

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

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

TEMA:

“Diseño y construcción de un molde de inyección para el soporte unión entre el casco y la carcasa de la orejera para la empresa Halley Corporación”

AUTOR: Antonio Fernando Fonseca Muncha

TUTOR: Ing. Mauricio Carrillo

AMBATO – ECUADOR

2018

Certificación del Tutor

En mi calidad de tutor de tesis de grado, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema: “Diseño y construcción de un molde de inyección para el soporte unión entre el casco y la carcasa de la orejera para la empresa Halley Corporación”; de elaborado por el Sr. Antonio Fernando Fonseca Muncha, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, de la Carrera de Ingeniería Mecánica.

Certifico:

- Que la presente Tesis es original de su autor
- Que ha sido revisada en cada una de sus partes y capítulos
- Que está concluida y puede continuar con los trámites correspondientes

Ambato, Enero 2018

Autoría de Tesis

En el contenido del presente proyecto técnico bajo el tema: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLDE DE INYECCIÓN PARA EL SOPORTE UNIÓN ENTRE EL CASCO Y LA CARCASA DE LA OREJERA PARA LA EMPRESA HALLEY CORPORACIÓN” los criterios emitidos, así como las ideas, opiniones, análisis y resultados, son responsabilidad exclusiva del autor de esta.

Ambato, Enero 2018

.....
Antonio Fernando Fonseca Muncha
C.I. 180442423-0

Derechos del Autor

Yo, Fonseca Muncha Antonio Fernando con CI: 1804424230, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que de este Proyecto Técnico o parte de el haga un documento para la lectura, consulta e investigaciones según normas Institucionales.

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

Ambato, Enero 2018

.....
Antonio Fernando Fonseca Muncha
Autor

Aprobación del Tribunal de Grado

Los suscritos profesores Calificadores, Ing. Mg. Gonzalo López e Ing. Mg. Jorge Guamanquispe, ya revisado en su totalidad el Proyecto Técnico realizado por el señor Fonseca Muncha Antonio Fernando, aprueban el tema: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLDE DE INYECCIÓN PARA EL SOPORTE UNIÓN ENTRE EL CASCO Y LA CARCASA DE LA OREJERA PARA LA EMPRESA HALLEY CORPORACIÓN”.

Ambato, Enero 2018

Dedicatoria

Quiero dedicar el resultado de este ciclo de mi vida primero mis padres Segundo y Eva, a mis hermanos Inés y Carlos ya que ellos han sido un factor elemental en el transcurso de todo este periodo, además a mi tía Mercedes quien no solo con su apoyo incondicional sino también con sus buenos consejos y ayuda me ha sabido colaborar de muchas maneras para ser posible todo esto, de manera muy especial a mi pequeño Hugo que viene en camino y a su madre Karina que sé que serán mi mayor fortaleza para seguir adelante luchando por ser mejor cada día.

Agradecimiento

Agradezco primeramente a Dios por ser el quien me puso en este mundo como una creación suya para poder servir a mis semejantes y ser mejor en nuestro diario vivir contando siempre con su bendición, además quiero agradecer también a una de las mejores mujeres del mundo mi querida madre Eva ya que con su infinito amor e incansable labor diaria me ha sabido colaborar y apoyar siempre en mis hazañas como fracasos, a mi padre Segundo ya que con su apoyo incondicional ha sabido siempre luchar por darme lo necesario para seguir adelante, a mi futura esposa Karina madre de mi tan esperado hijo que viene en camino por ser en este tiempo mi guía mi apoyo mi felicidad ya que con su paciencia y dedicación ha logrado ser parte de mi vida y hoy estar donde estamos a todos gracias de todo corazón.

ÍNDICE GENERAL DEL CONTENIDO PÁGINAS PRELIMINARES

Carátula.....	i
Certificación del Tutor.....	ii
Autoría de la Tesis.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimiento.....	v
Índice general del contenido.....	vi
Índice de figuras.....	x
Índice de tablas.....	xii
Resumen ejecutivo.....	xiii
Abstract Summary.....	xiv

CAPÍTULO I

1. Antecedentes	1
1.1 Tema.....	1
1.2 Antecedentes	1
1.3 Justificación.....	3
1.4 Objetivos	4
1.4.1 General	4
1.4.2 Específicos	5

CAPÍTULO II

2. Fundamentación Teórica.....	6
2.1 Investigaciones previas	6
2.2.1 Aspectos fundamentales en la construcción de moldes.....	7
2.2.2 Fundamentos del moldeo por inyección.....	7
2.2.3 Constitución y funciones del molde de inyección.....	7
2.2.4 Denominación para los elementos de un molde de inyección.....	10
2.2.5 Clasificación de los moldes de inyección.....	11
2.2.6 Materiales para moldes de inyección	13
2.2.6.1 Aceros	14
2.2.7 Clasificación de coladas y entradas.....	17
2.2.7.1 Sistema de colada fría.	17
2.2.7.2 Moldes de canal caliente	21

2.2.7.3 Sistemas de canal frío.....	21
2.2.8 Control de temperatura en los moldes de inyección.....	21
2.2.9 Tipos de expulsores y desmoldeos	22
2.2.10 Disposición de las entradas en la pieza obtenida por inyección.....	23
2.2.11 Cantidad de entradas en una pieza	23
2.2.12 Tipos de mazarotas y canales u orificios de entrada	24
2.2.12.1 Barra o mazarota cónica.....	24
2.2.12.2 Orificio de colada puntiagudo con precámara.....	25
2.2.12.3 Entrada de colada sin bebedero	25
2.2.12.4 Entrada de colada laminar	26
2.2.12.5 Entrada de colada en forma de cúpula.....	26
2.2.12.6 Entrada de colada anular	27
2.2.12.7 Entrada de colada en forma de túnel	28
2.2.13 Salida del aire de los moldes	28
2.2.14 Enfriamiento adecuado del molde.....	30
2.2.15 Mecanización	31
2.2.15.1 Mecanizado por arranque de viruta	32
2.2.15.2 Electromecanizado	33
2.2.16 Electroerosión	35
2.2.16.1 Factores en los procedimientos electroerosivos	36
2.2.16.2 Condiciones de funcionamiento de la máquina de electroerosión	37
2.2.17 Control numérico por computadora (CNC).....	37
2.2.17.1 Ventajas de las máquinas herramienta NC.....	38
2.2.17.2 Aplicaciones de las máquinas CNC	39
2.2.17.3 Estructura de un programa CNC	39
2.2.17.4 Sistema ISO de programación CNC.....	40
2.2.17.5 Funciones genéricas	40
2.2.17.6 Palabras de preparación (códigos G y M)	41

CAPÍTULO III

3. Diseño del Proyecto	44
3.1 Selección de alternativas	44
3.1.1 Planteamiento de alternativas y criterios.....	44
3.1.2 Material de construcción	45
3.1.3 Selección del material por la función que cumple cada componente.....	45
3.2.1 Diseño en relación con el material a utilizar	46

3.2.2	Diseño en base a la geometría	47
3.2.3	Modelado del soporte unión	47
3.3	Descripción del molde de inyección del soporte unión	47
3.3.1	Placa base móvil	49
3.3.2	Placas expulsoras	49
3.3.3	Paralelas	51
3.3.4	Placa base fija	51
3.3.5	Placa portamolde fija y móvil	52
3.4	Sistema de centrado	53
3.4.1	Centrado de exteriores	53
3.5.1	Cavidades por área de trabajo	58
3.6	Capacidad de inyección	59
3.6.1	Fuerza de cierre de la máquina	60
3.7	Sistema de refrigeración del molde	63
3.7.1	Cálculo del tiempo de enfriamiento	63
3.7.2	Cálculo del calor requerido a transferir	66
3.7.3	Cálculo del caudal del refrigerante	68
3.7.4	Cálculo del diámetro de los canales de refrigeración	70
3.7.5	Posicionamiento de los ductos de refrigeración	71
3.8	Sistema de Alimentación	73
3.8.1	Cálculo del bebedero	73
3.8.2	Canales de distribución del molde	76
3.8.3	Canales de estrangulamiento para el molde	78
3.9	Sistema de expulsión del soporte unión	79
3.10	Tiempo de ciclo	83
3.11	Cálculos para el mecanizado de las cavidades del soporte unión	84
3.11.1	Cálculos para el desbaste	85
3.11.2	Acabado de las cavidades del soporte unión	89
3.12	Presupuesto para la construcción	93
3.12.1	Costo de materiales para la construcción del molde	93
3.12.2	Costo de maquinaria y herramientas	94
3.12.3	Costo de mano de obra	95

CAPÍTULO IV

4.	Conclusiones y recomendaciones	97
4.1	Conclusiones	97

4.2 Recomendaciones.....	98
Bibliografía:	100
ANEXOS.....	102
PLANOS	130

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Esquema planificado y metódico para la construcción de moldes de inyección	8
Figura 2	Máquina de moldeo por inyección.....	9
Figura 3	Ciclo común de moldeo	10
Figura 4	Designación de las partes de un molde.....	11
Figura 5	Detalle de un molde de dos placas. a) Cerrado b) Abierto	13
Figura 6	Diagrama de temple para los tres tipos básicos de tratamiento térmico	15
Figura 7	Colada cónica con o sin barra.....	18
Figura 8	Entrada puntiforme	18
Figura 9	Colada de paraguas	19
Figura 10	Colada de disco.....	19
Figura 11	Entrada laminar o de cinta	20
Figura 12	Entrada túnel o submarina	20
Figura 13	Mazarota de barra con manguito de bebedero	24
Figura 14	Mazarota de barra en la mitad del molde.....	24
Figura 15	Molde para vasos con mazarota puntiaguda de precámara.....	25
Figura 16	Inyección sin mazarota	26
Figura 17	Entrada de colada laminar (d = espesor de la pieza).....	26
Figura 18	Pieza unida al sistema de llenado a través de la entrada.....	27
Figura 19	Pieza unida al sistema de llenado a través de una pantalla de colada.....	27
Figura 20	Tubos con entrada de colada anular y pivote de centrado para el apoyo del núcleo .	27
Figura 21	Entrada de colada de túnel.....	28
Figura 22	Vaso inyectado lateralmente, posición desfavorable para la salida de aire	29
Figura 23	Vaso inyectado por el fondo, posición de entrada favorable para la salida de aire ...	29
Figura 24	Molde con junta adicional, expulsión de aire por la junta adicional (izquierda), expulsión mediante troquel auxiliar (derecha).	30
Figura 25	Posición relativa de la herramienta de corte y la pieza a mecanizar.....	32
Figura 26	Clases de virutas: a) arrancada, b) cortada, c) plástica	33
Figura 27	Tipos de mecanizado con arranque de viruta.....	33
Figura 28	Esquema de la impresión del electrodo-útil en la preforma o pieza a mecanizar	34
Figura 29	Mecanismo del procedimiento de la electroerosión por descarga eléctrica.....	34
Figura 30	Mecanismo del mecanizado por electroerosión.....	36
Figura 31	Soporte unión (vistas: frontal, posterior e isométrica).....	47
Figura 32	Geometría general de soporte unión	48
Figura 33	Configuración del molde	48
Figura 34	Placa base móvil	49

Figura 35 Placas expulsoras y sus expulsores.....	50
Figura 36 Representación esquemática de varias varillas de expulsión.....	50
Figura 37 Paralelas.....	51
Figura 38 Placa base fija.....	52
Figura 39 Placa Portamolde Móvil.....	52
Figura 40 Placa Portamolde Fija.....	52
Figura 41 Anillo centrador.....	54
Figura 42 Tolerancias en los pernos guía.....	54
Figura 43 Tolerancias en los casquillos.....	55
Figura 44 Perno guía (Columna).....	55
Figura 45 Casquillo (Bocín).....	55
Figura 46 Volumen de la pieza a inyectar.....	57
Figura 47 Dimensiones generales.....	59
Figura 48 Área proyectada de una pieza.....	60
Figura 49 Longitudes de recorrido del flujo.....	62
Figura 50 Masa de la pieza a inyectar.....	68
Figura 51 Líneas de refrigeración parte superior.....	69
Figura 52 Líneas de refrigeración parte inferior.....	70
Figura 53 Posicionamiento de las líneas de distribución en función del diámetro.....	72
Figura 54 Posicionamiento de las líneas de distribución parte superior.....	73
Figura 55 Posicionamiento de las líneas de distribución parte inferior.....	73
Figura 56 Superficie de contacto entre la boquilla de la máquina y el bebedero.....	74
Figura 57 Cálculo para el diámetro del bebedero.....	75
Figura 58 Dimensionamiento para el canal de distribución.....	77
Figura 59 Representación de la distribución de los expulsores.....	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Temperaturas de elaboración y del molde para algunas masas de inyección.....	31
Tabla 2	Representación de las funciones G.....	42
Tabla 3	Códigos M comúnmente utilizados.....	43
Tabla 4	Criterios y ponderaciones para las alternativas de materiales.....	44
Tabla 5	Durezas de los aceros utilizados en el molde.....	46
Tabla 6	Materiales a utilizar en la construcción del molde.....	48
Tabla 7	Parámetros de construcción para el soporte unión.....	85
Tabla 8	Costo de los materiales para la construcción del molde.....	94
Tabla 9	Costo de maquinaria y herramientas para la construcción del molde.....	94
Tabla 10	Costo total para la construcción del molde.....	95
Tabla 11	Calendarización de la construcción del bebedero para el soporte unión.....	118
Tabla 12	Calendarización de la construcción de la placa base fija para el soporte unión.....	119
Tabla 13	Calendarización de la construcción de la placa portamolde fija para el soporte unión.....	120
Tabla 14	Calendarización de la construcción de la placa portamolde móvil para el soporte unión.....	121
Tabla 15	Calendarización de la construcción de las paralelas para el soporte unión.....	122
Tabla 16	Calendarización de la construcción de la placa base móvil para el soporte unión....	123
Tabla 17	Calendarización de la construcción de las columnas para el soporte unión.....	124
Tabla 18	Calendarización de la construcción de los bocines para el soporte unión.....	125
Tabla 19	Calendarización para el mecanizado de las cavidades del soporte unión.....	126

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

TEMA:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLDE DE INYECCIÓN PARA EL SOPORTE UNIÓN ENTRE EL CASCO Y LA CARCASA DE LA OREJERA PARA LA EMPRESA HALLEY CORPORACIÓN”

AUTOR: Antonio Fernando Fonseca Muncha

TUTOR: Ing. Mauricio Carrillo

Resumen Ejecutivo

El presente trabajo tiene como objetivo satisfacer la necesidad de los clientes de la empresa Halley Corporación, ya que esta viene a ser patrocinadora de este proyecto con el fin de fabricar un molde que cuente con los requerimientos geométricos y de diseño impuesto por la misma para producir este tipo de soportes los cuales cuentan con materiales dotados por la empresa, mismos que tienen las características necesarias para su elaboración.

El proyecto partió desde una idea de realizar el soporte en forma de una semidiadema la cual se asemeje a lo requerido y necesario por la empresa, para lo cual se presentó un diseño realizado por el autor de esta obra mismo que tuvo varias modificaciones en base a lo requerido.

Como segundo punto se tomó en consideración los cálculos mismos que se realizaron en base a los materiales que la empresa tenía destinados para este proyecto como fue el ABS como material para la inyección y demás materiales para la fabricación del molde.

Generando así valores estimados en cuanto a sistemas de refrigeración, de alimentación y de mecanizado los cuales iban a permitir que el molde cumpla con su función y no tenga ningún inconveniente.

Una vez establecido estos valores y teniendo presente la disponibilidad de la maquinaria que poseía la empresa se procedió realizar el mecanizado tanto manual como en maquinaria CNC de la mayoría de las partes del molde para después realizar el montaje de estas y proceder a realizar las pruebas necesarias en la inyectora misma de la empresa, demostrando que lo realizado tuvo éxito en base a toma de decisiones y selección de parámetros tanto de diseño como geométricos.

Palabras clave: Diseño, construcción, molde, inyección, mecanizado, ABS, maquinaria, fresadora, torno, programa.

TECHNICAL UNIVERSITY OF AMBATO
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND MECHANICS
MACHANICAL ENGINEERING CAREERS

TITLE:

"DESIGN AND BUILDING OF AN INJECTION MOLD FOR THE UNION SUPPORT BETWEEN THE HELMET AND THE OREJERA CASING FOR THE HALLEY CORPORATION COMPANY"

AUTHOR: Antonio Fernando Fonseca Muncha

TUTOR: Ing. Mauricio Carrillo

Abstract (Summary)

The present work has as objective to satisfy the necessity of the clients of the Halley Corporation Company, since this one comes to be sponsor of this project with the purpose of manufacturing a mold that counts on the geometric requirements and of design imposed by the same one to produce this type of supports which have materials provided by the company, which have the necessary characteristics for its elaboration. The project started from an idea of making the support in the form of a semidiadema which resembles what is required and necessary by the company, for which a design was presented by the author of this same work that had several modifications based on what is required.

As a second point, the same calculations that were made based on the materials that the company had for this project, such as ABS as material for injection and other materials for the manufacture of the mold, were taken into consideration.

Generating estimated values in terms of cooling systems, power and machining which would allow the mold to fulfill its function and have no problem.

Once established these values and considering the availability of the machinery that owned the company proceeded to perform both manual and CNC machining of most parts of the mold and then perform the assembly of these and proceed to perform the necessary tests in the injecting machine itself of the company, demonstrating that what was accomplished was successful based on decision making and selection of both design and geometric parameters.

Keywords: Design, construction, mold, injection, machining, ABS, machinery, milling machine, lathe, program.

CAPÍTULO I

1. Antecedentes

1.1 Tema

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLDE DE INYECCIÓN PARA EL SOPORTE UNIÓN ENTRE EL CASO Y LA CARCASA DE LA OREJERA PARA LA EMPRESA HALLEY CORPORATION”

1.2 Antecedentes

Las tecnologías de mecanizado rápido adoptan las técnicas de prototipo rápido y las aplican en la fabricación de utillajes, especialmente moldes para la industria de inyección de plásticos. Las técnicas de mecanizado rápido muestran como estas han ido ganando mayor importancia, y ya se posicionan como una seria alternativa a los métodos de mecanizado convencional.

Con el paso de los últimos 10 años la tecnología de prototipo ha mejorado, una de las principales ventajas de este es el poder verificar un diseño en solo cuestión de horas después de completar sus detalles en CAD. Esto ha incidido en la disminución del tiempo de desarrollo de los productos.

Sin embargo, la principal desventaja del prototipo es que, a pesar de lo rápido de la manufactura, a menudo no se puede obtener el prototipo en el material requerido para el producto final. Además, el proceso de construcción del prototipo hace que las propiedades mecánicas cambien, de alguna manera, y sean diferentes que las del producto manufacturado por el proceso de producción final. La tecnología de mecanizado rápido, esencialmente, adopta las técnicas de prototipo rápido y las aplica en la fabricación de utillajes y matrices. Lo cual se originó de la necesidad de mejorar los modelos de prototipo rápido en términos de su rendimiento, este mecanizado se hace cada día más popular en la fabricación no solo como una alternativa al prototipo rápido, sino especialmente en la producción de series cortas en las que no se justifica una inversión en máquinas de mecanizado convencional.

[1]

Por otra parte, el plástico, desde su descubrimiento, se ha convertido en uno de los principales materiales para la fabricación de multitud de artículos, no solo por su versatilidad sino por la facilidad de incorporar diferentes elementos para obtener propiedades específicas. Esta característica es clave para haberle permitido entrar en un gran número de mercados y aplicaciones, sin disminuir el dinamismo que siempre ha poseído este sector, debido a esto, las tendencias del mercado indican que el plástico continuará siendo considerado como uno de los materiales de mayor uso a nivel mundial, factor que ha incrementado las investigaciones alrededor de este material con el objetivo de satisfacer mayores necesidades de uso.

En los últimos 60 años se ha llevado a cabo un desarrollo exponencial del sector del plástico en Europa Occidental [2], siendo tan espectacular que actualmente se produce un volumen mayor de plásticos que de acero. El principal factor que ha impulsado su crecimiento es la facilidad y economía de transformación de estos materiales, en especial de los termoplásticos, que permiten la fabricación de grandes series con costes relativamente bajos. Debido a esto, el crecimiento está más acusado en el uso de plásticos en productos de consumo.

Entre los diferentes los procesos de transformación (inyección, extrusión, soplado y vacío, principalmente) destaca el proceso de inyección, gracias a ciclos rápidos de producción y consecución de productos terminados a la salida de máquina, permitiendo que los materiales poliméricos estén reemplazando a otros materiales como metales, maderas y vidrios, y resolviendo necesidades tecnológicas.

La necesidad de controlar los parámetros de proceso en la inyección del plástico, junto con la innovación sobre las técnicas convencionales ha dado lugar a estudios y trabajos experimentales que investigan la influencia de los parámetros de proceso sobre las propiedades de las piezas y sobre la defectología de las mismas, así como posibles mejoras en el control del proceso. A continuación, se citan estudios que tratan de entender el proceso de inyección mediante el análisis de la influencia de determinados parámetros de proceso con respecto a ciertos efectos que afectan a las piezas inyectadas.

- Williams [Williams, et al., 1975] estudia el llenado del molde de inyección para materiales termoplásticos centrándose en el flujo de material en los canales circulares de pared fría y de pared caliente.
- Cox [Cox, et al., 1986] analiza la influencia directa de la velocidad de inyección con aspectos relacionados con la pieza final, como las características mecánicas, el acabado superficial y las dimensiones, incluyendo la influencia de las cargas de materiales de refuerzo sobre el polímero.
- Bushko [Bushko, et al., 1995] plantea un modelo para cuantificar las interacciones entre varios parámetros, como son: el molde, la temperatura de fusión del polímero, el espesor de la geometría y la presión de compactación aplicada sobre los esfuerzos residuales y la contracción de piezas planas.
- Kalay [Kalay, et al., 1997] relaciona las condiciones de procesado con las propiedades físicas de las piezas obtenidas, concluyendo con un control de los parámetros de proceso para controlar la rigidez de la pieza obtenida sin tener pérdidas de resistencia.
- Kamal [Kamal, et al., 1999] trata de analizar la influencia de pérdida de peso de la pieza en moldeo por inyección de termoplásticos amorfos.
- Bigerelle [Bigerelle, et al., 2008] caracteriza la influencia de cuatro parámetros de proceso sobre la rugosidad de las piezas finales obtenidas por inyección, como parámetro de control para garantizar la funcionalidad e integridad de una superficie.
- Cheng [Cheng, et al., 2008] propone una optimización de moldeo por inyección basada en la evaluación difusa de la moldeabilidad, logrando un modelo válido, factible y superior a los demás por su capacidad de modelar la dinámica de la lógica difusa en la toma de decisiones de humanos expertos. [3]

1.3 Justificación

Debido al crecimiento de la producción de artículos plásticos a nivel mundial en la actualidad existen diversas formas y tipos para la fabricación de piezas de plástico tales como: el soplado, la extrusión, el conformado, la inyección entre otras. Pues la decisión de elegir un método entre los mencionados puede venir dada por varios factores fundamentales como la complejidad geométrica, la dimensión de la pieza,

el material con el que se va a fabricar incluso las propiedades finales que deberá tener el mismo. Por lo tanto, el método de fabricación que se utilizara ira exigido únicamente por la pieza a fabricar. [4]

Dado que la complejidad de los elementos y superficies a mecanizar se debe recurrir a recursos tecnológicos los mismos que facilitan tanto el diseño como la fabricación de este, con el fin de mejorar la calidad y solidez de las piezas inyectadas, así como abaratar costos y tiempos de producción. Por lo que con la tecnología CAD CAM y maquinaria CNC; así como, la convencional permitirán elaborar un producto que satisface las necesidades de la empresa.

El principal objetivo de este proyecto está enfocado a mejorar la calidad del soporte unión entre el casco y la carcasa de la orejera para así poder tener una mejor producción con los estándares necesarios, dado que la empresa Halley es una compañía con varios años de experiencia en la fabricación de artículos y elementos plásticos a nivel nacional este será de gran ayuda para poder expandir su producción con un producto nuevo dado que los convencionales no cuentan con los factores ergonómicos necesarios.

La importancia de este proyecto radica en que se elaborará un molde de inyección de plástico, contribuyendo así a la explotación de la industria, siendo esta la razón primordial por las que se pretende realizar el proyecto planteado, para la factibilidad del proyecto se tienen disponibles recursos para cada uno de los procesos pretendidos en la fabricación de dicho molde por lo cual para el moldeado se utilizara un software CAD y la tecnología CAM para su construcción, dado que los materiales y maquinarias serán facilitados por la empresa se pretende que el proyecto sea un éxito.

1.4 Objetivos

1.4.1 General

Diseñar y construir un molde de inyección para el soporte unión entre el caso y la carcasa de la orejera para la empresa Halley Corporación.

1.4.2 Específicos

- Diseñar un elemento, el mismo que incluya en su realización la utilización de la tecnología CAD/CAM logrando satisfacer las necesidades requeridas en base a la aplicación de nuevas tecnologías de diseño.
- Establecer un número óptimo de cavidades posibles que pueda tener el molde teniendo en cuenta las características geométricas como de diseño.
- Fabricar el molde de inyección, el cual tendrá unas características propias que la empresa nos marca al inicio del proyecto.
- Establecer el rendimiento del proceso para obtener una producción viablemente posible.

CAPÍTULO II

2. Fundamentación Teórica

2.1 Investigaciones previas

En la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en el año 2013, el señor Miguel Ángel Escobar Guachambala, realizó el “Diseño y construcción de un molde para inyección de un casco decorativo de plástico, utilizando ingeniería CAD/CAM”, obteniendo así un molde de una cavidad que se fabricó mediante maquinaria CNC, para dicho molde se concluyó que al realizar un moldeado para un producto de plástico mediante un software CAD es importante tomar en consideración algunos aspectos tales como el alcance tecnológico de mecanizado que se tiene en el país, para de esta manera añadir al producto detalles estéticos los cuales sean posibles mecanizar y así no depender de tecnologías que no se encuentren a disposición.

En la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, el señor Luis Narciso Balladares Acosta, realizó el “Diseño y construcción de un molde de inyección de tensores aislantes en polipropileno para cercos eléctricos en la Empresa MULTIACCESORIOS MG”, en el año 2016; obteniendo un molde de ocho cavidades que constituyen los tensores aislantes, concluyendo que los tensores son parcialmente simétricos por lo tanto la cavidad superior como la inferior son casi idénticas, y el cierre del molde es plano lo que hace que el mismo no tenga la necesidad de utilizar postizos desmontables ni algún tipo de placa deslizante. Para el diseño y construcción de este tipo de moldes es importante tener en cuenta algunos factores importantes tales como los datos adecuados acerca de material (plástico) con el que se va a inyectar ya que algunos de los parámetros como la temperatura de moldeo y desmolde, la densidad, la contracción, el espesor de pared, ángulo de desmolde, dependen de las características que el mismo posea.

2.2. Fundamentación Teórica

2.2.1 Aspectos fundamentales en la construcción de moldes

En la figura 1 se representa un procedimiento planificado y metódico en la construcción de moldes de inyección, el mismo que abarca algunas posibilidades mismas que no se pueden combinar entre los diferentes grupos y clases para lo cual se utiliza con mayor frecuencia el método de elementos finitos FEM, así como algunos softwares para procedimientos de cálculos como Ansys, Cadform, Moldflow. Con dichos métodos no solo podemos optimizar costos sino también tiempo de desarrollo en el proceso de diseño y construcción.

Teniendo, así como resultado que solo cuando se ha determinado las características y especificaciones que influyen en el diseño de un molde, se puede ejecutar la construcción de este. [5]

2.2.2 Fundamentos del moldeo por inyección

En esta parte se hace énfasis en todos los diferentes niveles por los que pasa el material desde que se introduce en la máquina hasta que se obtiene la pieza moldeada. Principalmente se relaciona el comportamiento del material dentro de la cámara de plastificación en una extrusora, y a continuación se analiza con precisión el proceso de llenado del molde y enfriamiento del material dentro de la cavidad de moldeo.

2.2.3 Constitución y funciones del molde de inyección

En el caso más sencillo y frecuente un molde consta de dos mitades, que por lo general se fijan directamente sobre los platos portamoldes de la máquina de inyección. Tanto la mitad del molde lado inyector y la mitad lado extractor, aparecen en todo molde; independientemente de su forma de construcción, siendo así estos dos elementos los más básicos en este. Simplificando mucho y tomando como base otros procesos de conformación, dichos elementos podrían designarse como punzón (estampa, émbolo) y matriz (troquel, cavidad). Después del proceso de llenado y de solidificación el molde se abre por el plano de partición, quedando generalmente la pieza inyectada y la mazarota adheridas a la mitad del molde del lado extractor. Al continuar el proceso de apertura, la parte posterior entra en

contacto con un perno fijo de la máquina, iniciándose en seguida el proceso de desmoldeo. El tope del extractor acciona el mecanismo de expulsión, el cual desplaza la pieza y la mazarota, separándolas del elemento posterior de moldeo.

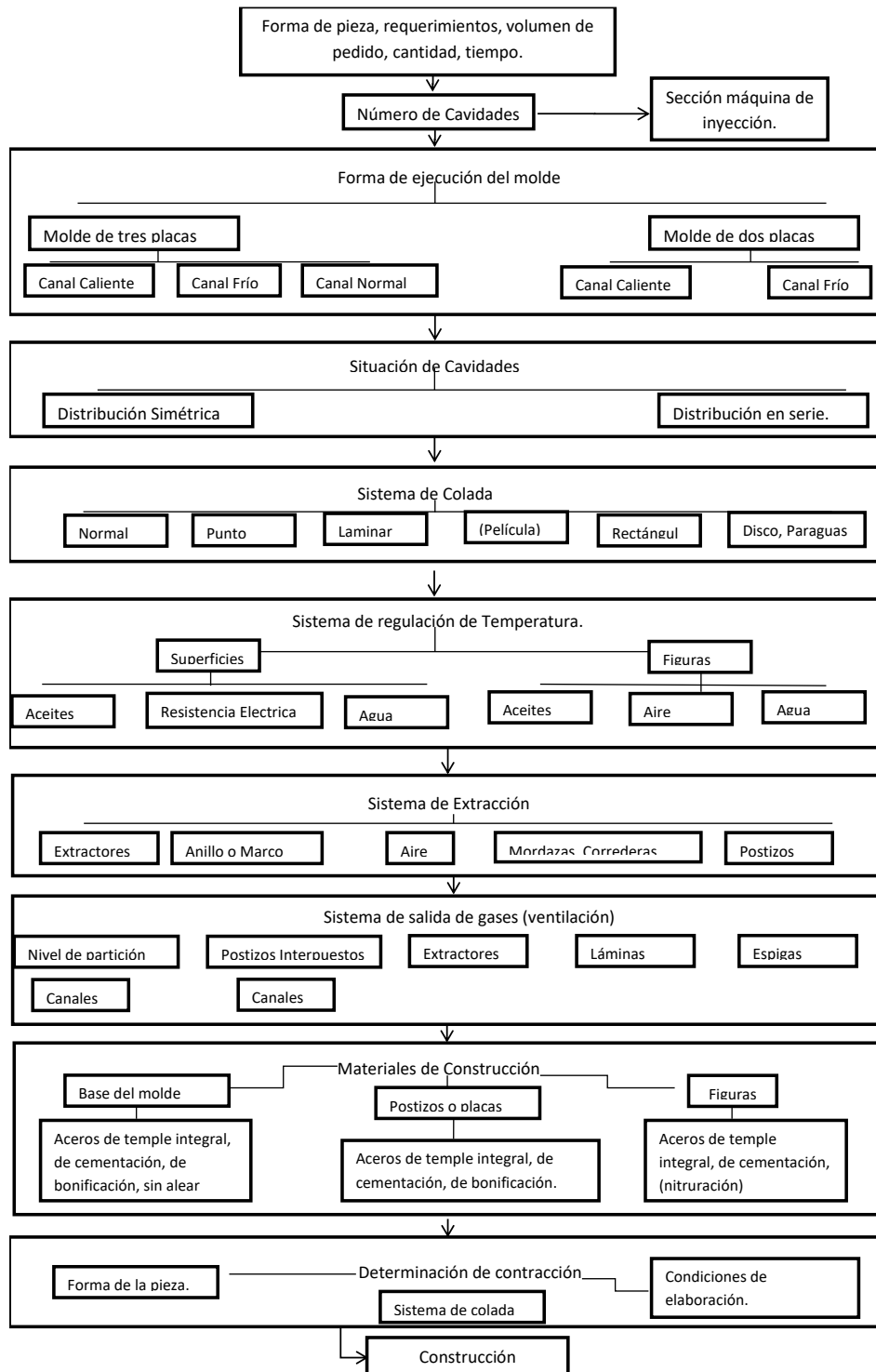


Figura 1 Esquema planificado y metódico para la construcción de moldes de inyección
Fuente: [5]

Solo al efectuarse el movimiento de cierre se produce la recuperación del mecanismo extractor, bien mediante las llamadas espigas de retroceso o bien mediante un resorte antagónico, es decir, el resorte de la placa extractora. Finalizado el movimiento de cierre, o sea, al estar el molde cerrado, el mecanismo extractor se encuentra en su posición final, figura 3 (1). Mediante una boquilla situada junto a la cavidad del molde se establece una conexión entre este y el cilindro de inyección, con lo que puede empezar de nuevo el proceso de llenado. Según el tipo de máquina, un husillo o un pistón impulsan a elevada presión la masa plastificada hacia la cavidad del molde. Finalizado el proceso de llenado, se mantiene todavía, durante un cierto tiempo, una presión residual, la cual sirve para compensar la contracción en volumen mediante nueva aportación de material, figura 3 (2). Con el inicio del llenado del molde empieza la fase de refrigeración, que termina cuando el material se ha solidificado para formar una pieza de forma estable, figura 3 (3). El periodo de refrigeración termina al efectuar el desmoldeo, figura 3 (4).

En la figura 2 se representa el diagrama de una máquina de moldeo por inyección, así como en la figura 3 se representa el ciclo común de moldeo. [6]

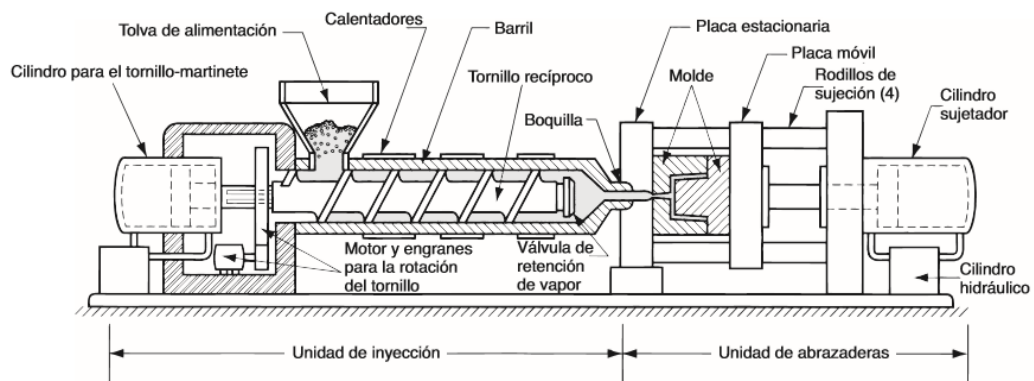


Figura 2 Máquina de moldeo por inyección

Fuente: [7]

En el proceso de inyección tiene lugar una fusión debido al calor (plastificación) de la masa de moldeo, esta se conduce hacia el molde, a través de los canales de conexión bajo la acción de una fuerza de extrusión (presión), que generalmente es muy elevada, que actúa desde el cilindro de plastificación.

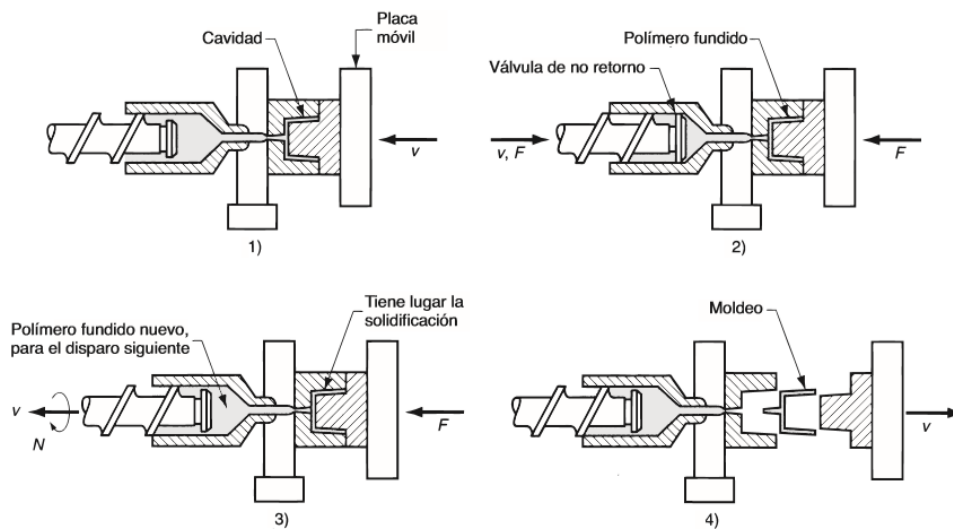


Figura 3 Ciclo común de moldeo

Fuente: [7]

La cavidad del molde debe poseer una forma idéntica al objeto a fabricar, en la misma que se produce el moldeo y el enfriamiento de la masa inyectada, hasta que esta alcanza un estado suficientemente estable e indeformable para luego ser desmoldada. Siendo las funciones del molde las siguientes:

1. Recibir la masa plástica
2. Distribuir la
3. Darle forma (moldeo)
4. Enfriamiento y solidificación
5. Extracción de la pieza.

2.2.4 Denominación para los elementos de un molde de inyección

En la figura 4 están representadas las denominaciones de un molde de inyección según DIN entre las que se encuentran:

- **Placa portamolde:** esta consta con un grosor suficiente, para evitar deformaciones y dependerá del peso total del molde.
- **Anillo de centrado:** sirve para centrar el molde en la máquina, este generalmente es redondo y sobresale de la placa base.

- **Bebedero:** son huecos creados en el molde, los cuales sirven para que el plástico fundido que viene del cilindro de inyección llegue hasta los huecos que tienen la forma de la pieza.

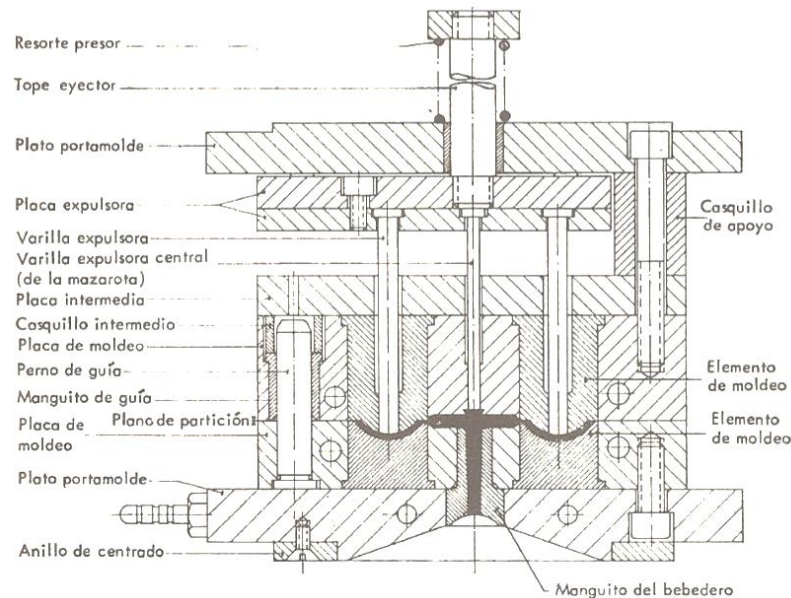


Figura 4 Designación de las partes de un molde

Fuente: [6]

- **Perno guía (columna):** estos son de alto nivel de ajuste, los cuales aseguran el perfecto acoplamiento de las partes, evitando movimientos de una parte con la otra.
- **Placa expulsora:** es una placa doble la cual lleva los expulsores y recuperadores, su misión consiste en extraer la pieza con los expulsores.
- **Casquillo de apoyo:** son gruesos de hierro, puestos en ambos lados del molde, sujetos a la placa base y placa pota figuras mediante tornillos.
- **Varilla expulsora:** ya sean cilíndricas o laminar, hace de transmisor directo, en la extracción de la pieza de la cavidad del molde.
- **Plano de partición:** zona alrededor del molde donde ambas partes del molde se tocan, creando el límite de llenado de la cavidad.

