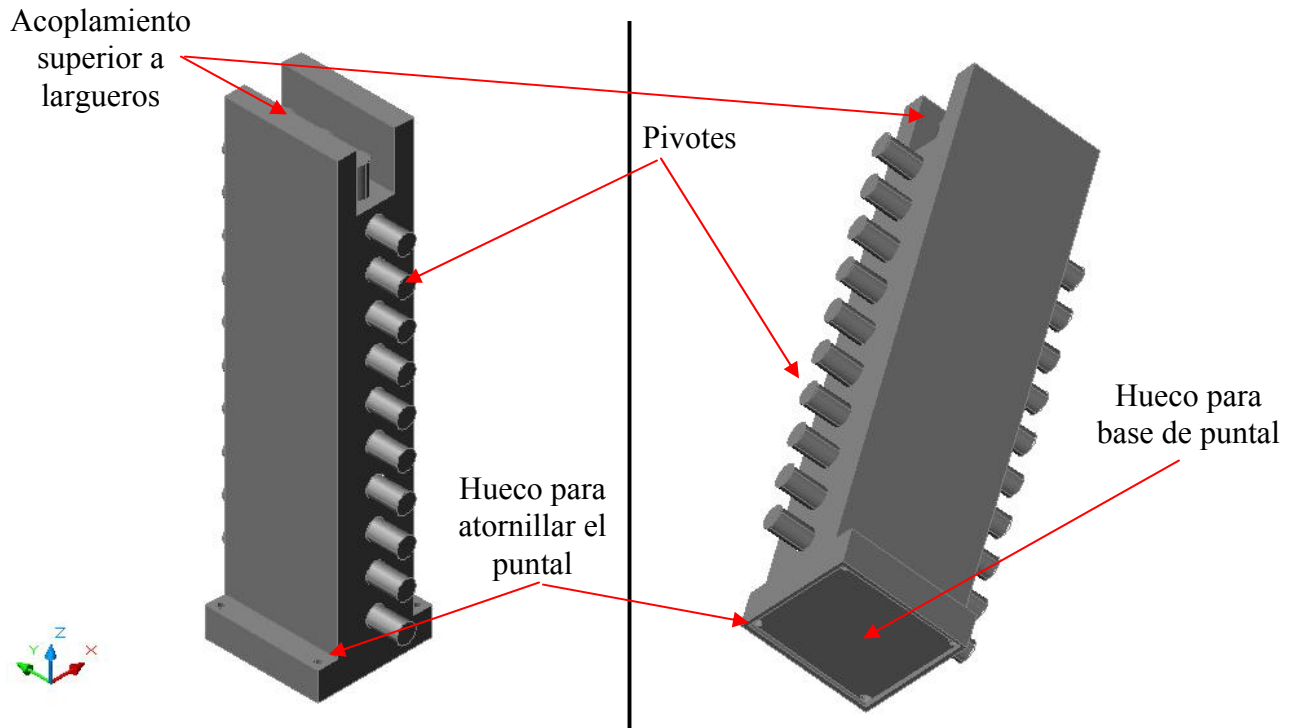


Fig. 28  
Cabezal largo

Todas las piezas de plástico diseñadas para la cimbra en este capítulo son básicas para desarrollar un gran número de trabajos, se simplificaron para obtener grandes ventajas en el armado y desarmado y usar el menor número posible de elementos. Los planos de las piezas diseñadas se incluyeron en el Apéndice III. Los procedimientos de ensamblado y extracción de piezas en las cimbras se expondrán en el capítulo 4.

## **CAPÍTULO 4**

### **COSTOS Y PROCEDIMIENTO DE ENSAMBLE DE CIMBRAS DE PLÁSTICO**

#### **4.1 Objetivo Capitular**

En este capítulo se describirá brevemente la fabricación de las piezas, así como los costos de la fabricación del molde y de la materia prima para formar la pieza. En base al costo final de producción de las piezas, se presupuestará la colocación de las cimbras de plástico en obra y se explicará su uso y procedimiento de ensamble, montaje y desmontaje.

#### **4.2 Estudio de costos para las cimbras de plástico**

##### **4.2.1 Fabricación de las piezas**

Las piezas se fabricarán por medio del proceso de moldeo de inyección a presión con moldes metálicos. Por su diseño, las cimbras de plástico se producirán con moldes conformados por varias piezas, con un máximo de diez partes por molde. Esta característica hará que el molde de las cimbras sea complejo y su costo se incremente.

Para estimar el costo de producción de las piezas, se utilizará un simulador de costos<sup>13</sup>, a partir de la geometría del molde y los siguientes parámetros:

- Tipo de material
- Producción del molde
- Cantidad de cavidades por molde
- Complejidad de la pieza

Los precios están dados en dólares debido a que así se presentan en el simulador de costos.

El simulador de costos requiere las dimensiones generales de la pieza en mm y pulgadas:

---

<sup>13</sup> ICO Products, LLC. Plastic Injection Molding Services,  
<http://www.icocity.com:8060/cost/CostCalculation.jsp>

Longitud	39.37	In =	1000	mm
Ancho	16.69	In =	500	mm
Altura	4	In =	101.6	mm
Grosor	1.5	In =	38.1	mm

**Tipo de material:** ABS resina termoplástica considerada de extremo inferior para su procesamiento con buenas características y funcionamiento. En lista de precios el pellet (grano) de ABS esta en \$1.25 USD., por libra.

**Producción del Molde:** 50,000 ciclos es una cantidad típica de producción para moldes de inyección. Ver Anexo C, tabla Comparativa de costo de herramientas, ritmos de producción, y volúmenes de producción típicos para procesos de moldeo

**Cantidad de cavidades del molde:** 1 debido al tamaño de la pieza.

**Complejidad de la pieza:** para esta pieza se considerará la más alta

Estos datos se introducirán al simulador para obtener el costo de producción. En la figura 4.1 se muestra la pantalla proporcionada por el simulador.

Los resultados de los costos de elaboración se puede observar en la parte inferior central de la pantalla, el costo total de producción por pieza de plástico de cimbra común es de \$98.41 USD.

El precio del molde ya ha sido contemplado en el precio por pieza del simulador. Para asegurar el costo aproximado del molde, se usará un segundo simulador<sup>14</sup> de la misma región que el primero y que solo proponga el costo de este.


En los simuladores se muestra una opción de producción de hasta 500,000 piezas por molde, lo que reduciría considerablemente el costo final, aún considerando que el molde requeriría de ajustes por su uso.

En la figura 4.2a y 4.2b se muestran los datos de entrada y salida que requiere el simulador de costos para moldes de inyección de plástico.

---

<sup>14</sup> Shanghai Sourcing, A China Synergy Company  
[http://www.sourcing-cn.com/moldcalc\\_input.asp#show](http://www.sourcing-cn.com/moldcalc_input.asp#show)

**Injection Molding Cost Estimator**


[Bookmark This Page](#)

**Injection Mold Cost Estimator**  
 Phone: 419-472-3300  
 Fax: 419-472-3700  
<http://www.icomold.com>

Part Information	Length	<input type="text" value="39.37"/>	inch =	<input type="text" value="1000"/>	mm
	Width	<input type="text" value="19.685"/>	inch =	<input type="text" value="500"/>	mm
	Height	<input type="text" value="3.937"/>	inch =	<input type="text" value="100"/>	mm
	Wall Thickness	<input type="text" value="1.5"/>	inch =	<input type="text" value="38.1"/>	mm
	Part Weight (Optional)	<input type="text" value="54.53"/>	lb.=	<input type="text" value="24.73"/>	Kg
	Quantity	<input type="text" value="50000"/>			
	Part Complexity Level	<input type="text" value="High"/>			
	Material	<input type="text" value="Lower Engineered Plastic"/>			

These materials includes high impact ABS, high heat ABS, Acetal, Acrylic, PBT, POM etc. The price is around \$1.10/lb. Please refer our knowledge base for the typical application for these materials.

ICOMold Cost Estimation	Tooling Cost:	<input type="text" value="\$35820"/>	<input type="button" value="Print This Estimation"/>  <input type="button" value="Quick Quote Now"/>
	Part Cost/pc:	<input type="text" value="\$98.41"/>	
	Lead Time:	<input type="text" value="6 weeks"/>	
	Express Air Shipping Cost/pc (2 days)	<input type="text" value="\$183.56"/>	
	Economy Air Shipping Cost/pc (5 days)	<input type="text" value="\$100.13"/>	
	Ocean Shipping Cost/pc (30 days)	<input type="text" value="\$3.77"/>	

**Fig. 4.1 Pantalla del simulador de costos de inyección de plástico**

El molde para la cimbra común es complejo y tiene un costo aproximado de \$36,000 USD.

Necesitamos estimar el número de usos que tendrá la pieza. Debemos de considerar varios factores que pueden degradar al material como la luz solar, la temperatura, el arrastre, las caídas, los esfuerzos y en general el mal uso y descuido por parte del personal encargado de usar las cimbras. Por tal motivo propondremos que las cimbras de plástico tendrán una vida útil de 100 usos.

## Injection Mold Price Estimator - China Cost

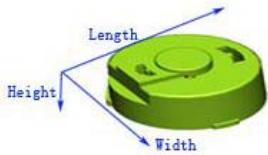
Our purpose is to provide **quick** estimation of mold price. We have kept it as **simple** as possible. It is applicable for most cases, the result is usually within **10% of market price**.

**Dimensions of Product to be molded:**

Unit:  centimeter  inch

length  width  height  (No need to be precise)

Cavities  (How many products come out of one injection?)



**Product Unit Price Estimation:** (You can leave it empty)

Material:  Weight of product:   gram /  pound

**Advanced Settings** (We have already chosen the typical parameters) [\[Click to Show\]](#):

**Fig. 4.2a** Pantalla de entrada de datos del simulador de costos para moldes

<b>Mold Price</b> (Exchange Rate: 1 USD = 6.2 RMB)	
Mold core: 109 X 59 X 17 cm	Price: 27787 RMB
Mold frame : 121 X 71 cm	Price: 9950 RMB
Other Material Cost (copper electrode, angular pin, injection pin) 21441 RMB	
Hot Runner System: 0 RMB	
Total Material Cost: 59178 RMB	
CNC machining 49710 RMB	Electrode machining 11115 RMB
Laboring 4000 RMB	Wire Cutting 8336 RMB
Total Production Cost: 70161 RMB	
Mold Design cost 12934 RMB	
Mould testing cost 2018 RMB (3 trials)	
Factory Overhead and Profit 47615.7 RMB	
Tax 32624 RMB	
<b>Total Mould Price 224530 RMB or 36215 USD</b>	

**Fig. 4.2b Pantalla de resultados del simulador de costos para moldes**

En la siguiente tabla se muestra las operaciones mencionadas y el costo total en usos por pieza.

Costo de producción		\$98.41	Pza.
Vida útil	100.00		Usos
Costo por uso		\$0.98	Pza.

Este procedimiento se hará para cada una de las piezas diseñadas. El resultado de los cálculos para todas las piezas se presenta en forma de tabla en el Apéndice II. En la siguiente tabla se muestra las columnas con la conversión de precios en pesos mexicanos para cada una de las piezas.

Piezas	Costo por pieza \$ MX	Costo por usos \$ MX
Común	\$ 1,230.13	\$ 12.30
Común M5*	\$ 610.13	\$ 6.10
Cerchas	\$ 1,100.00	\$ 11.00
Esquineros	\$ 218.75	\$ 2.19
Esquinero 27	\$ 509.13	\$ 5.09
Esquinero 27E1	\$ 582.75	\$ 5.83
Esquinero 27E2	\$ 48.38	\$ 0.48
Esquinero 27E3	\$ 43.88	\$ 0.44
Esquinero 27E4	\$ 22.13	\$ 0.22
Soportes	\$ 445.63	\$ 4.46
Yugos	\$ 287.00	\$ 2.87
Cabezal Recto	\$ 102.75	\$ 1.03
Cabezal Recto L	\$ 485.88	\$ 4.86
Cabezal Inclinado	\$ 114.63	\$ 1.15
Largueros	\$ 337.75	\$ 3.38
Largueros**	\$ 672.25	\$ 6.72
Largueros***	\$ 988.50	\$ 9.89

Cantidad de usos  
propuestos = 100

1USD= \$ 12.50 MX

Común M5\* Pieza reducida a la mitad de largo de la común e igual características al resto de medidas

Esquinero 27E1 Pieza principal

Esquinero 27E2 Pieza de estancamiento

Esquinero 27E3 Pieza con pivotes

Esquinero 27E4 Soportes

Cabezal Recto L Pieza Larga

Largueros\*\* Pieza aumentada al doble de largo que la original

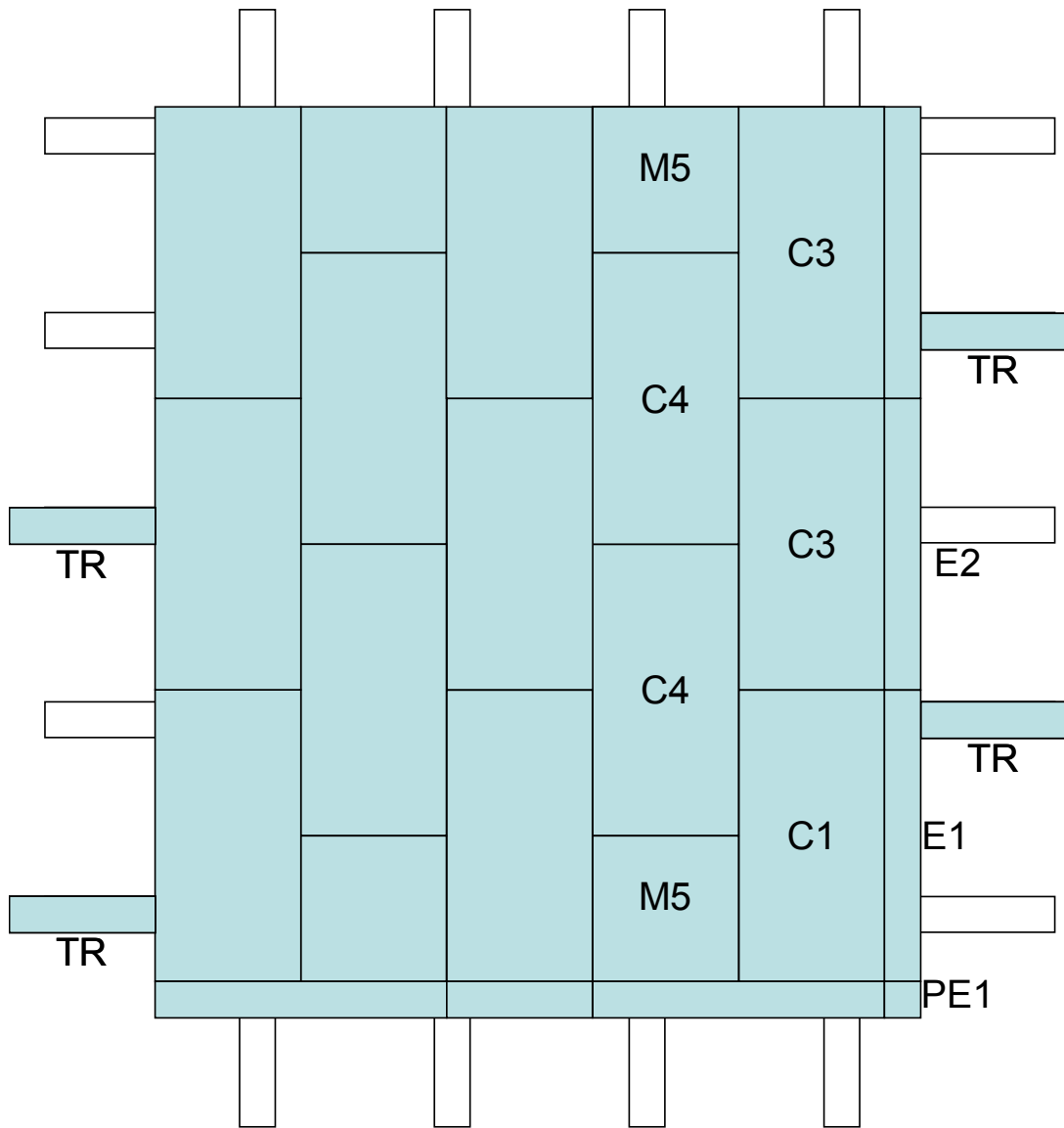
Largueros\*\*\* Pieza aumentada al triple de largo que la original

Antes de seguir con el análisis de costos, es necesario describir el proceso de armado y ensamblado de las cimbras con las piezas de plástico, que servirá para explicar y determinar los costos que intervienen el proceso.

