



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**ANÁLISIS DE COMPORTAMIENTO DE FLUJO EN UNA MATRIZ DE INYECCIÓN
DE PLÁSTICOS PARA UN TAPÓN DE TAPICERÍA**

Proyecto de Titulación presentado previa a la obtención del Título de Ingeniero
Electromecánico

Autores:

Moreta López Edwin Rolando

Mosquera Navarrete Danny Ramiro

Tutor:

Ing. M.sc. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera

LATACUNGA - ECUADOR

Septiembre 2020



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Moreta López Edwin Rolando y Mosquera Navarrete Danny Ramiro declaramos ser autores del presente proyecto de investigación “**ANÁLISIS DE COMPORTAMIENTO DE FLUJO EN UNA MATRIZ DE INYECCIÓN DE PLÁSTICOS PARA UN TAPÓN DE TAPICERÍA**”, siendo el Ing. M.sc. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera tutor del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Moreta López Edwin Rolando

C.I. 1804724373

Mosquera Navarrete Danny Ramiro

C.I. 1724384787



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“ANÁLISIS DE COMPORTAMIENTO DE FLUJO EN UNA MATRIZ DE INYECCIÓN DE PLÁSTICOS PARA UN TAPÓN DE TAPICERÍA”, de Moreta López Edwin Rolando, Mosquera Navarrete Danny Ramiro, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, septiembre, 2020

Ing. M.sc. Raúl Reinoso Peñaherrera MBA

C.C. 050215089-9

Tutor



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Carrera de Ingeniería Electromecánica; por cuanto, los postulantes: Moreta Lopez Edwin Rolando, Mosquera Navarrete Danny Ramiro, con el título de Proyecto de titulación: **“ANÁLISIS DE COMPORTAMIENTO DE FLUJO EN UNA MATRIZ DE INYECCIÓN DE PLÁSTICOS PARA UN TAPÓN DE TAPICERÍA”** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Lector 1 (Presidente)

Ing. MsC. Navarrete López Luis Miguel
180374728-4

Lector 2

Ing. Laurencio Alfonso Héctor Luis Dr. C.
175836725-2

Lector 3

Ing. MsC. Corrales Bastidas Byron Paúl
050234776-8

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la sabiduría en el transcurso de mi vida y a la Universidad Técnica de Cotopaxi por formarme profesionalmente.

De igual forma agradezco a todas las personas que me han estado apoyando en transcurso de mi carrera.

Agradezco a mis padres y hermanos por su apoyo incondicional, y por ser quienes me incentivan a luchar cada día por mis sueños.

Agradezco a mi tutor, Ingeniero Raúl Reinoso MBA, quien supo guiarnos de una manera eficaz y por la confianza que me dio para realizar este proyecto.

Edwin Moreta

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiarme en todo el transcurso de mi vida y principalmente por ayudarme a cumplir mis metas.

A mis padres y mi familia por el apoyo incondicional, a mis compañeros y amigos gracias por todas las experiencias que compartí dentro y fuera de las aulas, me ayudaron mucho en el transcurso de mi vida universitaria,

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por darme la oportunidad de formarme académicamente y profesionalmente, a todos los docentes de la carrera de Ingeniería en Electromecánica, principalmente al Ingeniero Raúl Reinoso, que supo guiarnos durante este proceso de titulación

Danny Mosquera

DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada a Dios que ha llenado mi vida de prosperidad y dicha ya que me ha permitido llegar hasta este momento de mi formación profesional.

A mis padres Luis y Mónica quienes con su esfuerzo, paciencia y amor me han ayudado a llegar hasta estos momentos de mi vida. Gracias por inculcarme a que nunca me debo rendir y siempre seguir mis sueños.

A mis hermanos Dominic y Joselyn por su cariño incondicional, por estar conmigo en las buenas y en las malas, gracias a toda mi familia quien con sus oraciones y apoyo han sido mi guía en este largo camino al cumplir uno más de mis sueños.

Edwin Moreta

DEDICATORIA

Esta tesis la dedico principalmente a Dios, por ser mi guía y mi soporte, porque a pesar de los tropiezos me ayudó a levantarme y seguir adelante.

A mi mami y mi papi, María y Ramiro quienes con su amor, trabajo, sacrificio, consejos, paciencia, confianza y apoyo me ayudaron a llegar hasta aquí y convertirme en la persona que ahora soy.

Finalmente, a mi familia y amigos por apoyarme en los momentos difíciles y extender su mano cuando más los necesito.

Danny Mosquera

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
TITULO: “ANÁLISIS DE COMPORTAMIENTO DE FLUJO EN UNA MATRIZ DE
INYECCIÓN DE PLÁSTICOS PARA UN TAPÓN DE TAPICERÍA”

Autores:

Moreta López Edwin Rolando

Mosquera Navarrete Danny ramiro

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo el análisis de comportamiento de flujo en una matriz de inyección de plásticos para un tapón de tapicería, mediante la utilización de un software computacional. El proyecto utiliza metodología cualitativa la que considera las especificaciones técnicas del diseño, comparando entre si las diferentes alternativas con los criterios, el análisis funcional y las soluciones más adecuadas para el diseño de la matriz. La geometría de una matriz es inicialmente elaborada en un software con la ayuda de la ingeniería asistida por computadora, esta geometría es importante para un sistema CAE, en la cual existe la posibilidad de abordar estudios de simulación por método de elementos finitos y el comportamiento de flujo en la matriz. Mediante la simulación se obtuvo como resultado el tipo de molde a utilizar las características y su configuración final así como también se determinó la velocidad, presión, temperatura adecuadas con las que debe trabajar el molde y se determinó el tiempo que tarda el flujo desde que ingresa en la cavidad hasta llenar completamente la matriz, el tiempo de refrigeración, el tiempo de apertura del molde los cuales estos tiempos forman un tiempo total en cumplir un ciclo al momento de realizar el proceso de inyección. Este análisis proporciona beneficios como reducción de tiempo en la elaboración de piezas, aumento de productividad, facilidad de detección de fallas y ayuda en la identificación de soluciones para las mismas.

Palabras claves:

Geometría, matriz de inyección, software computacional, simulación,

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
ENGINEERING AND APPLIED SCIENCE SCHOOL

THEME: "ANALYSIS OF FLOW BEHAVIOR IN A MATRIX FOR INJECTION OF PLASTICS FOR AN UPHOLSTERY PLUG"

Authors:

Moreta López Edwin Rolando

Mosquera Navarrete Danny Ramiro

ABSTRACT

The objective of this project is to analyze the flow behavior of a plastic injection matrix through the use of computer software. The project uses qualitative methodology which considers the technical specifications of the design, comparing the different alternatives with the criteria, functional analysis and the most appropriate solutions for the design of the matrix. The geometry of a matrix is initially elaborated in software with the help of computer-aided engineering, this geometry is important for a CAE system, in which there is the possibility of approaching simulation studies using the finite element method and the behavior of flow in the matrix. Through simulation, the type of mold to be used and its final configuration was obtained as a result, as well as the speed, pressure, and suitable temperature with which the mold should work and it was determined the time it took for the flow from entering the cavity until completely filling the matrix, the cooling time, the mold opening time, which these times form a total time to complete a cycle at the time of the injection process. This analysis provides benefits such as reduction of time in the manufacture of parts, increased of productivity, ease of detection of faults and help in the identification of solutions for them.

Keywords:

Geometry, injection matrix, computer software, simulation.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen de la propuesta tecnológica al Idioma Inglés presentado por los señores Egresados de la Carrera de **INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA** de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**, **MORETA LÓPEZ EDWIN ROLANDO Y MOSQUERA NAVARRETE DANNY RAMIRO**, cuyo título versa **“ANÁLISIS DE COMPORTAMIENTO DE FLUJO EN UNA MATRIZ PARA INYECCIÓN DE PLÁSTICOS PARA UN TAPÓN DE TAPICERIA”** lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, Septiembre del 2020

Atentamente,

M. Sc. Erika Cecilia Borja Salazar
DOCENTE DEL CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0502161094



CENTRO
DE IDIOMAS

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xi
ÍNDICE GENERAL.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xvii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xviii
1. INFORMACIÓN BÁSICA	1
PROPUESTO POR:.....	1
TEMA APROBADO:.....	1
CARRERA:	1
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:.....	1
EQUIPO DE TRABAJO:	1
LUGAR DE EJECUCIÓN:	2
TIEMPO DE DURACIÓN DEL PROYECTO:.....	2
FECHA DE ENTREGA:	2
LÍNEAS Y SUB LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN A LAS QUE SE ASOCIA EL PROYECTO:	2
TIPO DE PROPUESTA TECNOLÓGICA:	2
2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	3
2.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	3
2.2. TIPO DE PROPUESTA ALCANCE	3
2.3. ÁREA DEL CONOCIMIENTO.....	3
2.4. SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	3
2.5. OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN	4
2.5.1. Objeto de estudio	4
2.5.2. Campo de acción.....	4
2.5.3. Beneficiarios.....	4
2.6. SITUACIÓN PROBLÉMICA Y PROBLEMA.....	4
2.6.1. Situación problemática	4
2.6.2. Problema	4
2.6.3 Matriz de Identificación de problema.....	4
2.7. HIPÓTESIS	5