2.2.5 Clasificación de los moldes de inyección [5], [6]

Para la construcción de un molde es fundamental adaptarse al elemento que va a moldearse, al material y a la máquina elaborada. Parece muy difícil establecer una

clasificación de los moldes, debido a la diversidad de materiales que se encuentran en el mercado, así como la perspectiva adoptada por cada fabricante.

La clasificación de moldes de inyección se rige lógicamente por las características principales de construcción y función. Estas son:

- El tipo de colada y su separación
- El tipo de expulsión de las piezas inyectadas
- La existencia o no de contrasalidas exteriores en la pieza a inyectar
- El tipo de desmoldeo.

De acuerdo con la norma DIN E16 750 “Moldes de inyección para materiales plásticos” contiene una división de los moldes según el siguiente esquema:

- **Molde estándar (molde de dos placas):** cómo se puede apreciar en la figura 5 consiste en dos mitades unidas a las dos placas de la unidad de abrazaderas de la máquina moldeadora. Cuando la unidad de abrazadera se abre también, lo hacen las dos mitades del molde, figura 5 (b). El rasgo más notorio del molde es la cavidad, que esta se forma debido a la extracción de metal de la superficie que corresponde de las dos mitades. Los moldes pueden tener una o varias cavidades con el fin de tener y producir más de una pieza en un solo disparo.
- **Molde de mordazas (molde de correderas):** Es aquel que para permitir el desmoldeo de la pieza necesita de elementos desplazables, ya sea por medio mecánico o hidráulico.
- **Molde de extracción por segmentos:** A diferencia del molde estándar, en este tipo de moldes la expulsión de la pieza moldeada se efectúa mediante una placa que se desliza ajustada a la superficie del macho, y no por varillas.
- **Molde de tres placas:** Es todo aquel molde que por diversos condicionantes es necesario partirlo en más de dos partes simples del molde estándar.
- **Molde de pisos (molde sándwich):** Si comparamos un molde sencillo de una sola línea de partición con un molde sándwich, el molde sándwich puede virtualmente duplicar la producción de una máquina de inyección ya que la distribución del material fundido se hace sobre dos líneas de partición del molde en vez de una.

- **Molde de canal caliente:** Este tipo de moldes se utiliza para la inyección "sin colada" o para conseguir una reducción importante de la misma, al tiempo que presentan una menor pérdida de presión respecto a moldes standard.

Así como existen los moldes de canal caliente para la inyección de materiales termoplásticos también existen moldes de canal frío para la inyección sin colada de materiales termoestables.

Los moldes de inyección se fabrican generalmente con aceros para herramientas, en función de los materiales a inyectar se ha de seleccionar cuidadosamente el material a utilizar. Las exigencias con respecto a estos aceros son, entre otras:

- Alta resistencia al desgaste
- Alta resistencia a la corrosión
- Alta fiabilidad

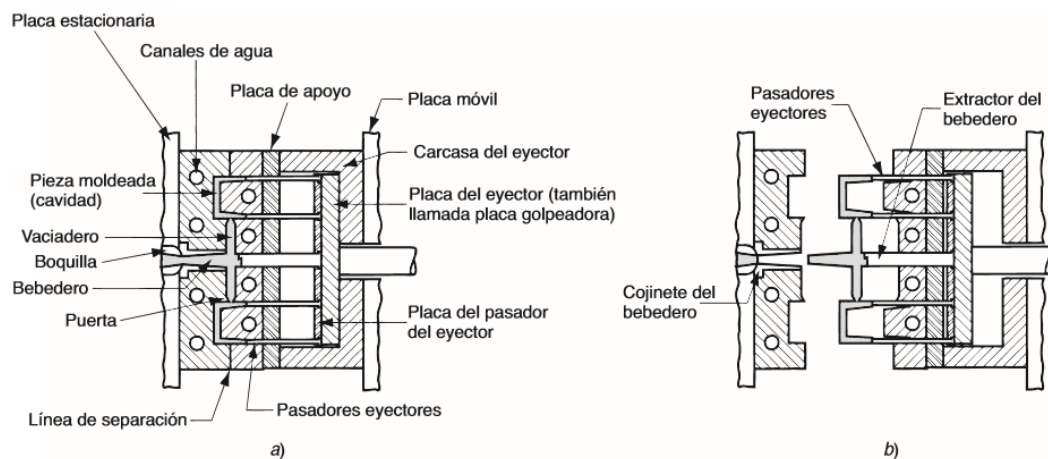


Figura 5 Detalle de un molde de dos placas. a) Cerrado b) Abierto

Fuente: [7]

2.2.6 Materiales para moldes de inyección [6]

Para la construcción de altos polímeros para el proceso de inyección, son fundamentales moldes de gran calidad, con una elaboración muy precisa y que deben presentar una larga duración. El tipo de material para la construcción de un molde debe basarse en:

- Las exigencias impuestas a la pieza fabricada

- Los costes de fabricación del molde
- La duración del ciclo
- El número de piezas a fabricar con el molde

Estas condiciones no dependen de las propiedades térmicas y mecánicas, ni tampoco de la facilidad de elaboración de los materiales.

2.2.6.1 Aceros [6]

Las características que debe poseer un acero para la construcción de moldes de inyección se deben por una parte a las condiciones establecidas por la pieza determinada y por otra a los esfuerzos que se ve sometido el molde. Entre las propiedades que deben poseer los aceros se tiene:

- Buenas condiciones para su elaboración (mecanibilidad, facultad de troquelado en frío, templabilidad)
- Resistencia a la compresión, temperatura y tenacidad
- Tratamiento térmico sencillo
- Deformación reducida
- Buena conductibilidad térmica
- Buena resiliencia
- Resistencia a los ataques químicos

De acuerdo con las consideraciones mencionadas anteriormente se procederá a la selección del acero apropiado entre la gama que ofrece todo suministrador.

Los aceros pueden clasificarse en:

- Aceros de cementación
- Aceros de temple total
- Aceros bonificados para empleo en el estado de suministro
- Aceros resistentes a la corrosión
- Aceros de nitruración
- Aceros de segunda fusión

➤ **Aceros de cementación** [6]

Estos aceros son los que reúnen las condiciones que más se aproximan a las exigidas a un acero para la construcción de moldes, debido a esto no se debe extrañar que su porcentaje de aplicación alcance alrededor del 80% del consumo total de aceros para moldes. Una de las principales ventajas de estos aceros consiste en que por cementación o carburación se forma una superficie dura como el vidrio y simultáneamente un núcleo duro y tenaz. Dicha dureza superficial hace que los moldes sean resistentes a la abrasión, y el núcleo tenaz les hace resistentes a los esfuerzos alternativos y bruscos.

Dichas propiedades se obtienen cuando se calientan los moldes fabricados con acero de bajo contenido de carbono (con un contenido en C de menos del 0,2%) en un medio que aporte carbono, sosteniendo una temperatura comprendida entre 840 y 900°C y enfriando a continuación en aceite o agua. El contenido de carbono de las zonas externas puede alcanzar, de este modo, hasta un 0,8% y la profundidad de esta capa enriquecida puede alcanzar entre 0,6 y 2 mm según las exigencias la cual crece con la temperatura y la duración del calentamiento. Sin embargo, las temperaturas excesivamente elevadas y un tiempo de calentamiento excesivo son perjudiciales para el acero, ya que la estructura se hace muy basta y dificulta el posterior tratamiento térmico de bonificación los mismos que se muestran en la figura 6:

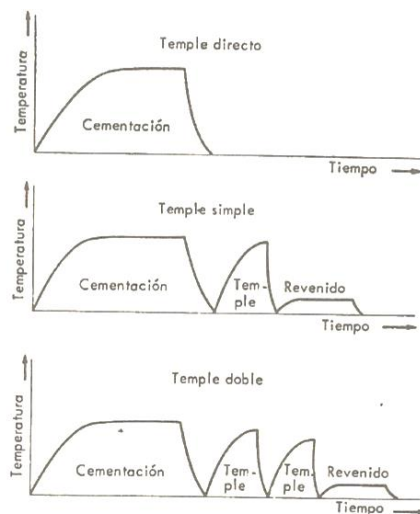


Figura 6 Diagrama de temple para los tres tipos básicos de tratamiento térmico

Fuente: [6]

➤ **Aceros de temple total [6]**

En estos aceros se produce el aumento de dureza por la formación de martensita debido al rápido enfriamiento que sucede cuando se calienta el mismo y las características mecánicas que pueden obtenerse debido a este proceso dependerán tanto del agente refrigerante como de la velocidad de enfriamiento, usándose así agua, aceite o aire como agentes enfriadores, sabiendo que el agua proporciona un enfriamiento más rápido mientras que el aceite y el aire son más suaves.

Los moldes fabricados con aceros templados tienen una buena resistencia a la abrasión debido a su elevada dureza, sin embargo se vuelven más sensibles a la formación de grietas y a la deformación en comparación con los moldes de cementación o bonificación ya que estos son de menor tenacidad. Teniendo así que estos aceros solo se utilizan generalmente para fabricar pequeños moldes o para elementos planos de los mismos.

➤ **Aceros bonificados para el empleo en el estado de suministro**

Estos aceros son utilizados principalmente para evitar las variaciones de dimensiones o las deformaciones producidas durante un tratamiento térmico, los mismos que pueden ser elaborados con relativa facilidad y económicamente por arranque de viruta. Su aplicación se realiza fundamentalmente en la elaboración de moldes de grandes dimensiones, la principal desventaja al trabajar con estos aceros es la reducida resistencia a la abrasión y la deficiente calidad de la superficie (acabado), ya que generalmente es necesario realizar un tratamiento tal como el cromado o la nitruración.

➤ **Aceros resistentes a la corrosión**

Llamados también inoxidable, ya que estos contienen tal cantidad de cromo que ya no es posible considerarlos aceros de baja aleación, la cualidad de resistencia a la corrosión se le da mediante el óxido de cromo que se forma en la superficie, la misma que se adhiere fuertemente. Si se suministra de un 4 a un 6% de cromo a un acero pobre en carbono, puede lograrse una buena resistencia a la mayoría de los ambientes corrosivos habituales en las industrias. [8]

➤ **Aceros de nitruración** [6]

Básicamente pueden nitrurarse todos los aceros cuyos aditivos de aleación formen nitruros, en los mismos que se suministran recocidos, por lo cual estos pueden mecanizarse por arranque de viruta sin dificultades teniendo una principal ventaja la cual consisten en que, tras el tratamiento térmico, se obtienen moldes sin tensiones de gran tenacidad con elevada dureza superficial y una mejorada resistencia a la corrosión.

➤ **Aceros de segunda fusión** [6]

- Teniendo en consideración que la calidad de una pieza inyectada depende principalmente de la calidad superficial que posea un molde se determina que cuanto más elevado sea el pulido mayor será la calidad de esta, misma que viene influido por el grado de pureza, el cual a su vez depende del porcentaje de inclusiones no metálicas que se encuentran en el acero como óxidos, sulfuros y silicatos. Dichas inclusiones pueden eliminarse en los aceros de segunda fusión ya que son obtenidos en hornos de inducción a alto vacío o en hornos al arco eléctrico.

2.2.7 Clasificación de coladas y entradas [5]

Existen tres tipos de coladas y entradas cada una de ellas determinada con características especiales de las mismas:

- Sistema de colada fría
- Moldes de canal caliente
- Sistema de canal frío

2.2.7.1 Sistema de colada fría. Según DIN 24 450 se diferencia entre:

- Colada: definida como un componente de la pieza inyectada, pero que no forma parte de esta.
- Canal de colada: definido desde el punto de introducción de la masa plastificada en el molde hasta la entrada.
- Entrada: definida como una sección del canal de colada en el punto donde se une con la cavidad del molde.

El recorrido del material hasta llegar a la cavidad debería ser lo más corto posible para que entre otras cosas se minimicen las pérdidas de presión y de calor. A continuación, se especifican los tipos de sistemas de colada y entradas frías más comunes:

Colada cónica con o sin barra

Tiene aplicaciones principalmente para piezas de espesores de pared relativamente gruesos, así como para la transformación de materiales de elevada viscosidad en condiciones térmicamente desfavorables como se muestra en la figura 7, en la cual la barra se ha de separar después del desmoldeo de la pieza.

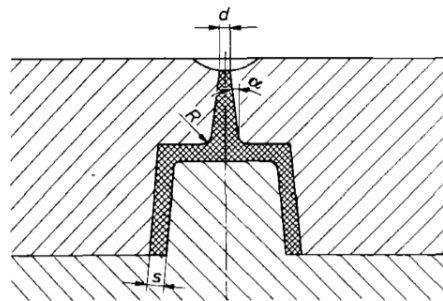


Figura 7 Colada cónica con o sin barra
Fuente: [5]

Entrada puntiforme o capilar

Esta colada a diferencia de la colada en barra se separa generalmente de forma automática, figura 8. Si molestan los pequeños restos de esta sección $\langle d \rangle$ pueden tener la forma de una pequeña cavidad lenticular en la superficie de la propia pieza. Para la expulsión automática de una colada cónica con sección puntiforme se utilizan las boquillas neumáticas de uso general.

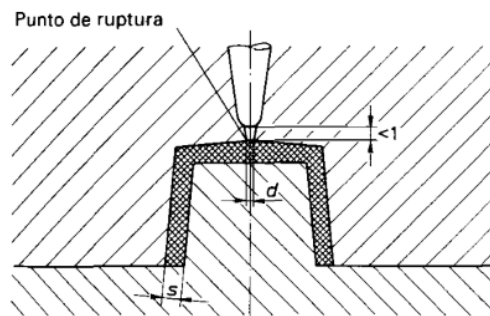


Figura 8 Entrada puntiforme
Fuente: [5]

Colada de paraguas

Esta es adecuada para la fabricación de cojinetes de fricción figura 9 teniendo una precisión de redondez elevada, evitando también al máximo la existencia de líneas de unión, pero las desventajas son el apoyo unilateral del noyó central y la necesidad de realizar operaciones de mecanizado para eliminar la colada

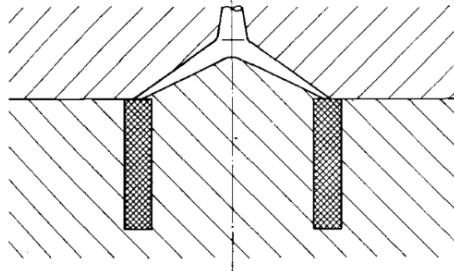


Figura 9 Colada de paraguas
Fuente: [5]

Colada de disco

En este caso se unen preferentemente piezas cilíndricas por el interior, sin líneas de unión residuales, figura 10 siendo el caso de materiales fibrosos de refuerzo (fibras de vidrio), la colada de disco puede favorecer la tendencia a la contracción, eliminándose esta después del desmoldeo.

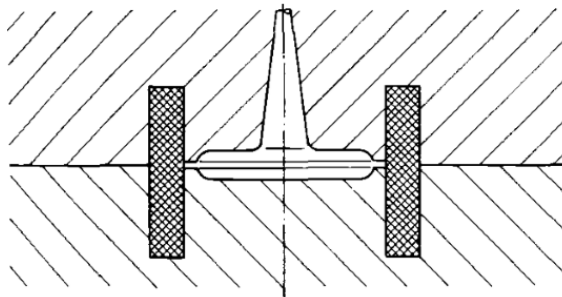


Figura 10 Colada de disco
Fuente: [5]

Entrada laminar o de cinta

Este caso es aconsejable para la fabricación de piezas planas con un mínimo de contracción y de tensión, con una anchura igual a la de la pieza este tipo de entrada origina una distribución homogénea del frente de la colada, figura 11. Un cierto adelantamiento del material líquido en el sector de la colada de barra se puede

compensar con la corrección de la sección de entrada, pero al ser el caso de un molde sencillo la entrada está situada fuera del eje de gravedad, lo que puede producir un desgaste de este, así como la formación de cascarilla.

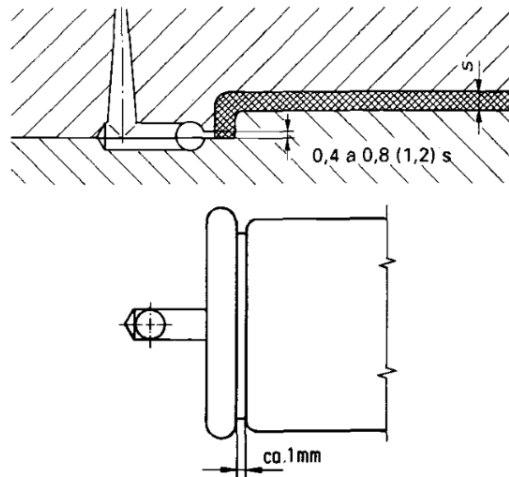


Figura 11 Entrada laminar o de cinta
Fuente: [5]

Entrada de túnel o submarina

En este caso la entrada es separada de la colada al abrir el molde o por medio de una arista cortante en el momento de expulsar la pieza, figura 12, es adecuada para la inyección lateral de las piezas permitiendo también realizar secciones muy pequeñas consiguiendo en las mismas marcas residuales casi invisibles sobre la pieza.

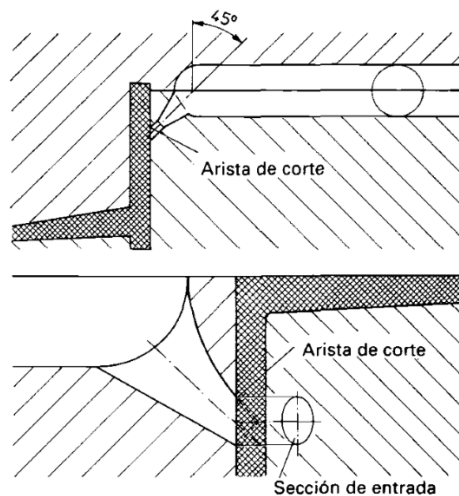


Figura 12 Entrada túnel o submarina
Fuente: [5]

2.2.7.2 Moldes de canal caliente

Estos moldes se utilizan principalmente para la inyección (sin colada) de piezas termoplásticas, así como también se pueden aplicar como canal caliente parcial, es decir con subdistribuciones aprovechando las ventajas de este, ya que al ejecutarlos correctamente estos sistemas presentan una menor pérdida de presión a comparación de los moldes comparables con sistemas de distribución de solidificación. Con este sistema de canal caliente se pueden inyectar piezas extremadamente grandes (parachoques de automóviles). Una de las principales ventajas de los moldes de canal caliente es la fabricación óptima de piezas en moldes de pisos. [5]

2.2.7.3 Sistemas de canal frio

Una de las principales características de elaborar termoestables y elastómeros en moldes de canal frio sin mazarota es que ha de tener los mimos a un nivel de temperatura que se evite la solidificación, siendo de esta forma, las exigencias respecto a este sistema muy elevadas teniendo que el gradiente de temperatura ha de ser lo más pequeños posible y que el aislamiento térmico del molde y del canal frio ha de ser óptimo para evitar con seguridad la solidificación del material. [5]

2.2.8 Control de temperatura en los moldes de inyección

Dependiendo del tipo de plástico que se va a inyectar, el molde a fabricarse se ha de calentar o enfriar. Esta finalidad la cumple el control de temperatura del molde, el mismo que normalmente utiliza agua o aceite, en comparación de los materiales termoestables en los cuales se utilizan resistencias eléctricas. Una de las principales características para la obtención de una buena calidad y de un aprovechamiento de las piezas inyectadas es tener un control óptimo de temperatura la misma que influye en:

- La deformación de las piezas: dado comúnmente en los materiales parcialmente cristalinos.

- El nivel de tensiones propias en la pieza inyectada y su fragilidad: la cual podría aumentar en el caso de termoplásticos amorfos.
- El tiempo de enfriamiento y el tiempo de ciclo.

Si el sistema de refrigeración a utilizar es agua, se tiene que evitar la corrosión, así como de la depositación calcárea en los canales de distribución, ya que de esta forma se produce la intensidad de la transmisión térmica en el molde. [6]

2.2.9 Tipos de expulsores y desmoldeos

Como resultado de la contracción durante la inyección, las piezas inyectadas se contraen sobre los machos del molde (no se produce comúnmente en los materiales termoestables), utilizando así varios sistemas para el desmoldeo entre las cuales se tiene:

- Pasadores cilíndricos de expulsión
- Casquillos de expulsión
- Placas de extracción, anillos de expulsión, regletas de expulsión
- Mordazas correderas
- Separadores por aire comprimido
- Extractores de plato o de tipo seta.

Los mismos que dependerán de la forma de la pieza a inyectar, teniendo en cuenta que la presión superficial sobre la pieza a expulsar debe ser la mínima posible para evitar deformaciones y en el caso de utilizar extractores del tipo pasador perfilado se ha de evitar que se entregiren.

Comúnmente, los machos y también los dispositivos de extracción se sitúan en la parte móvil de las máquinas de inyección, pero en casos especiales puede ser preferible colocar los machos en la parte fija de las máquinas, lo cual puede ser posible mediante el uso de dispositivos especiales de extracción.

Los extractores sirven no solo para el desmoldeo de la pieza inyectada sino también para la evacuación de los gases de la cavidad, pues de la misma manera una salida defectuosa de la cavidad puede tener algunas consecuencias como:

- Llenado parcial de la cavidad
- Unión defectuosa de frentes de material
- El denominado efecto diésel, es decir, daños térmicos de la pieza (quemado).

Los problemas de las salidas de los gases se producen principalmente a mayor distancia de la colada.

2.2.10 Disposición de las entradas en la pieza obtenida por inyección [6]

Esta va a determinar la dirección de flujo de la masa de moldeo en la cavidad del molde, teniendo en cuenta que las propiedades de resistencia de las piezas inyectadas no son las mismas en sentido transversal que en el sentido longitudinal del flujo [9].

Si la entrada no se produce por el punto más grueso de la pieza, suelen producirse porosidades, rechupes y una deformación de importancia que afecta las dimensiones de las piezas, los mismos que pueden ser generados por una presión residual de actuación muy corta.

2.2.11 Cantidad de entradas en una pieza

En referencia al número de entradas necesarias no se puede resolver en forma general, sino que esta va a depender de la forma y del material del artículo que se va a elaborar los mismos que determinaran cuantas conexiones tendrá la pieza con el sistema de llenado. El camino de flujo estará directamente influido por la longitud de la pieza y de su espesor, conviniendo que la relación existente entre el recorrido de la masa que fluye y el espesor de la pieza a inyectar no sea superior a 80.

Al tener un molde varias entradas las mismas producirían uniones de flujo en los lugares que converge la masa en el interior de mismo, las mismas que resultan más visibles cuanto más viscosa es la masa. Obteniendo que generalmente las piezas van a tener una resistencia baja en las líneas de unión, dado esto se considera que en las piezas que vayan a ser sometidas a esfuerzos elevados, conviene realizar el llenado por una sola entrada, teniendo en cuenta que el mismo se realice de una manera uniforme.

2.2.12 Tipos de mazarotas y canales u orificios de entrada

Es un factor importante que influye en la calidad y la rentabilidad de la producción de la pieza a inyectar, la configuración y posición de estas determinaran el proceso de llenado y por lo consiguiente la resistencia que va a tener dicha pieza. La mazarota debe ser diseñada en forma que facilite la separación de esta con la pieza.

2.2.12.1 Barra o mazarota cónica

Es la forma más sencilla y antigua de canal de entrada utilizada, se consigue una elevada presión residual, la cual permanece hasta la solidificación de la pieza. Ya que este tipo de canal genera una mínima resistencia al flujo de la masa, se emplea principalmente al inyectarse masas viscosas y sensibles a la temperatura.

Resultando apropiado para la elaboración de piezas con reducida tolerancia en las dimensiones y que sean de pared gruesa. Existen dos posibilidades una en la cual se emplea un manguito de bebedero, en el cual no puede evitarse una marca en la pieza, figura 13, y la otra en la cual el canal tiene que elaborarse en la mitad del molde, figura 14.

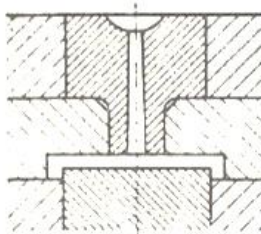


Figura 13 Mazarota de barra con manguito de bebedero
Fuente: [6]

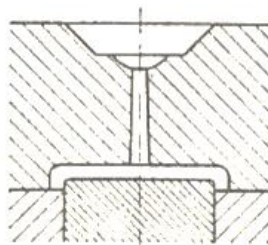


Figura 14 Mazarota de barra en la mitad del molde
Fuente: [6]

2.2.12.2 Orificio de colada puntiagudo con precámara

El avance en la tecnología de automatización en los procesos de elaboración forzó a desarrollar nuevas formas de orificios de entrada los cuales realizarían un trabajo totalmente automático obtenido solamente de la inyección, logrando así con el orificio de colada puntiagudo un trabajo automático, el cual fabrica el artículo en una sola fase, sin tener que realizar ningún trabajo posterior. La figura 15, muestra un molde con orificios de colada puntiaguda provisto de precámara para la fabricación de vaso, en el cual se puede observar una gran depresión en el lado de la boquilla que desemboca en el canal que conduce a la cavidad del molde.

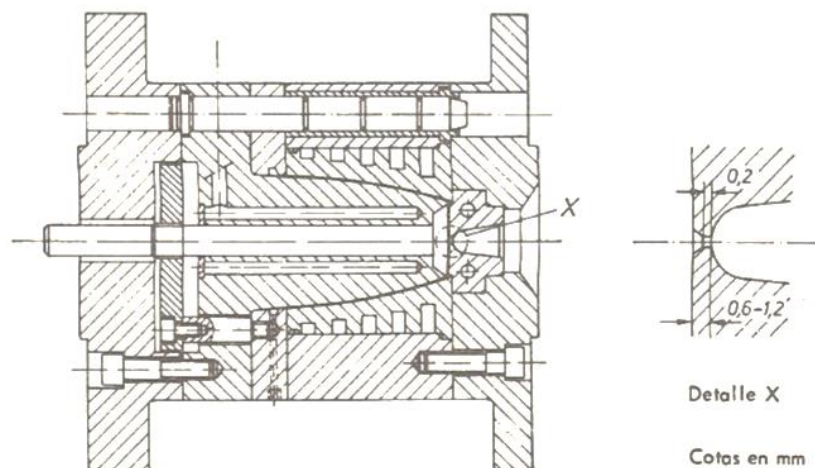


Figura 15 Molde para vasos con mazarota puntiaguda de precámara
Fuente: [6]

2.2.12.3 Entrada de colada sin bebedero

En este caso la boquilla llega directamente hasta la pieza y queda unida a esta por un punto estrecho, en la figura 16, se muestra una pequeña cajita inyectada sin bebedero, en la cual la cara frontal de la boquilla cierra el molde. Produciéndose una marcada señal de inyección en la pieza (aspecto mate y superficie ondulada), procurando así que la boquilla sea de menor diámetro posible y no sobrepasar de 6 a 12 mm, aplicándose este tipo de entrada en la fabricación de piezas finas con ciclo rápido. Para evitar la solidificación en la boquilla, la cual es calentada solamente por transmisión térmica, es aconsejable que el número de sucesiones de inyección por minuto sea menor a tres, empleándose este proceso en forma muy limitada. [10]

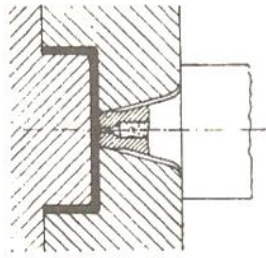


Figura 16 Inyección sin mazarota
Fuente: [10]

2.2.12.4 Entrada de colada laminar

Mediante la llamada entrada laminar pueden evitarse las líneas de unión que se presentan en las piezas con varias entradas, en la cual se inyecta por un lado la masa, la cual se extiende sobre toda la longitud lateral, así como se muestra en la figura 17. Esta entrada alargada cuida de que la masa fluya uniformemente en la cavidad del molde, evitando así las líneas de unión, excluyendo también en gran parte la deformación de la pieza, ya que la dirección del flujo va a hacer igual en todas las direcciones. [11]

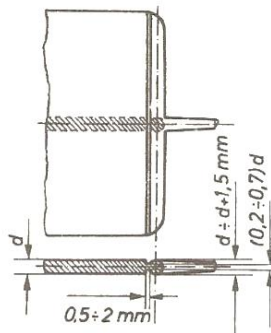


Figura 17 Entrada de colada laminar (d = espesor de la pieza)
Fuente: [11]

2.2.12.5 Entrada de colada en forma de cúpula

Se consigue un llenado uniforme de toda la sección a inyectar de un anillo, se une el cono de colada con un canal en forma de embudo, que se le conoce con el nombre de “cúpula” el mismo que distribuye uniformemente la masa plástica sobre el diámetro mayor de la pieza, así de este modo no se pueden producir uniones de flujo. Existen dos posibilidades de unir la pieza al sistema de llenado, en la figura 18 se muestra que la pieza se une al canal de llenado a través de una entrada situada

entre la cúpula y la pieza, mientras que en la figura 19 muestra una unión directamente de la pieza a la cúpula. [11]

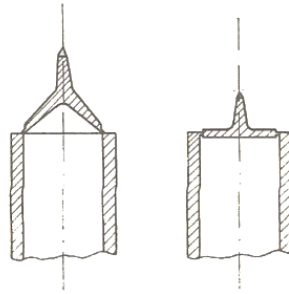


Figura 18 Pieza unida al sistema de llenado a través de la entrada
Fuente: [11]

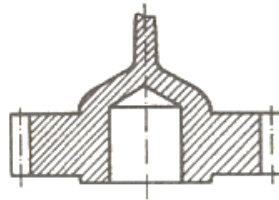


Figura 19 Pieza unida al sistema de llenado a través de una pantalla de colada
Fuente: [11]

2.2.12.6 Entrada de colada anular

Este caso se usa para la fabricación de piezas anulares o en forma de manguito, en donde el núcleo precisa doble apoyo debido a su longitud, siendo la entrada de colada anular muy parecida a la de “cúpula”, en donde la masa plastificada llega por el cono de mazarota a un canal anular, figura 20, mismo que une la pieza con el canal de llenado.

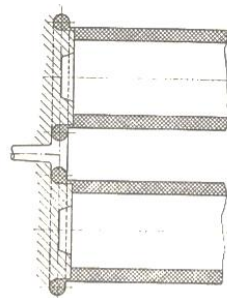


Figura 20 Tubos con entrada de colada anular y pivote de centrado para el apoyo del núcleo
Fuente: [11]

Una de las principales ventajas de este tipo de colada es que el núcleo puede apoyarse por ambos extremos, permitiendo producirse piezas en forma de manguito relativamente largas y con un espesor de pared uniforme. [11]

2.2.12.7 Entrada de colada en forma de túnel [6]

Excepto cuando se trata de moldes que operan con distribuidor aislado y de moldes de canal caliente, en los moldes múltiples se desmoldea conjuntamente la totalidad de la mazarota, siendo imposible un trabajo totalmente automático, para lo cual se emplea la entrada de colada en forma de túnel, figura 21 en el mismo los canales de distribución llegan hasta cerca de la cavidad del molde. Gracias al agujero oblicuo respecto a la pared lateral de la cavidad (túnel) [12], se produce un canto agudo entre el túnel y la pieza, la cual corta la mazarota al desmoldear la pieza.

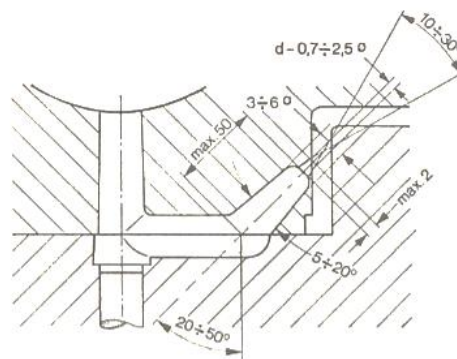


Figura 21 Entrada de colada de túnel
Fuente: [12]

2.2.13 Salida del aire de los moldes

Al realizar el llenado de un molde comúnmente la masa tiene que desplazar el aire que se encuentra en el mismo, ya que este al no tener posibilidades de salida quedaría comprimido en las líneas de unión de flujo o en el punto más alto, produciendo en este punto quemaduras en la pieza llamado el (efecto diésel).

Caracterizando estas zonas por poseer generalmente tonalidades oscuras lo que hace que la pieza sea inservible, ya que el llenado frecuentemente no es completo. Siendo generalmente algo que no se precisa con medidas especiales esta salida de aire tiene algunas posibilidades para escapar ya sea por el plano de partición o por los expulsores, frecuentemente cuando el plano de partición tiene cierta aspereza la

cual se determinó o efectuó al momento de la construcción del molde. La posición y forma de entrada determinan el proceso de llenado como ya se estableció anteriormente, y por tanto también determinara la posibilidad de eliminación del aire, y si esta es desfavorable habrá que tomar otras medidas para eliminarlo.

En la figura 22 se representa un molde para vasos con la entrada de colada lateral respecto a la pieza, teniendo una posición de entrada desfavorable para la salida de aire, mientras que en la figura 23 muestra un molde para la inyección de vasos inyectado por el fondo, el cual tiene una posición de entrada favorable para la salida de aire. [6]

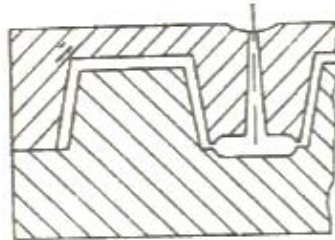


Figura 22 Vaso inyectado lateralmente, posición desfavorable para la salida de aire

Fuente: [6]



Figura 23 Vaso inyectado por el fondo, posición de entrada favorable para la salida de aire

Fuente: [6]

También puede conseguirse la salida del aire gracias al montaje adicional de un troquel, figura 24; desde luego, quedara una marca en el fondo del vaso, aunque una prevenida realización del troquel puede convertir a veces la marca indeseable en una muesca ornamental. [13]

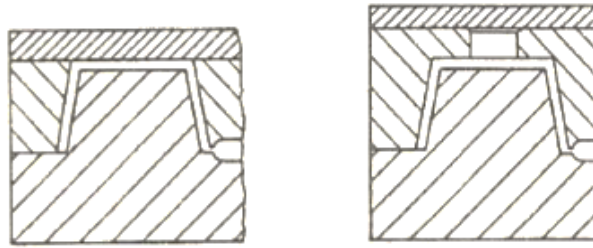


Figura 24 Molde con junta adicional, expulsión de aire por la junta adicional (izquierda), expulsión mediante troquel auxiliar (derecha).

Fuente: [6]

Cuando las ranuras del plano de partición no son suficientemente permeables y el aire no puede escapar por los expulsores o troqueles auxiliares, habrá que reducir las superficies de junta para reducir el camino a recorrer por el aire, o elaborar canales de unas milésimas de mm de profundidad y de alrededor de 1 mm de anchura en el plano de separación. [14]

2.2.14 Enfriamiento adecuado del molde

Generalmente, a los altos polímeros se les da su primera forma cuando estos están fundidos, se inyecta la masa a una elevada presión y gran velocidad en el molde, cuya cavidad tiene la forma del artículo deseado. Adaptándose la masa a la forma de este, teniendo que disipar su calor hasta que la pieza se solidifique, misma que no puede ser desmoldeada cuando no adquirido suficiente rigidez. Teniendo así algunas temperaturas mismas que se especifican en la tabla 1.

Dado que el enfriamiento es un factor de gran importancia para determinar la calidad y rentabilidad de un molde se toma en cuenta el mismo al iniciar la construcción de este, la cual debe hacerse siguiendo el llamado principio del cono, el cual determina que la pieza ha de enfriarse uniformemente comenzando desde el borde exterior hacia el punto de la colada. Por lo general al elegir la temperatura del molde se ha de tener en cuenta factores como las exigencias económicas y la técnica de producción, ya que las temperaturas elevadas pueden llegar a producir:

- Buenas superficies
- Buena fluidez
- Reducido grado de orientación y pocas tensiones propias

- Pocas grietas de tensión
- Poca contracción posterior
- Largos tiempos de enfriamiento

Al enfriarse con tiempos demasiado cortos tiene sus ventajas económicas, lo cual produce también abundantes desventajas en la calidad por lo que se deberá estimar una temperatura adecuada la misma que no afectara en las propiedades del molde, así como en su calidad, la cual también deberá proporcionar ventajas económicas para que dicho molde sea rentable. [6]

Tabla 1 Temperaturas de elaboración y del molde para algunas masas de inyección

Material	Temperatura de elaboración (°C)	Temperatura del molde (°C)
Polietileno de baja densidad	170 - 260	0 - 70
Polietileno de alta densidad	220 - 320	0 - 70
Poliestireno normal	200 - 250	30 - 60
Poliestireno antichoque	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 – acrinolitrilo	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
Acrinolitriilo - estireno – butadieno	180 - 240	50 - 80

Fuente: [6]

2.2.15 Mecanización [15]

Este término se refiere a la elaboración de piezas de determinada configuración geométrica mediante el proceso de arranque de capas sobrantes. Entre los principales tipos de mecanizado se encuentran: por abrasión, mecanizado térmico,

ultrasónico, mecanizado por arranque de viruta y el electromecanizado, haciendo énfasis en los dos últimos mencionados ya que estos son los principales procesos que se utilizan para el acabado de un molde, en la figura 25 se muestra una representación de la posición relativa de la herramienta de corte y la pieza a mecanizar.

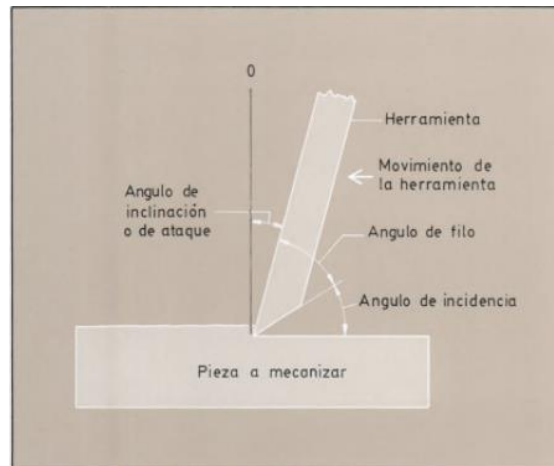


Figura 25 Posición relativa de la herramienta de corte y la pieza a mecanizar

Fuente: [15]

2.2.15.1 Mecanizado por arranque de viruta

En este caso el metal de la pieza a mecanizar se fuerza de modo intenso, exactamente delante del extremo cortante de la herramienta, así produciendo el arranque del metal el cual se rompe de modo aproximadamente perpendicular a la cara de la herramienta lo que hace que se produzca la formación de viruta, la misma que puede ser cortada, arrancada o continua como se muestra en la figura 26, dando paso a que el metal fluya por la cara de la herramienta. Generalmente en los materiales frágiles, como el bronce y la fundición se desprenden virutas arrancadas y si el metal es tenaz la viruta va a depender de la velocidad de aplicación de la herramienta. De esto se determina que velocidades bajas producen virutas cortadas, mientras que velocidades de corte altas originan virutas plásticas.