### **4.3. Procedimiento de armado de cimbra para losas**

1. Se colocan los arrastres a 1 m en los dos sentidos.
2. Colocación de los cabezales invertidos en los arrastres y se ensamblan.
3. Colocación de la placa base de puntales sobre la base de los cabezales invertidos y se atornillan.
4. Sobre la placa superior de los puntales se coloca la base del cabezal y se atornillan.
5. Se verifica el plomeado de los puntales.
6. Se colocan los largueros inferiores sobre los cabezales y se ensamblan.
7. Se colocan los largueros superiores sobre los inferiores y se ensamblan.
8. Se colocan las tarimas Comunes de la siguiente manera:
  - a. La primera tarima "C1" se coloca paralela al esquinero, y se ensambla.
  - b. Se coloca por el lado largo de la primera tarima una Común M5 y se ensambla a la primera y luego al larguero.
  - c. La tercera tarima "C3" se coloca por su lado corto enseguida del lado corto de la primera, primero se ensambla a la tarima anterior y luego al larguero.
  - d. La cuarta tarima "C4" se coloca enseguida de la M5, junto a la C1 y C3, se ensamblan las tarimas y luego el larguero.Se repiten los incisos c y d hasta la frontera y se reinicia la secuencia hasta la frontera lateral. En la figura 4.5 se muestra la secuencia completa.
9. Se hace una revisión de niveles con las tarimas puestas.
10. Se rigidizará la cimbra por medio de contraventeos en los puntales.
11. Si se requiere se instalarán los esquineros en la frontera de la losa para armar las cerchas de contención como sigue:
  - a. Se coloca el primer esquinero E1 paralelo a la tarima C1, se ensambla a la tarima.
  - b. Se coloca el segundo esquinero E2 paralelo a la tarima C3 y se ensambla primero al esquinero anterior y tarima.
  - c. Se siguen los incisos a y b hasta llegar a la siguiente frontera.

- d. Al cerrar la frontera de la losa se coloca un esquinero PE1 perpendicular al plano de la losa en la punta de la esquina de la frontera.
  - e. Se coloca la cercha por su lado corto al esquinero PE1 y su lado largo al esquinero E1 ensamblando al mismo tiempo ambos esquineros.
  - f. Se coloca la siguiente cercha hasta cubrir la frontera de la losa
  - g. Si es necesario se colocaran soportes TR sobre los largueros de la cimbra
12. Se revisaran los niveles para evitar desniveles sobre la losa.



**Fig. 4.3 Armado y ensamble de cimbra común**



Este proceso de cimbrado es similar al que se hace con las cimbras de madera, con la excepción de los incisos 8 y 10 donde se hace la colocación de las cimbras comunes de plástico.

El procedimiento de armado de las cimbras para cimentaciones, columnas y muros es similar al descrito, en general:

- a) Se armaran líneas por el lado largo
- b) Se unirán por el costado en cada caso y
- c) Se cerrara con los esquineros los ángulos

El procedimiento que sigue con en alarmado de cimbras de plástico deberá utilizar las mismas normas y cuidados que se conocen.

Considerando esto, podemos decir que el costo del cimbrado variará con respecto al precio de los materiales y las piezas ocupadas. Los puntales y contraventeos se omitirán pues son comunes a las dos cimbras y se anularán en la comparación así como la mano de obra y otros elementos menores.

Se tomarán en cuenta los elementos más representativos a las dos materiales de cimbras como los:

- Largueros
- Cabezales
- Cimbras comunes
- Esquineros

En la siguiente tabla se muestra la comparación de costos en pesos mexicanos.

Pieza	Plásticos				Madera			
	P.U.	Usos	Cantidad	Total	P.U.	Usos	Cantidad	Total
<b>Largueros</b>	\$ 672.25	100	0.748	\$ 5.03	\$ 49.00	8	0.748	\$ 4.58
<b>Cabezales</b>	\$ 102.75	100	2	\$ 2.06	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Cimbras comunes</b>	\$1,230.13	100	2	\$24.60	\$330.22	8	2	\$82.56
<b>Esquineros</b>	\$ 218.75	100	0.25	\$ 0.55	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Cerchas</b>	\$1,100.00	100	0.25	\$ 2.75	\$334.11	8	0.0006	\$ 0.03
<b>Soportes TR</b>	\$ 445.63	100	0.25	\$ 1.11	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Arrastres</b>	\$ 337.75	100	1	\$ 3.38	\$ 49.00	8	0.1	\$ 0.61
				<b>\$39.47</b>				<b>\$87.77</b>

N/A No Aplica

Esta tabla refleja la comparación en cuanto al uso final de las piezas ya que el valor real de las cimbras de plástico es muy elevado.

## **CAPÍTULO 5**

### **CONCLUSIONES**

El avance de las cimbras ha sido parsimonioso junto al desarrollo que se tiene de materiales y del que se hacen cimbras. El plástico es uno de los materiales que deben explorarse más a fondo, actualmente se tiene una amplia gama de polímeros junto con sus aleaciones y combinaciones para desarrollar formas que mejoren y economicen el proceso de cimbrado en las construcciones.

Para el diseño de las piezas se seleccionó el polímero ABS por sus propiedades de dureza, facilidad de moldeo por inyección y sus capacidades térmicas. Estas características pueden ser mejoradas e incrementar propiedades por medio de aditivos así como de las distintas combinaciones de los tres materiales que lo integran.

No se puede descartar la posibilidad de usar algún otro polímero que se desarrolle con características similares y costos mas accesibles, inclusive se puede pensar en un polímero reciclado que pueda reducir al máximo los costos de producción.

El diseño de la cimbra de plástico se elaboró para tratar de mejorar y controlar las características del concreto que contendrá, evitar al máximo la pérdida de agua y la inclusión de químicos ajenos a la mezcla debido al contacto con materiales que aporten oxidación o impurezas a la mezcla, se trató de evitar aquellas desventajas que presentan los materiales usados hasta el momento.

En cuanto a las formas de las piezas, se empezó por la morfología más conocida en la construcción y con la que se pueden generar mas cimbrados, en seguida se diseñaron las figuras que proporcionarían complemento y soporte a la cimbra común para poder formar las estructuras de cimbrado mas utilizadas. A la cimbra de plástico se le añadió una ventaja, los pivotes, que le darán un enganche inmediato con el resto de las piezas y facilidad de armado. También se le añadieron pestañas para asegurar el estancamiento y evitar al máximo la fuga de lechadas del concreto contenido.

Se tomó especial cuidado con las dimensiones de las piezas de plástico para que se puedan armar la mayoría de las estructuras de cimbrado regulares para cimentaciones, contratraveses, muros, columnas y lozas.

Sin embargo, cuando las formas y/o dimensiones de las estructuras de concreto a construir sean caprichosas y no se pueda ajustar el tamaño ni la figura, lo recomendable es usar extensiones y remates de madera que se puedan acoplar a las cimbras de plástico, ya que sería poco recomendable y muy costoso hacer una pieza de plástico de forma inconstante que solo se utilice en pocas ocasiones.

El costo final por uso de las cimbras de plástico diseñadas es altamente competitivo con respecto de otros materiales. Empero, el precio por unidad de adquisición de las piezas es elevado y este sistema requiere de un gran número de partes que elevarán sus costos, por lo que, para invertir en esta clase de cimbras se necesitará de un gran capital. La renta de este tipo de cimbras sería una opción viable que atenuaría los costos de usarlas.

Es claro que también sería rentable la adquisición y el uso de las cimbras de plástico en los casos donde se tenga un gran volumen de construcción y se pueda utilizar la misma cimbra en muchas ocasiones, por ejemplo al hacer construcciones modulares, con la ventaja de que estas piezas se adaptarán a un gran número de formas.

Las cimbras de plástico ensamblables, como cualquier otro producto nuevo, su costo al principio será elevado, pero con el paso del tiempo, el uso continuo, el aumento en la tecnología de plásticos y las mejoras en su fabricación, harán que los costos se reduzcan y se convertirá en un producto más accesible y atractivo. Así mismo, existe la posibilidad de diseñar nuevas formas o transformar las diseñadas para aumentar su funcionalidad.

El diseño de cimbras de plástico ensamblables también puede generar una gran cantidad de temas para su investigación y desarrollo, como una investigación de plásticos reciclables para la elaboración de las cimbras o el desarrollo de programas informáticos gráficos para simplificar el armado de estas cimbras.

Se ha dado el paso inicial y el reto de empezar a transformar el sistema de cimbrado tradicional en uno más eficiente, económico y ecológicamente sustentable.

## **Bibliografía**

### **Normas:**

***Guía para el diseño, construcción y materiales de cimbras para concreto***, Comité ACI-347-04; Ed. IMCYC, México. 2005

### **Publicaciones:**

**Análisis Básico de Cimbras**, Editorial Viadas, S.A. de C.V., México

***Curso Procedimientos Constructivos y Maquinaria II***, Universidad de Burgos., España. 2010.

### **Obras consultadas:**

***Curso de Edificación***, Luis Armando Díaz-Infante de la Mora; Ed. Trillas. México 2009

***Diseño y Control de Mezclas de Concreto***, Steven H. Kosmatka; Ed. PCA, México, 2004.

**Plastics Engineering**, R.J. Crawford. Third Edition; Ed. Butterworth Heinemann. England, UK 1998.

**Design and Manufacture of Plastic Parts**, R. L. E. Brown; Ed. John Wiley & Sons. USA, 1980.

**Procesos de Manufactura**, Jhon A. Schey, 3<sup>ra</sup> edición; Ed. McGRAW-HILL. México, 2000

### **Otras fuentes consultadas**

ICO Products, LLC. Plastic Injection Molding Services,  
<http://www.icocity.com:8060/cost/CostCalculation.jsp>

Shanghai Sourcing, A China Synergy Company  
[http://www.sourcing-cn.com/moldcalc\\_input.asp#show](http://www.sourcing-cn.com/moldcalc_input.asp#show)

<http://infoplasticos.wordpress.com/page/2/>  
<http://infoplasticos.wordpress.com/2010/06/15/tecnicas-de-conformacion-2/>

## ANEXO A

### Clasificación y propiedades de los plásticos

		Nombre	Siglas	Propiedades	Usos	Observaciones
Termoestable	-	Fenol formaldehído	<b>PF</b>	Resinas de impregnación en un material base	Dependiendo de la base por ejemplo: base papel, componentes eléctricos; de vidrio, como rodamientos de alta velocidad,	
	-	Melamina formaldehído (Melamina)	<b>MF</b>	Alto punto de reblandecimiento, resistencia a los álcalis, excelente resistencia al aislamiento y no es reciclable.	Utensilios de cocina, Formaica y suelos laminados	
	-	Poli epóxido (resinas epóxicas)	<b>Epoxis</b>	Adherencia óptima, aislamiento eléctrico, resistencia mecánica, resistente a la humedad, resisten el ataque de fluidos corrosivos, resisten temperaturas elevadas y excelente resistencia química	Pinturas, recubrimientos y adhesivos.	
	-	Silicona	<b>Silicona</b>	Extraordinaria resistencia al calor, baja toxicidad, buena estabilidad térmica.	Lubricantes, adhesivos, moldes, impermeabilizantes; aplicaciones médicas como prótesis valvulares cardíacas e implantes de mamas.	No debe de confundirse con el silicón, son materiales distintos.
	-	Urea formaldehído	<b>UF</b>	Alta resistencia a la tracción, baja absorción de agua y superficialmente duros.	La mayor producción se usa en la industria maderera para la unión de tableros o aglomerados, para hacer adhesivos y como controlador de fertilizantes.	