2.8. OBJETIVOS	5
2.7.1. Objetivo general.....	5
2.7.2. Objetivos específicos	5
2.8. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS	5
3. MARCO TEÓRICO	7
3.1. Polímeros.....	7
3.1.2. Clasificación de los polímeros.....	7
3.1.3 Propiedades térmicas	7
3.1.4 Análisis de ciencia de materiales	8
3.2. Material termoplástico	8
3.2.1. Densidad del material termoplástico	8
3.2.2 Polietileno de baja densidad	8
3.2.3 Características del polietileno de baja densidad	9
3.2.4 Polipropileno	9
3.2.5 Características del polipropileno.....	9
3.2.6 Tapón.....	9
3.3. Moldeo por inyección	10
3.4. Máquina inyectora	11
3.4.1 Componentes de una máquina de inyección	11
3.5. Moldes de inyección.....	12
3.6. Ciclo de trabajo del molde	13
3.7. Clasificación de moldes de inyección.....	14
3.8. Defectos Típicos en Piezas Moldeadas	16
3.9. Clasificación de coladas y entradas.....	16
3.9.1. Sistemas de colada fría	16
3.9.2. Tipos de sistemas de coladas más usuales	16
3.9.3. Tipos de sistemas entradas frías más usuales	17
3.10. Control de temperatura en los moldes de inyección.....	18
3.11. Desmoldeo	19
3.11.1. Tipos de Desmoldeo.....	19
3.12. Tipos de contrasalidas.....	20
3.13 Métodos de análisis térmico	21
3.14 Método para el análisis de la etapa de llenado	22
3.15. Materiales para moldes	23
• Acero para moldes más utilizado	23

3.16 Proceso Diseño	23
• Etapas del proceso de diseño	24
3.17 Sistema CAE e integración CAD/CAE.....	25
4. METODOLOGÍA	27
4.1. Definición de requisitos (alcance).....	28
• Selección de la pieza	28
• Contracción del polímero.....	28
4.2. Metodología cuantitativa.	29
4.3. Metodología cualitativa.....	29
4.3.1. Diseño conceptual	30
• Bosquejo de la estructura de la matriz.....	30
4.3.2. Diseño dimensional.....	30
• Número de cavidades	30
• Calculo de factor de escala:	31
• Número de cavidades por área de trabajo.....	31
• Cálculo de bebedero	32
4.3.2.1. Selección del tipo de canales	33
• Canales de distribución	33
• Canales de estrangulamiento o entradas	35
• Salida de aire.....	36
4.3.2.2. Sistema de Desmoldeo	36
• Determinación de la fuerza de cierre	36
• Área Proyectada	37
• Longitud del recorrido del flujo	37
• Presión interna en la cavidad del molde	37
• Cálculo del tiempo de enfriamiento.....	37
• Cálculo de calor requerido a transferir	39
• Cálculo del caudal del refrigerante	39
• Cálculo de los diámetros de los canales de refrigeración	40
• Disposición de canales de enfriamiento.....	40
• Sistema de expulsión.....	41
• Configuración de las varillas expulsoras	41
• Tiempo de ciclo	43
• Tiempo de llenado	43
• Tiempo de reseteo	43

4.3.3. Diseño detallado.....	43
• Selección del software.....	44
4.4. Método documental.....	44
5. RESULTADOS.....	45
Selección de la Pieza.....	45
Selección del material.....	45
• SELECCIÓN DE LA MATRIZ.....	45
• DIMENSIONAMIENTO DE LA MATRIZ.....	47
• DIMENSIONAMIENTO DE LOS CANALES.....	47
• SISTEMA DE DESMOLDEO.....	48
• Configuración de las varillas expulsoras.....	49
• SELECCIÓN DE LAS PLACAS.....	50
• Placa base fija.....	50
• Placa porta molde fija y móvil.....	51
• Paralelas.....	51
• Placas expulsoras.....	52
• Placa base móvil.....	52
• ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS.....	53
• Análisis de flujo del material.....	54
• Análisis de esfuerzo mecánico.....	55
• Factor de seguridad.....	58
• Análisis de flujo térmicos.....	59
• Convección.....	64
• Análisis del tapón llenado.....	66
• Resumen de resultados de la simulación.....	67
6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS.....	68
• Costos Directos.....	68
• Costos Indirectos.....	68
• Costo total.....	68
• Análisis de VAN – TIR.....	69
• Impacto práctico.....	69
• Impacto simbólico.....	69
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	70
• Conclusiones.....	70
• Recomendaciones.....	71

8. REFERENCIAS	72
9. Anexos	75
ANEXO 1	76
Instrumento 1: Definición de requisitos	76
ANEXO 2	77
Instrumento 2: Definición de concepto	77
ANEXO 3	78
Instrumento 3: Propiedad del plástico MR 50 A - (PE-LLD)	78
ANEXO 4	78
Instrumento 4: Contracción del material.	78
ANEXO 5	79
Instrumento 5: Diagrama espesor de pared, longitud de recorrido de flujo y presión específica	79
ANEXO 6	80
Instrumento 6: Temperatura del plástico	80
ANEXO 7	81
Instrumento 7: Nomograma para cálculo de tiempo de refrigeración	81
ANEXO 8	82
Instrumento 8: Tiempo de llenado en función del peso de la pieza	82
ANEXO 9	82
Instrumento 9: Temperatura y tiempo de secado de algunos polímeros	82
ANEXO 10	83
Instrumento 10: Simulación de la pieza	83
ANEXO 11	84
Instrumento 11: Catálogo para la selección de las placas	84
ANEXO 12	86
Instrumento 12: “Propiedades de los aceros P20 (M238 y M303)”	86
ANEXO 13	87
Instrumento 13: “Propiedades del acero AISI 4340”	87
ANEXO 14	88
Instrumento 14: “Propiedades del acero AISI 1045”	88
ANEXO 15	88
Instrumento 15: “Constante de condiciones en extremos de columnas”	88
ANEXO 16	89
Instrumento 16: “Propiedades Acero AISI 420”	89
ANEXO 17	90
Instrumento 17: “Propiedades del polietileno”	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Matriz Cusa –Efecto.....	5
Figura 3.1: tapón.....	10
Figura 3.2: Defectos del tapón.....	10
Figura 3.3: Máquina de inyección de tornillo.....	11
Figura 3.4. Descripción de una máquina de inyección.....	11
Figura 3.5: representación esquemática de un molde.....	12
Figura 3.6. Ciclo de trabajo del molde	14
Figura 3.8. Tipos de sistemas de coladas más usuales	17
Figura 3.9. Tipos de sistemas entradas frías más usuales.....	18
Figura 3.10. Tipos de Desmoldeo.....	20
Figura 3.11: Métodos de análisis térmico.....	21
Figura 3.12: Perfil de velocidades en el frente de llenado y en 2 puntos por detrás del mismo en una sección del molde.....	22
Figura 3.13: Perfil de velocidad de flujo, gradiente de velocidad y temperatura durante el llenado de un molde.....	23
Figura 3.14. Etapas en el proceso de diseño[18]	25
Figura 3.15. Integración sistemas CAD / CAE.	26
Figura 4.1. Etapas en el proceso de diseño.....	27
Figura 4.2. Tapón.....	28
Figura 4.3. Bosquejo de la matriz.....	30
Figura 4.4. Bebedero.	32
Figura 4.5. Diámetro mayor del bebedero.....	33
Figura 4.6. Secciones de canales.	34
Figura 4.7. Canal de estrangulamiento rectangular.	35
Figura 4.8. Salida de aire.....	36

Figura 4.9. Disposición de los canales de enfriamiento.	41
Figura 4.10. Representación esquemática de varias varillas de expulsión.	42
Figura 5.1. Partes de la matriz.	46
Figura 5.2. Placa base fija.	50
Figura 5.3. Placa porta molde fija.	51
Figura 5.4. Paralelas.	51
Figura 5.5. Placas expulsoras.	52
Figura 5.6. Placa base móvil.	52
Figura 5.7. Tiempo de llenado.	54
Figura 5.8. Vectores velocidad al final de llenado	55
Figura 5.10. Tensión en la Placa base móvil	57
Figura 5.11. Tensión en la pieza.	58
Figura 5.12. Distribución de factor de seguridad	58
Figura 5.13. gradiente de temperatura y presión	59
Figura 5.13. Temperatura central del frente de flujo.	62
Figura 5.14. Temperatura en la placa	62
Figura 5.15. Temperatura en las placas fijas	63
Figura 5.16. Desplazamiento por tenciones totales	63
Figura 5.17. Desplazamiento por tenciones térmicas al enfriar.	64
Figura 5.18. Perfil de rechupes.	64
Figura 5.19. Temperatura de la pieza al final de la refrigeración.	65
Figura 5.20. Flujo térmico del molde.	65
Figura 5.22. Tiempo de llenado del material (PP).	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Sistema de actividades por objetivos.	6
Tabla 3.1. Clasificación de los polímeros.	7

Tabla 3.2. Propiedades generales del polietileno de baja densidad.....	8
Tabla 3.3. Propiedades generales del polietileno de baja densidad.....	9
Tabla 3.4. Rango de temperatura del molde.....	19
Tabla 4.1. Variables de entrada y salida de la máquina.	28
Tabla 4.2. Contracción de diferentes materiales termoplásticos.	29
Tabla 4.4. Diámetros de canales recomendados para sistemas de colada fría.....	34
Tabla 4.5. tipos de sistema de expulsión.	41
Tabla 4.6. Valores comunes de diámetros de varillas en relación con la longitud.....	42
Tabla 5.1. Datos para el dimensionamiento de la matriz.....	45
Tabla 5.2. Calificaciones para el dimensionamiento de la matriz.	46
Tabla 5.3. Dimensionamiento de la matriz.....	47
Tabla 5.4. Dimensionamiento de los canales.	48
Tabla 5.5. Desmolde.....	49
Tabla 5.6: Materiales para construcción del molde.....	52
Tabla5.7: Variables de ingreso.	54
Tabla5.8: Las variables de ingreso.	55
Figura5.9. Tensión en la Placa base fija.....	56
Tabla5.9: Análisis de temperatura vs presión 10MPa.....	59
Tabla5.10: Análisis de temperatura vs presión 15MPa.....	60
Tabla5.11: Análisis de temperatura vs presión 20Mpa.....	60
Tabla5.12: Análisis de temperatura vs presión 25Mpa.....	61
Tabla5.13: Las variables de ingreso.	61
Tabla 5.14: Resumen de elementos finitos.....	67
Tabla 6.1. Costos directos.....	68
Tabla 6.2. Cuadro de materiales para el análisis de una matricería.....	68
Tabla 6.3. Presupuesto.....	69
Tabla 6.4. Flujo de Caja Anual.....	69

1. INFORMACIÓN BÁSICA

PROPUESTO POR:

Moreta López Edwin Rolando

Mosquera Navarrete Danny Ramiro

TEMA APROBADO:

Análisis de comportamiento de flujo en una matriz de inyección de plásticos para un tapón de tapicería.