En la figura 27 se muestra los principales procedimientos de mecanizado con arranque de viruta los cuales se aplican en la construcción de un molde siendo así: el taladrado, el aserrado, el torneado, el cepillado y el fresado.

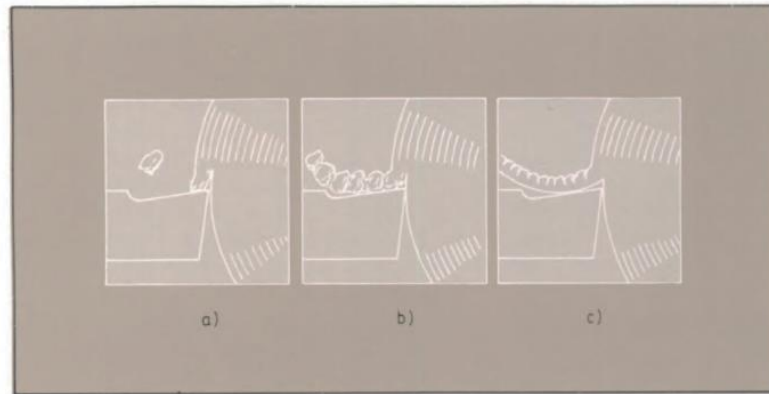


Figura 26 Clases de virutas: a) arrancada, b) cortada, c) plástica
Fuente: [15]

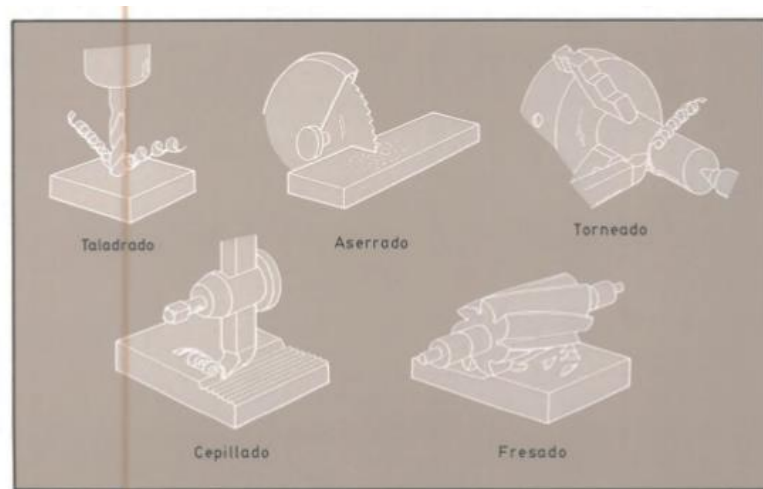


Figura 27 Tipos de mecanizado con arranque de viruta
Fuente: [15]

2.2.15.2 Electromecanizado

Este consiste en colocar la preforma o pieza a mecanizar en una cuba frente a un electrodo-útil, que debe tener la “forma negativa” de la pieza deseada o del modelo y conectarla con un electrodo del generador de corriente. Dicha proforma se disuelve selectivamente en el baño a una velocidad que es proporcional a la densidad de la corriente en cada zona superficial. La densidad que se estabiliza uniformemente a medida que la pieza a electromecanizar se “acopla” frente al electrodo útil como se muestra en la figura 28.

El volumen del cráter que se forma en la pieza depende de la energía (amperaje y voltaje) y de la energía (chispa o arco), naturaleza del metal de la pieza, del electrodo útil y del líquido iónico. Ya en el proceso propiamente denominado

electroerosión, la chispa o el arco saltan entre los puntos más próximos situados uno en cada electrodo figura 29(a), lo cual implica eliminación de los salientes de la pieza y el acoplamiento de la forma de la pieza a mecanizar con el electrodo.

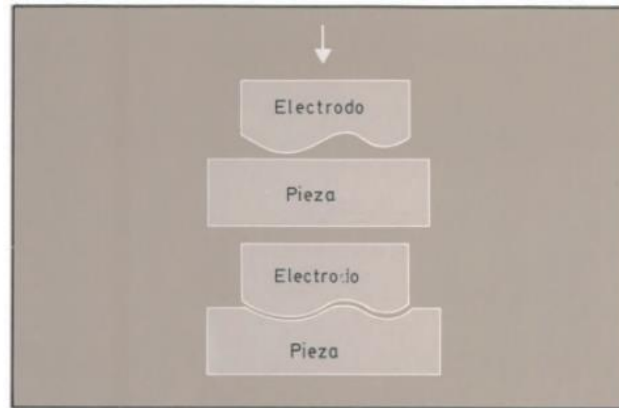


Figura 28 Esquema de la impresión del electrodo-útil en la preforma o pieza a mecanizar
Fuente: [15]

En algunas condiciones se forma una burbuja de gas. Al final de la descarga como se muestra en la figura 29(b), la presión del interior de la burbuja disminuye bruscamente lo cual da lugar a un efecto de expulsión del metal líquido, que puede ser una cavitación como en la figura 29(c), donde el ciclo se volverá a iniciar al aproximarse los electrodos, en la zona de menor distancia interelectrónica.

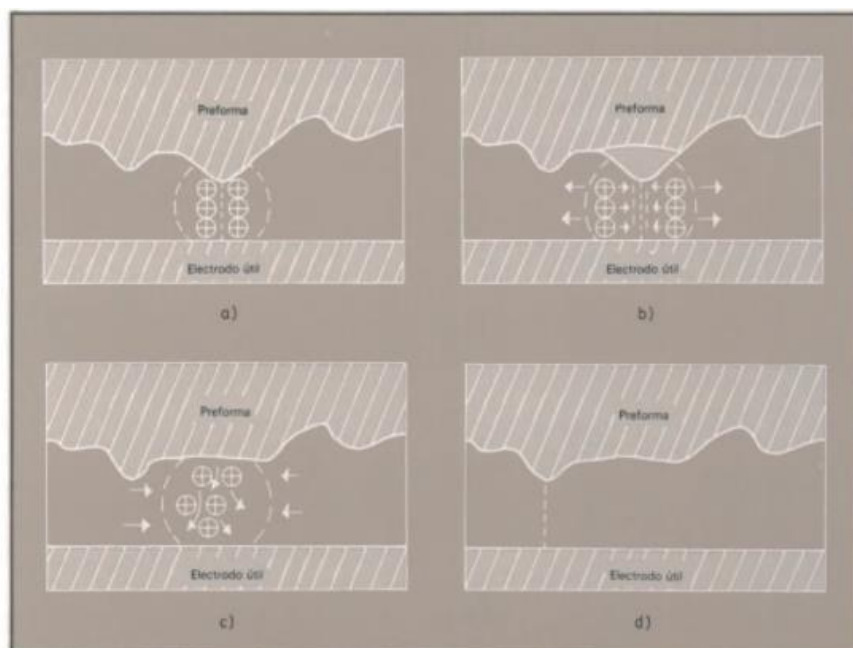


Figura 29 Mecanismo del procedimiento de la electroerosión por descarga eléctrica.
Fuente: [15]

La densidad electrónica es, pues, la causa determinante de la disolución metálica y por ese motivo se disuelven, en primer lugar, las zonas de la preforma más próximas al electrodo-útil: las zonas de mayor densidad de corriente.

2.2.16 Electroerosión [15]

Este es un mecanizado en el que el metal se arranca de la pieza a mecanizar al aplicar una fuerza electromotriz entre este y el electrodo-útil sumergido en un líquido dieléctrico.

La electroerosión se ha venido aplicando para la fabricación de matrices de estampación, matrices y punzones de corte, matrices de compactación de polvos metálicos y moldes para plásticos, vidrios, caucho y moldes a presión. Los materiales principalmente usados son los aceros al carbono y los aceros aleados en estado de recocido o de temple y revenido, los aceros inoxidable, las fundiciones, los metales y aleaciones refractarias, los carburos sinterizados y el grafito.

Si entre la pieza y el electrodo solo existiera aire no se produce la electroerosión, ya que al saltar la chispa se ionizaría el aire, ramificando las descargas y calentando la pieza sin llegar a arrancar material, sin embargo si entre la pieza y el electrodo hay un líquido dieléctrico, el cual posea un gran poder desionizante, las descargas se concentrarían alcanzando elevadísimas densidades de corriente, lo mismo que provocaría la fusión instantánea de diminutas partículas metálicas de la pieza que va a ser mecanizada, dichas partículas deben eliminarse rápidamente de la zona de chispeo, pues modifican la conductividad del líquido. Generalmente se eliminan por la agitación del baño, la misma que se puede obtener por dos maneras ilustradas en la figura 30:

- a) Por las descargas que dilatan la burbuja de gas, creada en el canal de descarga, la misma que actúa como una verdadera bomba.
- b) Por la acción de una bomba auxiliar que obliga al dieléctrico a circular.

Dicho movimiento del líquido es de gran importancia puesto que la estabilidad del proceso electroerosivo viene regido por la relación existente entre la producción de partículas en el espacio electrodo-pieza, denominada también zona de chispeo o

GAP, y su evacuación. Dado esto conviene asegurar una velocidad constante de eliminación de partículas metálicas V_e (mm^3/min). De este modo la energía (W) que produce la descarga en el espacio electrodo-pieza, se consume en la producción de partículas y en la eliminación de estas.

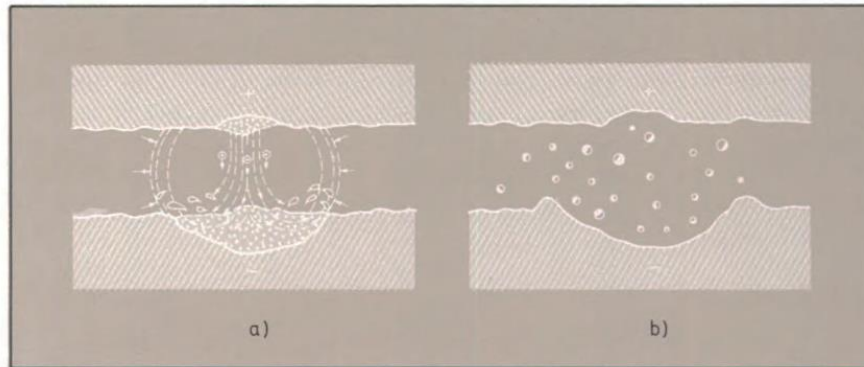


Figura 30 Mecanismo del mecanizado por electroerosión
Fuente: [15]

La velocidad de eliminación de metal del mecanizado por electroerosión (V_w) tiene el siguiente valor:

$$V_w = \frac{\text{Volumen de materia eliminada en la pieza}}{\text{Tiempo de mecanizado}}$$

En este desgaste de material en el espacio pieza-electrodo también se produce eliminación de materia del electrodo, el cual actúa como útil de mecanizado. Siendo así los tres criterios más extendidos los siguientes: el desgaste de volumen, el desgaste frontal y el desgaste lineal.

2.2.16.1 Factores en los procedimientos electroerosivos

Estos están relacionados con la preforma, con el líquido dieléctrico, con el electrodo y con las condiciones de trabajo en la máquina. La naturaleza y composición de los materiales de la preforma, del electrodo y del líquido dieléctrico repercuten decisivamente en las condiciones para lograr la electroerosión, aunque los factores metalúrgicos del procedimiento electroerosivo son menos determinantes que en el mecanizado electroquímico.

2.2.16.2 Condiciones de funcionamiento de la máquina de electroerosión

Estas vienen a constituir los factores operacionales más importantes y se consideran los siguientes:

- Potencia de la máquina: En donde el voltaje aplicado y la intensidad de corriente que circula por los electrodos, definen la energía de la máquina que incide en las chispas a producir, mismas que son las causantes de la electroerosión.
- La distancia entre el electrodo y la preforma, o gap, también influye considerablemente en las chispas.
- El flujo del líquido dieléctrico, debido a la presión de entrada y de salida, contribuye a la eliminación de los detritos metálicos procedentes del mecanizado de la preforma y a la eliminación de calor.

Dichos factores citados definen la capacidad de arranque de material de la preforma y el desgaste del electrodo en el procedimiento electroerosivo. [15]

2.2.17 Control numérico por computadora (CNC)

La manufactura asistida por computadora (CAM) utiliza el resultado del dibujo asistido por computador (CAD). Combinando estos dos, el CAD y el CAM, el diseñador ha logrado el efecto de aumentar considerablemente la exactitud y la productividad, así como una calidad tremenda en las prestaciones de sus proyectos. Hoy ya no es normal, en las oficinas de diseño, que no se realicen planos sin que se tengan una conexión directa con los aspectos de diseño y producción. Los dibujos producidos con CAD pasan a ser almacenados en un formato numérico y geométrico el cual puede ser transmitido directamente a los equipos CAM.

Uno de los principales métodos de transmisión de la información de diseño del CAD al CAM es el de CN, que significa control numérico. También se le denomina control numérico por computador (CNC), el cual puede almacenar diseños que son usados en una gran variedad de procesos de manufactura que están relacionados.

Dando como resultado de esto la fabricación de una parte del producto o de la manufactura de este completo, realizado de una manera totalmente automática por

las máquinas, con las medidas y los requerimientos de límites, tolerancias y precisión deseada.

El sistema CAD/CAM es el último avance de la industria, muchos tienen el sistema CAD, pocos tienen CAD/CAM y solo algunos poseen CAD/CAM/CIM. Este último es manufactura integrada por computadora. Este sistema está siendo implementado a una velocidad más lenta, sin embargo, existen softwares disponibles que operan compatiblemente con él. [16]

2.2.17.1 Ventajas de las máquinas herramienta NC

Las máquinas herramientas controladas numéricamente poseen las siguientes ventajas:

1. La precisión de los componentes es alta.
2. La capacidad de producción.
3. El costo general de las herramientas es menor.
4. El tiempo de avance es menor.
5. Se pueden realizar más operaciones en cada configuración de la pieza de trabajo.
6. El tiempo muerto de la máquina es menor, esto es, el tiempo global del ciclo por componente es menor.
7. La máquina se puede ajustar a velocidades o avances óptimos, es decir, la productividad es mayor-
8. El espacio total que requiere la máquina herramienta es menor.
9. Se reduce sustancialmente el error del operario.
10. El trabajo puede ser realizado por operarios menos calificados.
11. La confiabilidad de estas máquinas es excelente.
12. Los cambios de diseño se pueden incorporar fácilmente-
13. Permitan una contabilidad de costos y control de la producción muy precisos.
14. La potencia de la máquina se utiliza de manera óptima.

La principal y mayor desventaja de este tipo de máquinas es su elevado costo inicial.

2.2.17.2 Aplicaciones de las máquinas CNC

En la actualidad, casi no existen empresas o industrias que no utilicen máquinas herramientas CNC, realizando en estas los procesos más básicos como el torneado, el fresado, cepillado, taladrado, planeado y el rectificado que se aplican para maquinar y terminar algunos componentes. Teniendo así las siguientes razones para determinar la utilización de estas:

- En las máquinas herramientas convencionales (manuales), el tiempo de corte es de 15 a 25% del total del proceso, mientras que en las máquinas herramientas CNC, el tiempo de corte es de 75 a 80%, es decir el tiempo de entrega de un elemento (pieza) se reduce considerablemente.
- Generalmente, las partes requieren cambios de diseño. Haciendo posible dichos cambios en una máquina CNC gracias a la flexibilidad para adaptar esas partes.
- La producción tiene un proceso continuo y de calidad precisa en cantidades de lotes, siendo este de cantidades pequeñas o medias.
- La considerable reducción de la inversión en el manejo de las herramientas y en los accesorios para sujeción.
- Son apropiadas para fabricar componentes que requieren 100% de inspección.
- Son adecuadas para producir partes costosas con un mayor grado de precisión.
- Se pueden producir componentes con tolerancias cerradas.
- La rapidez de remoción de metal de estas máquinas es elevada, debido a esto las operaciones son más rápidas que en las máquinas tradicionales.
- En ellas se pueden producir partes que poseen gran complejidad. [2]

2.2.17.3 Estructura de un programa CNC

Dado que un programa de control numérico es un conjunto de información codificada que se traduce en una serie de órdenes y pasos que se producen de forma correlativa, dichas órdenes tienen que efectuarse en una secuencia lógica establecida para que el control de la máquina herramienta sea capaz de ejecutarlas.

A dichas labores o conjunto de tareas se les denomina programación, siendo el objetivo principal de este obtener un programa CNC mediante el cual se pueda

mecanizar una determinada pieza, misma programación puede ser del tipo cerrada o abierta, la del tipo cerrada es la clase de programación que se realiza siguiendo una tabla o estructura de forma más o menos aislada el mismo que no se utiliza en la actualidad, por otra lado la programación de tipo abierta es la más utilizada por los fabricantes de controles y se trata de un sistema que permite escribir líneas con solamente dos caracteres o líneas con hasta 250 caracteres, pero con unas normas a respetar y en el orden de escritura predeterminada.

2.2.17.4 Sistema ISO de programación CNC

Existen diferencias entre los controladores que se encuentran en el mercado, inclusive de un mismo fabricante debido a la variedad de modelos existentes.

Para entender el CNC, es necesario conocer las diferencias y similitudes que presentan los diferentes controladores, así como los estándares que utilizan para su programación.

Normalmente se siguen dos estándares mundiales:

- ISO 6983 (International Standardization Organization)
- EIA RS274 (Electronic Industries Association)

El sistema ISO es un estándar de normalización, y como ocurre en otros ámbitos de la industria tiene como objeto la estandarización internacional de normas en la fabricación. En este caso esta aplicado a la estructura de programación CNC, la mayoría de los fabricantes actuales de sistemas de control numérico basa sus lenguajes de programación en el estándar ISO. No obstante, la tecnología de fabricación y las innovaciones de los fabricantes han evolucionado más rápido que la normalización, lo que ha ocasionado que existan diferencias e incompatibilidades entre los lenguajes de programación de las distintas marcas. [17]

2.2.17.5 Funciones genéricas [17]

A continuación, se detallan los tipos de palabras que se emplean para escribir frases que componen un programa CNC:

- N – Numero de frase o bloque

- G – Funciones preparatorias
- X – Coordenada
- Y / Z – Coordenada
- F – Indicación de la velocidad de avance
- S – Velocidad de giro de la herramienta
- T – N° de herramienta
- D – Corrector de herramienta
- H – Corrector de herramienta
- M – Funciones auxiliares
- (----) – Comentarios

2.2.17.6 Palabras de preparación (códigos G y M)

Las palabras G se utilizan para iniciar los comandos de control, es decir, preparan la UCM para la operación específica e interpretan los datos que siguen la trayectoria de su función. En la tabla 2, se muestran algunos códigos que se utilizan ampliamente:

Tabla 2 Representación de las funciones G

G00	Modo de posicionamiento punto a punto del control (recorrido rápido)
G01	Modo de interpolación lineal del control (recorrido lineal)
G02	Interpolación circular arco en el sentido horario
G03	Interpolación circular arco en sentido contrahorario
G04	Parada: retraso predeterminado antes de ejecutar las instrucciones del bloque actual
G05	Mantenimiento: retraso infinito antes de ejecutar instrucciones del bloque actual, que solo termina el operador o un interruptor de seguridad
G06	No asignado: puede adquirir un uso estándar
G07	Evitar aceleración
G08	Desaceleración
G09	Interpolación lineal que se utilizan para dimensiones largas
G10	Interpolación lineal que se utiliza para dimensiones cortas
G11	Interpolación 3D
G17	Selección de plano XY
G18	Selección de plano ZX
G19	Selección de plano YZ
G20	Interpolación circular en arco en sentido horario (se utiliza para dimensiones largas)
G21	Interpolación circular en arco en sentido horario (se utiliza para dimensiones cortas)
G25	Inicio de sub-rutina
G26	Fin de sub-rutina
G30	Reservado para contorneado contrahorario (distancia larga)
G31	Reservado para contorneado contrahorario (distancia corta)
G33	Corte de roscas (avance constante)
G34	Corte de roscas (avance creciente)
G35	Corte de roscas (avance decreciente)
G36	Sólo se utiliza para propósitos de control
G40	Compensación del cortador (cancelar)
G41	Compensación del cortador (izquierda)
G42	Compensación del cortador (derecha)
G43	Compensación del cortador (positiva)
G44	Compensación del cortador (negativa)
G52	No asignado y reservado para control adaptable
G53	Cambio lineal cancelar
G54	Cambio lineal (X)
G55	Cambio lineal (Y)
G56	Cambio lineal (Z)
G57	Cambio lineal (XY)
G58	Cambio lineal (XZ)
G59	Cambio lineal (YZ)
G62	Posicionamiento rápido
G63	Machuelado
G70	Programación en pulgadas en herramienta NC, que acepta dimensiones en pulgadas, así como en milímetros
G71	Programación métrica
G78	Ciclo de fresado
G79	Ciclo de fresado
G80	Ciclo fijo cancelar
G81	Repetir función: ciclo de torneado fijo/ciclo de taladrado
G82	Estadía en ciclo de taladrado circular
G83	Ciclo de taladrado
G84	Ciclo rectangular (ciclo de roscado)
G90	Programación en dimensiones absolutas
G91	Programación en dimensiones incrementales
G92	Preestablecer posición
G94	Velocidad de avance en mm/min (pulgadas/min)
G95	Velocidad de avance en mm/rev (pulgadas/rev)
G96	Velocidad superficial constante (mm/min)
G97	Velocidad (rev/min)
G98	Origen absoluto (punto de referencia de la máquina)
G99	Origen flotante

Fuente: [2]

En la tabla 3, se muestran los códigos M que se utilizan en las computadoras:

Tabla 3 Códigos M comúnmente utilizados

M00	Paro de programa
M01	Paro opcional (planeado)
M02	Fin de programa
M03	Inicio de husillo en dirección horaria
M04	Inicio de husillo en dirección contrahoraria
M05	Paro del husillo
M06	Cambio de herramienta
M07	Encender refrigerante (tipo 2: enfriamiento por inundación)
M08	Encender refrigerante (tipo 1: enfriamiento por niebla)
M09	Apagar refrigerante
M10	Sujetar
M11	Soltar
M13	Inicio de husillo en dirección horaria + encender refrigerante
M14	Inicio de husillo en dirección contrahoraria + encender refrigerante
M15	Movimiento + ve
M16	Movimiento - ve
M19	Paro orientado del husillo
M20	Auxiliares
M21	Entrada
M30	Fin de cinta, similar a M02, excepto que debe incluir el rebobinado de la cinta al final del registro, alistándose para la siguiente pieza de trabajo
M31	Desvío de bloqueo de seguridad
M32 a M35	Velocidad de corte constante (se utiliza en torneado)
M36	Rango 1 de avance
M37	Rango 2 de avance
M38	Rango 1 de velocidad del husillo
M39	Rango 2 de velocidad del husillo
M40 a M45	Cambios de engranes
M48	Cancela M49
M49	Anulación de derivación
M50	Refrigerante no, 3 encendido
M51	Refrigerante no, 4 encendido
M55	Cambio lineal de herramienta posición 1
M56	Cambio lineal de herramienta posición 2
M60	Cambio de pieza de trabajo
M61	Cambio lineal de pieza de trabajo posición 1
M62	Cambio lineal de pieza de trabajo posición 2
M68	Sujetar pieza de trabajo
M69	Soltar pieza de trabajo
M71	Cambio angular de pieza de trabajo posición 1
M72	Cambio angular de pieza de trabajo posición 2
M78	Sujetar corredera
M79	Soltar corredera

Fuente: [2]

CAPÍTULO III

3. Diseño del Proyecto

3.1 Selección de alternativas

Para determinar y seleccionar el material con el que se ha de construir el molde, así como el material con el que ha de inyectarse se tomó en cuenta la participación y decisión impartidas por los ingenieros miembros de la empresa Halley Corporation.

3.1.1 Planteamiento de alternativas y criterios

Para este proyecto se tiene como alternativas algunos materiales los cuales podrían tener las características necesarias, así como aplicaciones las cuales deben ser las más óptimas y requeridas para la selección de uno de ellos entre los cuales se tiene:

- 1) Acero P20
- 2) Aceros de baja aleación
- 3) Acero inoxidable

Para poder seleccionar el material más adecuado para este proyecto se toma en cuenta algunos criterios de los cuales dependerá la selección de este, por lo que se tiene en la tabla 4.

Tabla 4 Criterios y ponderaciones para las alternativas de materiales

Criterios	Alternativas de Aceros		
	Acero P20	Acero de baja aleación	Acero inoxidable
Aplicación	5	3	1
Costo	3	5	1
Maquinabilidad	5	5	3
Accesibilidad en el mercado	5	5	3
Mantenibilidad	5	1	5
TOTAL	23	19	13
Valores para la ponderación: 1 - 5	Donde		
	Buena = 5	Regular = 3	Mala = 1

De acuerdo a la ponderación de las alternativas en cuanto a la selección del material más óptimo para la realización del proyecto se obtiene que el acero de tipo P20, es el que cumple lo necesario en cuanto a sus aplicaciones ya que es un material destinado para este tipo de trabajos, se logra también una disminución en cuanto a costos en comparación con el acero inoxidable el cual tiene un costo elevado, en cuanto a la maquinabilidad y accesibilidad al mercado no se tuvo problemas con los demás materiales, no obstante en cuanto a la mantenibilidad se reflejó una gran diferencia entre los dos materiales más idóneos que se presentaban, pero como se puede apreciar en el anexo 1, el fabricante de este tipo de acero y el criterio de aplicación en base a los materiales puestos como alternativas se puede determinar claramente que el material más óptimo y que cumple con las características necesarias es el Acero tipo P20.

3.1.2 Material de construcción

Ya que la empresa Halley Corporación cuenta con una gama extensa de moldes realizados anteriormente por los miembros del área de matricería se decidió utilizar como material para la construcción del soporte unión entre el casco y la carcasa de la orejera el acero AISI P20, ya que este material seleccionado cuenta con las propiedades y características idóneas, así como posee beneficios tales como su bajo costo, fácil mecanizado, accesibilidad al mercado, resistente a la corrosión, esto se hace referencia a los criterios emitidos por los miembros del área de matricería de la empresa y la selección realizada en el apartado 3.1.1.

3.1.3 Selección del material por la función que cumple cada componente

Las partes principales como son la placa portamolde fija y la placa portamolde móvil serán mecanizados en acero P20, ya que son los elementos que vana estar en contacto directo con el polímero, presentando estos aceros una excelente resistencia al desgaste y a la corrosión, así como una alta resistencia a la compresión por lo que son los aceros ideales para este tipo de componente.

Los ejes tanto para bebedero, columnas, expulsores y bocines serán mecanizados en acero 4340, ya que estos elementos vana a estar sometidos a grandes cargas

(expulsores) y a un alto desgaste en el caso de las columnas y los bocines, siendo necesario que el material tenga una alta tenacidad y resistencia.

La placa base fija, la placa base móvil, la placa de expulsión guía, la placa de expulsión base y las paralelas serán mecanizadas en acero AISI1045, ya que estos elementos requieren una mediana resistencia mecánica y una alta tenacidad a bajo costo por lo que este tipo de acero es el más adecuado para este tipo de componentes.

En la tabla 5, se muestran las durezas de los materiales a utilizar en la construcción del molde:

Tabla 5 Durezas de los aceros utilizados en el molde

Material	Dureza
AISI/SAE 4340	230 - 370 HB
P20	280 - 390 KB
AISI 1045	150-180 HB

3.2 Diseño del soporte unión

3.2.1 Diseño en relación con el material a utilizar

Ya que este elemento iba a estar expuesto a la intemperie en zonas con cambios climáticos, con contaminantes naturales como el polvo, lluvia, luz solar; así como con contaminantes químicos como son la grasa, aceites, lubricantes, etc.; teniendo que sobrepasar todos estos tipos de agentes contaminantes se establece que el material seleccionado para la elaboración del soporte unión es el ABS.

El polímero seleccionado para realizar la inyección es el ABS (Acrinolitriilo - Estireno – Butadieno) mismo que brinda las características necesarias para el soporte unión el cual deberá poseer dureza y rigidez ya que este deberá ser acoplado al casco y a la orejera para formar el conjunto que estará directamente en constante uso por el usuario.

En el apartado 2.2.14 se especifican algunos parámetros importantes del polímero, así como se detalla especificaciones como la conductividad térmica y el calor específico en el anexo 2.

3.2.2 Diseño en base a la geometría

Este se determinó a partir de los requerimientos y disposiciones emitidos por la empresa Halley Corporación, en donde se requirió que se realice un diseño semejante a una semidiadema que a continuación se detalla, para el cual se utilizó un software especializado para su modelado en 3D, como se muestra en la figura 31:

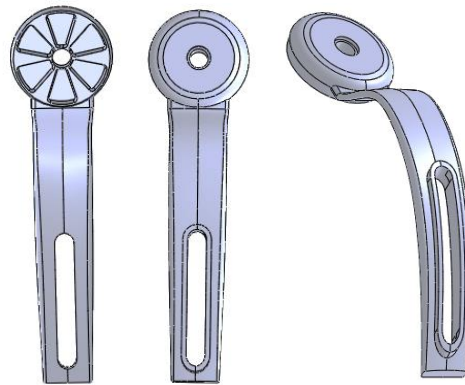


Figura 31 Soporte unión (vistas: frontal, posterior e isométrica)

3.2.3 Modelado del soporte unión

- El soporte unión tiene como geometría una semidiadema de largo 151,9 mm x 42 mm en su parte más amplia que bajo especificaciones y requerimientos de la empresa Halley el espesor en su parte inferior es de 3.99 mm, así como en su parte superior es de 10,2 mm, con el propósito de reducir su peso aumentar su resistencia y también el material (polímero) que se inyectara en cada ciclo, como se muestra en la figura 32.

3.3 Descripción del molde de inyección del soporte unión

Una vez establecido el material con el que se va a construir el molde de inyección y tomando en cuenta las consideraciones y especificaciones se escoge la opción más viable para la construcción de este la cual va a ser un molde estándar (molde de dos placas), ya que la pieza a inyectar posee dimensiones pequeñas lo que hace factible la utilización de este.

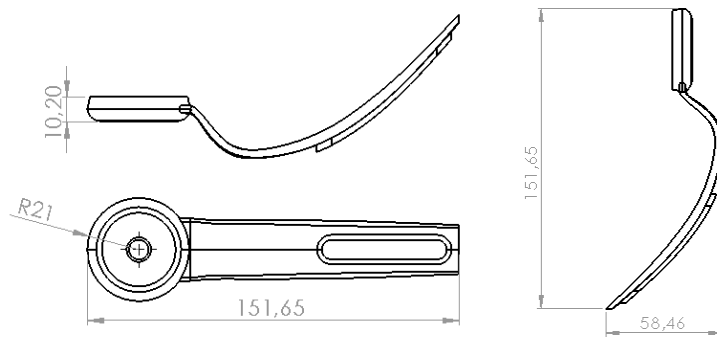


Figura 32 Geometría general de soporte unión

En la figura 33 se puede ilustrar una descripción básica de la configuración del molde:

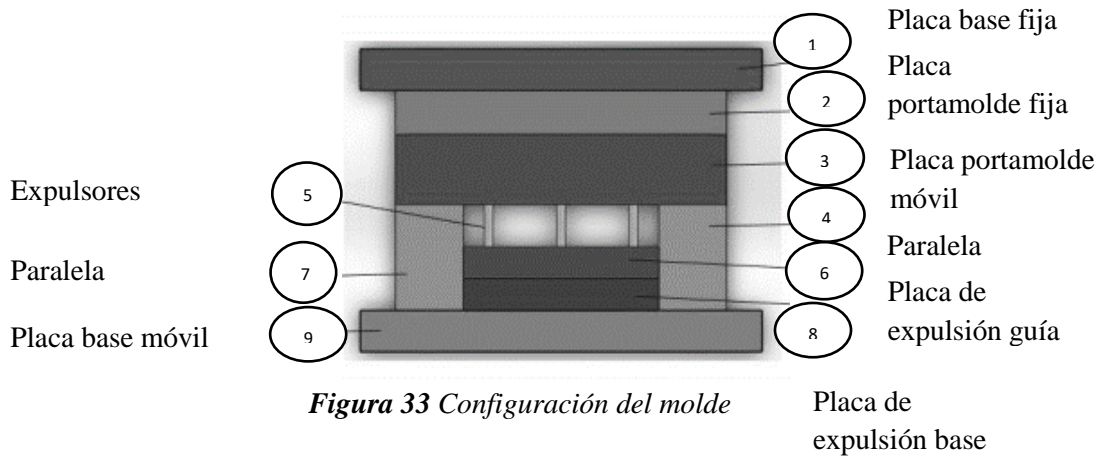


Figura 33 Configuración del molde

Tabla 6 Materiales a utilizar en la construcción del molde

Materiales a utilizar para la construcción del molde de inyección			
N°	Parte	Designación Normalizada	Designación Comercial
1	Placa base fija	AISI 1045	SAE 1045
2	Placa portamolde fija	AISI P20	BOHLER M238
3	Placa portamolde móvil	AISI P20	BOHLER M238
4	Paralela	AISI 1045	SAE 1045
5	Expulsores	AISI 420	BOHLER M303
6	Placa de expulsión guía	AISI 1045	SAE 1045
7	Paralela	AISI 1045	SAE 1045
8	Placa de expulsión base	AISI 1045	SAE 1045
9	Placa base móvil	AISI 1045	SAE 1045

En la tabla 6, se detalla los materiales utilizados para cada una de las partes del molde tanto en su designación normalizada como en su designación comercial:

3.3.1 Placa base móvil

Esta va sujeta al plato de sujeción móvil de la máquina inyectora mediante bridas, teniendo las mismas dimensiones iguales a las de la base fija. Esta placa consta de 4 agujeros en donde irán colocados pernos M10 para poder sujetar las paralelas y a la vez la placa portamolde móvil.

El material con el que se va a ser construida dicha placa es el AISI 1045 ya especificado en la tabla 4, el mismo que posee resistencia y dureza necesaria para garantizar su construcción. Las propiedades del AISI 1045 se encuentran establecidas en el anexo 3.

En la figura 34 se muestra la placa la misma que ilustra un agujero pasante, el cual es colocado para que mediante el cilindro expulsor las placas 6 y 8 sean accionadas y así poder desplazar los expulsores, desmoldando la pieza.

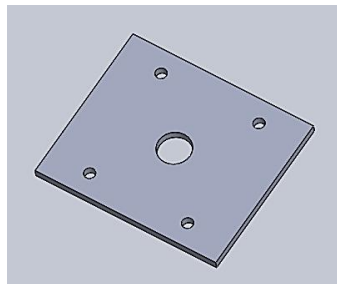


Figura 34 Placa base móvil

3.3.2 Placas expulsoras

Como su nombre lo indica estas son utilizadas para el sistema de expulsión del soporte unión, dichas placas están sujetadas entre ellas mediante 6 pernos M8.

Esta servirá como tope de los expulsores, accionando a la placa y a los expulsores cuando el cilindro de expulsión sea accionado. Se coloca 1 expulsor para el bebedero además de 8 expulsores, 4 por cada cavidad en el molde.

En la figura 35 se ilustra las placas de expulsión con sus expulsores:

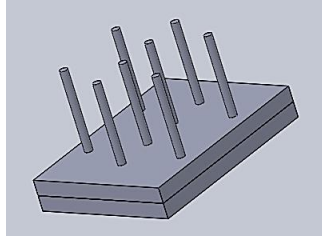


Figura 35 Placas expulsoras y sus expulsores

Los expulsores se fabrican con una tolerancia g6 para la varilla y H6 para el agujero, se recomienda una relación de 2.5 a 8 veces de longitud en relación con el diámetro, según [18].

El diseño de las varillas expulsoras varía según la aplicación, teniendo la siguiente clasificación:

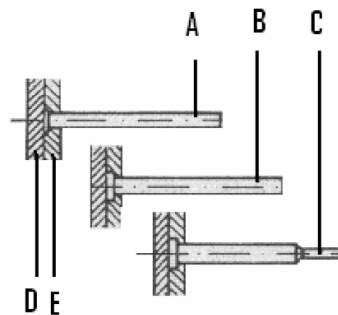


Figura 36 Representación esquemática de varias varillas de expulsión

Donde:

- a) Varilla de cabeza cónica y vástago cilíndrico. Se utilizan cuando no hay especiales exigencias en cuanto a la transmisión de fuerza, se emplean con diámetros de 3 a 16 mm y una longitud de hasta 400 mm.
- b) Varilla de cabeza cilíndrica y vástago cilíndrico. Se utilizan cuando hay especiales exigencias en cuanto a grandes fuerzas de eyección, se emplean con diámetros de 3 a 16 mm y una longitud de hasta 400 mm.
- c) Varilla de cabeza cilíndrica y espiga en el extremo. Se utiliza cuando la superficie de ataque sobre la pieza es muy pequeña y la fuerza necesaria reducida. El vástago con espiga aumenta la resistencia al pandeo. Se emplean con diámetros de 1.5 a 3 mm y una longitud de hasta 200 mm.

3.3.3 Paralelas

Las mismas brindan soporte y son encargadas de sujetar la placa portamolde móvil y la placa base móvil ya que la misma va entre estas dos unidades mediante pernos M10, por lo que además de esto cumple la función de ser guía para las placas expulsoras ya que los agujeros deben coincidir con los de la placa móvil para así poder generar un juego mínimo entre estas dos.

Como ya se estableció anteriormente en la tabla 4, estas serán construidas de acero AISI 1045, ya que esta tiene un papel directo en el desmoldeo de la pieza inyectada debe tener la suficiente geometría por lo que su altura va siempre a ser relacionada con la carrera de expulsión.

En la figura 37 se ilustra la geometría que tienen dichas paralelas:

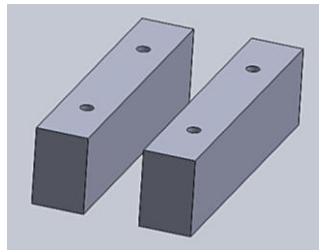


Figura 37 Paralelas

3.3.4 Placa base fija

Esta posee las mismas dimensiones de la placa base móvil, su función es brindar un centrado mediante un anillo centrador haciendo que el bebedero se poseione en el centro del molde facilitando el ingreso de la colada (polímero) en una forma proporcional y simétrica.

Esta es la primera placa que se puede apreciar casi en todo molde, ya que se encuentra en la parte superior sujetando también a la placa base fija mediante pernos M10, la cual posee una geometría que se ilustra en la figura 38.

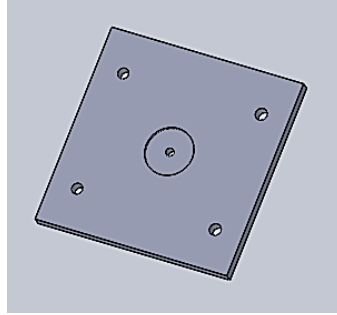


Figura 38 Placa base fija

3.3.5 Placa portamolde fija y móvil

Estas placas constituyen en si el corazón del molde en donde se unen para poder realizar el proceso de inyección en donde reciben la colada (polímero) por medio del sistema de alimentación el mismo que proviene de la máquina inyectora la cual provee este a una gran presión, siendo este motivo uno de los principales por los cuales el dimensionamiento de estas placas debe ser el adecuado así evitando deformaciones por rozamiento o por esfuerzos generados en el proceso de inyección.

