

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**INGENIERÍA MECÁNICA**

**PROYECTO TÉCNICO, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO**

TEMA:

---

“Diseño y construcción de un molde de inyección del arco almohadillado, de protectores auditivos para la empresa Halley Corporación”

---

**AUTOR: David Ignacio Casañas Bonifaz**

**TUTOR: Ing. Mauricio Carrillo**

**AMBATO – ECUADOR**

**2017**

## **Certificación Tutor**

En mi calidad de director de tesis de grado, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema: “Diseño y construcción de un molde de inyección del arco almohadillado, de protectores auditivos para la empresa Halley Corporación”; elaborado por el Sr. David Ignacio Casañas Bonifaz, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica.

Certifico:

- Que la presente Tesis es original de su autor.
- Ha sido revisada en cada uno de sus capítulos.
- Esta concluida y puede continuar con el trámite correspondiente.

Ambato, Julio 2017

.....  
**Ing. Mauricio Carrillo**

**Director de Tesis**

## **Autoría de la Tesis**

En el contenido del presente proyecto técnico “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLDE DE INYECCIÓN DEL ARCO ALMOHADILLADO, DE PROTECTORES AUDITIVOS PARA LA EMPRESA HALLEY CORPORACIÓN” sus criterios, así como sus ideas, opiniones, resultados y análisis, son responsabilidad exclusiva de su autor.

Ambato, Julio 2017

.....  
**David Ignacio Casañas Bonifaz**

**C.I 180459035-2**

## **Derechos de Autor**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que de este Proyecto Técnico o parte de él haga un documento para la lectura, consulta e investigaciones según normas Institucionales.

Cedo los derechos de Proyecto Técnico con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción del mismo dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre que dicha reproducción no represente ganancia económica y se la realice bajo mis derechos de autor.

Ambato, Julio 2017

.....  
**David Ignacio Casañas Bonifaz**

**C.I 180459035-2**

## **Aprobación Tribunal de Grado**

Los suscritos profesores Calificadores, ya revisado en su totalidad el proyecto técnico realizado por señor David Ignacio Casañas Bonifaz de la carrera de Ingeniería Mecánica, aprueban el tema: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLDE DE INYECCIÓN DEL ARCO ALMOHADILLADO, DE PROTECTORES AUDITIVOS PARA LA EMPRESA HALLEY CORPORACIÓN”

Ambato, Julio 2017

.....  
**In. Mg. Cristian Pérez**

.....  
**In. Mg. Gonzalo López**

## **Dedicatoria**

Quiero dedicar mi esfuerzo realizado a mis sobrinos Kevin, Monserath, Daniel, Doménica, Pablo Andrés, Valentina, Estefanía, Mateo y Juliana ya que quiero ser un ejemplo para ellos y puedan ver que con esfuerzo, dedicación y sobretodo con la bendición de Dios todo se puede lograr y que sepan que mi amor y apoyo de tío va ser incondicional para toda la vida. Además a mis hermanos Juan Pablo, Jairo y hermana Ximena por su constante apoyo en el transcurso de mi vida.

## **Agradecimiento**

Agradezco primeramente a Dios por sus planes perfectos y haberme permitido estudiar esta carrera que tanto me apasiona y estoy seguro que mis metas serán cumplidas con su bendición, a mis tres pilares de vida, a mi amada madre Myriam por su amor infinito y sacrificio diario para que nada me falte, a mi padre querido Oswaldo por enseñarme que por amor a su familia es una obligación luchar aun estando lejos de sus seres queridos, y mi novia Michelle por su amor y apoyo incondicional estando junto a mí en momentos buenos y malos.

# ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

## PÁGINAS PRELIMINARES

Carátula .....	v
Certificación Tutor.....	vi
Autoría de la Tesis.....	vii
Derechos de Autor .....	viii
Aprobación Tribunal de Grado .....	ix
Dedicatoria.....	x
Agradecimiento .....	xi
Índice general de contenido.....	xii
Índice de figuras .....	xvii
Índice de tablas.....	xix
Resumen ejecutivo.....	xx
Abstract (Summary) .....	xxi

### CAPÍTULO I

#### ANTECEDENTES

1.1 Tema de trabajo proyecto técnico .....	1
1.2 Antecedentes .....	1
1.3 Justificación .....	2
1.4 Objetivos .....	3
1.4.1 Objetivo General .....	3
1.4.2 Objetivos Específicos: .....	4

### CAPÍTULO II

#### FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA



<b>2.1 Investigaciones Previas .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1.1 Polímeros con fibras de refuerzo .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1.2 Manufactura aditiva utilizada en el moldeo por inyección .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1.3 Manufactura de insertos en materiales de aleación de cobre.....</b>	<b>9</b>
<b>2.1.4 Inyección asistida con fluidos .....</b>	<b>10</b>
<b>2.2 Fundamentación teórica .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2.1 Polímeros .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2.2 Clasificación de los polímeros .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2.3 Acronitrilo Butadeno Estireno (ABS).....</b>	<b>13</b>
<b>2.2.3.1 Propiedades generales. ....</b>	<b>13</b>
<b>2.2.3.2 Propiedades físicas.....</b>	<b>13</b>
<b>2.2.3.3 Aplicación del ABS en procesos de inyección.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2.4 Material de construcción del molde de inyección.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2.4.1 Acero P20.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2.5 Sistemas de moldeo por inyección.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2.6 Descripción del proceso de inyección.....</b>	<b>17</b>
<b>2.2.7 Procesos de fabricación de un molde .....</b>	<b>19</b>
<b>2.2.8 Clasificación de los moldes .....</b>	<b>20</b>
<b>2.2.8.1 Molde de dos placas .....</b>	<b>20</b>
<b>2.2.8.2 Moldes de tres placas.....</b>	<b>21</b>
<b>2.2.9 Partes del molde de inyección.....</b>	<b>22</b>
<b>2.2.10 Sistema de alimentación.....</b>	<b>23</b>
<b>2.2.10.1 Bebedero o boquilla .....</b>	<b>23</b>
<b>2.2.10.2 Canales de distribución .....</b>	<b>24</b>
<b>2.2.10.3 Canales de estrangulamiento .....</b>	<b>26</b>
<b>2.2.11 Sistema de refrigeración .....</b>	<b>27</b>

<b>2.2.12 Sistema de expulsión .....</b>	<b>28</b>
<b>2.2.12.1 Carrera de expulsión y apertura .....</b>	<b>29</b>
<b>2.2.12.2 Posicionamiento de los puntos de expulsión .....</b>	<b>29</b>
<b>2.2.12.3 Placas de expulsión .....</b>	<b>29</b>
<b>2.2.12.4 Varillas expulsoras .....</b>	<b>30</b>
<b>2.2.13 Posibles defectos de la pieza en el proceso de inyección de plástico 31</b>	
<b>2.2.14 Sistemas CAD/CAM y CNC .....</b>	<b>33</b>
<b>2.2.14.1 Diseño asistido por computadora .....</b>	<b>33</b>
<b>2.2.14.2 Manufactura asistida por computadora .....</b>	<b>34</b>
<b>2.2.14.3 Relación CAD/CAM .....</b>	<b>34</b>
<b>2.2.14.4 Control numérico por computadora CNC .....</b>	<b>35</b>
<b>2.2.14.5 Relación CAD/CAM – CNC .....</b>	<b>35</b>
<b>2.2.14.6 Tipos de controladores .....</b>	<b>36</b>
<b>2.2.14.7 Lenguaje de programación CNC.....</b>	<b>37</b>
<b>2.2.14.8 Programación CNC códigos G y M .....</b>	<b>37</b>

### **CAPÍTULO III**

#### **DISEÑO DEL PROYECTO**

<b>3.1 Selección de alternativas.....</b>	<b>39</b>
<b>3.1.1 Material a inyectar .....</b>	<b>39</b>
<b>3.1.2 Material de construcción. ....</b>	<b>39</b>
<b>3.2 Diseño del arco almohadillado .....</b>	<b>40</b>
<b>3.2.1 Modelado .....</b>	<b>40</b>
<b>3.3 Ángulos de salida.....</b>	<b>42</b>
<b>3.3.1 Ángulo de salida a caras perpendiculares a la línea de partición. ....</b>	<b>42</b>
<b>3.4 Descripción del molde de inyección del arco almohadillado.....</b>	<b>44</b>
<b>3.4.1 Placa base móvil.....</b>	<b>45</b>

3.4.2 Paralelas o placas de soporte .....	45
3.4.3 Placas expulsoras .....	46
3.4.4 Placa portamolde móvil y fija .....	47
3.4.5 Placa base fija .....	48
3.5 Sistema de guiado .....	48
3.5.1 Guiado y centrado de exteriores .....	48
3.5.1.1 Anillo centrador .....	49
3.5.2 Guiado y centrado de interiores .....	49
3.6 Número de cavidades .....	51
3.6.1 Número de cavidades por área de trabajo .....	53
3.7 Capacidad de inyección .....	54
3.7.1 Fuerza de cierre .....	54
3.7.1.1 Presión interna en la cavidad del molde .....	55
3.8 Sistema de alimentación .....	56
3.8.1 Cálculo de bebedero .....	56
3.8.2 Canales de distribución .....	60
3.8.3 Canales de estrangulamiento .....	61
3.9 Sistema de Refrigeración .....	63
3.9.1 Cálculo del tiempo de enfriamiento .....	63
3.9.2 Cálculo de calor requerido a transferir .....	65
3.9.3 Cálculo de caudal del refrigerante .....	67
3.9.4 Cálculo de los diámetros de los canales de refrigeración .....	68
3.9.5 Posicionamiento de los ductos de refrigeración .....	69
3.10 Sistema de expulsión .....	70
3.10.1 Posicionamiento de los puntos de expulsión en arco almohadillado .....	70
3.10.2 Cálculo de expulsores .....	71

<b>3.11 Sistema de sujeción .....</b>	<b>74</b>
<b>3.11.1 Constante de rigidez del sujetador.....</b>	<b>78</b>
<b>3.11.2 Constante de rigidez del elemento.....</b>	<b>79</b>
<b>3.12 Calendarización.....</b>	<b>82</b>
<b>3.12.1 Calendarización de construcción del molde de inyección de arco almohadillado.....</b>	<b>82</b>
<b>3.12.2 Calendarización de sistema de refrigeración, expulsión y sujeción.</b>	<b>85</b>
<b>3.12.3 Cálculo de parámetros para el mecanizado .....</b>	<b>89</b>
<b>3.12.4 Calendarización de mecanizado del arco almohadillado.....</b>	<b>99</b>
<b>3.13 Presupuesto.....</b>	<b>100</b>
<b>3.13.1 Costo de materiales .....</b>	<b>100</b>
<b>3.13.2 Costo de máquinas y herramientas.....</b>	<b>101</b>

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

<b>4.1 Conclusiones .....</b>	<b>102</b>
<b>4.2 Recomendaciones .....</b>	<b>103</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Polímeros con fibras de refuerzo .....	6
<b>Figura 2.</b> Proceso de manufactura aditiva .....	8
<b>Figura 3.</b> Insertos de aleación de cobre .....	10
<b>Figura 4.</b> Inyección asistida por fluidos .....	11
<b>Figura 5</b> Clasificación de polímeros .....	12
<b>Figura 6.</b> Sistema de molde de inyección .....	16
<b>Figura 7.</b> Molde de dos placas .....	21
<b>Figura 8.</b> Moldes de tres placas.....	21
<b>Figura 9.</b> Sistemas utilizados en el molde de inyección .....	22
<b>Figura 10</b> Condiciones para funcionamiento de bebedero.....	23
<b>Figura 11</b> Distribución de las cavidades .....	25
<b>Figura 12</b> Posibilidades de secciones para el diseño de canales de distribución .	25
<b>Figura 13</b> Sección de canal de estrangulamiento .....	27
<b>Figura 14</b> Placas de expulsión.....	30
<b>Figura 15</b> Expulsores cilíndricos.....	31
<b>Figura 16</b> Elementos básicos de una CNC.....	36
<b>Figura 18</b> Flujograma CAD/CAM .....	38
<b>Figura 18</b> Arco Almohadillado vista inferior, superior e isométrica .....	40
<b>Figura 19</b> Dimensiones externas del arco almohadillado .....	41
<b>Figura 20</b> Dimensiones para el modelado de los nervios del arco almohadillado	41
<b>Figura 21</b> Vista superior del arco almohadillado .....	42
<b>Figura 22</b> Ángulo de salida a paredes perpendiculares a la línea de partición ....	43
<b>Figura 23</b> Ángulo de salida a nervios.....	43
<b>Figura 24</b> Molde de inyección de arco almohadillado.....	44
<b>Figura 25</b> Placa base móvil .....	45
<b>Figura 26</b> Paralelas.....	46
<b>Figura 27</b> Placas expulsoras .....	46
<b>Figura 28</b> Placa portamolde móvil .....	47
<b>Figura 29</b> Placa portamolde fija.....	47
<b>Figura 30</b> Placa base fija .....	48
<b>Figura 31</b> Anillo centrador.....	49

<b>Figura 32</b> Pernos para guiado interno .....	50
<b>Figura 33</b> Tolerancias para casquillo .....	50
<b>Figura 34</b> Casquillo.....	51
<b>Figura 35</b> Perno Guía .....	51
<b>Figura 36</b> Distribución en hilera de las cavidades .....	53
<b>Figura 37</b> Superficie de contacto entre bebedero y boquilla.....	57
<b>Figura 38</b> Diámetro mayor del bebedero .....	58
<b>Figura 39</b> Longitud del bebedero .....	59
<b>Figura 40</b> Longitud de los canales de distribución .....	60
<b>Figura 41</b> Longitud de arco almohadillado .....	60
<b>Figura 42</b> Dimensionamiento de sección circular.....	61
<b>Figura 43</b> Volumen del arco almohadillado.....	66
<b>Figura 44</b> Sistema de refrigeración del molde .....	67
<b>Figura 45</b> Distribución de canales de refrigeración .....	69
<b>Figura 46</b> Posicionamiento de los ductos de refrigeración .....	70
<b>Figura 47</b> Ubicación de expulsores .....	70
<b>Figura 48</b> Longitud de expulsor .....	71
<b>Figura 49</b> Distribución de pernos Allen M10. ....	74
<b>Figura 50</b> Esquema momento flector .....	75

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Descripción de proceso de inyección .....	17
<b>Tabla 2</b> Defectos en proceso de inyección .....	31
<b>Tabla 3</b> Descripción de partes del molde de inyección del arco almohadillado.....	44
<b>Tabla 4</b> Calendarización de construcción del molde de inyección de arco almohadillado .....	82
<b>Tabla 5</b> Calendarización de sistema de refrigeración, expulsión y sujeción .....	85
<b>Tabla 6</b> Herramientas a utilizar.....	89
<b>Tabla 7</b> Calendarización de mecanizado .....	99
<b>Tabla 8</b> Costo de materiales del molde de inyección .....	100
<b>Tabla 9</b> Costo de máquinas y herramientas .....	101
<b>Tabla 10</b> Costo total del molde.....	101

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**INGENIERÍA MECÁNICA**

**TEMA:**

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLDE DE INYECCIÓN DEL ARCO ALMOHADILLADO, DE PROTECTORES AUDITIVOS PARA LA EMPRESA HALLEY CORPORACIÓN”

**AUTOR:** David Ignacio Casañas Bonifaz

**TUTOR:** Ing. Mauricio Carrillo

**Resumen ejecutivo**

El objetivo del presente trabajo es satisfacer la necesidad de la empresa Halley Corporación, con el fin de reproducir el arco almohadillado en serie con dimensiones determinadas, para lo cual se basa en requerimientos de la misma como son: el material con el que va ser construido el molde de inyección y el material con el que va ser fabricado la pieza requerida.

Para lo cual se partió del modelado del arco almohadillado en un software especializado, posteriormente se extrajo el núcleo y cavidad del mismo. A continuación se analizó sus ángulos de salida y las dimensiones requeridas. En cuanto a los cálculos se partió de requerimientos de la empresa como la materia a ser inyectado en este caso ABS y el material con que va a ser construido.

Como siguiente paso se calculó los sistemas de alimentación, refrigeración y expulsión para asegurar el adecuado funcionamiento del molde. Finalmente se calculó el factor de seguridad del sistema de sujeción del mismo. Para concluir con el proyecto se realizó el mecanizado del arco almohadillado en una fresadora CNC con la que cuenta la empresa, además de construir los diferentes elementos que conforman el molde y su montaje para posteriores pruebas.

Las pruebas de la construcción del molde se lo realizo en una máquina inyectora con la que cuenta la empresa, afirmando que la selección de los sistemas mencionados fueron los adecuados, brindando así una eficiencia óptima del molde



**TECHNICAL UNIVERSITY OF AMBATO**  
**FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND MECHANICS**  
**MECHANICAL ENGINEERING CAREERS**

**TITLE:**

“DESING AND BUILDING OF AN INJECTION MOLD OF ARC PAD, OF AUDITIVE PROTECTORS FOR THE HALLEY CORPORATION COMPANY”

**AUTHOR:** David Ignacio Casañas Bonifaz

**TUTOR:** Ing. Mauricio Carrillo

**Abstract (Summary)**

The object of the present work is satisfy the necessity of the company Halley Corporation, with the end of do the arc pad in series in the same time with certain dimensions, for this reason the author of the work have requirements of the company for elaborate the mold, like the material that will be used for the building, and the plastic that will be used for inject the object that need the company.

For this reason, the project was started with the modeling of the arc pad in a specialized software, after that we got the nucleus and cavity of the object to inject. Then with the help of the software we analyze the demoulding angles and the dimensions that need the arc pad. For other part, the calculations were obtained in based of requirements of the company like the material that will be injected, in this case the material is ABS, and the material that will used for the building of the mold

Among the calculations that were obtained are the feeding, refrigeration and expulsion systems for asegurate the correct operation of the mold. For finish the project we realized machining of the arc pad with a CNC milling machine, also it was built the different elements that make up the mold.

The tests of the construction of the mold were realized with the help of an injecting machine, in this moment we look that the selection of the systems were correct, because the mold had an adequate efficiency in the injection process.

# **CAPÍTULO I**

## **ANTECEDENTES**

### **1.1 Tema de trabajo proyecto técnico**

“Diseño y construcción de un molde de inyección del arco almohadillado, de protectores auditivos para la empresa Halley Corporación”

### **1.2 Antecedentes**

Hay una gran variedad de procesos para fabricar piezas plásticas, entre la más relevante se encuentra el moldeo por inyección, por lo cual la aplicación de la ingeniería asistido por un ordenador (CAD/CAM) ha facilitado notablemente la construcción de moldes para el conformado de plástico. Es por ello que en nuestro país la ingeniería CAD/CAM se ha convertido en un protagonista a nivel de la industria. [1]

En la actualidad es evidente observar que la mayoría de los instrumentos que utilizamos en la vida cotidiana están elaborados de plástico, las mismas que han sustituido a piezas metálicas como por ejemplo en la industria automotriz, es también utilizado en la construcción o para sustituir empaques de electrométricos como licuadoras, lavadoras, refrigeradoras entre otros. Cabe mencionar que en un futuro no muy lejano la industria plástica se introducirá en el campo médico, como por ejemplo sustitución de articulaciones, como se puede observar el crecimiento de la industria plástica es notable en varias ramas. [2]

Existen varias ventajas por las que el desarrollo de materiales fabricados en plástico ha tenido gran acogida, entre ellos su gran porcentaje de factibilidad para ser procesados. Así como el ahorro del material, tiempo de producción y espacio de fabricación.

El proceso de inyección de plástico ofrece gran exactitud en las dimensiones de las piezas a inyectar y su forma, gran resistencia pese a paredes con espesores delgados, superficies limpias y lisas. Posibilidad de formar orificios, ajustes, refuerzos,

marcas y logos, además como introducción de elementos fabricados de otros materiales, obteniendo así una producción completa o lista para su montaje. Otra de las ventajas con mayor relevancia es la rápida producción en serie en moldes con larga vida útil de una o más cavidades, lo que permite tiempos de entrega cortos. El proceso de conformado de piezas de plástico conlleva un aprovechamiento del material mencionado, ya que se puede reutilizar las mazarotas mediante la trituración y así mezclarlo nuevamente con el plástico granulado fresco. [3]

### **1.3 Justificación**

Una de las industrias con mayor desarrollo en el Ecuador es la industria plástica debido a que existe una gran variedad de productos fabricados con este material dicho motivo se debe a que el plástico otorga ventajas en relación a productos fabricados con materiales convencionales como son el metal y la madera. [4]

En la actualidad la tendencia de fabricar piezas a partir de moldes de inyección se enfoca a satisfacer las necesidades del consumidor, por lo cual se puede observar grandes desarrollos como el fabricar piezas de material polimérico con fibras de refuerzo tales como vidrio y carbono siendo su mayor aplicación en partes automotrices, pero el efecto que este conlleva es el desgaste de los moldes para lo cual hay que incrementar la dureza de los mismos. Otro ejemplo es la manufactura de insertos en aleaciones de cobre, como el cobre-berilio o cobre-níquel, utilizados para mejorar la transferencia de calor entre el material fundido y el fluido de atemperamiento. [5]

Según el último Censo Nacional Económico del 2010 existen 600 empresas las cuales conforman la industria plástica en el país, siendo en las provincias de Azuay, Pichincha y Guayas en donde se concentran las industrias de fabricación de artículos plásticos, dedicados mayormente a la elaboración de productos para el sector de la construcción seguidamente de productos de uso en el hogar. Cabe mencionar que en las demás provincias en las que se involucra Tungurahua la participación en la industria plástica es nula o insignificante, sus razones se debe a varios aspectos negativos como la dependencia de importaciones, gastos en el desarrollo e investigación, limitado conocimiento en la transformación de plásticos así como en el proceso de manufactura de moldes para inyección. [4]

Entre las ventajas que se pueden evidenciar en los procesos de inyección se encuentran: alto nivel de producción, ahorro de materia prima, gran precisión en cuanto a las dimensiones y forma, productos con larga vida útil y alta calidad además como bajos costos. Es de vital importancia que las empresas dedicadas a la inyección de plástico no solo enfoquen a la inversión de insumos y maquinarias para la elaboración del producto, sino a la capacitación del personal dedicado al diseño, procesamiento de manufactura del molde y construcción del mismo, además del conocimiento de la inyección de la pieza plástica, con el fin de garantizar la calidad del producto final.

La elaboración del presente proyecto resulta de gran interés para determinar los parámetros óptimos en cuanto al procesamiento del arco almohadillado de protectores auditivos. Para lo cual se debe determinar el sistema de inyección adecuado, sistema de refrigeración del molde, sistema de expulsión de la pieza además la determinación de tiempos de operación el cual resulta beneficioso para el rendimiento de la empresa.

El beneficiario directo de la elaboración del presente proyecto es la empresa Halley Corporación la cual introducirá el producto, orejas de protección auditiva, en su mercado de producción.

La factibilidad de implementar el presente proyecto es alta ya que los materiales con los que se va a elaborar el molde son de fácil acceso debido a que la empresa cuenta con proveedores para la obtención del mismo, además que la empresa Halley Corporación por medio de una carta de compromiso se compromete a brindar su apoyo económico para la obtención de los materiales y permitir el uso de las maquinarias de la empresa para la elaboración del molde del arco almohadillado, con el fin de producir en serie el producto mencionado.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

- Diseñar un molde de inyección para la fabricación del arco almohadillado de protectores auditivos para la empresa Halley Corporación.

#### **1.4.2 Objetivos Específicos:**

- Seleccionar los canales de distribución adecuados para la inyección del material.
- Determinar el sistema de refrigeración adecuado del molde.
- Determinar el sistema adecuado de expulsión del producto inyectado.

## **CAPÍTULO II**

### **FUNDAMENTACIÓN**

#### **2.1 Investigaciones Previas**

En la actualidad la fabricación de productos elaborados de plástico se concentra en la disminución de su peso, partiendo del diseño de la pieza requerida, por ejemplo diseñar la pieza con paredes más delgadas pero por otro lado incrementar su resistencia al utilizar materiales que contengan fibras de refuerzo. Dichos factores son un reto para el diseño y manufactura de moldes de inyección, pero es ahí donde el conocimiento de las propiedades de los plásticos juega un papel fundamental.

A continuación se detallará ciertos retos que están formando parte de las industrias dedicadas a la fabricación de piezas plásticas, y las posibles soluciones que estas poseen para un diseño y fabricación de moldes de inyección con el fin de formar piezas con una mayor demanda en un rango de tiempo menor, basándose en las tendencias del consumidor a nivel mundial. [5]

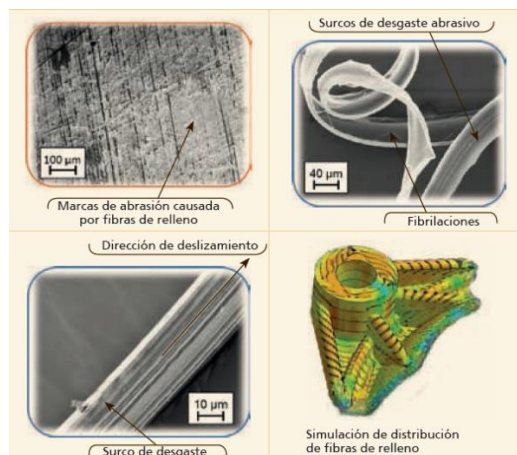
##### **2.1.1 Polímeros con fibras de refuerzo**

Debido a que los polímeros con fibras de refuerzo brindan una gran variedad de beneficios como su peso ligero y su capacidad de ser reciclado, hoy en día son utilizados frecuentemente para sustituir piezas metálicas especialmente en la industria automotriz, además son aplicados en el sector aeroespacial y para la fabricación de equipamientos deportivos pero hay que mencionar que la utilización de estos refuerzos ya sea con fibras de carbono o vidrio generan un alto nivel de desgaste en los sistemas de distribución y alimentación de los moldes de inyección. [6]

Con el objetivo de contrarrestar los efectos anteriormente mencionados resulta necesario el uso de recubrimientos duros para incrementar el nivel de dureza de los materiales con los que está fabricado el molde, ya que los efectos abrasivos que

conllevar el uso de estos polímeros reforzados puede generar un redondeo de los bordes de la geometría de las cavidades del molde, incrementar el desgaste corrosivo en muchas superficies de los materiales, así como desprender estructuras superficiales de la cavidad utilizadas para el decorado de la pieza. Por ello el uso de un programa para la simulación del llenado del molde es de gran ayuda para predecir el comportamiento del flujo del polímero durante el proceso de inyección, ayudando a determinar los puntos o zonas exactas del molde donde están más expuestas a las tasas de corte, las mismas que generan el desgaste. La simulación también ayuda a identificar las zonas en donde los polímeros reforzados fluyen a mayor velocidad con el fin de conocer las áreas que deben poseer mayor resistencia al defecto de la abrasión.

Esta es la forma más viable de conocer desde el momento del diseño si es necesario aplicar un recubrimiento total a las cavidades del molde o a su vez a zonas específicas que están más propensas al desgaste, lo cual implica un ahorro adicional en la fabricación del molde. [5]



**Figura 1.** Polímeros con fibras de refuerzo

**Fuente:** [5]

### 2.1.2 Manufactura aditiva utilizada en el moldeo por inyección

La fabricación por manufactura aditiva o como se lo conoce Additive Manufacturing (AM) consiste principalmente en aplicar material, en este caso polímero, a una escala micrométrica de forma exacta con el fin de elaborar un sólido. Últimamente este proceso es utilizado en la construcción de moldes ya que

ayuda a elaborar piezas con una configuración complicada ayudando también a variables que juegan un papel importante en el diseño y construcción de un molde de inyección.

Sin duda de la mayoría de las variables que intervienen en el diseño de un molde de inyección la que más relevancia tiene son los canales de enfriamiento o atemperamiento ya que de estos depende la disminución del tiempo del ciclo de inyección. [7]

El desarrollo continuo de las técnicas utilizadas en la manufactura aditiva, en la cual se añade material capa por capa partiendo de un modelo en 3 dimensiones (CAD), así como el proceso de sinterizado por láser utilizando polvos metálicos incrementa en un nivel significativo la capacidad de realizar canales de enfriamiento cercanos a los bordes de la pieza plástica requerida, especialmente a las que poseen una geometría compleja.

Hablando de las manufacturas aditivas anteriormente mencionadas especialmente del sinterizado selectivo de polvos metálicos ofrece ventajas en relación a otros procesos como son una disminución de desperdicios del material, libertad de diseñar geometrías complejas y finalmente una disminución de costos en cuanto a las herramientas utilizadas para la manufactura de las cavidades.

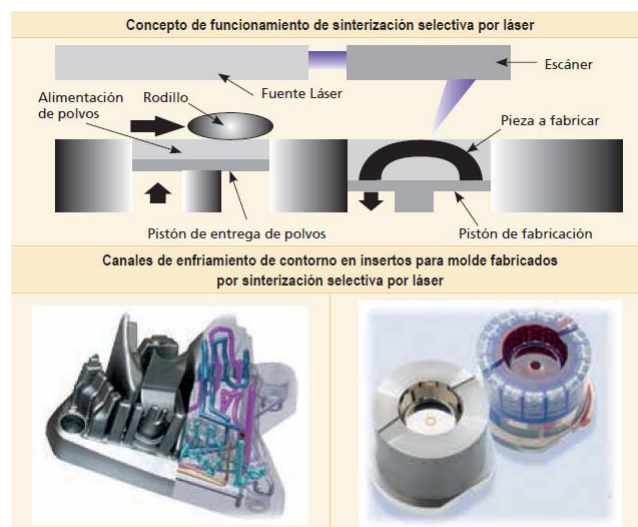
Pero una de sus desventajas es la baja calidad superficial, por lo cual resulta imprescindible realizar un proceso de fresado, electroerosión o rectificado para mejorar el acabado superficial. Otra de las prevenciones que se debe tomar en cuenta en este tipo de manufactura son las posibilidades de aparición de esfuerzos residuales internos, que pueden generar deformaciones en la geometría de la pieza, y la deposición del material.

Por las razones anteriormente mencionadas las tendencias que resaltan en cuanto a la fabricación de moldes se basan en el procesamiento de insertos, en los cuales se utilizan piezas preelectroerosionadas o prefresadas a las que se les añade material en las zonas que resultan imposibles manufacturar por métodos de corte tradicionales.



La reducción del tiempo del ciclo de inyección se ha reducido en un 40% en empresas que han utilizado insertos para moldes manufacturados con procesos aditivos, en los cuales se han añadido canales de atemperamiento en los contornos cercanos a la pieza, ayudando también a la reducción del consumo energético en los sistemas de refrigeración del líquido utilizado para el atemperamiento de la pieza debido a que la eficiencia de la transferencia de calor es mayor al utilizar los canales de enfriamiento cercanos a los contornos, en otras palabras la diferencia de temperatura necesaria entre las paredes del molde y el líquido refrigerante disminuirán así como el caudal del fluido a utilizar.

Cabe recalcar que el uso de estos canales no tiene solo como único objetivo el atemperamiento rápido de la pieza, una pronta solidificación de la misma, una expulsión del producto en un rango de tiempo menor si no que también se busca obtener una cristalización uniforme para evitar la aparición de esfuerzos residuales causante de deformaciones cuando la pieza ha sido expulsada. [5]



**Figura 2.** Proceso de manufactura aditiva

**Fuente:** [5]

Entre las ventajas que la manufactura aditiva de productos puede brindar están la elaboración de una geometría compleja, ya que mediante este proceso se puede obtener una pieza con canales internos, espesores variantes, vaciado interior y esbeltez. Otra ventaja que se puede mencionar es que disminuye el tiempo de

producción de la pieza dentro del molde ya que como se mencionó anteriormente mientras más eficiente sea el sistema de refrigeración del molde disminuirá el tiempo de producción [7]

### **2.1.3 Manufactura de insertos en materiales de aleación de cobre [5]**

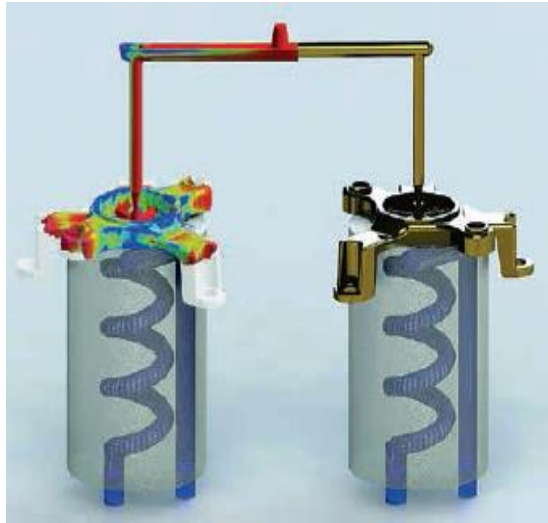
El uso de insertos fabricados de aleación de cobre puede asegurar una mejor transferencia de calor entre el líquido de atemperamiento y el polímero fundido a inyectarse, estos materiales son utilizados comúnmente para remover el calor que es generado por los esfuerzos cortantes cuando el polímero fundido alcanza una alta velocidad en los canales del molde.

Entre las aleaciones de cobre que más son utilizadas en estos casos son el cobre-níquel (máximo 7 vol% Ni) y el cobre-berilio (máximo 2 vol% Be), estos materiales pueden alcanzar un alto nivel de dureza, alrededor de 39 HRC. Cuando se necesite que el tiempo de vida útil sea más prolongada puede estar sujeto a un recubrimiento de dureza, la utilización de estos insertos sirve también para aumentar su capacidad de anti adherencia del plástico y el desmoldeo, mediante la reducción del coeficiente de fricción y el cambio de la tensión superficial.

Las ventajas de utilizar estos insertos es que puede superar hasta ocho veces la conductividad térmica de aceros utilizados comúnmente en la fabricación de moldes como es el DIN 1.2312 además de tener alta resistencia a la corrosión.

Una de las características que sobresale de estos materiales es que la conductividad térmica puede incrementarse hasta un 20% al aumentar la temperatura del molde pasando de una  $T^{\circ}$  ambiente a una  $T^{\circ}$  cerca de  $80^{\circ}\text{C}$ , lo cual ayuda a disipar mejor el calor mientras la pieza se encuentre más caliente.

Todas las propiedades térmicas que se han mencionado hacen que estos materiales aleados necesiten otro tipo de estrategias de electroerosionado o maquinado. Es recomendable que el corte de estos materiales sean realizados con herramientas de carburo de tungsteno, tipo K20 o K10 para procesos de torneado y para P20 o P10 para procesos de fresado, con un rango de ángulo de incidencia entre  $6^{\circ}$  a  $8^{\circ}$ , también es recomendable que la viruta posea un espesor alto con el fin de evitar que se adhiera en el borde de corte.



**Figura 3.** Insertos de aleación de cobre

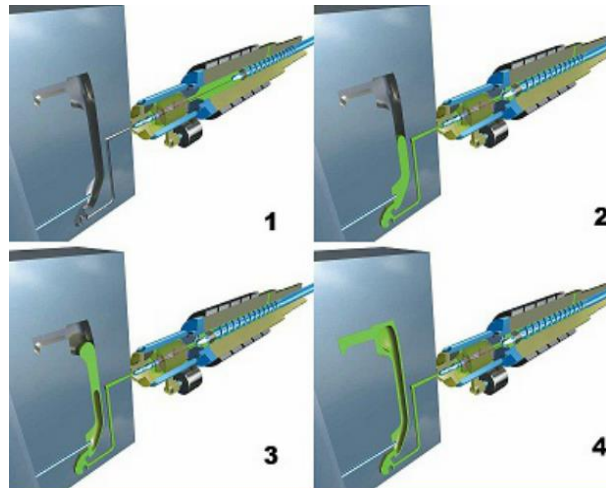
**Fuente:** [5]

#### **2.1.4 Inyección asistida con fluidos**

Este proceso consiste en inyectar una solución de gas licuado (normalmente el gas utilizado en este tipo de procesos son:  $N_2$  y  $CO_2$  con plástico para que una vez dentro del molde el gas sea vaporizado obteniéndose con ello una estructura de plástico porosa. Dicha vaporización del gas permite formar burbujas la cual funciona como una presión de mantenimiento expandiendo el material inyectado y compactándolo. Principalmente este proceso cuenta con tres etapas.

1. Inyección completa o parcial del plástico fundido en la cavidad del molde
2. Penetración del gas licuado a través del material fundido
3. Extracción de la pieza

Las ventajas que este proceso puede brindar son la minimización de rebabas, disminución del tiempo de ciclo, reducción de la viscosidad del material fundido, disminución del peso de la pieza hasta un 30%, reducción de rechupes y deformaciones y una disminución de la contracción de la pieza, además de un mejor acabado superficial. [8]



**Figura 4.** *Inyección asistida por fluidos*

*Fuente:* [8]

## **2.2 Fundamentación teórica**

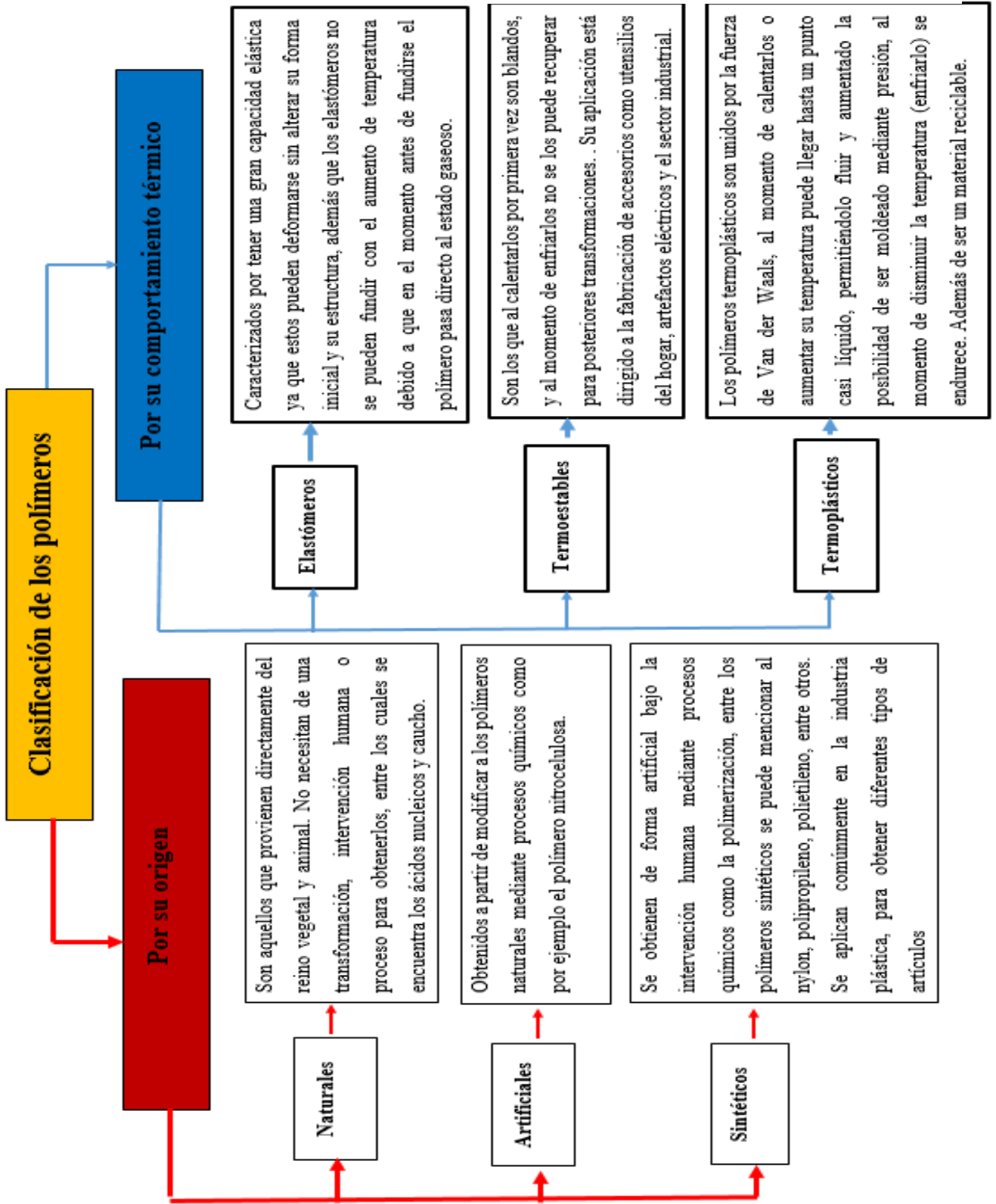
### **2.2.1 Polímeros**

Los polímeros se pueden definir como el conjunto de ciento de miles de monómeros o moléculas pequeñas a través de la reacción de polimerización, formando así una gran variedad de polímeros con características diferentes. Los polímeros poseen una alta resistencia mecánica debido a que las cadenas poliméricas se atraen, esta atracción depende de la composición química del polímero. [9]

### **2.2.2 Clasificación de los polímeros [2]**

En la figura 5 se puede observar un mapa conceptual en el cual clasifica a los polímeros por su origen y comportamiento térmico

Figura 5 Clasificación de polímeros



Fuente: Autor

### 2.2.3 Acronitrilo Butadeno Estireno (ABS) [3]

El polímero Acronitrilo Butadeno Estireno es un termoplástico duro el cual es resistente a los impactos y al calor. También se puede definir como un copolímero obtenido del proceso de polimerización entre el Acronitrilo y el estireno en la presencia del polibutadeno, obteniendo así un plástico que se puede presentar en un sin número de grados. Se los puede encontrar comercialmente con los nombre de Novodur W, W20, H, Lustran I, Vestodur.