CARRERA:

Ingeniería Electromecánica

DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:

Ing. M.sc. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera MBA

EQUIPO DE TRABAJO:

Tutor

Nombres: Héctor Raúl

Apellidos: Reinoso Peñaherrera

Cedula de identidad: 0502150899

Correo electrónico: hector.reinoso@utc.edu.ec

Coordinador 1

Nombre: Moreta López Edwin Rolando

Cedula de identidad: 1804724373

Correo electrónico: edwin.moreta3@utc.edu.ec

Dirección: Ambato-Picaihua

Coordinador 2

Nombre: Mosquera Navarrete Danny Ramiro

Cedula de identidad: 1724384787

Correo electrónico: danny.mosquera7@utc.edu.ec

Dirección: Quito- Guamaní

LUGAR DE EJECUCIÓN:

Universidad Técnica de Cotopaxi, Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Parroquia San Felipe.

TIEMPO DE DURACIÓN DEL PROYECTO:

Mayo 2020 - septiembre 2020

FECHA DE ENTREGA:

Septiembre - 2020

LÍNEAS Y SUB LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN A LAS QUE SE ASOCIA EL PROYECTO:

Líneas de investigación: Procesos Industriales.

Sub líneas de investigación: Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos.

TIPO DE PROPUESTA TECNOLÓGICA:

El presente análisis pretende establecer el efecto de la configuración geométrica en las matrices para el proceso de inyección de plásticos para un tapón de tapicería y como incide el flujo del material en su operación a través de la simulación.

2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

Análisis de comportamiento de flujo en una matriz de inyección de plásticos para un tapón de tapicería.

2.2. TIPO DE PROPUESTA ALCANCE

Integrador: La propuesta a realizarse es de origen investigativo ya que se centra en una simulación computacional que permita relacionar el efecto teórico y las diversas ecuaciones adquiridas en clases sobre el análisis de comportamiento de flujo en una matriz de inyección de plásticos para un tapón de tapicería, permitiendo a los estudiantes ampliar sus conocimientos.

2.3. ÁREA DEL CONOCIMIENTO

Según la norma de diseño de máquinas, tecnología e ingeniería mecánica– UNESCO establece las áreas y sub áreas de estudio, en el caso del presente proyecto de propuesta tecnológica, está ligado al sector de estudio de “Ingeniería, industria y construcción”, a la sub área de Ingeniería (Dibujo técnico, mecánica, electricidad, electrónica, energía, ingeniería de procesos) y a la sub área de Industria y producción (Plástico).

2.4. SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

El presente proyecto tiene como objetivo analizar el comportamiento de flujo de una matriz de inyección de plásticos para un tapón de tapicería, mediante la utilización de un software computacional. El proyecto utiliza metodología cualitativa la que considera las especificaciones técnicas del diseño, comparando entre si las diferentes alternativas con los criterios, el análisis funcional y las soluciones más adecuadas para el diseño de la matriz. La geometría de una matriz es inicialmente elaborada en un software con la ayuda de la ingeniería asistida por computadora, esta geometría es importante para un sistema CAE, en la cual existe la posibilidad de abordar estudios de simulación por método de elementos finitos y el comportamiento de flujo en la matriz. Mediante la simulación se obtuvo como resultado el tipo de molde a utilizar las características y su configuración final así como también se determinó la velocidad, presión, temperatura adecuadas con las que debe trabajar el molde y se determinó el tiempo que tarda el flujo desde que ingresa en la cavidad hasta llenar completamente la matriz, el tiempo de refrigeración, el tiempo de apertura del molde los cuales estos tiempos forman un tiempo total en cumplir un ciclo al momento de realizar el proceso de inyección. Este análisis proporciona beneficios como reducción de tiempo en la elaboración de piezas, aumento de productividad, facilidad de detección de fallas y ayuda en la identificación de soluciones para las mismas.

2.5.OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.5.1. Objeto de estudio

Tapón de tapicería.

2.5.2. Campo de acción

Fluidos, termodinámica, materiales, análisis de elementos finitos.

2.5.3. Beneficiarios

Directos

El proyecto tiene como beneficiario directo a la tapicería y al sector plástico.

Indirectos

Para beneficio de las personas que van a utilizar el producto.

2.6.SITUACIÓN PROBLÉMICA Y PROBLEMA

2.6.1. Situación problemática

En el proceso de inyección de plástico para un tapón de tapicería se debe tomar en cuenta el análisis del diseño del molde, considerando que este no cumple con los estándares de calidad debido a varias causas como son: Presión, temperatura, mala maniobra de la máquina, mal mantenimiento de la máquina, Mal dimensionamiento de la matriz, falta de control de calidad, entre otras, debido a estas causas se presentan defectos en las piezas como: líneas de flujo, rebabas, rechupes o piezas incompletas, teniendo como parte crítica y sensible su producción, de tal manera que el asegurar de que el producto sea aceptable depende en gran medida a la interacción de la matriz con las variables como la temperatura de inyección del plástico, la presión de inyección, que serían las principales causantes de estos defectos en la piza que tienen como consecuencia pérdidas de producción y dinero.

2.6.2. Problema

En el moldeo por inyección de un tapón de tapicería existe un sin número de problemas en relación a la mala calidad del producto como son: piezas incompletas, hundimientos, rebabas, rechupes, etc.

2.6.3 Matriz de Identificación de problema

Para el diagrama de Ishikawa se considera la relación entre las causas y efecto de un problema utilizando el método 6M.

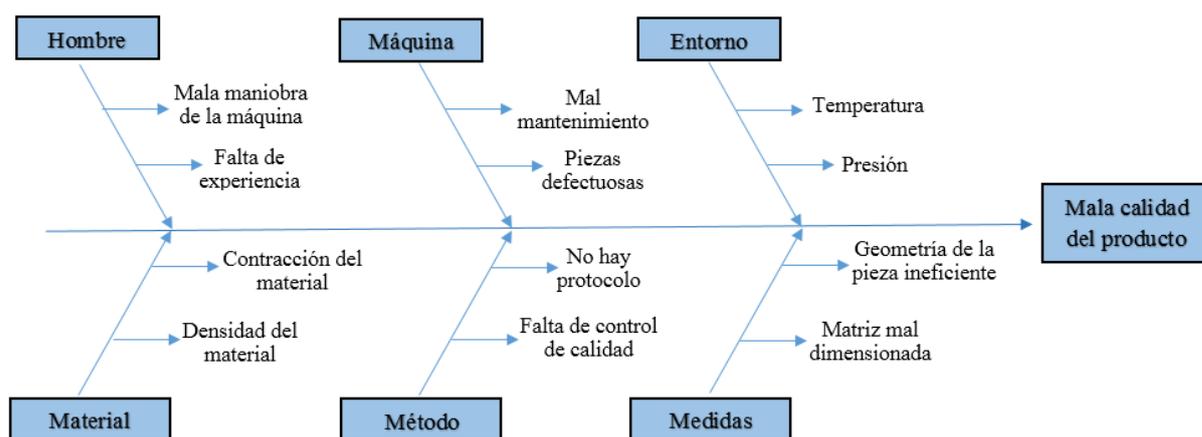


Figura 2.1. Matriz Cusa –Efecto

2.7.HIPÓTESIS

La calidad de un producto termoplástico inyectado dependerá de las variables que influyen en el proceso de inyección como son la temperatura, presión y velocidad.

2.8. OBJETIVOS

2.7.1. Objetivo general

Diseñar una matriz de inyección de plástico para un tapón de tapicería, con el uso de herramientas computacionales, simulando el llenado de la pieza, para obtener un producto de buena calidad.

2.7.2. Objetivos específicos

- Analizar los parámetros de diseño de matrices, que permitan el diseño óptimo de la matriz.
- Simular el proceso de inyección de la matriz para determinar los valores ideales de las variables del proceso.
- Diseñar una matriz para inyección de plástico bajo las condiciones de control de las variables (presión, temperatura y velocidad de inyección).
- Determinar la presión de inyección, las temperaturas del material y del molde, los tiempos de llenado y de refrigeración, con los que va a trabajar la matriz para obtener una pieza de calidad.

2.8.DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS

Es importante realizar la descripción del desarrollo de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos para encaminar el proceso del proyecto, cada actividad a realizar

cumple un rol importante en la consecución del proyecto tecnológico. La Tabla 1 muestra el sistema de tareas en base a los objetivos planteados.

Tabla 2.1. Sistema de actividades por objetivos.