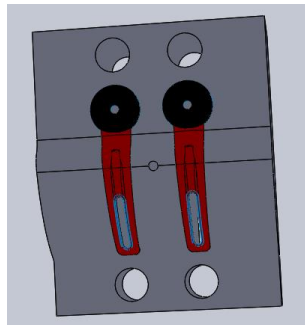


Figura 39 Placa Portamolde Móvil

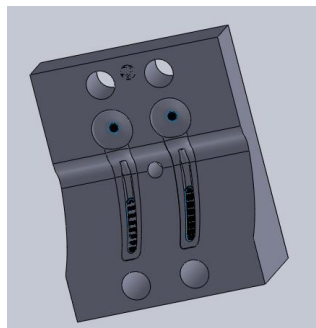


Figura 40 Placa Portamolde Fija

3.4 Sistema de centrado

3.4.1 Centrado de exteriores

Con el fin de lograr una pieza inyectada la cual posea las características necesarias y especificaciones determinadas tanto por el cliente como por el fabricante se debe tomar en cuenta un factor principal al momento de realizar dicho proceso de inyección el mismo que evitara algún defecto y al mismo tiempo haga posible un cierre completamente hermético del molde. Al tener algún tipo de falla en el sistema de centrado en un molde este podría generar algún daño entre los elementos que constituyen dicho molde, así como provocar choques los cuales podrían provocar desde pequeñas marcas en los materiales, así como ruptura de estos en casos extremos.

Tomando en cuenta que al no existir un cierre completo en el molde esto provocaría un incremento en el volumen de la pieza a inyectar lo que resulta como una deformación de esta tanto en espesor como en geometría lo cual no es rentable ni beneficioso al momento de realizar este tipo de trabajos.

Para el centrado de exteriores se toma en consideración dos elementos principales como son el bebedero y el anillo centrador, estando estos adaptados a la parte fija de la máquina inyectora, teniendo como función esencial lograr una alineación entre estos elementos y la boquilla de la máquina inyectora, para así lograr un proceso de llenado óptimo.

3.4.1.1 Anillo centrador

Partiendo desde el punto en que las dimensiones que va a tener este dependerán del alcance que posea la máquina inyectora ya que el mismo debe coincidir con el plato fijo de la inyectora, tomando, así como punto principal el diámetro que posee el agujero de la inyectora Milacron MTH 55 la cual es la que se dispone en la empresa el mismo es de 101.4 mm para ser utilizados por el anillo centrador, como se muestra en la figura 41.

3.4.2 Centrado de interiores

En este caso para el sistema de centrado para la parte interior de un molde de inyección se utiliza columnas, las mismas que vienen a ser pasantes en la placa

portamolde móvil en el momento en que el molde se encuentra separado. En el momento en que se realiza el proceso de inyección y se cierra el molde por acción de la máquina inyectora estas columnas se introducen perfectamente en los bocines los cuales van a estar ubicados en la placa portamolde fija.

De acuerdo al libro de Mnges – Mohren “Moldes para la inyección de plásticos”, las tolerancias de ajuste prescritas varían según el fabricante, pues así se obtiene una guía suficiente y un centrado adecuado de los moldes de inyección cuando los pernos de guía (columnas) tienen un acabado con una tolerancia h6 en la zona de guía o también llamada espiga, teniendo así en la zona de centrado un acabado f7, en el vástago una tolerancia k6 y en la zona guía o espiga el perno (columna) debe contar con un acabado de tolerancia h6, como se muestra en la figura 42:

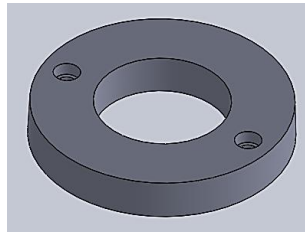


Figura 41 Anillo centrador

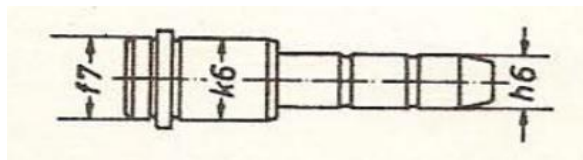


Figura 42 Tolerancias en los pernos guía

Fuente: [6]

Sin embargo, el receptor del otro lado del molde el casquillo (bocín) ha de tener una tolerancia H7 en el agujero de la zona de guía como se muestra en la figura 43, así pues, la longitud de los pernos de guía depende de la profundidad de los vaciados del molde, para el diámetro exterior debe tener una tolerancia k5 cuando el casquillo tiene una prolongación para el centrado y por último k6 en el mismo diámetro exterior cuando la tiene. Afectándose así dicha prolongación por una tolerancia f7.

La longitud de los casquillos (bocines) dependerá del diámetro del agujero, debiendo quedar 1,5 y 3 veces dicho diámetro.

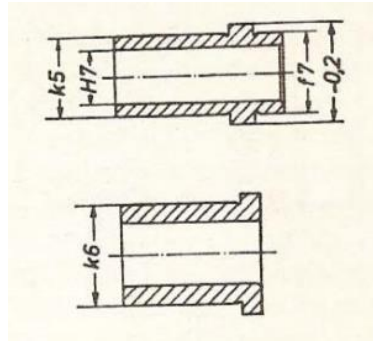


Figura 43 Tolerancias en los casquillos
Fuente: [6]

Haciendo énfasis en lo mencionado anteriormente referente al centrado de interiores podemos apreciar en las figuras 44 y 45, los elementos utilizados en el molde de inyección del soporte unión, mismos que fueron elaborados de acero AISI 4340. Las propiedades de dicho material se pueden apreciar en el anexo 4.

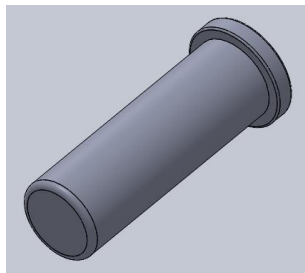


Figura 44 Perno guía (Columna)

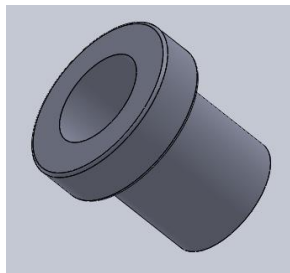


Figura 45 Casquillo (Bocín)

Una vez establecido esto en referencia a las columnas y bocines el diseño se lo realizara como lo recomienda en el anexo 16 y 17, debido a que estos elementos ya tienen geometría y dimensiones específicas, como también dependerá del criterio que establezcan los miembros del área de matricería de la empresa.

3.5 Cavidades del molde

Este número se puede determinar de acuerdo a varios factores los cuales precisarán la cantidad de cavidades que puede contener un molde entre los cuales se encuentran: el volumen de la pieza este, es uno de los factores más importante al momento de determinar el número de cavidades, la geometría de la pieza la cual viene dada por el cliente y determinada por el fabricante, el peso, la densidad del material que se va a inyectar y por último se debe tener en cuenta la máquina inyectora a utilizar ya que las características de la misma influirán directamente en la determinación de este valor.

Para la determinación del número de cavidades que puede tener un molde de inyección nos ayudaremos de la fórmula 1 que se detalla a continuación:

$$Fn = \frac{Sv}{Av} \quad (1)$$

Donde:

Fn = Número de cavidades

Sv = Capacidad máxima de inyección de la máquina (volumen) – Anexo 5, “Características de la máquina inyectora”

Av = Volumen de la pieza a inyectar

Para poder establecer el volumen total de la pieza a inyectar utilizaremos la tecnología de software de donde se partió para el diseño del mismo el cual ya nos proporciona medidas exactas de acuerdo a su dimensionamiento y del diseño, debido al material establecido se añade el porcentaje de contracción del mismo el cual se puede apreciar en el anexo 6, dicho valor de contracción también influirá en la determinación del número de cavidades que puede tener el molde de inyección del soporte unión. El porcentaje de contracción del material seleccionado en este caso el ABS se puede apreciar que se encuentra en el rango de 0.4 a 0.9 %, con este valor y el valor que nos brinda el software figura 46, se puede establecer el volumen total de la pieza a inyectar.

Una vez establecido el volumen total de la pieza nos ayudaremos del anexo 5, en donde se puede apreciar que la capacidad máxima de inyección de la máquina es de

171 gr, por lo que para poder establecer dicha capacidad de acuerdo con el material utilizado (ABS) utilizaremos la densidad de este que se encuentra establecida en el anexo 2.

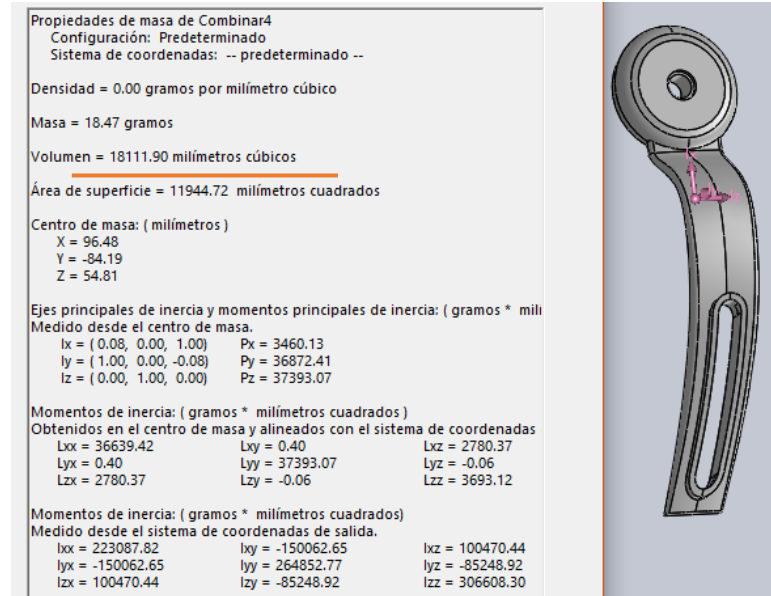


Figura 46 Volumen de la pieza a inyectar

$$Av = 18111.90 \text{ mm}^3 + (18111.90 \text{ mm}^3) * 0.009$$

$$Av = 18274.91 \text{ mm}^3$$

$$Av = 18.27 \text{ cm}^3$$

Utilizado y despejando de la fórmula 2, podemos establecer dicha capacidad:

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

Donde:

$$\rho = \text{Densidad del material} \rightarrow 1020 \text{ Kg/m}^3 \rightarrow 1.02 \text{ gr/cm}^3$$

m = cantidad de masa posible a inyectar

V = Volumen posible a inyectar

Despejando en (2), se tiene:

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$\rightarrow Sv = V$$

$$Sv = \frac{171 \text{ gr}}{1.02 \text{ gr/cm}^3}$$

$$Sv = 167.65 \text{ cm}^3$$

Una vez determinado estos valores se procede a calcular el número de cavidades posibles a inyectar en el molde, mediante la fórmula número (1), en donde se tiene lo siguiente:

$$Fn = \frac{167.65 \text{ cm}^3}{18.27 \text{ cm}^3}$$

$$Fn = 9.1$$

Con este valor se puede establecer que el número máximo de cavidades que podría tener el molde trabajando en condiciones extremas y a su máxima capacidad tanto en materiales como en la capacidad de la maquina inyectora es de 9 cavidades, por lo que se puede determinar que el diseño establecido se encuentra dentro del rango ya que este tiene especificaciones impartidas por la empresa y también debido a la geometría de este. Considerando también otros factores que determinan la construcción como son: el costo de los materiales para la fabricación, el área de trabajo de la máquina inyectora y la disposición que se tenga debido a que en la empresa se inyecta algunos materiales para elaborar varios elementos.

3.5.1 Cavidades por área de trabajo

Siendo uno de los factores más importante para la determinación del número de cavidades que puede tener un molde se determina que esto viene a ser una restricción ya que las dimensiones de dicho molde deberían estar dentro del rango de la distancia entre barras que posee la máquina inyectora, dicha medida se puede apreciar en el anexo 5 donde se establece lo siguiente:

Distancia entre barras = 325 x 310 mm

Las medidas generales del molde deben ser menores a la medida de la distancia entre barras de la máquina inyectora, sabiendo que el radio de las barras de la máquina es de 55 mm, se debe distribuir con estos valores ya preestablecidos adecuadamente el número de cavidades en el molde. Para poder realizar una distribución óptima del material inyectado se ha escogido una distribución en hilera, misma que ayuda a que el llenado de las cavidades de la pieza sea simultáneo y teniendo un bebedero en el centro de dichas cavidades que se unen a estas por medio de canales de distribución hacen posible una inyección óptima y continúa de material. En la figura 47 se puede apreciar las dimensiones generales del molde mismas que deberían ser menores a las ya establecidas anteriormente (distancia entre barras):

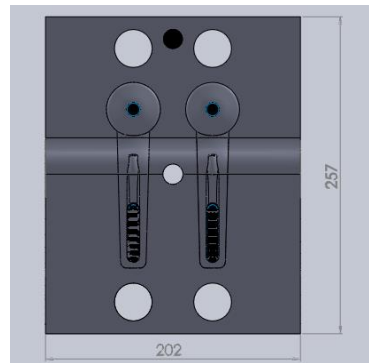


Figura 47 Dimensiones generales

De la figura 47 se puede establecer que las medidas generales del molde están dentro del rango de la distancia entre barras, por lo que resulta óptimo construir el molde con el número de cavidades calculado anteriormente ya que no existe algún impedimento para la construcción de este, debido a que el número calculado reducirá el costo de los materiales y el tiempo de trabajo. Por lo tanto, se establece que el número de cavidades será:

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

3.6 Capacidad de inyección

Cuando se diseña un molde se toma en cuenta factores tales como la forma geométrica de la pieza, que en el caso de nuestro diseño esta tiene una forma geométrica de una semidiadema, así como el peso que tiene esta, siendo así posible

realizar el cálculo de la fuerza de cierre necesaria para poder realizar la inyección en la máquina.

3.6.1 Fuerza de cierre de la máquina

Esta fuerza viene a ser la que hace posible la unión de las dos placas en donde se va a realizar el llenado del material por lo que la misma debe ser mayor que la fuerza de inyección para que se pueda realizar el proceso y no se abra el molde, dicha fuerza se puede calcular con la formula (3), establecida a continuación:

$$F_i = A * P_i \quad (3)$$

Donde:

F_i = Fuerza de inyección de la máquina

A = Área proyectada de la pieza a inyectar

P_i = Presión interior en el molde de inyección

➤ **Área proyectada de la pieza a inyectar**

Esta se puede establecer mediante dos cálculos de área primero del área de una circunferencia más el área de un trapecio invertido que es lo más semejante al área que proyecta la semidiadema sobre el plano de partición, un ejemplo de área proyectada se aprecia en la figura 48, teniendo en cuenta que para el cálculo del área se debe tomar en cuenta el área de las dos cavidades a inyectarse. Por lo que se tiene:

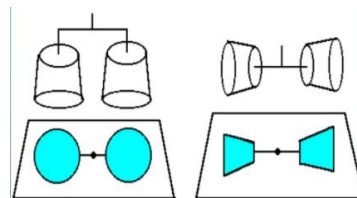


Figura 48 Área proyectada de una pieza

Por las dos cavidades que ya se estableció anteriormente, se tiene:

➤ **Área del círculo**

$$A1 = \pi r^2$$

$$A1 = \pi(21 \text{ mm})^2$$

$$A1 = 1385.44 \text{ mm}^2$$

➤ Área del trapecio

$$A2 = \frac{(B + b)}{2} h$$

$$A2 = \frac{(25 + 20)}{2} 109.6$$

$$A2 = 2466 \text{ mm}^2$$

Para poder estimar un área proyectada total se debe sumar estas dos áreas calculadas anteriormente y multiplicarlas por el número de cavidades que en este caso es de 2.

$$ATotal = 3851.44 \text{ mm}^2$$

$$ATotal = 3851.44 \text{ mm}^2 * 2 \text{ cavidades}$$

$$ATotal = 7702.88 \text{ mm}^2$$

$$ATotal = 77.02 \text{ cm}^2$$

➤ **Presión interior**

Este valor dependerá de dos factores como son: la longitud de recorrido que va a tener el flujo, del espesor de pared y del tipo de material a inyectar, teniendo así:

- **Longitud de recorrido del flujo**

Para poder determinar este valor se debe tomar los valores desde el punto por donde ingresaría el material inyectado que en este caso es el bebedero, hasta el punto final que recorre el polímero al momento de la inyección.

Teniendo en cuenta esto se procede a calcular el valor de LT sumando las distintas longitudes que se muestran en la figura 49.

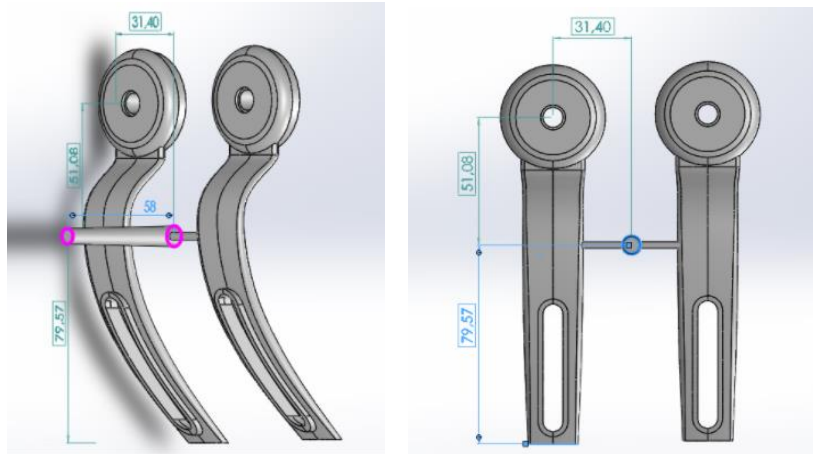


Figura 49 Longitudes de recorrido del flujo

$$LT = L1 + L2 + L3$$

$$LT = (58 + 31.4 + 79.57) \text{ mm}$$

$$LT = 168.97 \text{ mm}$$

Mediante el nomograma utilizado que se encuentra en el anexo 15, se puede determinar la presión que se genera en el interior del molde, esto se hace posible mediante el ingreso de dos valores ya establecidos como son la distancia de recorrido del flujo la cual se ingresó en el eje vertical del nomograma que en nuestro caso es de 168.97 el cual fue tomado como 170 mm, trazando desde esta marca una línea horizontal hasta que se entrecorte con la curva de los espesores de pared, valor que se estimó como espesor de pared medio el cual se tomó un valor de 2 mm, ya que el elemento cuenta con varios espesores de pared por lo que se determinó este como valor medio; logrando así generar un punto de corte en el cual se trazara una línea perpendicular a la horizontal trazada anteriormente con la que se obtendrá un valor de la presión interna del molde.

Una vez determinada la presión se debe tomar en cuenta en cuál de las escalas se lee este valor, esto dependerá del material que se está utilizando para la inyección que en este caso es el ABS, por lo que se toma los valores de la escala B, obteniendo un valor de 170 bares, como presión interna del molde.

$$P_i = 170 \text{ bar}$$

$$P_i = 170 \frac{kgf}{cm^2}$$

Con los valores ya establecidos se procede a calcular el valor de la fuerza de inyección utilizando la ecuación 3:

$$F_i = A * P_i$$

$$P_i = 170 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$A_{Total} = 77.02 \text{ cm}^2$$

$$F_i = 170 \frac{kgf}{cm^2} * 77.02 \text{ cm}^2$$

$$F_i = 13093.4 \text{ kgf}$$

$$F_i = 13.1 \text{ Ton}$$

Con este valor se puede concluir que la fuerza de inyección calculada necesaria para poder elaborar el soporte unión es menor que la fuerza de cierre que posee la maquina inyectora por lo que se hace posible realizar el proceso de inyección debido a que:

$$F_i = 13.1 \text{ Ton} < 50 \text{ Ton} \rightarrow \text{ABASTESE}$$

3.7 Sistema de refrigeración del molde

3.7.1 Cálculo del tiempo de enfriamiento

Esto se refiere al tiempo que se necesita una vez que se realiza la inyección de la pieza, es decir cuando el molde se encuentra totalmente lleno. Pudiendo así alcanzar la pieza inyectada una rigidez y soporte necesarios para poder ser expulsada posteriormente. Siendo este factor uno de los fundamentales para poder obtener una pieza de calidad y con las características optimas se hace necesario una correcta elección del diámetro que tendrá el canal de enfriamiento, así como el número de

cavidades tomando también en cuenta la configuración que tiene el molde la cual dependerá de la geometría de la pieza.

Para poder determinar la posición que van a tener los canales de refrigeración se debe tomar en cuenta que estos no coincidan con las perforaciones que va a tener el sistema de expulsión ya que esto sería un problema tanto de funcionamiento como de estética interna. Es así como para la determinación del tiempo de enfriamiento que va a tener el sistema de refrigeración se va a considerar una conductividad térmica unidimensional y un campo de temperatura no estacionario.

En el anexo 8, se puede apreciar los diferentes rangos de temperaturas ya definidas para el material seleccionado en este caso el ABS como se mencionó anteriormente, dichas temperaturas nos ayudaran a determinar el tiempo de enfriamiento según el nomograma que se encuentra en el anexo 9, en el cual necesitaremos el cálculo de \bar{T} , así como el valor de la difusividad térmica (α) mismo valor que se va a calcular a continuación:

Para el cálculo de \bar{T} utilizaremos la formula (4), que se establece a continuación:

$$\bar{T} = \frac{\theta M - \theta W}{\theta E - \theta W} \quad (4)$$

Donde:

θM = Temperatura de elaboración o de plástico (Melt temperature)

θW = Temperatura del molde (Mould temperature)

θE = Temperatura de desmoldeo (Desmolding temperature)

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

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

Mientras que para el cálculo de la difusividad térmica (α) se utilizó la formula (5):

$$\alpha = \frac{k}{\rho * Cp} \quad (5)$$

Donde:

α = Difusividad térmica del material (ABS)

K = Conductividad térmica del material (ABS)

ρ = Densidad del material (ABS)

Cp = Calor específico del material (ABS)

Los valores para poder establecerlos en la formula (5) se ilustran en el anexo 2, los cuales fueron tomados de la biblioteca de materiales del software que utilizamos para el diseño del molde.

$$\alpha = \frac{0.22 \frac{W}{(m * K)}}{1020 \frac{Kg}{m^3} * 1386 \frac{J}{(Kg * K)}}$$

$$\alpha = 1.556 * 10^{-7} \frac{m^2}{seg}$$

Transformando las unidades para poder ingresar los valores en el nomograma tenemos:

$$\alpha = 1.556 * 10^{-3} \frac{cm^2}{seg} \quad \rightarrow \quad \alpha = 15.6 * 10^{-4} \frac{cm^2}{seg}$$

Una vez establecidos estos dos valores de \bar{T} y de la difusividad térmica, los representamos en el nomograma antes mencionado el cual se encuentra establecido en el anexo 9, para lo cual:

- 1) Se establece el espesor máximo de la pieza requerido que por cuestiones geométricas de la misma se establecerá como valor máximo el espesor de la parte superior de la diadema que, como se muestra en el apartado 3.2.1, en la figura 31 por lo que se tiene:

s = Espesor de pared

$$s = 5.1 \text{ mm}$$

- 2) Una vez establecido este valor se procede a trazar una línea la cual va desde los valores de la línea de la difusividad térmica que en nuestro caso es de $15.6 * 10^{-4} \frac{cm^2}{seg}$, hasta el eje que representa los valores de espesor de pared que al igual en nuestro caso es de 5.1 mm (línea tomate), obteniendo así un cruce de líneas entre la generada y la penúltima punto (1), el cual nos servirá de referencia para poder realizar una nueva intersección entre una nueva línea que ira desde el eje que representa la temperatura calculada \bar{T} , hasta la intersección del punto (1), (línea verde) así obteniendo otra nueva intersección entre esta línea generada y el eje que representa la temperatura de enfriamiento obtenida del cruce de las mismas punto (2).

Los valores representados por las líneas se trazan en el nomograma el cual se encuentra establecido en el anexo 9.

Lo que nos da como resultado de la intersección de estos puntos y líneas es el valor estimado según el nomograma para el tiempo de enfriamiento del molde es de 22 segundos:

$$t = 22 \text{ seg}$$

3.7.2 Cálculo del calor requerido a transferir

Ya establecido el tiempo de enfriamiento que se procedió a calcular en el anterior apartado el cual fue de 35 segundos aproximadamente, podemos establecer un cálculo sobre el calor requerido a transferir, para este cálculo se utilizó dos ecuaciones las mismas que ayudaran a determinar la rapidez de transferencia de calor, así como el calor removido durante el proceso de inyección de acuerdo con las características del polímero utilizado (ABS), así se tiene las siguientes formulas:

- Para el cálculo de la rapidez debemos establecer previamente el calor removido mediante la fórmula (6), en donde:

$$Q_{mold} = m_{mold} * C_p * (T_{plast} - T_{exp}) \quad (6)$$

Donde:

Q_{mold} = Calor removido

m_{mold} = Masa de la pieza a inyectar

C_p = Calor específico del material

T_{plast} = Temperatura del plástico → θM (Temperatura de elaboración o de plástico)

T_{exp} = Temperatura al expulsar el plástico → θE (Temperatura de desmoldeo)

Para poder determinar el cálculo de la masa de la pieza a inyectar se procede a utilizar valores establecidos anteriormente como son el volumen de la pieza a inyectar que se puede apreciar en la figura 50, así como la densidad del polímero utilizado misma que se detalla en el anexo 2, entonces se tiene la formula (7):

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (7)$$

$$\rightarrow m = \rho * V$$

$$m = 1020 \frac{Kg}{m^3} * 18.1 \times 10^{-6} m^3$$

$$m = 0.01847 Kg$$

$$\rightarrow m = 18.47 gr$$

Este valor se puede constatar mediante el software utilizado para el diseño, figura 48, en donde nos da un valor exactamente igual al determinado mediante el cálculo:

Al haber establecido anteriormente que este molde contara con dos cavidades debemos determinar el valor de la masa para las mismas:

$$m = 0.01847 Kg * 2 \text{ cavidades}$$

$$m = 0.0369 Kg$$

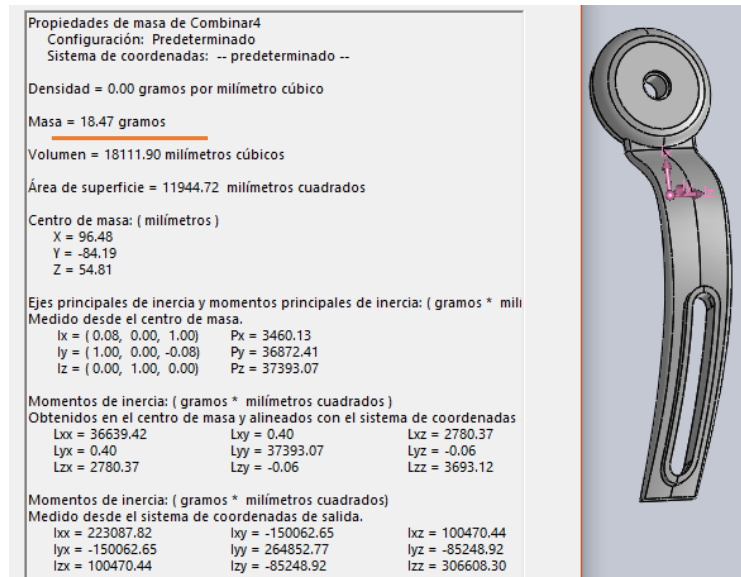


Figura 50 Masa de la pieza a inyectar

Una vez establecido este valor podemos ingresar los valores en la ecuación (6), teniendo así:

$$Q_{mold} = 0.0369 \text{ Kg} * 1386 \frac{J}{(\text{Kg} * ^\circ\text{K})} * (240 ^\circ\text{C} - 100 ^\circ\text{C})$$

$$Q_{mold} = 7160 \text{ J}$$

Para poder determinar la rapidez de transferencia de calor se utiliza la formula (8), donde se necesita el valor del calor removido calculado anteriormente, así como el tiempo de enfriamiento que se determinó en el apartado 3.7.1 entonces:

$$Q_{sist} = \frac{Q_{mold}}{t} \quad (8)$$

$$Q_{sist} = \frac{7160 \text{ J}}{35 \text{ seg}}$$

$$Q_{sist} = 204.5 \text{ W}$$

3.7.3 Cálculo del caudal del refrigerante

Una vez especificado el refrigerante que se va a utilizar en el molde de inyección que, en este caso, así como en la mayoría de estos se utiliza agua debemos conocer

las características de este, ya que de acuerdo con las especificaciones que se utilizan en estos casos se tiene:

$$\text{Calor específico del agua a } 9\text{ }^{\circ}\text{C} = 4175 \frac{\text{KJ}}{(\text{Kg} * ^{\circ}\text{K})} \rightarrow C_{p\text{ref}}$$

$$\text{Densidad del agua} = 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \rightarrow \rho_{\text{ref}}$$

$$\text{Variación de temperatura del agua} = 2\text{ }^{\circ}\text{K} \rightarrow \Delta T_{\text{ref}}$$

Este último de la variación de la temperatura del agua es un valor aproximado según estudios realizados en aplicaciones de este tipo, por lo que mediante la ecuación (9), podremos calcular el caudal que va a tener nuestro molde en el sistema de refrigeración:

$$Q = \frac{Q_{\text{sist}}}{\rho_{\text{ref}} * C_{p\text{ref}} * \Delta T_{\text{ref}}} \quad (9)$$

$$Q = \frac{204.5\text{ W}}{1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 4175 \frac{\text{KJ}}{(\text{Kg} * ^{\circ}\text{K})} * 2\text{ }^{\circ}\text{K}}$$

$$Q = 2.45 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

Una vez establecido el caudal necesario para una línea de refrigeración debemos tomar en cuenta el número de líneas de refrigeración con las que cuenta el molde, por lo que se puede apreciar en las figuras 51 y 52, las líneas de refrigeración con las que cuenta el mismo:

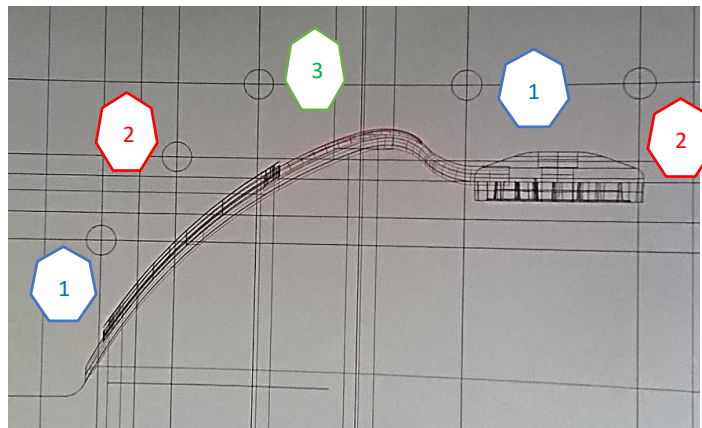


Figura 51 Líneas de refrigeración parte superior

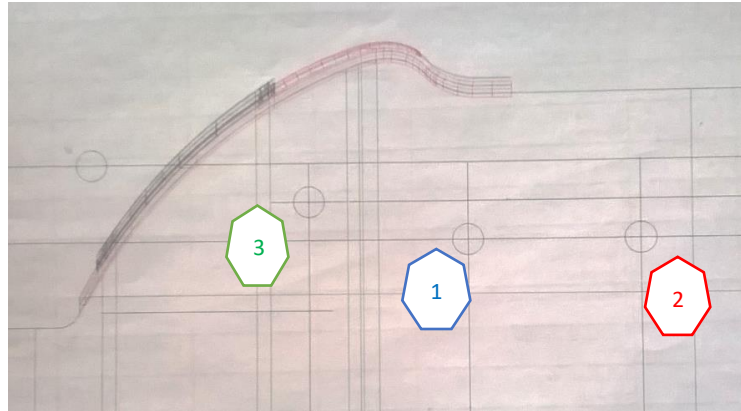


Figura 52 Líneas de refrigeración parte inferior

- Siendo los puntos (1), las entradas, así como los puntos (2), las salidas de este. El punto (3), no se lo pudo construir por circunstancias geométricas, por lo que se entiende que el molde cuenta con 3 líneas de refrigeración mismas que se detallaron anteriormente, por lo que el valor del caudal obtenido en la aplicación de la ecuación (9), se deberá multiplicar por el número de líneas en este caso por 3:

$$Q = 2.45 \times 10^{-5} \frac{m^3}{seg} * 3$$

$$Q = 7.35 \times 10^{-5} \frac{m^3}{seg}$$

3.7.4 Cálculo del diámetro de los canales de refrigeración

Teniendo en cuenta que el fluido que en este caso va a estar en contacto con el molde al refrigerarlo tiene que ser turbulento para que pueda cumplir con la función para la que está aplicado que es refrigerar, se debe dimensionar los diámetros de las líneas de refrigeración con el fin de que cumplan con lo necesario para el molde, por lo que se toma en consideración para este cálculo el Número de Reynolds el mismo que establece una condición para que el fluido pueda ser turbulento misma consideración que se aplicará en el cálculo mediante la fórmula (10), que se detalla a continuación:

$$Re = \frac{\rho_{ref} * Q}{\pi * \mu_{ref} * D} \geq 2300 \quad (10)$$

Donde:

Re = Número de Reynolds

Densidad del agua = $1000 \frac{Kg}{m^3}$ → ρ_{ref}

D = Diámetro de los canales de refrigeración

μ_{ref} = Viscosidad del agua = 1 cP → 0.001 Pa.s

Entonces de la formula (10), se tiene:

$$D = \frac{\rho_{ref} * Q}{\pi * \mu_{ref} * Re}$$

$$D = \frac{1000 \frac{Kg}{m^3} * 7.35 \times 10^{-5} \frac{m^3}{seg}}{\pi * 0.001 Pa.s * 2300}$$

$$D = 10.1 \times 10^{-3} m$$

$$D = 10.1 mm \rightarrow 10 mm$$

- De acuerdo al cálculo efectuado se tiene que se debería efectuar las perforaciones con una broca de diámetro de 10mm, para que los canales tengan dicho diámetro, pero por disposiciones del área de matriceria y de acuerdo al número de líneas de refrigeración que en este caso son tres se redimensiono este valor a un diámetro menor de 9mm, por facilidad de herramental ya que la empresa cuenta con materiales y herramientas específicas para este tipo de moldes, también se estableció dicho diámetro para poder realizar el roscado en los extremos de las líneas de refrigeración y que estos tengan un valor de 10 mm, para poder utilizar racores de rosca M10.

3.7.5 Posicionamiento de los ductos de refrigeración

Tomando en cuenta que este es otro de los factores más importantes ya que de acuerdo a este valor se puede determinar la ubicación que tendrán las líneas de refrigeración para que así puedan cumplir con la función específica de las mismas se tiene que calcular este valor para así poder estimar el posicionamiento de estas, hay que tomar en cuenta que muchas veces este valor que vamos a determinar mediante cálculo es un valor aleatorio ya que dependiendo de la geometría que tenga dicho molde se va a establecer el posicionamiento de las líneas de

refrigeración, en la figura 53 se puede apreciar una forma de distribución en función del diámetro ya anteriormente calculado, por lo que se tiene las ecuaciones (11) y (12), las mismas que influirán en el siguiente cálculo:

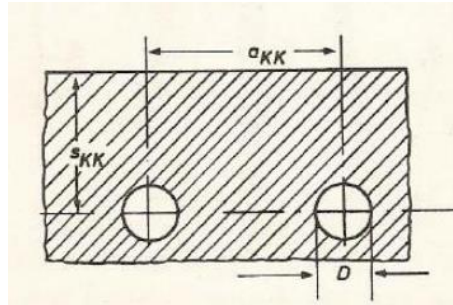


Figura 53 Posicionamiento de las líneas de distribución en función del diámetro
Fuente: [6]

$$a_{kk} \approx (2.5 - 3.5) D \quad (11)$$

$$s_{kk} \approx (0.8 - 1.5) a_{kk} \quad (12)$$

Donde:

D = Diámetro de los canales de refrigeración

- Para poder ingresar valores en las ecuaciones 11 y 12 se establecerá valores promedios, teniendo así:

$$a_{kk} = (3) * 9 \text{ mm}$$

$$a_{kk} = 27 \text{ mm}$$

$$s_{kk} = (1.15) * 27 \text{ mm}$$

$$s_{kk} = 31.05 \text{ mm}$$

Una vez establecido estos valores mediante el cálculo, se tiene una idea de la ubicación de los canales de refrigeración, así como su posicionamiento en el molde, tomando en cuenta lo que se estableció, ya que esto también dependerá de la posición de la pieza, así como de su geometría, por lo que se puede apreciar en las figuras 54 y 55, el posicionamiento de los canales:

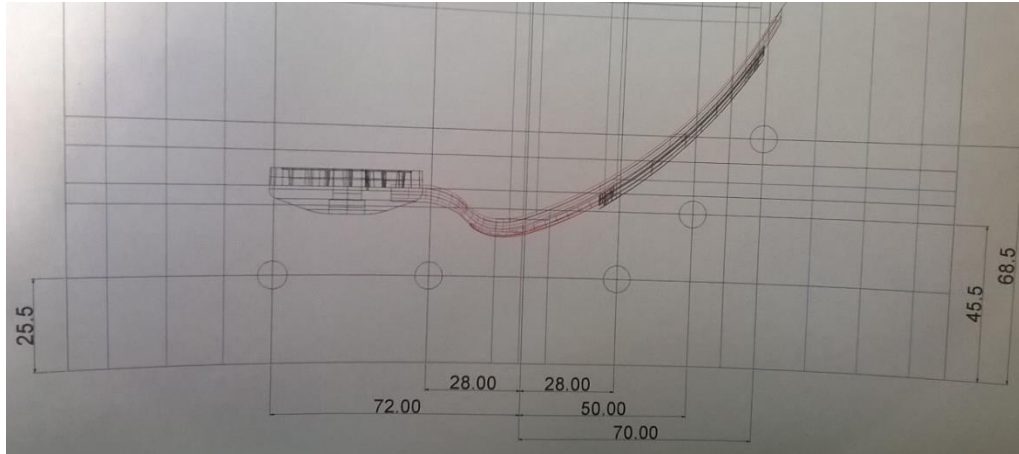


Figura 54 Posicionamiento de las líneas de distribución parte superior

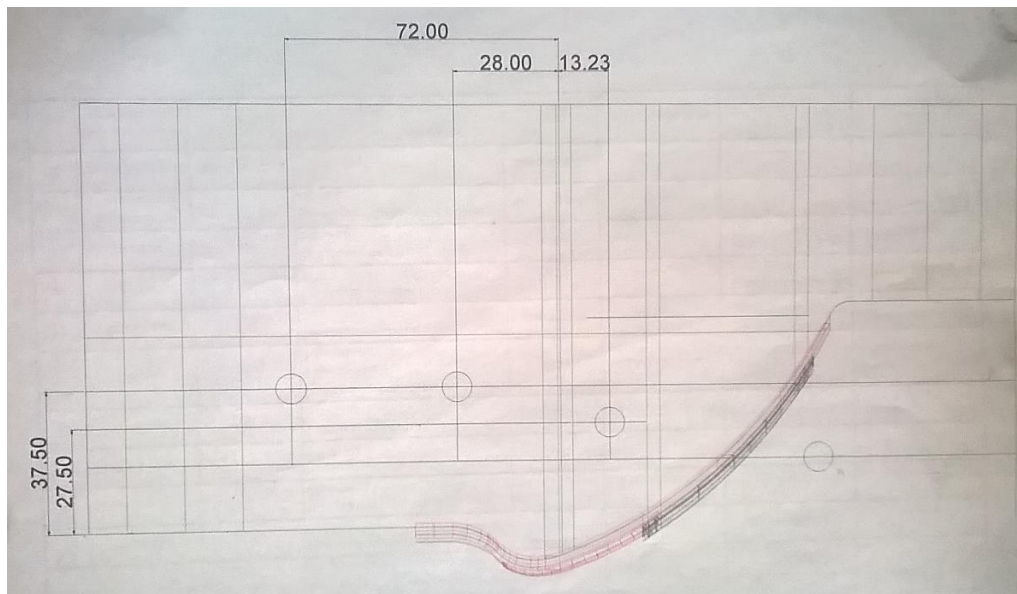


Figura 55 Posicionamiento de las líneas de distribución parte inferior

3.8 Sistema de Alimentación

3.8.1 Cálculo del bebedero

Siendo este la parte principal por donde va a fluir en principio el material inyectado se debe tomar en cuenta algunas características que se aprecian en la figura 56:

Una vez especificadas las características, así como parámetros a establecer en dicho bebedero se tiene dos ecuaciones (13) y (14), mismas que ayudaran a calcular la concavidad del bebedero, así como el diámetro del mismo:

$$R_D + 1 \leq R_A \quad (13)$$

$$d_D + 1 \leq d_A \quad (14)$$

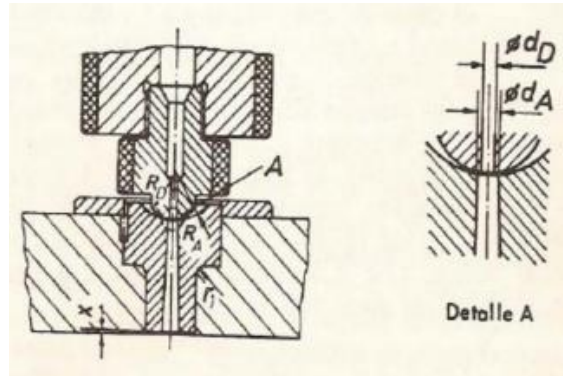


Figura 56 Superficie de contacto entre la boquilla de la máquina y el bebedero
Fuente: [6]

Donde:

R_D = Radio de curvatura de la boquilla

R_A = Radio de la concavidad del bebedero

d_D = Diámetro de la boquilla

d_A = Diámetro menor del bebedero

De acuerdo con la ficha técnica de la máquina inyectora que se dispone en la empresa se tiene que, el radio de curvatura de la boquilla es de $R_D = 10$ mm y que el diámetro de la boquilla es de $d_D = 3.5$ mm, teniendo en consideración estos valores se procede a ingresar estos en las ecuaciones 13 y 14 para poder estimar los valores faltantes:

$$R_D + 1 \leq R_A \quad (13)$$

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

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

$$d_D + 1 \leq d_A \quad (14)$$

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

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

Una vez determinados estos valores se puede estimar el diámetro mayor que del bebedero el mismo que deberá tener de 1 a 1.5 veces del espesor máximo de la pieza que ya se estableció anteriormente en otros cálculos ($S_{max} = 7.09 \text{ mm}$), para lo cual se tiene la siguiente ecuación (15):

$$S_{max} + 1.5 = d_F \quad (15)$$

Donde:

d_F = Diámetro mayor del bebedero

S_{max} = Espesor máximo de la pieza a inyectar

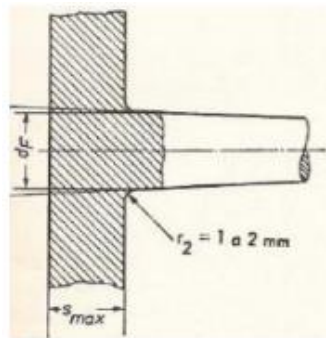


Figura 57 Cálculo para el diámetro del bebedero

Fuente: [6]

$$S_{max} + 1.5 = d_F$$

$$7.09 \text{ mm} + 1.5 = d_F$$

$$8.6 \text{ mm} = d_F$$

Para el radio que se aprecia en la figura 57 se establece un rango que va desde 1 a 2 mm, el mismo que tiene como función principal ayudar a realizar el proceso de desmoldeo ya que mediante este se puede facilitar dicho proceso, por lo que para este caso se va a tomar el valor de 2 mm.