#### Aspecto y Color del material en el mercado:

Granza en tonos bajos (amarillo-cremoso, opaco)

#### 2.2.3.1 Propiedades generales.

##### ➤ Acronitrilo

- Resistencia a la fatiga
- Resistencia química
- Resistencia a la fusión.
- Dureza y rigidez

##### ➤ Butadeno

- Ductilidad a la baja temperatura
- Resistencia al impacto
- Resistencia a la fusión.

##### ➤ Estireno

- Brillo
- Facilidad de procesado (fluidez)
- Dureza y rigidez

#### 2.2.3.2 Propiedades físicas

En cuanto a sus propiedades físicas el polímero ABS posee:

- Resistencia a la tracción: 40 – 50 MPa
- Resistencia al impacto. 200 -400 J/m<sup>-1</sup>
- Densidad 1.05 gr/cm<sup>3</sup>
- Coeficiente de fricción 0.5
- Temperatura de uso permanente sin causar defectos 60- 80 °C

- Contracción (Construcción de moldes) 0.4 a 0.6%

### **2.2.3.3 Aplicación del ABS en procesos de inyección**

El polímero Acronitrilo Butadeno Estireno es utilizado para fabricar elementos como:

- Aparatos domésticos y de cocina,
- En la industria automotriz,
- Piezas para máquinas de oficina,
- Piezas dirigidas para aparatos de televisión, radios y juguetes, teléfonos, revestimientos,
- Carcasas de computadoras,
- Cascos deportivos
- Tuberías sanitarias utilizándolo como sustituto del PVC

### **2.2.4 Material de construcción del molde de inyección**

Para el proceso de inyección de plástico resulta muy importante la selección adecuada del material de construcción con el que se va ser elaborado, el mismo debe poseer una gran capacidad de resistencia con el fin de tener una larga vida útil. Generalmente los moldes son fabricados de acero, aluminio, hierro, materiales de colada no metálica, materiales de base de cerámicos y materiales obtenidos galvánicamente.

La selección del material dependerá de factores como:

- Costo de fabricación del molde
- Número de cavidades
- Tiempo de ciclo
- Productividad requerida en otras palabras vida útil.
- Que el material se adapte a las necesidades o exigencias del molde

#### **2.2.4.1 Acero P20**

El acero P20 es el material más común para la fabricación de moldes, esto se debe a sus propiedades favorables y por su costo de comercialización. En cuanto a sus principales características se puede mencionar que brinda capacidad de pulibilidad

y texturizado, es un material pre-templado el mismo puede estar sujeto a proceso de electro-erosionado para moldes de inyección de plástico. [10]

A continuación se enlistan los parámetros o características que sobresalen para que el acero P20 sea un material muy utilizado para la construcción de moldes de inyección, las características mecánicas y térmicas del acero mencionado también se pueden observar en el anexo 1.

✓ **Calidad de Acabado**

El acero P20 posee la capacidad de obtener un acabado superficial óptimo a diferencia de otros aceros.

✓ **Ahorro de costos de mecanizado y de construcción**

Existen varios factores que intervienen en la efectividad que un acero posee para ser mecanizado, como el porcentaje de C que contienen. Entre los aceros más comunes que se utilizan para la construcción de moldes se encuentran el AISI 420, AISI 1045, AISI P20, pero hay que tomar en cuenta la aplicación a la que va estar dirigida el acero, debido a que resultaría innecesario utilizar un acero como el AISI 420 para inyectar piezas que no necesitan un acabado superficial alto.

En cambio el acero AISI 1045 posee ventajas como su bajo costo de comercialización, además de contener un porcentaje medio de C ( $C=0.45$ ), pero su inconveniente es su facilidad a ser corroído debido a que no posee ningún porcentaje de Cr ni de Ni, generalmente este acero se utiliza para las placas que conforman el molde, y no para la placa en donde se mecanizará la pieza a inyectar.

De los aceros mencionados anteriormente el que brinda mayor beneficios para el mecanizado y construcción del molde es el acero P20, debido a que es un acero medio en C, posee un moderado costo de comercialización y resistencia a la corrosión ya que contiene 2% de Cr y 1.10 % Ni..

✓ **Resistencia a las deformaciones**

Debido a que existen polímeros que se deben a inyectar a altas temperaturas es necesario que el acero sea capaz de resistir a deformaciones para lo cual se utilizan aceros con un revenido a altas temperaturas, con el propósito de no generar cambios



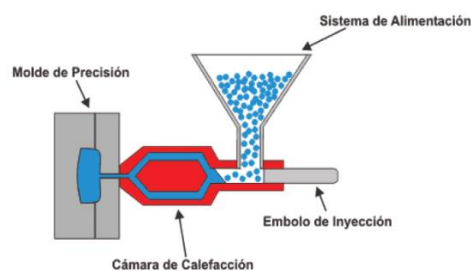
en la estructura del molde lo que produciría una alteración de la forma de la cavidad así como un cambio en las dimensiones de la pieza.

✓ **Resistencia a la corrosión.**

Existen polímeros que durante su transformación desprende productos químicamente agresivos, generalmente estos son ácido clorhídrico o ácido acético, siendo altamente corrosivos para el molde. Para lo cual es aconsejable seleccionar un acero con una alta resistencia a la corrosión o a su vez aplicar a la superficie del acero un recubrimiento que disminuya el nivel de corrosión como es el caso del cromo.

### 2.2.5 Sistemas de moldeo por inyección

El sistema de moldeo por inyección consiste en el aumento de la temperatura del polímero hasta que dicho calentamiento este en el rango de la transición vítrea del plástico (ABS  $T_g=110^{\circ}\text{C}$ ), con el objetivo que aplicando presión el polímero sea capaz de llenar el molde previamente elaborado con la forma deseada tal y como se muestra en la Figura 6, además el molde poseerá un sistema de atemperamiento o enfriamiento que le permita disminuir la temperatura de la pieza y así mantenerla con la forma y dimensión deseada. Cabe mencionar que el proceso de moldeo por inyección es uno de los implementados por la industria en la actualidad ya que dicho sistema permite obtener cualquier pieza deseada reproduciéndola en un molde, la aplicación del sistema de moldeo por inyección está dirigido hacia juguetes, tapas, piezas de electrodomésticos, entre otros. [10]



**Figura 6.** Sistema de molde de inyección

**Fuente:** [10]

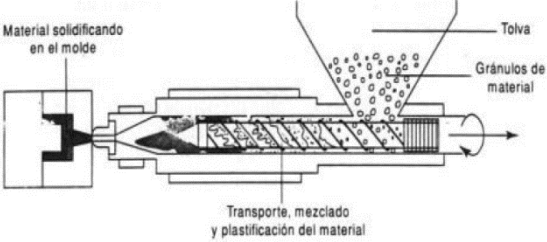
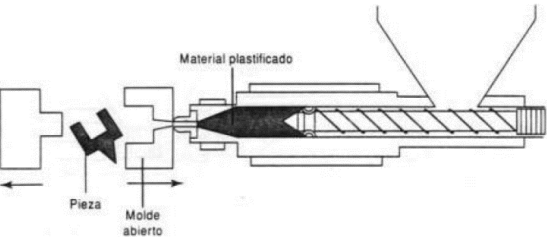
### 2.2.6 Descripción del proceso de inyección

La tabla 1 muestra la descripción del proceso de inyección, en la cual se menciona la unidad de la inyectora que interviene, el proceso que realiza y su ilustración.

*Tabla 1 Descripción de proceso de inyección*

Proceso de inyección		
Elemento	Descripción	Ilustración
Unidad de Inyección	<p>En la unidad de inyección se plastifica el material con la ayuda del husillo. La función del mismo se divide en tres etapas:</p> <p><b>1. Zona de alimentación</b></p> <p>En esta zona el husillo debe incorporar el polímero necesario desde la tolva hasta llegar al final del cilindro. Al llegar al final de la zona de alimentación el material alcanza la temperatura próxima a la de fusión.</p>	<p>El diagrama superior muestra un diseño genérico de la unidad de inyección con los siguientes componentes etiquetados: Dosificador, Tolva, Husillo, Gránulos, Motor, Engranajes, Cilindro/hidráulico, Calentadores y termopares, y Reserva de fundido. El diagrama inferior muestra un detalle del husillo con un avance máximo de 4D (carga máxima) y una división en tres zonas: Zona de dosificación (20%), Zona de compresión (20%) y Zona de alimentación (60%).</p>
	<p><b>2. Zona de compresión</b></p> <p>La zona de compresión es aquella en donde el material pasa a estado líquido totalmente (fundido). Finalmente el material a inyectar es comprimido hacia la pared del cilindro además el plástico es homogenizado.</p>	
	<p><b>3. Zona de dosificación</b></p> <p>El calentamiento y la última mezcla del plástico se llevan a cabo en la</p>	

	<p>zona de dosificación, además es aquí en donde se coloca los colorantes y aditivos.</p>	
<p><b>Unidad de cierre</b></p>	<p>La unidad de cierre está compuesta por una prensa que es tiene la capacidad de soportar presiones, principalmente la de compactación que se ejerce por la unidad inyectora.</p>	
<p><b>Molde</b></p>	<p>El molde puede contener uno más cavidades con el fin de producir varias piezas al mismo tiempo, están divididos en dos partes.</p>	
<p><b>Ciclo de Producción</b></p>	<p>Con el molde cerrado y vacío, el husillo (unidad de inyección) introduce y se llena con el polímero fundido</p> <p>A continuación el material es inyectado al abrir la válvula y al accionar el pistón hidráulico, el husillo inyecta el polímero fundido a través de la boquilla al interior del molde.</p>	

	<p>Posteriormente la presión ejercida es eliminada, la válvula se cierra y a continuación el husillo retrocede con el fin de cargar nuevamente más material</p>	
	<p>Una vez que la pieza culmina su etapa de enfriamiento, los expulsores extraen la pieza fabricada y el exceso del material fuera de la cavidad.</p>	

*Fuente: Autor*

### 2.2.7 Procesos de fabricación de un molde

En cuanto al proceso de fabricación del molde se deben elaborar todos los componentes que no sean basados a una norma, para lo cual según la pieza se deben realizar diferentes procesos de mecanizado para su fabricación.

- Placa Fija:
  - ✓ Fresado
  - ✓ Rectificado
  - ✓ Taladrado
  - ✓ Roscado
- Placa Móvil:
  - ✓ Fresado
  - ✓ Rectificado
  - ✓ Taladrado
  - ✓ Roscado
- Columna guía
  - ✓ Torneado
- Expulsores
  - ✓ Torneado

- Placa de expulsión
  - ✓ Rectificado
  - ✓ Taladrado
  - ✓ Roscado
  - ✓ Fresado
- Columna de expulsión
  - ✓ Torneado [11]

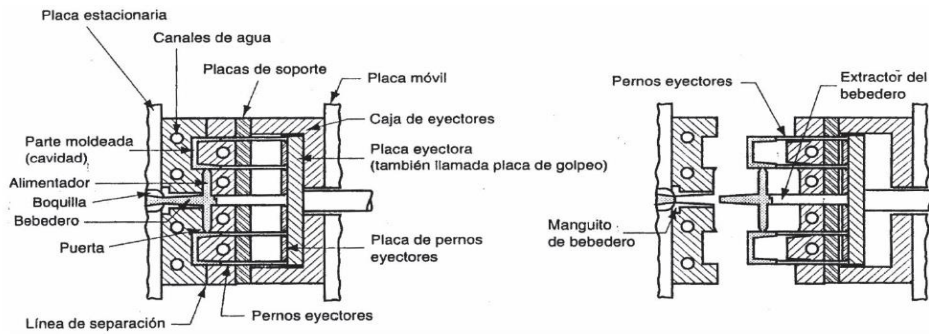
### **2.2.8 Clasificación de los moldes**

Según la norma DIN E 16750 se puede clasificar a los “Moldes de inyección para materiales plásticos” de la siguiente manera:

- Molde de dos placas o molde estándar
- Molde de 3 placas
- Molde de pisos o molde sándwich
- Molde de corredera
- Molde de canal caliente
- Molde de extracción por segmentos [9]

#### **2.2.8.1 Molde de dos placas**

El molde de dos placas también denominado molde estándar es el más común de los mencionados anteriormente, constando básicamente de dos placas, en la cual las cavidades en donde se inyectará la pieza se montan o colocan en la placa fija, caso contrario ocurre con la placa macho que se montan en la placa móvil, que además permitirá el accionamiento del sistema de expulsión o extracción de la pieza. La boquilla de alimentación está situada perfectamente en la parte media del molde, en caso de que el molde posea una sola cavidad la boquilla la alimentará directamente, pero si el molde consta de dos o más cavidades dicha boquilla alimentará a un sistema de distribución o canales que unan las cavidades, aunque el molde puede tener modificaciones dependiendo las necesidades. [9]

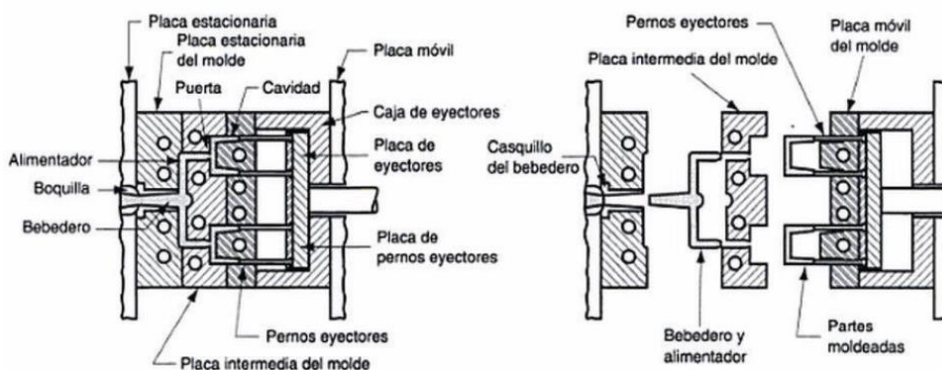


**Figura 7. Molde de dos placas**

**Fuente:** [9]

### 2.2.8.2 Moldes de tres placas

En el molde de tres placas, la parte fija de la máquina inyectora está montada en la primera placa, contiene también al bebedero y la mitad de los canales de alimentación, la segunda placa denominada flotante o intermedia contiene a la cavidad en donde se moldeará la pieza y a demás contendrá la otra mitad del sistema de alimentación o canales que tenía la primera placa. Finalmente la última placa (tercera) está montada a la parte móvil y a su vez esta contendrá a la placa macho del molde. Hay que mencionar, la ventaja que posee el molde de tres placas en relación a la de dos, es que esta en el momento de separarse la placa móvil y la intermedia permiten separar los canales de alimentación del producto inyectado y el bebedero. [9]



**Figura 8. Moldes de tres placas**

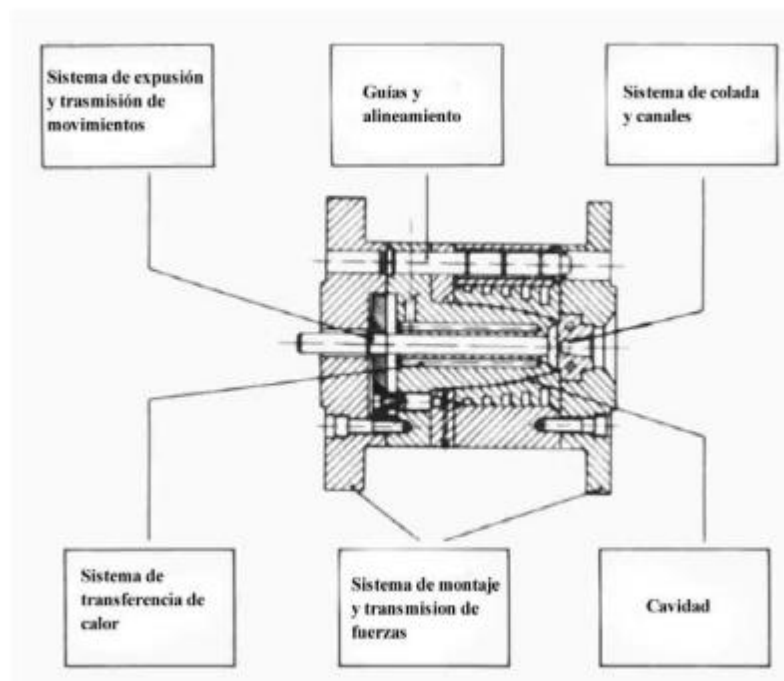
**Fuente:** [9]

### 2.2.9 Partes del molde de inyección [2] [12]

El funcionamiento básico del molde se trata de acomodar, distribuir el material fundido en las cavidades, enfriar la pieza, solidificarlo y por último expulsar la pieza requerida del molde. Para lo cual se realiza con los siguientes sistemas también ilustrados en la Figura 9.

- Sistema de distribución o alimentación (canales)
- Sistema de cavidades
- Sistema de refrigeración
- Sistema de expulsión
- Sistema de alineación
- Sistema de montaje y placas
- Sistema de transmisión

El diseño del molde está relacionado directamente por la complejidad de la pieza requerida en el moldeo, del número de reproducciones de la pieza en un solo ciclo (número de cavidades), del sistema de expulsión, entre otros. [2]



**Figura 9.** Sistemas utilizados en el molde de inyección

**Fuente:** [2]

### 2.2.10 Sistema de alimentación

El objetivo del sistema de alimentación es recibir y distribuir la masa o el polímero fundido el cual es incorporado desde el cilindro de plastificación hasta la cavidad del molde, en donde se va moldear la pieza.

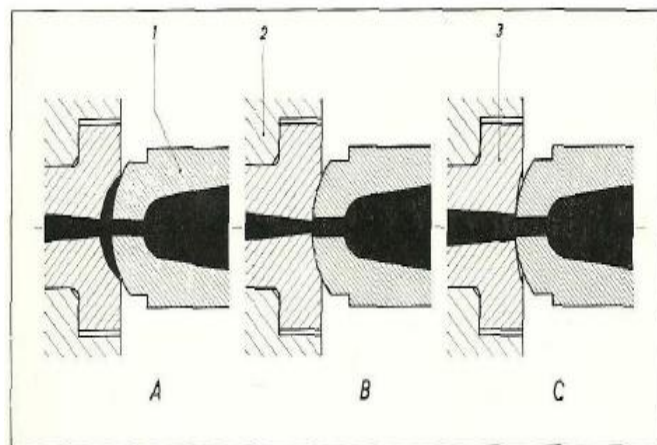
Entre las partes que conforman el sistema de alimentación se encuentran:

- Bebedero o boquilla
- Canales de alimentación o distribución
- Canales de entrada o estrangulamientos

#### 2.2.10.1 Bebedero o boquilla

El bebedero es el encargado de establecer una conexión entre el molde y la boquilla de inyección, a través de este el material fluye hasta llegar a un sistema de llenado o canales de alimentación para que finalmente el polímero se deposite en las cavidades.

El bebedero debe tener una fabricación cónica con el fin de evitar que el polímero se adhiera a las paredes en el desmoldeo, además de que el bebedero debe poseer ligeramente un diámetro mayor que el diámetro de la boquilla de la máquina inyectora. En la figura 10 se muestra las varias condiciones que deben ser tomadas en cuenta para el funcionamiento adecuado del bebedero. [13]



**Figura 10** Condiciones para funcionamiento de bebedero

**Fuente** [13]



**La opción A** la figura 10 muestra un funcionamiento incorrecto del bebedero ya que el material se retiene en el momento de enfriarse, debido a que el radio del bebedero del molde es muy pequeño a diferencia del diámetro de la boquilla de la máquina.

**La opción B** posee también un funcionamiento incorrecto debido a que el diámetro de la boquilla de la máquina inyectora es mayor que el diámetro del bebedero lo que puede provocar el atrapamiento del material cuando la masa se enfríe.

**La opción C** posee un adecuado funcionamiento ya que el diámetro del bebedero es mayor que el de la boquilla de la inyectora por lo cual no existe retención del material ya que este fluye sin ningún inconveniente. [13]

Cabe mencionar que para centrar la boquilla de la inyectora que posee una punta esférica con el bebedero, este último debe poseer una concavidad en su superficie. [3]

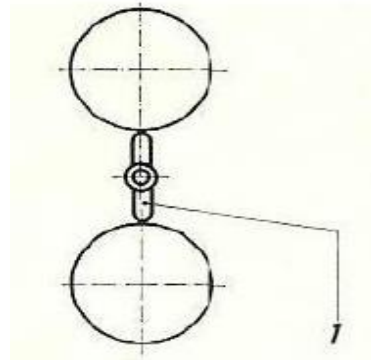
#### **2.2.10.2 Canales de distribución**

Los canales de distribución forman parte del sistema de llenado en los moldes que poseen más de una cavidad, estos canales tienen como finalidad conducir simultáneamente el material a inyectar desde el bebedero hasta las cavidades en donde se formará la pieza requerida.

El polímero plastificado ingresa a gran velocidad al interior del molde que se encuentra refrigerado, el calor es disipado enfriando y solidificando rápidamente el polímero que fluye en las paredes exteriores. En cambio el polímero que fluye por el centro de los canales de distribución es aislado en relación a las paredes externas del canal, originando un “núcleo plástico” por donde el polímero necesario para llenar el molde fluye adecuadamente. El “núcleo plástico” debe permanecer hasta que la pieza se solidifique en su totalidad, asegurando así la eficiencia de la presión residual la cual compensa la contracción del volumen de polímero generado durante la solidificación.

En la figura 11 se muestra un sistema de distribución para dos cavidades, en el cual se utiliza un bebedero central y los canales de distribución, por lo cual el distanciamiento de las cavidades al centro del molde y bebedero será igual con el

fin de llenar simultáneamente las cavidades evitando así obtener piezas incompletas.

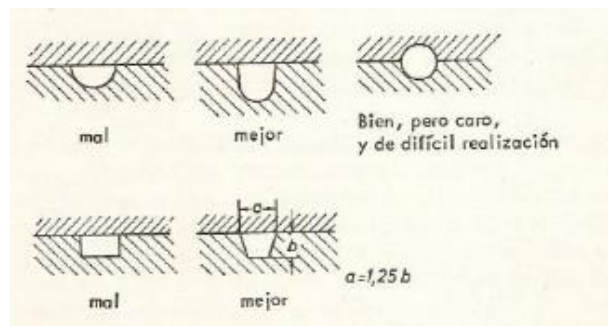


**Figura 11** Distribución de las cavidades

**Fuente** [3]

El dimensionamiento de los canales de distribución está ligada a varios parámetros como el tamaño de la pieza, material a inyectar y el tipo de molde. En cuanto al dimensionamiento de la sección del canal, será mayor para piezas con mayor espesor, hay que tomar en cuenta la rentabilidad del canal con el fin de evitar desperdicios innecesarios. [3]

En la figura 12 se ilustran varias secciones que se pueden utilizar en el diseño de los canales de alimentación, indicando cuál de ellas posee un mejor funcionamiento. Pero hay que recalcar que la mejor opción es la sección circular ya que esta evita pérdidas de calor y rozamiento del polímero en el proceso de llenado ayudando a que el material plastificado llegue con mayor velocidad a las cavidades a una presión óptima.



**Figura 12** Posibilidades de secciones para el diseño de canales de distribución

**Fuente** [3]

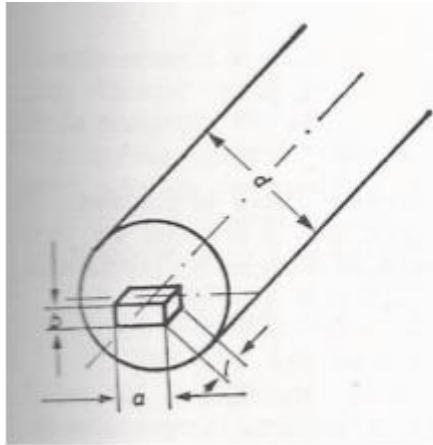
### **2.2.10.3 Canales de estrangulamiento**

Al igual que el bebedero y los canales de distribución, los canales de estrangulamiento forman parte del sistema de llenado del molde de inyección, esta es la parte más estrecha del sistema ya que se necesita que este canal tenga menor área para obtener mayor velocidad en el momento de inyección del polímero en las cavidades, además de tener una geometría que facilite el desmoldeo del mismo. Otro de los parámetros a tomar en cuenta es el posicionamiento del canal en la pieza para que este no genere marcas inadecuadas con lo que puede incurrir a un trabajo excesivo en lo posterior para eliminar dichas marcas.

En cambio, si el canal de estrangulamiento es demasiado pequeño puede provocar una resistencia al flujo del polímero fundido, generando así consumir parte de la presión de inyección. La resistencia que se genera en los canales de estrangulamiento es mayor mientras más viscosa sea la masa a inyectar.

Al momento que la masa a inyectar atraviesa los canales de llenado posee una alta velocidad de inyección lo que produce un calentamiento considerable en este proceso. Pero hay que mencionar que si no se dimensiona correctamente los canales de estrangulamiento puede generar varios inconvenientes. Por ejemplo, si es demasiado pequeño no solo genera resistencia al flujo de la masa, sino que también produce un sobrecalentamiento y con ello una degradación térmica a la masa que se está inyectando. Por otro lado, si los canales de estrangulamiento son sobredimensionados la temperatura de la masa aumenta un poco o simplemente no aumenta, produciendo una solidificación prematura del material.

El posicionamiento y forma del canal de estrangulamiento depende del diámetro de los canales de distribución, de la pieza, y de la masa a inyectar. En el presente proyecto se opta por elegir una sección rectangular. En la figura 13 se muestra la sección con sus dimensiones.



*Figura 13 Sección de canal de estrangulamiento*

*Fuente* [3]

### **2.2.11 Sistema de refrigeración** [9] [10]

En el proceso de llenado, el polímero fundido es inyectado a una gran presión y velocidad, a una cavidad que posee una forma para obtener un artículo deseado. Es allí en donde el polímero se acopla a la forma de la cavidad en donde resulta imprescindible disipar el calor generado hasta que la pieza inyectada se solidifique para posteriormente sea desmoldeada, pero eso ocurrirá siempre y cuando la pieza obtenga una suficiente rigidez ya que si esto no ocurre, en el proceso de expulsión la pieza puede sufrir deformaciones o su ruptura.

El sistema de enfriamiento influye radicalmente en la rentabilidad y calidad de la pieza a inyectar, y este es un parámetro que se debe tomar en cuenta al iniciar la construcción del molde. Al momento de seleccionar la temperatura del molde se deben considerar factores como el económico y la técnica de producción.

Cabe mencionar que los sistemas de refrigeración diseñados incorrectamente producen dos principales inconvenientes. El primero se refiere a que los tiempos de ciclo son más extensos a los que se desea. En segundo lugar, se producen deformación de la pieza y una contracción diferencial debido a los gradientes de temperatura. Es por ello que para tener un sistema de refrigeración eficaz su dimensionamiento debe ser cuidadosamente con el objetivo de disipar el calor generado en todo el molde uniformemente y que su construcción no conlleve a un costo excesivo.

A continuación se menciona varios objetivos que se buscan en el diseño y construcción del sistema de refrigeración para obtener un funcionamiento adecuado, entre los cuales se encuentra:

- Mantener una temperatura uniforme en la pared del molde
- Transferencia de calor eficaz
- Minimizar complejidad en su construcción
- Facilitar su mantenimiento.
- Reducir su costo en la construcción del molde

### **2.2.12 Sistema de expulsión [13] [10]**

El sistema de expulsión es el encargado de expulsar la pieza moldeada de la cavidad una vez de que el molde haya cumplido el proceso de atemperamiento. El dimensionamiento y construcción de este sistema puede variar de acuerdo a los requisitos necesarios para que la expulsión de la pieza sea el adecuado. Entre las consideraciones que se deben tomar en el sistema de expulsión son:

- Carrera de expulsión y apertura
- Posicionamiento de los puntos de expulsión
- Placas de expulsión
- Expulsores, diseño, dimensionamiento y acabados.
- Retroceso o retorno de la placa de expulsión.

La forma de desmoldeo ideal es la caída de la pieza por gravedad al momento de apertura del molde, pero este no resulta posible debido a que se queda retenida en las cavidades por resaltes, que son tensiones internas y fuerzas de adherencia de la pieza dentro del molde, por lo que resulta imprescindible la utilización de otros elementos externos como barras expulsoras, este fenómeno es denominado como contracción, su valor varía de acuerdo al polímero que se utilice, en el anexo 2 se muestra los valores de contracción para el ABS, este se encuentra entre el rango de 0.4-0.6%.

Las piezas a inyectar que cuentan paredes delgadas poseen una complejidad extra al momento de su desmoldeo, es por ello que se necesita una fuerza externa para su expulsión. La cantidad de eyectores a aplicar dependen de la forma de la pieza y

del polímero con el que va estar fabricada debido a que con cada material se va tener una tenacidad y rigidez diferente.

Las partes que conforman el sistema de expulsión son:

- Placa de expulsión
- Placa de guía
- Pernos de expulsión
- Perno expulsor de la máquina

#### **2.2.12.1 Carrera de expulsión y apertura**

El espacio entre la parte móvil y fija del molde debe ser suficiente para que la pieza ya elaborada sea expulsada sin ningún inconveniente. Es recomendable que para evitar problemas la carrera de expulsión debe ser mayor a 1.5 veces la profundidad de la pieza a inyectar. [14]

#### **2.2.12.2 Posicionamiento de los puntos de expulsión**

El posicionamiento de los puntos de expulsión cumple un papel fundamental en el diseño del sistema de expulsión, ya que la mala colocación de estos puntos puede generar problemas en el proceso de desmoldeo como atascamiento de la pieza inyectada en la cavidad del molde, su rotura o deformación debido a fuerzas de expulsión distribuidas erróneamente o a su vez deformación en los pernos de expulsión.

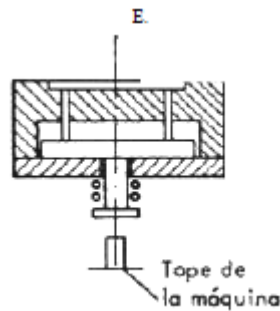
Es recomendable ubicar los pernos expulsores:

- Cerca de los bordes, nervios o los puntos más bajos de la pieza
- En puntos donde la pieza tenga mayor sección o una rigidez elevada
- Los pernos deben tener un posicionamiento simétrico y espaciados uniformemente, con el fin de que cubran la mayor área posible. [14]

#### **2.2.12.3 Placas de expulsión [13]**

El sistema de expulsión más común consta de varillas expulsoras, las cuales tienen como función separar la pieza de las cavidades. Estas varillas están sujetas a placas extractoras, dichas placas se desplazan cuando el molde es abierto perpendicularmente a la línea de partición del molde, moviendo consigo las varillas

hacia la cavidad, deben estar distribuidas adecuadamente para que la pieza ya moldeada sea expulsada del molde sin que sufra ningún deterioro o deformación. Una vez expulsada la pieza las placas retornan a su posición inicial finalizando el ciclo de expulsión. En la figura 14 se muestra dicho proceso accionado por un pistón hidráulico. El sistema de expulsión generalmente se encuentra en la parte móvil del molde.



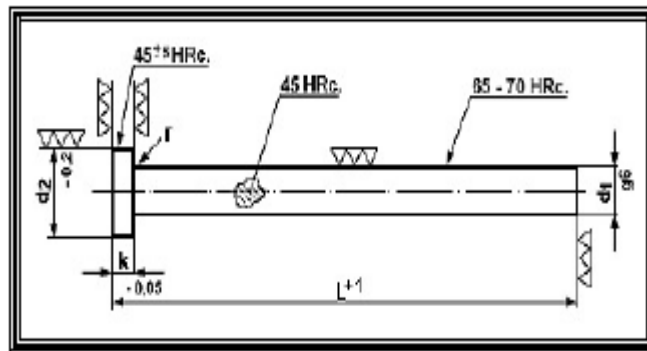
**Figura 14** Placas de expulsión

**Fuente** [3]

#### **2.2.12.4 Varillas expulsoras [14]**

Denominados botadores o expulsores, fijadas a las placas expulsoras y accionadas por un cilindro hidráulico, deben estar ajustados herméticamente a la pieza a inyectar, esta sujeción ayuda a eliminar el aire en las cavidades. En el mercado existen expulsores normalizados variando sus dimensiones, generalmente están fabricados de acero que sea capaz de trabajar a altas temperaturas, están sujetos a tratamientos como el templado y nitrurado para obtener una dureza superficial de 70 HRc, en cambio cuando se trabajan en temperaturas inferiores y longitudes menores, se emplean expulsores de acero revenido y templado para obtener una dureza superficial de 45 HRc en la cabeza y 62 HRc en el cuerpo.

Los expulsores cilíndricos son los más utilizados, en el mercado existen variedad de expulsores normalizados con longitudes estandarizadas entre 100 y 1000 mm y diámetros de 1 a 300 mm. En la figura 15 se ilustra un expulsor cilíndrico con sus cotas y durezas.



*Figura 15 Expulsores cilíndricos*

*Fuente [14]*

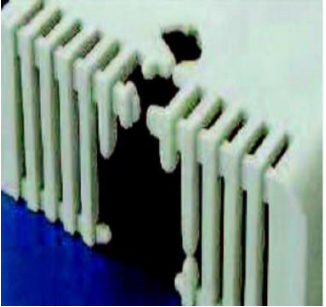
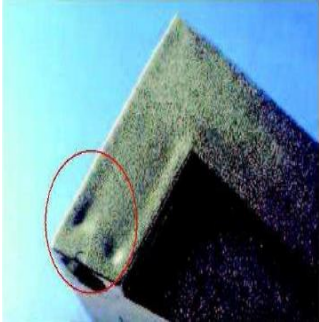
### 2.2.13 Posibles defectos de la pieza en el proceso de inyección de plástico

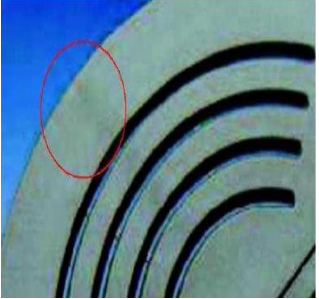
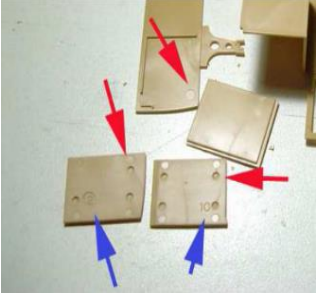
En la tabla 2 se muestra una serie de posibles defectos que pueden aparecer en la pieza una vez realizada el proceso de inyección.

*Tabla 2 Defectos en proceso de inyección*

<b>Defectos posibles en el proceso de inyección</b>			
<b>Defecto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Solución</b>	<b>Ilustración</b>
Rebabas	Las rebabas son trozos de material excedentes que aparecen en el material especialmente en el plano de cierre del molde. Provocadas por una fuerza de cierre inadecuada o por un mal alineamiento del núcleo y cavidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Añadir columnas de apoyo</li> <li>• Cambiar material de construcción del molde con mayor rigidez</li> <li>• Verificar la el paralelismo y planitud de placas</li> </ul>	



<p>Falta de material</p>	<p>Provocada por una solidificación prematura de la pieza debido a una velocidad insuficiente en la inyección, por pérdida de presión en el interior del molde.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incrementar la temperatura del molde o de inyección.</li> <li>• Verificar los canales de alimentación a la posible presencia de corrosión</li> <li>• Comprobar tamaño de la boquilla de inyección o alineamiento de los canales</li> </ul>	
<p><b>Rechupes</b></p>	<p>Este defecto se produce por falta de material en el momento de la contracción del polímero o si la pieza se extrae demasiado rápido ya que el núcleo aún se encuentra en estado líquido</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminuir la temperatura de molde o de fusión.</li> <li>• Aumentar tiempo de inyección</li> <li>• Incrementar carga de polímero</li> </ul>	

<p><b>Líneas de Fusión</b></p>	<p>Provocado al contactar el flujo del material fundido en direcciones opuestas formando líneas en zonas donde el material no se mezcla adecuadamente</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incrementar la velocidad de llenado del molde.</li> <li>• Incrementar la temperatura de inyección.</li> <li>• Disminuir la longitud de canales de alimentación.</li> <li>• Incrementar temperatura de molde</li> </ul>	
<p><b>Marcas de Expulsores</b></p>	<p>Este defecto se lo identifica como una marca de expulsores en una cara de la pieza</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminuir la fuerza de expulsión</li> <li>• Incrementar tiempo de enfriamiento</li> <li>• Reubicar expulsores</li> <li>• Añadir expulsores para repartir esfuerzo en la expulsión</li> </ul>	

*Fuente Autor*

## 2.2.14 Sistemas CAD/CAM y CNC [15] [16]

### 2.2.14.1 Diseño asistido por computadora

También denominado CAD, es un software enfocado en el diseño y modelado de piezas con una alta confiabilidad mediante herramientas virtuales, obteniendo una

alta precisión en el diseño. Actualmente los sistemas de producción CAD están siendo aplicados en trabajos arquitectónicos, de ingeniería y en cualquier otro campo en donde se necesite el diseño de piezas con precisión milimétrica, una producción confiable, rápida y eficaz.

EL sistema CAD proporciona un diseño en 2 y 3 dimensiones además de otorgar simulaciones virtuales de impacto, deformación, tensión, cargas, presión entre otros. Con el fin de que el objeto a diseñar obtenga mejores características de funcionamiento.