Objetivo	Actividad	Resultado	Medio Verificación
1. Analizar los parámetros de diseño de matrices, que permitan el diseño óptimo de la matriz.	Búsqueda libros y revistas científicas.	Información concreta y exacta.	Informe.
	Estudio del principio de funcionamiento, operación, y producción de la matriz.	Seleccionar la configuración de las partes que conforman la matriz de inyección.	Investigación documental
	Estudio en línea de la matricería.	Identificación del proceso de matricería	Investigación documental
2. Simular el proceso de inyección de la matriz para determinar los valores ideales de las variables del proceso	Simular el proceso de la matriz.	Simulación del proceso de la matriz.	Gráficos de simulación.
	Flujo del plástico en matriz	Simulación del sentido y dispersión del flujo.	Tabla de datos de flujo.
	Identificación de los valores de las variables	Disminución o aumento de los valores de las variables.	Tabla de datos de las variables.
3. Diseñar una matriz para inyección de plástico bajo las condiciones de control de las variables (presión, temperatura y velocidad de inyección).	Aplicación de las ecuaciones en uso del software	Ecuaciones aplicadas en la matriz y en el software	Explicación de cada ecuación
	Modelado de la matricería	Diseño completo de la matriz en el software	Modelado a detalle
	Funcionamiento del modelado.	Simulación del modelado en el software.	Gráfico del modelado
4. Determinar la presión de inyección, las temperaturas del material y del molde, los tiempos de llenado y de refrigeración, con los que va a trabajar la matriz para obtener una pieza de calidad.	Identificación de los valores de la presión, de las temperaturas y tiempos ideales.	Selección de los datos ideales de acuerdo al tiempo de ciclo del molde y la calidad del producto que se requiere	Tabla de datos de las variables.
	Manejo de software para determinar el comportamiento del fluido al fin del ciclo de inyección.	Simulación a través del software computacional.	Gráfico de simulación
	Velocidad del proceso.	Tiempo del ciclo	Tabla de datos del resumen de resultados del flujo

3. MARCO TEÓRICO

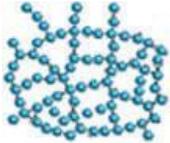
3.1. Polímeros

Los polímeros son macromoléculas formadas por miles de moléculas más pequeñas llamadas monómeros a través de una reacción conocida como polimerización, durante esta reacción los monómeros forman grandes cadenas de formas y propiedades muy diversas. Existe una infinidad de tipos de polímeros cada uno con características diferentes.

3.1.2. Clasificación de los polímeros

Estos polímeros se clasifican en tres grupos debido a su estructura molecular.

Tabla 3.1. Clasificación de los polímeros.

ELASTÓMEROS	TERMOESTABLES	TERMOPLÁSTICOS
Este tipo de polímeros se caracteriza por poseer una gran zona elástica.	Se caracterizan por que al aumentar su temperatura no fluyen.	Se caracteriza por que al aumentar su temperatura es capaz de alcanzar un estado casi líquido.[1]
		

3.1.3 Propiedades térmicas

Las propiedades térmicas describen el comportamiento de los polímeros frente a la acción del calor. Para los termoplásticos algunas de ellas son extremadamente importantes.

Calor específico

Es la cantidad de calor requerida para elevar la unidad de masa de una sustancia en una unidad de temperatura o bien la cantidad de calor requerida para elevar la temperatura de una masa determinada.

Conductividad térmica

Es la cantidad de calor que pasa durante el tiempo a través de una plancha de una sustancia con área y diferencia de temperaturas

3.1.4 Análisis de ciencia de materiales

Los polímeros como ciencia independiente se desarrollan desde la tercera década del siglo XX. Es una ciencia frontera con campos como el biológico. Las macromoléculas están presentes en todos los organismos vivos, vegetales y animales. En la actualidad, los polímeros constituyen también las sustancias químicas que forman los materiales plásticos de tan amplia aplicación.

Método deductivo: se discute el surgimiento y desarrollo de la materia tratada, a través de los planes de estudio, por los que ha transitado la misma. Se recopila en la bibliografía los diferentes libros de textos que se han utilizado y algunos escritos por autores para la enseñanza de esta materia. Se evidencia el desarrollo ascendente en la investigación de la materia tratada.

3.2. Material termoplástico

Un termoplástico, es un tipo de plástico fabricado con un polímero que se vuelve un líquido homogéneo cuándo se calienta a temperaturas relativamente altas y que cuándo se enfría es un material duro en un estado de transición vítrea. Cuándo se congela es un material frágil. Todas estas características son reversibles, lo que hace posible que los termoplásticos se puedan calentar y enfriar repetidamente sin que se pierdan estas cualidades y haciendo de los termoplásticos un material fácilmente reciclable.[2]

3.2.1. Densidad del material termoplástico

La densidad se puede tomar como una medida de la cristalinidad. Como la ramificación de la cadena macromolecular afecta la estructura de estado sólido o la cristalinidad, la densidad también es un indicador de la ramificación de la cadena. En esta relación, tenemos que diferenciar entre la ramificación de cadena corta y la ramificación de cadena larga. Las ramas de cadena larga están presentes principalmente en polímeros de baja densidad, por lo que las ramas de cadena corta predominan en alta densidad.

3.2.2 Polietileno de baja densidad

El polietileno de baja densidad es un polímero termoplástico, formado por múltiples unidades de etileno y tiene varias propiedades que son[3]:

Tabla 3.2. Propiedades generales del polietileno de baja densidad.

Densidad	Cristalinidad	Temperatura de transición vítrea	Temperatura de fusión	Conductividad térmica
0.917 - 0.932 g/cm ³	40 - 50 %	(-125) - (-90) °C	98 - 115 °C	0.322 - 0.348 W/m·K

3.2.3 Características del polietileno de baja densidad

- Tiene muy buena resistencia a los ácidos débiles y buenos a los ácidos fuertes.
- Tiene elevada resistencia a los álcalis, tanto fuertes como débiles.
- Alta resistencia química
- Alta resistencia térmica
- Buena flexibilidad
- Es reciclable
- Es barato en relación a los otros plásticos

3.2.4 Polipropileno

El polipropileno tiene un elevado punto de fusión, por ello, mantiene una excelente resistencia mecánica aún a elevadas temperaturas[4]. Debido a la distribución de tamaño de cristales, los materiales poliméricos no presentan una temperatura única de fusión, sino un rango de temperaturas.

Tabla 3.3. Propiedades generales del polietileno de baja densidad.

Densidad	Cristalinidad	Temperatura de transición vítrea	Temperatura de fusión	Conductividad térmica
0.91 g/cm ³	20%	15-300 °C	155-175°C	0.21 W/m K

3.2.5 Características del polipropileno

- Es de color blanco translúcido de forma natural, por lo que se le puede aplicar color fácilmente.
- Es menos flexible que el polietileno
- Es difícil de quebrar o romper, aunque es un material menos elástico

3.2.6 Tapón

Un tapón es una pieza de plástico flexible utilizada para sellar o cubrir un objeto, por ejemplo una botella, un tubo, cabezas de tornillos, tuercas, pernos etc. Estos tapones presentan varias ventajas como son:

Ventajas del tapón

- Fácil montaje

- Puede utilizarse muchas veces
- Mejora el aspecto
- Total, protección contra corrosión
- Acabado estético
- No daña los recubrimientos de superficies



Figura 3.1: Tapón

Defectos del tapón

- Presentan rebabas
- Presentan líneas de flujo
- Tiene rechupes
- Piezas incompletas
- Hundimientos



Figura 3.2: Defectos del tapón.

3.3. Moldeo por inyección

En la actualidad, más de una tercera parte de todos los materiales termoplásticos son moldeados por inyección y más de la mitad del equipo para procesar materiales poliméricos es para moldeo por inyección.

Este proceso consiste en el calentamiento del polipropileno hasta que alcance una temperatura que este dentro del rango de la transición vítrea, para que luego aplicando presión este pueda llenar un molde previamente fabricado con la forma deseada, dicho molde tendrá un sistema de enfriamiento que le permitirá enfriarse a la pieza y mantener la nueva forma adquirida, este proceso es uno de los más utilizados en la industria ya que

en teoría se puede obtener cualquier pieza que pueda ser reproducida en un molde, dentro de los productos obtenidos por este método se encuentran juguetes, autopartes, frascos, tapas, muebles, partes de electrodomésticos.[5]

3.4. Máquina inyectora

La inyectora es parte fundamental del sistema ya que en ella se produce todo el proceso de transformación del polímero, la mayoría de inyectoras son del tipo universal, es decir que en la misma inyectora se puede montar diferentes tipos de moldes siempre y cuando su diseño se rija a los parámetros de la inyectora.[6]

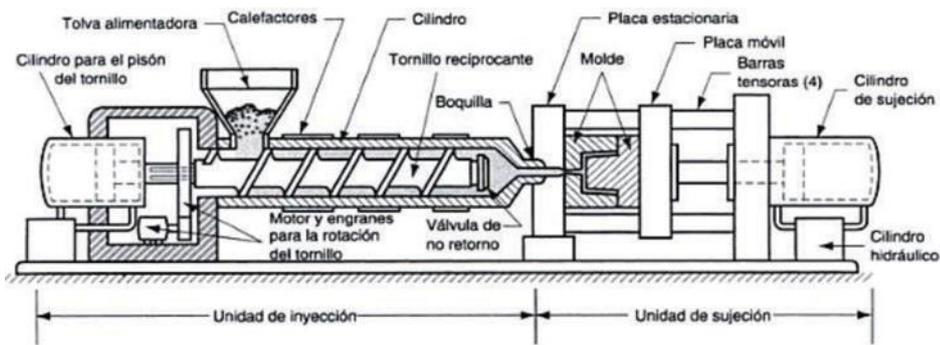


Figura 3.3: Máquina de inyección de tornillo.

Fuente:[6].

3.4.1 Componentes de una máquina de inyección

La máquina de inyección consta de varias unidades como se observa en el siguiente diagrama.