Calculando a continuación la longitud que va a poseer dicho bebedero el mismo que se lo va a realizar en función de sus diámetros calculados anteriormente (d_F y d_A), así como también otro valor el cual se va a estimar entre un rango de 1 a 2° [19], este valor viene a significar el ángulo de conicidad (α), para lo cual se puede

detallar que el bebedero debe poseer un acabado preciso y brillante mismo que evitara inconvenientes al momento de realizar el proceso de desmoldeo, teniendo así que se estimara el valor máximo posible que puede tener la forma cónica del mismo por lo que se toma el valor de 2° , utilizando la formula (16), misma que se detalla a continuación:

$$L = \frac{d_F - d_A}{2 * \tan \alpha} \quad (16)$$

Donde:

L = Longitud que va a tener el bebedero

α = Ángulo de conicidad

d_F = Diámetro mayor del bebedero \rightarrow 8.6 mm

d_A = Diámetro menor del bebedero \rightarrow 4.5 mm

$$L = \frac{8.6 \text{ mm} - 4.5 \text{ mm}}{2 * \tan 2^\circ}$$

$$L = 58.63$$

$$L = 58 \text{ mm}$$

En la figura 3.18 se muestra la longitud que tiene el bebedero, y en cuanto a lo referente al material de construcción que va a tener este se determinó que va a ser el acero AISI 4340 (denominación Bohler), ya que este tiene las características necesarias y recomendadas para este tipo de sección ya que cuenta con una alta resistencia al desgaste, así como a la corrosión, en el anexo 4, se puede apreciar las características de dicho material.

3.8.2 Canales de distribución del molde

En la figura 58 se puede apreciar las ecuaciones que permiten establecer las dimensiones de los canales de distribución, para lo cual se tomara en cuenta algunos factores que se estableció para el dimensionamiento de estos como es el material con el que se va a realizar la inyección que en este caso es el ABS, por lo que para

este tipo de material se tiene un rango de diámetros recomendados el mismo que oscila entre 4.7 y 9.5 mm, ver anexo 10:

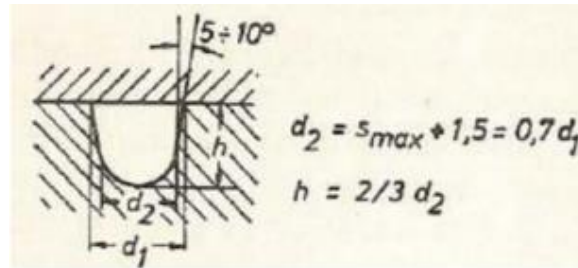


Figura 58 Dimensionamiento para el canal de distribución
Fuente: [6]

Donde:

d_1 = Diámetro recomendado

d_2 = Diámetro menor del canal

h = Altura de la sección

Teniendo en cuenta que el espesor promedio de la pieza es de 7.09 se puede determinar que el valor con el que se determinara el cálculo de los canales de distribución va a ser el menor recomendado, para así poder reducir tiempos de llenado, así como desperdicios de material durante el proceso de llenado del molde.

Mediante la figura 58 se puede establecer la ecuación (17) y (18), mismas que ayudaran a dimensionar los canales de distribución:

$$d_2 = S_{max} + 1.5 = 0.7 * d_1 \quad (17)$$

$$d_2 = 0.7 * d_1$$

$$d_2 = 0.7 * 4.5 \text{ mm}$$

$$d_2 = 3.29 \text{ mm} \rightarrow 3.3 \text{ mm}$$

$$h = \frac{2}{3} d_2 \quad (18)$$

$$h = \frac{2}{3} * 3.3 \text{ mm}$$

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

3.8.3 Canales de estrangulamiento para el molde

Para establecer las dimensiones de los canales de estrangulamiento se tiene las fórmulas (19), (20), (21) y (22) mismas que se detallan a continuación:

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (19)$$

$$f = 0.07 * F \quad (20)$$

$$a = 3 * b \quad (21)$$

$$f = 3 * b^2 \quad (22)$$

Donde en la ecuación (19) y (20) se tiene:

F = Sección del canal de distribución

d = Diámetro del canal de distribución $\rightarrow d_1 = 4.7$

f = Sección del canal de estrangulamiento

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

$$F = \frac{\pi \cdot (4.7)^2}{4}$$

$$F = 8.67 \text{ mm}^2$$

Una vez determinada la sección del canal de distribución, se procede a calcular la sección del canal de estrangulamiento mediante la fórmula (20):

$$f = 0.07 * F$$

$$f = 0.07 * 8.67 \text{ mm}^2$$

$$f = 0.61 \text{ mm}^2$$

De las ecuaciones (21) y (22) se debe estimar los valores faltantes, donde se tiene lo siguiente:

a = Ancho del canal de estrangulamiento

b = Altura del canal de estrangulamiento

Despejando el valor de b (altura del canal de estrangulamiento) en la ecuación (22), se tiene:

$$f = 3 * b^2$$

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

$$b = \sqrt{\frac{0.61 \text{ mm}^2}{3}}$$

$$b = 0.46 \text{ mm} \rightarrow 0.5 \text{ mm}$$

Por último, se reemplaza este valor calculado anteriormente en la ecuación (21), para poder obtener el valor del ancho del canal de estrangulamiento (a):

$$a = 3 * b$$

$$a = 3 * 0.5$$

$$a = 1.5 \text{ mm}$$

3.9 Sistema de expulsión del soporte unión

Debido a que estos elementos deben estar posicionados de manera que faciliten la expulsión de una forma rápida y sencilla mismos tienen una ubicación la cual posee mayor área de contacto con la pieza a inyectar, para poder determinar un número de expulsores, así como su ubicación se pueden establecer los siguientes cálculos:

3.9.1 Cálculo de expulsores para el soporte unión

Para poder estimar el cálculo determinado se necesita conocer la distancia que existe entre la pieza a inyectar hasta la placa de expulsión ya que de esta medida dependerá la longitud que tendrán dichos expulsores, para poder ilustrar esto se tiene la figura 59:

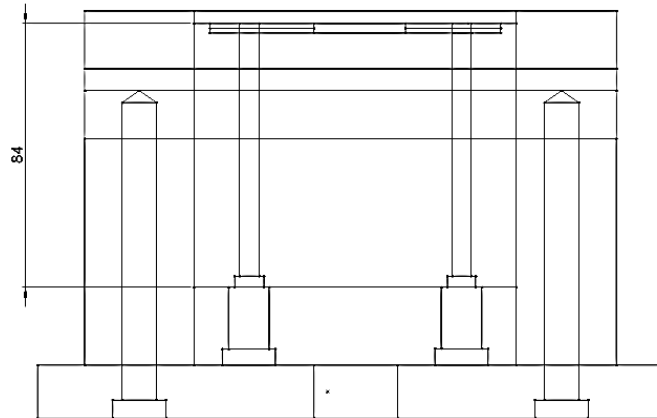


Figura 59 Representación de la distribución de los expulsores

Una vez establecida esta longitud que tendrán los expulsores se procede a estimar la dimensión del diámetro que van a tener dichos expulsores por lo que se tiene estimado el valor de 5 mm, con estos valores se podrá estimar mediante cálculos si los valores antes establecidos o seleccionados serán los óptimos para que los expulsores cumplan con su función y realicen correctamente su trabajo sin generar ningún inconveniente ni que exista ningún fallo en el momento del proceso de inyección de la pieza.

Para poder realizar los cálculos de los expulsores se tomara en cuenta la teoría de diseño de las columnas ya que los expulsores cumplen una función similar a la que se plantea en dicha teoría, teniendo como principal factor para partir con los cálculos el material con el que se va a construir los expulsores se toma en cuenta el mismo que va a ser el acero AISI 420, el cual consta con características y especificaciones necesarias para la construcción de dichos expulsores como se puede apreciar en el anexo 11.

Cálculo del área de contacto de los expulsores

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} \quad (23)$$

Donde:

A = Área de contacto de los expulsores

D = Diámetro estimado de los expulsores

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

$$A = 19.6 \text{ mm}^2$$

$$A = 1.96 * 10^{-5} \text{ m}^2$$

➤ Cálculo de la inercia de los expulsores

$$I = \frac{\pi * D^4}{64} \quad (24)$$

Donde:

I = Inercia de los expulsores

D = Diámetro estimado de los expulsores

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

$$I = 30.7 \text{ mm}^4$$

➤ Cálculo de la relación de esbeltez

$$\frac{l}{k} = \frac{l}{\frac{d}{4}} \quad (25)$$

Donde:

l = longitud de los expulsores

d = Diámetro estimado de los expulsores

$$\frac{l}{k} = \frac{84 \text{ mm}}{\frac{5 \text{ mm}}{4}}$$

$$\frac{l}{k} = 67.2$$

Una vez establecido estos valores se procede a determinar de qué columnas se trata utilizando la relación de esbeltez, para esto se puede utilizar el valor de la constante de las condiciones en los extremos (C), la misma que se puede apreciar en el anexo 12:

$$\left(\frac{l}{k}\right)_1 = \left(\frac{2 * \pi^2 * C * E}{S_y}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (26)$$

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

$$\left(\frac{l}{k}\right)_1 = 151.3$$

De los valores establecidos se realiza una comparación de estos para determinar el tipo de columna a los cuales se asemejan dichos expulsores:

$$\frac{l}{k} < \left(\frac{l}{k}\right)_1 \quad (27)$$

$$67.2 < 151.3$$

Haciendo referencia al valor obtenido se puede determinar que se trata de una columna de longitud intermedia con carga centrada, la misma que se verifica con la ayuda de la teoría del libro [20], la misma que utiliza dicha determinación para poder calcular el valor de la carga generada por unidad de área, entonces:

$$\frac{P}{A} = S_y - \left(\frac{S_y}{2\pi} * \frac{l}{k}\right)^2 \frac{1}{C * E} \quad (28)$$

Despejando la carga se tiene:

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

$$P = 345 \text{ MPa} - \left(\frac{345 \text{ MPa}}{2\pi} * 67.2\right)^2 \frac{1}{2 * 200000 \text{ MPa}} * 19.6 \text{ mm}^2$$

$$P = (345 \text{ MPa} - 34.04 \text{ MPa}) * 19.6 \text{ mm}^2$$

$$P = (310.96 \text{ MPa}) * 19.6 \text{ mm}^2$$

$$P = 6.09 \text{ KN}$$

$$P = 6.1 \text{ KN}$$

Una vez determinada la carga que se va a utilizar para un expulsor se procede a determinar la misma fuerza que se va a ocupar para el número de expulsos establecidos en este caso se determinó que serán 6 más el expulsor que se toma para el bebedero tenemos:

$$P_{\text{total}} = 6.1 \text{ KN} * 7$$

$$P_{\text{total}} = 42.7 \text{ KN}$$

De esto se deduce que la carga utilizada por los expulsos es menor que la fuerza del cilindro expulsor que posee la máquina inyectora, véase en el anexo 5, verificando que el dimensionamiento, así como el número que se estableció para este caso es el correcto y el adecuado.

$$P_{\text{cilind}} = 60.8 \text{ KN}$$

$$\rightarrow 42.7 \text{ KN} < 60.8 \text{ KN} \rightarrow \text{ABASTESE}$$

3.10 Tiempo de ciclo

Este tiempo puede determinarse mediante la siguiente ecuación:

$$tk = tLl + tR + T \quad (29)$$

Donde:

tL = Tiempo de llenado

tR = Tiempo de reseteo

T = Tiempo de enfriamiento \rightarrow 22 seg

3.10.1 Tiempo de llenado

El tiempo de llenado se lo puede determinar mediante un nomograma que se puede apreciar en el anexo 18, esto según [21], el mismo indica que el tiempo de llenado

esta entre los rangos normales, ya que en el caso de presentar tiempos altos provocaría piezas pesadas y con contracciones internas y en el caso de presentar tiempos bajos esto provocaría piezas incompletas o deformes.

Una vez establecido esto se tiene que el tiempo de llenado es de 2.9 seg.

3.10.2 Tiempo de resereo

Según [21], este tiempo puede ser determinado mediante la utilización de la siguiente formula:

$$tR = 1.75 * td * \left(\frac{2*j+0.05}{Lj} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (30)$$

Donde:

1.75 = Factor para compensar la diferencia de temperaturas entre la apertura y el cierre del molde

td = Tiempo de secado → 2.5h, ver en el anexo 19

j = Máxima profundidad de la cavidad → 46.86 mm = 0.0468

0.05 = Factor para compensar la altura de la pieza a inyectar

Lj = Maxima apertura del molde → 93 mm = 0.093mm

Ingresando estos valores en la ecuación 30, se obtiene que el tiempo de reseteo es de 4.2 segundos.

De esto se concluye que el tiempo necesario para que la pieza adquiera el tiempo necesario para ser enfriado es de 22 seg, así como que el tiempo necesario para llenar las cavidades y el bebedero es de 2.9 seg y de acuerdo con el último calculo que es el tiempo necesario para abrir el molde, expulsar la pieza inyectada y cerrar de nuevo el molde es de 4.2 seg. Dando como resultado que el tiempo total de ciclo es de 29.1 seg.

3.11 Cálculos para el mecanizado de las cavidades del soporte unión

➤ Parámetros para el cálculo

Tabla 7 Parámetros de construcción para el soporte unión

Características de las herramientas a utilizar para el mecanizado				
Proceso	Material	Diámetro	Número de Filos	Dureza HB
Desbaste	Carburo	6 mm	2	> 65
Acabado		2 mm	4	> 62
		1 mm	4	> 62

3.11.1 Cálculos para el desbaste

➤ Desbaste de la parte principal del soporte unión

Donde:

Material que mecanizar = Acero P20

Fresa que utilizar = Fresa esférica de 6 mm

Material de la fresa = Carburo

Número de filos de la fresa = 2

- **Cálculo de la velocidad del husillo**

Para poder estimar el cálculo de la velocidad necesaria que debe tener el husillo para poder realizar esta operación se tiene que establecer algunos parámetros que serán ingresados en la fórmula 31, misma que nos proporcionara un valor estimado de la velocidad que se deberá tomar en consideración para realizar dicha operación:

$$n = \frac{V_c \cdot 1000}{\pi \cdot \emptyset \cdot Z} \quad (31)$$

Donde:

n = Velocidad del husillo

Vc = Velocidad de corte

∅ = Diámetro de la herramienta

Z = Número de filos de la fresa

De acuerdo con fichas técnicas y especificaciones se toma en cuenta un valor promedio sobre la velocidad de corte que en este caso será de $95 \frac{m}{min}$, véase en el anexo 13, teniendo así:

$$n = \frac{95 \frac{m}{min} * 1000}{\pi * 6 \text{ mm} * 2}$$

$$n = 2519.95 \text{ rpm}$$

- **Cálculo del avance por minuto de la fresa**

Esta podemos determinar a partir del cálculo anterior, mediante la fórmula 32 y con la ayuda de algunos parámetros que se detallan a continuación:

$$V_f = f_z * n * Z \quad (32)$$

Donde:

V_f = Avance por minuto de la fresa

N = Velocidad del husillo

f_z = Avance por diente

Z = Número de filos de la fresa

Para poder determinar este valor nos basaremos de acuerdo con fichas técnicas y especificaciones de donde se toma en cuenta un valor de 0.2 para el avance por diente mismo que se puede observar en el anexo 13, teniendo así:

$$V_f = f_z * n * Z$$

$$V_f = 0.2 * 2519.95 * 2$$

$$V_f = 1007.9 \frac{mm}{min}$$

De este valor se debe reducir al 75% del mismo para el proceso de desbaste reduciendo así inconvenientes en la realización del proceso, así como pérdidas de herramientas y materiales:

$$V_f = 1007.9 \frac{mm}{min} * 0.75$$

$$V_f = 755.9 \frac{mm}{min}$$

- **Cálculo de la profundidad de corte de la fresa**

Para poder estimar este valor se debe tener en cuenta algunos valores necesarios mismos que se deben determinar tales como el volumen máximo de viruta y la potencia efectiva de la máquina, teniendo así:

Cálculo de la potencia

Para este cálculo utilizaremos la ecuación 33:

$$P = \frac{V * I}{1000} \quad (33)$$

Donde:

V = Voltaje de la máquina

I = Intensidad (amperios)

$$P = \frac{120 V * 36 A}{1000}$$

$$P = 4.32 \text{ kW}$$

Cálculo de la potencia efectiva

Para este cálculo utilizaremos la ecuación 34 y el valor ya determinado de la potencia:

$$Pe = \frac{P * 70}{100} \quad (34)$$

$$Pe = \frac{4.32 * 70}{100}$$

$$Pe = 3.02 \text{ kW}$$

Cálculo del volumen máximo de viruta

Para poder determinar el valor de este utilizaremos la ecuación 35:

$$C_m = C_a * P_e \quad (35)$$

Donde:

C_m = Volumen máximo

C_a = Volumen admisible

P_e = Potencia efectiva

Para poder determinar este valor utilizaremos como volumen admisible un valor de $9 \frac{cm^3}{kW}$, mismo que se puede apreciar en el anexo 14, el cual se estima de acuerdo con el material a mecanizar en este caso el acero P20:

$$C_m = 9 \frac{cm^3}{kW} * 3.02 kW$$

$$C_m = 27.18 \frac{cm^3}{kWmin}$$

Cálculo de la profundidad de corte de la fresa

Mediante la fórmula 36, podemos determinar el valor de la profundidad de corte que tendrá nuestro mecanizado:

$$a = \frac{C_m * 100}{b * V_f} \quad (36)$$

Donde:

C_m = Volumen máximo

b = Ancho de corte de la herramienta → $b = 3$ mm (valor aproximado)

V_f = Avance por minuto de la fresa

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

$$a = \frac{27.18 \frac{cm^3}{kWmin} * 100}{3 \text{ mm} * 755.9 \frac{mm}{min}}$$

$$a = 1.898 \text{ mm}$$

$$\rightarrow a = 1.9 \text{ mm}$$

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

$$a = 1.9 \text{ mm} * 0.8$$

$$\rightarrow a = 1.52 \text{ mm}$$

3.11.2 Acabado de las cavidades del soporte unión

Para poder realizar los acabados de las cavidades del soporte unión se utiliza una fresa frontal de 2 mm con 4 filos para poder realizar el mecanizado de las paredes interiores del soporte, con el fin de garantizar la adecuada expulsión y una geometría determinada.

Materia por mecanizar para el soporte unión = Acero AISI P20

Material de la fresa para mecanizar = Carburo

Fresa por utilizar para el mecanizado = Fresa plana 2 mm

Número de filos = 4

- **Cálculo de la velocidad del husillo**

Las fórmulas que se utilizaran en estos cálculos van a ser las mismas que se utilizaron en los cálculos para el proceso de desbaste.

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

Donde:

n = Velocidad del husillo

Vc = Velocidad de corte

\emptyset = Diámetro de la herramienta

Z = Número de filos de la fresa

De acuerdo con fichas técnicas y especificaciones se toma en cuenta un valor promedio sobre la velocidad de corte que en este caso será de $95 \frac{m}{min}$, véase en el anexo 13, teniendo así:

$$n = \frac{95 \frac{m}{min} * 1000}{\pi * 2 \text{ mm} * 4}$$

$$n = 3779.93 \text{ rpm}$$

- **Cálculo del avance por minuto de la fresa**

Esta podemos determinar a partir del cálculo anterior, mediante la siguiente fórmula y con la ayuda de algunos parámetros que se detallan a continuación:

$$V_f = f_z * n * Z$$

Donde:

V_f = Avance por minuto de la fresa

n = Velocidad del husillo

f_z = Avance por diente

Z = Número de filos de la fresa

Para poder determinar este valor nos basaremos de acuerdo con fichas técnicas y especificaciones de donde se toma en cuenta un valor de 0.2 para el avance por diente mismo que se puede observar en el anexo 13, teniendo así:

$$V_f = f_z * n * Z$$

$$V_f = 0.2 * 3779.93 * 1$$

$$V_f = 755.99 \frac{mm}{min}$$

De este valor se reduce al 25%, para realizar el proceso de acabado ya que a mayor velocidad de corte se debe reducir el avance logrando un mejor acabado, así como su apariencia.

$$V_f = 755.99 \frac{mm}{min} * 0.25$$

$$V_f = 188.99 \frac{mm}{min}$$

- **Cálculo de la profundidad de corte de la fresa**

Para poder estimar este valor se debe tener en cuenta algunos valores necesarios mismos que se deben determinar tales como el volumen máximo de viruta y la potencia efectiva de la máquina, teniendo así:

Cálculo de la potencia

Para este cálculo utilizaremos el valor ya calculado anteriormente con la fórmula 31, ya que para estimar el valor para el proceso de acabado viene a ser el mismo que para el proceso de desbaste.

$$P = \frac{120V * 36A}{1000}$$

$$P = 4.32 \text{ kW}$$

Cálculo de la potencia efectiva

Teniendo en cuenta que se utilizó el mismo valor de la potencia que en el proceso de desbaste el valor de la potencia efectiva viene a ser el mismo que en el caso anterior:

$$P_e = \frac{4.32 * 70}{100}$$

$$P_e = 3.02 \text{ kW}$$

Cálculo del volumen máximo de viruta

Para poder determinar el valor de este utilizaremos la misma ecuación 35, que utilizamos para el proceso de desbaste, así como algunos valores que coinciden en el cálculo:

$$C_m = C_a * Pe \quad (35)$$

Donde:

C_m = Volumen máximo

C_a = Volumen admisible

Pe = Potencia efectiva

Para poder determinar este valor utilizaremos como volumen admisible un valor de $9 \frac{cm^3}{kW}$, mismo que se puede apreciar en el anexo 14, el cual se estima de acuerdo con el material a mecanizar en este caso el acero P20:

$$C_m = 9 \frac{cm^3}{kW} * 3.02 kW$$

$$C_m = 27.18 \frac{cm^3}{kWmin}$$

Cálculo de la profundidad de corte de la fresa

Mediante la misma fórmula 36, podemos determinar el valor de la profundidad de corte que tendrá nuestro mecanizado en el proceso de acabado:

$$a = \frac{C_m * 100}{b * V_f} \quad (36)$$

Donde:

C_m = Volumen máximo

b = Ancho de corte de la herramienta → $b = 2$ mm (valor aproximado)

V_f = Avance por minuto de la fresa

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

$$a = \frac{27.18 \frac{cm^3}{kWmin} * 100}{2 \text{ mm} * 188.99 \frac{mm}{min}}$$

$$a = 7.19 \text{ mm}$$

$$\rightarrow a = 7.2 \text{ mm}$$

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

$$a = 7.2 \text{ mm} * 0.8$$

$$\rightarrow a = 5.76 \text{ mm}$$

Finalmente para realizar los acabados de las cavidades internas del soporte unión se utiliza una fresa frontal de 1mm con 4 filos para poder realizar el mecanizado de las geometrías más complejas y de dimensiones limitadas, con el fin de garantizar las correctas dimensiones así como la geometría deseada, para este cálculo se utilizó las mismas ecuaciones que en los cálculos anteriores, únicamente modificando los valores establecidos por la fresa que se va a utilizar debido a que cumple con las mismas características para poder ser utilizadas en las ecuaciones propuestas.

Nota: En relación a los elementos restantes que conforman el molde de inyección se estableció que debido a que la empresa cuenta con algunas partes de moldes fabricados anteriormente se iba a destinar dichas partes de estos en la readecuación para poder completar el molde propuesto en el presente trabajo técnico por lo que se limitó a generar cálculos ya que estas piezas contaban con características geométricas similares a las requeridas para el ensamble del molde, estas piezas vienen a ser los expulsores, la placa de expulsión guía y la placa de expulsión base.

3.12 Presupuesto para la construcción

3.12.1 Costo de materiales para la construcción del molde

En la tabla 15 se muestran los valores detallados con cada una de las partes que se mecanizo para poder realizar la construcción del molde en las cuales se determinó un valor aproximado el mismo que cubre la empresa, así como los valores del costo de maquinaria.

Tabla 8 Costo de los materiales para la construcción del molde

COSTO DE MATERIALES A UTILIZAR EN LA CONSTRUCCIÓN DEL MOLDE					
Pieza	Material	Descripción	Cantidad	Valor Unitario (\$)	Valor Total (\$)
Placa base fija	AISI 1045	255x230x30	1	110	110
Placa base móvil	AISI 1045	225x230x30	1	110	110
Placa de expulsión guía	AISI 1045	255x180x25	1	75	75
Placa de expulsión base	AISI 1045	255x180x25	1	75	75
Placa para paralelas	AISI 1045	255x80x50	2	25	50
Eje para bebedero	AISI 4340	Ø55x60	1	5	5
Placa portamolde fija	AISI P20	255x210x100	1	250	250
Placa portamolde móvil	AISI P20	255x210x100	1	250	250
Eje para columnas	AISI 4340	Ø55x90	4	6	24
Eje para bocines	AISI 4340	Ø55x90	4	6	24
Pernos M10	N.A.	M10x1,5x100	4	0,5	2
Pernos M10	N.A.	M10x1,5x40	4	0,25	1
Pernos M8	N.A.	M8x1,25x28	6	0,2	1,2
VALOR TOTAL					\$977,20

3.12.2 Costo de maquinaria y herramientas

En la tabla 8 se muestran los valores estimados referentes a la maquinaria utilizada, así como las herramientas mismas que fueron proporcionadas por el área de matriceria de la empresa Halley Corporation.

Tabla 9 Costo de maquinaria y herramientas para la construcción del molde

COSTO DE MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS			
Descripción	Horas de operación	Costo por horas (\$)	Costo total (\$)
Torno	10	8	80
Esmeril	2	3	6
Rectificadora	15	10	150
Sierra Eléctrica	12	10	120
Fresadora CNC	10	12	120
Pulidora	2	5	10
Herramientas en general	90	2	180
TOTAL			666

3.12.3 Costo de mano de obra

En referencia al costo de mano de obra no se va a tomar en cuenta en el proceso de construcción de este proyecto ya que todas las operaciones fueron realizadas al 100% por el autor de esta obra con la guía del Ingeniero encargado, así como el apoyo del área de matriceria de la empresa.

Tabla 10 Costo total para la construcción del molde

COSTO TOTAL DE LA CONSTRUCCIÓN DEL MOLDE	
Descripción	Valor (\$)
Costo de materiales para la construcción del molde	977.2
Costo de maquinaria y herramientas utilizadas para la construcción del molde	666
TOTAL	\$ 1643.2

Una vez establecido estos costos se procede a calcular el costo total que va a tener este proyecto, sumando las cantidades estimadas para generar un valor total del coste de la construcción y mecanizado del molde, cabe recalcar que todos y cada

uno de estos valores fueron asumidos por la empresa como se mencionó al principio de este, mismos valores que se puede apreciar en la tabla 10.

CAPÍTULO IV

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

- Debido a que la tendencia en el mundo es la aplicación CNC dentro del área industrial en este proyecto se ha pretendido dar a conocer las facilidades que nos presenta la tecnología CAD/CAM en la fabricación de un molde de inyección tanto en el proceso de diseño como en el de manufactura determinando que la misma garantiza su correcto funcionamiento obteniendo un molde de mejor calidad y con una precisión exacta en comparación con el trabajo manual que muchas de las veces tiene un rango de error elevado, sin embargo cabe recalcar que todo esto se basa en conocimientos adquiridos así como la teoría aplicada a la Ingeniería Mecánica.
- Gracias a que se determinó que el molde posea dos cavidades para su inyección se pudo lograr una correcta fluidez del polímero inyectado, así como se logró un llenado total de estas logrando el objetivo de inyectar un soporte unión el cual es de muy buena calidad y cumple con las características y exigencias del demandante ya que desde su diseño es estético y funcional desde un punto de vista técnico.
- Teniendo en cuenta la disponibilidad de maquinaria con tecnología de software CAD, se realizó un diseño el cual cumplía con características geométricas posibles de mecanizar, ya que al diseñar el molde se pudo optimizar tanto costos de materiales como de manufactura siendo estos uno de los principales factores en el área industrial, logrando así satisfacer las necesidades que nos presentó en un principio la empresa.
- La selección de los materiales para cada parte del molde tuvo un papel importante ya que de las características de cada uno de ellos depende el correcto funcionamiento y garantía en el momento de realizar el proceso de inyección, logrando así obtener una producción viablemente posible.

4.2 Recomendaciones

- Para un correcto diseño y manufactura de un molde de inyección se debe contar tanto con los recursos humanos como materiales, así como de las instalaciones en óptimas condiciones de trabajo lo cual hará que no se generen pérdidas de tiempo al momento de realizar las distintas actividades.
- Si se utiliza materiales reciclados para la conformación del molde se debe tener en cuenta que estos materiales no hayan sido utilizados en algún proceso de soplado ya que estos generarían problemas al momento del llenado de la pieza.
- Para realizar cualquier proceso de mecanizado se debe contar con los elementos de protección necesarios ya que estos garantizaran en un rango mínimo el porcentaje de accidentes o lesiones al momento de realizar las mismas.
- Para el diseño de un molde de inyección es indispensable en la mayoría de las veces adaptarse a lo que el consumidor o cliente necesite sin contar con lo que disponga la empresa donde se construya el mismo, esto hará que se satisfaga al cliente brindando un producto de calidad duradero y de bajo costo.
- Es importante conocer las características del material con el que se va a inyectar el molde ya que de algunas de estas depende varios cálculos, así como las propiedades finales que este posea.
- Al momento de fabricar un molde se debe contar con la disposición de tiempo necesario ya que muchas de las veces surgen inconvenientes ya sea en el proceso de diseño, de fabricación o de funcionamiento los cuales abarquen más tiempo del planteado por el fabricante.
- Se deben analizar los tiempos de mecanizado y los de obtención del material ya que de los cuales dependerá la entrega del molde terminado y los costos de fabricación que conlleva el mismo.
- Es importante realizar pruebas de medición o de comparación al momento de estar mecanizando alguna pieza ya que muchas de las veces surgen algún inconveniente que hará que esta sea diferente del diseño.
- Debido a que no se conoce el ambiente donde se va a construir el molde de inyección se debe realizar una vista previa del mismo para poder estar orientado hacia el lugar donde se encuentran las máquinas, herramientas para así poder tener un alcance de estas en el menor tiempo posible.

- Tomando en cuenta que existen varios programas para maquinas CNC se debe realizar una comparación de estos tanto del que se tiene conocimiento como del que se va a utilizar ya que de esto dependerá el proyecto aunque la mayoría de programas manejan los mismos códigos y estándares de codificación siempre es necesario realizar una retroalimentación de los mismos.

Bibliografía:

- [1] M. Coba Salcedo y E. Serres Moliner, "Estudio comparativo de dos tecnologías de mecanizado rápido", *Revista Facultad de Ingeniería*, pp. 64-72, 2006.
- [2] H. Bawa, "Procesos de Manufactura", Primera ed., México, D.F.: McGraw-Hill, 2007.
- [3] D. Juárez, R. Balart, M. Á. Peydró y S. Ferrándiz, "Estudio y análisis del moldeo por inyección de materiales poliméricos termoplásticos", *Revista de Investigación*, pp. 42-48, 2012.
- [4] R. Baeza y T. Garcia, "DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE DE INYECCIÓN PARA ENVASES DE USO ALIMENTARIO", Barcelona, España, 2014.
- [5] H. Gastrow, "Moldes de inyección para plásticos 100 casos prácticos", Primera ed., España: Barcelona activaa, 1992.
- [6] G. Menges y G. Mohren, "Moldes para la inyección de plásticos", Tercera ed., México D.F: Calypso, S.A., 1983.
- [7] M. Groover, "Fundamentos de manufactura moderna", Tercera ed., México D.F: Mc Graw Hill, 2007.
- [8] E. Degarmo, J. Black y R. Kohser, "Materiales y Procesos de Fabricación", Segunda ed., vol. I, Barcelona: REVERTÉ, S.A., 1994.
- [9] D. Leibfried, "Llenado del molde", Tesis TH Aachen, 1971.
- [10] K. Morwald, "Construcción de moldes de inyección", Hamburgo: Verlag Brunke Garrels, 1965.
- [11] S. Kagelanguss, "Colada cónica, de pantalla, anular y laminar", Ludwigshafen: Información Técnica de BASF.
- [12] B. Durethan, "Manual técnico de la Farbenfabriken", Bayer AG: Leverkusen.
- [13] K. Stoeckhert, "Construcción de moldes para plásticos", Munich: Carl Hanser Verlag, 2009.

- [14] S. Giragosian, "Respiraderos continuos para moldes", Modern Plas, 1966, pp. 122-124.
- [15] P. Molera Solà, "Electromecanizado: electroerosión y mecanizado electroquímico", Barcelona España: MARCOMBO, S.A., 1989.
- [16] J. Villeta, "Desarrollo de Proyectos usando CAD", INTEC, 2006.
- [17] F. Rodríguez, F. Mejías y D. Serrano, "Comprobación y optimización del programa CNC para el mecanizado por arranque de viruta", IC Editorial, 2014.
- [18] E. Maya, "Diseño de moldes de inyección de plastico con Ingeniería concurrente", México, D.F., 2007.
- [19] H. Appold y K. Feiler, "Tecnología de los metales", Barcelona - España: Reverté, S. A., 2005.
- [20] R. Budynas y J. Keith, "Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley", México, D.F.: McGraw-Hill, 2008.
- [21] M. Ordóñez, "Solución a problema en el proceso de inyección", *Sociedad Ecuatoriana de Plásticos*.

ANEXOS

Anexo 1 “Propiedades del acero P20”

Acero SISA P20

acero para moldes de plástico

ACEROS



desde 1948

SERVICIO INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.

Color de distinción

blanco rojo blanco

CARACTERÍSTICAS

El acero SISA P20 pre-templado es de uso general para la fabricación de moldes. Utilizado para el maquinado y electro-erosionado de moldes de plástico y componentes para la fundición de zinc.

Se surte pre-templado a una dureza estándar de aprox. BHN 293-321 (HRC 30-34).

Normalmente no requiere un tratamiento térmico adicional, sin embargo el acero SISA P20 se puede templar a durezas mayores para incrementar su resistencia. Cuando enfriamiento al aceite es requerido, cuidado especial es necesario para reducir la distorsión o fractura.

Provee excelente pulibilidad y buen texturizado.

APLICACIONES TÍPICAS

Moldeo por Compresión	Moldes para Inyección de Plástico
Porta Moldes y Piezas de Apoyo	Herramientas para Fundición a Presión de Zinc
Piezas para la Construcción de Maquinaria y Útiles en General	Moldeo en Dos Fases

COMPOSICIÓN QUÍMICA - % PROMEDIO

C	Si	Mn	Cr	Mo
0.30	0.50	0.75	1.70	0.40

NORMAS

AISI	DIN	JIS
P20	1.2311	---

MAQUINABILIDAD Y RECTIFICABILIDAD

La maquinabilidad y rectificabilidad en estado recocido es aproximadamente un 80% de un acero tipo W1(1% C).

Nota: Las propiedades indicadas en esta hoja técnica son valores típicos. Variaciones normales en la química, tamaño y condiciones de tratamiento térmico pueden producir desviaciones de estos valores. Para datos adicionales o asistencia en ingeniería metalúrgica, acudir al departamento técnico de SISA.