#### **2.2.14.2 Manufactura asistida por computadora**

La manufactura asistida por computadora o sus siglas CAM es el software que permite simular virtualmente la fabricación de una pieza pre diseñada según ciertas necesidades, entre los procesos de fabricación que este sistema simula se encuentran el proceso de torneado, fresado y taladrado, en los cuales se puede seleccionar varias herramientas que ayudan a cada proceso, además de permitir cambiar parámetros como trayectorias de herramientas y velocidades de maquinado con el fin de evitar errores al momento de la fabricación, evitando daños del equipo, errores en la pieza a fabricar y riesgos que puede sufrir el operador.

Si bien los equipos CAM están dirigidos a la disminución de costes en la mano de obra y reducción de los errores en la fabricación, el uso adecuado y la precisión brindan mayores ventajas a la utilización de este sistema, entre las cuales se encuentra la utilización óptima de las cuchillas evitando su pronto desgaste y alargando su vida útil, lo que incurre aún más en la reducción de costes de la fabricación.

#### **2.2.14.3 Relación CAD/CAM**

La relación CAD/CAM permite transferir los datos generados en la etapa de diseño CAD a la etapa en donde se planifica la elaboración o fabricación de la pieza CAM, para generar los códigos y datos necesarios para controlar y operar la máquina CNC en donde se fabricará el producto.

Actualmente la aplicación CAD/CAM tiene gran relevancia en la fabricación de productos disminuyendo los esfuerzos que se producen en el diseño, pruebas de

simulación y trabajo con prototipos, incrementando la producción y reduciendo los costos. A continuación se menciona varias aplicaciones de CAD/CAM.

- Diseño de moldes
- Control de calidad
- Inspección
- Diseño de electrodos para electroerosión
- Diseño de herramientas
- Calendarización de proceso
- Simulación de procesos de fabricación.

#### **2.2.14.4 Control numérico por computadora CNC**

Una vez culminado las etapas de diseño y simulación de producción de la pieza a maquinar CAD/CAM, se procede con la fabricación en una máquina CNC, en donde se genera mayormente las piezas de la industria debido a sus grandes especialmente su precisión milimétrica.

CNC hace referencia al lenguaje de programación basándose en coordenadas, instrucciones y códigos numéricos guardados en archivos que servirán para controlar los procesos de fabricación.

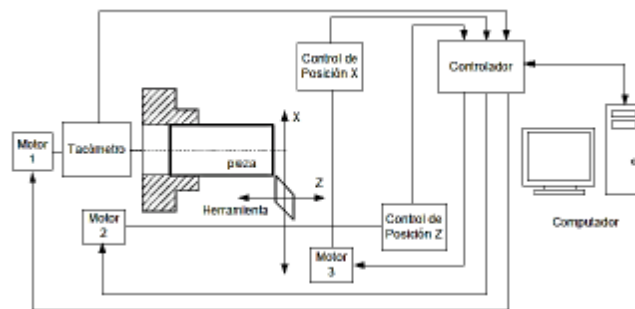
#### **2.2.14.5 Relación CAD/CAM – CNC**

Cuando se ha culminado el diseño y la simulación de fabricación de una pieza a maquinar bajo especificaciones implementadas en un sistema CAD/CAM se generarán datos o códigos para posteriormente ingresarlos en lenguaje de una máquina CNC.

La base y elementos constitutivos que conforman una máquina herramienta CNC son las siguientes:

- **Programa de Instrucciones**, se refiere a una serie de acciones ejecutadas que dirigen a la máquina de procesado, este programa es escrito en códigos.
- **Control numérico**, es la unidad que interpreta las acciones que contiene el programa de instrucciones, convirtiéndolas en señales para que sea accionada los diferentes dispositivos de la máquina.

- **Equipo de procesamiento**, lo conforman las máquinas herramientas, la mesa de trabajo, el sistema dedicado al cambio de herramientas a utilizar, dispositivos de posicionamiento y motores.
- **Mecanismos de posicionamiento**, conducen los aparatos móviles como husillos, carros entre otros, a una determinada posición con parámetros especificados como aceleración, velocidad y precisión, mediante dispositivos accionadores como válvulas y motores.
- **Sistemas de cambio de herramientas**, resulta de alta necesidad en una máquina CNC ya que este sistema otorga el mayor grado de automatismo a la misma, reduciendo los tiempos cuando la máquina no se encuentre mecanizando.
- **CPU**, es el encargado de controlar los elementos de la máquina CNC en base al programa que se encuentre ejecutando. Básicamente tiene acceso directo a los códigos o instrucciones del programa, pudiendo decodificarlos y ejecutarlos bajo acciones específicas.
- **Visualizadores de datos**, consta de monitores en donde el operador puede controlar el proceso de mecanizado observado la ejecución de la programación, además de tener acceso a otra información como el estado de la CNC.



**Figura 16** Elementos básicos de una CNC

**Fuente** [15]

#### 2.2.14.6 Tipos de controladores

Existen una gran variedad de controladores CNC que lideran el mercado, bajo especificaciones técnicas. A continuación se menciona alguna de ellas.

FANUC, MITSUBISHI, SIMUMERIK, GSK, HNC, KND, WA, SKY, FAGOR, DASEN, GREAT, RENHE HAAS

#### **2.2.14.7 Lenguaje de programación CNC**

Las bases utilizadas en el lenguaje de programación CNC se encuentran estandarizadas internacionalmente. Como por ejemplo

- La norma ISO/DIS 6983 e ISO/DP 6983 “Control numérico de máquinas”
- DIN 66025 “Desarrollo de programas para máquinas de control numérico” es similar

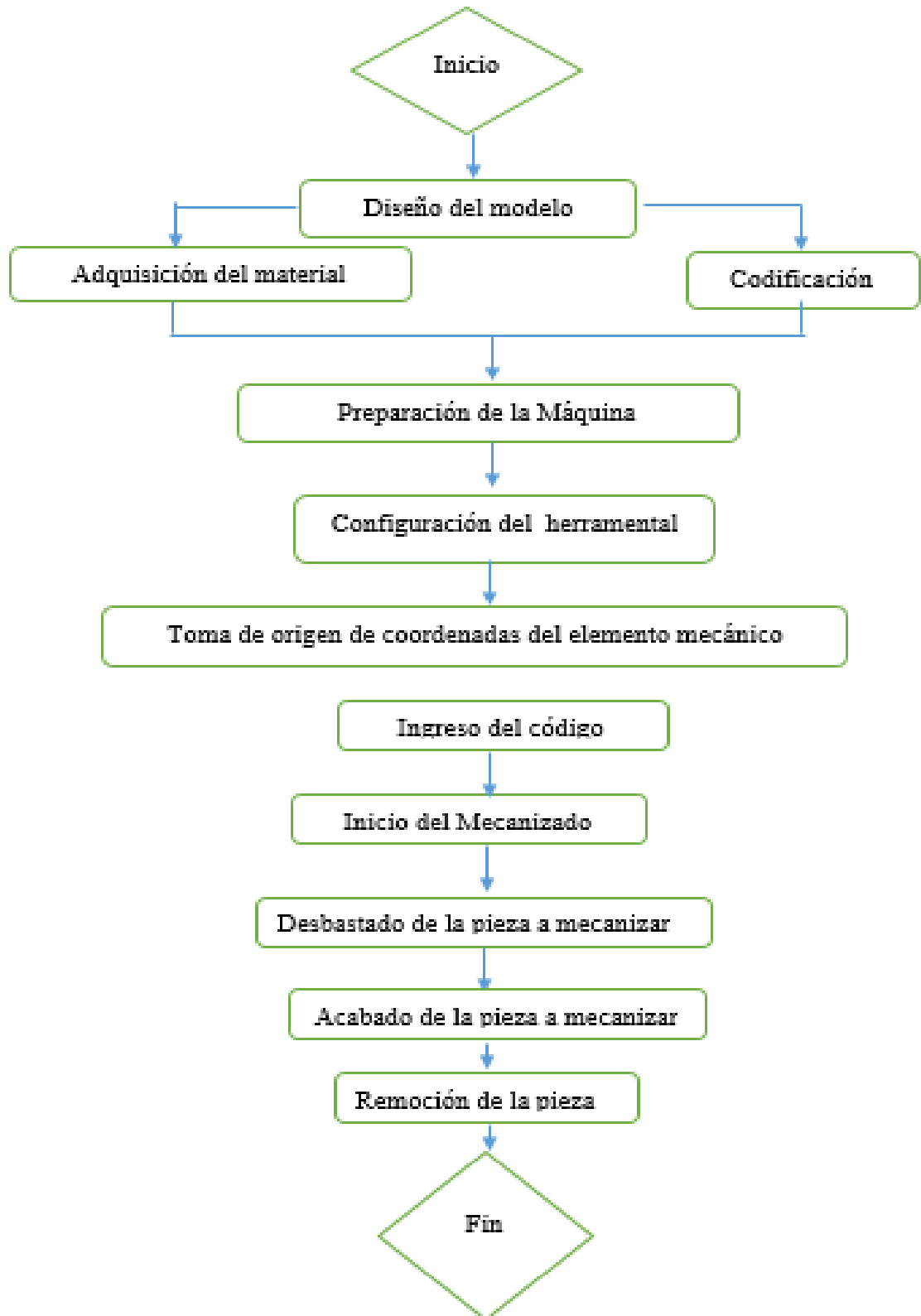
#### **2.2.14.8 Programación CNC códigos G y M [16]**

La programación de la mayor parte de las máquinas de Control Numérico Computarizado está efectuado bajo un lenguaje llamado G y M. Este lenguaje se trata de una programación vectorial en el cual constan entidades geométricas como arcos de circunferencia y segmentos de recta además de acciones simples, acompañado de parámetros utilizados en el maquinado como avance de la herramienta y velocidades de husillo.

El origen del lenguaje G y M se genera en base a que el programa contiene instrucciones generales y misceláneas, cabe mencionar que aun siendo una programación rudimentaria y básica en la actualidad, su estandarización es de gran ayuda para que una máquina CNC sea funcional a nivel mundial. A continuación se muestra códigos G y M más utilizados en fresadoras y tornos CNC. Estos códigos pueden variar de acuerdo al fabricante.

En la figura 18 se muestra el flujograma a seguir para el moldeado de la pieza requerida y su transformación a sistema CAD/CAM.

Figura 17 Flujoograma CAD/CAM



Fuente Autor

## **CAPÍTULO III**

### **DISEÑO DEL PROYECTO**

#### **3.1 Selección de alternativas**

Para la selección del material tanto de la inyección del polímero como el material con el que va ser construido el molde de inyección se basó en directrices directas impartidas por el departamento de ingeniería de la empresa Halley Corporación.

##### **3.1.1 Material a inyectar**

El polímero a inyectar es al Acronitrilo Butadeno Estireno debido a que se necesita que el arco almohadillado posea rigidez y dureza para posteriormente acoplar a esta la almohadilla que estará en contacto con el usuario. Es por ello que el polímero que brinda las características mencionadas es el ABS.

En el apartado 2.2.3.3 se menciona ciertos parámetros importantes del polímero, cabe mencionar que las características mecánicas y térmicas del ABS, como la conductividad térmica y calor específico se pueden observar del anexo 3 al 5.

##### **3.1.2 Material de construcción.**

Debido a trabajos realizados anteriormente por el departamento de ingeniería de la empresa Halley Corporación utilizando como material de construcción el acero P20, se decidió que este material va ser utilizado para la construcción del molde de inyección del arco almohadillado, ya que el material mencionado brinda beneficios como su bajo costo, resistencia a la corrosión, así como su factibilidad a ser mecanizado



### 3.2 Diseño del arco almohadillado

A continuación se detallará el diseño del arco almohadillado, para lo cual se utilizará un software especializado para su modelado en 3D. En la figura 18 se puede observar la pieza requerida a inyectar.

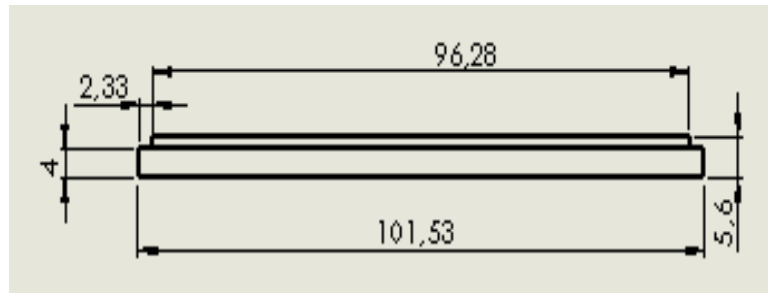


*Figura 18 Arco Almohadillado vista inferior, superior e isométrica*

*Fuente. Autor*

#### 3.2.1 Modelado

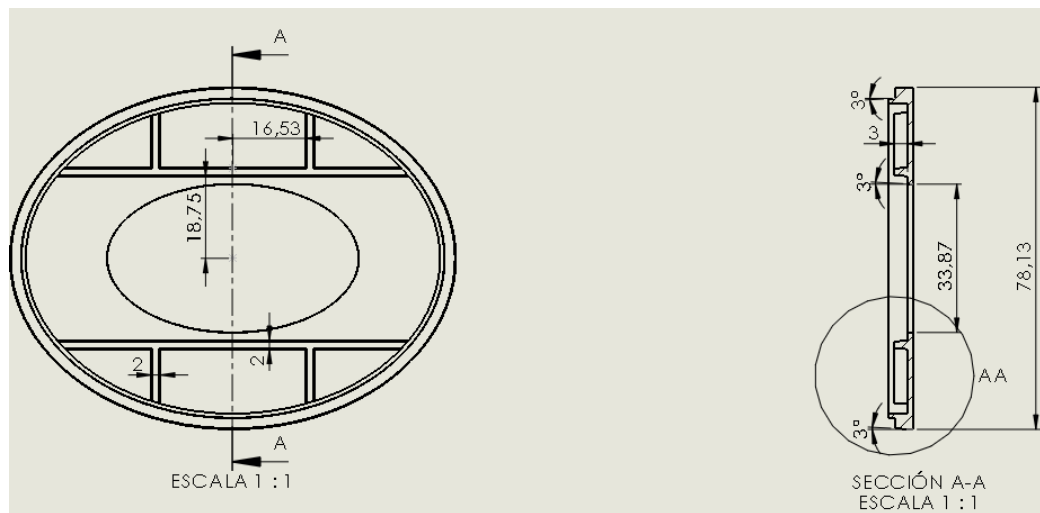
1. El arco almohadillado tiene como geometría base una elipse de radio 39 mm x 50.70 mm, cabe mencionar que bajo requerimientos de la empresa Halley Corporación el espesor de la pieza a inyectar es de 5.6 mm, con la finalidad de reducir su peso y también la cantidad de polímero a inyectar en cada ciclo.
2. Se realiza una extrucción de 5.6 mm que será el espesor total de la pieza y posteriormente se moldea una grada en el borde, la cual servirá como tope al momento del montaje entre el arco almohadillado y la carcasa del protector auditivo. Para lo cual se procede a realizar una elipse desde el centro al borde de la pieza ya realizada y equidistanciarlo 2.33 mm. Posteriormente se realiza una extrucción en corte con una profundidad de 1.6 mm. En la figura 19 se puede observar los procesos mencionados, las cotas que se muestran en la misma figura ya se ven modificadas por el ángulo de salida que se detallarán el punto 3.3.



**Figura 19** Dimensiones externas del arco almohadillado

**Fuente.** Autor

- En la parte inferior del arco almohadillado se realizará una extrucción en corte, para reducir el peso de la pieza a inyectar y elaborar nervios a lo largo y ancho de la misma. La extrucción en corte tendrá una profundidad de 4.4 mm. Finalmente se realiza unos nervios en la pieza del arco almohadillado que servirán para evitar la deformación de del producto, las dimensiones necesarias para la realización de los nervios se pueden observar en la figura 20.

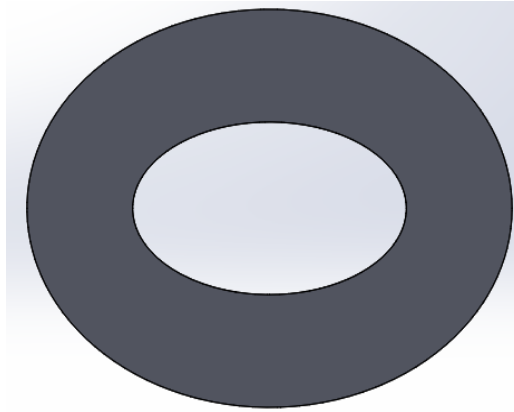


**Figura 20** Dimensiones para el modelado de los nervios del arco almohadillado

**Fuente.** Autor

A continuación se procede a eliminar más peso de la pieza ya elaborada, en la parte superior del arco almohadillado se extruye en corte una elipse con las dimensiones mostradas en la figura 20.

4. En la figura 21 se ilustra la parte superior de la pieza del arco almohadillado, la cual es completamente lisa, cuya finalidad es que mediante otro proceso se acople una almohadilla la cual estará en contacto permanente con la oreja del usuario del protector auditivo.



*Figura 21 Vista superior del arco almohadillado*

*Fuente. Autor*

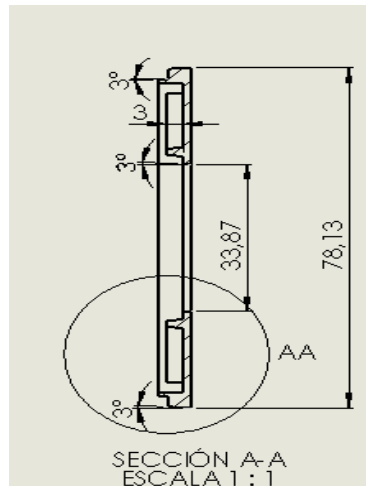
### **3.3 Ángulos de salida**

Con el fin de facilitar la expulsión del arco almohadillado de las cavidades del molde resulta necesario incorporar un ángulo de desmoldeo a todas las caras perpendiculares a la línea de partición del molde, cuya inclinación asegure la fácil expulsión de la pieza para que esta no sufra ninguna deformación en el proceso de desmoldeo. [17]

#### **3.3.1 Ángulo de salida a caras perpendiculares a la línea de partición.**

En el anexo 6 se ilustra los ángulos de salida recomendados basándose en la altura del modelo, como se puede observar en la figura 19 el espesor o altura total del arco almohadillado es de 5.6 mm.

De dicho anexo se obtuvo que el ángulo de salida para la altura mencionada es de  $3^\circ$ , en la figura 22 se puede observar el ángulo aplicado a todas las paredes externas del arco almohadillado.

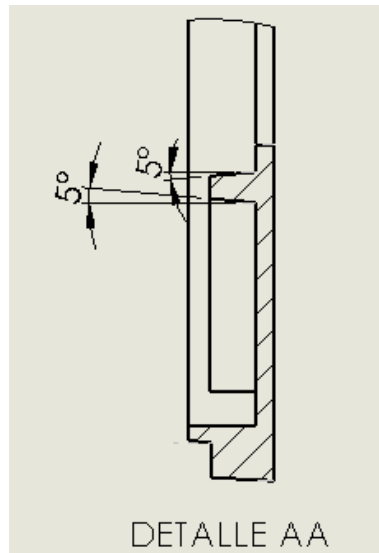


**Figura 22** Ángulo de salida a paredes perpendiculares a la línea de partición

*Fuente. Autor*

### 3.3.2 Ángulo de salida a nervios

El ángulo de salida a nervios deben ser mayor que el aplicado a las paredes perpendiculares a la línea de partición, debido a su disminuido grosor, para lo cual se optó por un ángulo de salida de 5°, en la figura 23 se observa un detalle de los nervios del arco almohadillado con su ángulo de salida..



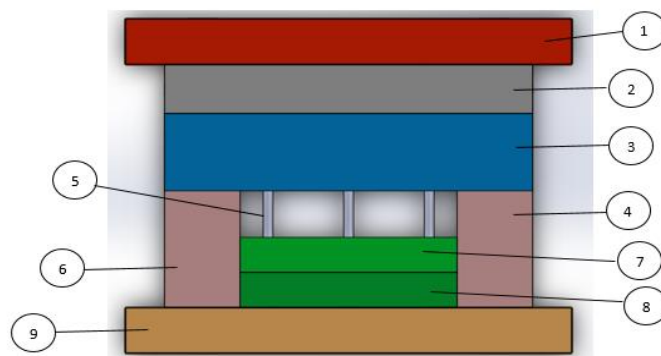
**Figura 23** Ángulo de salida a nervios

*Fuente. Autor*

### 3.4 Descripción del molde de inyección del arco almohadillado

Una vez conocida el material con el que va ser construido el molde se procede a diseñarlo, para lo cual se toma con opción más viable un molde estándar, debido a que la pieza a inyectar no posee grandes dimensiones.

En la figura 24 se puede observar el molde modelado en un software especializado, y en la tabla 3 se menciona cada parte describiéndola con el material que va ser construido



**Figura 24** Molde de inyección de arco almohadillado

*Fuente:* Autor

**Tabla 3** Descripción de partes del molde de inyección del arco almohadillado

<b>Descripción de partes del molde de inyección del arco almohadillado</b>			
<b>Número</b>	<b>Descripción</b>	<b>Material designación normalizada</b>	<b>Material designación comercial</b>
1	Placa base fija	AISI 1045	SAE 1045
2	Placa portamolde fija	AISI/SAE P20	BOHLER M238
3	Placa portamolde móvil	AISI/SAE P20	BOHLER M238
4	Paralela o de soporte	AISI 1045	SAE 1045
5	Expulsores	AISI 420	BOHLER M303
6	Paralela o de soporte	AISI 1045	SAE 1045

7	Placa de expulsión guía	AISI 1045	SAE 1045
8	Placa de expulsión base	AISI 1045	SAE 1045
9	Placa base móvil	AISI 1045	SAE 1045

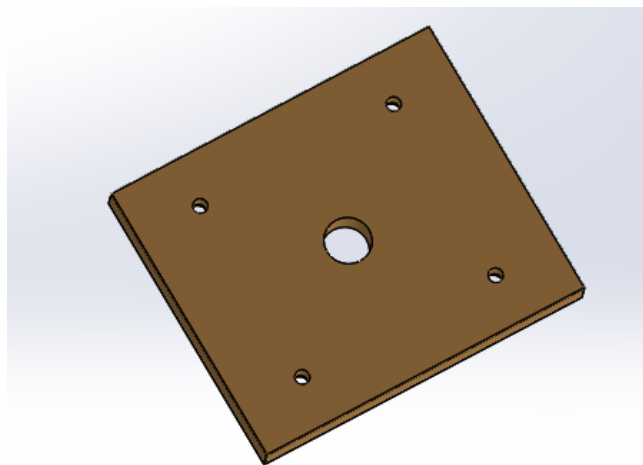
*Fuente: Autor*

### 3.4.1 Placa base móvil

La placa base móvil va sujeta mediante bridas al plato de sujeción móvil de la máquina de inyección. Las dimensiones que posee esta placa serán las mismas que la de la base fija. Consta de 4 agujeros en donde se colocarán pernos Allen M10 para sujetar las paralelas y a su vez la placa portamolde móvil.

En la figura 25 se muestra dicha placa en la cual se puede observar un agujero pasante, este es colocado para que mediante el cilindro expulsor las placas 7 y 8 sean accionadas para desplazar los expulsores y desmoldear la pieza inyectada.

El material del que va a ser fabricado es el AISI 1045 garantizando la resistencia y dureza. Sus propiedades se encuentran en el anexo 7.



*Figura 25 Placa base móvil*

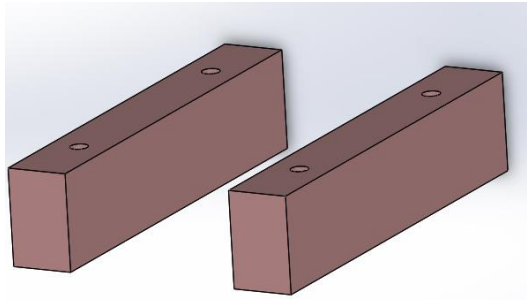
*Fuente. Autor*

### 3.4.2 Paralelas o placas de soporte

Las placas de soporte o paralelas son las encargadas de sujetar a la placa 3 y a su vez a la placa base móvil mediante tornillos Allen M10, los agujeros de dichos

pernos deben coincidir con los de la placa móvil, además posee otra función, de ser guía para las placas expulsoras.

Su altura va relacionada con la carrera de expulsión ya que esta debe ser suficiente para que pueda ser desmoldeada la pieza inyectada. Están elaborados del acero AISI 1045.



**Figura 26** Paralelas

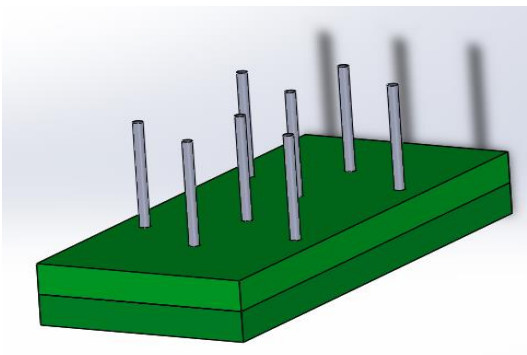
*Fuente. Autor*

### **3.4.3 Placas expulsoras**

Serán utilizadas para el sistema de expulsión del arco almohadillado. Las placas expulsoras están sujetas por 6 tornillos Allén M8.

La placa de expulsión base servirá como tope de los expulsores además esta accionará a la placa 8 y a los expulsores cuando el cilindro de expulsión sea accionado. En total se colocarán 8 expulsores en el molde, 4 para cada cavidad, además de 1 expulsor para el bebedero.

En la figura 27 se muestra las placas de expulsión con los expulsores instalados.



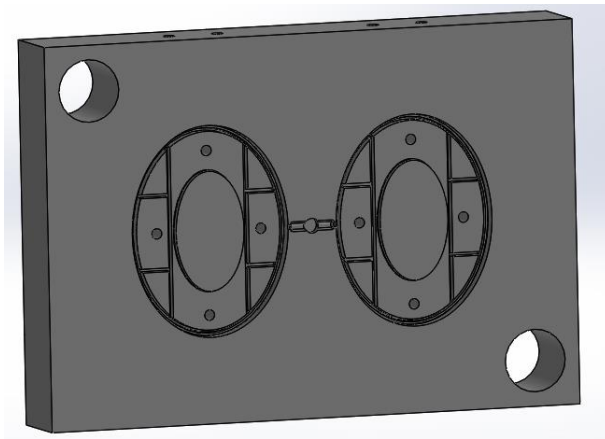
**Figura 27** Placas expulsoras

*Fuente. Autor*

### 3.4.4 Placa portamolde móvil y fija

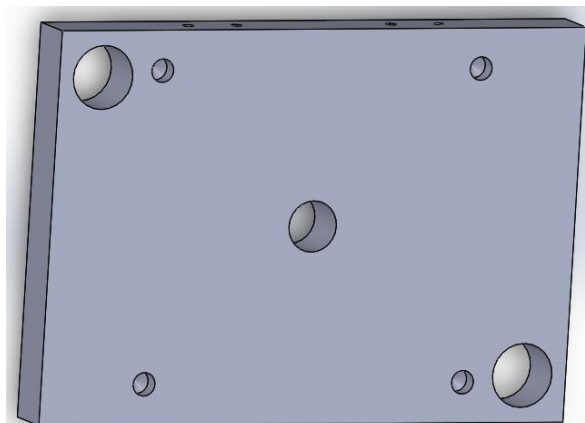
Estas placas se unen para que el molde inicie el proceso de inyección, por medio del sistema de alimentación las placas portamolde móvil y fija reciben el polímero proveniente de la inyectora a una gran presión, es por este motivo que su dimensionamiento debe ser el adecuado para que no sea alterado por deformaciones por los esfuerzos que son generados.

En este proyecto los espesores para la placa portamolde móvil es de 40 mm y para la fija de 25 mm, la diferencia de espesores entre las placas se debe a que el arco almohadillado va ser tallado solo en el portamolde móvil. En las figuras 28 y 29 se muestran las placas portamolde móvil y fija respectivamente.



**Figura 28** Placa portamolde móvil

*Fuente. Autor*



**Figura 29** Placa portamolde fija

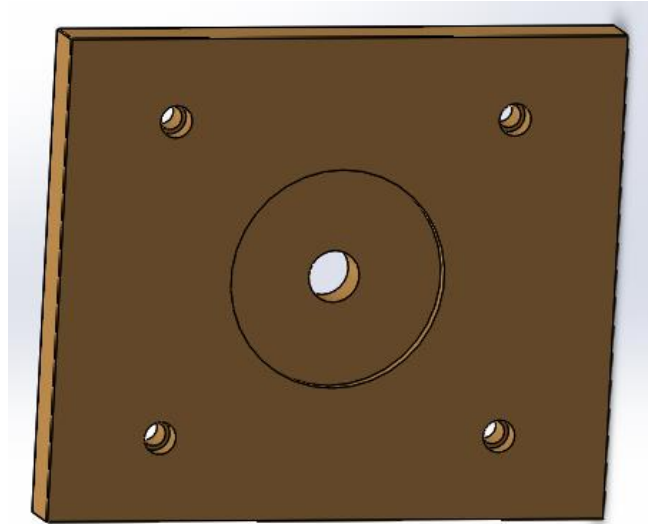
*Fuente. Autor*



### 3.4.5 Placa base fija

Sus dimensiones son las mismas que la base fija móvil pero a diferencia de esta, la placa fija sujeta al anillo centrador con el fin de que el bebedero se ubique en el centro del molde sin moverse y el polímero ingrese simétricamente a las cavidades.

En la figura 30 se puede observar la placa base fija, la cual está construida de acero AISI 1045, sujeta a la placa portamolde fija mediante pernos Allen M10.



*Figura 30 Placa base fija*

*Fuente. Autor*

## 3.5 Sistema de guiado [3]

### 3.5.1 Guiado y centrado de exteriores

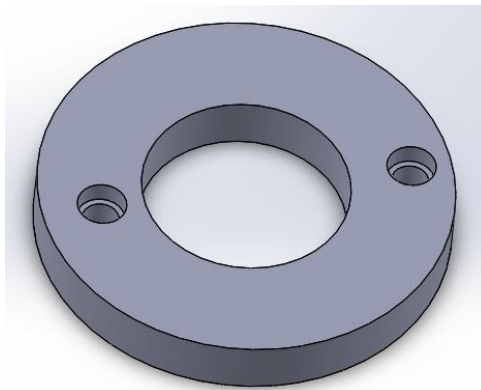
Los moldes de inyección poseen sistemas de guiado tanto en el interior como el exterior, con el objetivo de que los elementos a ser moldeados obtengan la forma específica sin ningún defecto y para que el cierre del molde sea herméticamente. Si por tal motivo los elementos que componen el molde de inyección no coinciden se puede provocar choques entre ellos generando algún daño debido a las fuerza de cierre de la inyectora, además de los moldes que no poseen un guiado óptimo los espesores de la pieza requerida pueden tener alguna alteración de las medidas exigidas.

El sistema de guiado exterior lo compone el bebedero y el anillo de centrado, los mismo se encuentran adaptados a la parte fija de la inyectora, buscando asegurar la

alineación entre estos dos elementos con la boquilla de la máquina de inyección, para posteriormente el proceso de inyección del material sea el adecuado.

### 3.5.1.1 Anillo centrador

El anillo centrador posee como función alinear la boquilla de la inyectora con el bebedero, en la figura 31 se muestra el anillo centrador. Sus dimensiones dependen de la inyectora ya que este coincidir entre el plato fijo de la inyectora y el anillo centrador. La máquina inyectora Milacron MTH 55 posee un agujero de diámetro de 101.4 mm para la utilización del anillo centrador.



*Figura 31 Anillo centrador*

*Fuente. Autor*

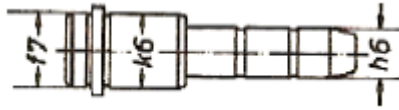
### 3.5.2 Guiado y centrado de interiores [3]

Para el guiado interno del molde de inyección se utilizará pernos, los cuales sobresalen de la placa portamolde móvil del molde, al momento de que este se encuentre abierto. Cuando el cierre del molde es ejecutado estas guías se introducen perfectamente en los casquillos o manquitos ubicados en la placa portamolde fija.

Según el libro de Menges (1975) “Moldes para inyección de plásticos”, con el fin de garantizar el adecuado alineamiento de la parte móvil y fija del molde en el cierre del mismo, las tolerancias de ajuste que deben emplearse en los pernos es una tolerancia con acabado h6, mientras que para el casquillo debe poseer una tolerancia H7, asegurando el deslizamiento de estos dos elementos con lubricación, permitiendo además el centrado y guiado adecuado de las placas portamolde.

En la figura 32 se muestra los acabados que deben poseer los pernos para que el guiado interno sea el óptimo. En la espiga o zona guía el perno debe poseer un

acabado con tolerancia h6, en el vástago una tolerancia k6 y en la zona de centrado f7.

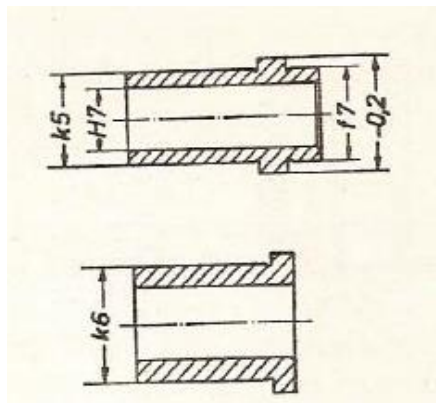


**Figura 32** Pernos para guiado interno

**Fuente:** [3]

En cambio para los casquillos la tolerancia que debe poseer es de H7 en la zona de guía como se muestra en la figura 33, el diámetro exterior del casquillo una tolerancia k5 cuando este posee una prolongación para el centrado, pero si el diámetro es el mismo esta tolerancia será k6. Dicha prolongación será afectada por una tolerancia f7.

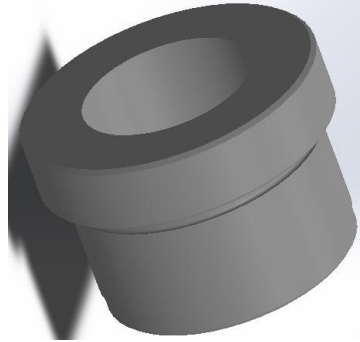
La longitud del casquillo debe estar relacionada con el diámetro del agujero donde será introducido el perno, deberá estar entre 1.5 y 3 veces el diámetro mencionado.



**Figura 33** Tolerancias para casquillo

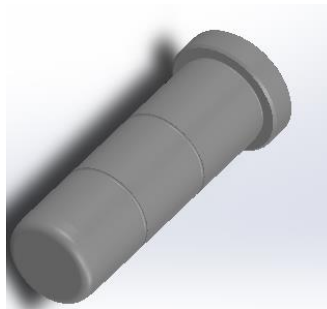
**Fuente:** [3]

En las figuras 34 y 35 se pueden observar el casquillo y el perno utilizados en el molde de inyección de arco almohadillado, los mismos están elaborados de acero AISI 4340. Los materiales del material a utilizar se pueden observar en el anexo 8.



*Figura 34 Casquillo*

*Fuente. Autor*



*Figura 35 Perno Guía*

*Fuente. Autor*

### **3.6 Número de cavidades [16]**

Para determinar el número de cavidades que se puede utilizar en un molde hay que tomar en cuenta varios factores entre ellos se encuentra la geometría de la pieza, el volumen de la pieza requerida, su peso, la densidad del material a utilizar y finalmente las características de la máquina inyectora con la que va ser moldeada. La ecuación 1 ayuda a determinar el número de cavidades.

$$F_1 = \frac{S_v}{Av} \quad (1)$$

**Donde:**

**F<sub>1</sub>** = Número de Cavidades

$S_v$  = Volumen máximo de inyección de la máquina (Véase Anexo 9 “Especificaciones de la máquina inyectora”)

$A_v$  = Volumen total de la pieza

Para obtener el volumen total de la pieza se considera al arco almohadillado un cubo, por lo tanto se tomará en cuenta las medidas externas de la pieza a inyectar mostradas en las figuras 19 y 20, a estas medidas se les añade el porcentaje de contracción del polímero a inyectar que se puede observar en el anexo 2, que también influirá para conocer los números de cavidades que se pueden utilizar en el molde de inyección del arco almohadillado. El porcentaje de contracción del ABS se encuentra entre el rango de 0.4%-0.6%. Con estos se calcula el volumen ideal total de la pieza a inyectar

$$A_v = (78.13mm * 96.28mm * 5.6mm) + (78.13mm * 96.28mm * 5.6mm) * 0.006$$

$$A_v = 42377.94 \text{ mm}^3 = 42.38 \text{ cm}^3$$

En el anexo 9 se puede observar el que la máquina posee 171 gr como capacidad máxima de inyección, con la densidad del ABS (Anexo 3) se calcula el  $S_v$  de la inyectora utilizando como material a inyectar el ABS. De la ecuación 2 se despeja el volumen, el mismo que será el volumen de inyección de la máquina utilizando el polímero mencionado.

$$\rho = \frac{m}{V} (2)$$

$$S_v = V = \frac{m}{\rho} (3)$$

$$S_v = \frac{171 \text{ gr}}{1.05 \text{ gr/cm}^3}$$

$$S_v = 162.86 \text{ cm}^3$$

Una vez conocido el volumen máximo de inyección y el volumen total de la pieza se procede a calcular el número de cavidades utilizando la ecuación 1.

$$F_1 = \frac{162.86 \text{ cm}^3}{42.38 \text{ cm}^3}$$

$$F_1 = 3.8$$

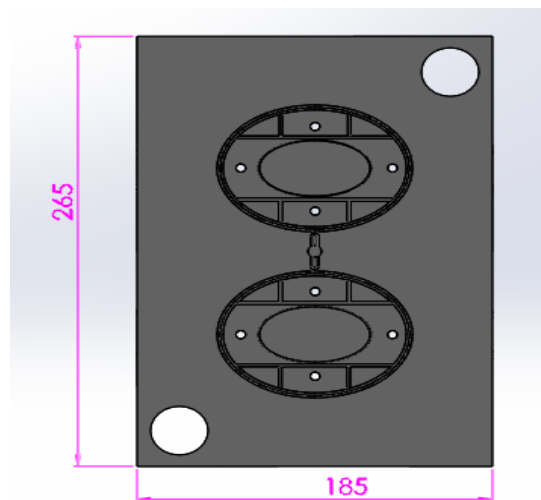
La máquina inyectora posee una capacidad para inyectar 3.8 piezas en un solo ciclo de inyección, Otra consideración a tomar en cuenta es el área de trabajo de la inyectora así como el costo de materiales para la construcción del molde para seleccionar el número de cavidades a utilizar.

### 3.6.1 Número de cavidades por área de trabajo

El dimensionamiento del molde y el número de cavidades a utilizar son restringidas según la distancia entre barras de la inyectora, esta restricción se puede observar en el anexo 9.

$$\text{Distancia entre barras} = 325 \times 310 \text{ mm}$$

Las dimensiones del molde deben ser menores a la distancia entre barras de la inyectora debido al radio de las barras que en este caso es de 55 mm, por tal motivo resulta necesario distribuir adecuadamente las cavidades en el molde. La distribución que resulta más adecuada en pieza simétrica es una distribución en hilera, esta también ayuda a que el llenado de las cavidades con el polímero a inyectar sea simultánea, este proyecto se ha optado por elegir un bebedero central y canales de llenado hacia las cavidades. En la figura 36 se muestra la disposición de la pieza en el molde y a continuación se verificará que estas sean menores a la distancia entre barras



**Figura 36** Distribución en hilera de las cavidades

**Fuente.** Autor

Como se puede ver en la figura 37 la dimensión del molde al utilizar dos cavidades es menor a la distancia entre barras, por lo cual resulta óptimo utilizar este número de cavidades además por su bajo costo de inversión en cuanto al material y construcción del mismo. Por lo tanto:

$$F = 2 \text{ cavidades}$$

### 3.7 Capacidad de inyección

Al diseñar un molde de inyección se debe conocer varios aspectos como la forma de la pieza y el peso de la misma, con los cuales se procede a calcular la fuerza de cierre requerida para la máquina inyectora.