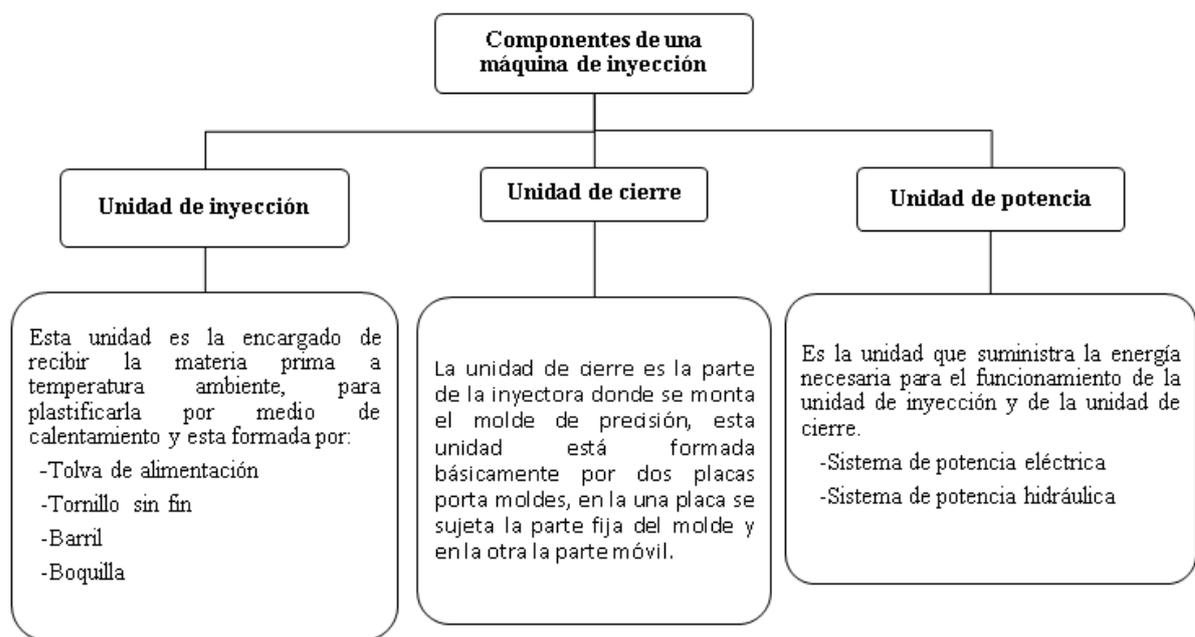


Figura 3.4. Descripción de una máquina de inyección.

3.5. Moldes de inyección

Con respecto a los moldes de inyección conviene definir algunas partes de los mismos antes de seguir avanzando. En la figura 3.3 se presentan esquemáticamente dos moldes que ayudan a describir algunos términos que se emplean para denominar diferentes partes de los moldes o de las piezas de inyección, tales como:

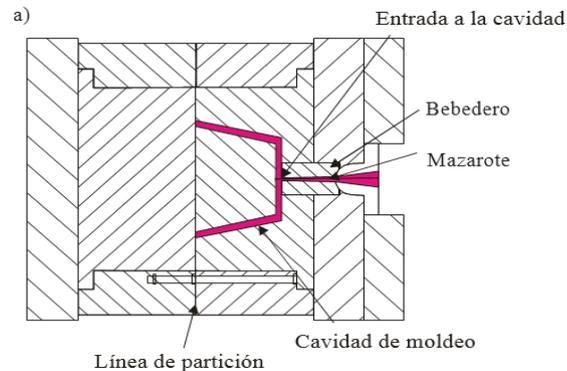


Figura 3.5: representación esquemática de un molde.

Fuente: [7].

El bebedero es la parte del molde sobre la que se apoya la tobera y el polímero fundido que ocupa el bebedero cuando termina el moldeo recibe el nombre de mazarote. El bebedero comunica directamente con la cavidad de moldeo.

Estos canales se denominan canales de alimentación y el polímero que los llena después de terminar cada ciclo de moldeo se conoce como ramificaciones. Mazarote y ramificaciones suelen ir unidos a las piezas moldeadas y reciben en conjunto la denominación de recortes pues han de ser separados de las piezas moldeadas en una operación posterior de recorte.

Un molde está constituido al menos por dos mitades, una mitad positiva y otra negativa, que juntas forman la cavidad de moldeo. Estas mitades se unen por presión cuando se cierra el molde, tocándose entre sí en una superficie plana a la que se suele llamar plano de partición del molde. Cuando se representa una sección del molde, la superficie de partición puede quedar reducida en el dibujo a una sola línea que recibe el nombre de línea de partición. El plano de partición es perpendicular a la dirección en que actúa la fuerza de cierre. Se llama área transversal de las cavidades o "área proyectada de las cavidades" a la proyección de las cavidades de moldeo sobre el plano de partición. El producto de la presión del polímero dentro de la cavidad por el área transversal de ésta será igual a la fuerza que tiende a separar las dos mitades del molde. El área transversal de la pieza depende de la posición en que se coloca en el molde la cavidad de

moldeo.[7]

En ocasiones se utilizan moldes en tres partes. En éstos los canales de alimentación y las cavidades de moldeo están en diferentes planos. Los moldes en tres partes resultan más caros, si bien tienen la ventaja de que el llenado de las cavidades puede ser mucho más simétrico y las piezas obtenidas son de mejor calidad.

Conforme el polímero llena el molde cerrado, el aire que se encontraba llenando la cavidad de moldeo debe ser evacuado. Por lo general este aire escapa por la línea de partición del molde o por la holgura que queda entre el molde y las espigas extractoras. Cuando esto no sea posible (por ejemplo, cuando se emplean fuerzas de cierre muy elevadas) el molde debe tener una serie de pequeños orificios, generalmente practicados a lo largo del plano de partición que permitan la evacuación del aire, pero no del polímero fundido (con un diámetro próximo a 0.025 mm).

En los moldes de inyección es muy importante que la temperatura de la pieza sea lo más uniforme posible durante el enfriamiento. Por ello, el molde contiene una serie de canales de refrigeración por los que circula el líquido de refrigeración, generalmente agua. Estos canales deben estar diseñados de modo que permitan el enfriamiento de la pieza a velocidad adecuada y de manera uniforme.

La calidad y propiedades finales de las piezas moldeadas dependen en gran medida de las condiciones físicas del polímero que llena la cavidad en el momento en que solidifica el mazarote.

3.6. Ciclo de trabajo del molde

El molde tiene un ciclo de trabajo que consta de 3 fases:

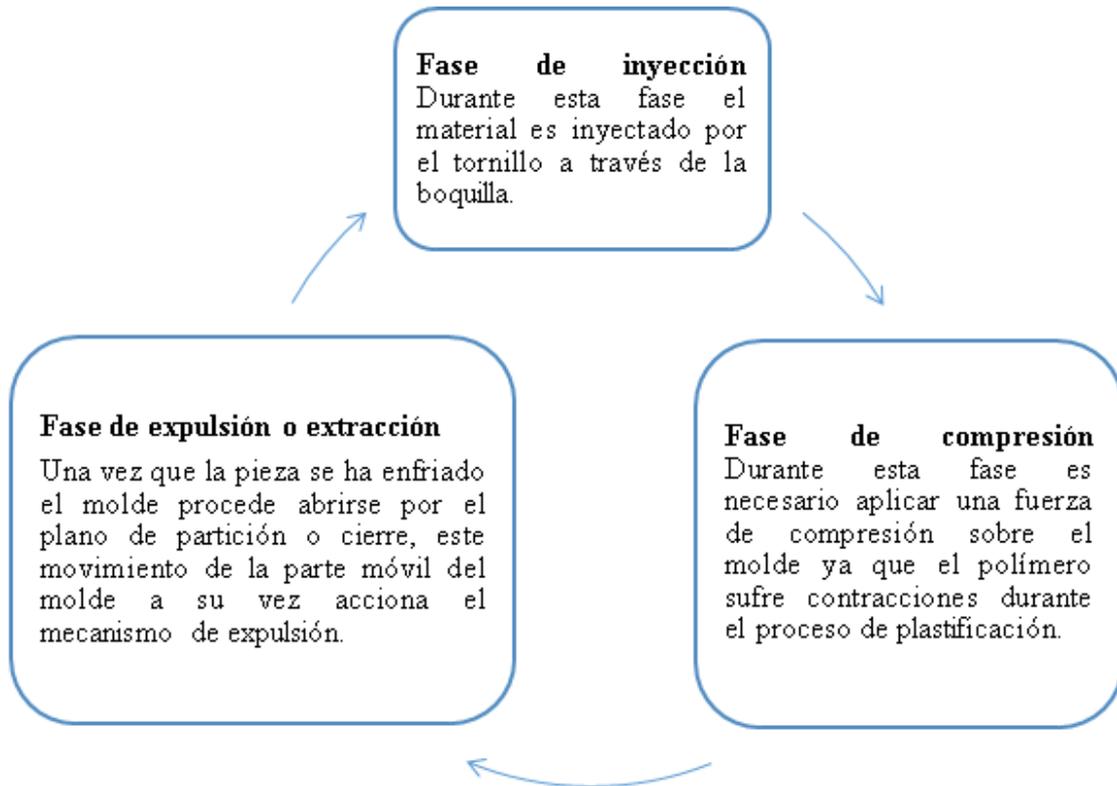


Figura 3.6. Ciclo de trabajo del molde [8].

3.7. Clasificación de moldes de inyección

La norma DIN E 16750 “Moldes de inyección para materiales plásticos” contiene una división de los moldes según el siguiente esquema.

- Molde estándar (molde de dos placas).
- Molde de mordazas (Molde de correderas).
- Molde de extracción por segmento.
- Molde de tres placas.
- Molde de pisos (Molde sándwich).
- Molde de canal caliente (Inyección de termoplástico).