PROPIEDADES FÍSICAS

Módulo de Elasticidad	30 psi x 10 ⁶	(207 GPa)
Densidad	7860 kg/m ³	(0.284 lb/in ³)
Conductividad Térmica		
a 95°C (200°F)	cal/cm-s-°C	BTU/hr-ft-°F W/m-°K
	0.990	24 42

Coefficiente de Dilatación Térmica

	mm/mm/°C	in/in/°F
20-260°C / 70-500°F	12.3 x 10 ⁻⁶	6.84 x 10 ⁻⁶
20-425°C / 70-800°F	12.8 x 10 ⁻⁶	7.10 x 10 ⁻⁶
20-540°C / 70-1000°F	13.7 x 10 ⁻⁶	7.60 x 10 ⁻⁶

TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

Cementado: El acero SISA P20 también es apto para el cementado, resultando en dureza de cementado de 53-57 HRC, como se muestra en la siguiente tabla:

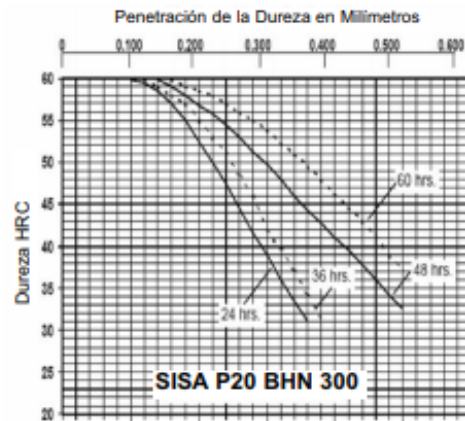
Dureza Obtenible:

Cementado con Gas a 870°C (1600°F) y enfriado en horno a 800°C (1475°F), posterior enfriamiento al aceite y revenido 4+4 hrs.

	Dureza de Cementado HRC	Dureza al Núcleo
315°C (600°F)	57-58	47-48
345°C (650°F)	57-58	46-47
370°C (700°F)	55-56	45-46
400°C (750°F)	54-55	44-45
425°C (800°F)	53-55	43-44
485°C (900°F)	52-53	39-40

Durezas mostradas son típicas para una barra con diámetro de 4" (102 mm). Secciones mayores pueden mostrar durezas levemente más bajas. La dureza al núcleo también puede ser incrementada en el tratamiento térmico asociado con el cementado, resultando en una pérdida de tenacidad al núcleo.

Nitrurado: El acero SISA P20 es apto para el nitrurado por medio de la mayoría de procedimientos comerciales, resultando en una dureza superficial de 55-65 HRC. La penetración de dureza típica después de nitrurado a 525°C (975°F) se muestra a continuación:



TRATAMIENTO TÉRMICO

Recocer

Calentamiento a 790-815°C (1450-1500°F), mantener 2 horas, enfriamiento lento no mayor de 30°C (50°F) por hora hasta alcanzar 650-675°C (1200-1250°F), mantener hasta normalizar, posterior enfriamiento al aire.

Dureza en Estado Recocido BHN 187/223

Relevado de Tensiones

Material Recocido: 650-675°C (1200-1250°F) Mantener 2 horas después de calentamiento al núcleo, enfriamiento lento en horno o al aire.

Dureza Estándar (BHN 293-321): Calentar a 480°C (900°F), mantener 2 horas después de calentamiento al núcleo.

Material Templado Calentar 15-30°C (25-50°F) por debajo de la temperatura de revenido, mantener 2 horas después de calentamiento al núcleo, enfriamiento lento en horno o al aire.

Recomendable para reducir las tensiones causadas por un extenso maquinado en caso de herramientas de configuración complicada y para reducir las tensiones después de un proceso de electro-erosión.

TEMPLE

El acero SISA P20 se surte pre-templado y un tratamiento térmico posterior generalmente no se requiere.

Sin embargo, se puede templear a durezas más altas.

Nota: El acero SISA P20, debe ser recocido antes de un temple posterior.

Precalentar

675-735°C (1250-1350°F), normalizar.

Temple (Austenización)

815-845°C (1500-1550°F) - Mantener 30 a 45 minutos a temperatura.

Enfriamiento

Al aceite a 65-95°C (150-200°F).

Revenir inmediatamente.

Revenir

Doble revenido a 205- 650°C (400-1200°F), mantener 1 hr. por pulgada de espesor (25 mm), 2 hrs. mínimo por revenido.

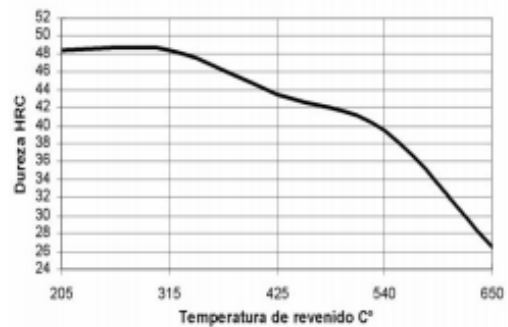
RESPUESTA AL TRATAMIENTO TÉRMICO

Temple a 845°C (1550°F) Entrenamiento al Aceite

Temperatura de Revenido	Dureza Obtenible HRC
205°C - (400°F)	48.5
315°C - (600°F)	48.5
425°C - (800°F)	43.5
540°C - (1000°F)	39.5
650°C - (1200°F)	26.5

La dureza obtenible es típica de un bloque de 4" (100 mm) de espesor. Espesores mayores pueden mostrar una leve baja en dureza.

DIAGRAMA DE REVENIDO



Temperatura de Temple 845°C - 1550°F

SOLDAR

Los procedimientos de soldadura usados en 4140 o 4340 deben ser utilizados. Material de soldadura tipo P20, 4130 o 4140 es aceptable.

Material pre-templado

Precalentar 425-480°C (800-900°F). Mantener arriba de 425°C (800°F) al soldar. Después de soldar, enfriar a tibia 65°C (150°F). Doble revenido a 480°C (900°C).

Material templado a mayor dureza

Precalentar y doble revenido después de soldar a 30°C (50°F) por debajo de la última temperatura de revenido.



Servicio Industrial, S.A. de C.V.

www.acerosisa.com.mx

Aceros Especiales Grados Herramienta y Maquinaria

Aceros SISA-MET® de Metalurgia en Polvo (PM)

Piezas Industriales Forjadas

Ciudad de México: Naranjos 6 - Col. San Francisco Cuautlalpan, Naucalpan - cp 53569, Estado de México

Tel - (55) 5576-4011 Fax - (55) 5576-4997 sisa@sisa1.com.mx

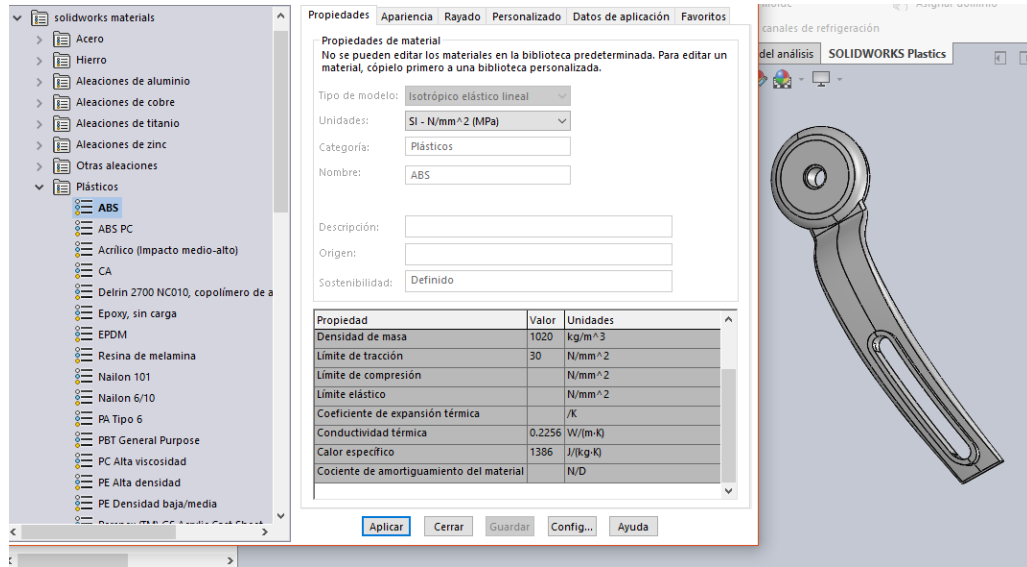
Monterrey: Guerrero Norte 4120 - Col. del Norte, Monterrey - cp 64500, Nuevo León

Tel - (81) 8351-7220 Fax - (81) 8351-2981 sisamty@sisa1.com.mx

Cat. P20 12/12 © Derechos Reservados, México DF, 2012 Servicio Industrial, S.A. de C.V. SISA® y SISA-MET® son Marcas Registradas Impreso en México

Fuente: Acero SISA P20, "Aceros para moldes de plástico"

Anexo 2 “Características del polímero a inyectar ABS”



Fuente: SOLIDWORKS, “Aplicación del material”

Anexo 3 “Propiedades del acero AISI 1045”

SAE 1045

Descripción: Acero de medio carbono, posee baja soldabilidad y buena maquinabilidad, responde al tratamiento térmico y al endurecimiento por llama o inducción, pero no es recomendado para cementación o cianurado. Por su dureza y tenacidad es utilizado para la fabricación de componentes de maquinaria.

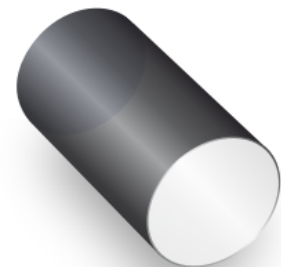
Usos: Por sus características de temple, se tiene una amplia gama de aplicaciones automotrices y de maquinaria en general de resistencia media, tales como: ejes, semiejes, cigüeñales, engranajes, piñones, cuñas, tornillos, pernos, martillos, pasadores, remaches, partes de maquinaria y herramientas agrícolas.

SAE 1045

Composición química (%)	
C	0,43 - 0,50
Mn	0,60 - 0,90
P	0,04 Máx.
S	0,05 Máx.

Tratamiento térmico		
Valores en °C		
Forjado	850 - 1100	
Normalizado	850 - 880	
Revenido	550 - 650	
Recocido	650 - 700	
Templado	Agua	820 - 850
	Aceite	830 - 860

Propiedades mecánicas	
Laminado en caliente	
Resistencia a la tracción	63 - 73 kgf/mm ²
Límite de fluencia	40 kgf/mm ²
Elongación	16%
Reducción de área	40%
Maquinabilidad	55%
Dureza (HB)	163



Formas: Redonda, cuadrada y hexagonal

Fuente: Aceros Bravo, “Catálogo de Productos”

Anexo 4 “Propiedades del acero AISI 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.N°: 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/mm² (140 – 168 psi)

Límite de fluencia:

65 – 75 kg/mm² (92,419 – 106,672 psi)

U.T.S.:

1000 – 1180 MPa

Alargamiento:

min. 15%

Contracción:

min. 55%

Resistencia:

(DVM) min. 10 kg/cm²

Mecanizado:

Se puede mecanizar con herramientas de corte de acero rápido.

Estado de entrega:

Bonificado a 100 – 118 kg/mm² 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 5 “Propiedades de la máquina inyectora”

FICHA TÉCNICA DE LA INYECTORA		
MILACRON MTH 55		
SISTEMA DE INYECCIÓN	VALOR	UNIDAD
Capacidad máxima de inyección	171	gr
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	gr/seg
Radio de concavidad	10	mm
Diámetro - orificio de la boquilla	3.5	mm
Capacidad calorífica total	7.3	Kw
SISTEMA DE POTENCIA	VALOR	UNIDAD
Motor	11 ... 15	Kw ... Hp
Dimensiones de la máquina (LxWxH)	3.55 x 1.2 x 2.1	m
Peso bruto de la máquina	2465	Kg
Capacidad total del aceite	208	L
SISTEMA DE CIERRE	VALOR	UNIDAD
Fuerza de cierre	50	Ton
Carrera de cierre	280	mm
Altura del 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

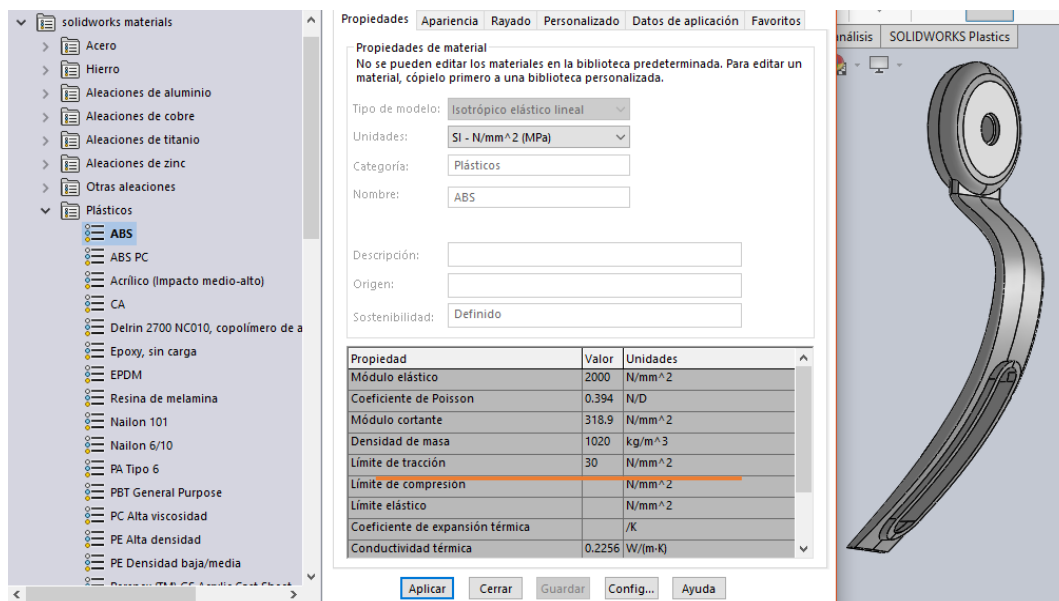
Anexo 6 “Contracción de moldeo de principales materiales plásticos”

 **Lista de las tasas de contracción de moldeo de principales materiales de plástico**

Material	Tasa de contracción de moldeo (%)	Temperatura superficial de la cavidad (°C)	Presión de moldeo por inyección (Mpa)
ABS	0.4 ~ 0.9	50 ~ 80	53.97 ~ 171.7
PS	0.4 ~ 0.7	20 ~ 60	68.69 ~ 206.1
SAN	0.2 ~ 0.7	50 ~ 80	68.69 ~ 225.7
EVA	0.2 ~ 0.7	50 ~ 80	103 ~ 274.8
PP	1.0 ~ 2.5	20 ~ 90	68.69 ~ 137.8
PP GF40%	0.2 ~ 0.8	20 ~ 90	68.69 ~ 137.8
HDPE	2.0 ~ 6.0	10 ~ 60	68.69 ~ 137.8
PMMA	0.1 ~ 0.4	40 ~ 90	68.69 ~ 137.8
PA6	0.5 ~ 1.5	40 ~ 120	34.34 ~ 137.8
PA66	0.8 ~ 1.5	30 ~ 90	34.34 ~ 137.8
POM	2.0 ~ 2.5	60 ~ 120	68.69 ~ 137.8
PBT GF30%	0.2 ~ 0.8	40 ~ 80	54.95 ~ 176.6
PC	0.5 ~ 0.7	80 ~ 120	68.69 ~ 137.8
PPS GF40%	0.2 ~ 0.4	130 ~ 150	34.34 ~ 137.8
m-PPE	0.1 ~ 0.5	80 ~ 90	
PET	0.2 ~ 0.4	70 ~ 100	

Fuente: M. Hashimoto, “Características de los polímeros”, México, 2015.

Anexo 7 “Propiedades del material utilizado para la inyección”



Propiedades de material

No se pueden editar los materiales en la biblioteca predeterminada. Para editar un material, cópielo primero a una biblioteca personalizada.

Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal

Unidades: SI - N/mm² (MPa)

Categoría: Plásticos

Nombre: ABS

Descripción:

Origen:

Sostenibilidad: Definido

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	2000	N/mm ²
Coefficiente de Poisson	0.394	N/D
Módulo cortante	318.9	N/mm ²
Densidad de masa	1020	kg/m ³
Límite de tracción	30	N/mm ²
Límite de compresión		N/mm ²
Límite elástico		N/mm ²
Coefficiente de expansión térmica		/K
Conductividad térmica	0.2256	W/(m-K)

Aplicar Cerrar Guardar Config... Ayuda

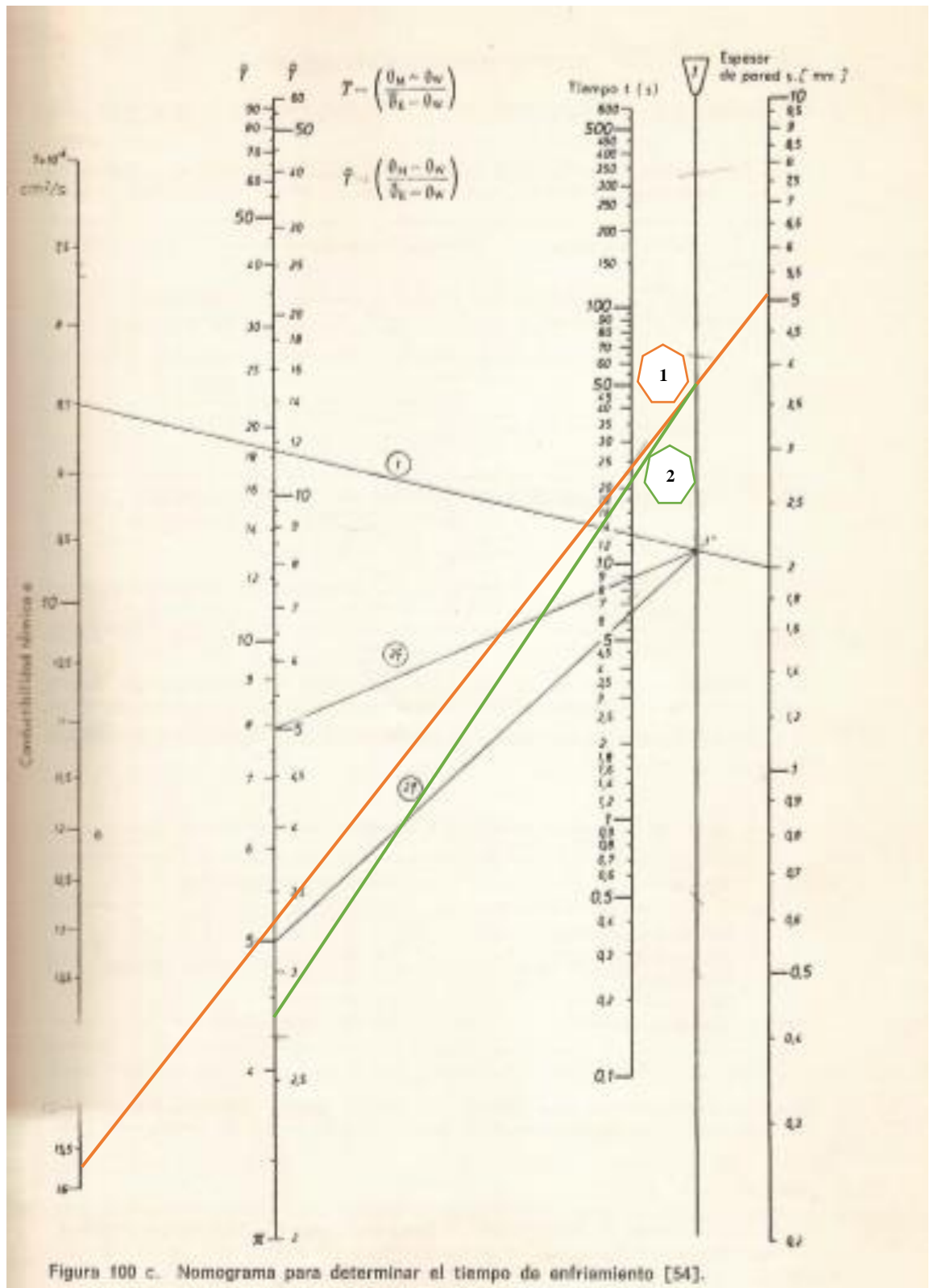
Fuente: SOLIDWORKS, “Aplicación del material”

Anexo 8 “Temperaturas del polímero seleccionado ABS”

Material	Temperatura de elaboración (°C)	Temperatura del molde (°C)
Poliétileno de baja densidad	170 – 260	0 - 70
Poliétileno de alta densidad	220 – 320	0 - 70
Poliestireno normal	200 – 250	30 - 60
Poliestireno antichoque	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
Acrilonitrilo - estireno – butadieno	180 – 240	50 - 80

Fuente: A. Petru, “Temperaturas de desmoldeo de polímeros”, 2014.

Anexo 9 “Nomograma de temperaturas”



Fuente. G. y O. Menges, “Moldes para inyección de plásticos”, Gustavo G, 1976.

Anexo 10 “Diámetros recomendados para canales de distribución según el polímero seleccionado ABS”

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

Fuente: A. Flores y D. Martínez, “Diseño y construcción de una matriz para la inyección de cubiertas”, Quito, 2014.

Anexo 11 “Propiedades acero inoxidable 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/cm³ (0.28 lb/in³)

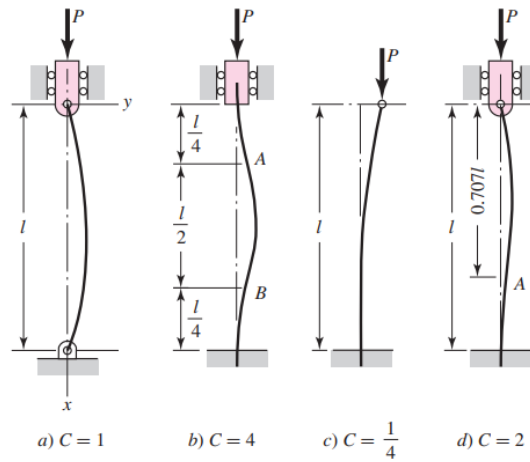
5. Propiedades químicas: 0.15 % C mín
1.00 % Mn
1.00 % Si
12.0 – 14.0 % Cr
0.04 % P
0.03 % S

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.

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

Anexo 12 “Constante de las condiciones en los extremos”



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

Anexo 13 “Velocidad de corte y avance de diente recomendados”

FRESADO

Fresado frontal y axial

Parámetros de corte	Fresado con metal duro		Fresado con acero rápido
	Fresado de desbaste	Fresado en fino	Fresado en fino
Velocidad de corte (v_c) m/min.	<u>70–120</u>	120–170	30
Avance (f_z) mm/diente	<u>0,2–0,4</u>	0,1–0,2	0,1
Profundidad de corte (a_p) mm	2–5	–2	–2
Mecanizado grupo ISO	P20–P40 Carburo revestido	P10–P20 Carburo revestido o cermet	–

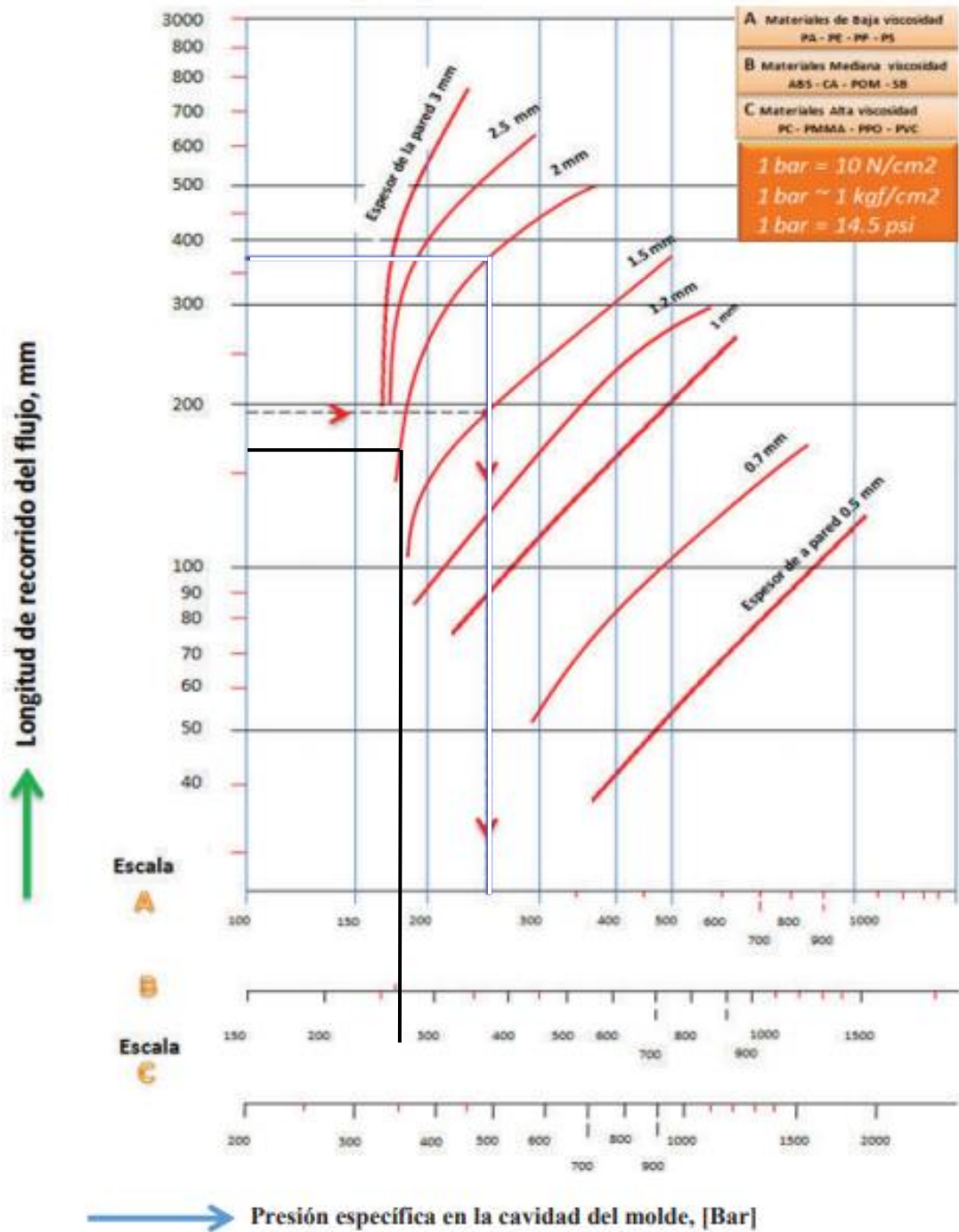
Fuente. HOLDAX, “Acero pretemplado para moldes y portamoldes”

Anexo 14 “Volumen admisible”

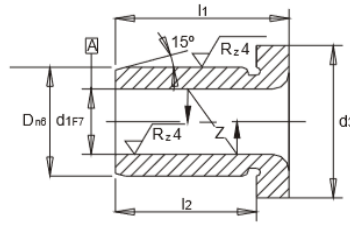
<u>Material</u>	<u>Volumen admisible (cm³)</u>
<u>Acero Dulce</u>	<u>12-15</u>
<u>Acero semiduro</u>	<u>10-14</u>
<u>Acero duro</u>	<u>9-12</u>
<u>Acero altamente aleado</u>	<u>6-8</u>
<u>Fundición gris</u>	<u>15-20</u>
<u>Latón</u>	<u>28-40</u>
<u>Aluminio</u>	<u>40-70</u>

Fuente. N. Urrego, “Procesos Mecánicos”

Anexo 15 “Nomograma”



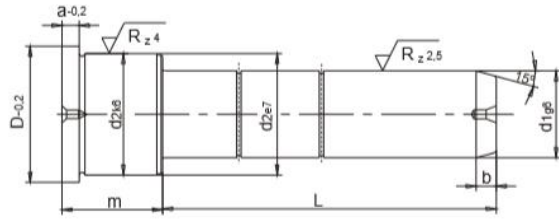
Anexo 16 “Especificaciones para las dimensiones de los bocines”



d1 (F7)	D (n6)	d3	Z	CORTO / SHORT		LARGO / LONG	
				l1	l2	l1	l2
0,9 a 1,0	3	6	0.005	6	4	9	7
1,1 a 1,8	4	7	0.005	6	4	9	7
1,9 a 2,6	5	8	0.005	6	4	9	7
2,7 a 3,3	6	9	0.005	8	5,5	12	9,5
3,4 a 4,0	7	10	0.005	8	5,5	12	9,5
4,1 a 5,0	8	11	0.005	8	5,5	12	9,5
5,1 a 6,0	10	13	0.01	10	7	16	13
6,1 a 8,0	12	15	0.01	10	7	16	13
8,1 a 10,0	15	18	0.01	12	9	20	17
10,1 a 12,0	18	22	0.01	12	8	20	16
12,1 a 15,0	22	26	0.01	16	12	28	24
15,1 a 18,0	26	30	0.01	16	12	28	24
18,1 a 22,0	30	34	0.01	20	15	36	31
22,1 a 26,0	35	39	0.02	20	15	36	31
26,1 a 30,0	42	46	0.02	25	20	45	40

Fuente. ELDRACHER, “Guiado y Centraje – Matricería y Moldes”

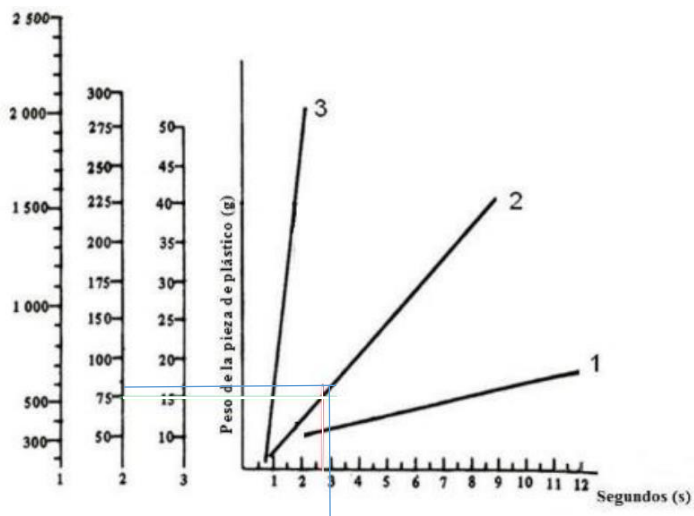
Anexo 17 “Especificaciones para las dimensiones de las columnas”



d1 g6	d2 k6	D -0.2	a -0.2	b	m	L																							
						26	36	46	56	66	76	86	96	106	116	126	136	156	166	176	186	196	216	246	296	316			
14	20	24	6	7	21	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
					26	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
					35	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
					45	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
					55	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
					65	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
					75	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
18	26	30	6	7	21	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*				
					26	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
					35	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
					45	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
					55	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
					65	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
					75	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
22	30	35	6	7	26	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*				
					35	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
					45	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
					55	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
					65	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
					75	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
					95	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
30	42	47	6	7	35	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
					45	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
					55	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
					65	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
					75	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
					95	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
					115	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
32	42	47	6	7	135	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
					155	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Fuente. ELDRACHER, “Guiado y Centraje – Matricería y Moldes

Anexo 18 “Tiempo de llenado en función del peso de la pieza”

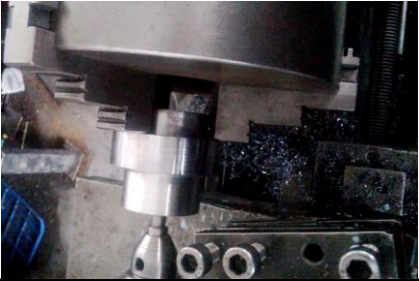


Anexo 19 “Temperatura y tiempo de secado de algunos polímeros”

Material	Drying temperature °C		Drying time h	
	fresh air/mixed air dryers	dehumidifying dryers	fresh air/mixed air dryers	dehumidifying dryers
ABS	80	80	2/3	1/2
CA	70/80	75	1/1.5	1
CAB	70/80	75	1/1.5	1
PA 6	not recomm.	75/80	-	2
PA 66,6.10	"	75/80	-	2
PBT, PET	120	120	3/4	2/3
PC	120	120	2/4	2
PMMA	80	80	1/2	1/1.5
PPO	120	120	1/2	1/1.5
SAN	80	80	1/2	1/1.5

Anexo 20 “Calendarización de la construcción del molde del soporte unión”

Tabla 11 Calendarización de la construcción del bebedero para el soporte unión

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO										
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA										
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA										
(CALENDARIZACIÓN)										
Realizado por:	Fernando Fonseca		Fecha de elaboración:		16/05/2017					
Material:	O1	Dim bruto:	∅69x35	Pieza:	1	Bebedero	No. piezas:	1	N. Hoja:	1
Fase	Operación	Descripción	Máquina	Herramienta	Velocidad de corte (m/min)	Velocidad del husillo (rpm)	Tiempo (min)	Ilustración		
1	Preparación	Abastecimiento de los materiales y herramientas	N.A.	Llaves(mandril, torre, portabroca, punto móvil)	N.A.	N.A.	10			
2	Montaje	Colocación de los materiales a trabajar así como las herramientas	N.A.	Llave del mandril, llave de la torre, cuchilla	N.A.	N.A.	15			
3	Desbaste	Realizar el proceso de desbaste teniendo en cuenta espacio para los acabados	Torno	Cuchilla de carburo de tungsteno, (calidad K20)	130	1189	90			
4	Medición	Realizar las mediciones necesarias para poder estimar luego el acabado	N.A.	Calibrador digital y micrómetro	N.A.	N.A.	10			
5	Tratamiento Térmico	Templar el elemento a una temperatura de 800°C	Horno	Fragua, contenedor de aceite	N.A.	N.A.	150			
6	Acabado	Realizar los acabados necesarios con sus tolerancias	Torno	Cuchilla de carburo de tungsteno	180	1646	25			
							Tiempo (min)	300		
							Tiempo(horas)	5		


Fuente: Autor

Tabla 12 Calendarización de la construcción de la placa base fija para el soporte unión

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO											
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA											
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA											
(CALENDARIZACIÓN)											
Realizado por:	Fernando Fonseca		Fecha de elaboración:		23-25/05/2017						
Material:	AlSI 1045	Dim bruto:		Pieza:		Herramienta		Velocidad de corte (m/min)	1	N. Hoja:	2
Fase	Operación	Descripción	Máquina	Herramienta	Velocidad de husillo (rpm)	Tiempo (min)	Ilustración				
1	Preparación	Abastecimiento de los materiales y herramientas	N.A.	Llaves(portabroca, N° 20 y 22, plato sujetador, bridas)	N.A.	10					
2	Montaje	Colocar el material a procesar sobre el plato sujetador ajustando con las bridas	N.A.	Bridas , pernos, llaves de boca y corona	N.A.	15					
3	Cuadrado de la placa	Desbaste de las partes superiores del material para que todas las caras esten paralelas	Fresadora	Fresa sólida de Ø40	170	120					
4	Punteado para los agujeros	Realizar las puntuaciones para marcar y posteriormente perforar los agujeros	Fresadora	Broca de centros	N.A.	30					
5	Taladrado	Realizar las perforaciones en los lugares punteados	Fresadora	Fresa solida Ø9	30	45					
6	Cortes laterales	Realizar los cortes laterales en su totalidad	Sierra Eléctrica	Hoja de corte	70	180					
7	Fresado	Realizar el desbaste de las partes laterales del elemento	Fresadora	Fresa de plaquitas (piña)	180	240					
8	Rectificado	Rectificar la placa para realizar el acabado	Rectificadora	Piedra de rectificar	N.A.	180					
9	Avellanado	Avellanar los agujeros, quitar las rebabas	Avellanadora	Punta avellanadora y rebarbador	N.A.	20					
						Tiempo (min)	840				
						Tiempo (horas)	14				

Fuente: Autor

Tabla 13 Calendarización de la construcción de la placa portamolde fija para el soporte unión

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO										
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA										
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA										
(CALENDARIZACIÓN)										
Realizado por:		Fernando Fonseca			Fecha de elaboración:		23-25/05/2017			Ilustración
Material:		AISI P20	Dim bruto:		Pieza:	Placa portamolde fija	No. piezas:	1	N. Hoja:	
Fase	Operación	Descripción		Máquina	Herramienta	Velocidad de corte (m/min)	Velocidad del husillo (rpm)	Tiempo (min)		
1	Preparación	Abastecimiento de los materiales y herramientas		N.A.	Llaves(portabroca, N° 22, plato sujetador, bridas)	N.A.	N.A.	10		
2	Montaje	Colocar el material a procesar sobre el plato sujetador ajustando con las bridas		N.A.	Bridas , pernos, llaves de boca y corona	N.A.	N.A.	15		
3	Cuadrado de la placa	Desbaste de las partes superiores del material para que todas las caras esten paralelas		Fresadora	Fresa sólida de Ø40	170	453.3	90		
4	Punteado para los agujeros	Realizar las puntuaciones para marcar y posteriormente perforar los agujeros		Fresadora	Broca de centros	N.A.	1200	20		
5	Taladrado	Realizar las perforaciones en los lugares punteados		Fresadora	Fresa solida Ø9	30	800	25		
6	Cortes laterales	Realizar los cortes laterales en su totalidad		Sierra Eléctrica	Hoja de corte	70	N.A.	40		
7	Avellanado	Avellanar los agujeros, quitar las rebabas para roscar los agujeros		Avellanadora	Punta avellanadora y rebarbador	N.A.	150	5		
8	Roscado	Realizar las roscas en los agujeros generados		N.A.	Machuelo Ø10 y porta machos.	N.A.	N.A.	20		
9	Fresado	Realizar el desbaste de las partes laterales del elemento		Fresadora	Fresa de plaquitas (piña)	180	2304	150		
10	Corte según geometría	Realizar el corte en forma de la geometría deseada		Cortadora de hilo	Bridas, soportes	150	N.A.	600		
11	Rectificado	Rectificar la placa para realizar el acabado		Rectificadora	Piedra de rectificar	N.A.	3600	120		
12	Punteado para los agujeros	Realizar las puntuaciones para marcar y posteriormente perforar los agujeros para la refrigeración		Fresadora	Broca de centros	N.A.	1200	20		
13	Taladrado	Realizar las perforaciones en los lugares punteados		Fresadora	Broca de Ø6	30	800	40		
14	Fresado	Debastar los agujeros para las columnas		Fresadora	Fresa solida Ø25	180	2304	30		
								Tiempo (min)	1185	
								Tiempo (horas)	19.75	

Fuente: Autor

Tabla 14 Calendarización de la construcción de la placa portamolde móvil para el soporte unión