		Nombre	Siglas	Propiedades	Usos	Observaciones
Termoplásticos	Amorfo	Acrílico (Polimetilmetacrilato)	<b>PMMA</b>	Transparente con resistencia al rayado e intemperie	Aplicaciones similares al policarbonato (PC) o el poliestireno (PS)	Gran uso en la industria automotriz
		Acrilonitrilo Butadieno Estireno	<b>ABS</b>	Gran tenacidad incluso a baja temperatura, duro, rígido, resistencia química aceptable; baja absorción de agua, buena estabilidad dimensional y alta resistencia a la abrasión.	Partes cromadas automotrices, vestiduras e interiores y partes externas, bloques de LEGO, carcasas de aparatos electrónicos, en grapadoras, carpetas pesadas e impresión 3d	Facilidad para el procesado y se recubre con una capa metálica con facilidad. Plásticos de Ingeniería
		Estireno acrilonitrilo (Styrene Acrylonitrile)	<b>SAN</b>	Muy resistente a aceites, grasas y agentes de limpieza, así como de gran transparencia	En artículos de cocina, Bandejas y componentes internos de las neveras.	
		Policarbonatos	<b>PC</b>	Material muy durable	Fabricación del "cristal blindado"	Plásticos trabajados, moldeados y termo-reformados fácilmente. Plásticos de Ingeniería
		Policloruro de vinilo	<b>PVC</b>	Liviano, ignífugo, resistente a la intemperie y a la corrosión, transparente, con buenas propiedades de permeabilidad, buena resistencia al impacto, y no es atacado por bacterias, hongos o insectos.	Fabricación de tuberías, envases varios, envolturas, cables, juguetes, armazones para aparatos electrodomésticos y computadoras	Segundo polímero más empleado, buena relación costo/beneficio
		Poliestireno	<b>PS</b> Expandido (unicel)	Muy ligero, estructura rígida celular que contiene hasta un 98% de aire encapsulado	Principalmente como aislante térmico en construcción.	Ideal para la fabricación de empaques y embalajes
			<b>PS</b> cristal	Transparente, rígido y quebradizo	Fabricación de envases mediante extrusión-termoformado y de objetos diversos mediante moldeo por inyección	
<b>PS</b> impacto	Resistente y opaco					

		<b>Nombre</b>	<b>Siglas</b>	<b>Propiedades</b>	<b>Usos</b>	<b>Observaciones</b>
Termoplásticos	Cristalino	Acetal (PolyOxyMethylene)	<b>POM</b>	Gran resistencia	Sustituto del metal	Plásticos de Ingeniería
		Etileno vinilo de acetato (Ethylene Vinyl Acetate)	<b>EVA</b>	Plásticos muy suaves y flexibles	FOAMY aplicaciones eléctricas, como empaque y como material para amortiguar golpes	
		Poliamidas (Nylon; Kevlar)	<b>PA</b>	Plásticos de muy alta resistencia	Polímeros técnicos más versátiles y con mayores posibilidades de aplicación	Plásticos de Ingeniería
		Poliéter éter cetona (Polyether ether ketone)	<b>PEEK</b>	Excelente resistencia mecánica y química, se conservan a altas temperaturas; altamente resistente a la degradación.	Soportes, Partes de pistones, bombas, válvulas y aislantes de cable	Es considerado un material biomédico avanzado, usado para implantes.
		Polietileno de alta densidad	<b>PEAD (HDPE)</b>	Plástico notable por su flexibilidad, su resistencia química y su resistencia al impacto; resistente a bajas temperaturas, irrompible, liviano, impermeable e inerte	Fabricación de envases varios, bolsas, botes para pintura y tuberías	Más ampliamente utilizado, fácil de procesar y de bajo costo.
		Polietileno de baja densidad	<b>PEBD (LDPE)</b>	menos resistente a la temperatura, impacto y agentes químicos	Fabricación de bolsas de todo tipo, hules para diversos recubrimientos, base para pañales desechables, tuberías para riego.	Es más barato y flexible que el PEAD
		Polipropileno	<b>PP</b>	Es inerte, su incineración no tiene ningún efecto contaminante, y su tecnología de producción es la de menor impacto ambiental	Fabricación de hules para diversos recubrimientos, hilos y cordelería, tuberías, jeringas desechables, tapas, botes para pintura, telas no tejidas, alfombras y autopartes	Considerado como uno de los productos termoplásticos de mayor potencial.
		Poliuretano	<b>PU</b>	Resiste muy bien el impacto de solventes químicos, es buen aislante térmico y presenta una flexibilidad mayor a la de otros materiales similares	Fabricación de pinturas sintéticas, espumas y aislantes térmicos.	Pinturas de automóviles

		<b>Nombre</b>	<b>Siglas</b>	<b>Propiedades</b>	<b>Usos</b>	<b>Observaciones</b>
Termoplásticos	Cristalino	Tereftalato de polietileno (Polietilen tereftalato)	<b>PET</b>	Impermeable, transparente, irrompible, liviano, inerte (al contenido) y, particularmente, no tóxico.	Fabricación de envases, bolsas y frascos varios, películas transparentes, fibras textiles, bandejas para microondas, cintas de video y audio, geotextiles (para pavimentación) y películas radiográficas	Es el plástico más fácil de reciclar

Esta tabla muestra algunos de los plásticos comunes y más utilizados en la industria, la lista de plásticos existentes es muy grande y no corresponde a la realización de este trabajo.

La información contenida en esta tabla fue recopilada de:

Boletín CIIAAS, Centro de Integración para la Industria Automotriz y Aeronáutica de Sonora, A.C. No. 22 del 19 de mayo de 2008

Design and Manufacture of Plastic Parts; R.L. E. Brown 1980 pg. 4 - 8



## Anexo B

**Procesos de moldeo para termoplásticos comunes**

Material	Proceso	Sin refuerzo										
		Moldeo por compresión	Transferencia de moldeo	Moldeo por inyección	Extrusión	Moldeo rotacional	Soplado	Termoformado	Fundición	Forjado	Moldeo de espuma	Moldeo por inyección (Reforzado con fibra)
Acrílico				X	X		X	X	X			
ABS				X	X	X	X	X		X	X	X
Acetato celulósico		X		X	X			X				
CAB		X		X	X	X		X				
Propinato de celulosa				X	X			X				
Poliéster Clorada				X	X	X	X	X				
Polietileno Clorado				X	X	X	X	X			X	
EVA				X	X	X	X					
politetrafluoroetileno					X							
PCTEF		X	X	X	X							
FEP				X	X			X				X
Ionómero				X	X		X	X				
Polímero Metilpenteno				X	X			X				
Nylon				X	X	X	X		X	X		X
Fenoxi				X	X		X					
Acetal				X	X	X	X			X		X
Policarbonato				X	X		X	X			X	X
Polietileno				X	X	X	X	X		X	X	X
PET				X	X							X
Oxido de polifenileno				X	X		X					X
Sulfuro de polifenileno		X		X			X					X
Polipropileno				X	X	X	X	X		X	X	X
Poliestireno				X	X	X	X	X			X	X
Polisulfona				X	X		X	X				X
PVC		X	X	X	X	X	X	X			X	X
Poliuretano				X	X	X						X
SAN				X	X		X					X

Tabla traducida de, Design and Manufacture of Plastic Parts; R.L. E. Brown 1980 Pág. 30

**Procesos de formado adecuado para piezas con formas particulares**

	Limitación de forma	Intrincadas y complicadas	Grosor de pared controlado	Formas huecas abiertas	Formas huecas cerradas	Cerradas de gran volumen	Artículos muy pequeños	Área expuesta 0.93m <sup>2</sup>	Tamaño máximo como factor limitante	Insertos	Moldeado con huecos	Hilados
<b>Materiales no reforzados</b>												
Moldeo por compresión	moldeable	si	si	si					prensa	si	si	si
Moldeo por Transferencia	moldeable	si	si	si			si		prensa	si	si	si
Moldeo por inyección	moldeable	si	si	si			si		prensa	si	si	si
Extrusión	sección transversal	si	si						dado	si	si	
Moldeo rotacional	hueco			si	si	si		si	máquina disponible			si
Soplado	hueco, pared delgada			si	si	si		si	moldeable			si
Termoformado	pared delgada			si				si	máquina disponible			
Fundición	moldeable	si	si						moldeable	si	si	
Forjado	moldeable	si	si						dado			
Moldeo de espuma	moldeable	si	si	si				si	prensa		si	
<b>Materiales reforzados con fibras</b>												
Moldeo por inyección	moldeable	si	si	si					prensa	si	si	si
Rociado y esparcido manual	grande, pared delgada	si	si	si		si, uniendo		si	molde, o el transporte de	si	si	
Moldeo por compresión	moldeable	si	si	si					prensa	si	si	si
Moldeo de preforma	moldeable	si	si	si				si	prensa			
Moldeo por prensado frío	moldeable	si	si	si				si	prensa			
Devanado de filamentos	limitante de superficial		si						máquina disponible			
Pultrusión	sección transversal	si	si						dado			

Tabla traducida de, Design and Manufacture of Plastic Parts; R.L. E. Brown 1980 Pág. 28

## Anexo D

**Comparativa de costo de herramientas, ritmos de producción, y volúmenes de producción típicos para procesos de moldeo**

	Costo capital de equipos	Ritmo de producción	Costo de herramientas	Volumen de producción típico Cantidad de piezas						
				10 <sup>1</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup>
<b>Materiales no reforzados</b>										
Maquinado				■						
Moldeo por compresión	alto	medio	alto	■						
Moldeo por Transferencia	alto	medio	alto	■						
Moldeo por inyección	alto	rápido	alto	■						
Extrusión	medio		bajo	■						
Moldeo rotacional	bajo	lento	bajo	■						
Soplado	medio	medio	medio	■						
Termoformado	bajo	lento	bajo	■						
Fundición	bajo	muy lento	bajo	■						
Forjado	alto	lento	medio	■						
Moldeo de espuma	alto	medio	medio	■						
<b>Materiales reforzados con fibras</b>										
Moldeo por inyección	alto	rápido	alto	■						
Esparcido manual		lento	bajo	■						
Rociado	bajo	lento	bajo	■						
Moldeo por compresión SMC	alto	medio	alto	■						
Moldeo por compresión BMC	alto	medio	alto	■						
Moldeo de preforma	alto	medio	medio	■						
Moldeo por prensado frío	alto	medio	bajo	■						
Devanado de filamentos	bajo		bajo	■						
Pultrusión	bajo		bajo	■						

Tabla traducida de, Design and Manufacture of Plastic Parts; R.L. E. Brown 1980 Pág. 29

## APÉNDICE I

### Ecuación para el cálculo del tamaño de espacios entre pivotes

A continuación se presenta la deducción de la ecuación utilizada para determinar el espacio que deben tener los pivotes en las piezas de plástico.

Se requiere que todas las piezas tengan la misma distancia entre pivotes y huecos e inclusive la misma distancia entre pivotes de piezas ensambladas contiguas. Los huecos y sus espacios deberán estar a la misma distancia y deberán coincidir con los pivotes incluyendo aquellos que se encuentren en el cruce de una pieza a otra.

Representaremos al tamaño de los espacios entre pivotes con la letra "S", al tamaño de los pivotes con la letra "P" y al tamaño de la pieza con la letra "T".

Para una pieza con un solo pivote se deberá tener la mitad del espacio, el pivote y la siguiente mitad de espacio, puesto que la siguiente pieza deberá tener al inicio la mitad del espacio para que se acoplen los pivotes de las dos piezas. Por lo tanto la ecuación que represente la medida de los espacios y pivote será:

$$T = \frac{S}{2} + P + \frac{S}{2} \quad \text{y simplificando tendremos:}$$
$$T = S + P \quad (1)$$

Para una pieza con dos pivotes tendremos, la mitad del espacio, pivote, espacio, pivote y mitad del espacio. Que se representará de la siguiente manera:

$$T = \frac{S}{2} + P + S + P + \frac{S}{2} \quad \text{y simplificando tendremos:}$$
$$\frac{T}{2} = S + P \quad (2)$$

Para una pieza con tres pivotes tendremos, la mitad del espacio, pivote, espacio, pivote, espacio, pivote y la mitad del espacio, representado por la siguiente ecuación.

$$T = \frac{S}{2} + P + S + P + S + P + \frac{S}{2} \quad \text{y simplificando tendremos:}$$
$$\frac{T}{3} = S + P \quad (3)$$

Para una pieza con cuatro pivotes tendremos, la mitad del espacio, pivote, espacio, pivote, espacio, pivote, espacio, pivote y la mitad del espacio, representado por la siguiente ecuación.

$$T = \frac{S}{2} + P + S + P + S + P + S + P + \frac{S}{2} \quad \text{y simplificando tendremos:}$$

$$\frac{T}{4} = S + P \quad (4)$$

Observando el comportamiento de las ecuaciones 1, 2, 3 y 4 podemos deducir que para una pieza con "n" número de pivotes tendremos:

$$\frac{T}{n} = S + P \quad (5)$$

Esta es la ecuación general que nos proporcionará el espacio entre pivotes y la cantidad de estos en una pieza de tamaño determinado.

Esta ecuación la empezaremos a utilizar con la pieza común, como ya hemos mencionado, esta pieza mide 100 x 50 x 10 cm. Tomaremos su lado mayor 100 cm, el tamaño de los pivotes y huecos es de 2.54 cm. Se proponen 20 pivotes para esta pieza porque representa el 50% del largo de la pieza. Con estos datos tendremos:

$$T = 100 \text{ cm}$$

$$P = 2.54 \text{ cm}$$

$$n = 20$$

$$\frac{T}{n} = S + P \rightarrow \frac{100}{20} = S + 2.54 \rightarrow 5 - 2.54 = S$$

$$\text{Por lo tanto: } S = 2.46$$

El espacio resultante entre pivotes será de 2.46 cm. Con este valor se calculará el número de pivotes que cabría en una pieza de longitud determinada. Para el caso de la pieza común calculamos el número de pivotes que habrá en el lado corto de la pieza, el cual mide 50 cm. Tenemos los siguientes datos:

$$T = 50 \text{ cm}$$

$$P = 2.54 \text{ cm}$$

$$S = 2.46$$

$$\frac{T}{n} = S + P \rightarrow \frac{50}{n} = 2.46 + 2.54 \rightarrow \frac{50}{5} = n$$

$$\text{Por lo tanto: } n = 10$$

El número de pivotes y huecos que llevarán las piezas en sus lados cortos respectivos serán 10 de cada lado.

De esta manera se obtendrán los pivotes y huecos de las piezas dependiendo de las necesidades de tamaños.