Clasificación de los moldes de inyección

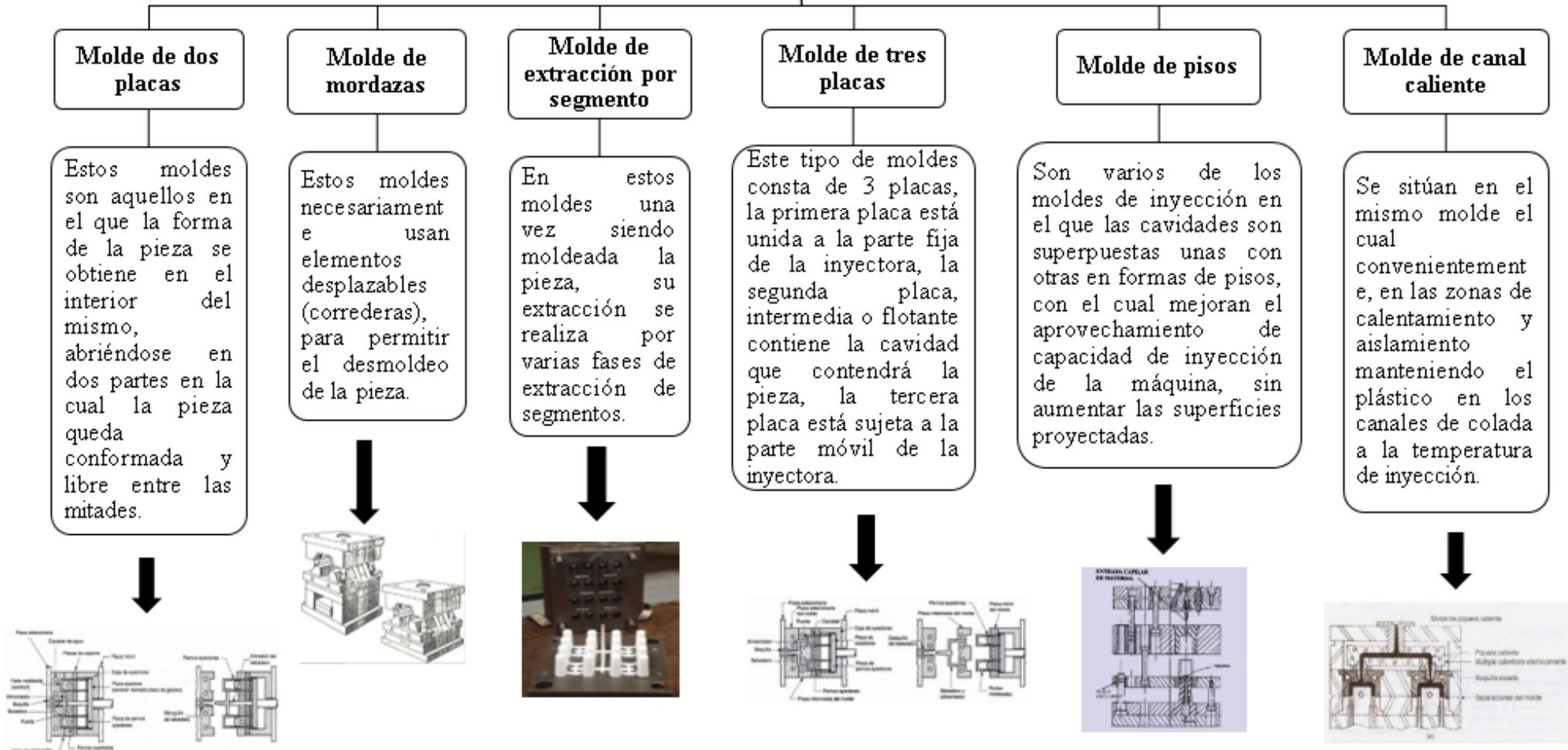


Figura 3.7. Clasificación de los moldes de inyección [9].

3.8. Defectos Típicos en Piezas Moldeadas

Es común que en moldeo por inyección se presenten diferentes problemas en relación con la calidad de las piezas, algunos de estos problemas pueden ser detectados a simple vista, como son, por ejemplo:

- Piezas incompletas.
- Piezas con rebabas.
- Huecos y zonas de alta contracción.
- Otros relacionados con su procesamiento, que provocarán que la pieza falle durante su uso aunque ésta no presente defectos apreciables a simple vista.[10]

3.9. Clasificación de coladas y entradas.

3.9.1. Sistemas de colada fría

Según DIN 24 250 se diferencia entre:

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

3.9.2. Tipos de sistemas de coladas más usuales

Los tipos de colada son fundamentales para obtener una pieza de excelente calidad y también el mejor rendimiento del sistema a continuación, se describe los tipos de coladas más comunes.

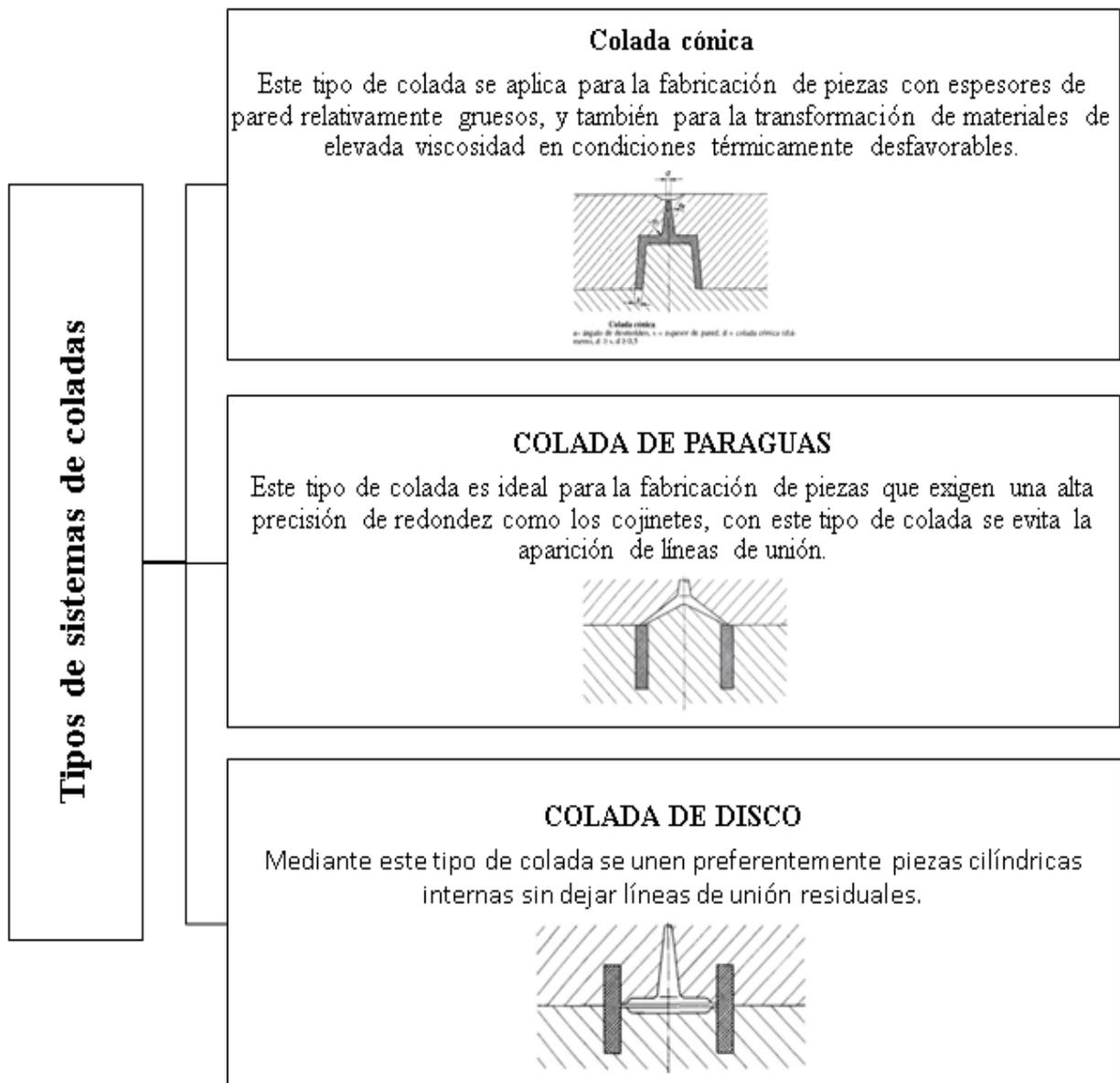


Figura 3.8. Tipos de sistemas de coladas más usuales [11].

3.9.3. Tipos de sistemas entradas frías más usuales

La entrada debe ser el más corto posible para de esta manera minimizar las pérdidas de presión y temperatura, a continuación, se describe los tipos de entradas frías más comunes.