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO										
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA										
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA										
(CALENDARIZACIÓN)										
Realizado por:		Fernando Fonseca			Fecha de elaboración:		26-29/05/2017			Ilustración
Material:		AISI P20	Dim bruto:	Pieza:	Placa portamolde móvil	No. piezas:	1	N. Hoja:	4	
Fase	Operación	Descripción	Máquina	Herramienta	Velocidad de corte (m/min)	Velocidad del husillo (rpm)	Tiempo (min)			
1	Preparación	Abastecimiento de los materiales y herramientas	N.A.	Llaves(portabroca, N° 22, plato sujetador, bridas)	N.A.	N.A.	10			
2	Montaje	Colocar el material a procesar sobre el plato sujetador ajustando con las bridas mediante pernos	N.A.	Bridas , pernos, llaves de boca y corona	N.A.	N.A.	15			
3	Cuadrado de la placa	Desbaste de las partes superiores del material para que todas las caras esten paralelas	Fresadora	Fresa sólida de Ø40	170	453.3	90			
4	Punteado para los agujeros	Realizar las puntuaciones para marcar y posteriormente perforar los agujeros	Fresadora	Broca de centros	N.A.	1200	25			
5	Taladrado	Realizar las perforaciones en los lugares punteados	Fresadora	Fresa sólida Ø9	30	800	30			
6	Cortes laterales	Realizar los cortes laterales en su totalidad	Sierra Eléctrica	Hoja de corte	70	N.A.	50			
7	Avellanado	Avellanar los agujeros, quitar las rebabas para roscar los agujeros	Avellanadora	Punta avellanadora y rebarbador	N.A.	150	10			
8	Roscado	Realizar las roscas en los agujeros generados	N.A.	Machuelo Ø10 y porta machos.	N.A.	N.A.	30			
9	Fresado	Realizar el desbaste de las partes laterales del elemento	Fresadora	Fresa de plaquitas (piña)	180	2304	180			
10	Corte según geometría	Realizar el corte en forma de la geometría deseada	Cortadora de hilo	Bridas, soportes	150	N.A.	720			
11	Rectificado	Rectificar la placa para realizar el acabado	Rectificadora	Piedra de rectificar	N.A.	3600	150			
12	Punteado para los agujeros	Realizar las puntuaciones para marcar y posteriormente perforar los agujeros para la refrigeración	Fresadora	Broca de centros	N.A.	1200	20			
13	Taladrado	Realizar las perforaciones en los lugares punteados	Fresadora	Broca de Ø6	30	800	40			
14	Fresado	Debastar los agujeros para los bocines y columnas	Fresadora	Fresa sólida Ø25	180	2304	40			
							Tiempo (min)	1410		
							Tiempo (horas)	23.5		




Fuente: Autor

Tabla 15 Calendarización de la construcción de las paralelas para el soporte unión

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO										
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA										
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA										
(CALENDARIZACIÓN)										
Realizado por:		Fecha de elaboración:		Paralelas		N. Hoja:		5		
Material:		Pieza:		No. piezas:		Velocidad de corte (m/min)		2		
Fase	Operación	Dim bruto:	Máquina	Herramienta	Velocidad de corte (m/min)	Velocidad del husillo (rpm)	Tiempo (min)			
1	Preparación	Abastecimiento de los materiales y herramientas	N.A.	Llaves (portabroca, N° 20 y 22, soporte en L, prensas, bridas)	N.A.	N.A.	10			
2	Montaje	Colocar el material a procesar sobre la mesa de la fresadora ajustando con las bridas mediante pernos	N.A.	Bridas, pernos, reloj palpador, llaves de boca y corona	N.A.	N.A.	15			
3	Cuadrado de la placa	Desbaste de las partes laterales del material para que todas las caras estén paralelas y perpendiculares	Fresadora	Fresa de plaquitas (piña)	170	453.3	150			
4	Punteado para los agujeros	Realizar las puntuaciones para marcar y posteriormente perforar los agujeros	Fresadora	Broca de centros	N.A.	1200	30			
5	Taladrado	Realizar las perforaciones en los lugares punteados para su posterior roscado	Fresadora	Fresa sólida Ø9	30	1066.67	90			
6	Taladrado	Realizar las perforaciones en los lugares punteados para los agujeros pasantes	Fresadora	Fresa sólida Ø12	30	800	90			
7	Avellanado	Avellanar los agujeros, quitar las rebabas de los agujeros	Avellanadora	Punta a avellanadora y rebarbador	N.A.	150	20			
8	Roscado	Realizar las roscas en los agujeros generados	N.A.	Machuelo Ø10 y porta machos.	N.A.	N.A.	30			
9	Rectificado	Rectificar la placa para darle un mejor acabado	Rectificadora	Piedra de rectificar	N.A.	3600	150			
Nota: Las operaciones que se aprecian en esta tabla se realizan en dos placas ya que las mismas son de igual geometría y dimensiones.							Tiempo (min)	Tiempo (horas)		
							475	23.5		

Fuente: Autor

Tabla 16 Calendarización de la construcción de la placa base móvil para el soporte unión

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO									
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA									
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA									
(CALENDARIZACIÓN)									
Realizado por:	Fernando Fonseca		Fecha de elaboración:	23-25/05/2017		N. Hoja:	6		
Material:	AISI 1045		Pieza:	Placa base móvil		No. piezas:	1		
Fase	Operación	Descripción	Máquina	Herramienta	Velocidad de corte (m/min)	Velocidad del husillo (rpm)	Tiempo (min)	Ilustración	
1	Preparación	Abastecimiento de los materiales y herramientas	N.A.	Llaves (portabroca, N° 20 y 22, plato sujetador, bridas)	N.A.	N.A.	10		
2	Montaje	Colocar el material a procesar sobre el plato sujetador ajustando con las bridas	N.A.	Bridas , pernos, llaves de boca y corona	N.A.	N.A.	15		
3	Cuadrado de la placa	Desbaste de las partes superiores del material para que todas las caras estén paralelas	Fresadora	Fresa sólida de Ø40	170	453.3	120		
4	Punteado para los agujeros	Realizar las puntuaciones para marcar y posteriormente perforar los agujeros	Fresadora	Broca de centros	N.A.	N.A.	30		
5	Taladrado	Realizar las perforaciones en los lugares punteados	Fresadora	Fresa sólida Ø9	30	800	45		
6	Cortes laterales	Realizar los cortes laterales en su totalidad	Sierra Eléctrica	Hoja de corte	70	N.A.	180		
7	Fresado	Realizar el desbaste de las partes laterales del elemento	Fresadora	Fresa de plaquitas (piña)	180	2304	240		
8	Rectificado	Rectificar la placa para realizar el acabado	Rectificadora	Piedra de rectificar	N.A.	3600	180		
9	Avellanado	Avellanar los agujeros, quitar las rebabas	Avellanadora	Punta avellanadora y rebarbador	N.A.	150	20		
							Tiempo (min)		840
							Tiempo (horas)		14

Fuente: Autor

Tabla 17 Calendarización de la construcción de las columnas para el soporte unión

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO										
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA										
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA										
(CALENDARIZACIÓN)										
Realizado por:	Fernando Fonseca			Fecha de elaboración:			13-18/06/2017			Ilustración
Material:	4340	Dim bruto:	∅52x130	Pieza:	Columnas	No. piezas:	4	N. Hoja:	7	
Fase	Operación	Descripción	Máquina	Herramienta	Velocidad de corte (m/min)	Velocidad del husillo (rpm)	Tiempo (min)			
1	Preparación	Abastecimiento de los materiales y herramientas	N.A.	Llaves(mandril, torre, portabroca, punto móvil)	N.A.	N.A.	10			
2	Montaje	Colocación de los materiales a trabajar así como las herramientas	N.A.	Llave del mandril, llave de la torre, cuchilla	N.A.	N.A.	15			
3	Desbaste	Realizar el proceso de desbaste del material hasta tener una medida aproximada	Torno	Cuchilla de carburo de tungsteno (calidad K20)	130	800	120			
4	Medición	Realizar las mediciones en función de las dimensiones de los bociones para dar el acabado	N.A.	Calibrador digital y micrómetro	N.A.	N.A.	20			
5	Tratamiento Térmico	Realizar el proceso de templado de las columnas a una temperatura de 800°C	Horno	Fragua, contenedor de aceite	N.A.	N.A.	150			
6	Acabado	Realizar los acabados teniendo en cuenta las tolerancias necesarias	Torno	Cuchilla de carburo de tungsteno (calidad K20)	180	1107,7	60			
							Tiempo (min)		375	
							Tiempo (horas)		6,25	



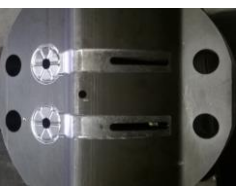
Fuente: Autor

Tabla 18 Calendarización de la construcción de los bocines para el soporte unión

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO											
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA											
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA											
(CALENDARIZACIÓN)											
Realizado por:	Femando Fonseca			Fecha de elaboración:			24-30/06/2017			Ilustración	
Material:	4340	Dim bruto:	∅52x65	Pieza:		Bocines		No. piezas:	4	N. Hoja:	8
Fase	Operación	Descripción	Máquina	Herramienta	Velocidad de corte (m/min)	Velocidad del husillo (rpm)	Tiempo (min)				
1	Preparación	Abastecimiento de los materiales y herramientas	N.A.	Llaves(mandril, torre, portabroca, punto móvil)	N.A.	N.A.	10				
2	Montaje	Colocación de los materiales a trabajar así como las herramientas	N.A.	Llave del mandril, llave de la torre, cuchilla	N.A.	N.A.	15				
3	Desbaste	Realizar el proceso de desbaste del material hasta tener una medida aproximada	Torno	Cuchilla de carburo de tungsteno (calidad K20)	130	800	120				
4	Taladrado	Realizar el proceso de taladrado interno para poder obtener los agujeros de los bocines	Torno	Broca	30	37.95	90				
5	Medición	Realizar las mediciones en función de las dimensiones de los bocines para dar el acabado	N.A.	Calibrador digital y micrómetro	N.A.	N.A.	20				
6	Tratamiento Térmico	Realizar el proceso de templado de las columnas a una temperatura de 800°C	Horno	Fragua, contenedor de aceite	N.A.	N.A.	150				
7	Acabado	Realizar los acabados teniendo en cuenta las tolerancias necesarias	Torno	Cuchilla de carburo de tungsteno (calidad K20)	180	1107,7	60				
							Tiempo (min)		465		
							Tiempo (horas)		7,75		

Fuente: Autor

Tabla 19 Calendarización para el mecanizado de las cavidades del soporte unión

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO									
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA									
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA									
(CALENDARIZACIÓN)									
Realizado por:	Fernando Fonseca		Fecha de elaboración:	10-15/07/2017			Ilustración		
Material:	AISI P20	Dim bruto:	Pieza:	Cavidades del molde	No. piezas:	1	N. Hojas:	9	
Pieza	Descripción		Máquina	Herramienta	Velocidad del husillo (rpm)	Avance por minuto (mm/min)	Profundidad de corte (mm)	Tiempo (min)	
Soporte unión entre el casco y la carcasa de la orejera	Desbaste de las partes principales del soporte unión		Fresadora CNC	Llave portabrocas, fresa esférica Ø6mm, llaves 20 y 22, bribas, pernos de sujeción.	2519,95	755.9	1.52	120	
	Proceso de acabado de las partes principales del soporte unión así como de sus paredes laterales e internas		Fresadora CNC	Llave portabrocas, fresa plana Ø2mm, llaves 20 y 22, bribas, pernos de sujeción.	3779,93	188.99	5.76	150	
	Realizar las mediciones en función de las dimensiones de los bociones para dar el acabado		Fresadora CNC	Llave portabrocas, fresa plana Ø1mm, llaves 20 y 22, bribas, pernos de sujeción.	7559,86	377.99	3.8	180	
							Tiempo (min)	450	
							Tiempo (horas)	7,5	

Fuente. Autor

Anexo 21 “Diadema inyectada en buen estado”

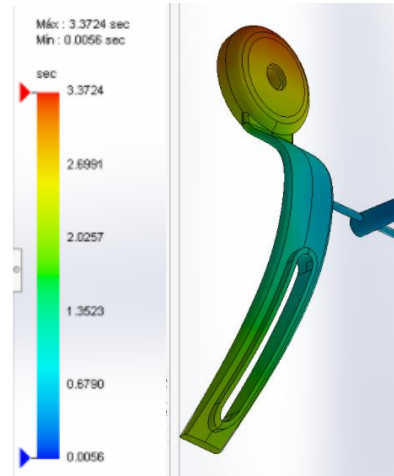


Anexo 22 “Placas principales del molde”

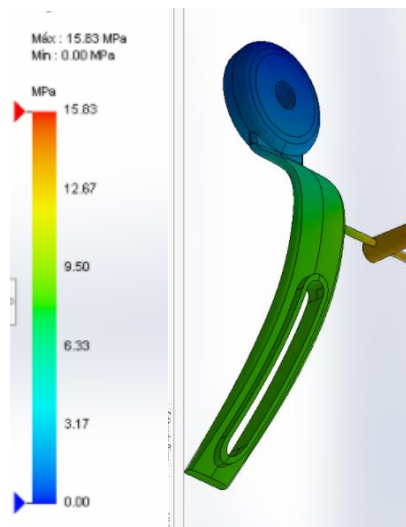


Anexo 22 “Simulación de la pieza a inyectar”

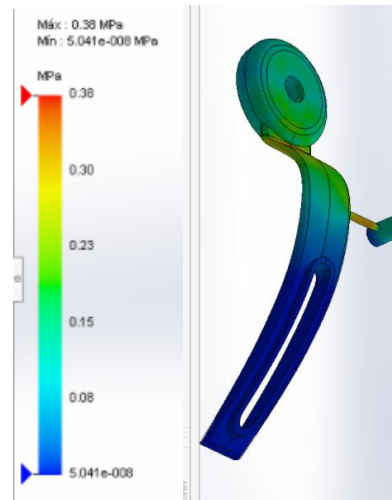
➤ Tiempo de llenado



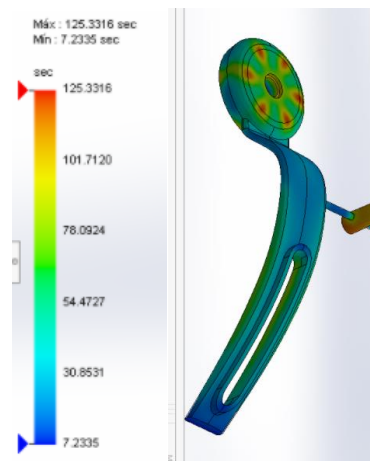
➤ Presión al final del llenado



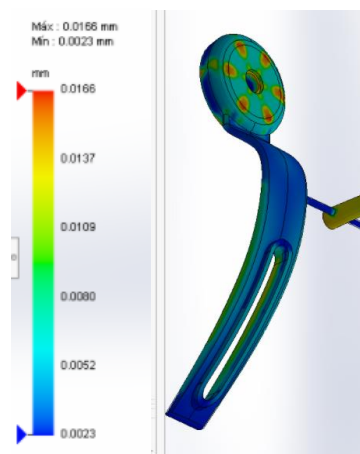
➤ Tensiones de cizalla al final del llenado



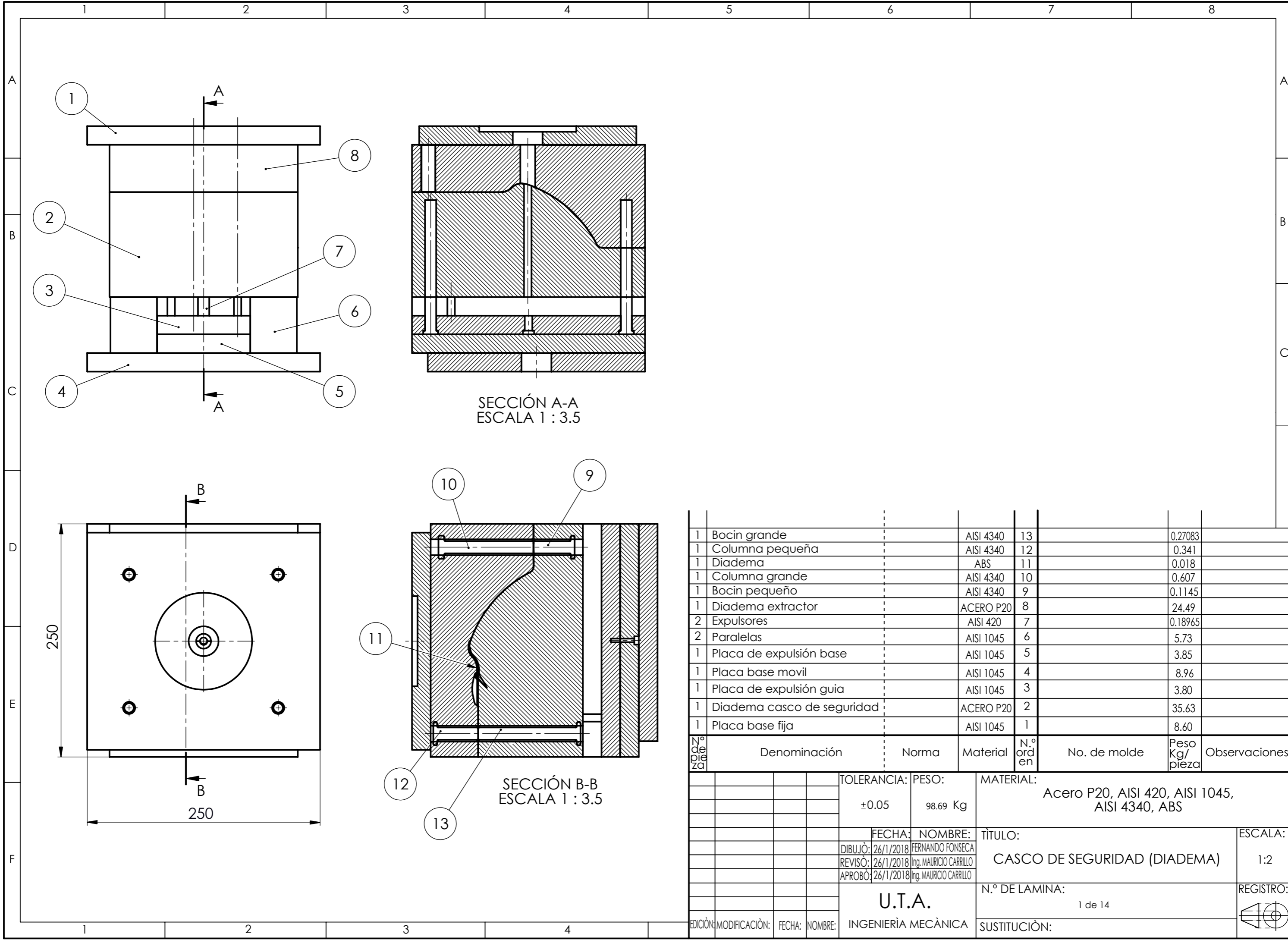
➤ Tiempo de refrigeración



➤ Rechupes



PLANOS



SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 3.5

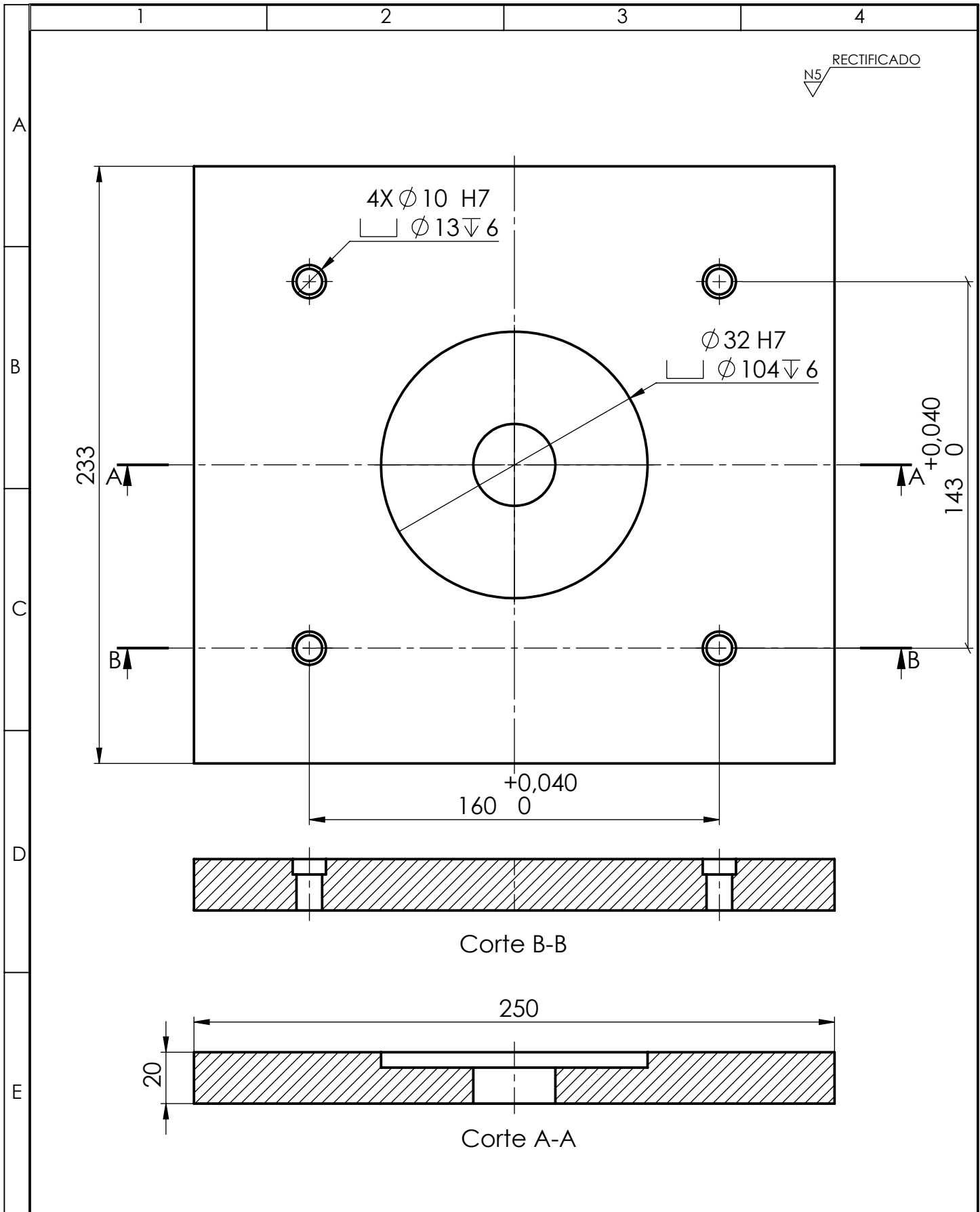
SECCIÓN B-B
ESCALA 1 : 3.5

1	Bocin grande		AISI 4340	13		0.27083	
1	Columna pequeña		AISI 4340	12		0.341	
1	Diadema		ABS	11		0.018	
1	Columna grande		AISI 4340	10		0.607	
1	Bocin pequeño		AISI 4340	9		0.1145	
1	Diadema extractor		ACERO P20	8		24.49	
2	Expulsores		AISI 420	7		0.18965	
2	Paralelas		AISI 1045	6		5.73	
1	Placa de expulsión base		AISI 1045	5		3.85	
1	Placa base movil		AISI 1045	4		8.96	
1	Placa de expulsión guía		AISI 1045	3		3.80	
1	Diadema casco de seguridad		ACERO P20	2		35.63	
1	Placa base fija		AISI 1045	1		8.60	
Nº de pieza	Denominación	Norma	Material	N.º orden	No. de molde	Peso Kg/pieza	Observaciones

TOLERANCIA: ±0.05 PESO: 98.69 Kg MATERIAL: Acero P20, AISI 420, AISI 1045, AISI 4340, ABS

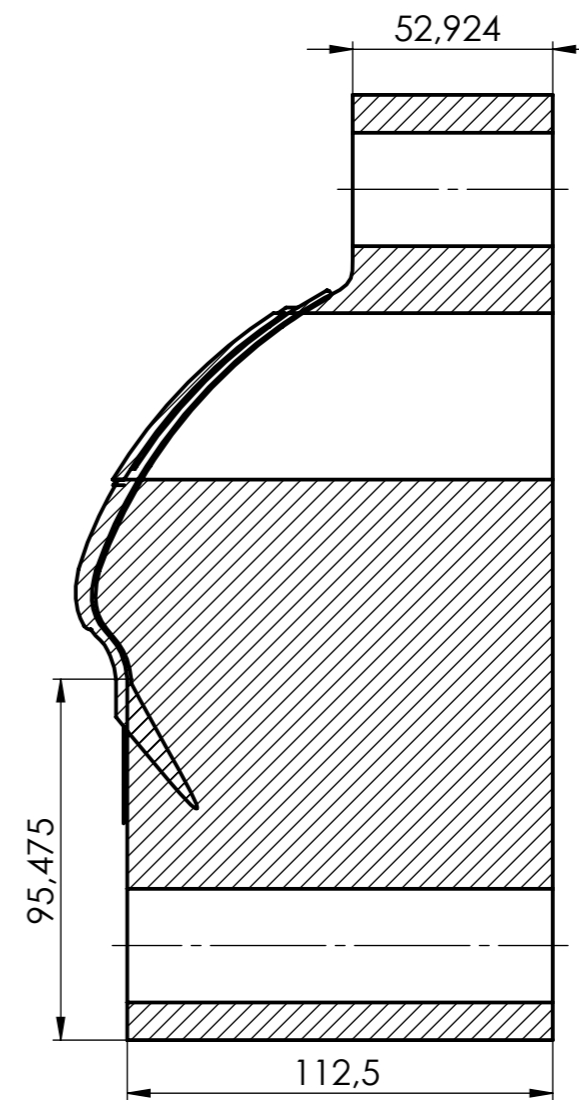
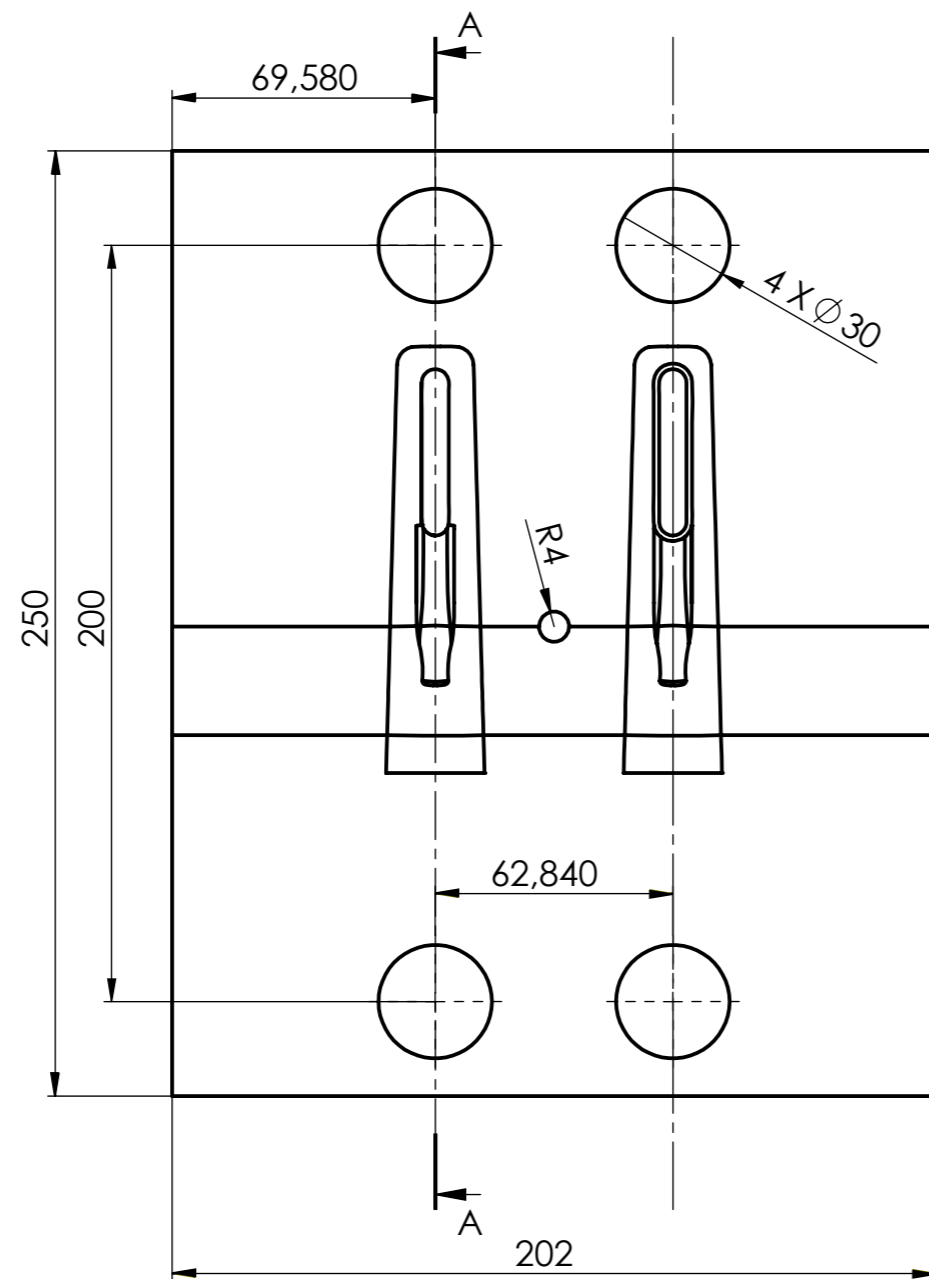
FECHA: 26/1/2018 NOMBRE: FERNANDO FONSECA TÍTULO: CASCO DE SEGURIDAD (DIADEMA) ESCALA: 1:2
 DIBUJÓ: 26/1/2018 REVISÓ: 26/1/2018 APROBÓ: 26/1/2018

U.T.A. N.º DE LAMINA: 1 de 14 REGISTRO:
 INGENIERIA MECANICA SUSTITUCIÓN:

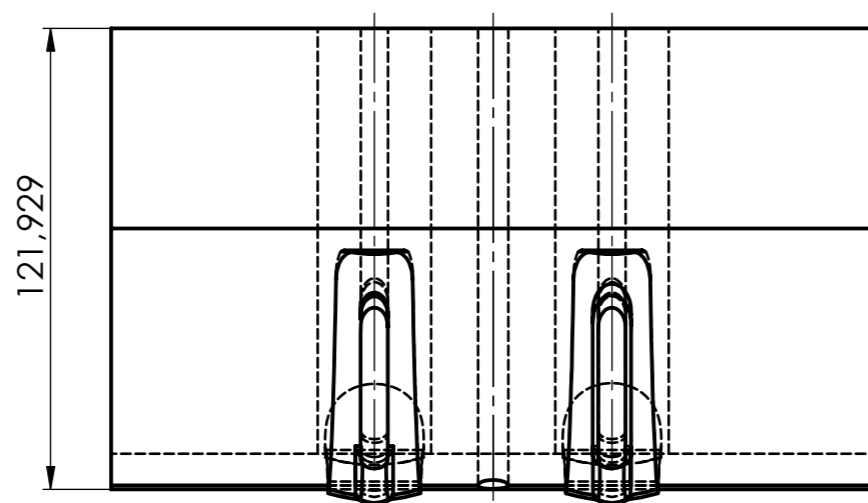


				TOLERANCIA: ± 0.05	PESO: 8.60 kg	MATERIAL: AI SI 1045	
				FECHA: DIBUJÓ: 26/1/2018	NOMBRE: FERNANDO FONSECA	TÍTULO: PLACA BASE FIJA	ESCALA: 1:1
				REVISÓ: 26/1/2018	Ing. MAURICIO CARRILLO		
				APROBÓ: 26/1/2018	Ing. MAURICIO CARRILLO		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LAMINA: 2 de 14	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCIÓN:	

N5 RECTIFICADO



Corte A-A

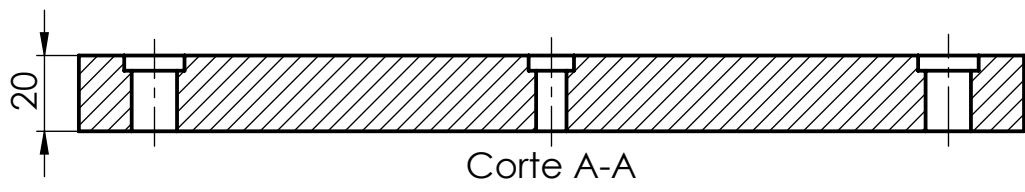


				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±0.05	35.63 Kg	Acero P20	
				FECHA:	NOMBRE:	TÍTULO:	ESCALA:
				DIBUJÓ: 26/1/2018	FERNANDO FONSECA	CASCO DE SEGURIDAD (DIADEMA)	1:2
				REVISÓ: 26/1/2018	Ing. MAURICIO CARRILLO		
				APROBÓ: 26/1/2018	Ing. MAURICIO CARRILLO	N.º DE LAMINA:	REGISTRO:
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		3 de 14	
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCIÓN:	

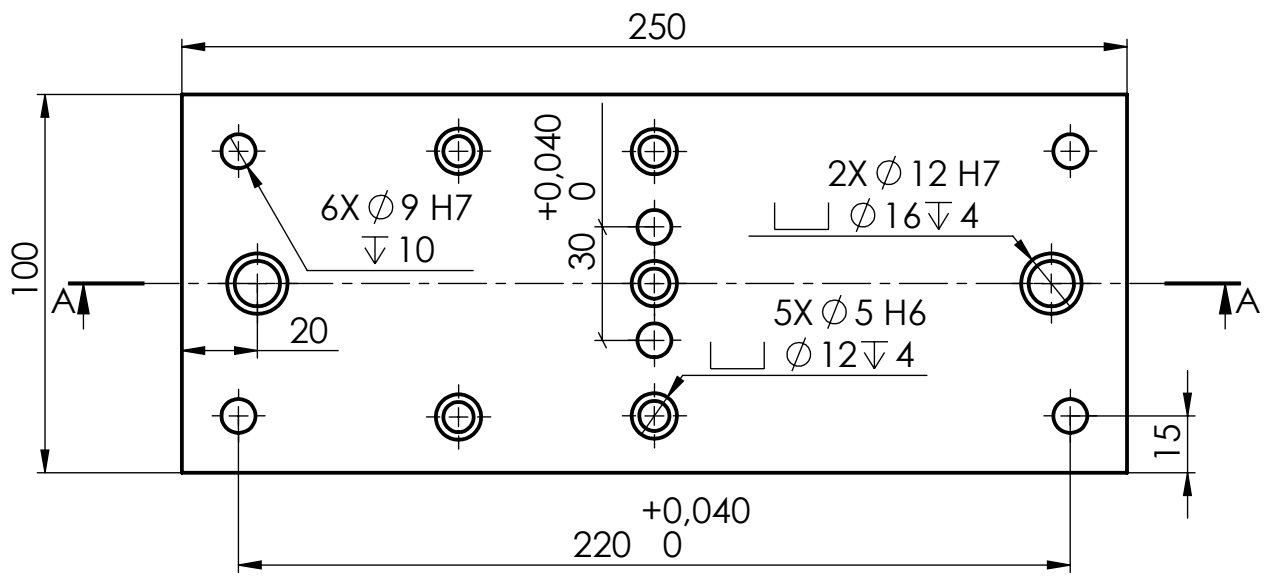
1 2 3 4

N5 RECTIFICADO

A

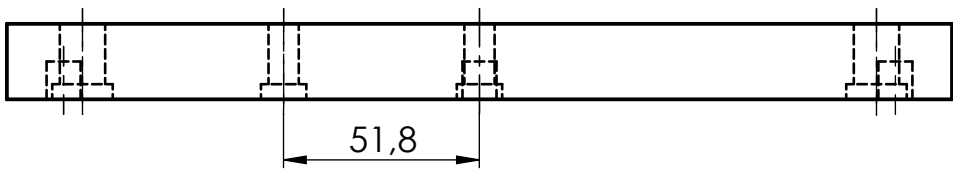


B



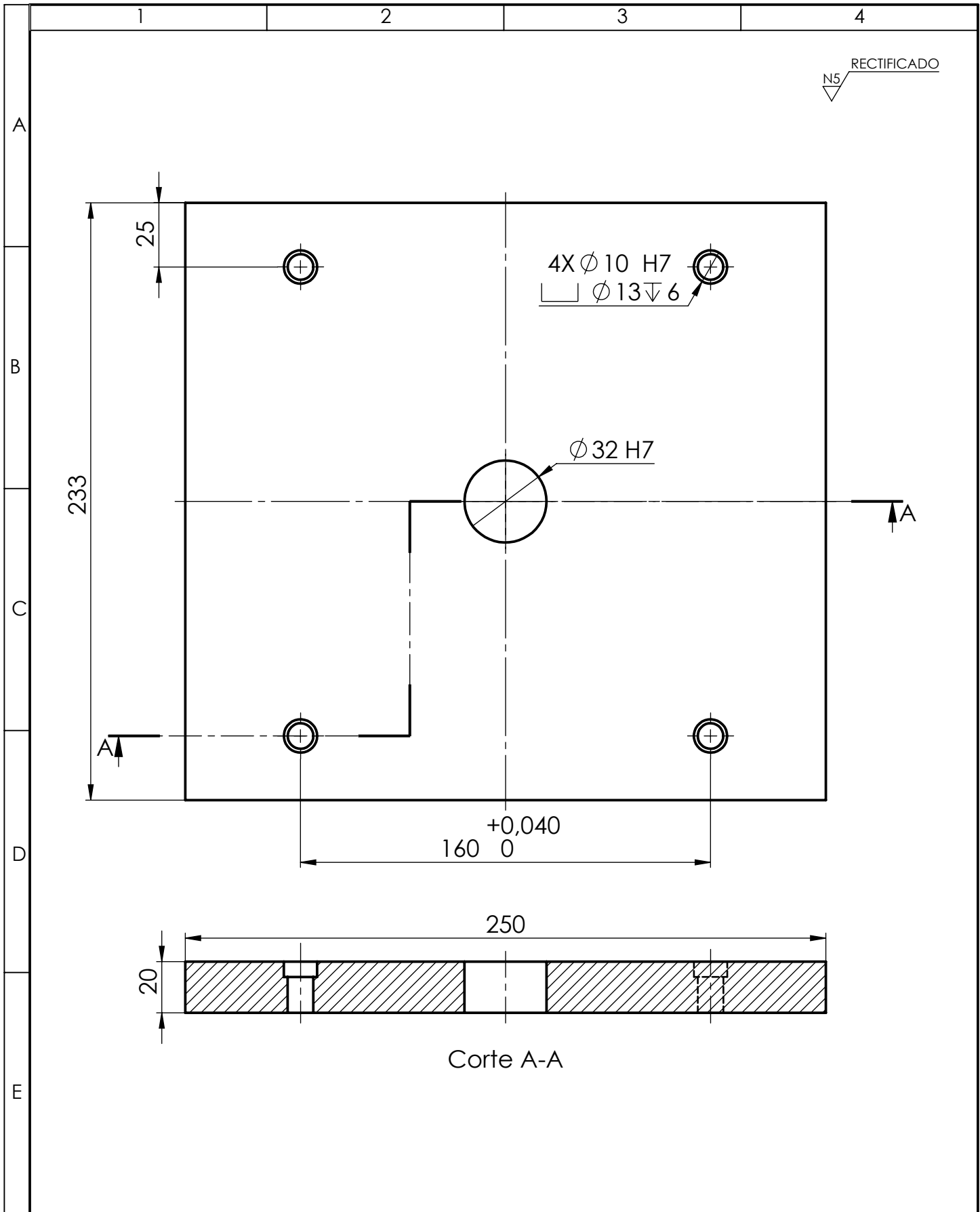
C

D



E

				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				± 0.05	3.80 kg	AISI 1045	
				FECHA:	NOMBRE:	TÍTULO:	ESCALA:
				DIBUJÓ: 26/1/2018	FERNANDO FONSECA	PLACA DE EXPULSIÓN GUIA	1:2
				REVISÓ: 26/1/2018	ing. MAURICIO CARRILLO		
				APROBÓ: 26/1/2018	ing. MAURICIO CARRILLO		
				U.T.A.		N.º DE LAMINA	REGISTRO:
				INGENIERÍA MECÁNICA		4 de 14	
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCIÓN:			