#### 3.7.1 Fuerza de cierre

La fuerza de inyección es la que produce un empuje en los canales de llenado y en el interior de las cavidades.

La fuerza de inyección requerida debe ser menor a la fuerza de cierre que posee la máquina inyectora con el fin de que en el proceso de moldeo el molde no se abra, se lo puede calcular con la ecuación 4

$$F_i = A * P_i \quad (4)$$

Donde:

$F_i$ = Fuerza de inyección

$A$ = Área proyectada de la pieza

$P_i$ = Presión interior en el molde

- **Área Proyectada**

El área proyectada de la pieza es aquella que se proyecta sobre un plano (plano de apertura del molde) en su cálculo debe considerarse el área proyectada de las dos cavidades a utilizarse. El área de una elipse es:

$$A = \pi * a * b \quad (5)$$

$$A = \pi * 39 * 50.7$$

$$A = 6211.87 \text{ mm}^2$$

Por las dos cavidades

$$A = 2 * 6211.87 \text{ mm}^2$$

$$A = 12423.74 \text{ mm}^2 = 124.23 \text{ cm}^2$$

- **Presión de inyección**

La presión de inyección depende de factores como: Espesor de pared, longitud de recorrido del flujo, tipo de material y espesor de la pieza.

- **Longitud del recorrido del flujo**

Para poder calcular la presión interior del molde es necesario conocer la longitud del recorrido del flujo que va desde la parte superior del bebedero o canal cónico hasta el último punto que recorre el polímero en la inyección de la pieza.

Para el cálculo de LR se suman las longitudes  $L1+L2+L3+L4$ , las cuales se muestran de la figura 39 a la 41.

$$LR = L1 + L2 + L3 + L4 \text{ (6)}$$

$$LR = 50 + 7.5 + 39 + 50.7$$

$$LR = 147.2 \text{ mm}$$

### **3.7.1.1 Presión interna en la cavidad del molde**

EL nomograma del anexo 10 se utiliza para conocer la presión que se genera en el interior de la cavidad del molde, partiendo del espesor medio de la pared y de la longitud del recorrido del flujo calculado anteriormente.

En el eje vertical del nomograma se ubica la longitud del recorrido del flujo, en este caso 147.2 mm y se traza una línea horizontal hasta que corte con la curva del espesor medio (2 mm), con el punto encontrado se traza una línea perpendicular al eje horizontal con la cual se obtiene la presión interna en la cavidad del molde, hay que tomar en cuenta la viscosidad del polímero a inyectar (ABS), en la esquina superior derecha nos indica la escala a la cual se encuentra el ABS.

Según el nomograma del anexo 10, la presión en la cavidad del molde es de:



$$P_i = 260 \text{ bar}$$

$$P_i = 260 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Conocido la presión en el interior del molde y del área proyectada se calcula la fuerza de inyección utilizando la ecuación 4.

Datos calculados:

$$A = 124.23 \text{ cm}^2$$

$$P_i = 260 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$F_i = A * P_i$$

$$F_i = 124.23 * 260$$

$$F_i = 32299.8 \text{ kgf}$$

$$F_i = 32.29 \text{ Ton}$$

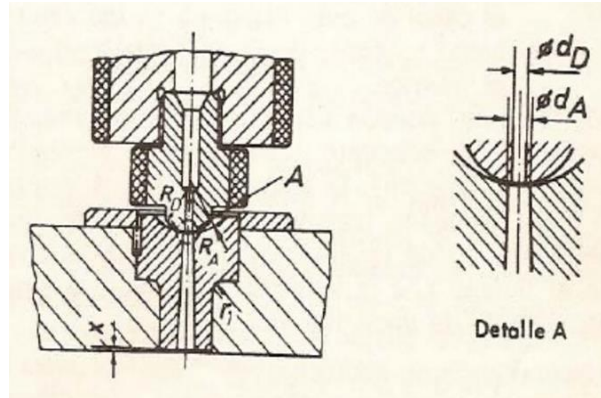
Como se mencionó anteriormente la fuerza de inyección requerido para la obtención de la pieza debe ser menor a la fuerza de cierre de la máquina inyectora, y este caso cumple debido a que:

$$F_i = 32.29 \text{ Ton} < 50 \text{ Ton} \text{ CUMPLE}$$

### **3.8 Sistema de alimentación**

#### **3.8.1 Cálculo de bebedero**

La figura 37 muestra las cotas de la concavidad del bebedero y el diámetro del orificio menor del mismo.



**Figura 37** Superficie de contacto entre bebedero y boquilla

**Fuente** [3]

Las ecuaciones 7 y 8 determinan la concavidad de la superficie del bebedero y del diámetro del interno del mismo.

$$R_D + 1 \leq R_A \quad (7)$$

$$d_D + 1 \leq d_A \quad (8)$$

Donde:

$R_D$ = Radio de curvatura del extremo de la boquilla

$R_A$ = Radio de concavidad del bebedero

$d_D$  = Diámetro del orificio de la boquilla

$d_A$ = Diámetro del orificio del bebedero

Según la ficha técnica de la máquina inyectora el radio de concavidad del bebedero es  $R_D = 10$  mm y el diámetro de orificio de la boquilla es  $d_D = 3.5$  mm.

De la ecuación 7 se calcula el radio de la concavidad del bebedero

$$R_D + 1 \leq R_A$$

$$10 \text{ mm} + 1 \leq R_A$$

$$11 \text{ mm} + 1 \leq R_A$$

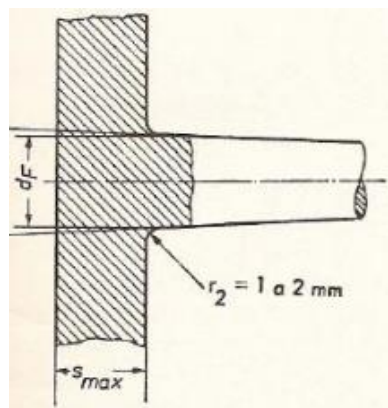
De la ecuación 8 se calcula el diámetro del orificio del bebedero.

$$d_D + 1 \leq d_A$$

$$3.5 \text{ mm} + 1 \leq d_A$$

$$4.5 \text{ mm} \leq d_A$$

A continuación se procede a calcular el diámetro mayor del bebedero con la ecuación 9. Dicho diámetro debe ser mayor de 1 a 1.5 veces del espesor máximo de la pieza de aquí se deduce lo siguiente:



**Figura 38** Diámetro mayor del bebedero

**Fuente** [3]

Donde:

$d_F$  = Diámetro mayor del bebedero

$s_{max}$  = Espesor máximo de la pieza (5.6 mm véase la figura 32)

$$s_{max} + 1.5 = d_F \quad (9)$$

$$5.6 \text{ mm} + 1.5 = d_F$$

$$7.1 \text{ mm} = d_F$$

En cambio el radio que especifica la figura 38 será de 1 mm, con la finalidad de ayudar al desmoldeo del bebedero y evitar un ángulo agudo entre este y la pieza.

A continuación se calcula la longitud del bebedero, en la cual interfiere su diámetro menor y mayor además el ángulo de conicidad ( $\alpha$ ) el mismo que se encuentra entre el rango de 1 y 2°, el bebedero debe tener un pulido brillante con la finalidad de evitar inconvenientes en el desmoldeo del mismo, para su cálculo se tomara un ángulo de 1.5°

$$L = \frac{d_F - d_A}{2 * \tan \alpha} \quad (10)$$

Donde:

$d_F$ = Diámetro mayor del bebedero

$d_A$ = Diámetro menor del bebedero

L= Longitud del bebedero

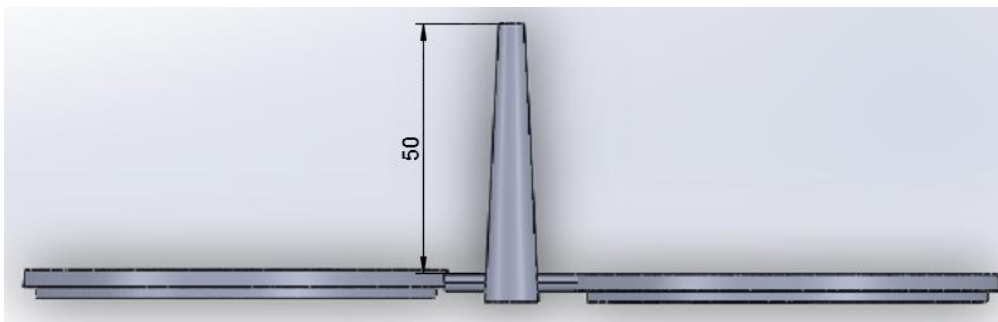
$\alpha$ = Ángulo de conicidad.

$$L = \frac{7.1 \text{ mm} - 4.5 \text{ mm}}{2 * \tan 1.5^\circ}$$

$$L = 49.64 \text{ mm} = 50 \text{ mm}$$

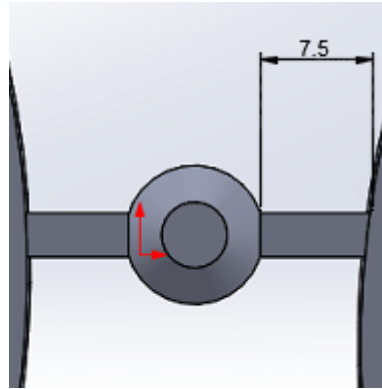
En cuanto al material para la fabricación del bebedero es recomendable el acero AISI 4340 (Bohler), el mismo tiene alta resistencia al desgaste que es provocado por la inyección del polímero. Ver anexo 8 para ver sus propiedades.

En la figura 39 y 40 se observa la longitud del canal cónico o bebedero (L1) y los canales de distribución (L2)



**Figura 39** Longitud del bebedero

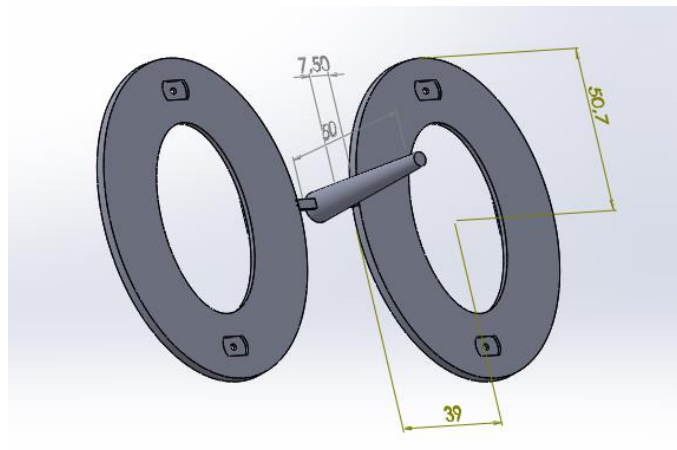
*Fuente. Autor*



**Figura 40** Longitud de los canales de distribución

*Fuente. Autor*

En la figura 41 se ilustra la longitud del arco almohadillado que se muestra con color amarillo (L3 y L4)

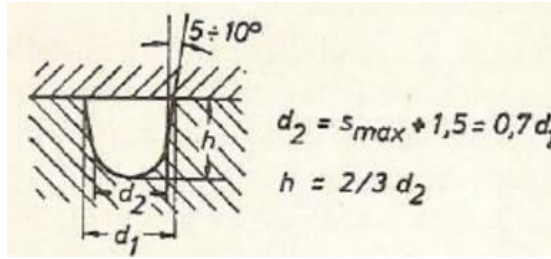


**Figura 41** Longitud de arco almohadillado

*Fuente. Autor*

### 3.8.2 Canales de distribución

Como se mencionó anteriormente existen varios parámetros para el dimensionamiento de los canales de distribución como el material a utilizar en el proceso de inyección. En anexo 11 se muestra rangos de diámetros recomendados según el polímero a utilizar. El rango de diámetros recomendados para el polímero de ABS está entre 4.7 y 9.5 mm. Como el espesor de la pieza tiene un espesor máximo de 5.6 los canales de distribución deberán estar dimensionados con el menor diámetro recomendado, con el fin de que se evite desperdicios de material además que las cavidades sean llenadas lo más rápidamente posible.



**Figura 42** Dimensionamiento de sección circular

**Fuente** [3]

Del anexo 11 el diámetro recomendado  $d_1 = 4.7$  mm, en la figura 42 se puede observar ecuaciones que ayudan a calcular  $d_2$  y  $h$  de la sección del canal de distribución.

$$d_2 = s_{max} + 1.5 = 0.7 * d_1 \quad (11)$$

$$d_2 = 0.7 * d_1$$

$$d_2 = 0.7 * 4.7 \text{ mm}$$

$$d_2 = 3.29 \text{ mm}$$

Para la altura de la sección

$$h = \frac{2}{3} d_2 \quad (12)$$

$$h = \frac{2}{3} * 3.29$$

$$h = 2.2 \text{ mm}$$

### 3.8.3 Canales de estrangulamiento

De la ecuación 13 a la 17 permiten determinar las diferentes dimensiones de la sección rectangular para los canales de estrangulamiento.

$$F = \frac{\pi d^2}{4} \quad (13)$$

$$f = 0.07 * F \quad (14)$$

$$f = a * b \quad (15)$$

$$a = 3 * b \quad (16)$$

$$f=3*b^2(17)$$

Donde:

F= Sección del canal de distribución

d= diámetro del canal de distribución seleccionado

f= Sección del canal de estrangulamiento

a= ancho del canal de estrangulamiento

b= altura del canal de estrangulamiento

Así se procede a calcular las dimensiones del canal de estrangulamiento. Con la ecuación 13 se calcula la sección del canal de distribución.

$$F = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$F = \frac{\pi * 4.77^2}{4}$$

$$F = 8.7 \text{ mm}^2$$

A continuación, se calcula la sección del canal de estrangulamiento con la ecuación 14.

$$f= 0.07 * F$$

$$f = 0.07 * 8.7 \text{ mm}^2$$

$$f = 0.6 \text{ mm}^2$$

De la ecuación 17 se despeja la altura del canal de estrangulamiento así:

$$b = \sqrt{\frac{f}{3}}$$

$$b = \sqrt{\frac{1.22 \text{ mm}^2}{3}}$$

$$b = 0.65 \text{ mm} = 0.7 \text{ mm}$$

Finalmente, de la ecuación 16 se calcula el ancho de la sección

$$a = 3 * b$$

$$a = 3 * 0.7 \text{ mm}$$

$$a = 2.1 \text{ mm}$$

### **3.9 Sistema de Refrigeración**

#### **3.9.1 Cálculo del tiempo de enfriamiento**

El tiempo de enfriamiento hace referencia a la cantidad de tiempo que se necesita una vez que el molde se encuentra lleno del material fundido, para que la pieza requerida alcance una rigidez adecuada y se encuentre lista para ser expulsada de la cavidad. Debido a que en el proceso de enfriamiento existe una limitada convección de calor el diámetro que se elige para este sistema juega un papel fundamental.

Se debe tomar en cuenta que los canales para el sistema de refrigeración no coincidan con los agujeros que serán construidos para el sistema de expulsión. Para calcular el tiempo de enfriamiento del sistema se va a considerar un campo de temperatura no estacionario y una conductividad térmica unidimensional.

En el anexo 12 se muestra rangos de temperatura de elaboración y del molde según los polímeros, como se ha mencionado anteriormente el polímero a utilizar en este proyecto es el ABS, dichas temperaturas servirán para el cálculo de enfriamiento.

El cálculo de enfriamiento del molde depende de:

$\theta_M$  =Temperatura de elaboración o de plástico

$\theta_W$  =Temperatura del molde

$\theta_E$  =Temperatura de desmoldeo

$\alpha$ = Difusividad térmica del material a ser inyectado

$s$ = Espesor de la pared de la pieza



En el anexo 13 se muestra un nomograma para el cálculo del tiempo de enfriamiento, pero para su utilización se debe partir conociendo la conductividad térmica del material a inyectar (ABS) y  $\bar{T}$ .

Para el cálculo de  $\bar{T}$  se utiliza la fórmula 18.

$$\bar{T} = \frac{\theta_M - \theta_W}{\theta_E - \theta_W} (18)$$

La temperatura de desmoldeo del polímero ABS es de 100 °C, a continuación se procede a calcular la fórmula 18.

$$\bar{T} = \frac{240^{\circ}C - 60^{\circ}C}{100^{\circ}C - 60^{\circ}C}$$

$$\bar{T} = 4.5^{\circ}C$$

A continuación se calcula la difusividad térmica del ABS con la fórmula 19.

$$\alpha = \frac{k}{\rho * C_p} (19)$$

En donde:

$\alpha$ = Difusividad térmica del ABS

$k$ = Conductividad térmica del ABS

$C_p$ = Calor específico del ABS

$\rho$ = Densidad del polímero

Al igual que la temperatura de desmoldeo la conductividad térmica y el calor específico del polímero a inyectar (ABS) se ilustran en el Anexo 4 y 5 respectivamente, se procede a calcular la difusividad térmica.

$$\alpha = \frac{0.17 \frac{W}{m^{\circ}K}}{1050 \frac{kg}{m^3} * 1300 \frac{J}{kg^{\circ}K}}$$

$$\alpha = 1.25 * 10^{-7} \frac{m^2}{s}$$

$$\alpha = 12.5 * 10^{-4} \frac{cm^2}{s}$$

Una vez conocido la difusividad térmica del polímero y  $\bar{T}$ , se procede a calcular el tiempo de enfriamiento utilizando el nomograma del anexo 13. Primero se traza una línea que va desde la difusividad térmica calculada de  $12.5 * 10^{-8} \frac{m^2}{s}$  hasta el eje vertical que representa el espesor máximo de la pieza requerida (línea azul), como se mencionó anteriormente y se ilustra en la figura 19 el espesor es de 5.6 mm, la línea trazada corta con la penúltima línea del lado derecho del nomograma obteniendo así un punto cruce entre la línea trazada y la línea auxiliar. De este punto se traza una nueva línea hacia la temperatura obtenida con la fórmula 18 ( $\bar{T}$ ), consiguiendo así un nuevo corte entre la línea de color rojo y el eje vertical del tiempo de enfriamiento.

Según el nomograma el tiempo de enfriamiento es de 28 segundos.

$$t = 28 \text{ seg}$$

### 3.9.2 Cálculo de calor requerido a transferir

Una vez conocido el tiempo de enfriamiento, se procede a calcular la cantidad de calor total a transferir en el sistema de refrigeración, las ecuaciones 20 y 21 ayudan a determinar el calor removido en el molde de acuerdo al polímero a inyectar y la rapidez de la transferencia de calor removido en el sistema de refrigeración respectivamente.

#### El calor removido del molde:

$$\dot{Q}_{mold} = m_{mold} * C_p * (T_{plás} - T_{exp}) \quad (20)$$

En donde:

$\dot{Q}_{mold}$  = Calor removido

$m_{mold}$  = masa de la pieza a inyectar

$C_p$  = Calor específico del polímero

$T_{plás}$  = Temperatura del plástico =  $\theta_M$

$T_{exp}$  = Temperatura de expulsión del plástico =  $\theta_E$

Para el cálculo de la masa de la pieza se utiliza la densidad del polímero (Anexo 3) y el volumen de la pieza que se puede observar en la figura 43.

```
Volumen = 10617.82 milímetros cúbicos
Área de superficie = 11749.48 milímetros cuadrados
Centro de masa: ( milímetros )
X = -0.00
Y = 1.43
Z = -0.03
```

**Figura 43** Volumen del arco almohadillado

*Fuente* Software especializado

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (21)$$

$$m = \rho * V$$

$$m = 1050 \frac{kg}{m^3} * 1.062 * 10^{-5} m^3$$

$$m = 0.011kg * 2 \text{ cavidades}$$

$$m = 0.022kg$$

Ahora se calcula la fórmula 18.

$$\dot{Q}_{mold} = 0.022kg * 1300 \frac{J}{kg^{\circ}K} * (140^{\circ}C)$$

$$\dot{Q}_{mold} = 4004 J$$

La rapidez de la transferencia de calor del sistema se calcula con la ecuación 21, utilizando el tiempo de enfriamiento calculado con el nomograma del anexo.

$$\dot{Q}_{sist} = \frac{\dot{Q}_{mold}}{t} \quad (21)$$

$$\dot{Q}_{sist} = \frac{4004 J}{28 seg}$$

$$\dot{Q}_{sist} = 143 W$$

### 3.9.3 Cálculo de caudal del refrigerante [9]

La fórmula 22 determina el caudal de refrigerante que en este caso es agua:

$$Q = \frac{\dot{Q}_{sist}}{\rho_{ref} * C_{pref} * \Delta T_{ref}} \quad (22)$$

En donde:

$\rho_{ref}$  = Densidad del refrigerante

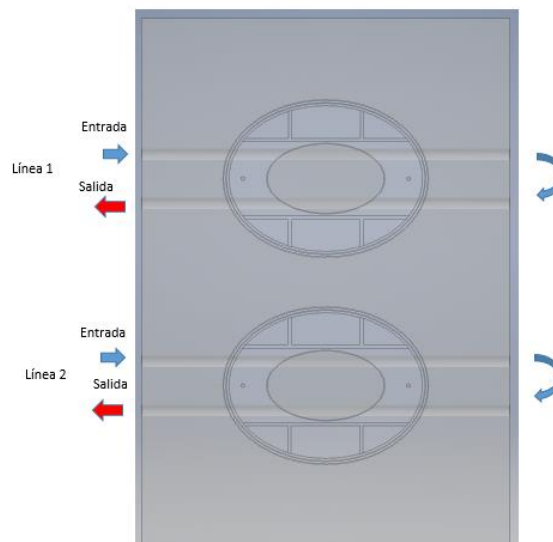
$C_{pref}$  = Calor específico del refrigerante a 10°C

$\Delta T_{ref}$  = Variación de Temperatura del refrigerante.

Según estudios, por lo general la variación de la temperatura de refrigerante es de 2°.

$$Q = \frac{143 \text{ W}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 4192 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{K}} * 2^\circ\text{K}}$$
$$Q = 1.71 * 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

El caudal necesario para el atemperamiento es de  $1.71 * 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$ , pero la refrigeración en el molde está compuesta por dos sistemas o líneas. En la figura 44 se muestra el sistema de refrigeración a mencionar



**Figura 44** Sistema de refrigeración del molde

*Fuente. Autor*

Cada línea posee un canal de entrada y otra de salida, que a la final actúan como un solo conducto por los cuales atraviesa el refrigerante del molde, en este caso agua. Es por ello que el caudal obtenido en la fórmula 22 es multiplicado por las dos líneas o sistemas que cuenta el sistema de refrigeración.

$$Q = 1.71 * 10^{-5} \frac{m^3}{seg} * 2$$

$$Q = 3.42 * 10^{-5} \frac{m^3}{seg}$$

### 3.9.4 Cálculo de los diámetros de los canales de refrigeración.

Para que la transferencia de calor sea eficaz desde el molde al refrigerante, se requiere un flujo turbulento del agua (refrigerante), por lo cual si el diámetro de los canales de refrigeración son sobredimensionados la velocidad con la que atraviesa el refrigerante sería laminar, lo que disminuiría la eficiencia del atemperamiento del molde. La fórmula 23 determina el número de Reynolds del sistema pero al imponerse esta variable ( $Re=2300$ ) se despeja el diámetro para conocer la dimensión de los canales de refrigeración.

$$Re = \frac{\rho_{ref} * Q}{\pi * \mu_{ref} * D} \geq 2300 \quad (23)$$

En donde:

Re= Número de Reynolds

D= Diámetro de los canales de refrigeración

$\mu_{ref}$ = Viscosidad del agua= 1 cP= 0.001 Pa.s

Despejando D de la fórmula 21 se obtiene.

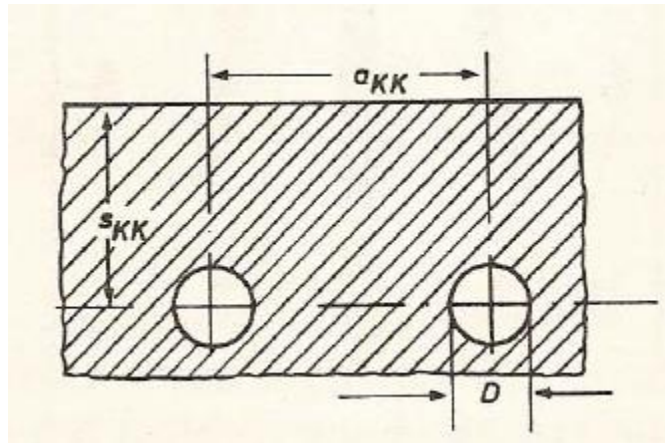
$$D = \frac{1000 \frac{kg}{m^3} * 3.42 * 10^{-5} \frac{m^3}{seg}}{\pi * 0.001 Pa.s * 2300}$$

$$D = 4.7 * 10^{-3} m$$

$$D = 4.7 mm = 5 mm$$

### 3.9.5 Posicionamiento de los ductos de refrigeración [3]

Otro factor a tomar en cuenta es la distancia que deben poseer los canales de distribución entre sí, y también hacia la pieza a inyectar para que el atemperamiento sea el más idóneo y eficaz. En la figura 45 se muestra como calcular estas distancias en relación al diámetro del ducto de refrigeración.



*Figura 45 Distribución de canales de refrigeración*

*Fuente* [3]

Las ecuaciones 24 y 25 determinan el distanciamiento de los ductos entre sí, y con la superficie del molde.

$$a_{kk} \approx (2.5 \text{ a } 3.5)D \quad (24)$$

$$s_{kk} \approx (0.8 \text{ a } 1.5)a_{kk} \quad (25)$$

En donde:

D= Diámetro del ducto

Para el cálculo de  $a_{kk}$  y  $s_{kk}$  se tomarán valores medios, entonces.

$$a_{kk} \approx (3) * 5mm$$

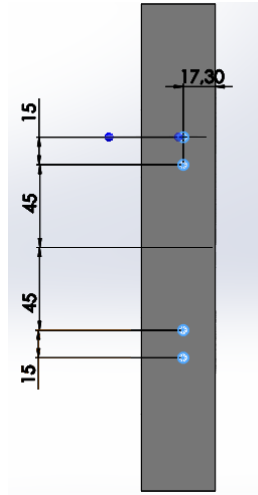
$$a_{kk} \approx 15 \text{ mm}$$

$$s_{kk} \approx (1.15) * 15 \text{ mm}$$

$$a_{kk} \approx 17.3 \text{ mm}$$

En la figura 46 se puede ver las cotas a que distancia estarán ubicadas los ductos de refrigeración calculados con las ecuaciones 24 y 25, en cambio la distancia desde el centro de la placa al primer ducto queda a consideración del operario ya que se

debe tener cuidado que este no atraviese por los expulsores de la pieza. En este caso se consideró una distancia de 45 mm.



**Figura 46** Posicionamiento de los ductos de refrigeración

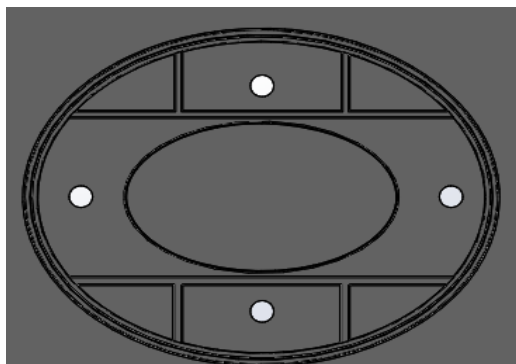
*Fuente. Autor*

### 3.10 Sistema de expulsión

#### 3.10.1 Posicionamiento de los puntos de expulsión en arco almohadillado

Como se mencionó en el apartado 2.2.12.2 los expulsores deben estar ubicados en forma simétrica, zonas con mayor área y cerca de los nervios con el fin de que no existan atascamientos en el proceso de expulsión.

La figura 47 muestra los puntos en donde se colocarán los 4 pernos utilizados en cada cavidad, cumpliendo con las sugerencias mencionadas anteriormente.

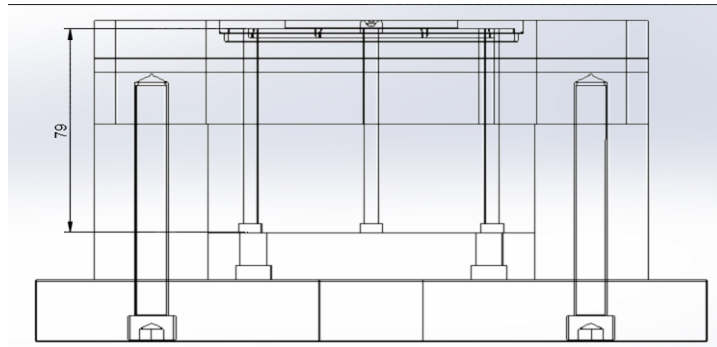


**Figura 47** Ubicación de expulsores

*Fuente. Autor*

### 3.10.2 Cálculo de expulsores

Para el cálculo de expulsores se debe conocer la longitud que este posee, para lo cual se lo realiza de forma gráfica, su longitud partirá desde la placa de expulsión de fijación hasta la pieza a inyectar como se muestra en la figura 48.



**Figura 48** Longitud de expulsor

*Fuente. Autor*

Una vez determinada la longitud del expulsor de 79 mm se impone el diámetro del mismo, en este caso 5 mm, posteriormente se realiza los cálculos para determinar si las dimensiones del expulsor permiten un funcionamiento óptimo de los mismos, sin que sufran ningún fallo o deformación.

El material con el que va a ser fabricado los expulsores es AISI 420, sus propiedades se pueden observar en el anexo 14, para el cálculo de estos elementos se utilizará la teoría de diseño de columnas, ya que los expulsores poseen un funcionamiento similar.

Datos:

$$D = 5 \text{ mm}$$

$$F_y = \text{Resistencia a la Fluencia } 345 \text{ MPa}$$

$$E = \text{Módulo de Elasticidad } 200 \text{ GPa}$$

Se procede a calcular la inercia de los expulsores con la ecuación 26

$$I = \frac{\pi * D^4}{64} \quad (26)$$



$$I = \frac{\pi * 5mm^4}{64}$$

$$I = 30.67 \text{ mm}^4$$

Con la ecuación 27 se calcula su área.

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} \quad (27)$$

$$A = \frac{\pi * 5mm^2}{4}$$

$$A = 19.64 \text{ mm}^2 = 1.964 * 10^{-5} \text{ m}^2$$

A continuación se calcula la relación de esbeltez utilizando la ecuación 28.

$$\frac{l}{k} = \frac{l}{\frac{d}{4}} \quad (28)$$

$$\frac{l}{k} = \frac{79 \text{ mm}}{\frac{5 \text{ mm}}{4}}$$

$$\frac{l}{k} = 63.4$$

Utilizando las ecuaciones 29 y 30 se identifica de que columna se trata comparando la relación de esbeltez.

$$\left(\frac{l}{k}\right)_1 = \left(\frac{2 * \pi^2 * C * E}{S_y}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (29)$$

Del anexo 15 se puede obtener el valor de C “constante de condiciones en extremos” para calcular la ecuación 29.

$$\left(\frac{l}{k}\right)_1 = \left(\frac{2 * \pi^2 * 2 * 200000 \text{ MPa}}{345 \text{ MPa}}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\left(\frac{l}{k}\right)_1 = 151.28$$

A continuación se compara para determinar qué tipo de columna se obtiene:

$$\frac{l}{k} < \left(\frac{l}{k}\right)_1 \quad (30)$$

$$63.4 < 151.28$$

De la comparación se deduce que se obtiene una columna de longitud intermedia con carga centrada, posteriormente se utiliza la ecuación 31, para calcular la carga generada por unidad de área.

$$\frac{P}{A} = Sy - \left(\frac{Sy}{2\pi} * \frac{l}{k}\right)^2 \frac{1}{C * E} \quad (31)$$

$$\frac{P}{A} = 345MPa - \left(\frac{345MPa}{2\pi} * 63.4\right)^2 \frac{1}{2 * 200000MPa}$$

$$\frac{P}{A} = 345MPa - 30.3MPa$$

$$\frac{P}{A} = 314.7 MPa$$

De la ecuación 32, se despeja el área para conocer la carga que genera los expulsores

$$\frac{P}{A} = 314.7MPa \quad (32)$$

$$P = 314.7MPa * A$$

$$P = 314.7MPa * \frac{\pi * 5^2}{4}$$

$$P = 6.18 KN$$

Una vez conocido la carga que genera cada elemento se procede a multiplica su valor por el número total de expulsores a utilizar, en este caso se utilizarán 8 expulsores en las dos cavidades más un expulsor para el bebedero. Entonces:

$$P_{atotal} = 6.18 kN * 9$$

$$P_{atotal} = 55.62kN$$

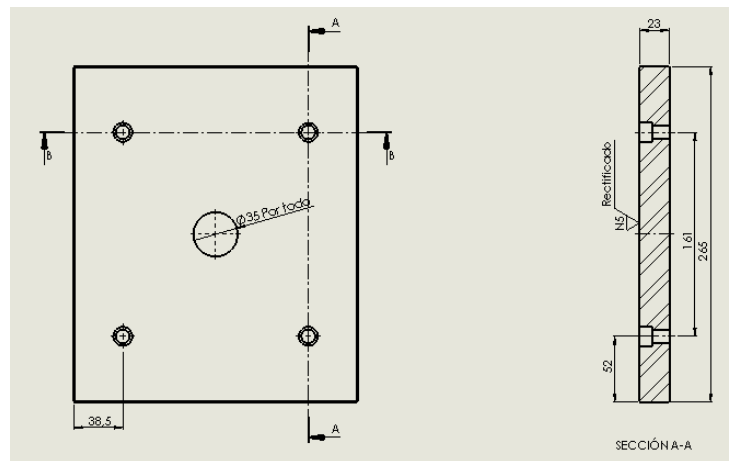
Finalmente se compara la carga total de los 9 expulsores con la fuerza del cilindro expulsor de la inyectora, véase anexo 9, para asegurar que el dimensionamiento del elemento es el adecuado.

$$P_{atotal} = 55.62kN < 60.80kN$$

$$55.62kN < 60.80kN \text{ CUMPLE}$$

### 3.11 Sistema de sujeción [1] [18]

A continuación se procede a calcular la fuerza que soporta los pernos utilizados en la sujeción del molde, los cuales van a soportar esfuerzos a corte y tracción, basándose en los parámetros mencionados se calcula el factor de seguridad de los pernos. En la figura 49 se muestra la distancia a los que serán ubicados los pernos en la placa base móvil.



**Figura 49** Distribución de pernos Allen M10.

*Fuente. Autor*

Los pernos que sujetan el molde de inyección van a estar sujetos al peso total del molde, el cual comprende el peso de la parte fija y móvil del mismo. Con el peso de cada elemento que conforma el molde de inyección del arco almohadillado,, y utilizando la ecuación 33 se puede obtener el peso total

$$W_t = W_f + W_m(33)$$

En donde:

$W_f$ = Peso de la parte fija del molde.

$W_m$ = Peso de la parte móvil del molde.

$W_t$ = Peso total del molde.

La ecuación 34 se utiliza para calcular el peso de la parte móvil:

$$W_m = W_{\text{placa base móvil}} + W_{\text{paralelas}} + W_{\text{portolde móvil}} \quad (34)$$

$$W_m = 10.95 \text{ Kg} + 2(4.65 \text{ Kg}) + 14.61 \text{ Kg}$$

$$W_m = 34.86 \text{ Kg} * 9.8 = 341.63 \text{ N}$$

Una vez conocido  $W_m$  se procede a dividir para el número de pernos a utilizar, calculando así la fuerza que soporta cada perno, se utiliza la ecuación 35

$$F' = \frac{N}{n} \quad (35)$$

En donde:

$F'$  = Fuerza que soporta cada perno o carga primaria

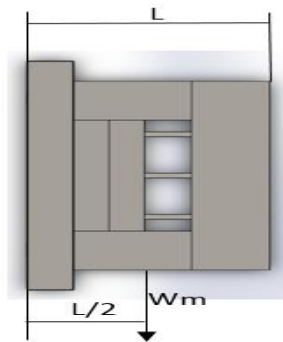
$N$  = Fuerza ejercida por el peso

$n$  = Número de pernos a utilizar

$$F' = \frac{341.63 \text{ N}}{4}$$

$$F' = 85.41 \text{ N}$$

El peso también genera un momento flector, denominado carga secundaria, la cual se calcula con la ecuación 36. En la figura 50 se muestra un esquema de la parte móvil el cual servirá para el cálculo del momento flector.



**Figura 50** Esquema momento flector

**Fuente.** Autor

Donde:

$L$  = Longitud total de la parte móvil del molde

$W_m$  = Peso de la parte móvil del molde

Para obtener la longitud se debe sumar las dimensiones de la parte móvil del molde, dando como resultado 124 mm, desde la placa base móvil al portamolde.

$$L = 124 \text{ mm}$$

Ya conociendo  $W_m$  y L se procede a calcular el momento flector.

$$M_f = W_m * L \quad (36)$$

$$M_f = 341.63 \text{ N} * 124 \text{ mm}$$

$$M_f = 21181.06 \text{ N} * \text{mm}$$

En los pernos de sujeción del molde se genera tracción debido al momento flector, con la ecuación 38 se calcula esta tracción, para lo cual es necesario saber la distancia desde el centro de rotación de la placa hacia los pernos con la ecuación 37.

$$r = \sqrt{80.5\text{mm}^2 + 73.5\text{mm}^2} \quad (37)$$

$$r = \sqrt{11882.5\text{mm}^2}$$

$$r = 109 \text{ mm}$$

Se calcula tracción generada en los pernos

$$F'' = \frac{M_f}{r}$$

Con el fin de calcular la tracción generada en cada perno, a la fórmula anteriormente mencionada se divide para 4, obteniendo la ecuación 38

$$F'' = \frac{M_f}{4 * r} \quad (38)$$

$$F'' = \frac{21181.06 \text{ N} * \text{mm}}{4 * 109 \text{ mm}}$$

$$F'' = 48.58 \text{ N} = 4.96 \text{ kg}$$

Por lo tanto los pernos de sujeción de las placas soportan cortante y tracción, pero debido a la fuerza de pretensión y tracción se genera aparte una fuerza de rozamiento

Los pernos a utilizar son pernos Allen M10- GRADO SAE 5 con una longitud de 100 mm, las propiedades del material del perno se pueden observar en los anexos 16 y 17.