**APÉNDICE II**

Tabla de medidas y costos de las piezas de plástico

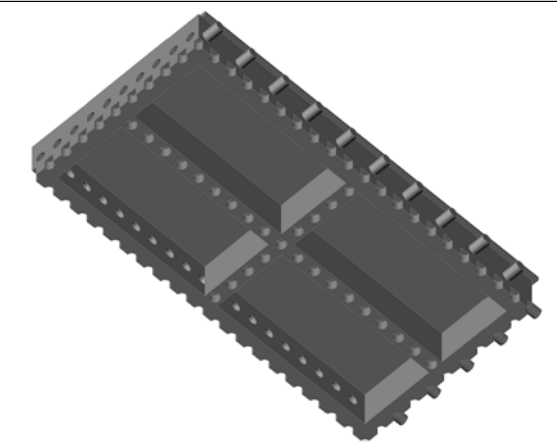
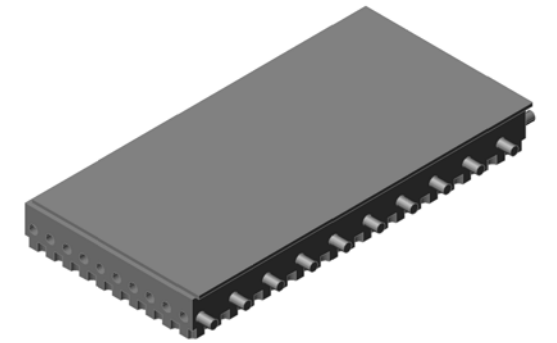
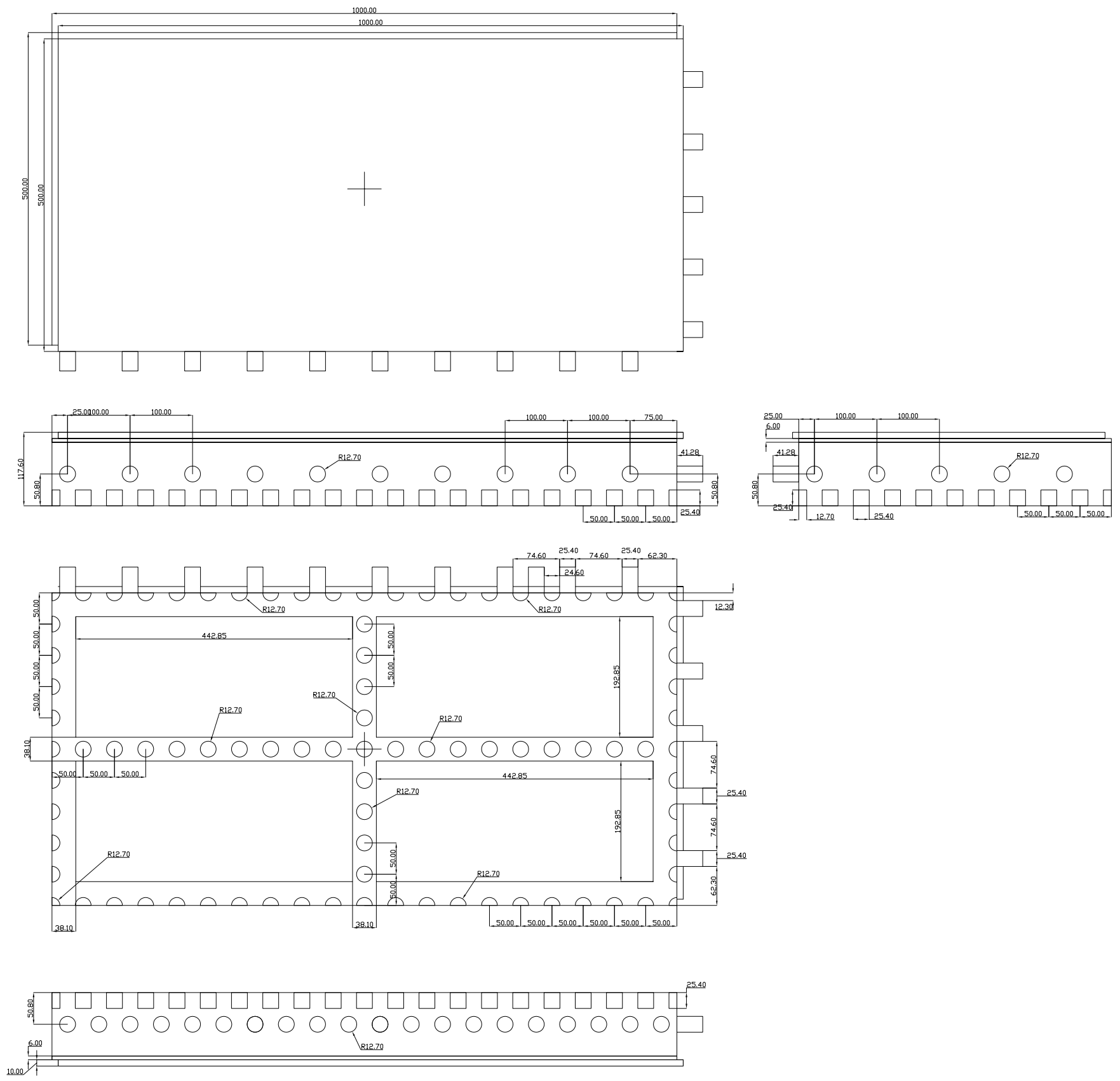
Piezas	Largo mm	Ancho mm	Altura mm	Espesor de pared mm	Volumen de la pieza mm <sup>3</sup>	Volumen de la pieza m <sup>3</sup>	Peso de la pieza Kg	Cantidad	Grado de complejidad de pieza	Costo de maquinado USD	Costo por pieza USD	Costo por usos 100	Tipo de cambio 1USD= \$ 12.50
Común	1,041.28	541.28	117.60	38.10	23,774,110.45	0.0237741	24.73	50,000.00	Alto	\$ 35,820.00	\$ 98.41	\$ 0.98	\$ 12.30
Común M5*	541.00	541.00	117.60	38.10	11,887,055.23	0.0118871	12.36	50,000.00	Alto	\$ 26,430.00	\$ 48.81	\$ 0.49	\$ 6.10
Cerchas	2,041.28	191.28	117.60	38.10	21,519,077.06	0.0215191	22.38	50,000.00	Alto	\$ 14,001.00	\$ 88.00	\$ 0.88	\$ 11.00
Esquineros	541.28	127.60	148.88	38.10	4,219,287.80	0.0042193	4.39	50,000.00	Alto	\$ 21,996.00	\$ 17.50	\$ 0.18	\$ 2.19
Esquinero 27	1,010.00	158.88	117.60	38.10	9,634,714.27	0.0096347	10.02	50,000.00	Alto	\$ 33,475.00	\$ 40.73	\$ 0.41	\$ 5.09
Esquinero 27E1	1,010.00	200.00	117.60	38.10	11,080,112.62	0.0110801	11.52	50,000.00	Alto	\$ 33,951.00	\$ 46.62	\$ 0.47	\$ 5.83
Esquinero 27E2	1,000.00	45.40	43.28	25.40	630,775.07	0.0006308	0.66	50,000.00	Medio	\$ 22,820.00	\$ 3.87	\$ 0.04	\$ 0.48
Esquinero 27E3	925.40	79.38	25.40	25.40	597,508.64	0.0005975	0.62	50,000.00	Medio	\$ 20,801.00	\$ 3.51	\$ 0.04	\$ 0.44
Esquinero 27E4	1,000.00	25.40	12.70	12.70	126,627.38	0.0001266	0.13	100,000.00	Bajo	\$ 14,695.00	\$ 1.77	\$ 0.02	\$ 0.22
Soportes	541.28	500.00	117.60	38.10	8,664,640.40	0.0086646	9.01	50,000.00	Alto	\$ 25,628.00	\$ 35.65	\$ 0.36	\$ 4.46
Yugos	1,000.00	142.88	50.00	50.00	5,306,097.00	0.0053061	5.52	50,000.00	Alto	\$ 30,921.00	\$ 22.96	\$ 0.23	\$ 2.87
Cabezal Recto	150.00	151.94	152.40	25.40	1,985,734.33	0.0019857	2.07	50,000.00	Alto	\$ 14,110.00	\$ 8.22	\$ 0.08	\$ 1.03
Cabezal Recto L	614.60	151.94	150.00	25.40	9,448,009.93	0.0094480	9.83	50,000.00	Alto	\$ 24,167.00	\$ 38.87	\$ 0.39	\$ 4.86
Cabezal Inclinado	209.42	176.73	151.94	25.40	2,217,878.19	0.0022179	2.31	50,000.00	Alto	\$ 16,700.00	\$ 9.17	\$ 0.09	\$ 1.15
Largueros	1,200.00	127.00	50.80	12.70	6,188,009.96	0.0061880	6.44	50,000.00	Alto	\$ 36,631.00	\$ 27.02	\$ 0.27	\$ 3.38
Largueros**	2,400.00	127.00	50.80	12.70	12,376,019.92	0.0123760	12.87	50,000.00	Alto	\$ 71,273.00	\$ 53.78	\$ 0.54	\$ 6.72
Largueros***	3,600.00	127.00	50.80	12.70	18,564,029.88	0.0185640	19.31	50,000.00	Alto	\$ 106,001.00	\$ 79.08	\$ 0.79	\$ 9.89

Común M5\* Pieza reducida a la mitad de largo de la común e igual características al resto de medidas  
 Largueros\*\* Pieza aumentada al doble de largo que la original  
 Largueros\*\*\* Pieza aumentada al triple de largo que la original  
 Esquinero 27E1 Pieza principal  
 Esquinero 27E2 Pieza de estancamiento  
 Esquinero 27E3 Pieza con pivotes  
 Esquinero 27E4 Soportes  
 Cabezal Recto L Pieza Larga

## **APÉNDICE III**

### **Planos de las piezas diseñadas**

1. Cimbra Común
2. Largueros
3. Cercha
4. Esquinero
5. Soporte Triangular
6. Yugos
7. Esquinero-27
8. Cabezal Recto
9. Cabezal Inclinado
10. Esquinero-ES27
11. Común-ES10
12. Cabezal Largo



**Universidad Nacional Autónoma de México**  
**Facultad de Ingeniería**  
*Posgrado e Investigación*

Tesis:  
 Cimbras de Plástico Ensamblables,  
 Diseño de Piezas de Plástico para Cimbra

Autor:  
 Ing. Alejandro Sénen Hernández Soriano

Director de Tesis:  
 Ing. Luis Armando Díaz-Infante de la Mora

Pieza:  
**Común**

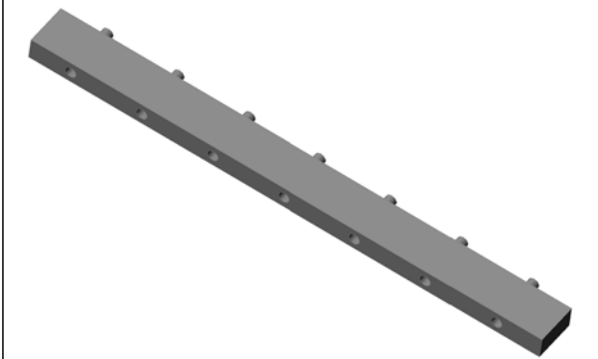
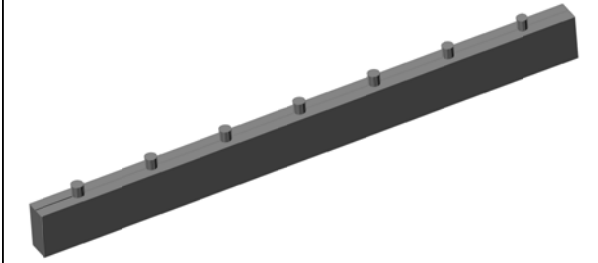
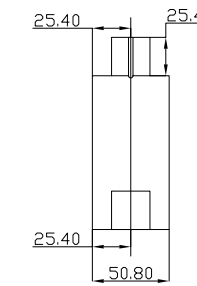
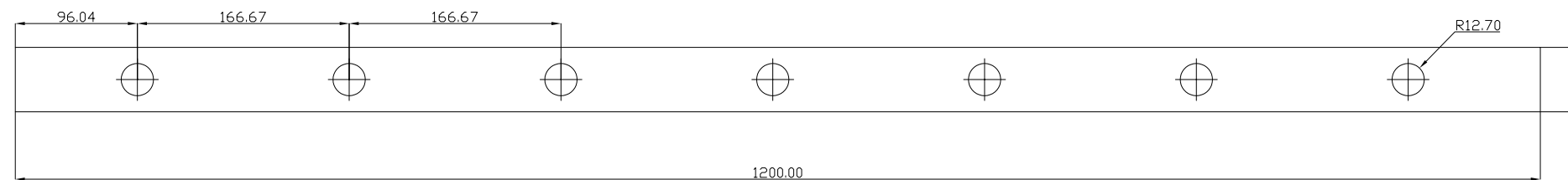
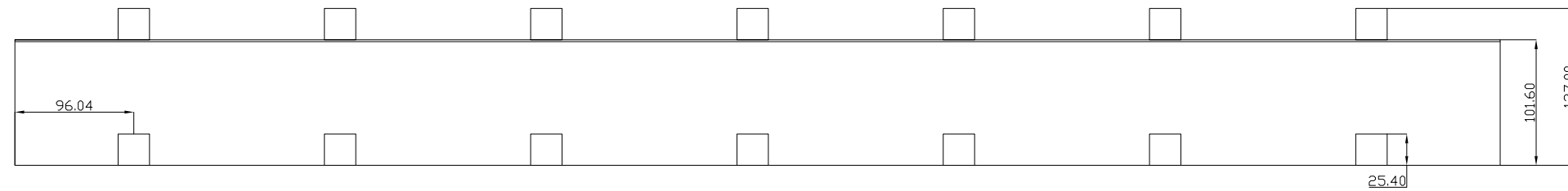
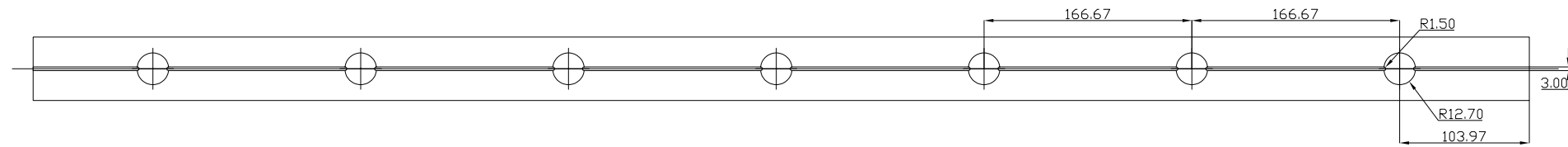
Propiedades:

Volumen de la pieza: 23,122.32 cm<sup>3</sup>  
 Densidad ABS: 1.05 gr/cm<sup>3</sup>  
 Peso de la pieza: 24,278.44 gr  
 Modulo de Flexión: 2.5 GPa  
 Bajo tensión:  
 Resistencia: 30 - 55 MPa  
 Elongación: 5 - 25 %

México, D.F. Noviembre de 2013

Cotas en mm	Rev: 0	Hoja: 60
-------------	--------	----------





**Universidad Nacional Autónoma de México**  
**Facultad de Ingeniería**  
*Posgrado e Investigación*

Tesis:  
 Cimbras de Plástico Ensamblables,  
 Diseño de Piezas de Plástico para Cimbra