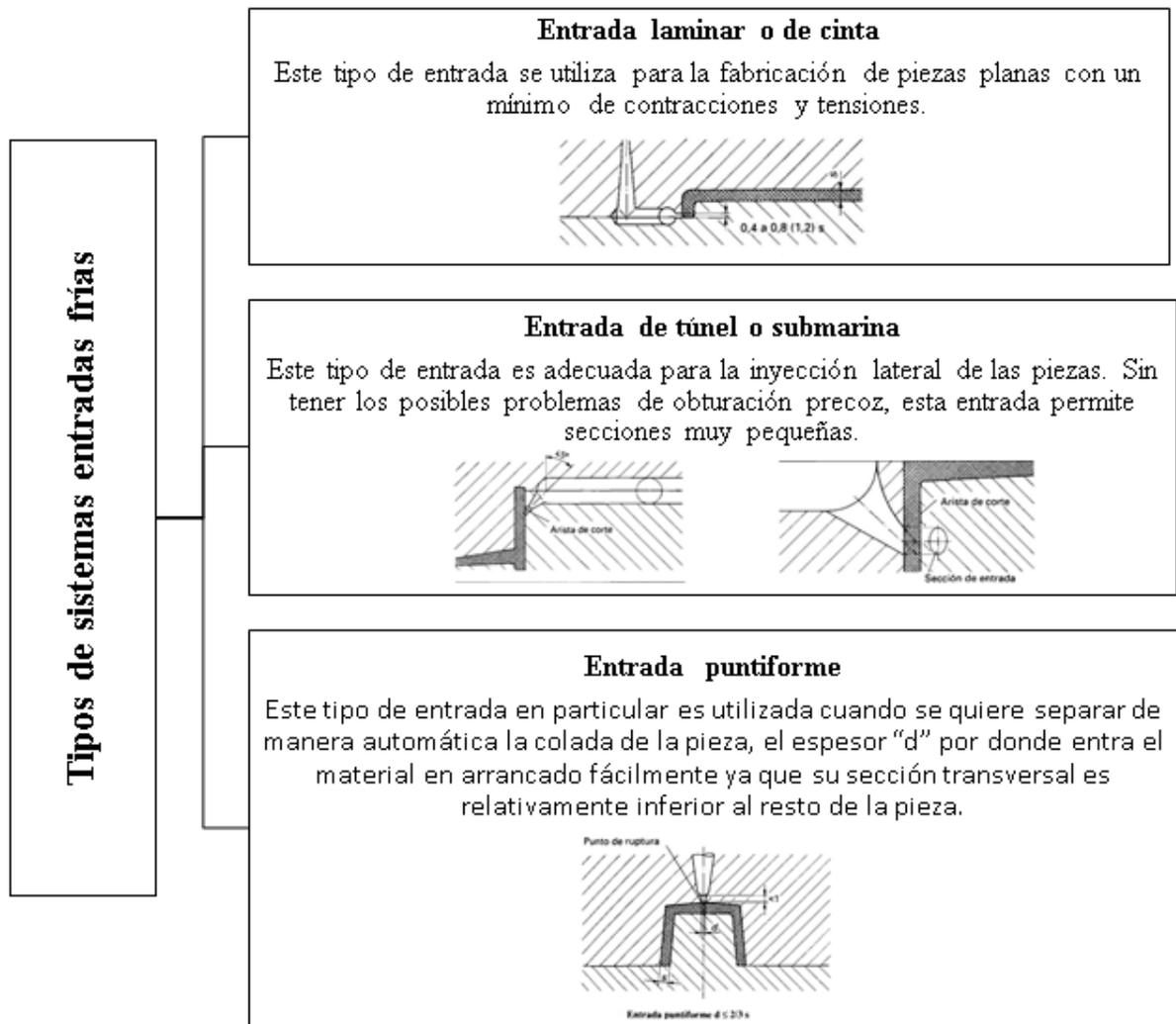


Figura 3.9. Tipos de sistemas entradas frías más usuales [11].

3.10. Control de temperatura en los moldes de inyección.

Según el tipo de plástico a inyectar, el molde se ha de calentar o enfriar. Esta finalidad la cumple el control de temperatura del molde. Para la transmisión térmica se utiliza normalmente agua o aceite, mientras que en el caso de termoestables se utiliza también un calentamiento del molde con resistencias eléctricas. Un control de temperatura óptimo es de máxima importancia. Tiene influencia directa sobre la calidad y el aprovechamiento de las piezas inyectadas. El tipo y la ejecución del ajuste de la temperatura influye en:

- La deformación de las piezas. Valido sobre todo para materiales parcialmente cristalinos,
- El nivel de tensiones propias en la pieza inyectada y su fragilidad. En caso de termoplásticos amorfos puede aumentar la formación de grietas por tensión.
- El tiempo de enfriamiento y el tiempo del ciclo.

Tabla 3.4. Rango de temperatura del molde.

Rangos de temperatura del molde para algunos termoplásticos	
Material	Rango de temperatura del molde (°C)
PEBD	10-95
PELBD	10-95
PEAD	10-95

3.11. Desmoldeo

Una vez que la pieza se ha enfriado y solidificado es necesario extraerla del molde, uno de los casos ideales sería diseñar el molde para que una vez producida la inyección y el molde se abra la pieza pueda caer por gravedad, sin embargo esto no podría suceder ya que la pieza queda retenida en el molde por posibles resaltes, tensiones internas o fuerza de adherencia hacia el macho, por lo que es necesario utilizar sistemas de expulsión, por lo general todos los sistemas de expulsión son accionados de manera mecánica aprovechando la cerrera propia del molde, sin embargo en piezas de gran tamaño y complejidad es posible que este sistema mecánico no sea suficiente y se podría utilizar sistemas de accionamiento neumático o hidráulico de necesitarse grandes fuerzas, es de gran importancia para una buena eyección que la pieza quede en la parte móvil del molde es decir la que contiene el macho ya que es la única que puede contener sistemas adicionales para su expulsión, de igual manera se debe tener sumo cuidado con la ubicación de los expulsores ya que deben ir siempre en puntos estratégicos para que no puedan dañar la geometría ni la estética de la pieza obtenida.

3.11.1. Tipos de Desmoldeo

Una vez que la pieza se ha enfriado y solidificado es necesario extraerla del molde a continuación se describe los tipos de Desmoldeo.

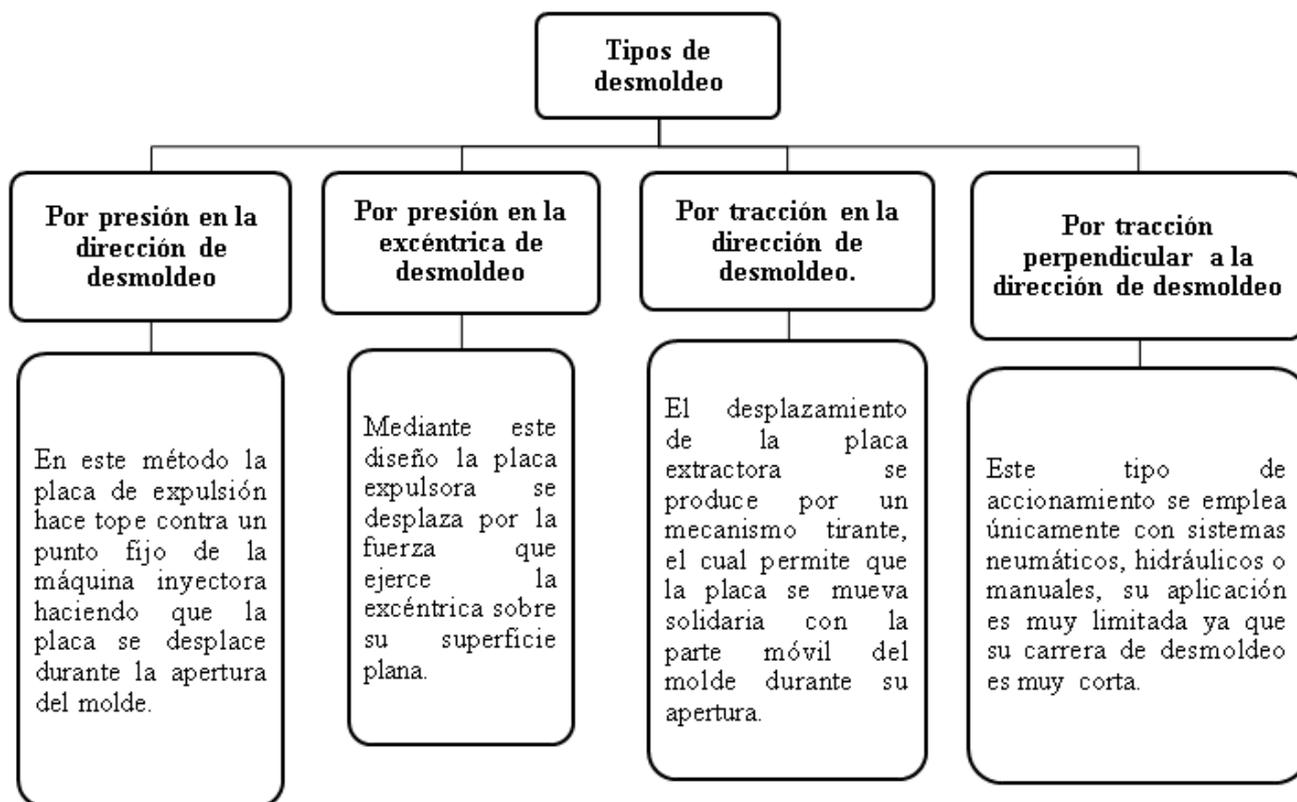


Figura 3.10. Tipos de Desmoldeo.

3.12. Tipos de contrasalidas.

El desmoldeo de piezas con contrasalidas requiere generalmente medidas técnicas constructivas en el molde, como, por ejemplo, una apertura del molde en varios niveles. Las aperturas adicionales se logran con correderas y mordazas. Los moldes con correderas pueden desmoldar contrasalidas exteriores con ayuda de:

- Columnas inclinadas,
- Correderas de curva,
- Accionamientos neumáticos o hidráulicos.

El desmoldeo de contrasalidas interiores se puede realizar con:

- Correderas inclinadas,
- Machos divididos, que son fijados o desbloqueados por el efecto cuña,
- Machos plegables, que en su estado distensado tienen medidas inferiores a las que poseen en estado abierto.

Si no es posible un desmoldeo de las rocas por medio de mordazas o correderas, o bien si la rebaba de partición molesta, se utilizan útiles de extracción por tornillo. Se aplican:

- Machos de recambio, que son extraídos del molde,

Machos o casquillos roscados que, por medio de la rotación durante el proceso de desmoldeo, dejan libres las roscas en la pieza inyectada. Su accionamiento se realiza por el movimiento de apertura del molde (husillos de rosca, cremalleras) o por medio de unidades de desenroscado especiales.

3.13 Métodos de análisis térmico

Bajo la denominación de análisis térmico se engloban un conjunto de técnicas analíticas que estudian el comportamiento térmico de los materiales. Cuando un material se calienta o se enfría, su estructura cristalina y su composición química pueden sufrir cambios.

Análisis térmico abarca al grupo de técnicas en las que se mide una propiedad física de un sistema en función de la temperatura mientras se le somete a un programa de temperatura controlado. Se pueden distinguir más de una docena de métodos térmicos que difieren en las propiedades medidas y en los programas de temperatura. Estos métodos encuentran una amplia aplicación tanto en el control de calidad como en investigación de productos farmacéuticos, arcillas y minerales, metales y aleaciones, polímeros y plásticos[12].