Los datos a utilizar son:

$$S_p = 85 \text{ Kpsi} = 6000 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$S_y = 92 \text{ Kpsi} = 6500 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$S_{ut} = 120 \text{ Kpsi} = 8450 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$A_t = 0.612 \text{ cm}^2$$

Con la ecuación 39 se calcula fuerza de pretensión o precarga producido, denominado  $F_i$ .

$$F_i = 0.85 * S_p * A_t \text{ (39)}$$

$$F_i = 0.85 * 6000 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} * 0.612 \text{ cm}^2$$

$$F_i = 3121,2 \text{ Kg}$$

Como se mencionó anteriormente, la fuerza de pretensión y de tracción produce una fuerza de rozamiento, con la ecuación 40 se puede calcular dicha fuerza.

$$F_r = \mu * N \text{ (40)}$$

Donde:

$\mu$  = Rozamiento (Véase anexo 18) = 0.15

N = Normal

Para calcular N se debe restar la fuerza de pretensión y carga secundaria, se utiliza la ecuación 41.

$$N = F_i - F'' \text{ (41)}$$

$$N = 3121.2 \text{ kg} - 4.96 \text{ kg}$$

$$N = 3116.24 \text{ kg}$$

Se calcula la fuerza de rozamiento

$$F_r = 0.15 * 3116.24 \text{ kg}$$

$$F_r = 467.44 \text{ kg}$$

La fuerza de rozamiento es mayor que la fuerza cortante o primaria, en otras palabras se puede decir que la fuerza rozamiento absorbe a la fuerza cortante, por lo que el factor de seguridad de los pernos a utilizar serán calculados en base a esta fuerza.

### 3.11.1 Constante de rigidez del sujetador

Posteriormente con la fórmula 42 se calcula la constante de rigidez de los sujetadores.

$$k_b = \frac{A_t * A_d * E}{(A_d * l_t) + (A_t * l_d)} \quad (42)$$

En donde:

$A_t$  = Área de esfuerzo a tensión.

$A_d$  = Área del diámetro mayor del sujetador.

$l_t$  = longitud de la parte roscada de agarre.

$l_d$  = longitud de la parte sin rosca de agarre.

$E_b = 30 * 10^6 \text{ psi} = 206.842 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$  módulo de elasticidad del perno.

Para calcular  $A_d$ , se utiliza el diámetro mayor del sujetador que es  $D=15 \text{ mm}$ , se utiliza la ecuación 43.

$$A_d = \frac{\pi * D^2}{4} \quad (42)$$

$$A_d = \frac{\pi * 15 \text{ mm}^2}{4}$$

$$A_d = 176.71 \text{ mm}^2 = 1.77 \text{ cm}^2$$

La fórmula que se utiliza para calcular  $l_t$  está relacionado a la longitud del perno, en este caso  $L=100$  mm, por lo tanto del anexo 19, se obtiene la ecuación 43.

$$l_t = 2 * d + 6 \text{ mm} \quad (43)$$

$$l_t = 2 * 10 \text{ mm} + 6 \text{ mm}$$

$$l_t = 26 \text{ mm}$$

Para el cálculo de  $l_d$  se utiliza la ecuación 44.

$$l_d = L - l_t$$

$$l_d = 100 \text{ mm} - 26 \text{ mm}$$

$$l_d = 74 \text{ mm} = 74 \text{ cm}$$

Utilizando la ecuación 42.

$$k_b = \frac{A_t * A_d * E}{(A_d * l_t) + (A_t * l_d)}$$

$$k_b = \frac{61.2 \text{ mm}^2 * 176.71 \text{ mm}^2 * 206.842 * 10^3 \frac{N}{\text{mm}^2}}{(176.71 \text{ mm}^2 * 26 \text{ mm}) + (61.2 \text{ mm}^2 * 74 \text{ mm})}$$

$$k_b = \frac{2.24 * 10^9 \text{ Nmm}^2}{9123.26 \text{ mm}^3}$$

$$k_b = 245.53 * 10^3 \frac{N}{\text{mm}}$$

### 3.11.2 Constante de rigidez del elemento

Todos los elementos que componen la parte móvil del molde son fabricados del mismo material, acero AISI 1045, por lo tanto poseen el mismo módulo de elasticidad, además que el diámetro superior del perno hexagonal es 50% mayor el diámetro del sujetador, es por ello que se utiliza la ecuación 45 para obtener la contante de rigidez de los elementos.

$$k_m = \frac{0.577 * \pi * E * d}{2 \ln \left( 5 * \frac{0.5774 * l + 0.5 * d}{0.5774 * l + 2.5 * d} \right)} \quad (45)$$

En donde:



E= módulo de elasticidad del acero AISI 1045 (véase anexo 7)

d= Diámetro menor del perno

l= longitud total de los elementos de la parte móvil

$$k_m = \frac{0.577 * \pi * 200 * 10^3 \frac{N}{mm^2} * 10 \text{ mm}}{2 \ln \left( 5 * \frac{0.5774 * 100 \text{ mm} + 0.5 * 10 \text{ mm}}{0.5774 * 100 \text{ mm} + 2.5 * 10 \text{ mm}} \right)}$$

$$k_m = \frac{3.63 * 10^6 \frac{N}{mm}}{2 \ln \left( 5 * \frac{62.74 \text{ mm}}{82.74 \text{ mm}} \right)}$$

$$k_m = \frac{3.63 * 10^6 \frac{N}{mm}}{2 \ln(5 * 0.76)}$$

$$k_m = \frac{3.63 * 10^6 \frac{N}{mm}}{2.67}$$

$$k_m = 1.36 * 10^6 \frac{N}{mm}$$

Una vez conocido la constante de rigidez del elemento y del sujetador se calcula la constante de rigidez se utiliza la fórmula 46.

$$C = \frac{k_c}{k_c + k_m} \quad (46)$$

$$C = \frac{245.53 * 10^3 \frac{N}{mm}}{245.53 * 10^3 \frac{N}{mm} + 1.36 * 10^6 \frac{N}{mm}}$$

$$C = 0.16$$

Finalmente con la fórmula 47 se calcula el factor de seguridad de los pernos Allen M10 utilizados para sujeción del molde.

$$n = \frac{S_p * A_t - F_i}{c * F_r} \quad (47)$$

$$n = \frac{6000 \frac{Kg}{cm^2} * 0.612 \text{ cm}^2 - 3121.2 \text{ kg}}{0.16 * 467.44 \text{ kg}}$$

$$n = \frac{550.8 \text{ kg}}{74.8 \text{ kg}}$$





$$n = 7.3$$



Se obtiene un factor de seguridad aceptable de 7.3, lo que asegura que la utilización de pernos M10 para el sistema de sujeción del molde es el adecuado y este no fallará, ya que el factor recomendado debe ser mayor a 2.

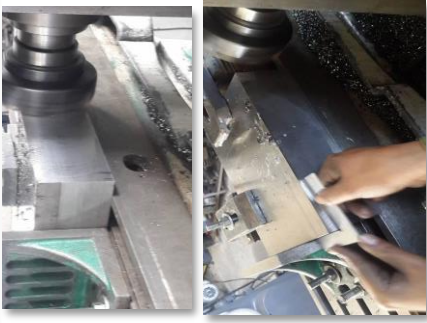
### 3.12 Calendarización

#### 3.12.1 Calendarización de construcción del molde de inyección de arco almohadillado

Tabla 4 Calendarización de construcción del molde de inyección de arco almohadillado

CALENDARIZACIÓN DE CONSTRUCCIÓN DE MOLDE DE ARCO ALMOHADILLADO						
Elemento	Actividad	Descripción de Actividades	Herramienta	Máquina	Duración (min)	Ilustración
Placa Base Fija	Rectificado del cara superior	Debido a que las dimensiones de la placa son mayores que la mesa de rectificadora, se procede a rectificar los 3/4 de la placa base fija	Piedra Abrasiva R=250 mm	Rectificadora manual BOVAR SCHULTZ	60	
		Aplicación de reloj de precisión	De reloj de precisión		10	
		Igualar la piedra abrasiva	Punta de Diamante		5	
	Rectificado de cara inferior	Rectificado del 1/4 de placa faltante de la placa base fija	Piedra Abrasiva R=250 mm	Rectificadora manual BOVAR SCHULTZ	60	
		Debido a que las dimensiones de la placa son mayores que la mesa de rectificadora, se procede a rectificar los 3/4 de la placa base fija	Piedra Abrasiva R=250 mm		10	
		Aplicación de Reloj de precisión	Punta de Diamante		5	
Placa Base Móvil	Rectificado del cara superior	Rectificado del 1/4 de placa faltante de la placa base fija	Piedra Abrasiva R=250 mm	Rectificadora manual BOVAR SCHULTZ	60	
		Debido a que las dimensiones de la placa son mayores que la mesa de rectificadora, se procede a rectificar los 3/4 de la placa base fija	Piedra Abrasiva R=250 mm		10	
		Aplicación de Reloj de precisión	Punta de Diamante		5	
	Rectificado de cara inferior	Rectificado del 1/4 de placa faltante de la placa base móvil	Piedra Abrasiva R=250 mm	Rectificadora manual BOVAR SCHULTZ	60	
		Debido a que las dimensiones de la placa son mayores que la mesa de rectificadora, se procede a rectificar los 3/4 de la placa base fija	Piedra Abrasiva R=250 mm		10	
		Aplicación de Reloj de precisión	Punta de Diamante		5	
		Rectificado del 1/4 de placa faltante de la placa base móvil	Piedra Abrasiva		25	

Placa Portamolde Móvil	Aplanado	Aplanado caras superior e inferior de placa portamolde móvil	Fresa con insertos R= 80 mm	Fresadora manual Kent USA	30		
		Rectificado cara superior	Debido a que las dimensiones de la placa son mayores que la mesa de rectificadora, se procede a rectificar los 3/4 de la placa portamolde móvil	Piedra Abrasiva R=250 mm	Rectificadora manual BOYAR SCHULTZ		45
			Aplicación de reloj de precisión	De reloj de precisión			10
	Igualar la piedra abrasiva	Punta de Diamante	5				
	Rectificado cara inferior	Rectificado de 1/4 de placa faltante de la placa portamolde móvil	Rectificado de 1/4 de placa faltante de la placa portamolde móvil	Piedra Abrasiva R=250 mm	Rectificadora manual BOYAR SCHULTZ		15
			Debido a que las dimensiones de la placa son mayores que la mesa de rectificadora, se procede a rectificar los 3/4 de la placa portamolde móvil	Piedra Abrasiva R=250 mm			45
Aplicación de reloj de precisión			De reloj de precisión	10			
Placa Portamolde Fija	Aplanado	Aplanado caras superior e inferior de placa portamolde móvil	Fresa con insertos R= 80 mm	Fresadora manual Kent USA	30		
		Rectificado cara superior	Debido a que las dimensiones de la placa son mayores que la mesa de rectificadora, se procede a rectificar los 3/4 de la placa portamolde fija	Piedra Abrasiva R=250 mm	Rectificadora manual BOYAR SCHULTZ		45
			Aplicación de reloj de precisión	De reloj de precisión			10
	Igualar la piedra abrasiva	Punta de Diamante	5				
	Rectificado cara inferior	Rectificado de 1/4 de placa faltante de la placa portamolde fija	Rectificado de 1/4 de placa faltante de la placa portamolde fija	Piedra Abrasiva R=250 mm	Rectificadora manual BOYAR SCHULTZ		15
			Debido a que las dimensiones de la placa son mayores que la mesa de rectificadora, se procede a rectificar los 3/4 de la placa portamolde fija	Piedra Abrasiva R=250 mm			45
Aplicación de reloj de precisión			De reloj de precisión	10			
			Punta de Diamante		5		
			Piedra Abrasiva R=250 mm		15		
			Piedra Abrasiva R=250 mm		45		

<p>Placas de portamolde Móvil y Fija</p>	<p>Escuadrado de las placas portamolde</p>	<p>Escuadrado de los 4 lados de las placas portamolde</p>	<p>Fresa con insertos R= 80 mm</p>	<p>Fresadora manual Kent USA</p>	<p>30</p>	
--	--	---	------------------------------------	----------------------------------	-----------	---

Fuente Propia

### 3.12.2 Calendarización de sistema de refrigeración, expulsión y sujeción




Tabla 5 Calendarización de sistema de refrigeración, expulsión y sujeción

Calendarización de sistema de refrigeración, expulsión y sujeción									
Sistema de refrigeración									
Elemento	Material	Actividad	Descripción de Actividades	Herramienta	Velocidad del husillo (rpm)	Velocidad de Corte (m/min)	Máquina	Duración total (min)	Ilustración
Placa portamolde móvil	AISI P20	Realizar agujeros de 5 mm de diámetro	Perforar 4 agujeros en las caras laterales de la placa portamolde móvil	Broca de centros N4-1/8"	4511,5	90	Fresa manual Kent USA	20	
		Sacar Rosca	Con la ayuda del machuelo sacar rosca a los agujeros realizados	Broca D=5 mm	5092,95	80	N/A	120	
Placa portamolde fija	AISI P20	Realizar agujeros de 5 mm de diámetro	Perforar 4 agujeros en las caras laterales de la placa portamolde fija	Broca de centros N4-1/8"	4511,5	90	Fresa manual Kent USA	40	
		Sacar Rosca	Con la ayuda del machuelo sacar rosca a los agujeros realizados	Broca D=5 mm	5092,95	80	N/A	120	

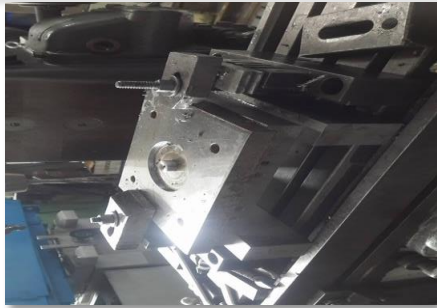




**Sistema de expulsión**

Placa de expulsión guía	AISI 1045	Realizar agujeros de 5 mm de diámetro	Perforar 9 agujeros para el sistema de expulsión	Broca de centros N4.1/8"	5514	110	Fresa manual Kent USA	20	
					5730	90		30	
					N/A	N/A		45	
Placa portamolde móvil	AISI P20	Realizar agujeros de 5 mm de diámetro	Incrementar la precisión de los agujeros donde se colocarán los expulsores	Broca de centros N4.1/8"	4511,48	90	Fresa manual Kent USA	20	
					5092,95	80		60	
					N/A	N/A		45	
Expulsores		Esmerilado	Esmerilar a la longitud deseada del expulsor	Piedra de esmerilar	N/A	N/A	Esmeril	18	 
								Rectificado	

### Sistema de sujeción

Placa base móvil	AISI 1045	Realizar agujeros de 10mm de diámetro	Perforar 4 agujeros para sistema de sujeción	Broca de centros N4 1/8"	5514	110	Fresa manual Kent USA	20	
					4774,6	90		30	
					3501,4	110		20	
					2970,9	140		10	
Paralelas	AISI 1045	Realizar agujero para la cabeza de pernos	Perforar 4 agujeros para sistema de sujeción	Broca de centros N4 1/8"	5514	110	Fresa manual Kent USA	20	
					4774,6	90		45	
					3501,4	110		40	
					4511,5	90			
Placa portamolde móvil	AISI P20	Realizar agujeros de 10mm de diámetro	Perforar 4 agujeros para sistema de sujeción	Broca de centros N4 1/8"	4511,5	90	Fresa manual Kent USA	20	
					4774,6	90		15	
					2864,78	90		10	
					N/A	N/A		40	
		Sacar Rosca	Con la ayuda del machuelo sacar rosca a los agujeros realizados	Machuelo- Giramachuelos	N/A	N/A	N/A		



<b>Placa base fija</b>	AISI 1045	Realizar agujeros de 10 mm de diámetro	Perforar 4 agujeros para sistema de sujeción	Broca de centros N4 1/8"	5514	110	Fresa manual Kent USA	20	
					4774,6	90		30	
					3501,4	110		20	
<b>Placa portamolde fija</b>	AISI P20	Realizar agujero para la cabeza de pernos	Perforar para cabezas de pernos	Broca D=15 mm	2970,9	140	Fresa manual Kent USA	10	
					4511,5	90		20	
					4774,6	90		15	
<b>Placa de expulsión guía</b>	AISI 1045	Sacar Rosca	Con la ayuda del machuelo sacar rosca a los agujeros realizados	Machuelo- Giramachuelos	N/A	N/A	N/A	40	
					5514	110		20	
					5730	90		45	
<b>Placa de expulsión base</b>	AISI 1045	Realizar agujeros de 8 mm de diámetro	Perforar 6 agujeros para el sistema de guiado	Broca D=8mm	4376,76	110	Fresa manual Kent USA	30	
					N/A	N/A		45	
					5514	110		20	
<b>Placa de expulsión base</b>	AISI 1045	Realizar agujeros de 8 mm de diámetro	Perforar 6 agujeros para el sistema de guiado	Broca D=6mm	5730	90	Fresa manual Kent USA	45	
					4376,76	110		30	
					2917,84	110		20	

Fuente Propia

### 3.12.3 Cálculo de parámetros para el mecanizado

*Tabla 6 Herramientas a utilizar*

Herramientas a utilizar para el mecanizado				
Proceso	Material	Diámetro (mm)	Dureza HB	Número de Filos
Desbaste	Carburo	6	>62	4
		2		4
2		>62	4	
1			4	
Acabado				

*Fuente Propia*

#### 3.12.3.1 Desbaste del material

- Desbaste de las paredes externas del arco almohadillado.

Fresa a utilizar= Fresa Plana 6 mm

Número de filos= 4

Material a mecanizar= Acero AISI P20

Material de la fresa= Carburo

- **Velocidad del husillo**

Con la fórmula 48 se calcula la velocidad del husillo

$$n = \frac{V_c * 1000}{\pi * \emptyset * Z} \quad (48)$$

En donde:

n= Velocidad del husillo

$V_c$ = Velocidad de corte

$\emptyset$ = Diámetro de la herramienta

Z= Número de filos

Según el anexo 20 para mecanizar el acero AISI P20 es recomendable utilizar  $V_c$ =

$90 \frac{m}{min}$ , entonces la velocidad del husillo será:

$$n = \frac{90 \frac{m}{min} * 1000}{\pi * 6 mm * 2}$$

$$n = 2387.3rpm$$

- **Avance por minuto**

La fórmula 49 permite calcular el avance por minuto.

$$V_f = f_z * n * Z(49)$$

En donde:

$n$ = Velocidad del husillo

$f_z$ = Avance por diente

$Z$ = Número de filos de la herramienta

El avance por diente se puede observar en el anexo 21, el cual se basa según la herramienta a utilizar para el desbaste. Por lo tanto  $f_z = 0.15$

$$V_f = 0.15 * 2387.3rpm * 2$$

$$V_f = 716.2 \frac{mm}{min}$$

Para el proceso de desbaste el avance debe reducirse el 75%, según anexo 22.

$$V_f = 716.2 \frac{mm}{min} * 0.75$$

$$V_f = 537.14 \frac{mm}{min}$$

- **Profundidad de corte**

Para determinar la profundidad de corte se debe conocer la potencia efectiva de la fresadora y el volumen máximo de viruta. Con las ecuaciones 50 y 51 se determina la potencia efectiva.

$$P = \frac{V * I}{1000} (50)$$

En donde:

V= Voltaje

I= Amperios

$$P = \frac{136 V * 36A}{1000}$$

$$P = 4.89kW$$

Por lo tanto la potencia efectiva es:

$$Pe = \frac{P * 70}{100} (51)$$

$$Pe = \frac{4.89kW * 70}{100}$$

$$Pe = 3.42kW$$

Posteriormente utilizando la fórmula 52 se determina el volumen máximo de la viruta:

$$C_m = C_a * P_e (52)$$

En donde:

$C_a$ = Volumen admisible

$P_e$ = Amperios

El anexo 23 determina el volumen admisible dependiendo del material a mecanizar.

En este caso acero AISI P20, entonces.

$$C_m = 8 \frac{cm^3}{kW} * 3.42kW$$

$$C_m = 27.4 \frac{cm^3}{kWmin}$$

En cambio, la fórmula 53 se utiliza para determinar la profundidad de corte.

$$a = \frac{C_m * 100}{b * Vf} (53)$$

En donde:

$b$  = Ancho de corte de la herramienta. Véase anexo 24.

$$a = \frac{27.4 \frac{cm^3}{kWmin} * 100}{3 mm * 2148.6 \frac{mm}{min}}$$

$$a = 1.7 mm$$

Finalmente se toma en cuenta el 80% de la profundidad calculada.

$$a = 1.7 mm * 0.8$$

$$a = 1.36 mm$$

- Desbaste de los nervios del arco almohadillado

Fresa a utilizar= Fresa Plana 2 mm

Número de filos= 4

Material a mecanizar= Acero AISI P20

Material de la fresa= Carburo

Las fórmulas utilizadas para el desbaste del material son las mismas para el cálculo para el proceso de acabado.

- **Velocidad del husillo**

$$n = \frac{V_c * 1000}{\pi * \varnothing * Z}$$

Según el anexo 20 para mecanizar el acero AISI P20 es recomendable utilizar  $V_c = 90 \frac{m}{min}$ , entonces la velocidad del husillo será:

$$n = \frac{90 \frac{m}{min} * 1000}{\pi * 2 mm * 2}$$

$$n = 7161.9 rpm$$

- **Avance por minuto**

$$V_f = f_z * n * Z$$

El avance por diente se puede observar en el anexo 21, el cual se basa según la herramienta a utilizar para el desbaste. Por lo tanto  $f_z = 0.15$

$$V_f = 0.15 * 7161.9rpm * 2$$

$$V_f = 2148.6 \frac{mm}{min}$$

Para el proceso de acabado el avance debe reducirse al 75%, según anexo 22.

$$V_f = 2148.6 \frac{mm}{min} * 0.75$$

$$V_f = 1611.4 \frac{mm}{min}$$

- **Profundidad de corte**

La potencia efectiva será la misma que para el proceso de desbaste.

$$P = 4.89kW$$

Por lo tanto la potencia efectiva es:

$$P_e = 3.42kW$$

Posteriormente se determina el volumen máximo de la viruta:

$$C_m = C_a * P_e$$

El anexo 23 determina el volumen admisible dependiendo del material a mecanizar.

En este caso acero AISI P20, entonces.

$$C_m = 8 \frac{cm^3}{kW} * 3.42kW$$

$$C_m = 27.4 \frac{cm^3}{kWmin}$$

Y la profundidad de corte.

$$a = \frac{Cm * 100}{b * Vf}$$

En donde:

$b$ = Ancho de corte de la herramienta. Véase anexo 24.

$$a = \frac{27.4 \frac{cm^3}{kWmin} * 100}{1 mm * 1611.4 \frac{mm}{min}}$$

$$a = 1.7 mm$$

Finalmente se toma en cuenta el 80% de la profundidad calculada.

$$a = 1.7 mm * 0.8$$

$$a = 1.36 mm$$

### 3.12.3.2 Acabado del material

- La fresa de 2 mm con 4 filos se utiliza para el acabado de las paredes verticales externas del arco almohadillado, con el fin de garantizar su adecuada expulsión.

Fresa a utilizar= Fresa Plana 2 mm

Número de filos= 4

Material a mecanizar= Acero AISI P20

Material de la fresa= Carburo

Las fórmulas utilizadas para el desbaste del material son las mismas para el cálculo para el proceso de acabado.

- **Velocidad del husillo**

$$n = \frac{Vc * 1000}{\pi * \emptyset * Z}$$

Según el anexo 20 para mecanizar el acero AISI P20 es recomendable utilizar  $V_c = 90 \frac{m}{min}$ , entonces la velocidad del husillo será:

$$n = \frac{90 \frac{m}{min} * 1000}{\pi * 2 mm * 3}$$

$$n = 4774.65 rpm$$

- **Avance por minuto**

$$V_f = f_z * n * Z$$

El avance por diente se puede observar en el anexo 21, el cual se basa según la herramienta a utilizar para el desbaste. Por lo tanto  $f_z = 0.15$

$$V_f = 0.15 * 4774.65 rpm * 1$$

$$V_f = 716.2 \frac{mm}{min}$$

Para el proceso de acabado el avance debe reducirse al 25%, según anexo 22.

$$V_f = 716.2 \frac{mm}{min} * 0.25$$

$$V_f = 179 \frac{mm}{min}$$

- **Profundidad de corte**

La potencia efectiva será la misma que para el proceso de desbaste.

$$P = 4.89 kW$$

Por lo tanto la potencia efectiva es:

$$P_e = 3.42 kW$$

Posteriormente se determina el volumen máximo de la viruta:

$$C_m = C_a * P_e$$

El anexo 23 determina el volumen admisible dependiendo del material a mecanizar.

En este caso acero AISI P20, entonces.

$$C_m = 8 \frac{cm^3}{kW} * 3.42 kW$$



$$C_m = 27.4 \frac{cm^3}{kWmin}$$

Y la profundidad de corte.

$$a = \frac{C_m * 100}{b * V_f}$$

En donde:

$b$ = Ancho de corte de la herramienta. Véase anexo 24.

$$a = \frac{27.4 \frac{cm^3}{kWmin} * 100}{2mm * 179 \frac{mm}{min}}$$

$$a = 7.6 mm$$

Finalmente se toma en cuenta el 80% de la profundidad calculada.

$$a = 7.6 mm * 0.8$$

$$a = 6.1 mm$$

- Finalmente se utiliza una fresa de 1 mm de diámetro con 4 filos para realizar un acabado en las paredes de los nervios de la pieza a inyectar, la cual debe tener un acabado óptimo ya que a sus reducidas dimensiones puede ser un inconveniente para desmoldear la pieza de la cavidad.

Fresa a utilizar= Fresa Plana 1 mm

Número de filos= 4

Material a mecanizar= Acero AISI P20

Material de la fresa= Carburo

Las fórmulas utilizadas para el desbaste del material son las mismas para el cálculo para el proceso de acabado.

- **Velocidad del husillo**

$$n = \frac{V_c * 1000}{\pi * \varnothing * Z}$$

Según el anexo 20 para mecanizar el acero AISI P20 es recomendable utilizar  $V_c = 90 \frac{m}{min}$ , entonces la velocidad del husillo será:

$$n = \frac{90 \frac{m}{min} * 1000}{\pi * 1 mm * 3}$$
$$n = 9549.2 rpm$$

- **Avance por minuto**

$$V_f = f_z * n * Z$$

El avance por diente se puede observar en el anexo 21, el cual se basa según la herramienta a utilizar para el desbaste. Por lo tanto  $f_z = 0.15$

$$V_f = 0.15 * 9549.2 rpm * 1$$

$$V_f = 1432.39 \frac{mm}{min}$$

Para el proceso de acabado el avance debe reducirse al 25%, según anexo 22.

$$V_f = 1432.39 \frac{mm}{min} * 0.25$$

$$V_f = 358.1 \frac{mm}{min}$$

- **Profundidad de corte**

La potencia efectiva será la misma que para el proceso de desbaste.

$$P = 4.89 kW$$

Por lo tanto la potencia efectiva es:

$$P_e = 3.42 kW$$

Posteriormente se determina el volumen máximo de la viruta:

$$C_m = C_a * P_e$$

El anexo 23 determina el volumen admisible dependiendo del material a mecanizar.  
En este caso acero AISI P20, entonces.

$$C_m = 8 \frac{cm^3}{kW} * 3.42kW$$

$$C_m = 27.4 \frac{cm^3}{kWmin}$$

Y la profundidad de corte.

$$a = \frac{C_m * 100}{b * V_f}$$

En donde:

$b$  = Ancho de corte de la herramienta. Véase anexo 24.

$$a = \frac{27.4 \frac{cm^3}{kWmin} * 100}{1 mm * 2148.59 \frac{mm}{min}}$$

$$a = 7.26 mm$$

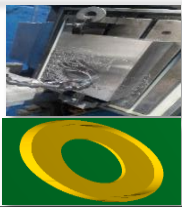
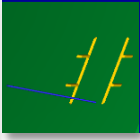

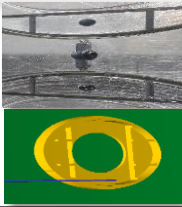
Finalmente se toma en cuenta el 80% de la profundidad calculada.

$$a = 7.26 mm * 0.8$$

$$a = 6.12 mm$$

### 3.12.4 Calendarización de mecanizado del arco almohadado

Tabla 7 Calendarización de mecanizado

Calendarización de mecanizado									
Pieza	Material	Proceso	Descripción del proceso	Herramienta	Velocidad de husillo (rpm)	Velocidad de Corte (m/min)	Profundidad de Corte (mm)	Tiempo estimado de mecanizado (min)	Ilustración
Arco almohadado	Acero AISI P20	Desbaste	Desbaste de las paredes verticales extremas del arco almohadado	Fresa Plana $\phi=6\text{mm}$	2387,3	537,14	1,36	48	
				Fresa Plana $\phi=2\text{mm}$	7161,9	1611,14	1,7	145	
		Acabado	Afinado de las paredes verticales extremas del arco almohadado	Fresa Plana $\phi=2\text{mm}$	4774,65	179	6,1	65	
				Fresa Plana $\phi=1\text{mm}$	9549,2	358,1	6,12	90	

Fuente Propia

### 3.13 Presupuesto

#### 3.13.1 Costo de materiales

*Tabla 8 Costo de materiales del molde de inyección*

<b>COSTO DE MATERIALES DEL MOLDE DE INYECCIÓN</b>					
<b>Elemento</b>	<b>Material</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor por unidad (\$)</b>	<b>Valor total (\$)</b>
Placa base móvil	AISI 1045	265x225x24	1	95	95
Placa base fija	AISI 1045	265x225x24	1	95	95
Placa para paralelas	AISI 1045	265x60x39	2	20	40
Placa de expulsión base	AISI 1045	265x109x18	1	35	32
Placa de expulsión guía	ASISI 1045	265x109x18	1	35	32
Eje para bebedero	AISI 4340	d31x52	1		15
Placa portamolde fija	AISI P20	265x185x25	1	220	200
Placa portamolde móvil	AISI P20	265x185x40	1	185	321
Eje para casquillo	AISI 4340	d30x25	1	8	8
Eje para guía	AISI 4340	d30x64	1	20	20
Pernos M10	N/A	M10x1.5x100	4	1.5	6
Pernos M10	N/A	M10x1.5x35	4	0.8	3.2
Pernos M8	N/A	M8x1.25x27	6	0.6	3.6
<b>TOTAL</b>					<b>864</b>

*Fuente Propia*

En la tabla 8 se detalla cada elemento que compone el molde de inyección de arco almohadillado con su respectivo valor.

### 3.13.2 Costo de máquinas y herramientas

En la tabla 9 se muestra la máquina que se utilizó para la construcción del molde, así como las horas utilizadas y el valor de costo por hora, cabe mencionar que el valor mencionado depende de la empresa Halley Corporación.

*Tabla 9 Costo de máquinas y herramientas*

<b>COSTO DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Horas de operación</b>	<b>Costo por hora (\$)</b>	<b>Costo total (\$)</b>
Rectificadora	12	10	120
Fresadora Manual	21	8	168
Esmeril	1	3	3
Fresadora CNC	4	12	48
Torno	8	8	64
Herramientas	75	2	150
<b>TOTAL</b>			<b>553</b>

*Fuente Propia*

En cuanto al costo de la mano de obra, no se toma en cuenta para el presente cálculo debido a que el 100% de la construcción del molde fue elaborado por el autor del proyecto.

Finalmente para el cálculo total del molde se suman el costo de los materiales como el costo de las máquinas y herramientas, como se demuestra en la tabla 10.

*Tabla 10 Costo total del molde*

<b>COSTO TOTAL DEL MOLDE</b>	
Costo de materiales del molde de inyección	864
Costo de máquinas y herramientas	553
<b>TOTAL</b>	<b>1417</b>

*Fuente Propia*

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES

#### 4.1 Conclusiones

- El número de cavidades par y su distribución en hilera permitió que el polímero fundido sea llenado simultáneamente dentro de las cavidades, lo cual asegura que no se provoquen esfuerzos en las paredes externas de las mismas, permitiendo que la vida útil del mismo sea más larga
- El sistema de alimentación está compuesto por canales de alimentación de forma semicircular alargada con un diámetro de 4.7 mm, permitiendo el correcto flujo del polímero hacia las cavidades sin que se incurra en desperdicios del mismo, además el dimensionamiento de los canales de estrangulamiento aseguró que el polímero llene adecuadamente las cavidades sin provocar retenciones del flujo del polímero fundido ni solidificando prematuramente el material.
- El sistema de refrigeración con un ducto de entrada y uno de salida por cada cavidad permitió que el atemperamiento tanto del molde como de la pieza sea el óptimo, sin que la pieza sufra defectos como rechupes por excesivas temperaturas ni líneas de fusión por una plastificación prematura provocados por un atemperamiento excesivo. Además que el dimensionamiento de los ductos con 5 mm de diámetro permite que el fluido refrigerante alcance la zona de turbulencia, lo cual es recomendable para que el sistema sea eficiente.
- Los nueve expulsores que componen el sistema de expulsión, cuatro por cada cavidad y uno por el bebedero no sufren ningún pandeo luego que el cilindro de expulsión sea accionado, de igual manera la pieza no sufre ningún defecto como huella de los expulsores cuando esta es extraída de las cavidades. Además, con el fin de no contraer problemas de desmoldeo en

- partes estrechas como los nervios del arco almohadillado, se realizó un acabado en estas zonas con una fresa de 1 mm de diámetro.
- El sistema de guiado perno- casquillo en dos extremos opuestos del molde aseguró el cierre adecuado de las placas portamolde móvil y fija sin que incurra la pieza en defectos como rebabas en la línea de partición, además el sistema de guiado utilizado permitió la reducción de material utilizado en la construcción, su costo y el tiempo implementado.

#### **4.2 Recomendaciones**

- Conocer las características térmicas y mecánicas del polímero que se va a utilizar para el proceso de inyección las temperaturas y presiones con las que se trabaja son diferentes de acuerdo al polímero así como su porcentaje de contracción
- El diseño de moldes de inyección no está basado bajo una norma específica, para lo cual resulta imprescindible la utilización de trabajos previos como tesis o libros que ayuden en su proceso.
- Con el fin de optimizar recursos como el tiempo y costos la utilización de softwares como el Inventor y Solidworks son de gran ayuda al momento de diseñar y analizar el molde de inyección.
- Al momento de realizar las pruebas del molde, variar parámetros como temperatura del molde con el fin de reducir los tiempos de ciclo.
- La utilización de rimas para el montaje de los expulsores en las placas deben realizarse sin movimientos bruscos ya que estos pueden generar fallos al momento de expulsión como huellas de los expulsores.
- Al momento del modelado del arco almohadillado se debe tomar en cuenta el porcentaje de contracción del polímero para obtener las medidas requeridas en la pieza a inyectar.
- Realizar un mantenimiento periódico al molde de inyección especialmente a los expulsores, los cuales contienen mayor rango de trabajo.
- Los canales de distribución no deben ser sobredimensionados ya que se incurriría en gastos innecesarios como el desperdicio del polímero



- Los puntos de entrada del material deben ser colocados en puntos estratégicos para que al momento de la expulsión de la pieza los canales de distribución se desprendan directamente de las piezas inyectadas.
- Tomar en cuenta la inversión inicial para la construcción del molde, ya que no significa que mientras más cavidades posea el molde es la mejor alternativa para el proceso de producción.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Á. Escobar Guachambala, "Diseño y construcción de un molde de inyección de un casco decorativo de plástico, utilizando ingeniería CAD/CAM", Riobamba, 2013.
- [2] M. A. Paucar y D. Andino , "Diseño, modelación, simulación y construcción de molde para tapas de cilindros de gas de uso doméstico por inyección plástica", Riobamba, 2009.
- [3] G. y. O. Menges, "Moldes para inyección de plásticos", Gustavo G, 1975.
- [4] Flasco-Mipro, "Elaboración de artículos plásticos para el hogar", 2011, p. 35.
- [5] M. Garzón, "Manufactura avanzada de inyección de plásticos", *Metal actual*, p. 8, 201.
- [6] T. Pfefferkorn, "Termoplásticos con refuerzo de fibra continua", 2014.
- [7] Cotec, "Fabricación aditiva", Madrid, 2011.
- [8] Oaitiip centro tecnológico, "*Inyección de plásticos*", Zaragoza.
- [9] A. Flores y D. Martinez , "Diseño, simulación y construcción de una matriz para inyección de cubiertos de polipropileno", Quito, 2015.
- [10] J. Albarrán , "Diseño y fabricación de un molde para inyección de plástico", Madrid, 2014.
- [11] A, Beltrán; A , Marcilla , "Tecnología de Polímeros", 2009.
- [12] P. A. Barriga, "Estudio de un molde de inyección asistido por sistemas CAD/CAM y CNC y su incidencia en la producción de asientos plásticos para el bus tipo en la empresa FABRIAMERICANA del cantón Ambato Provincia de Tungurahua", Ambato, 2014.

- [13] M. E. Larrea, "Diseño y Manufactura Asistida por Computador CAD-CAM) en la construcción de pieza con proceso de Torneado de Control Numérico (CNC).", Guayaquil, 2010.
- [14] M. Leonidez, "*Diseño de moldes de inyección de plásticos*", 2012.
- [15] H. Sarango, "Metodología para el diseño de un molde para inyección de piezas de plástico", Guayaquil, 2016.
- [16] S. Zambrano Guayco, "Diseño y simulación de un molde de inyección para la fabricación de cuerpos dispensadores de agua para refrigeradoras".
- [17] C. I. Burbano , "Diseño de Molde de 4 Cavidades para la producción de rejilla y tapón de 50mm de PVC reutilizando placas normalizadas existentes", Guayaqui, 2010.
- [18] R. Budynas y K. Nisbett, "Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, McGraw-Hill", 2008.
- [19] S. Cabañes, "Diseño de un molde de inyección de una pieza de plástico", 2010.
- [20] M. Leonidez, "Diseño de moldes para la inyección de plásticos", 2012.

# ANEXOS

## Anexo 1 “Propiedades de acero P20”



CALIDAD  
**AISI P20**  
ACERO PARA  
HERRAMIENTAS

Color de Identificación:

Blanco / Negro



### ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DEL MATERIAL

#### NORMAS EQUIVALENTES

AFNOR (Fr)	34CD4
BS (Ing)	708 A37
DIN (Ale)	1.2312
JIS (Jap)	
UNI (Ital)	35CrMo4
Grado Thyssen	

#### RANGOS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA

CARBONO	AZUFRE	FÓSFORO	SILICIO	MANGANESEO
C	S	P	Si	Mn
0.28 - 0.40	0.050 (Máx)	0.03 (Max)	0.20 - 0.80	0.80 - 1.50
CROMO	NIQUEL	MOLIBDENO	VANADIO	TUNGSTENO
Cr	Ni	Mo	V	W
1.40 - 2.00	—	0.30 - 1.20	—	—

#### CARACTERÍSTICAS GENERALES

- Es un acero aleado al Cromo-Molibdeno, que en general se suministra bonificado (temple y revenido).
- Buena Maquinabilidad.
- Buena homogeneidad estructural.
- Buenas propiedades de pulido.
- Para máxima resistencia al desgaste opcionalmente se puede cementar o nitrurar.

#### APLICACIONES

- Herramientas para moldes plásticos por inyección y soplado.
- Herramientas para fundición a presión de aleaciones no ferrosas base plomo, estaño y zinc.
- Elementos de maquinarias en general.

#### TRATAMIENTO TÉRMICO DEL MATERIAL

TRATAMIENTO	TEMPERATURA °C	MEDIO DE ENFRIAMIENTO	DUREZA	
			RC	HBN
NORMALIZADO	880 – 900	AIRE		
RECOCIDO	770 – 790	HORNO		210 (Max)
TEMPLE	820 – 850	ACEITE,SALES	57 (Max)	
REVENIDO	480 – 595			280 - 335
CEMENTACIÓN				

Fuente Sumindu, “Catálogo de Aceros especiales e inoxidables”.