Autor:  
 Ing. Alejandro Sénen Hernández Soriano

Director de Tesis:  
 Ing. Luis Armando Díaz-Infante de la Mora

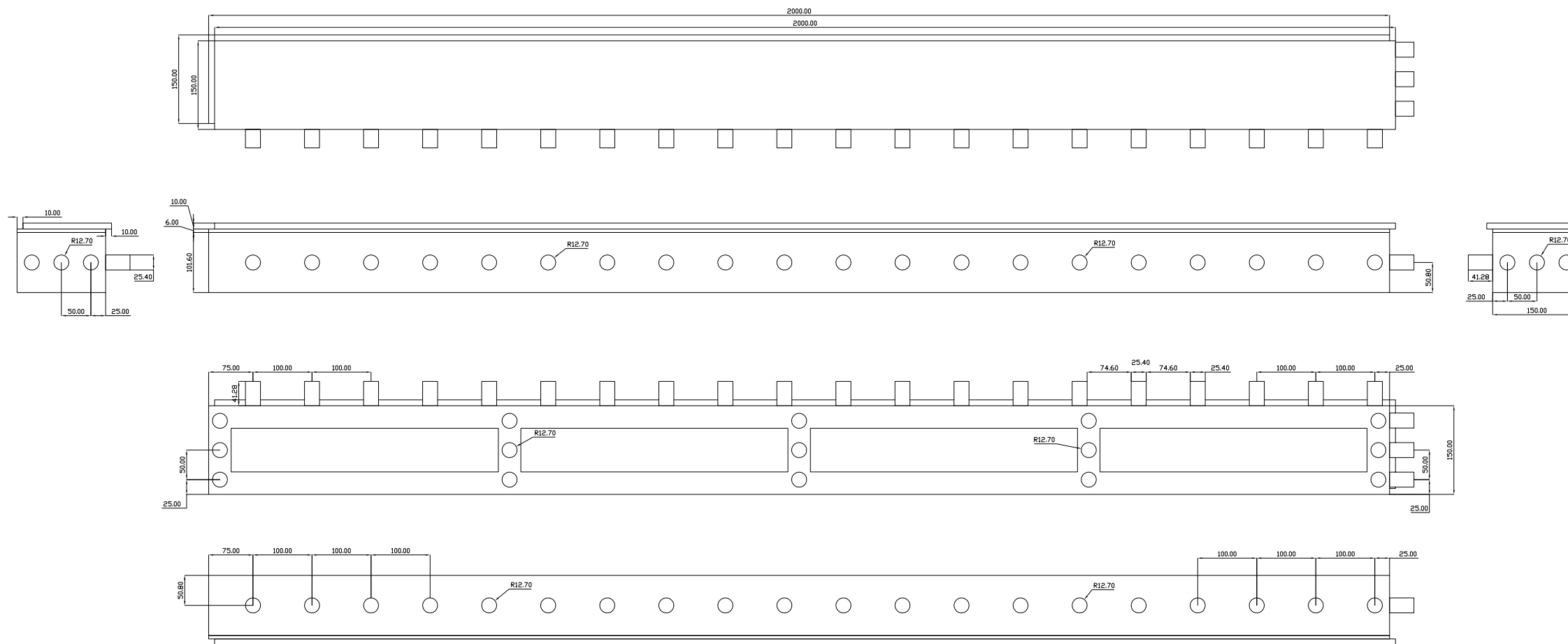
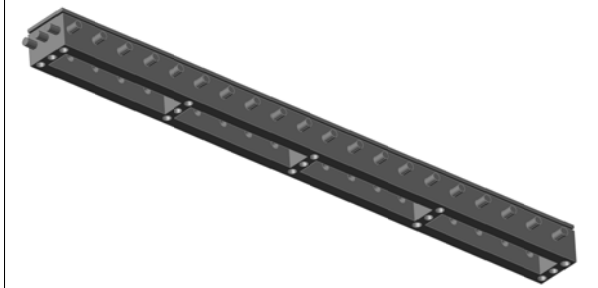
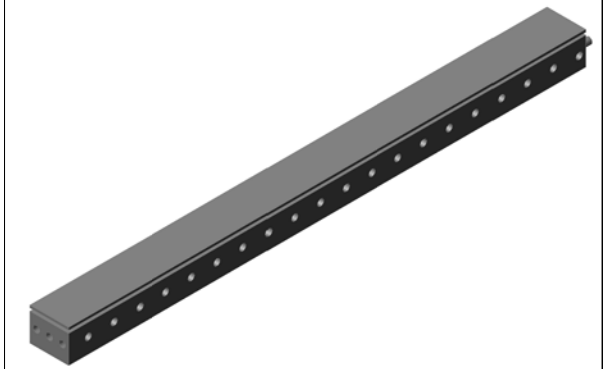
Pieza:  
**Larguero**

Propiedades:

Volumen de la pieza: 6,187.97 cm<sup>3</sup>  
 Densidad ABS: 1.05 gr/cm<sup>3</sup>  
 Peso de la pieza: 6,497.37 gr  
 Modulo de Flexión: 2.5 GPa  
 Bajo tensión:  
 Resistencia: 30 - 55 MPa  
 Elongación: 5 - 25 %

México, D.F. Noviembre de 2013

Cotas en mm      Rev: 0      Hoja: 61



**Universidad Nacional Autónoma de México**  
**Facultad de Ingeniería**  
*Posgrado e Investigación*

Tesis:  
 Cimbras de Plástico Ensamblables,  
 Diseño de Piezas de Plástico para Cimbra

Autor:  
 Ing. Alejandro Sénen Hernández Soriano

Director de Tesis:  
 Ing. Luis Armando Díaz-Infante de la Mora

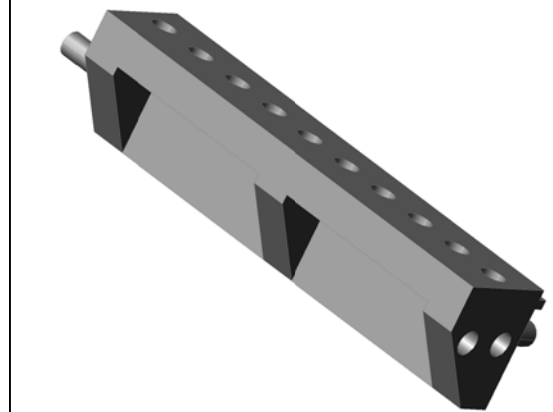
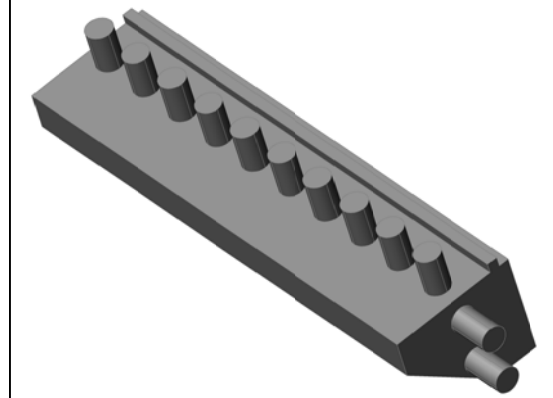
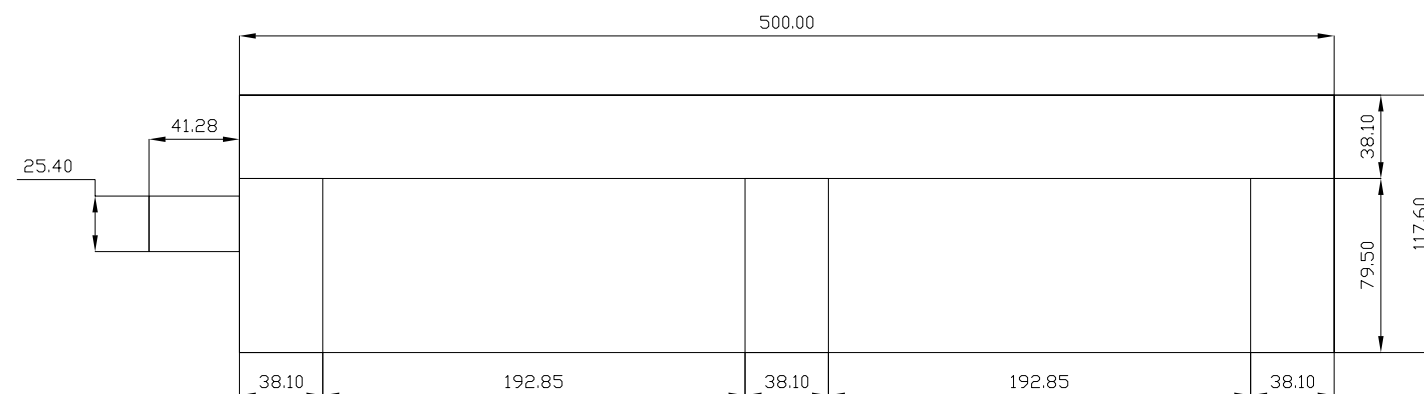
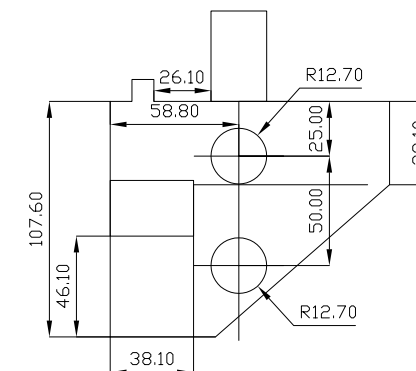
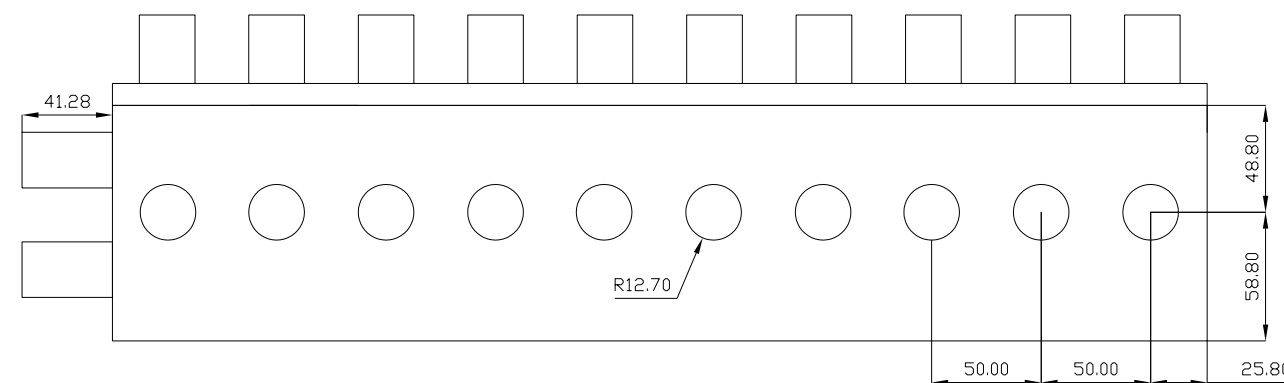
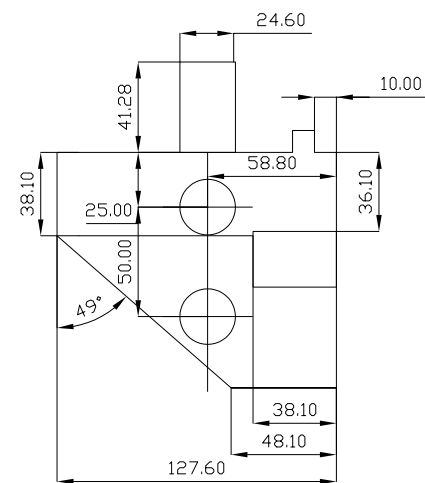
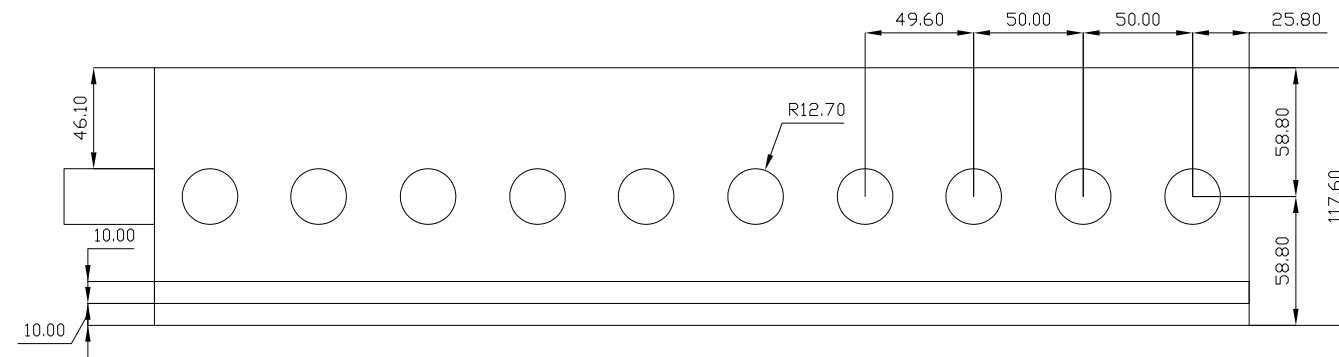
Pieza:  
**Cercha**

Propiedades:

- Volumen de la pieza: 21,519.08 cm<sup>3</sup>
- Densidad ABS: 1.05 gr/cm<sup>3</sup>
- Peso de la pieza: 22,595.03 gr
- Modulo de Flexión: 2.5 GPa
- Bajo tensión:
- Resistencia: 30 - 55 MPa
- Elongación: 5 - 25 %

México, D.F. Noviembre de 2013

Cotas en mm	Rev: 0	Hoja: 62
-------------	--------	----------



Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ingeniería  
Posgrado e Investigación

Tesis:  
Cimbras de Plástico Ensamblables,  
Diseño de Piezas de Plástico para Cimbra