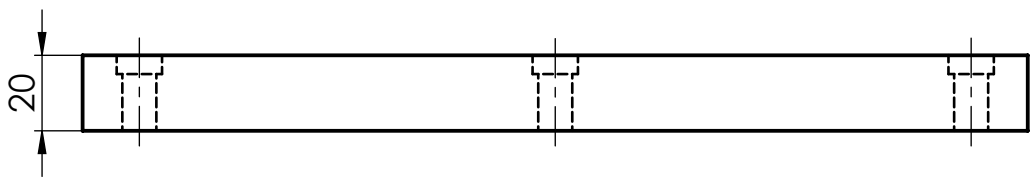


				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±0.05	8.96 kg	AISI 1045	
				FECHA:	NOMBRE:	TÍTULO:	ESCALA:
				DIBUJÓ: 26/1/2018	FERNANDO FONSECA	PLACA BASE MOVIL	1:2
				REVISÓ: 26/1/2018	Ing. MAURICIO CARRILLO		
				APROBÓ: 26/1/2018	Ing. MAURICIO CARRILLO		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LAMINA:	REGISTRO:
						5 de 14	
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCIÓN:			

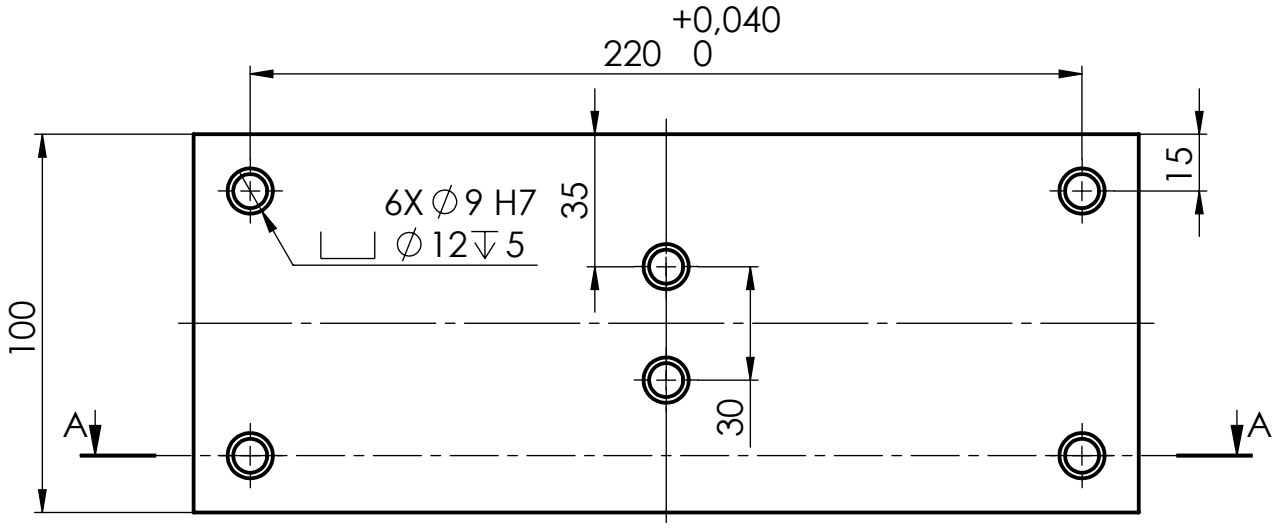
1 2 3 4

RECTIFICADO
N5

A

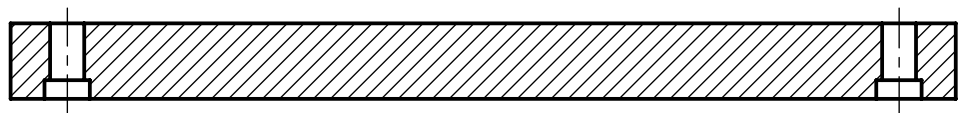


B



C

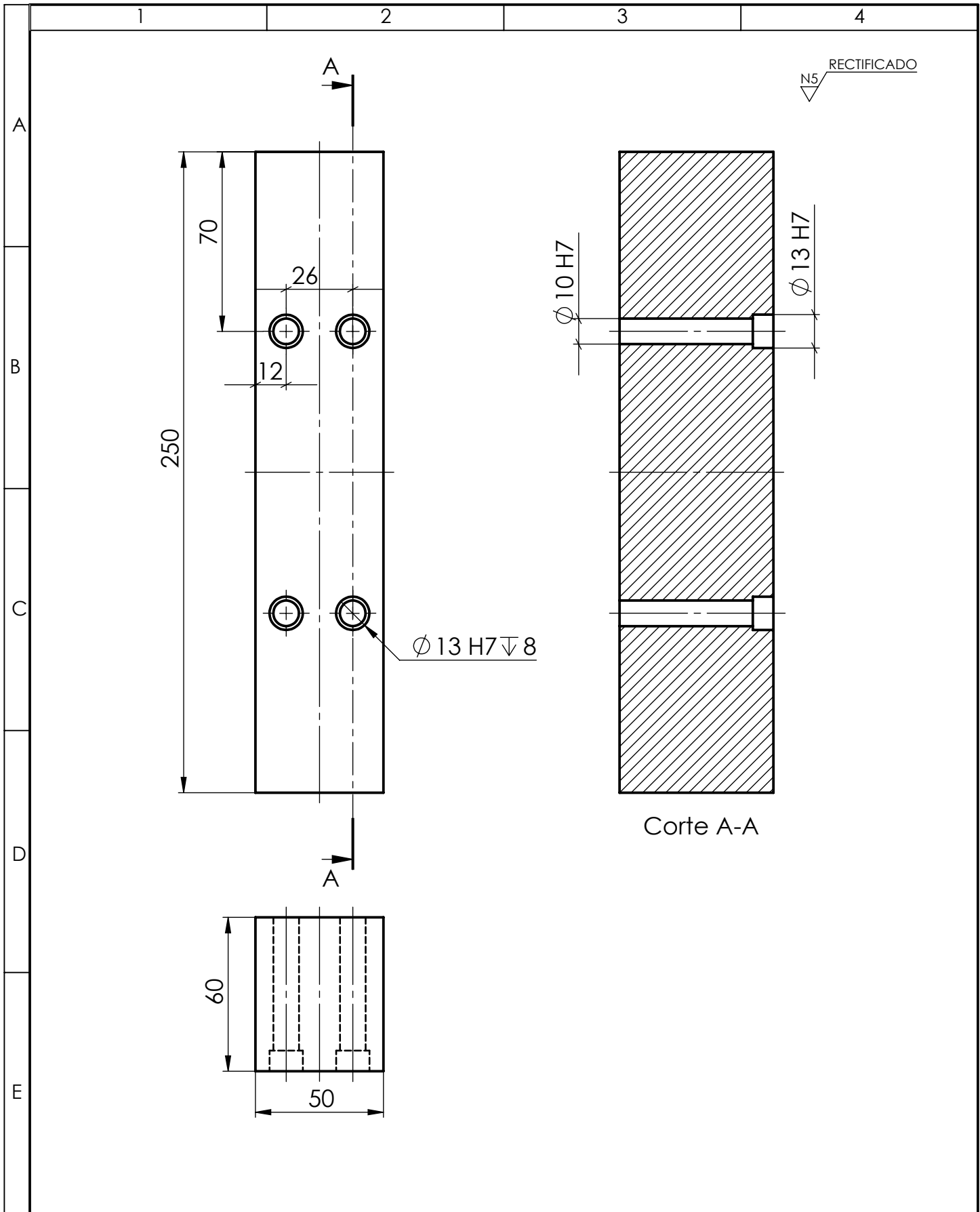
D



Corte A-A

E

				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±0.05	3.85 kg	AISI 1045	
				FECHA:	NOMBRE:	TÍTULO:	ESCALA:
				DIBUJÓ: 26/1/2018	FERNANDO FONSECA	PLACA DE EXPULSIÓN BASE	1:2
				REVISÓ: 26/1/2018	Ing. MAURICIO CARRILLO		
				APROBÓ: 26/1/2018	Ing. MAURICIO CARRILLO		
				U.T.A.		N.º DE LAMINA:	REGISTRO:
				INGENIERÍA MECÁNICA		6 de 14	
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCIÓN:			



				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±0.05	5.73 kg	AISI 1045	
				FECHA:	NOMBRE:	TÍTULO:	ESCALA:
				DIBUJÓ: 26/1/2018	FERNANDO FONSECA	PARALELAS	1:2
				REVISÓ: 26/1/2018	Ing. MAURICIO CARRILLO		
				APROBÓ: 26/1/2018	Ing. MAURICIO CARRILLO		
				U.T.A.		N.º DE LAMINA:	REGISTRO:
				INGENIERÍA MECÁNICA		7 de 14	
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCIÓN:			

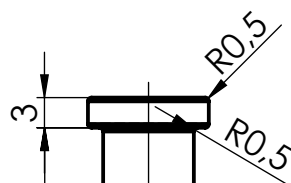
1

2

3

4

A

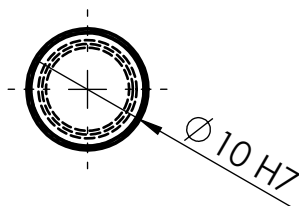


B

C

D

E



TOLERANCIA:

PESO:

MATERIAL:

±0.05

189.65 gr

AISI 420

FECHA:

NOMBRE:

TÍTULO:

ESCALA:

DIBUJÓ: 26/1/2018

FERNANDO FONSECA

EXPULSORES

1:1

REVISÓ: 26/1/2018

Ing. MAURICIO CARRILLO

APROBO: 26/1/2018

Ing. MAURICIO CARRILLO

U.T.A.

N.º DE LAMINA:

REGISTRO:

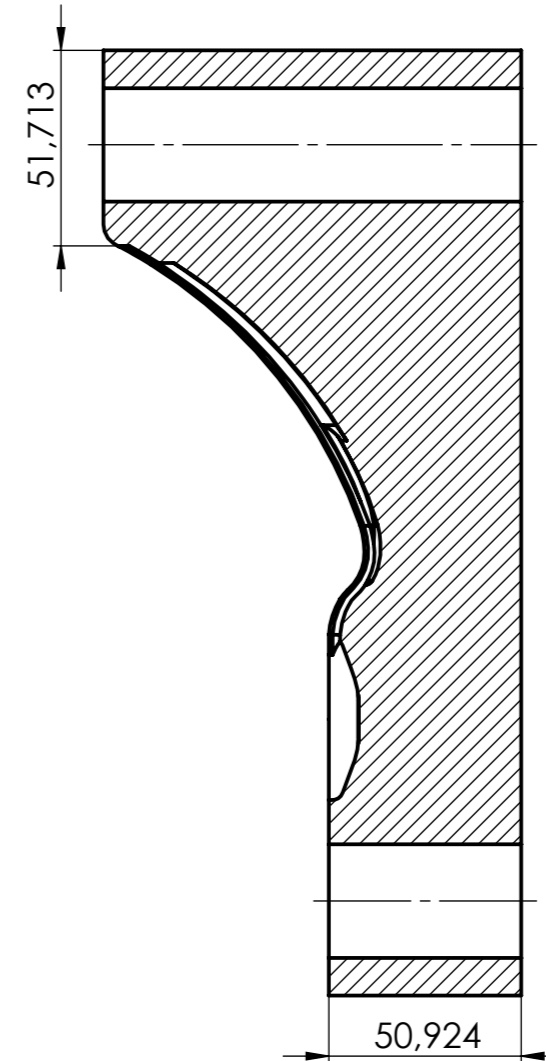
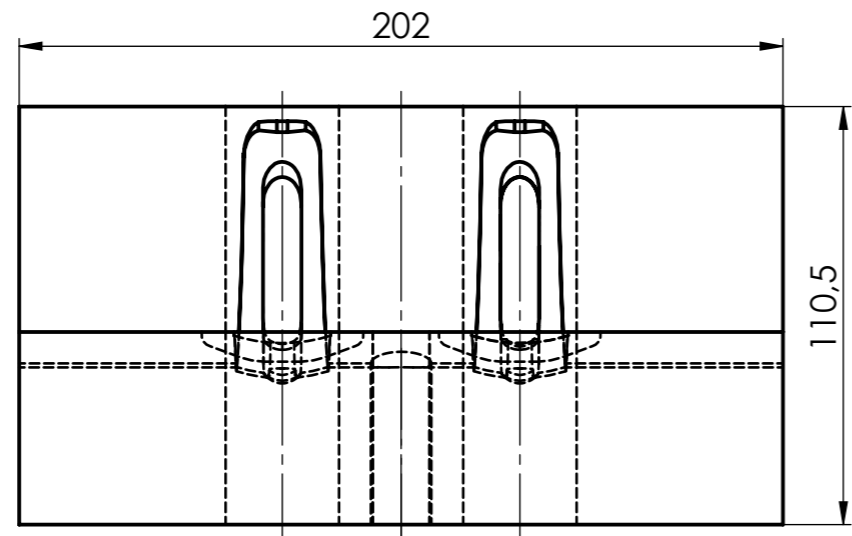
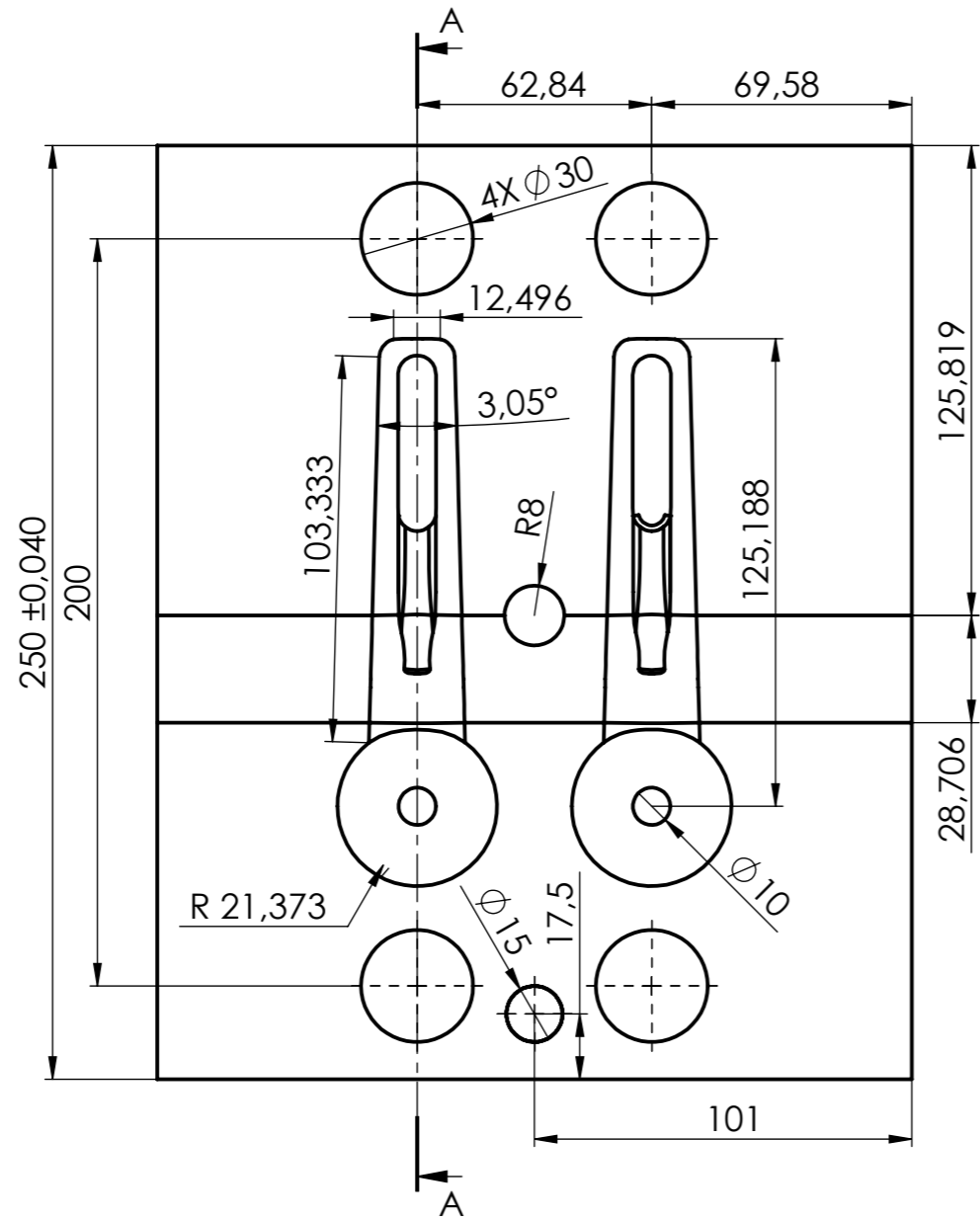
8 de 14

EDICIÓN: MODIFICACIÓN: FECHA: NOMBRE:

INGENIERÍA MECÁNICA

SUSTITUCIÓN:





Corte A-A

N5 RECTIFICADO

				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±0.05	24.49 Kg	ACERO P20	
				FECHA:	NOMBRE:	TÍTULO:	ESCALA:
				DIBUJÓ: 26/1/2018	FERNANDO FONSECA	EXTRACTOR (DIADEMA)	1:2
				REVISÓ: 26/1/2018	Ing. MAURICIO CARRILLO		
				APROBÓ: 26/1/2018	Ing. MAURICIO CARRILLO		
				U.T.A.		N.º DE LAMINA:	REGISTRO:
				INGENIERÍA MECÁNICA		9 de 14	
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCIÓN:			

1

2

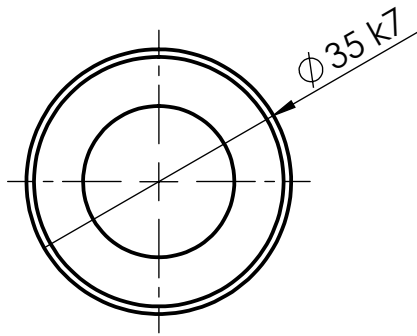
3

4

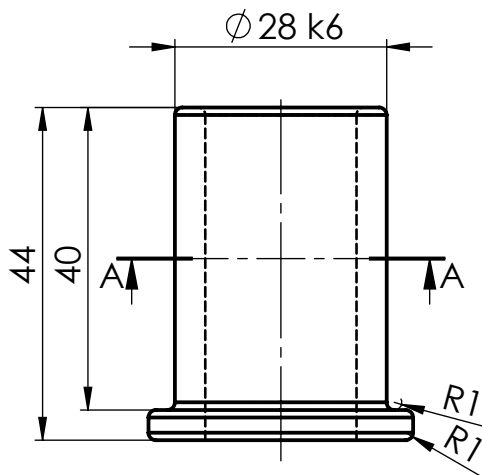
A

N5 TORNEADO

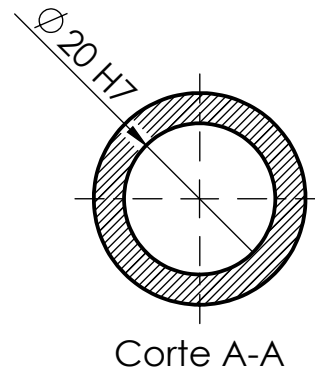
B



C



D



E

				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				± 0.05	114.58gr	AISI 4340	
				FECHA:	NOMBRE:	TÍTULO:	ESCALA:
				DIBUJÓ: 26/1/2018	FERNANDO FONSECA	BOCIN PEQUEÑO	1:1
				REVISÓ: 26/1/2018	Ing. MAURICIO CARRILLO		
				APROBÓ: 26/1/2018	Ing. MAURICIO CARRILLO		
				U.T.A.		N.º DE LAMINA:	REGISTRO:
				INGENIERÍA MECÁNICA		10 de 14	
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCIÓN:			

1

2

3

4

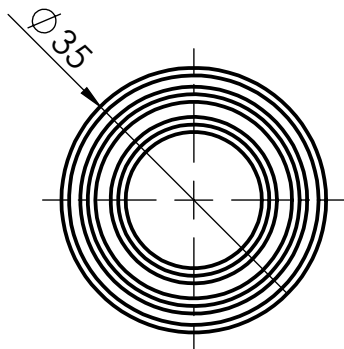
A

B

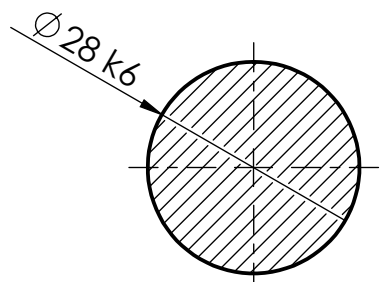
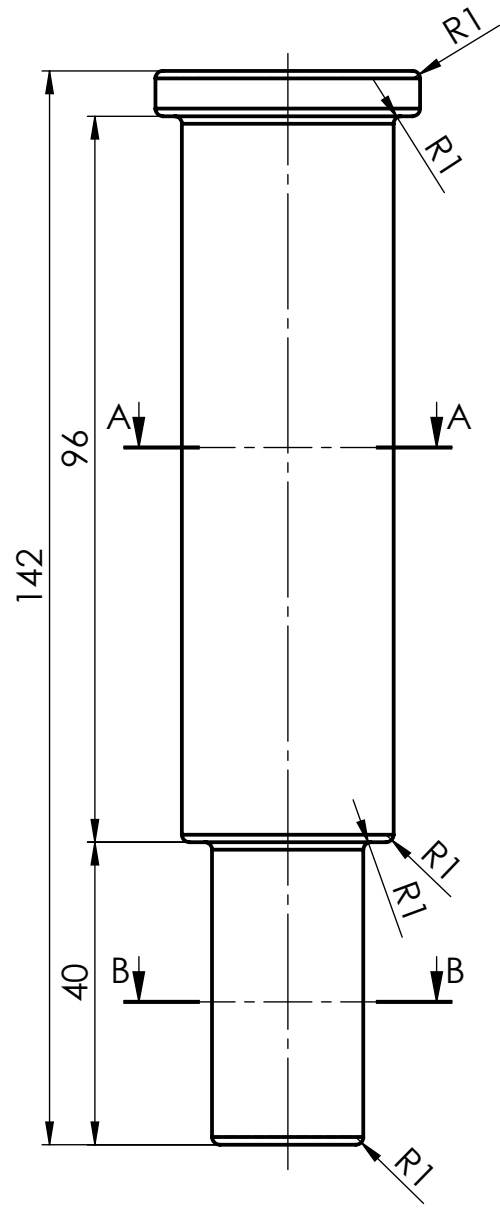
C

D

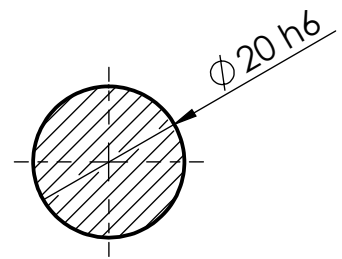
E



TORNEADO
N5

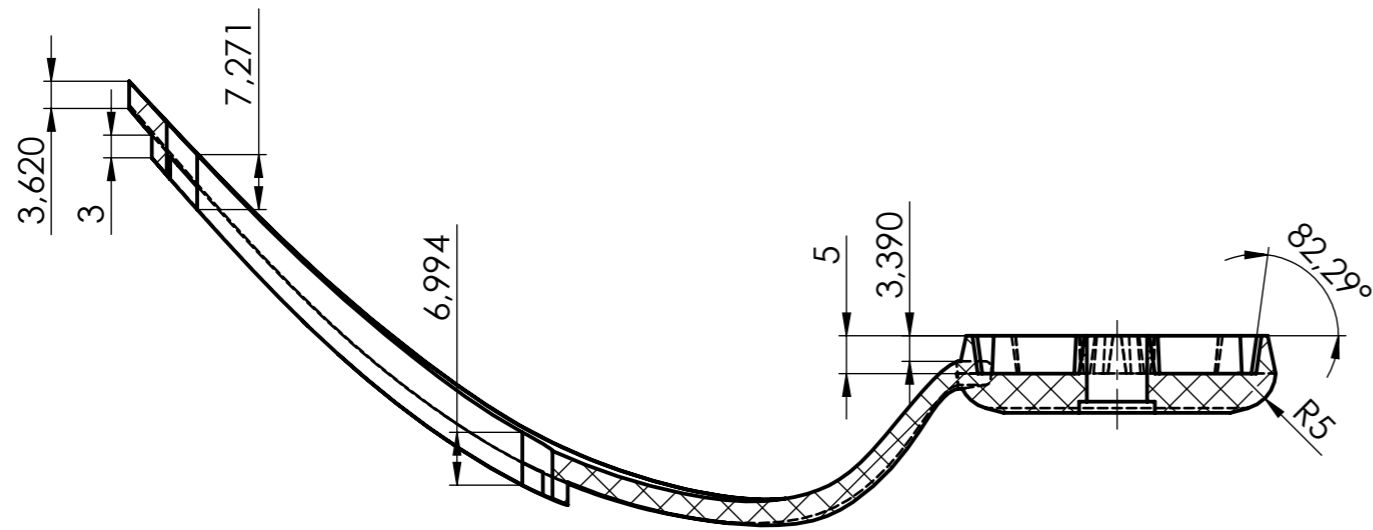


Corte A-A

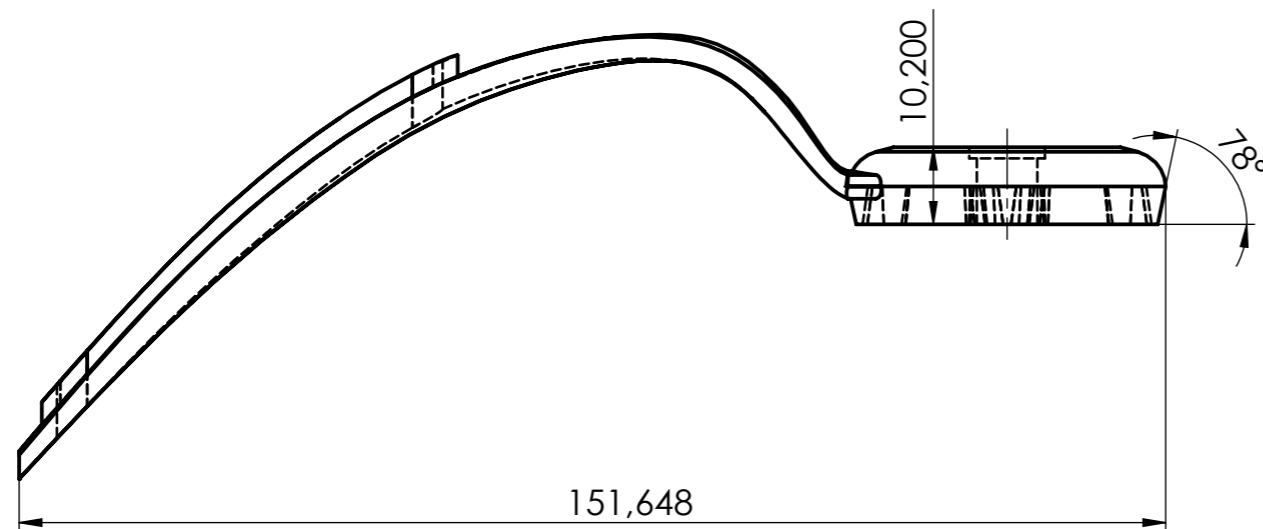
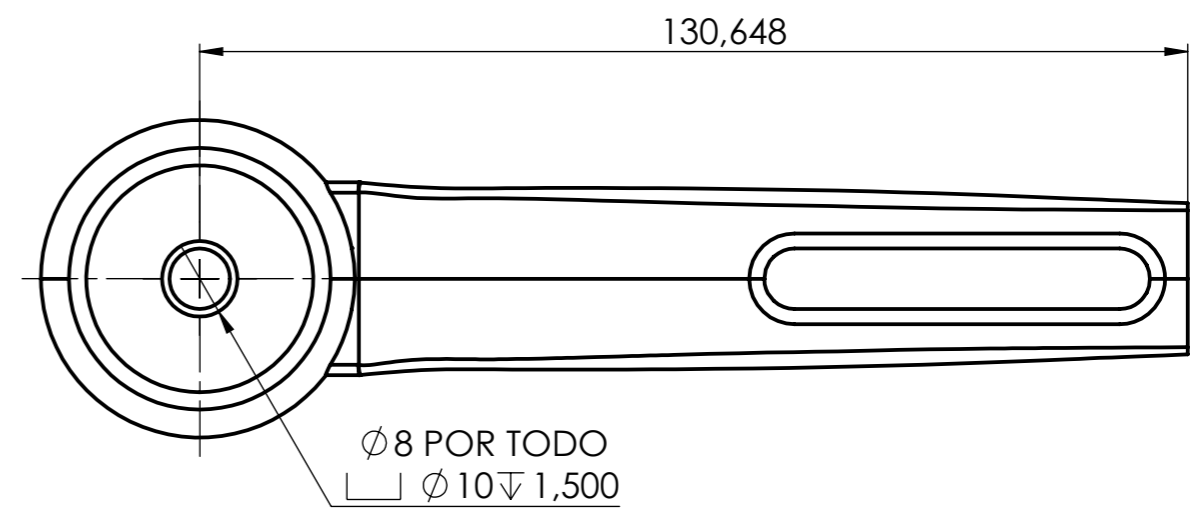
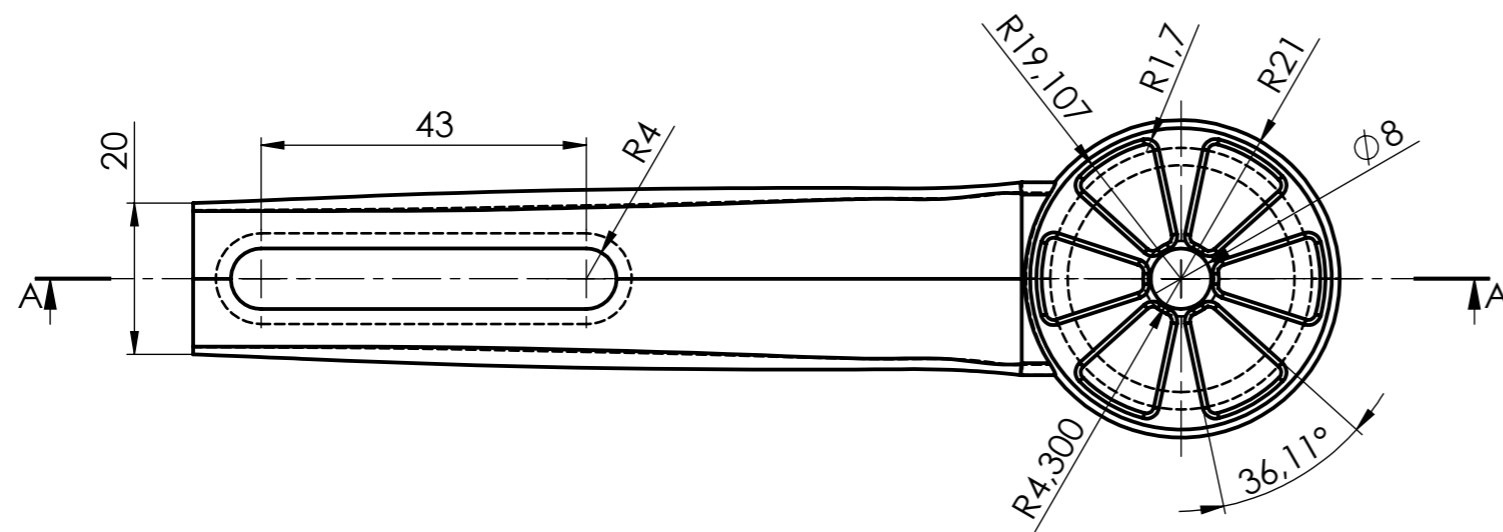
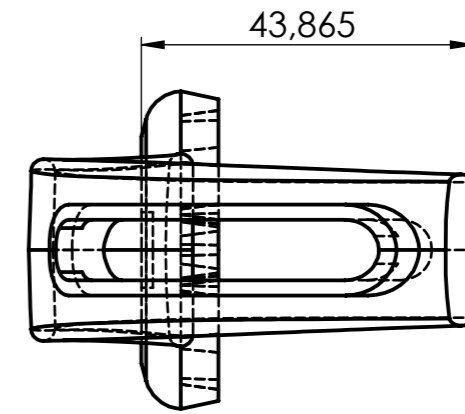


Corte B-B

				TOLERANCIA: ±0.05	PESO: 607.53gr	MATERIAL: AISI 4340	
				FECHA: 26/1/2018	NOMBRE: FERNANDO FONSECA	TÍTULO: COLUMNA GRANDE	ESCALA: 1:1
				REVISÓ: 26/1/2018	Ing. MAURICIO CARRILLO		
				APROBÓ: 26/1/2018	Ing. MAURICIO CARRILLO		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LAMINA: 11 de 14	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCIÓN:	



Corte A-A



				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±0.5	18.47 g	PLASTICO ABS	
				FECHA:	NOMBRE:	TÍTULO:	ESCALA:
				DIBUJÓ: 26/1/2018	FERNANDO FONSECA	DIADEMA	1:1
				REVISÓ: 26/1/2018	Ing. MAURICIO CARRILLO		
				APROBÓ: 26/1/2018	Ing. MAURICIO CARRILLO		
				U.T.A.		N.º DE LAMINA:	REGISTRO:
				INGENIERÍA MECÁNICA		12 de 14	
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCIÓN:			

1

2

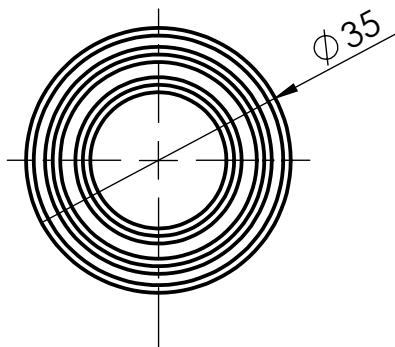
3

4

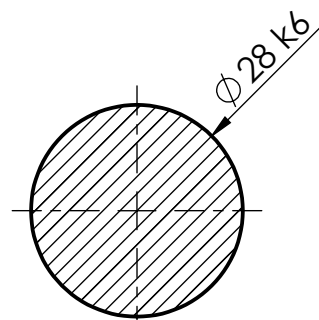
A

N5 TORNEADO

B

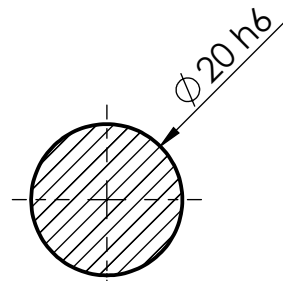
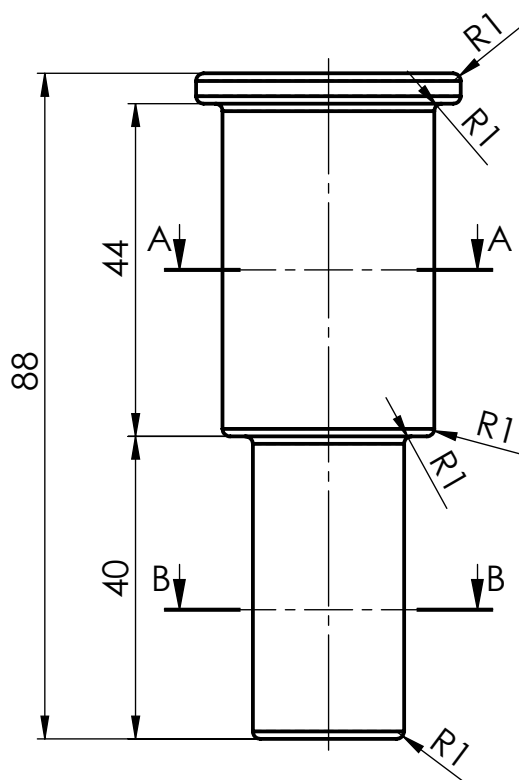


C



Corte A-A

D



Corte B-B

E

				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±0.05	341.18gr	AISI 4340	
				FECHA:	NOMBRE:	TÍTULO:	ESCALA:
				DIBUJÓ: 26/1/2018	FERNANDO FONSECA	COLUMNA PEQUEÑA	1:1
				REVISÓ: 26/1/2018	Ing. MAURICIO CARRILLO		
				APROBÓ: 26/1/2018	Ing. MAURICIO CARRILLO		
				U.T.A.		N.º DE LAMINA:	REGISTRO:
				INGENIERÍA MECÁNICA		13 de 14	
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCIÓN:			

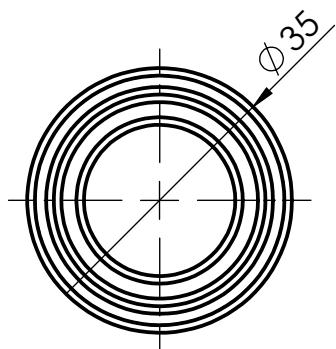
1

2

3

4

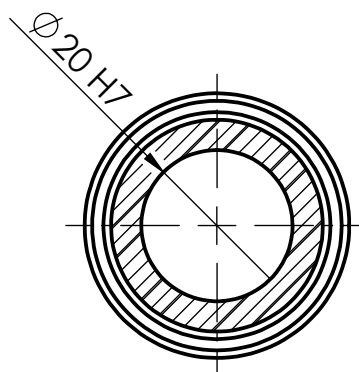
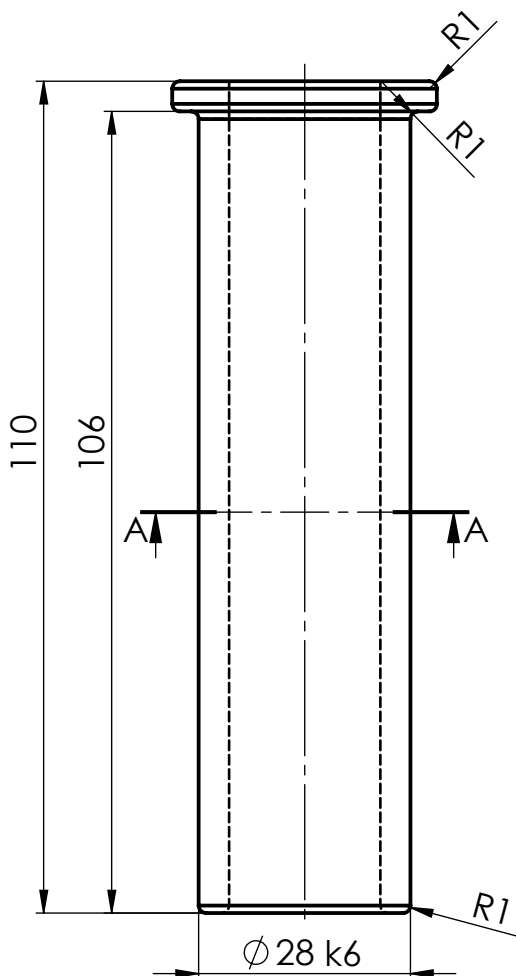
A



N5 TORNEADO

B

C



Corte A-A

D

E

				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±0.05	270.83 gr	AISI 4340	
				FECHA:	NOMBRE:	TÍTULO:	ESCALA:
				DIBUJÓ: 26/1/2018	FERNANDO FONSECA	BOCIN GRANDE	1:1
				REVISÓ: 26/1/2018	Ing. MAURICIO CARRILLO		
				APROBÓ: 26/1/2018	Ing. MAURICIO CARRILLO		
				U.T.A.		N.º DE LAMINA:	REGISTRO:
				INGENIERÍA MECÁNICA		14 de 14	
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCIÓN:			