## Anexo 2 “Contracción del material.”

Material	Temperatura cilindro (°C)	Temperatura desmoldeo (°C)	Temperatura molde (°C)	Contracción (%)
PE-HD	180 - 315	60 - 110	20 - 80	2 - 3
PE-LD	150 - 280	50 - 90	20 - 80	1.5 - 3
PP	200 - 300	60 - 100	20 - 100	1.2 - 2.5
PS	180 - 320	60 - 100	10 - 80	0.5 - 0.7
SAN	200 - 280	60 - 100	40 - 80	0.4 - 0.6
ABS	180 - 320	60 - 100	40 - 85	0.4 - 0.6
PMMA	180 - 280	70 - 110	10 - 80	0.3 - 0.6
PVC-R	150 - 210	60 - 100	20 - 70	0.4 - 0.8
PVC-F	120 - 190	60 - 100	20 - 55	1 - 1.3

*Fuente: C. I. Burbano , "Diseño de Molde de 4 Cavidades para la producción de rejilla y tapón de 50mm de PVC reutilizando placas normalizadas existentes", Guayaquil, 2010.*

## Anexo 3 “Propiedades ABS”

Propiedades Físico – Mecánicas Physical & Mechanical Properties	
Alargamiento a la Rotura ( % ) <i>Elongation at break ( % )</i>	45
Coefficient de Fricción <i>Coefficient of friction</i>	0,5
Módulo de Tracción ( GPa ) <i>Tensile modulus ( GPa )</i>	2,1-2,4
Resistencia a la Tracción ( MPa ) <i>Tensile strength ( MPa )</i>	41-45
Resistencia al Impacto Izod ( J m <sup>-1</sup> ) <i>Izod impact strength ( J m<sup>-1</sup> )</i>	200-400
Absorción de Agua - en 24 horas ( % ) <i>Water absorption - over 24 hours ( % )</i>	0.3-0.7
Densidad ( g cm <sup>-3</sup> ) <i>Density ( g cm<sup>-3</sup> )</i>	1,05
Resistencia a la Radiación <i>Radiation resistance</i>	Acceptable <i>Fair</i>
Resistencia a los Ultra-violetas <i>Resistance to Ultra-violet</i>	Mala <i>Poor</i>

*Fuente Siim, "Propiedades físicas y mecánicas materiales [RAE-1018]", 2005*

#### Anexo 4 “Conductividad térmica ABS”

Propiedades Térmicas de ABS	
Coeficiente de Expansión Térmica ( $\times 10^{-6} K^{-1}$ )	80
Conductividad Térmica a 23°C ( $Wm^{-1}K^{-1}$ )	0.17
Temperatura en Deflexión en Caliente 0.45 MPa (°C)	98
Temperatura en Deflexión en Caliente 1.8 MPa (°C)	89
Temperatura Máxima de Utilización (°C)	70-100

*Fuente Goodfellow, “Propiedades de Poliacrilonitrilo-Butadieno-Estireno”, Londres, 2016.*

#### Anexo 5 “Calor específico ABS”

Thermal properties				
	Minimum value	Maximum value	Unit	Sources
Glass temperature <sup>i</sup>	110	120	°C	Idemat 2003
Melting temperature <sup>i</sup>			°C	
Service temperature <sup>i</sup>	-20	100	°C	Idemat 2003
Specific heat <sup>i</sup>	1300	1300	J/kg.K	Idemat 2003
Thermal conductivity <sup>i</sup>			W/m.K	
Thermal expansion <sup>i</sup>	80	90	e-6/K	Idemat 2003

*Fuente Matbase, “ABS Heat Resistant, Turkey”.*

#### Anexo 6 “Ángulos de salida”

Altura del modelo	Ángulos de salida y pendientes	Altura del modelo	Ángulos de salida y pendientes
De 1 a 10 mm	3°	De 36 a 65	0° 45"
De 11 a 20mm	2°	De 66 a 150mm	0° 30"
De 21 a 35mm	1°	De 151 a 250 mm	1.5mm
		De 251 a 400 mm	2.5 mm
		De 401 a 600 mm	3.5 mm
		De 601 a 800 mm	4.5mm

*Fuente M. Leonidez, "Diseño de moldes para la inyección de plásticos", 2012.*

## Anexo 7 “Propiedades de acero 1045”

### ACERO AISI-SAE 1045 (UNS G10450)

1. **Descripción:** es un acero utilizado cuando la resistencia y dureza son necesarios en condición de suministro. Este acero medio carbono puede ser forjado con martillo. Responde al tratamiento térmico y al endurecimiento por llama o inducción, pero no es recomendado para cementación o cianurado. Cuando se hacen prácticas de soldadura adecuadas, presenta soldabilidad adecuada. Por su dureza y tenacidad es adecuado para la fabricación de componentes de maquinaria.

2. **Normas involucradas:** ASTM A108

3. **Propiedades mecánicas:** Dureza 163 HB (84 HRb)  
Esfuerzo de fluencia 310 MPa (45000 PSI)  
Esfuerzo máximo 565 MPa (81900 PSI)  
Elongación 16% (en 50 mm)  
Reducción de área (40%)  
Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)  
Maquinabilidad 57% (AISI 1212 = 100%)

4. **Propiedades físicas:** Densidad 7.87 g/cm<sup>3</sup> (0.284 lb/in<sup>3</sup>)

5. **Propiedades químicas:** 0.43 – 0.50 % C  
0.60 – 0.90 % Mn  
0.04 % P máx  
0.05 % S máx

6. **Usos:** los usos principales para este acero es piñones, cuñas, ejes, tornillos, partes de maquinaria, herramientas agrícolas y remaches.

7. **Tratamientos térmicos:** se da normalizado a 900°C y recocido a 790°C

**NOTA:**

Los valores expresados en las propiedades mecánicas y físicas corresponden a los valores promedio que se espera cumple el material. Tales valores son para orientar a aquella persona que debe diseñar o construir algún componente o estructura pero en ningún momento se deben considerar como valores estrictamente exactos para su uso en el diseño.

*Fuente: Sumindu, “Catálogo de Aceros especiales e inoxidables”.*



## Anexo 8 “Propiedades Acero 4340”



### ACERO SAE 4340 Color de Identificación: Verde

#### Aleación:

C: 0.38 – 0.43%    Cr: 0.70 – 0.90%    Ni: 1.65 – 2.00%    Mo: 0.20 – 0.30%  
Si: 0.15 – 0.35%    Mn: 0.60 – 0.80%    P: ≤ 0.035%    S: ≤ 0.04%

#### Denominación según:

DIN: 34CrNiMo6 Q+T    W.Nº:    1.6582    AISI: 4340  
30CrNiMo8 Q+T

Acero de especial resistencia a la tracción y torsión. Muy buena resistencia al desgaste y al impacto. Se suministra en estado bonificado, lo que permite, en la mayoría de los casos, su aplicación sin necesidad de tratamiento térmico adicional. Utilizable a temperaturas de hasta 500 °C sin perder su bonificación.

#### Aplicaciones:

Acero especial al Cromo-Níquel, para partes de maquinarias y repuestos sometidos a muy altos esfuerzos dinámicos: cigüeñales, ejes de leva, árboles de transmisión, barras de torsión, ejes cardán, ejes de bombas, ejes para hélices de aviones, pernos y tuercas de alta tensión, rodillos de transportadoras, vástagos y pines, muñones, brazos de dirección, engranajes, discos de embrague, piezas de chasis, acoples, ejes de piñones, ruedas dentadas, moldes para inyección de plástico.

#### Características Mecánicas

##### Resistencia a la tracción:

100 – 118 kg/mm<sup>2</sup> (140 – 168 psi)

##### Límite de fluencia:

65 – 75 kg/mm<sup>2</sup> (92,419 – 106,672 psi)

##### U.T.S.:

1000 – 1180 MPa

##### Alargamiento:

min. 15%

##### Contracción:

min. 55%

##### Resistencia:

(DVM) min. 10 kg/cm<sup>2</sup>

##### Mecanizado:

Se puede mecanizar con herramientas de corte de acero rápido.

##### Estado de entrega:

Bonificado a 100 – 118 kg/mm<sup>2</sup> y liberado de tensiones (290 – 330 HB; 30 – 35 HRC).

#### Instrucciones para el Tratamiento Térmico

##### Forjar:

1050 – 850 °C. Enfriamiento lento en el horno.

##### Normalizar:

850 – 880 °C

##### Recocer blando:

650 – 700 °C. Enfriamiento lento en el horno.

##### Temple:

830 – 860 °C. Enfriamiento en aceite.

##### Revenido:

Según necesidad.

##### Nitruración:

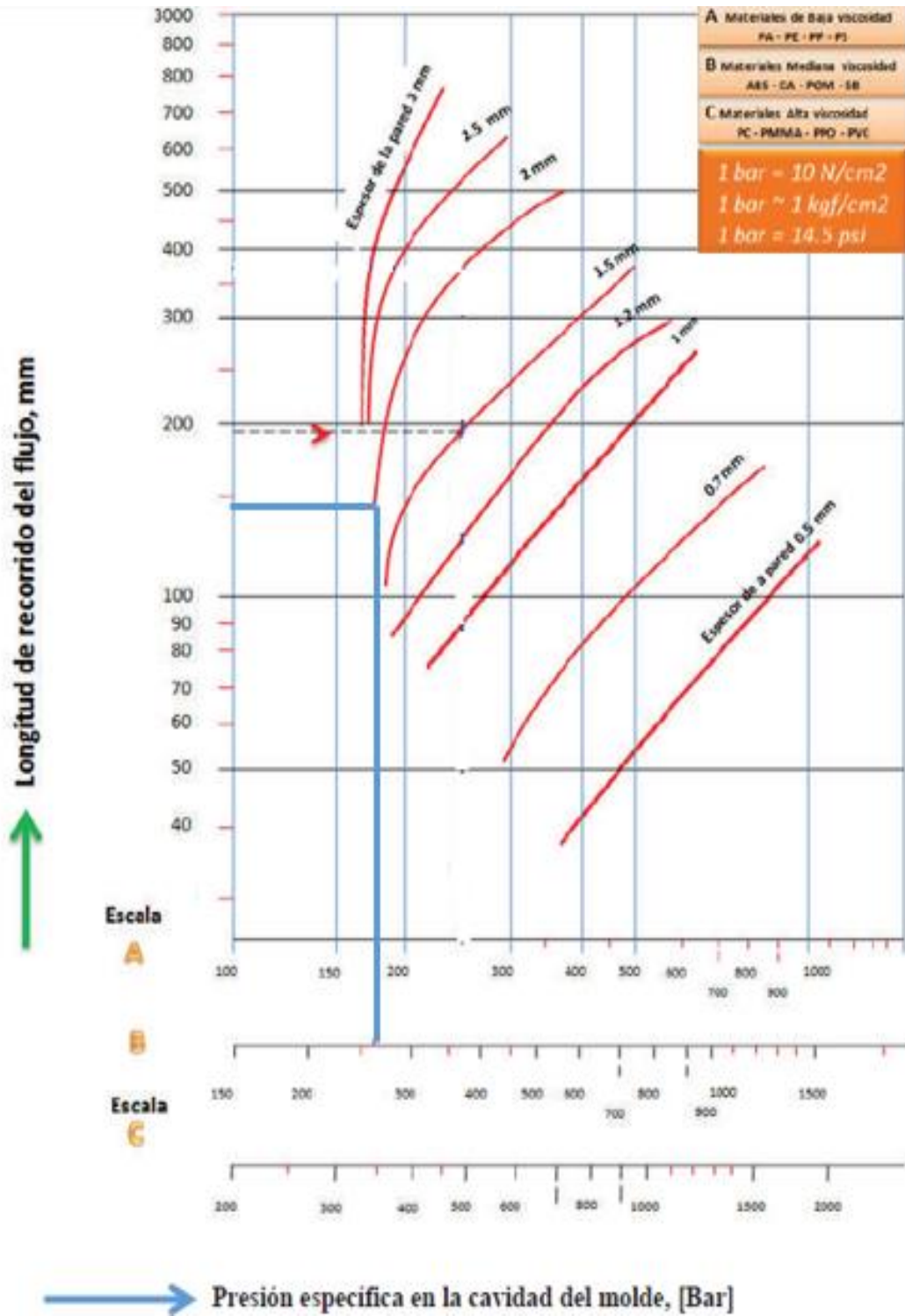
550 – 570 °C. Proceso Tenifer.

*Fuente: Böhler, “Catálogo de aceros”.*

## Anexo 9 “Propiedades Máquina Inyectora Milacron MTH55”

MILACRON MTH 55		
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		
UNIDAD DE INYECCIÓN	VALOR	UNIDADES
Capacidad máxima de inyección	171	G
Desplazamiento teórico	180	Cc
Presión máxima de inyección	1204	Bar
Velocidad de inyección	147	cc/seg
Carrera del tornillo de inyección	130	Mm
Diámetro del tornillo	42	Mm
Radio del tornillo L/D	17	
Velocidad del tornillo	250	Rpm
Torque del tornillo	676	Nm
Capacidad de plastificación	22	g/seg
Capacidad calorífica total	7.3	Kw
UNIDAD DE CIERRE	VALOR	UNIDADES
Fuerza de cierre	50	Ton
Carrea de cierre	280	Mm
Altura de molde (Min/Max)	150/350	Mm
Tamaño del plato	500 x 485	Mm
Distancia entre barras	325 x 310	Mm
Diámetro de las barras	55	Mm
Carrera máxima del cilindro expulsor	100	Mm
Fuerza del cilindro expulsor	6.2	Tons
UNIDAD DE POTENCIA	VALOR	UNIDADES
Motor eléctrico	11(15)	kw(HP)
Dimensiones de la máquina (LxWxH)	3.55 X 1.2 X 2.1	Mm
Peso de la máquina	2465	Kg
Capacidad total del aceite	208	L

Anexo 10 “Diagrama espesor de pared, longitud de recorrido de flujo y presión específica”



Fuente: A. Flores y D. Martínez, "Diseño, simulación y construcción de una matriz para inyección de cubiertos de polipropileno", Quito, 2015.

### Anexo 11 “Diámetros recomendados para los canales de distribución”

Material	Diámetro	
	in	mm
<b>ABS</b>	0.187-0.375	4.7-9.5
<b>Acetal</b>	0.125-0.375	3.4-9.5
<b>Acrílico</b>	0.312-0.375	7.5-9.5
<b>Nylon</b>	0.062-0.375	1.5-9.5
<b>Policarbonato</b>	0.187-0.375	4.7-9.5
<b>Poliéster</b>	0.187-0.375	4.7-9.5
<b>Polietileno</b>	0.062-0.375	1.5-9.5
<b>Polipropileno</b>	0.187-0.375	4.7-9.5
<b>PPO</b>	0.250-0.375	6.3-9.5
<b>Poli estireno</b>	0.125-0.375	3.1-9.5
<b>PVC</b>	0.125-0.375	3.1-9.5

*Fuente: A. Flores y D. Martínez, "Diseño, simulación y construcción de una matriz para inyección de cubiertos de polipropileno", Quito, 2015.*

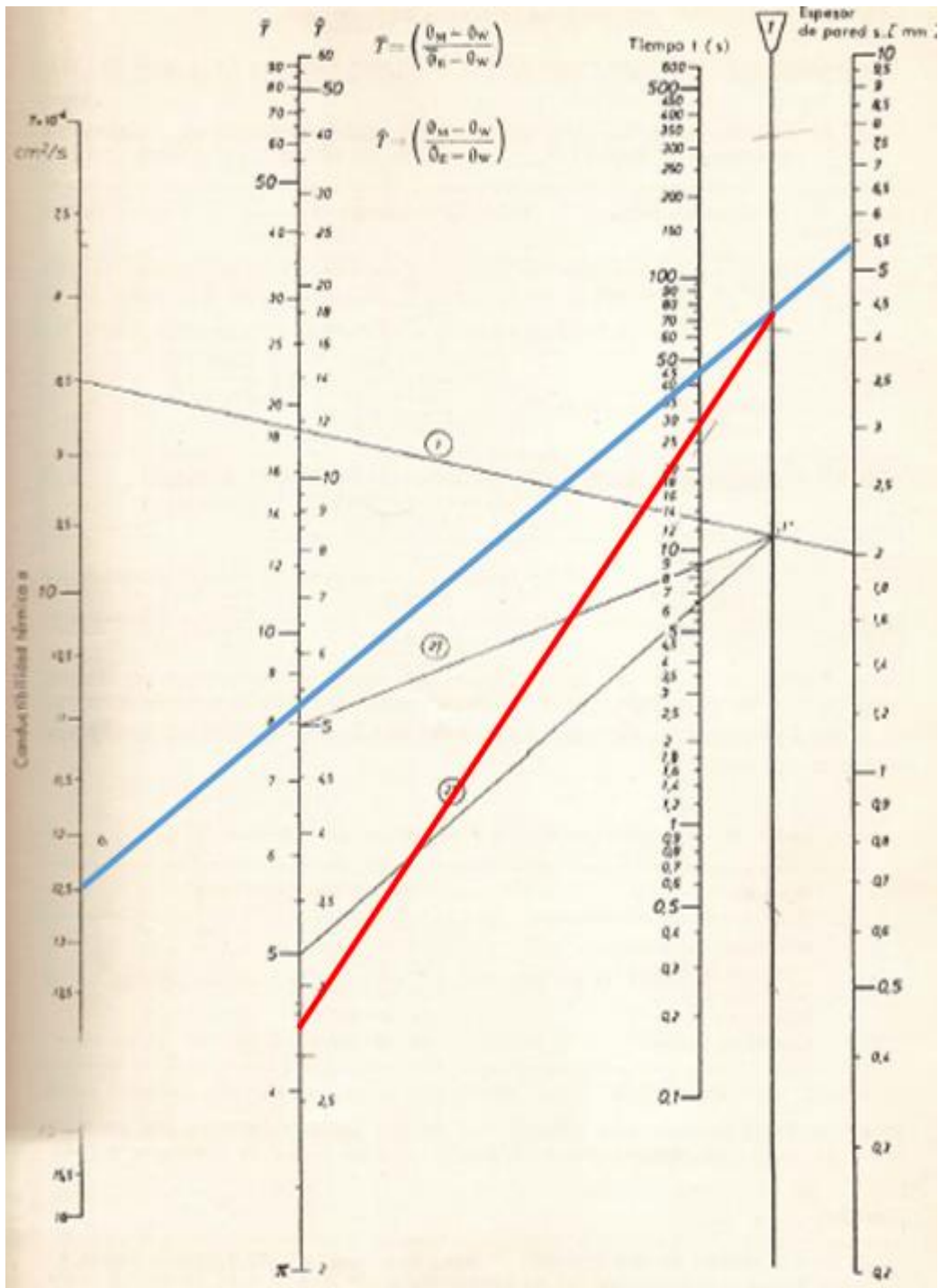
## Anexo 12 “Temperaturas de trabajo para ABS”

MATERIAL	$\theta_{24}$ Temperatura de elaboración [ ° C ]	$\theta_{22}$ Temperatura del molde [ ° C ]
Poliétileno baja densidad	170 - 260	0 - 70
Poliétileno alta densidad	220 - 320	0 - 70
Poliestireno normal	200 - 250	30 - 60
Poliestireno antichoques	200 - 250	30 - 60
Poliamida 6	240 - 290	60 - 100
Poliamida 6 + Fibra de vidrio	260 - 310	80 - 120
Poliamida 6.6	260 - 300	40 - 120
Poliamida 6.6 + Fibra de vidrio	280 - 320	60 - 120
Poliamida 6.10	230 - 260	80 - 120
Estireno - acrilonitrilo	230 - 260	50 - 80
Polimetacrilato	170 - 230	40 - 90
Policarbonato	280 - 310	85 - 120
Copolímero acetal	180 - 230	70 - 130
Cloruro de Polivinilo Blando	180	20 - 80
Cloruro de Polivinilo duro	160 - 190	20 - 80
Polipropileno	180 - 280	0 - 80
Acetato de celulosa	180 - 230	40 - 80
Acetobutirato de celulosa	180 - 220	40 - 80
Propionato de celulosa	180 - 220	40 - 80
Acrilnitrilo - estireno - butadieno (ABS)	180 - 240	50 - 60

Plásticos	Temperatura de desmoldeo (°C)
SAN	80 - 95
PC	140
ABS	80-100
POM	140
PA 6/6	110
PA 6	100
PA 6 FV	130

Fuente: G. y. O. Menges, "Moldes para inyección de plásticos", Gustavo G, 1975.

Anexo 13 “Nomograma para cálculo de tiempo de refrigeración”



Fuente: G. y. O. Menges, "Moldes para inyección de plásticos", Gustavo G, 1975.

## Anexo 14 “Propiedades Acero AISI 420”

### ACERO INOXIDABLE 420 (UNS S42000)

1. **Descripción:** éste acero inoxidable tiene buena ductilidad en la condición de recocido, pero es capaz de ser endurecido hasta 52 HRC, la dureza máxima que se puede conseguir en los aceros inoxidables con 12% de cromo. La mayor resistencia a la corrosión para este grado es lograda cuando el metal es endurecido y luego rectificado o pulido. En la condición de endurecido tiene buena resistencia a la atmósfera, alimentos, agua fresca y ácidos y bases medios. La resistencia a la corrosión es muy baja en la condición de recocido. No se recomienda utilizar en temperaturas mayores de los 370 °C

2. **Normas involucradas:** ASTM A 176

3. **Propiedades mecánicas:** Resistencia a la fluencia 345 MPa (50 KSI)  
Resistencia máxima 690 MPa (100 KSI)  
Elongación 15 % (en 50mm)  
Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)  
Dureza de suministro: 235 Brinell

4. **Propiedades físicas:** Densidad 7.8 g/cm<sup>3</sup> (0.28 lb/in<sup>3</sup>)

5. **Propiedades químicas:** 0.15 % C mín  
1.00 % Mn  
1.00 % Si  
12.0 – 14.0 % Cr  
0.04 % P  
0.03 % S

6. **Usos:** para producir cuchillos, hojas de navaja, instrumentos quirúrgicos, válvulas de agujas, partes de tijeras.

7. **Tratamientos térmicos:** el recocido se logra luego de calentarlo hasta 845 – 900 °C, seguido de un enfriamiento lento en el horno hasta 535 °C y luego enfriamiento al aire. El endurecimiento se da con un calentamiento entre 980 – 1035 °C y con enfriamiento en aceite o al aire. El temple en aceite es necesario para piezas grandes. El revenido se hace entre 200 y 650°C, no se recomienda revenir entre 430 y 535 °C ya que la resistencia al impacto es muy baja.

**NOTA:**

Los valores expresados en las propiedades mecánicas y físicas corresponden a los valores promedio que se espera cumple el material. Tales valores son para orientar a aquella persona que debe diseñar o construir algún componente o estructura pero en ningún momento se deben considerar como valores estrictamente exactos para su uso en el diseño.









*Fuente: Sumindu, “Catálogo de Aceros especiales e inoxidables”.*

### Anexo 15 “Constante de condiciones en extremos de columnas”

Condiciones de extremos de columnas	Constante C de condición de extremos		
	Valor teórico	Valor conservador	Valor recomendado*
Empotrado-libre	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$
Articulado-articulado	1	1	1
Empotrado-articulado	2	1	1.2
Empotrado-empotrado	4	1	1.2

*Fuente: R. Budynas y K. Nisbett, "Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, McGraw-Hill", 2008.*

### Anexo 16 “Características de pernos M10”

Grado SAE núm.	Intervalo de tamaños, inclusive, pulg	Resistencia de prueba mínima,* kpsi	Resistencia mínima a la tensión,* kpsi	Resistencia mínima a la fluencia,* kpsi	Material	Marca en la cabeza
1	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	33	60	36	Acero de bajo o medio carbono	
2	$\frac{1}{8}$ - $\frac{3}{4}$ $\frac{7}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	55	74	57	Acero de bajo o medio carbono	
		33	60	36		
4	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	65	115	100	Acero de medio carbono, estirado en frío	
5	$\frac{1}{4}$ -1 $1\frac{1}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	85	120	92	Acero de medio carbono, T y R	
		74	105	81		
5.2	$\frac{1}{4}$ -1	85	120	92	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	
7	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	105	133	115	Acero de aleación de medio carbono, T y R	
8	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	120	150	130	Acero de aleación de medio carbono T y R	
8.2	$\frac{1}{4}$ -1	120	150	130	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	

*Fuente: R. Budynas y K. Nisbett, "Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, McGraw-Hill", 2008.*



### Anexo 17 “Características de pernos M10 Área de esfuerzo de tensión”

Diámetro mayor nominal $d_r$ mm	Serie de paso grueso			Serie de paso fino		
	Paso $p_r$ mm	Área de esfuerzo de tensión $A_t$ , mm <sup>2</sup>	Área del diámetro menor $A_r$ , mm <sup>2</sup>	Paso $p_r$ mm	Área de esfuerzo de tensión $A_t$ , mm <sup>2</sup>	Área del diámetro menor $A_r$ , mm <sup>2</sup>
1.6	0.35	1.27	1.07			
2	0.40	2.07	1.79			
2.5	0.45	3.39	2.98			
3	0.5	5.03	4.47			
3.5	0.6	6.78	6.00			
4	0.7	8.78	7.75			
5	0.8	14.2	12.7			
6	1	20.1	17.9			
8	1.25	36.6	32.8	1	39.2	36.0
10	1.5	58.0	52.3	1.25	61.2	56.3
12	1.75	84.3	76.3	1.25	92.1	86.0
14	2	115	104	1.5	125	116
16	2	157	144	1.5	167	157
20	2.5	245	225	1.5	272	259
24	3	353	324	2	384	365
30	3.5	561	519	2	621	596
36	4	817	759	2	915	884
42	4.5	1 120	1 050	2	1 260	1 230
48	5	1 470	1 380	2	1 670	1 630
56	5.5	2 030	1 910	2	2 300	2 250
64	6	2 680	2 520	2	3 030	2 980
72	6	3 460	3 280	2	3 860	3 800
80	6	4 340	4 140	1.5	4 850	4 800
90	6	5 590	5 360	2	6 100	6 020
100	6	6 990	6 740	2	7 560	7 470
110				2	9 180	9 080

Fuente: R. Budynas y K. Nisbett, "Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, McGraw-Hill", 2008.

### Anexo 18 “Coeficiente de rozamiento”

Material del tornillo	Material de la tuerca			
	Acero	Bronce	Latón	Hierro fundido
Acero, seco	0.15-0.25	0.15-0.23	0.15-0.19	0.15-0.25
Acero, aceite para máquina	0.11-0.17	0.10-0.16	0.10-0.15	0.11-0.17
Bronce	0.08-0.12	0.04-0.06	—	0.06-0.09

Fuente: R. Budynas y K. Nisbett, "Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, McGraw-Hill", 2008.

**Anexo 19 “Longitud de la parte roscada de agarre.”**

$$L_T = \begin{cases} 2d + 6 & L \leq 125 \quad d \leq 48 \\ 2d + 12 & 125 < L \leq 200 \\ 2d + 25 & L > 200 \end{cases}$$



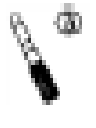


**Fuente:** R. Budynas y K. Nisbett, "Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, McGraw-Hill", 2008.

## Anexo 20 “Velocidades de corte”

<b>Tabla 1. VELOCIDADES DE CORTE <math>V_c</math> (m/min) Y AVANCES PARA TRABAJAR DIVERSOS MATERIALES EN LAS MAQUINAS-HERRAMIENTAS</b> <b>VALORES MEDIOS UTILIZADOS HERRAMIENTAS DE METAL DURO (WIDIA) O SIMILAR</b>						
Material a trabajar	Fresas Normales			Fresado con coronas de cuchillas		
	Marca Widia	$V_c = \text{m/min}$	$f_z$	Marca Widia	$V_c = \text{m/min}$	$f_z$
Acero hasta 75 kg/mm <sup>2</sup>	a 1	100 – 120	0.02 – 0.0	a 1	150 – 250	0.02 – 0.05
	a 3	40 – 50	0.05 – 0.5	a 3	40 – 60	0.05 – 0.15
Acero 75 – 100 kg/mm <sup>2</sup>	a 1	80 – 100	0.02 – 0.03	a 1	120 – 150	0.02 – 0.05
	a 3	25 – 35	0.05 – 0.1	a 3	40 – 50	0.05 – 0.15
Acero 110 – 125 kg/mm <sup>2</sup>	a 1	60 – 80	0.02 – 0.03	a 1	80 – 120	0.02 – 0.05
	a 3	20 – 30	0.02 – 0.05	a 3	30 – 35	0.05 – 0.08
Acero más de 125 kg/mm <sup>2</sup>	a 1	30 – 50	0.01 – 0.03	a 1	50 – 70	0.02 – 0.03
	a 3	15 – 20	0.02 – 0.05	a 3	20 – 25	0.02 – 0.05
Acero Fundido hasta 50 kg/mm <sup>2</sup>	a 1	100 – 120	0.02 – 0.05	a 1	150 – 250	0.02 – 0.05
	a 3	40 – 50	0.05 – 0.1	a 3	40 – 60	0.05 – 0.15
Acero Fundido más de 70 kg/mm <sup>2</sup>	a 1	80 – 100	0.02 – 0.03	a 1	120 – 150	0.02 – 0.05
	a 3	25 – 35	0.05 – 0.1	a 3	40 – 50	0.05 – 0.15
Fundición Gris hasta 200 Brinell	G 1	50 – 60	0.1 – 0.15	G 1	120 – 180	0.1 – 0.2
Fundición Gris más de 200 Brinell	H 1	30 – 40	0.05 – 0.1	H 1	35 – 45	0.05 – 0.1
Fundición roja, Bronce, Latón	G 1	80 – 100	0.05 – 0.1	G 1	100 – 250	0.1 – 0.15
Metales ligeros	G 1	100 – 800	0.1 – 0.15	G 1	800 – 1500	0.1 – 0.25
Aleaciones de Aluminio	G 1	50 – 70	0.05 – 0.15	G 1	200 – 500	0.1 – 0.2
Materiales plásticos	G 1	80 – 100	0.05 – 0.1	G 1	100 – 200	0.1 – 0.2
Acero Inoxidable	a 1	60 – 80	0.01 – 0.03	a 1	80 – 100	0.02 – 0.03
	a 3	20 – 30	0.02 – 0.05	a 3	30 – 35	0.02 – 0.05
Metal MONEL	a 1	70 – 90	0.01 – 0.03	a 1	90 – 110	0.02 – 0.03
	a 3	30 – 40	0.02 – 0.03	a 3	40 – 50	0.02 – 0.05

**Fuente:** CASILLAS, A. *Máquinas. Cálculos de taller. Cálculos para trabajos de fresado.* 23ª edición, pag 598.

Anexo 21 “Avances”

<b>Tabla 2. AVANCES <math>f_z</math> PARA TRABAJAR DIVERSOS MATERIALES EN LA MÁQUINAS FREASADORAS. VALORES MEDIOS UTILIZANDO HERRAMIENTAS DE ACERO RÁPIDO 18 – 20% W</b>						
	<b>Tipo de fresas</b>					
	<b>Material a fresar</b>	<b>Avance en milímetros por diente de la fresa</b>				
<b>ACEROS</b>	40 – 50 kg/mm <sup>2</sup>	0.075	0.30	0.20	0.10	0.20
	50 – 60 kg/mm <sup>2</sup>	0.06	0.30	0.20	0.09	0.20
	60 – 85 kg/mm <sup>2</sup>	0.045	0.25	0.15	0.08	0.15
	<b>85 – 110 kg/mm<sup>2</sup></b>	0.037	0.20	0.15	0.07	<b>0.12</b>
	110 – 140 kg/mm <sup>2</sup>	0.026	0.15	0.10	0.06	0.10
	140 – 180 kg/mm <sup>2</sup>	0.02	0.10	0.07	0.05	0.10
<b>ACERO MOLDEADO</b>	38 kg/mm <sup>2</sup>	0.075	0.20	0.20	0.09	0.10
	45 kg/mm <sup>2</sup>	0.06	0.20	0.15	0.08	0.10
	52 kg/mm <sup>2</sup>	0.05	0.20	0.15	0.08	0.10
<b>ACERO INOXIDABLE</b>		0.037	0.15	0.10	0.05	0.10
<b>METAL MONEL</b>		0.045	0.30	0.15	0.06	0.10
<b>ALUMINOS, MAGNESIO, LATÓN DULCE</b>		0.12	0.20	0.20	0.10	0.15
<b>ALIACIONES DE ALUMINOS. LATÓN DURO</b>		0.09	0.20	0.15	0.10	0.10
<b>CUPRO – ALUMINIO</b>		0.06	0.15	0.15	0.10	0.10
<b>COBRE PARA COLECTORES</b>		0.09	0.20	0.20	0.10	0.10
<b>MATERIALES PLÁSTICOS</b>		0.07	0.20	0.20	0.10	0.10
<b>BRONCE CORRIENTE</b>		0.075	0.30	0.15	0.10	0.15
<b>BRONCE FOSFOROSO</b>		0.052	0.25	0.10	0.08	0.12

**Fuente:** CASILLAS, A. *Máquinas. Cálculos de taller. Cálculos para trabajos de fresado.* 23ª edición, pag 596.

## Anexo 22 “Avances”

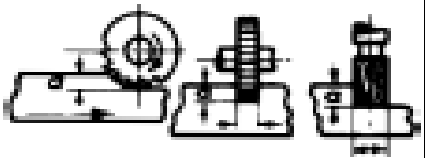
<b>Tabla 3. VALORES MEDIOS PARA DESHASTAR EN LA MAQUINA FRESADORA UTILIZANDO FRESAS CILINDRICAS DE PLANEAR</b>				
<b>Material</b>		<b>Avance en mm por diente de la fresa (f<sub>d</sub>)</b>		
		<b>Máquinas corrientes</b>	<b>Máquinas fuertes</b>	<b>Máquinas muy fuertes</b>
<b>Acero</b>	40 – 50 kg/mm <sup>2</sup>	0.10	0.20	0.25
	50 – 60 kg/mm <sup>2</sup>	0.08	0.17	0.20
	60 – 85 kg/mm <sup>2</sup>	0.06	0.15	0.17
	85 – 110 kg/mm <sup>2</sup> *	0.05	0.10	0.12
	110 – 140 kg/mm <sup>2</sup> *	0.035	0.075	0.10
	140 – 180 kg/mm <sup>2</sup> *	0.025	0.05	0.075
<b>Acero Moldeado</b>	30 kg/mm <sup>2</sup>	0.10	0.20	0.25
	45 kg/mm <sup>2</sup>	0.08	0.17	0.20
	52 kg/mm <sup>2</sup>	0.07	0.15	0.17
<b>Acero Inoxidable</b>		0.05	0.12	0.15
<b>Metal Monel</b>		0.06	0.15	0.17
<b>Aluminio, Latón dulce, Magnesio</b>		0.17	0.40	0.45
<b>Aleación Aluminio, Latón duro</b>		0.12	0.25	0.30
<b>Cupro – Aluminio</b>		0.08	0.17	0.20
<b>Cobre para colectores</b>		0.09	0.20	0.25
<b>Materiales plásticos</b>		0.09	0.20	0.25
<b>Bronce corriente</b>		0.10	0.25	0.30
<b>Bronce Fosforoso</b>		0.07	0.15	0.17
<b>Hierro Fundido</b>	15 kg/mm <sup>2</sup>	0.08	0.30	0.35
	18 kg/mm <sup>2</sup>	0.08	0.25	0.30
	22 kg/mm <sup>2</sup>	0.07	0.20	0.25
	26 kg/mm <sup>2</sup>	0.07	0.17	0.20
<p>Para afilado debe reducirse el avance el 25%</p> <p>Profundidad de fresado para desbaste, 8 a 12 mm</p> <p>Profundidad de fresado para afilado, 1mm</p> <p>*Resistencia de aceros aleados después de tratados (estado de resaca)</p> <p>Es indispensable normalizar las fresas en tres grupos</p> <p>1. Aceros Normales 2. Materiales duros, Fundición y Bronces. 3. Metales Ligeros</p>				
<p><b>Fuente:</b> CASILLAS, A. Máquinas. Cálculos de taller. Cálculos para trabajos de fresado. 23ª edición. pag 600.</p>				

Anexo 23 “Volumen de viruta”

<b>Tabla 5. <math>C_v</math> = VOLUMEN DE VIRUTA EN <math>\text{cm}^3</math> QUE PUEDE CORTAR POR kW MINUTO</b>	
<b>Material a fresar</b>	<b><math>C = \text{Volumen cortado en } \text{cm}^3/\text{kWmin}</math></b>
Acero de 40 – 60 $\text{kg}/\text{mm}^2$	14
Acero de 60 – 85 $\text{kg}/\text{mm}^2$	12
Acero de 85 – 110 $\text{kg}/\text{mm}^2$	10
<b>Acero de 110 – 180 <math>\text{kg}/\text{mm}^2</math></b>	<b>8</b>
Fundición blanda 180 Brinell	25
Fundición Semidura 200 Brinell	20
Latón	40
Bronce corriente	30
Bronce fosforoso	20
Aluminio	65
Aleaciones de Aluminio	50

**Fuente:** CASILLAS, A. *Máquinas. Cálculos de taller. Cálculos para trabajos de fresado.* 23ª edición, pág. 395.

Anexo 24 “Ancho de herramienta a utilizar”

<b>Tabla 4. NORMALIZACIÓN DE LAS PROFUNDIDADES DE FRESDADO</b>			
	<b>Profundidades de fresado (a) y ancho de corte</b>		
	<b>Fresado en terminación y con pasada única</b>	<b>Fresado en desbaste</b>	<b>Fresado en afinado</b>
<b>1. Fresas Cilíndricas</b>	Todo el ancho de la fresa, $a = 3 \text{ mm}$	Todo el ancho de la fresa, $a = 5 - 8 \text{ mm}$	Todo el ancho de la fresa, $a = 1 \text{ mm}$
<b>2. Fresas Frontales</b>	Ancho = al diámetro de la fresa, $a = 3 \text{ mm}$	La mitad del diámetro de la fresa, $a = 5 \text{ mm}$	Igual al diámetro de la fresa, $a = 1 \text{ mm}$
<b>3. Fresas Frontales de mango</b>	Igual al diámetro de la fresa, $a = 2 \text{ mm}$	La mitad del diámetro de la fresa, $a = 4 \text{ mm}$	Igual al diámetro de la fresa, $a = 0.5 \text{ mm}$
<b>4. Fresas de disco</b>	$a =$ Ancho de la fresa como máximo	$a =$ a la mitad del ancho de la fresa	$a = 5\%$ del ancho de la fresa
<b>5. Fresas de forma</b>	$a =$ Todo el perfil en pequeñas formas	$a = 1.$ Pasada 45% altura, 2 45%	$a = 10\%$ de la altura de su forma

Nota: Para dar la profundidad de corte en la máquina, tomamos el 80% de la profundidad dada por el cálculo.

Fuente: CASILLAS, A. *Máquinas: Cálculos de taller. Cálculos para trabajos de fresado*. 23ª edición. pág. 597.