Autor:  
Ing. Alejandro Sénen Hernández Soriano

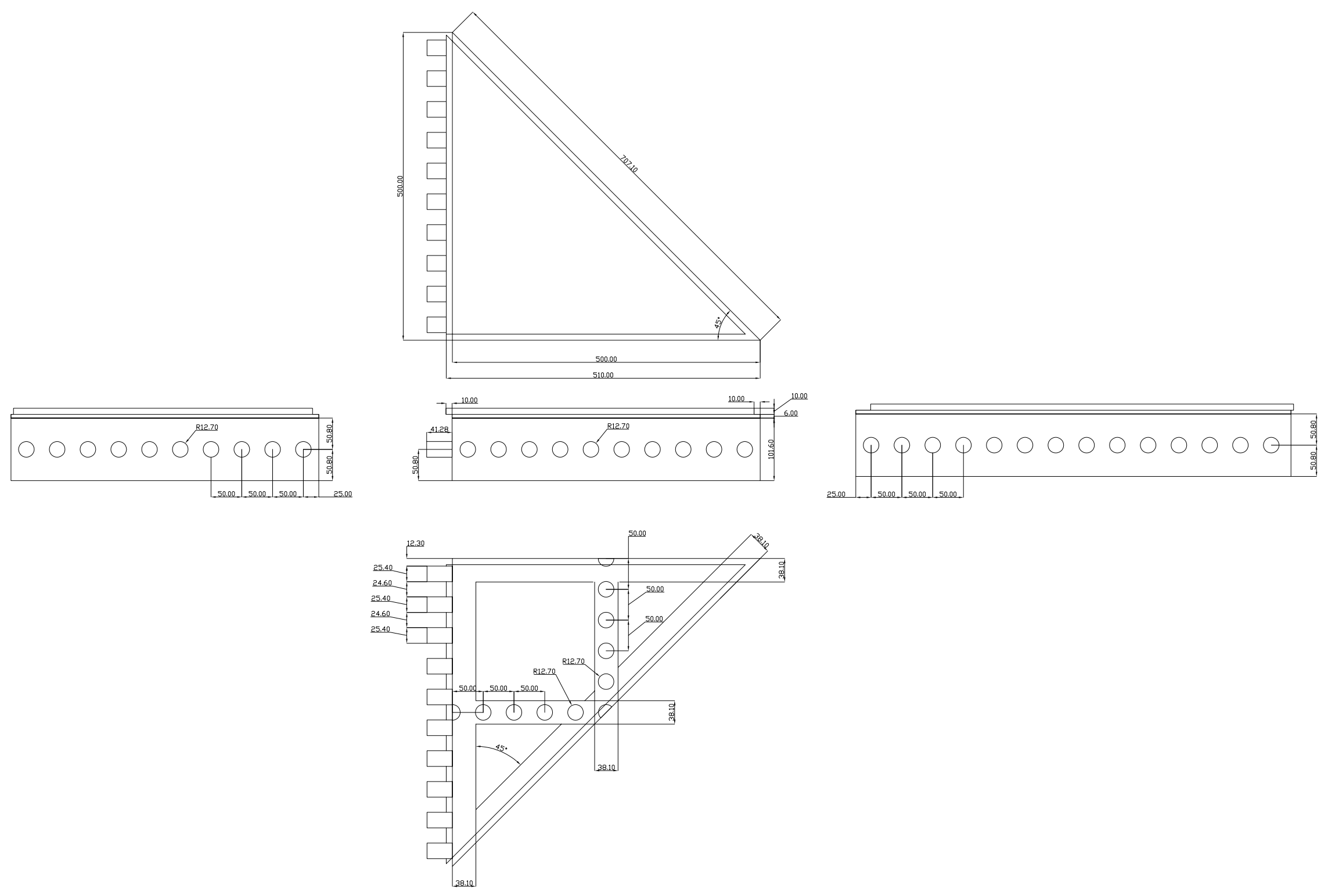
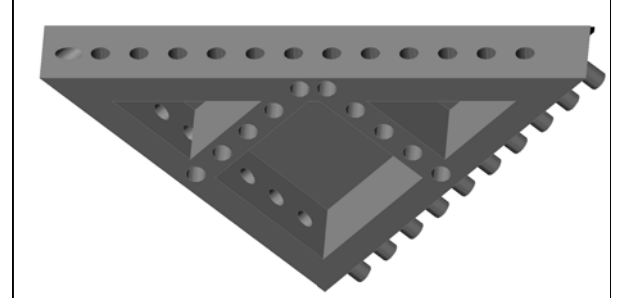
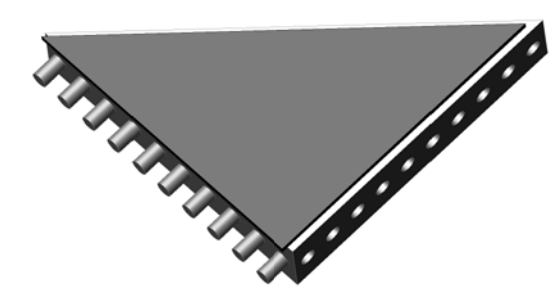
Director de Tesis:  
Ing. Luis Armando Díaz-Infante de la Mora

Pieza:  
**Esquinero**

Propiedades:  
Volumen de la pieza: 4,219.29 cm<sup>3</sup>  
Densidad ABS: 1.05 gr/cm<sup>3</sup>  
Peso de la pieza: 4,430.25 gr  
Modulo de Flexión: 2.5 GPa  
Bajo tensión:  
Resistencia: 30 - 55 MPa  
Elongación: 5 - 25 %

México, D.F. Noviembre de 2013

Cotas en mm      Rev: 0      Hoja: 63



**Universidad Nacional Autónoma de México**  
**Facultad de Ingeniería**  
*Posgrado e Investigación*

Tesis:  
 Cimbras de Plástico Ensamblables,  
 Diseño de Piezas de Plástico para Cimbra

Autor:  
 Ing. Alejandro Sénen Hernández Soriano

Director de Tesis:  
 Ing. Luis Armando Díaz-Infante de la Mora

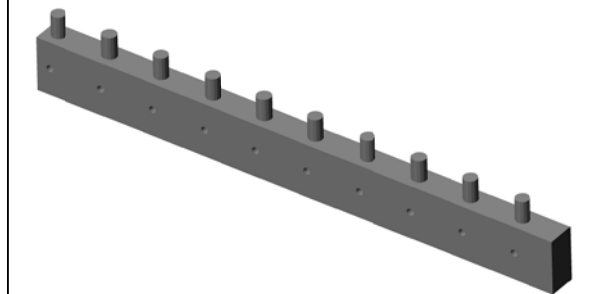
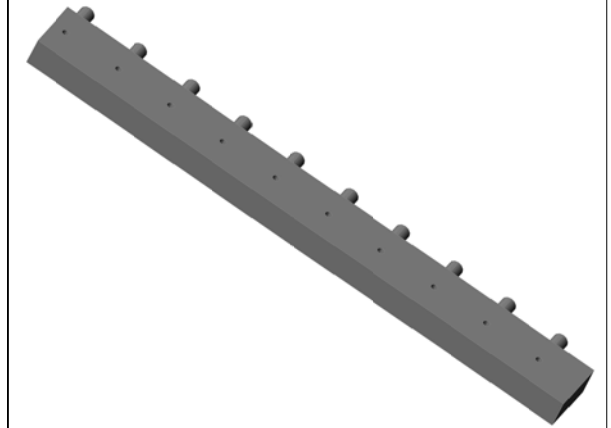
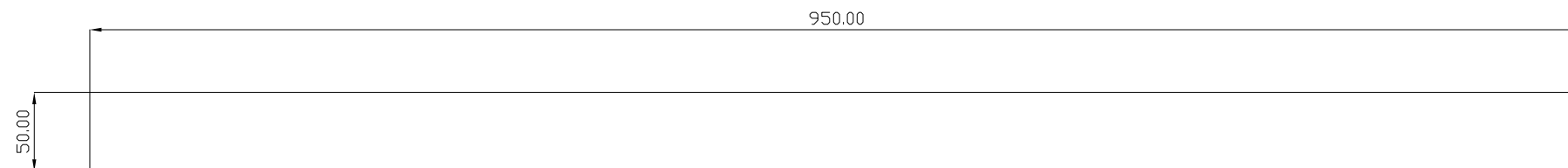
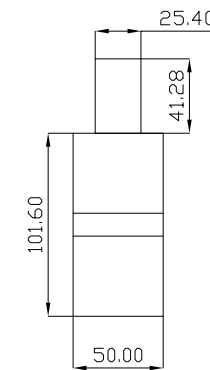
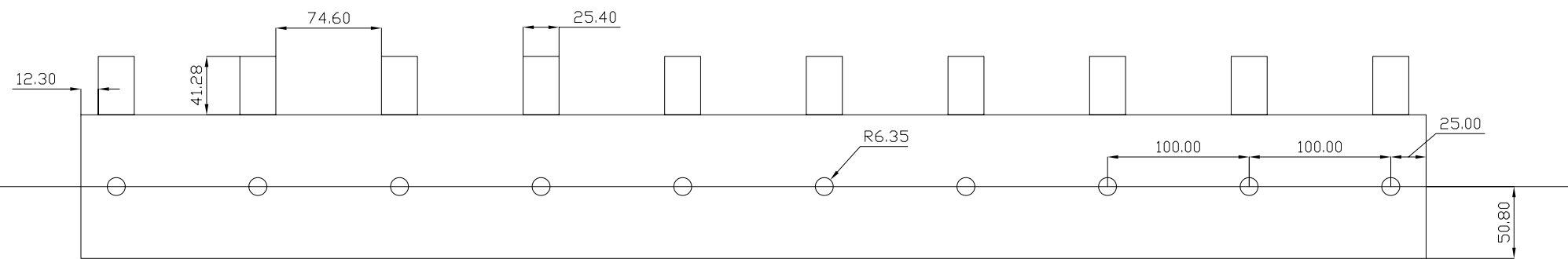
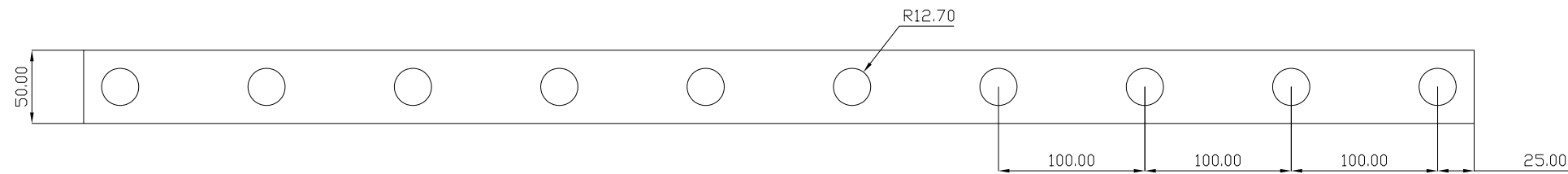
Pieza:  
**Soporte Triangular**

Propiedades:

Volumen de la pieza: 8,664.64 cm<sup>3</sup>  
 Densidad ABS: 1.05 gr/cm<sup>3</sup>  
 Peso de la pieza: 9,097.87 gr  
 Modulo de Flexión: 2.5 GPa  
 Bajo tensión:  
 Resistencia: 30 - 55 MPa  
 Elongación: 5 - 25 %

México, D.F. Octubre de 2013

Cotas en mm	Rev: 0	Hoja: 64
-------------	--------	----------



**Universidad Nacional Autónoma de México**  
**Facultad de Ingeniería**  
*Posgrado e Investigación*

Tesis:  
 Cimbras de Plástico Ensamblables,  
 Diseño de Piezas de Plástico para Cimbra

Autor:  
 Ing. Alejandro Sénen Hernández Soriano

Director de Tesis:  
 Ing. Luis Armando Díaz-Infante de la Mora

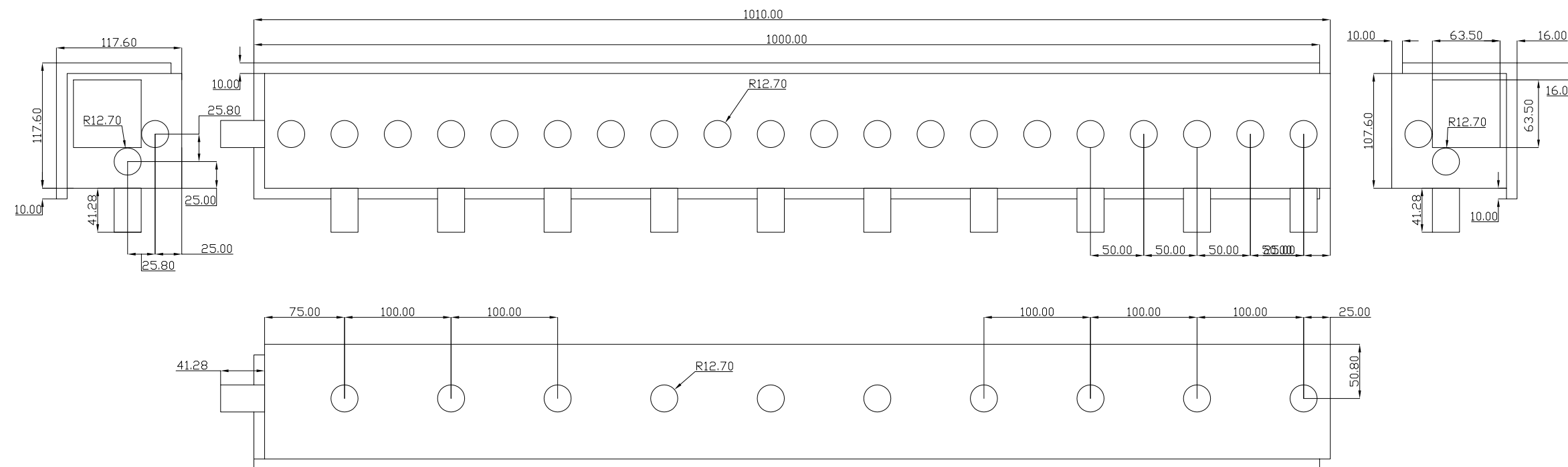
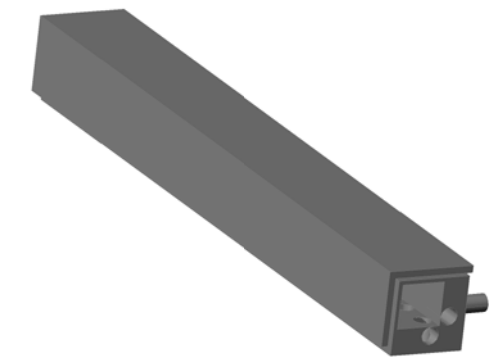
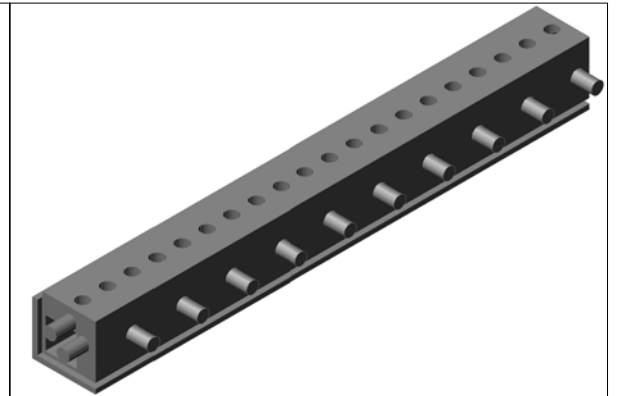
Pieza:  
**Yugos**

Propiedades:

Volumen de la pieza: 5,306.10 cm<sup>3</sup>  
 Densidad ABS: 1.05 gr/cm<sup>3</sup>  
 Peso de la pieza: 5,571.40 gr  
 Modulo de Flexión: 2.5 GPa  
 Bajo tensión:  
 Resistencia: 30 - 55 MPa  
 Elongación: 5 - 25 %

México, D.F. Noviembre de 2013

Cotas en mm    Rev: 0    Hoja: 65



**Universidad Nacional Autónoma de México**  
**Facultad de Ingeniería**  
*Posgrado e Investigación*

Tesis:  
 Cimbras de Plástico Ensamblables,  
 Diseño de Piezas de Plástico para Cimbra