## Anexo 25 “Fresa para desbastar”

RS 100 U - Fresas de desbaste de alto rendimiento

RS 100 F - Fresas de desbaste de alto rendimiento



con corte al centro

Artículo nº	3887	3888				
Norma	DIN 6527 L					
Material de base	MD					
Superficie						
Aplicación						
Tipo	NF	NF				
Forma de mango	HA	HB				
Angulo de espiral	30°					
Tolerancia	h10	h10				
Grupo de producto	106	106				
Info técnica página	1026	1025, 1026				
d1	d2	l1	l2	l3	Z	Disponibilidad
mm	mm	mm	mm	mm		
6,000	5,700	57,00	13,00	21,00	4	
8,000	7,700	63,00	18,00	27,00	4	
10,000	9,500	72,00	22,00	30,00	4	
12,000	11,500	83,00	26,00	36,00	4	
14,000	13,500	93,00	28,00	38,00	4	
16,000	15,500	92,00	30,00	44,00	4	
18,000	17,500	92,00	30,00	44,00	4	
20,000	19,500	104,00	36,00	54,00	4	
25,000	24,000	121,00	45,00	65,00	5	

con corte al centro

Artículo nº	3889	3890				
Norma	DIN 6527 L					
Material de base	MD					
Superficie						
Aplicación						
Tipo	NF	NF				
Forma de mango	HA	HB				
Angulo de espiral	45°					
Tolerancia	h10	h10				
Grupo de producto	106	106				
Info técnica página	1026	1026				
d1	d2	l1	l2	l3	Z	Disponibilidad
mm	mm	mm	mm	mm		
6,000	5,700	57,00	13,00	21,00	5	
8,000	7,700	63,00	18,00	27,00	5	
10,000	9,500	72,00	22,00	32,00	5	
12,000	11,500	83,00	26,00	38,00	5	
14,000	13,500	93,00	28,00	38,00	5	
16,000	15,500	92,00	30,00	44,00	5	
18,000	17,500	92,00	30,00	44,00	5	
20,000	19,500	104,00	36,00	54,00	5	
25,000	24,000	121,00	45,00	65,00	5	

Fresas de alto rendimiento HPC.

Fuente: Guhring, “Catálogo de Herramientas para fresar”.



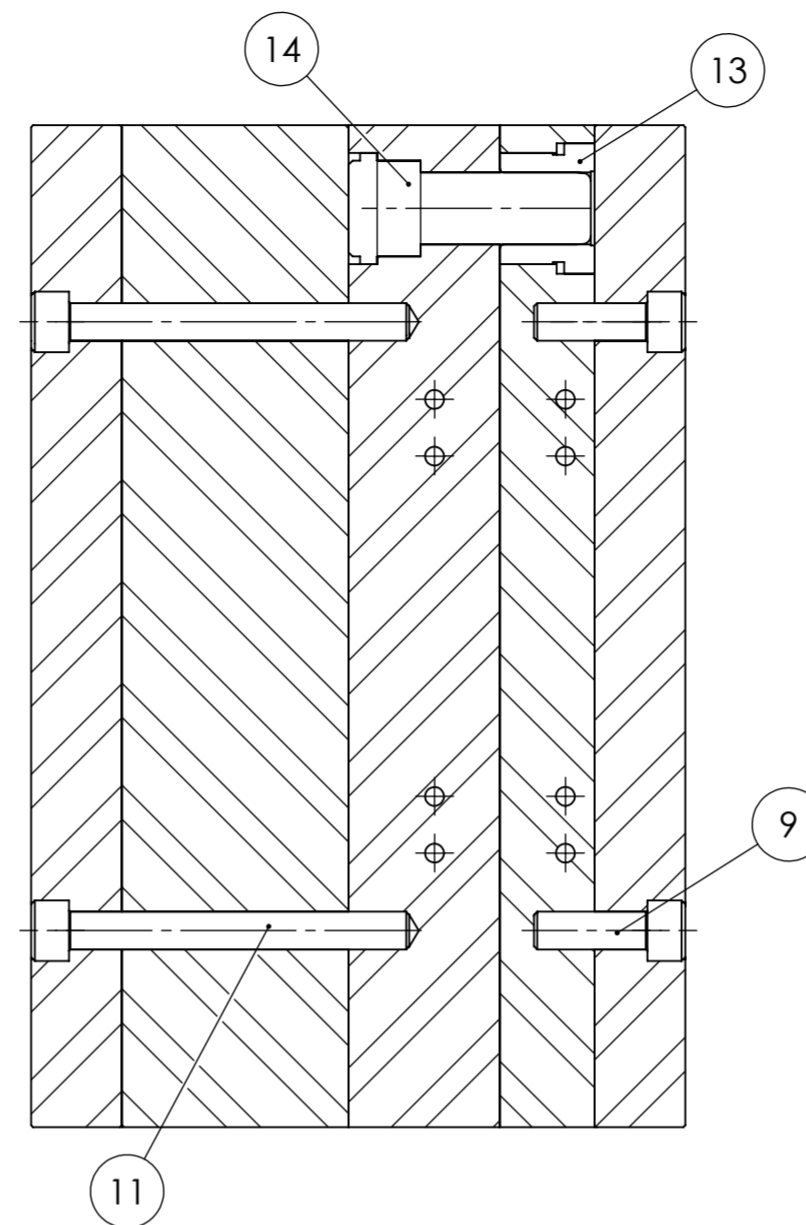
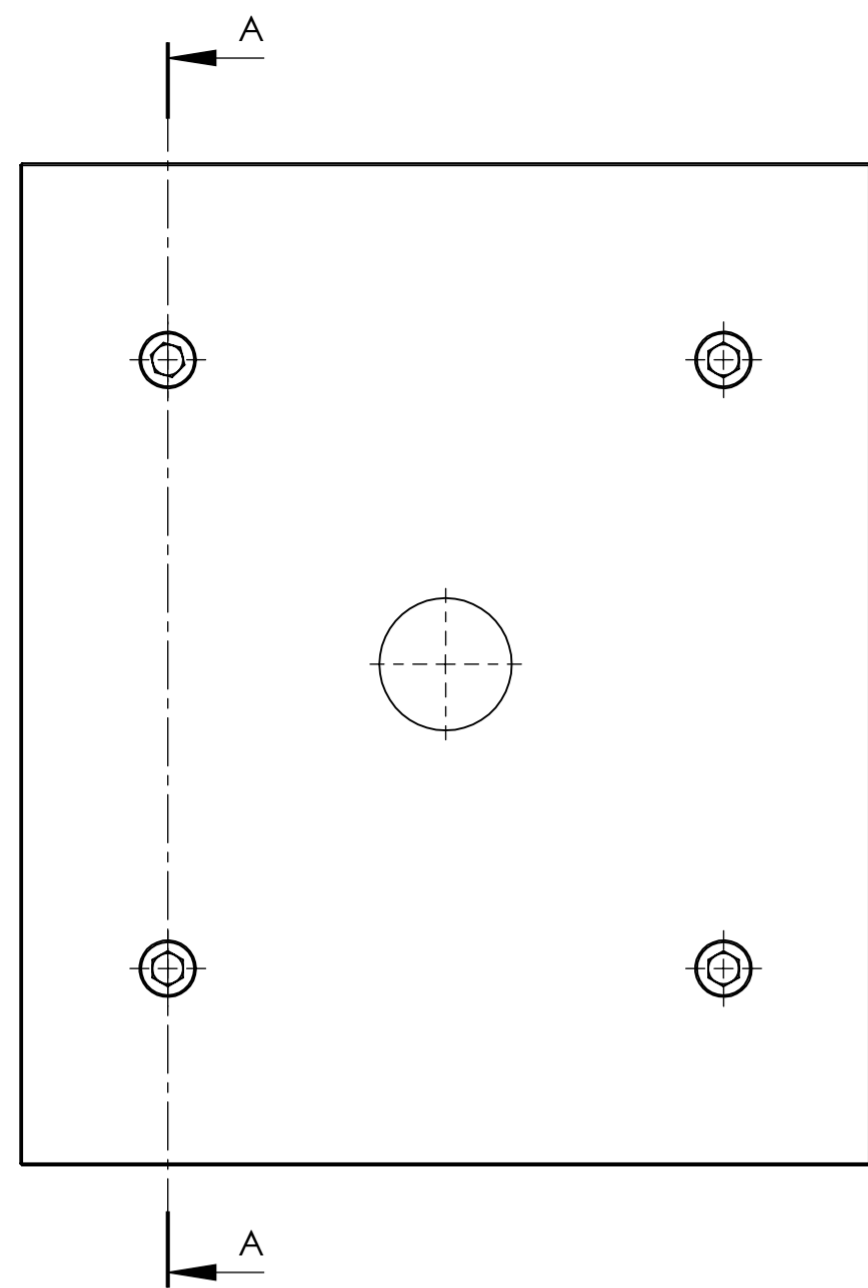
## Anexo 26 “Fresa para acabado”

Fresa frontal		Fresa frontal												
con corte al centro		con corte al centro												
Artículo nº	3428 3670	Artículo nº	3431 3692											
Norma	DIN 844 K	Norma	DIN 844 L											
Material de base	MM2	Materia de base	MM2											
Superficie		Superficie												
Aplicación		Aplicación												
Tipo	N N	Tipo	N N											
Forma de mango	B B	Forma de mango	B B											
Angulo de espiral	30°	Angulo de espiral	30°											
Tolerancia	k10 k10	Tolerancia	k10 k10											
Grupo de producto	112 112	Grupo de producto	112 112											
Info técnica página	1033 1033	Info técnica página	1033 1033											
Disponibilidad		Disponibilidad												
d1	d2	l1	l2	Z	d1	d2	l1	l2	Z	d1	d2	l1	l2	Z
mm	mm	mm	mm		mm	mm	mm	mm		mm	mm	mm	mm	
2,000	6,000	51,00	700	4	●	●	●	●	4	3,000	6,000	56,00	12,00	4
2,500	6,000	52,00	8,00	4	●	●	●	●	4	4,000	6,000	62,00	19,00	4
3,000	6,000	52,00	9,00	4	●	●	●	●	4	5,000	6,000	68,00	24,00	4
3,500	6,000	54,00	10,00	4	●	●	●	●	4	6,000	6,000	68,00	24,00	4
4,000	6,000	55,00	11,00	4	●	●	●	●	4	7,000	10,000	80,00	30,00	4
4,500	6,000	55,00	11,00	4	●	●	●	●	4	8,000	10,000	88,00	38,00	4
5,000	6,000	57,00	13,00	4	●	●	●	●	4	9,000	10,000	88,00	38,00	4
5,500	6,000	57,00	13,00	4	●	●	●	●	4	10,000	10,000	95,00	45,00	4
6,000	6,000	57,00	13,00	4	●	●	●	●	4	11,000	12,000	102,00	45,00	4
6,500	10,000	66,00	16,00	4	●	●	●	●	4	12,000	12,000	110,00	53,00	4
7,000	10,000	66,00	16,00	4	●	●	●	●	4	14,000	12,000	110,00	53,00	4
7,500	10,000	66,00	16,00	4	●	●	●	●	4	15,000	12,000	110,00	53,00	4
8,000	10,000	68,00	19,00	4	●	●	●	●	4	16,000	18,000	123,00	63,00	4
8,500	10,000	68,00	19,00	4	●	●	●	●	4	18,000	18,000	123,00	63,00	4
9,000	10,000	68,00	19,00	4	●	●	●	●	4	20,000	20,000	141,00	75,00	4
9,500	10,000	68,00	19,00	4	●	●	●	●	4	25,000	25,000	166,00	90,00	6
10,000	10,000	72,00	22,00	4	●	●	●	●	4	28,000	25,000	166,00	90,00	6
11,000	12,000	79,00	22,00	4	●	●	●	●	4	30,000	25,000	166,00	90,00	6
12,000	12,000	83,00	26,00	4	●	●	●	●	4	32,000	32,000	186,00	106,00	6
12,000	12,000	83,00	26,00	4	●	●	●	●	4	40,000	40,000	217,00	125,00	6
14,000	12,000	83,00	26,00	4	●	●	●	●	4					
15,000	12,000	83,00	26,00	4	●	●	●	●	4					
16,000	16,000	92,00	32,00	4	●	●	●	●	4					
18,000	16,000	92,00	32,00	4	●	●	●	●	4					
20,000	20,000	104,00	38,00	4	●	●	●	●	4					
22,000	20,000	104,00	38,00	6	●	●	●	●	6					
24,000	25,000	121,00	45,00	6	●	●	●	●	6					
25,000	25,000	121,00	45,00	6	●	●	●	●	6					
26,000	25,000	121,00	45,00	6	○	○	○	○	6					
28,000	25,000	121,00	45,00	6	●	●	●	●	6					
30,000	25,000	121,00	45,00	6	●	●	●	●	6					
32,000	32,000	133,00	53,00	6	●	●	●	●	6					

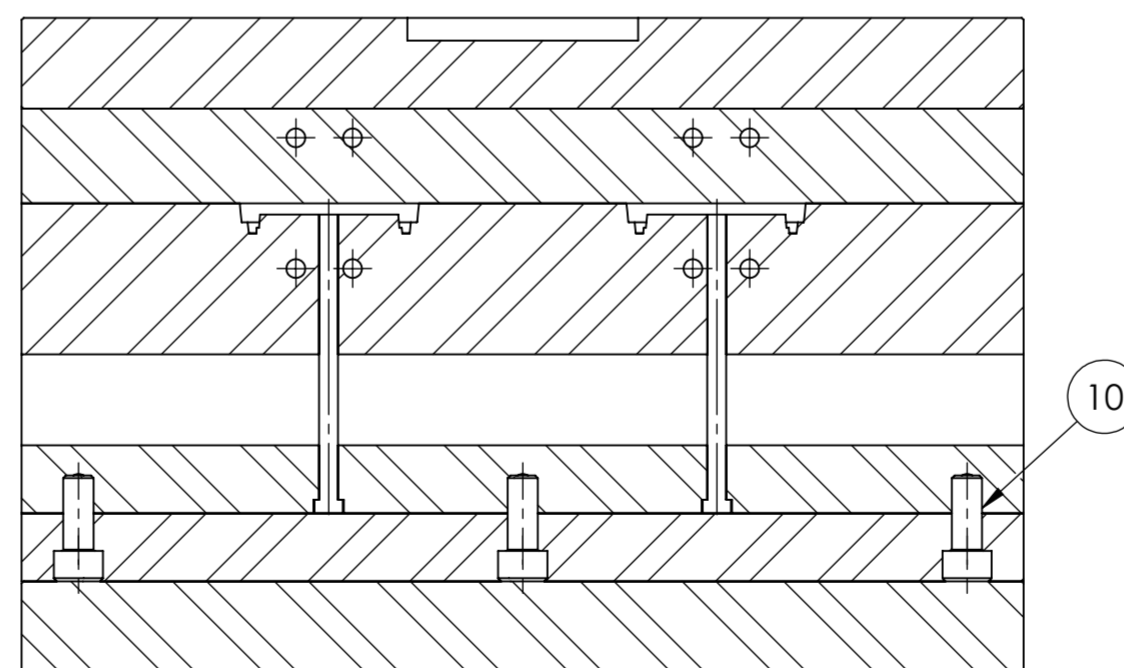
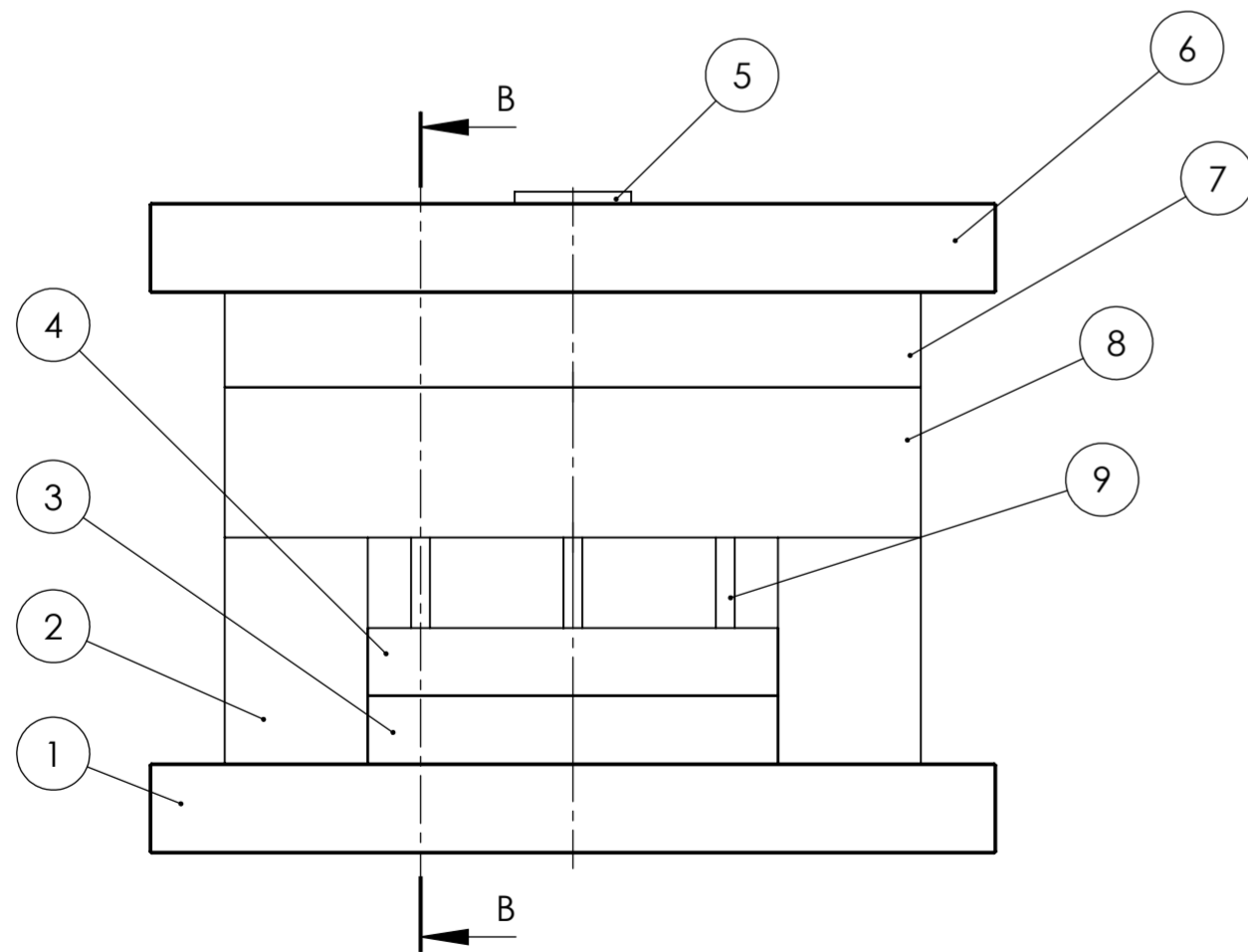
○ brillante    ● sulfonado    ● fase nitruada    ● nitruado    ● mamón dorado    ▲ TiAlN

1132 | **GOHRING**

Fuente: Guhring, “Catálogo de Herramientas para fresar”.



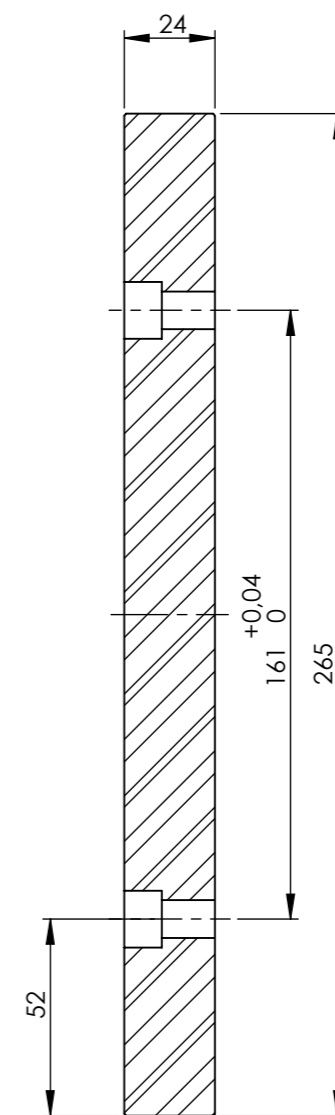
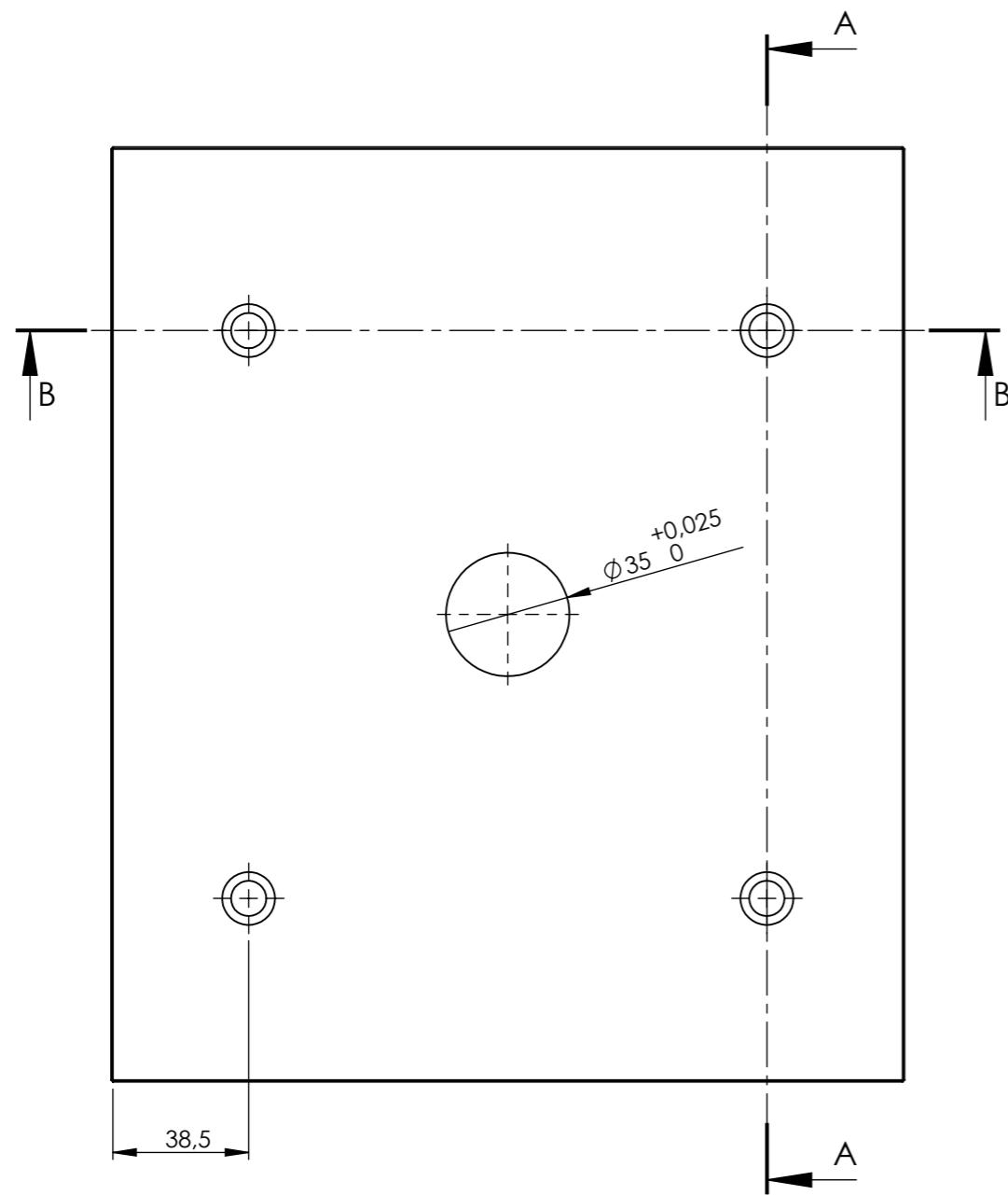
CORTE A-A  
ESCALA 1 : 2



CORTE B-B  
ESCALA 1 : 2

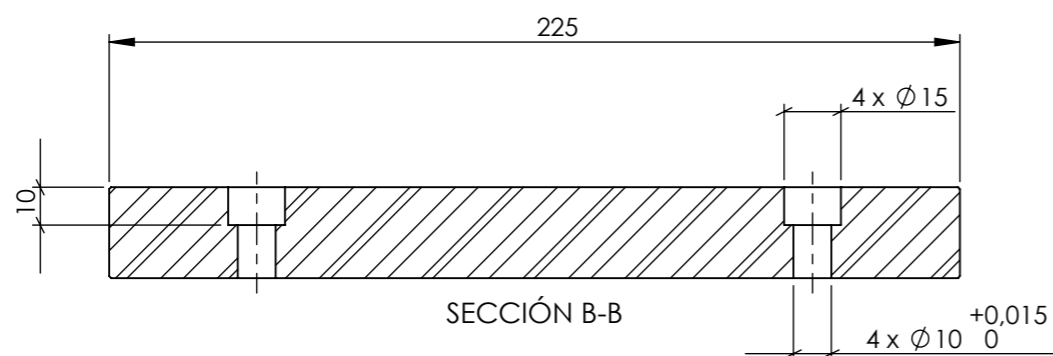
Nº de pieza	Denominación	No. de Norma/ Dibujo	Material	No. de orden	No. de modelo/ Semiproducto	Peso Kg	Observaciones
2	Pernos Guía	d=20*64mm	AISI 4340	14	Eje	0.167	Torneado
2	Casquillo	d=20x25mm	AISI 4340	13	Eje	0.08918	Torneado
4	Pernos Allen	M10	Acero templado	12	M10x1.5x35	----	----
4	Pernos Allen	M10	Acero templado	11	M10X1.5X100	----	----
6	Pernos Allen	M8	Acero templado	10	M8X1.25X27	----	----
9	Expulsores	d=5*79mm	AISI 420	9	Eje	0.01287	Torneado, Rectificado
1	Placa Portamolde Móvil	265x185x40	AISI P20	8	Plancha	14.61	Rectificado, Fresado
1	Placa Portamolde Fija	265x185x25	AISI P20	7	Plancha	9.13	Rectificado, Fresado
1	Placa Base Fija	265x225x24	AISI 1045	6	Plancha	10.69	Rectificado, Fresado
1	Bebedero	d=31x52mm	AISI 4340	5	Eje	0.267	Torneado, Rectificado
1	Placa de Expulsión guía	265x109x18	AISI 1045	4	Plancha	4.01	Rectificado, Fresado
1	Placa de Expulsión Base	265x109x18	AISI 1045	3	Plancha	4.01	Rectificado, Fresado
2	Paralelas	265x60x38	AISI 1045	2	Plancha	4.65	Rectificado, Fresado
1	Placa Base Móvil	265x225x24	AISI 1045	1	Plancha	10.95	Rectificado, Fresado

Tolerancia: ±0.1		Peso: 58.99 Kgr		Material: Acero AISI 1045, Acero AISI P20, Acero AISI 4340, Acero AISI 420	
Fecha: 14/06/2017		Nombre: David Casañas		TÍTULO: MOLDE ARCO ALMOHADILLADO	
Revisó: 14/06/2017		Ing. Mauricio Carrillo		Escala: 1:2	
Aprobó: 14/06/2017		Ing. Mauricio Carrillo		Registro: 01 de 13	
Edición:		Modificación:		N.º de lámina: 01 de 13	
Fecha:		Nombres:		Sustitución:	
U.T.A. INGENIERIA MECÁNICA					



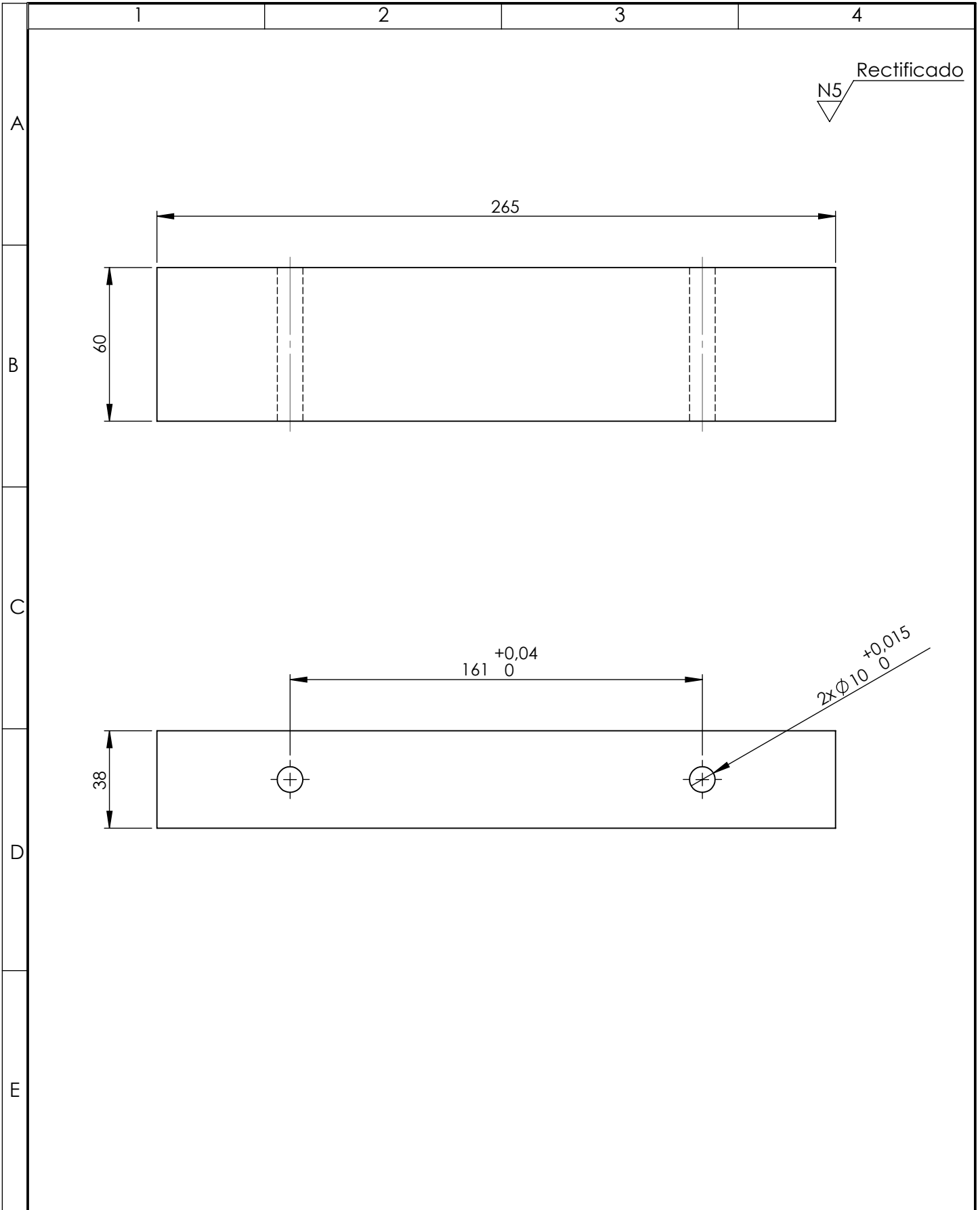
N5 Rectificado

SECCIÓN A-A



SECCIÓN B-B

				Tolerancia:	Peso:	Material:		
				±0,2	10.95 Kgr	Acero AISI 1045		
				Fecha	Nombre	Título:		Escala:
				Dibujó: 14/06/2017	David Casañas	PLACA BASE MÓVIL		1:2
				Revisó: 14/06/2017	Ing. Mauricio Carrillo			
				Aprobó: 14/06/2017	Ing. Mauricio Carrillo			
				U.T.A. INGENIERIA MECÁNICA		N.º de lámina:		Registro:
						02 de 13		
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:			Sustitución:		

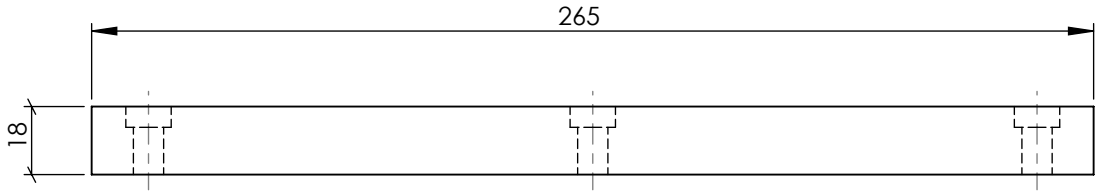


				Tolerancia:	Peso:	Material:			
				$\pm 0,2$	4.65 Kgr	Acero AISI 1045			
				Fecha	Nombre	Título:		Escala:	
				Dibujó	14/06/2017			David Casañas	1:2
				Revisó	14/06/2017			Ing. Mauricio Carrillo	
				Aprobó	14/06/2017	Ing. Mauricio Carrillo	Registro:		
				U.T.A.		N.º de lámina	03 de 13		
						INGENIERIA MECÁNICA			
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:	SUSTITUCION:					

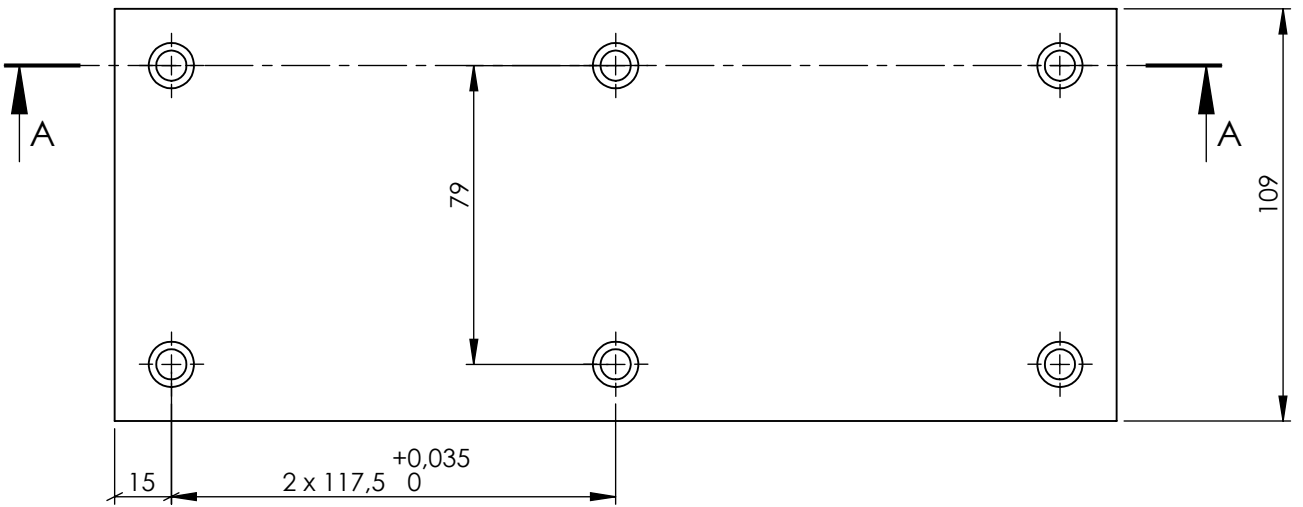
1 2 3 4

A

Rectificado  
N5

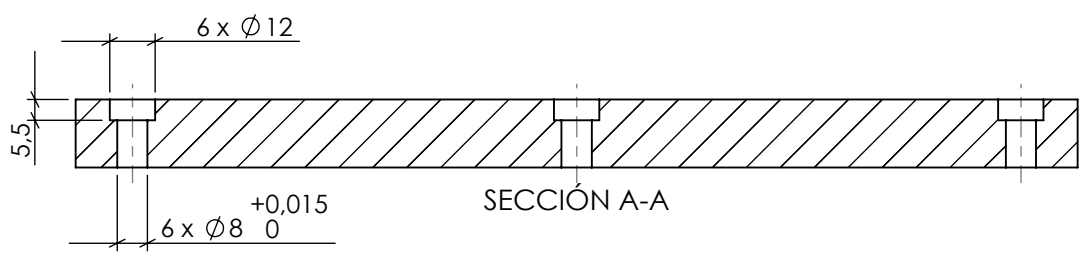


B



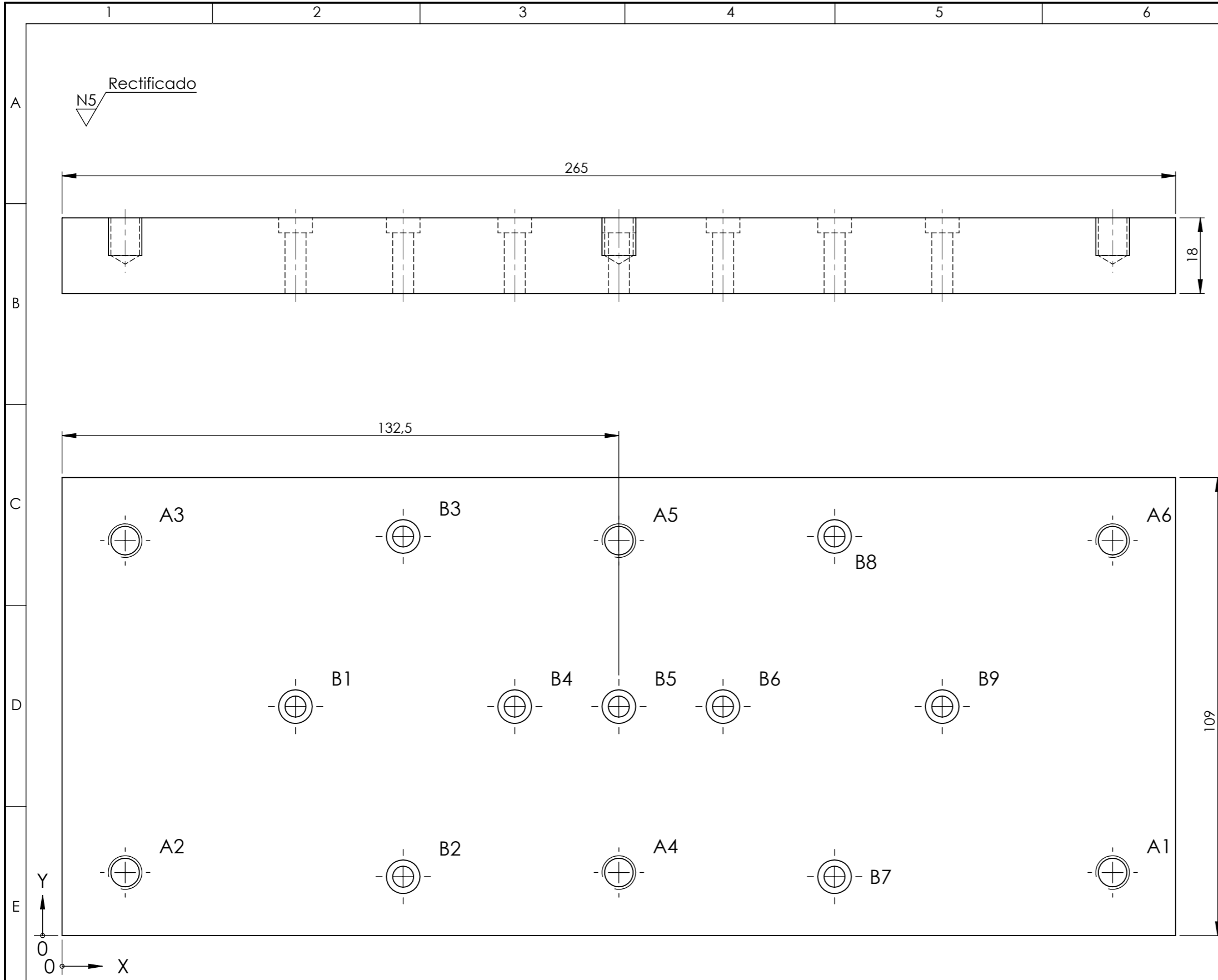
C

D



E

				Tolerancia: $\pm 0,2$	Peso: 4.01 Kgr	Material: Acero AISI 1045		
				Fecha	Nombre	Título: <b>PLACA DE EXPULSION BASE</b>		
				Dibujó	14/06/2017			David Casañas
				Revisó	14/06/2017			Ing. Mauricio Carrillo
				Aprobó	14/06/2017	Ing. Mauricio Carrillo	Escala: 1:2	
				U.T.A. INGENIERIA MECÁNICA		N.º de lámina 04 de 13		
Edición:    Modificación:    Fecha:    Nombre:						Sustitución:		Registro: 

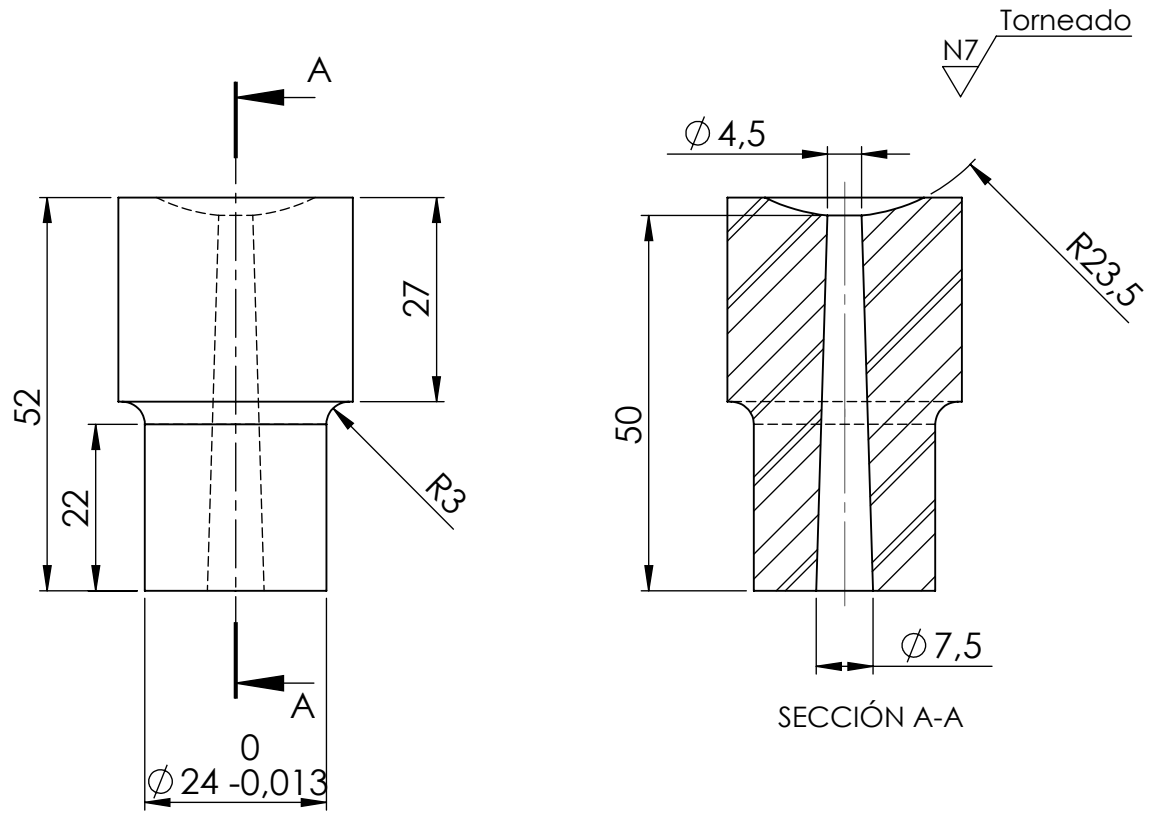


RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A2	15	15	$\phi 8 \nabla 9$ M8x1.25 - 6H $\nabla 9$
A3	15	94	$\phi 8 \nabla 9$ M8x1.25 - 6H $\nabla 9$
A4	132,50	15	$\phi 8 \nabla 9$ M8x1.25 - 6H $\nabla 9$
A5	132,50	94	$\phi 8 \nabla 9$ M8x1.25 - 6H $\nabla 9$
A1	250	15	$\phi 8 \nabla 9$ M8x1.25 - 6H $\nabla 9$
A6	250	94	$\phi 8 \nabla 9$ M8x1.25 - 6H $\nabla 9$
B1	55,54	54,50	$\phi 5$ POR TODO $\phi 8 \nabla 3,6$
B2	81,17	14,01	$\phi 5$ POR TODO $\phi 8 \nabla 3,6$
B3	81,17	94,99	$\phi 5$ POR TODO $\phi 8 \nabla 3,6$
B4	107,72	54,50	$\phi 5$ POR TODO $\phi 8 \nabla 3,6$
B5	132,50	54,50	$\phi 5$ POR TODO $\phi 8 \nabla 3,6$
B6	157,28	54,50	$\phi 5$ POR TODO $\phi 8 \nabla 3,6$
B7	183,83	14,01	$\phi 5$ POR TODO $\phi 8 \nabla 3,6$
B8	183,83	94,99	$\phi 5$ POR TODO $\phi 8 \nabla 3,6$
B9	209,46	54,50	$\phi 5$ POR TODO $\phi 8 \nabla 3,6$

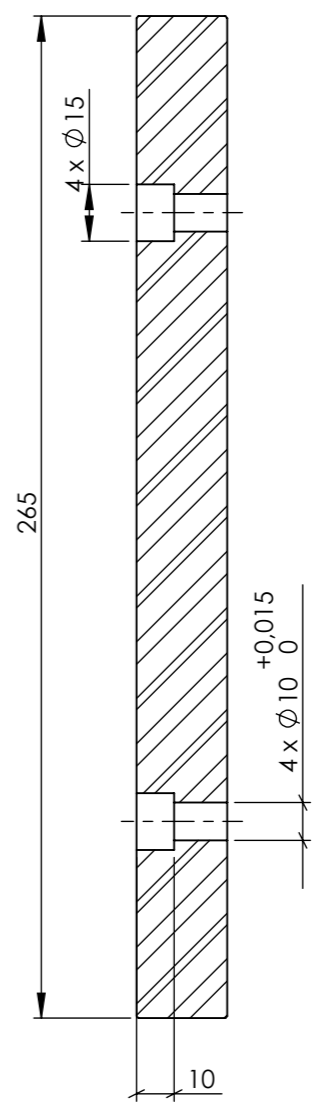
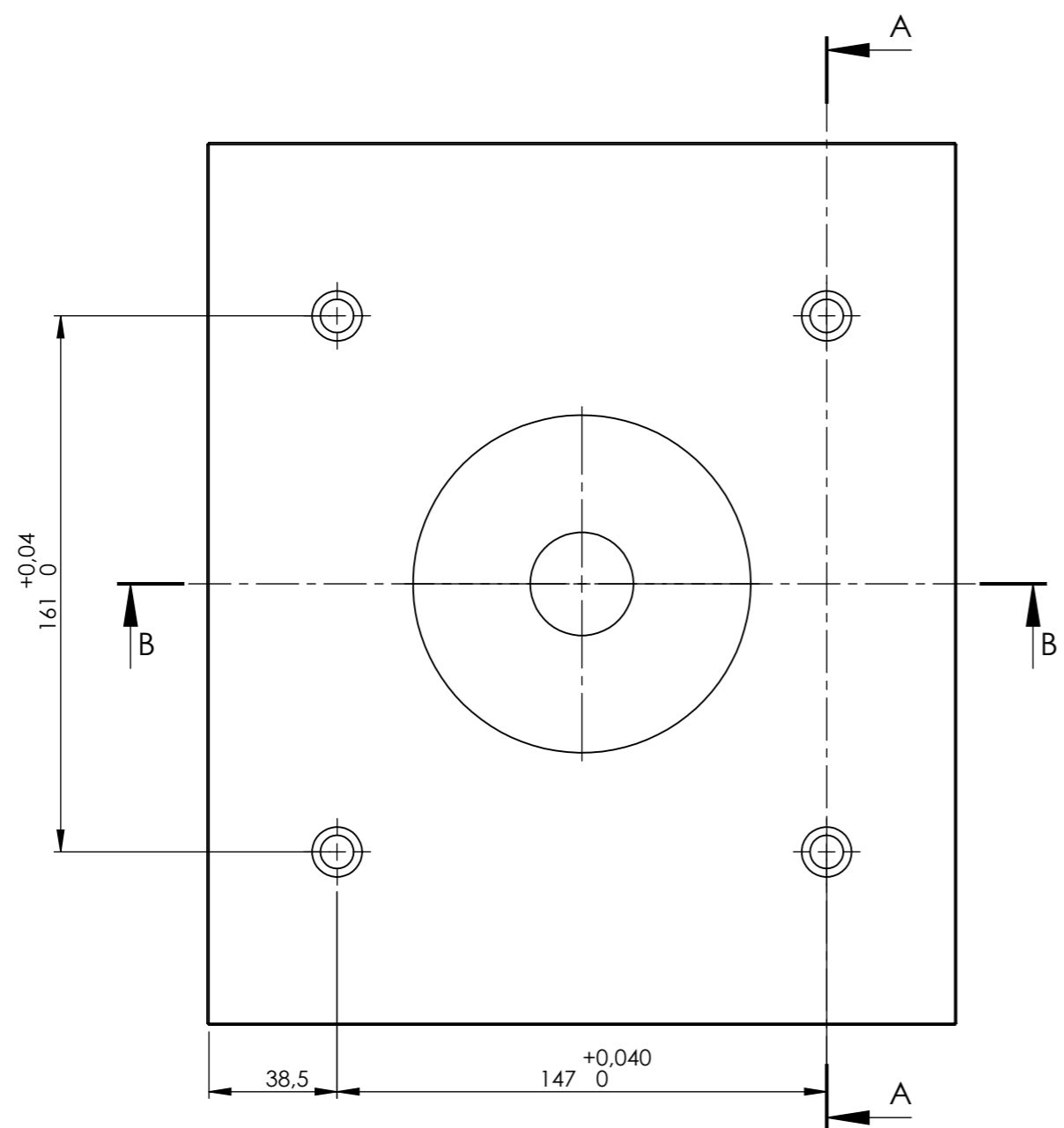
				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				±0,2	4.01 Kgr	Acero AISI 1045	
				Fecha	Nombre	Título:	
				Dibujó: 14/06/2017	David Casañas	<b>PLACA DE EXPULSIÓN GUÍA</b>	
				Revisó: 14/06/2017	Ing. Mauricio Carrillo		
				Aprobó: 14/06/2017	Ing. Mauricio Carrillo		
				<b>U.T.A.</b>		N.º de lámina:	Registro:
				INGENIERIA MECÁNICA		05 de 13	1:1
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:			Sustitución:	

1 2 3 4

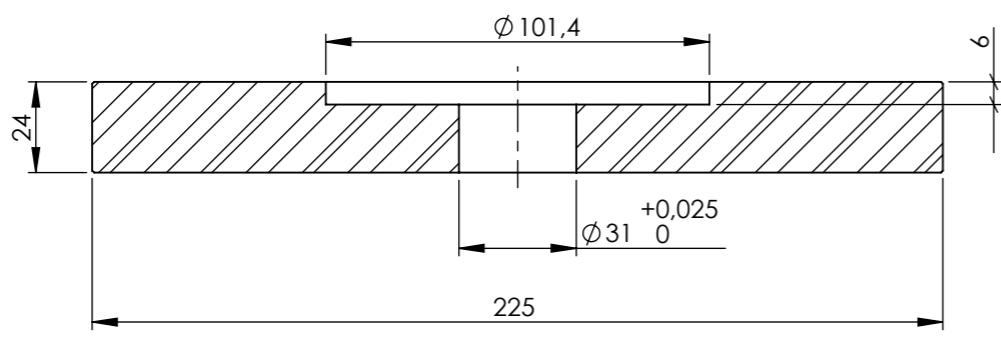
A  
B  
C  
D  
E



				Tolerancia: $\pm 0,1$	Peso: 267.62 gr	Material: Acero AISI 4340
				Fecha	Nombre	Título: <b>BEBEDERO</b>
				Dibujó: 14/06/2017	David Casañas	Escala: 1:1
				Revisó: 14/06/2017	Ing. Mauricio Carrillo	
				Aprobó: 14/06/2017	Ing. Mauricio Carrillo	
				U.T.A. INGENIERIA MECÁNICA		N.º de lámina 06 de 13
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:			Sustitución:



SECCIÓN A-A



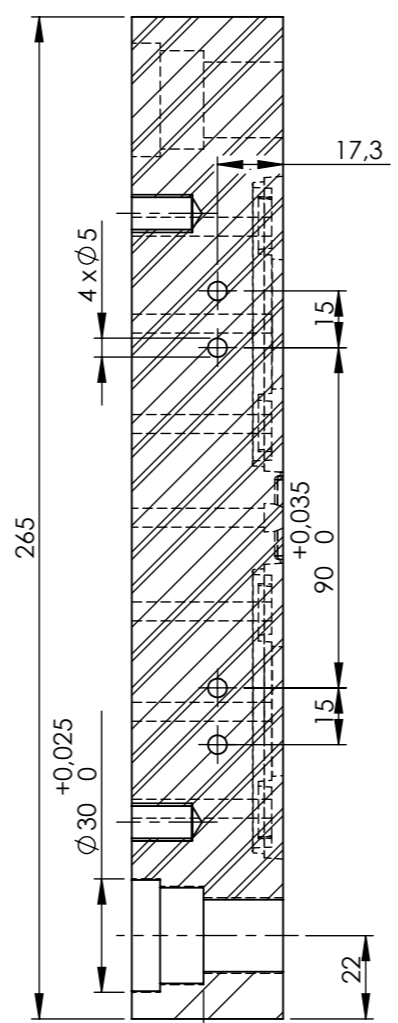
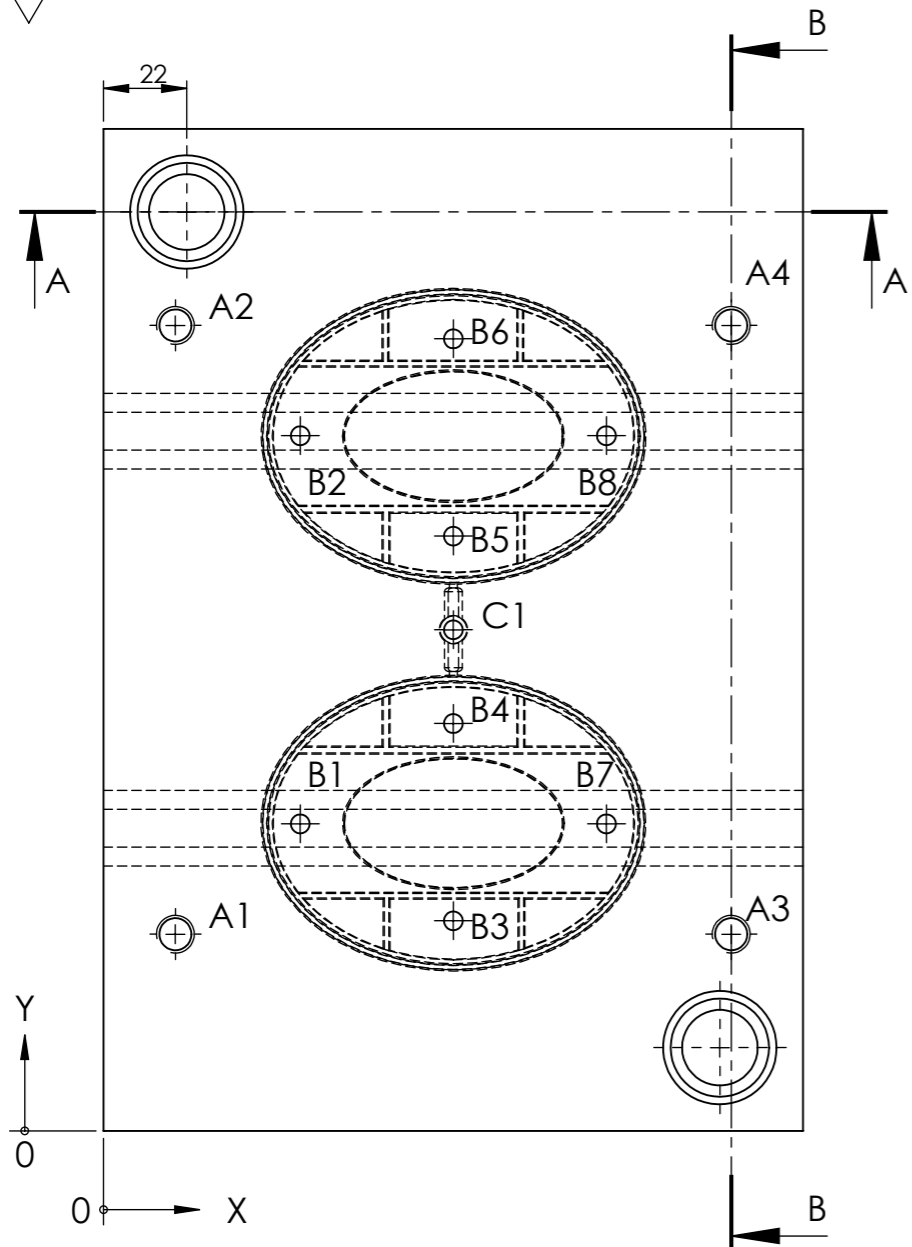
SECCIÓN B-B

Tolerancia:		Peso:		Material:	
±0,2		10.69 Kgr		Acero AISI 1045	
Fecha		Nombre		Título:	
14/06/2017		David Casañas		PLACA BASE FIJA	
Revisó:		Ing. Mauricio Carrillo			
Aprobó:		Ing. Mauricio Carrillo			
U.T.A.				N.º de lámina	
INGENIERIA MECÁNICA				07 de 13	
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:	Registro:	

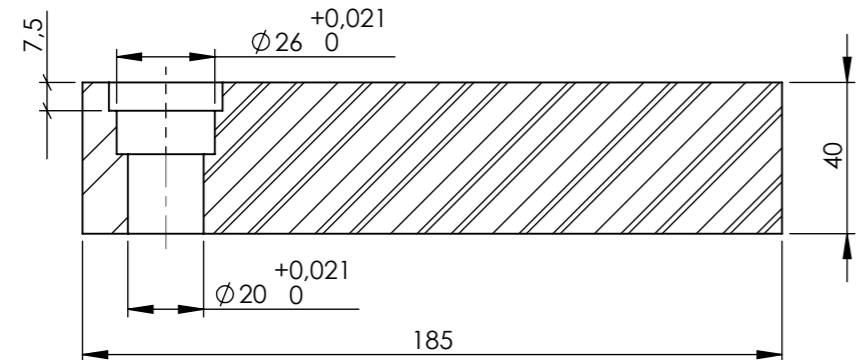
N5 Rectificado



N7 Fresado



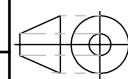
SECCIÓN B-B

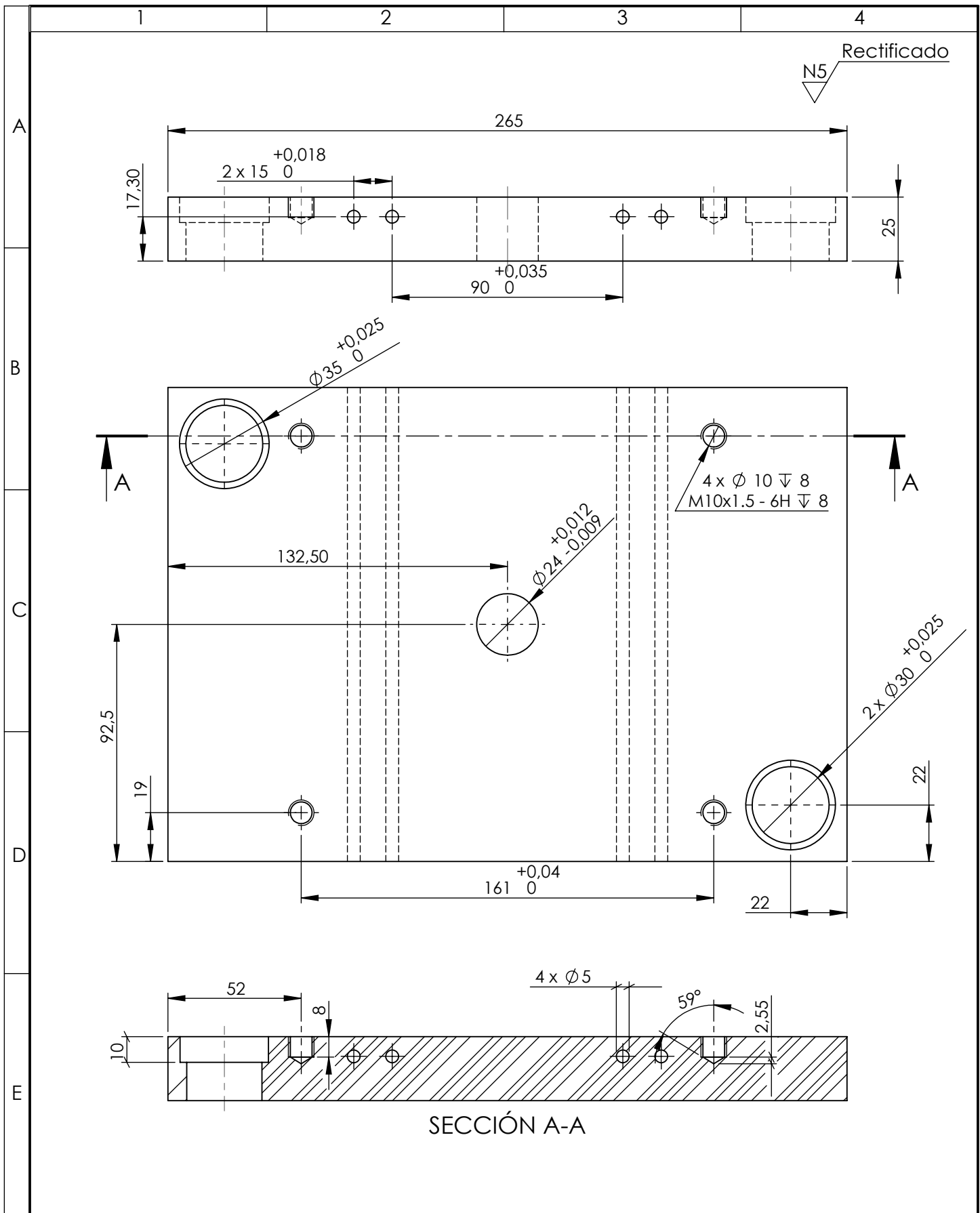


SECCIÓN A-A

RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	19	52	$\phi 10 \nabla 16$ M10x1.5 - 6H $\nabla 16$
A2	19	213	$\phi 10 \nabla 16$ M10x1.5 - 6H $\nabla 16$
A3	166	52	$\phi 10 \nabla 16$ M10x1.5 - 6H $\nabla 16$
A4	166	213	$\phi 10 \nabla 16$ M10x1.5 - 6H $\nabla 16$
B1	52,01	81,17	$\phi 5$ POR TODO
B2	52,01	183,83	$\phi 5$ POR TODO
B3	92,50	55,54	$\phi 5$ POR TODO
B4	92,50	107,72	$\phi 5$ POR TODO
B5	92,50	157,28	$\phi 5$ POR TODO
B6	92,50	209,46	$\phi 5$ POR TODO
B7	132,99	81,17	$\phi 5$ POR TODO
B8	132,99	183,83	$\phi 5$ POR TODO
C1	92,50	132,50	$\phi 5$

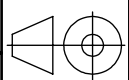
Tolerancia:		Peso:		Material:	
±0,2		14.61 Kgr		Acero AISI P20	
Fecha		Nombre		Título:	
14/06/2017		David Casañas		PLACA PORTAMOLDE MÓVIL	
Revisó:		Ing. Mauricio Carrillo		Escala:	
14/06/2017		Ing. Mauricio Carrillo		1:2	
Aprobó:		Ing. Mauricio Carrillo		Registro:	
14/06/2017		Ing. Mauricio Carrillo		N.º de lámina	
		U.T.A.		08 de 13	
		INGENIERIA MECÁNICA		Sustitución:	





SECCIÓN A-A

				Tolerancia:	Peso:	Material:		
				$\pm 0,2$	9,13 Kgr	Acero AISI/SAE P20		
				Fecha	Nombre	Título:		
				Dibujó: 14/06/2017	David Casañas	PLACA PORTAMOLDE FIJA		
				Revisó: 14/06/2017	Ing. Mauricio Carrillo	Escala:		
				Aprobó: 14/06/2017	Ing. Mauricio Carrillo	1:2		
				U.T.A.		N.º de lámina	Registro:	
				INGENIERIA MECÁNICA		09 de 13		
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:	Sustitución:				



1

2

3

4

N7 Torneado

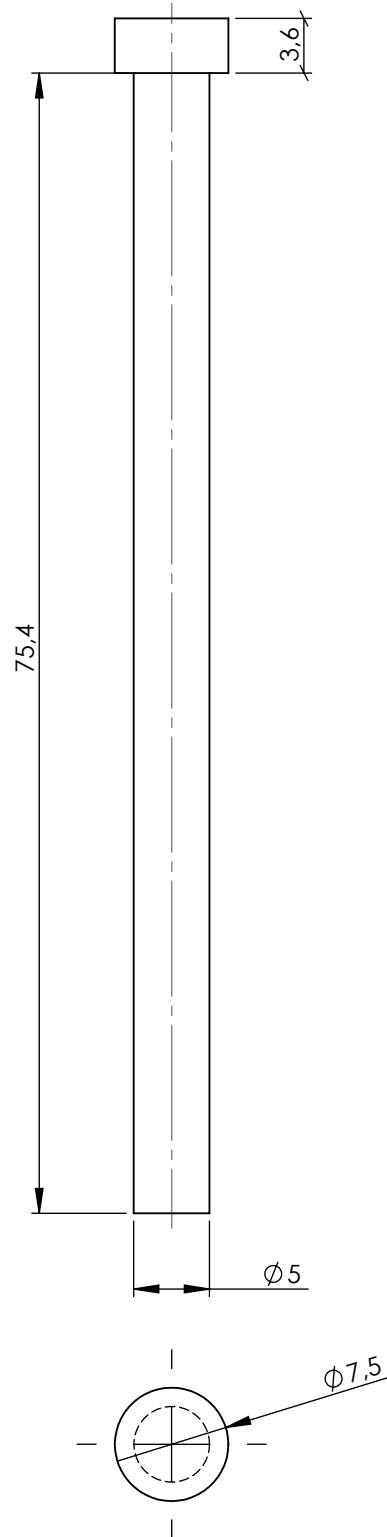
A

B

C

D

E



				Tolerancia: $\pm 1$	Peso: 12.87 gr	Material: Acero AISI 420		
						Título: <b>EXPULSORES</b>	Escala: 2:1	
				Dibujó:	14/06/2017		David Casañas	
				Revisó:	14/06/2017	Ing. Mauricio Carrillo		
				Aprobó:	14/06/2017	Ing. Mauricio Carrillo		
				U.T.A. INGENIERIA MECÁNICA		N.º de lámina 10 de 13	Registro: 	
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:			Sustitución:		

1

2

3

4

N7 Torneado

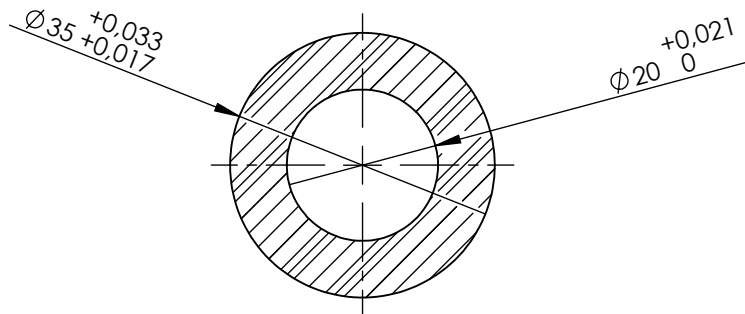
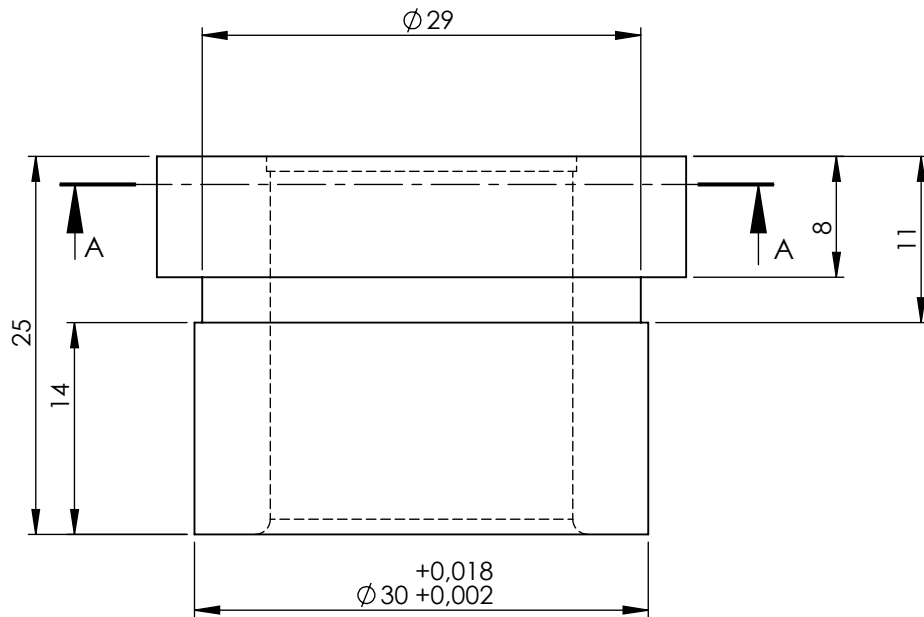
A

B

C

D

E



SECCIÓN A-A

				Tolerancia: $\pm 0,1$	Peso: 89,18 gr	Material: Acero AISI 4340	
				Fecha	Nombre	Título: <b>CASQUILLO</b>	Escala: 1:1
				Dibujó:	14/06/2017 David Casañas		
				Revisión	14/06/2017 Ing. Mauricio Carrillo		
				Aprobó:	14/06/2017 Ing. Mauricio Carrillo		
				U.T.A. INGENIERIA MECÁNICA		N.º de lámina 11 de 13	Registro: 
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:			Sustitución:	

1

2

3

4

N7 Torneado

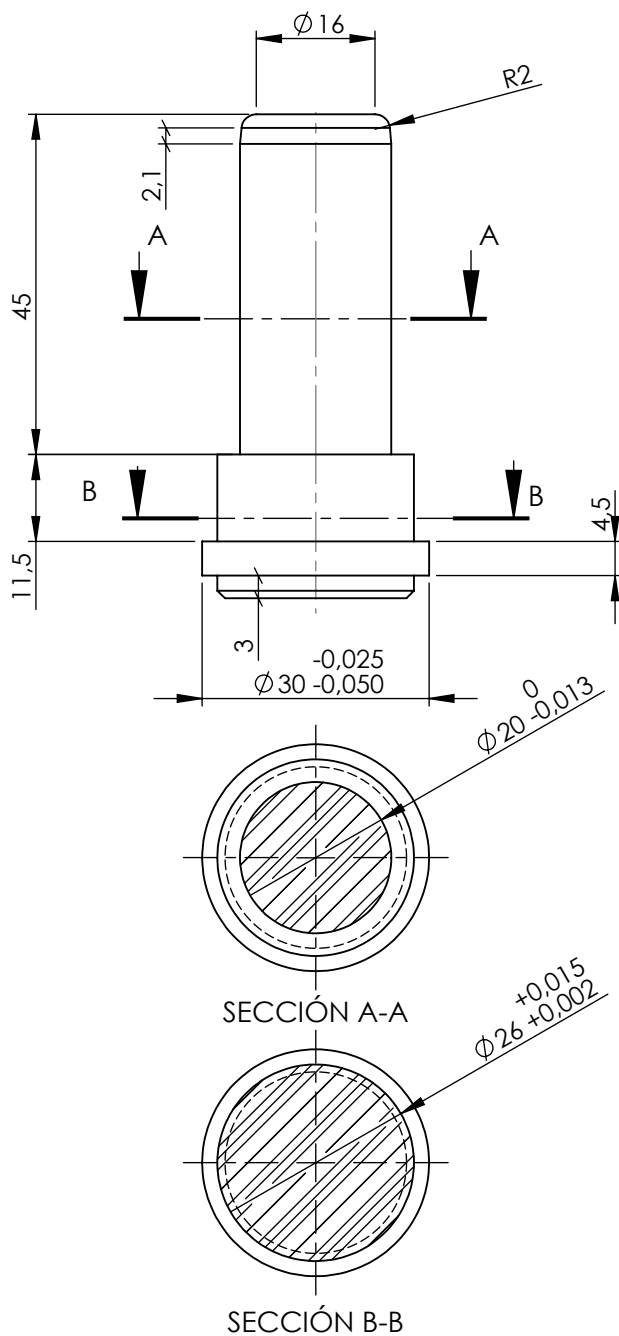
A

B

C

D

E



Tolerancia:

 $\pm 0,1$ 

Peso:

167.07 gr

Material:

Acero AISI 4340

Dibujó:

Fecha: 14/06/2017

Nombre: David Casañas

Revisó:

Fecha: 14/06/2017

Nombre: Ing. Mauricio Carrillo

Aprobó:

Fecha: 14/06/2017

Nombre: Ing. Mauricio Carrillo

Título:

PERNO GUÍA

Escala:

1:1

U.T.A.

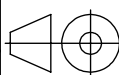
INGENIERIA MECÁNICA

N.º de lámina

12 de 13

Sustitución:

Registro:

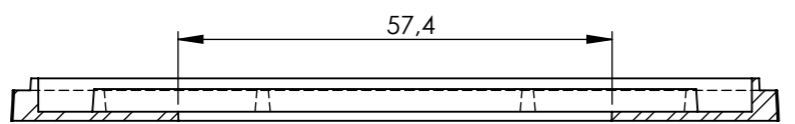
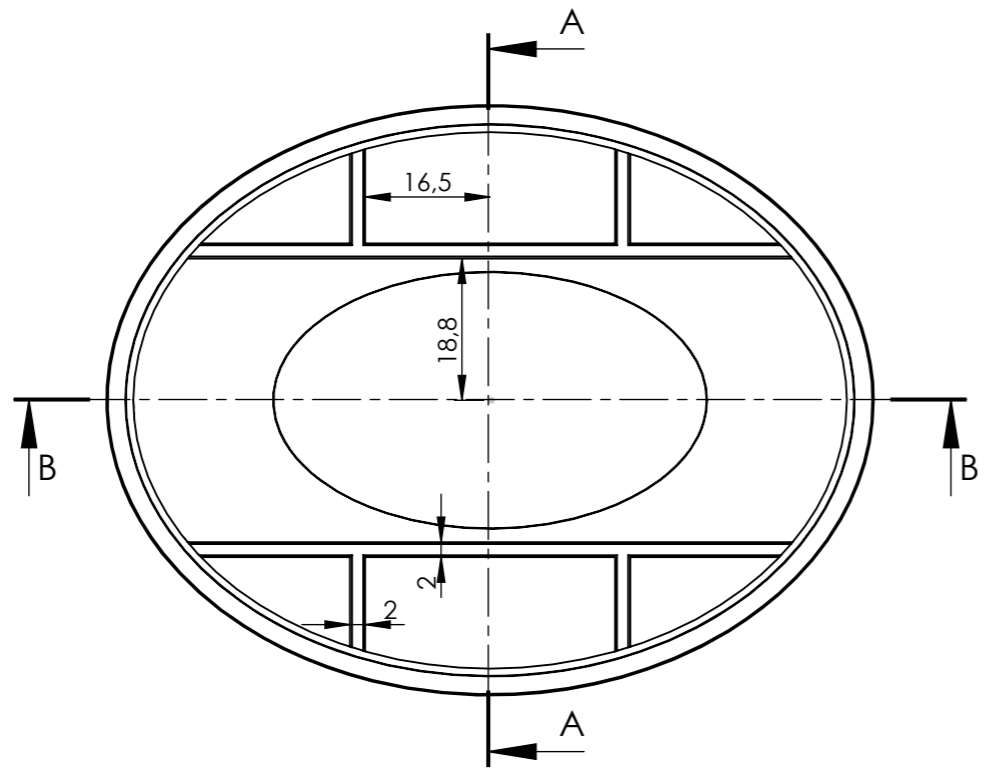
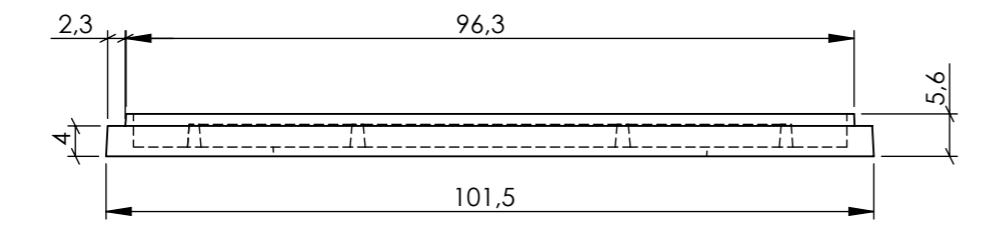


Edición:

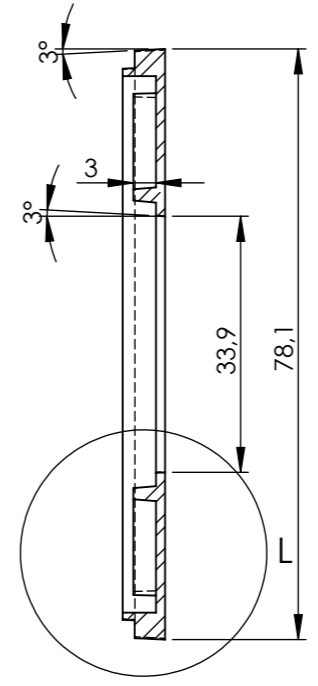
Modificación:

Fecha:

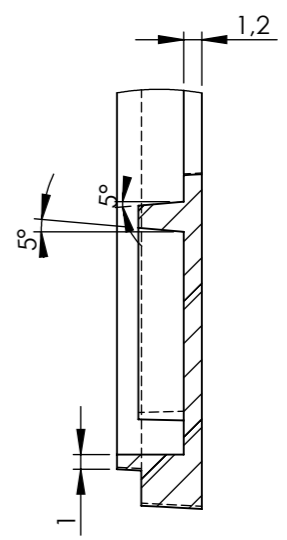
Nombre:



SECCIÓN B-B



SECCIÓN A-A



DETALLE L  
ESCALA 2 : 1

				Tolerancia:	Peso:	Material:			
				±0,1	0.10 Kgr	Abs			
				Fecha	Nombre	Título:		Escala:	
				Dibujó	14/06/2017	David Casañas	ARCO ALMOHADILLADO		1:1
				Revisó	14/06/2017	Ing. Mauricio Carrillo			
				Aprobó	14/06/2017	Ing. Mauricio Carrillo			
				U.T.A.			N.º de lámina	Registro:	
				INGENIERIA MECÁNICA			13 de 13		
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:				Sustitución		