Autor:  
 Ing. Alejandro Sénen Hernández Soriano

Director de Tesis:  
 Ing. Luis Armando Díaz-Infante de la Mora

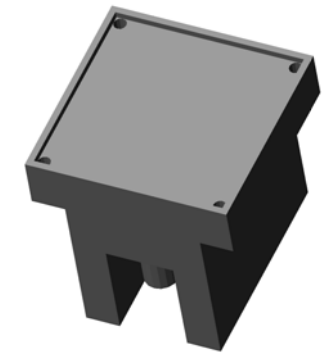
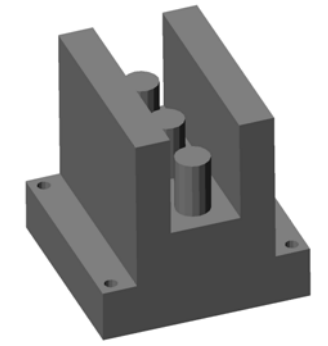
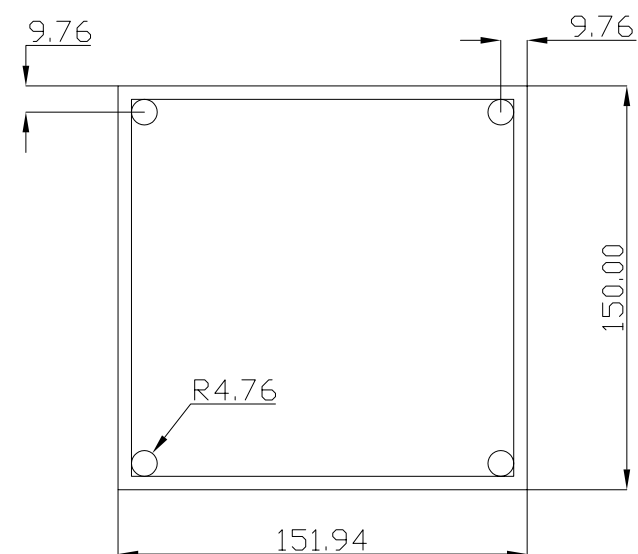
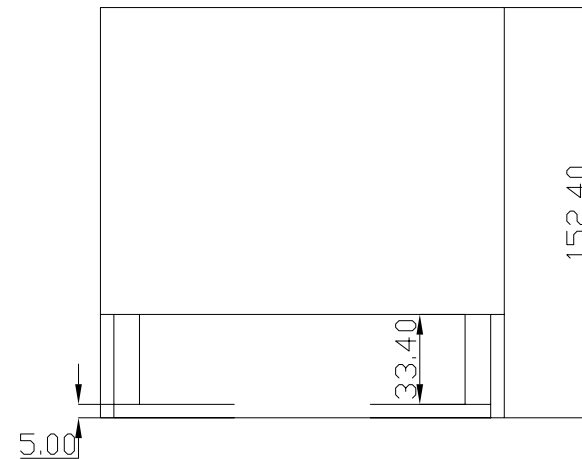
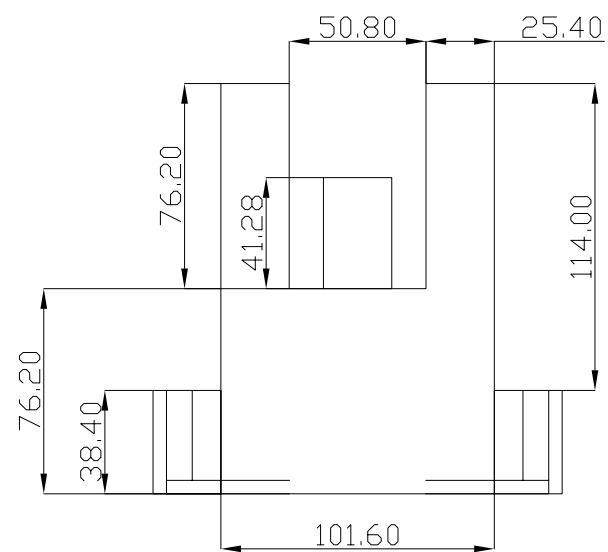
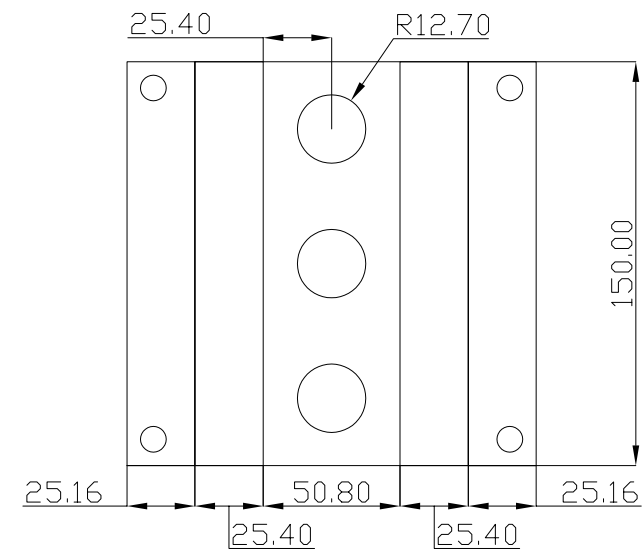
Pieza:  
**Esquinero-27**

Propiedades:

Volumen de la pieza: 9,634.61 cm<sup>3</sup>  
 Densidad ABS: 1.05 gr/cm<sup>3</sup>  
 Peso de la pieza: 10,116.45 gr  
 Modulo de Flexión: 2.5 GPa  
 Bajo tensión:  
 Resistencia: 30 - 55 MPa  
 Elongación: 5 - 25 %

México, D.F. Noviembre de 2013

Cotas en mm	Rev: 0	Hoja: 66
-------------	--------	----------



Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ingeniería  
Posgrado e Investigación

Tesis:  
Cimbras de Plástico Ensamblables,  
Diseño de Piezas de Plástico para Cimbra

Autor:  
Ing. Alejandro Sénen Hernández Soriano

Director de Tesis:  
Ing. Luis Armando Díaz-Infante de la Mora

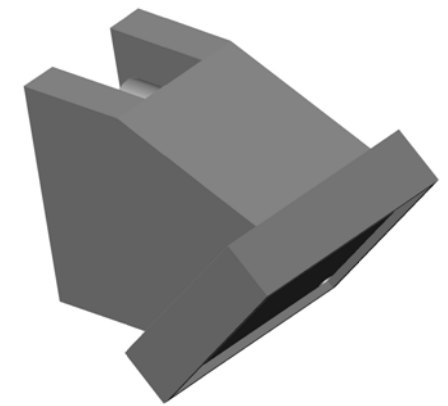
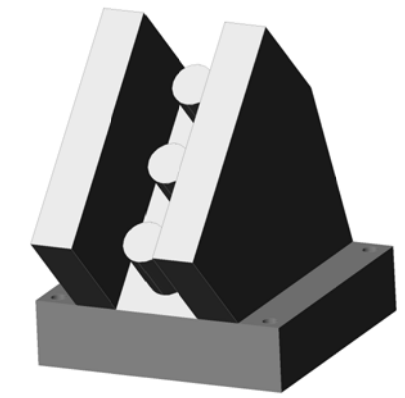
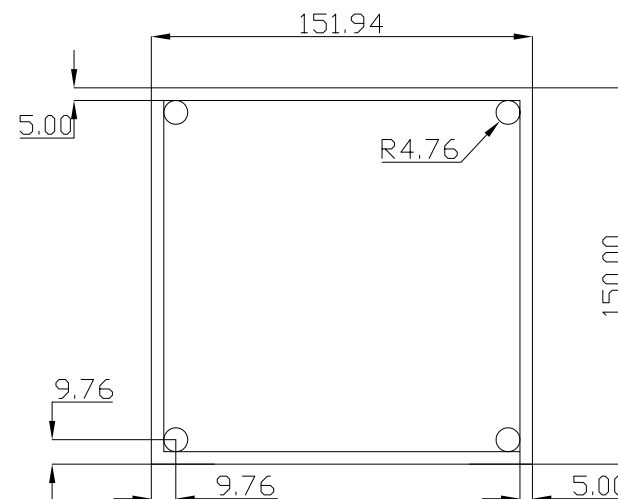
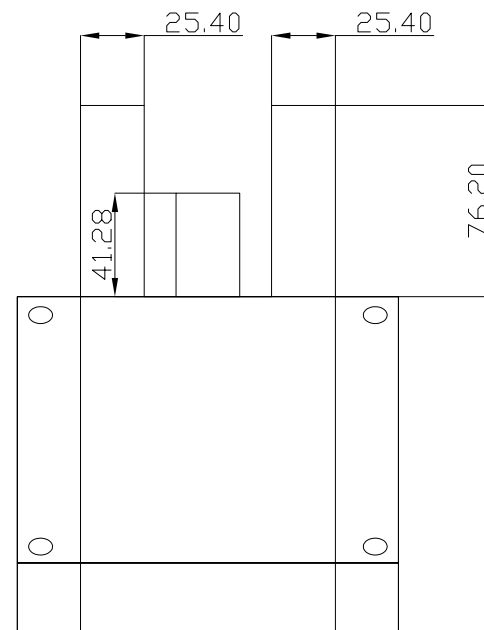
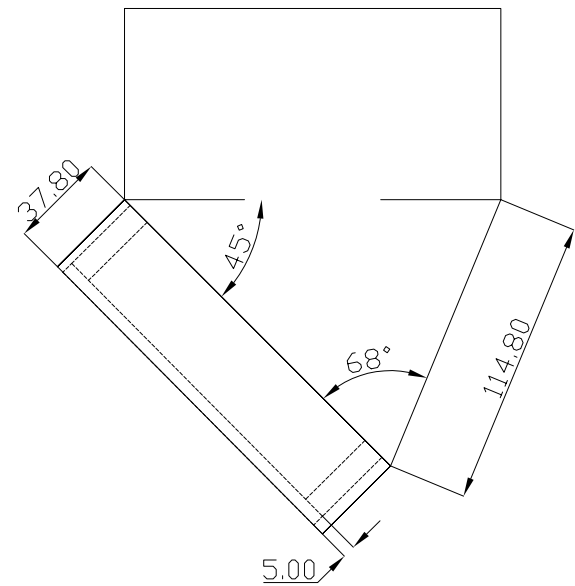
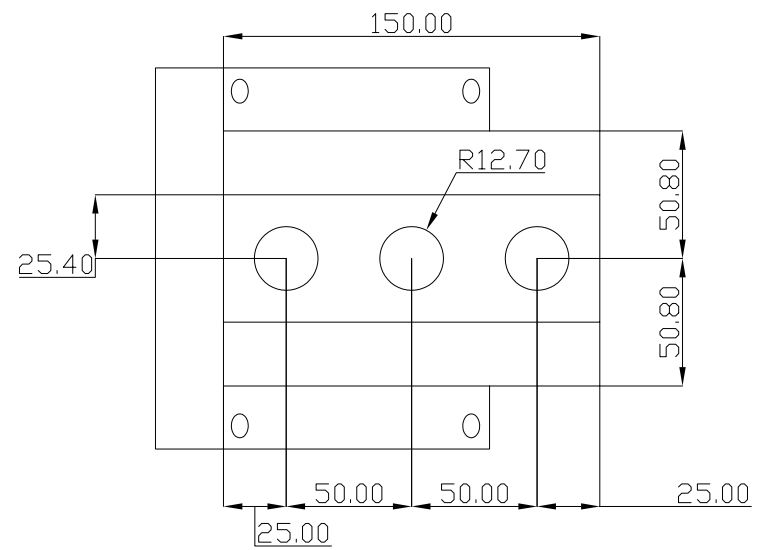
Pieza:  
**Cabezal Recto**

Propiedades:

Volumen de la pieza: 1,985.73 cm<sup>3</sup>  
 Densidad ABS: 1.05 gr/cm<sup>3</sup>  
 Peso de la pieza: 2,085.02 gr  
 Modulo de Flexión: 2.5 GPa  
 Bajo tensión:  
 Resistencia: 30 - 55 MPa  
 Elongación: 5 - 25 %

México, D.F. Noviembre de 2013

Cotas en mm	Rev: 0	Hoja: 67
-------------	--------	----------



Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ingeniería  
Posgrado e Investigación

Tesis:  
Cimbras de Plástico Ensamblables,  
Diseño de Piezas de Plástico para Cimbra

Autor:  
Ing. Alejandro Sénen Hernández Soriano

Director de Tesis:  
Ing. Luis Armando Díaz-Infante de la Mora

Pieza:  
**Cabezal Inclinado**

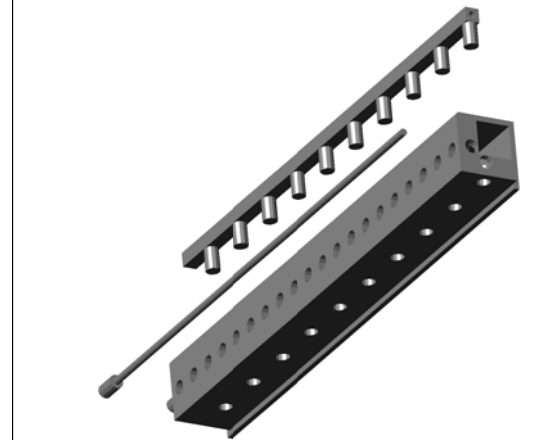
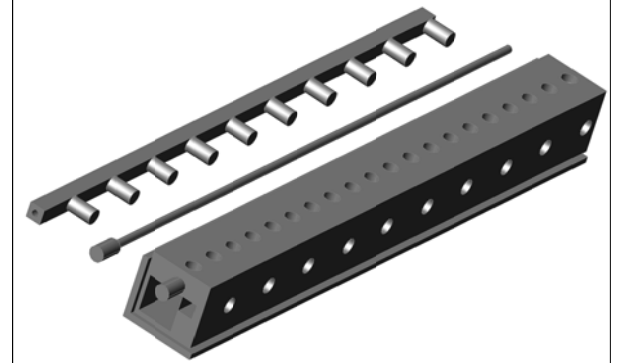
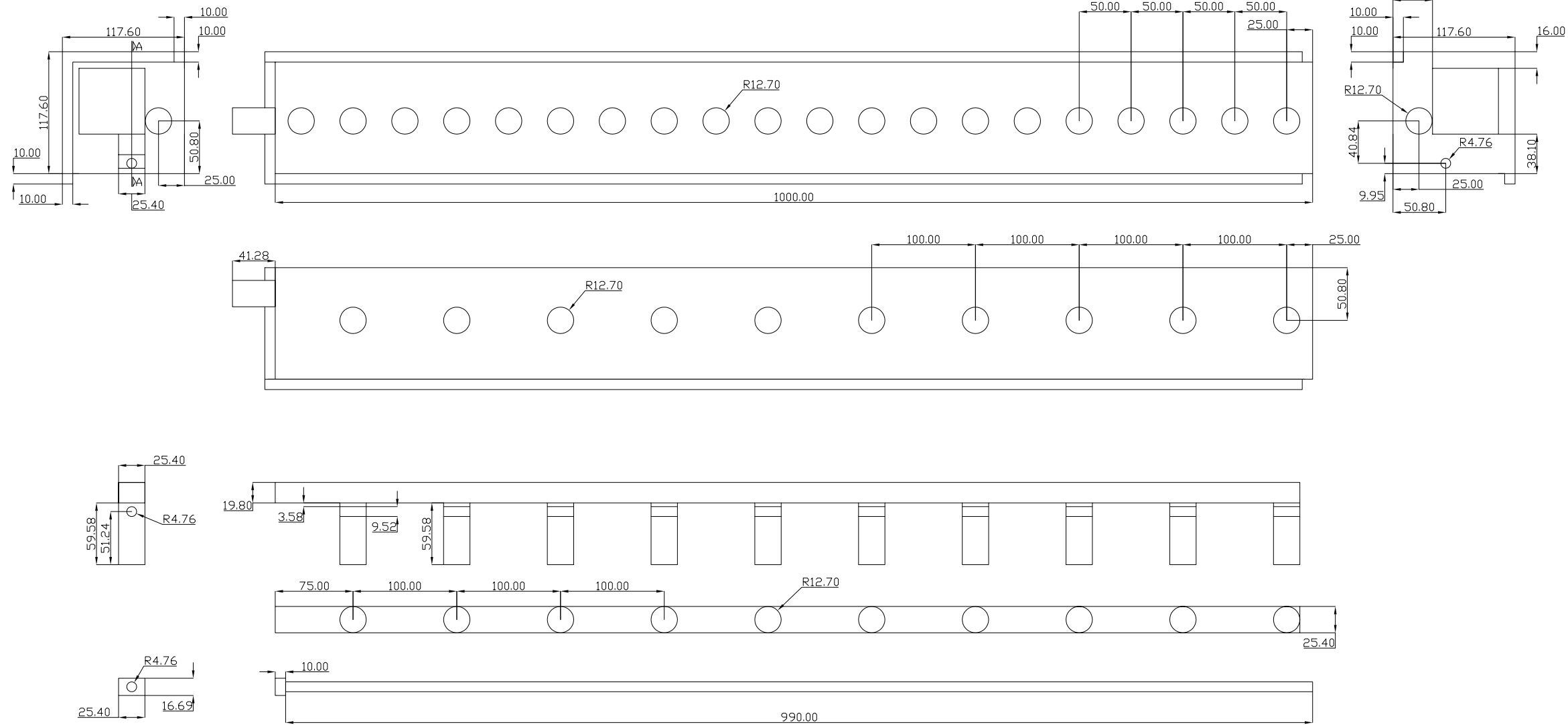
Propiedades:

Volumen de la pieza: 2,217.88 cm<sup>3</sup>  
 Densidad ABS: 1.05 gr/cm<sup>3</sup>  
 Peso de la pieza: 2,328.77 gr  
 Modulo de Flexión: 2.5 GPa  
 Bajo tensión:  
 Resistencia: 30 - 55 MPa  
 Elongación: 5 - 25 %

México, D.F. Noviembre de 2013

Cotas en mm      Rev: 0      Hoja: 68





**Universidad Nacional Autónoma de México**  
**Facultad de Ingeniería**  
*Posgrado e Investigación*

Tesis:  
 Cimbras de Plástico Ensamblables,  
 Diseño de Piezas de Plástico para Cimbra

Autor:  
 Ing. Alejandro Sénen Hernández Soriano

Director de Tesis:  
 Ing. Luis Armando Díaz-Infante de la Mora

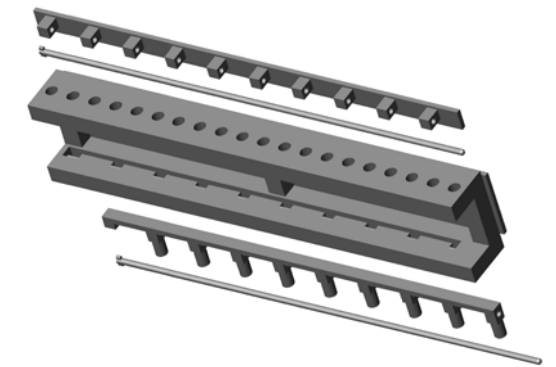
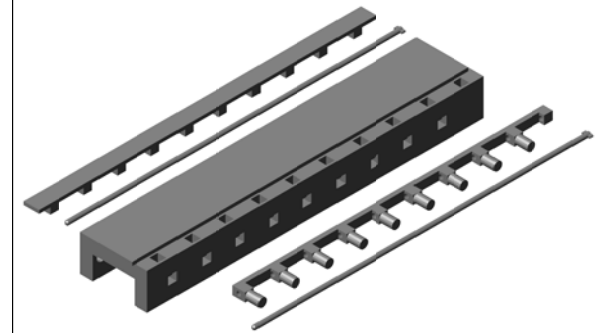
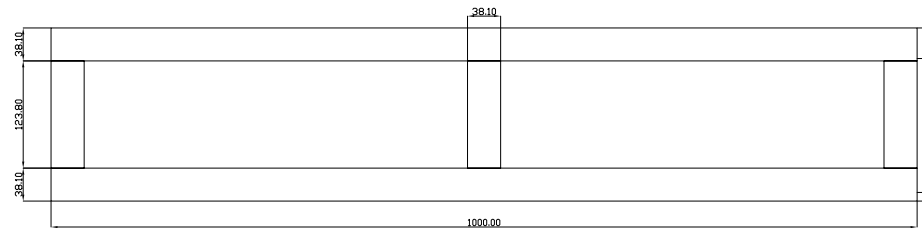
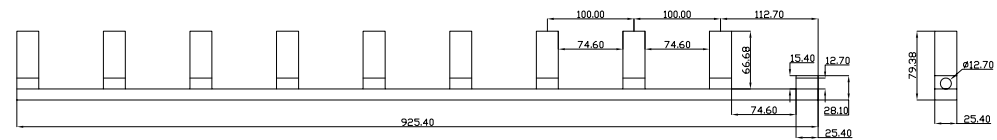
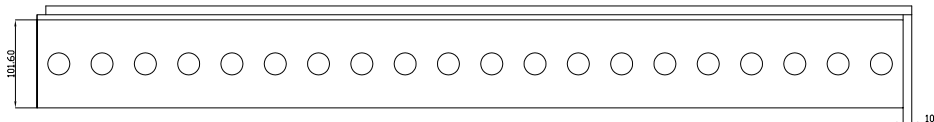
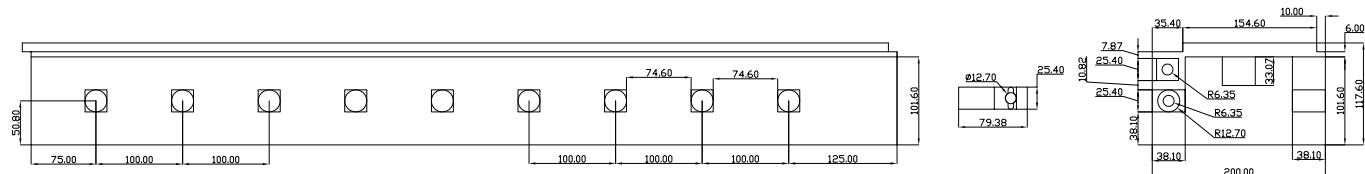
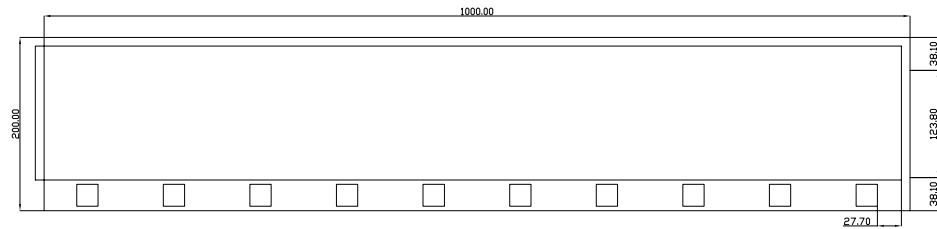
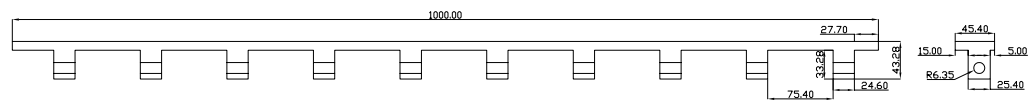
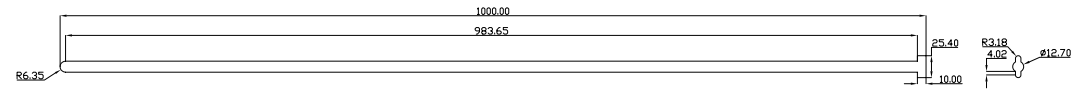
Pieza:  
**Esquinero-ES27**

Propiedades:

- Volumen de la pieza: 9,563.41 cm<sup>3</sup>
- Densidad ABS: 1.05 gr/cm<sup>3</sup>
- Peso de la pieza: 10,041.58 gr
- Modulo de Flexión: 2.5 GPa
- Bajo tensión
- Resistencia: 30 - 55 MPa
- Elongación: 5 - 25 %

México, D.F. Noviembre de 2013

Cotas en mm	Rev: 0	Hoja: 69
-------------	--------	----------



Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ingeniería  
Posgrado e Investigación

Tesis:  
Cimbras de Plástico Ensamblables,  
Diseño de Piezas de Plástico para Cimbra

Autor:  
Ing. Alejandro Sénen Hernández Soriano

Director de Tesis:  
Ing. Luis Armando Díaz-Infante de la Mora

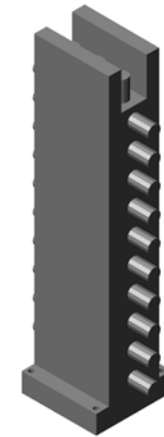
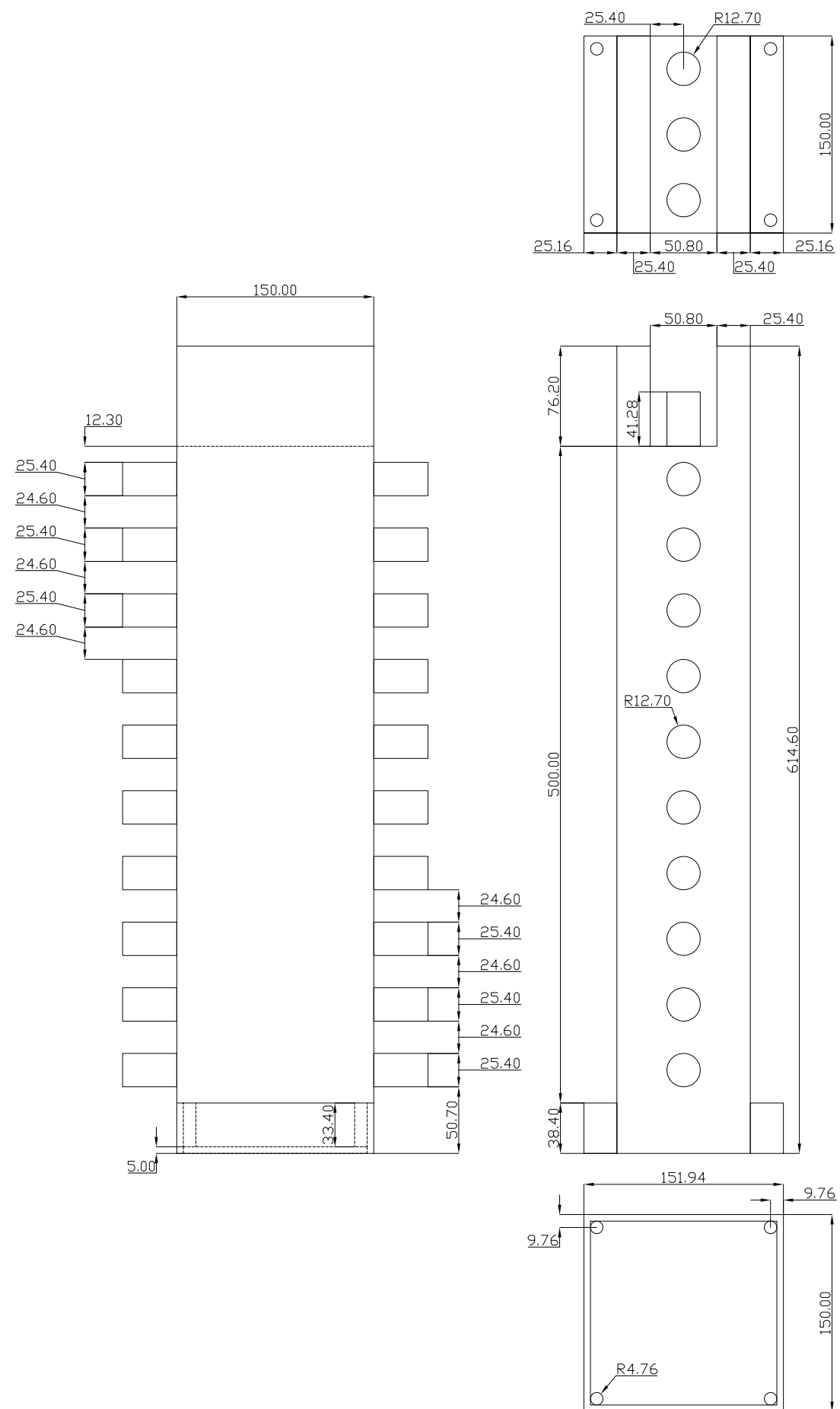
Pieza:  
**Común-ES10**

Propiedades:

Volumen de la pieza: 12,562.72 cm<sup>3</sup>  
Densidad ABS: 1.05 gr/cm<sup>3</sup>  
Peso de la pieza: 13,190.86 gr  
Modulo de Flexión: 2.5 GPa  
Bajo tensión  
Resistencia: 30 - 55 MPa  
Elongación: 5 - 25 %

México, D.F. Noviembre de 2013

Cotas en mm      Rev: 0      Hoja: 70



Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ingeniería  
Posgrado e Investigación

Tesis:  
Cimbras de Plástico Ensamblables,  
Diseño de Piezas de Plástico para Cimbra

Autor:  
Ing. Alejandro Sénen Hernández Soriano

Director de Tesis:  
Ing. Luis Armando Díaz-Infante de la Mora

Pieza:  
**Cabezal Largo**

Propiedades:

Volumen de la pieza: 9,448.01 cm<sup>3</sup>  
Densidad ABS: 1.05 gr/cm<sup>3</sup>  
Peso de la pieza: 9,920.41 gr  
Modulo de Flexión: 2.5 GPa  
Bajo tensión:  
Resistencia: 30 - 55 MPa  
Elongación: 5 - 25 %

México, D.F. Noviembre de 2013

Cotas en mm      Rev: 0      Hoja: 71