Los efectos del calor sobre los materiales pueden ser varios y producir cambios en muchas de sus propiedades las técnicas térmicas analíticas más sensibles para detectar transiciones asociadas al movimiento en las cadenas de los polímeros se observan en la siguiente figura.

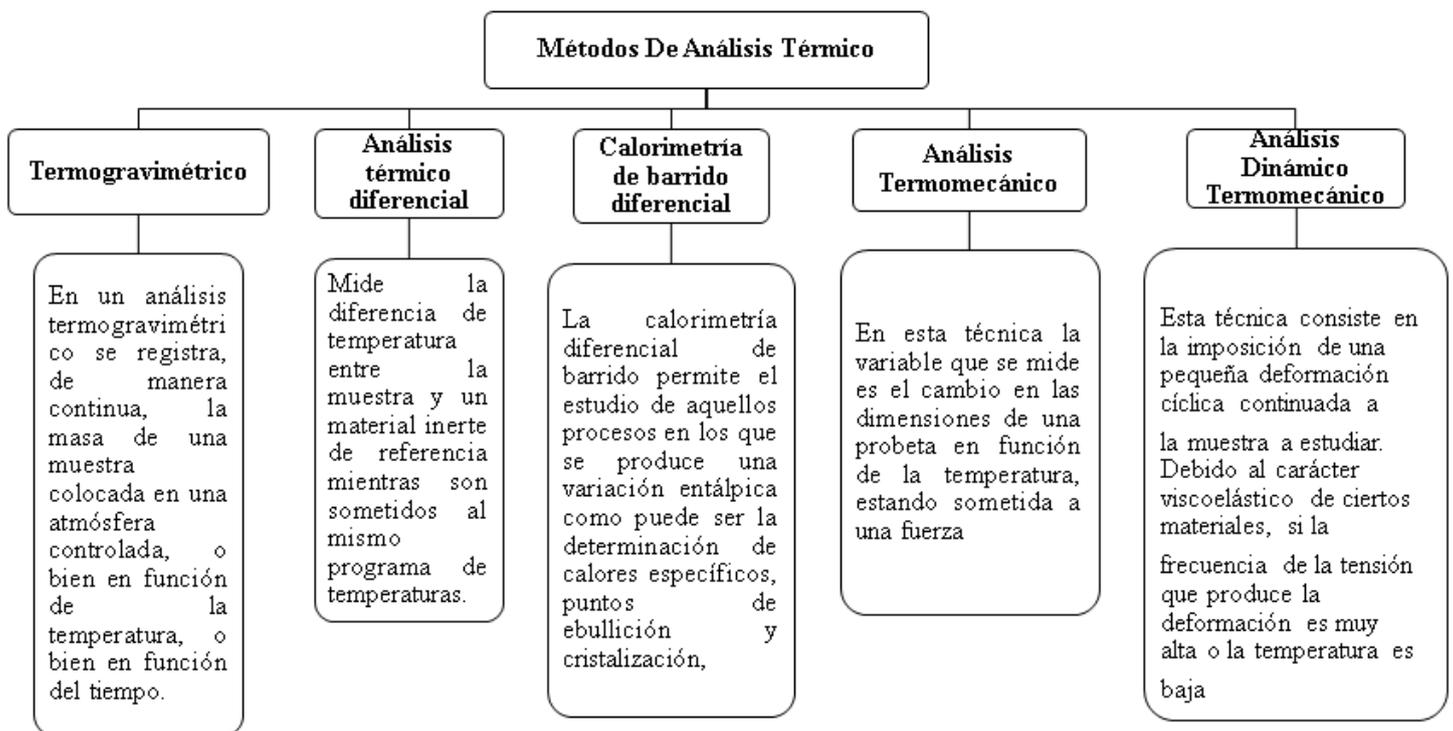


Figura 3.11: Métodos de análisis térmico

3.14 Método para el análisis de la etapa de llenado

La etapa de llenado comprende desde que el material entra en la cavidad hasta que empieza la fase de compactación. Los dos parámetros más importantes que intervienen en esta fase son la velocidad de inyección y la temperatura de inyección.

En la figura 3.12 se representa la sección de un molde que se está llenando, junto con el perfil de velocidades del material en el frente de llenado y en 2 puntos detrás del mismo. Puesto que la superficie de los moldes está perfectamente pulida se puede suponer que el frente de llenado presenta un perfil de velocidades prácticamente lineal, como el que se muestra en la figura 3.12. Conforme avanza el frente de llenado el material se enfría y aparece una capa de material solidificado sobre las paredes del molde, que recibe el nombre de capa fría. El material que circula cerca de la capa fría presentará una viscosidad alta por lo que tiende a detenerse, pero es arrastrado por el material que sigue entrando al molde a gran velocidad. Cuando este material rebasa el límite de la capa fría, si su viscosidad es suficientemente alta quedará retenido sobre las paredes del molde provocando lo que se conoce como efecto fuente (que se aprecia en la figura 3.12) que origina una fuerte orientación de las moléculas.

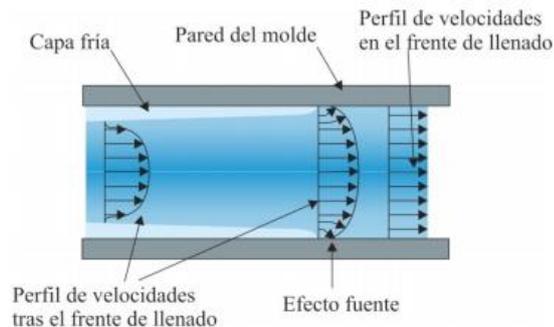


Figura 3.12: Perfil de velocidades en el frente de llenado y en 2 puntos por detrás del mismo en una sección del molde

En la siguiente figura se representan los perfiles de la velocidad de flujo, gradiente de velocidad y temperatura a través de la capa fría y del núcleo fundido en una sección de un molde que se está llenando. En las cercanías de la capa fría el material se ve sometido a un gradiente de velocidad elevado, tal como se observa en la figura 3.13. En una situación normal, la temperatura del material aumentará de forma progresiva desde la capa fría hacia el núcleo fundido. Sin embargo, si como consecuencia del gradiente de velocidad en el límite entre la capa fría y el núcleo, la cizalla es muy elevada, se puede producir un aumento local de la temperatura del material en esa zona, como se aprecia en la figura.



Figura 3.13: Perfil de velocidad de flujo, gradiente de velocidad y temperatura durante el llenado de un molde.

3.15. Materiales para moldes

La elección de la calidad del acero y del proveedor se suele hacer en la etapa de diseño a fin de simplificar y agilizar el suministro del molde. Por tanto, el material y las piezas necesarias pueden solicitarse con tiempo suficiente, logrando así planificar el trabajo de forma adecuada. No se trata siempre de una tarea fácil. En muchos casos la elección de una calidad de acero es un término medio entre las necesidades del moldista y del usuario final.

El moldista está interesado fundamentalmente en la mecanibilidad del acero, su pulibilidad y en las propiedades para el tratamiento térmico y de la superficie.

El usuario solicita un molde con buena resistencia al desgaste y a la corrosión, alta resistencia a la compresión, etc.

- **Acero para moldes más utilizado**

Los distintos tipos de acero para moldes más corrientes son:

- Acero pretemplado para moldes y portamoldes
- Acero de temple para moldes
- Acero para moldes resistente a la corrosión [14]

3.16 Proceso Diseño

Diseñar es sinónimo de crear, muchos autores han dispuesto diversas definiciones que tienen una integración de variables que intervienen en el proceso, se la define dentro de este contexto de la siguiente manera:

Una actividad multidisciplinaria que resuelve el planteamiento de un problema desde la necesidad humana a través de la transformación de la información para lograr un elemento tangible o intangible que elimina o disminuye la necesidad.

Diversidad de criterios enmarcan el concepto del diseño:

Diseñar es formular un plan para satisfacer una necesidad específica o resolver un problema [15].

Es producir un dispositivo de utilidad que sea seguro, eficiente y práctico [16].

La capacidad para imaginar una realidad no presente, de imaginar cosas en la mente, de percibir un orden, patrón, conectividad y causalidad en cosas o sistemas a través de diferentes pasos [17].

En todos los casos el diseño es un sinónimo de crear, transformar, de convertir información proveniente de una necesidad de manera metódica para que a través de la interacción de diversas ideas o criterios se tome una decisión que se convertirá en un esquema o modelo. Entonces, el diseño es un proceso dinámico e interactivo en el cual es necesario un método que permita transformar la información para dar solución a una necesidad.

Se convierte así en una ciencia metodológica con principios, prácticas y procedimientos que puede aplicarse a cualquier rama de la ingeniería u otra, cuyo fin es crear, modificar o mejorar cualquier producto del cual haga uso el ser humano. Así, es claro entender que diseño no es el producto que nace de la problemática a resolver, sino el modelo que permite que se hable del producto antes que el mismo exista.

- **Etapas del proceso de diseño**

En el proceso de diseño se han definido un conjunto de etapas (figura 3.14) que se distinguen entre sí por las tareas definidas en cada una de ellas. Diversos autores han dado sus propias definiciones, pero todos coinciden en los aspectos esenciales y etapas básicas de esta clasificación o división.



Figura 3.14. Etapas en el proceso de diseño[18].

- Definición de los requisitos o determinación del alcance del equipo o producto, sintetiza un proceso en el cual es posible delimitar el mismo.
- Establecimiento o síntesis de la estructura funcional, permite a partir de la especificación de requisitos recogidos plantear la definición correcta para el requerimiento solicitado, llámese en muchos de los casos problema o solicitud del cliente.
- Diseño conceptual, permite establecer un conjunto de soluciones como alternativas de acuerdo al requerimiento establecido.
- Diseño dimensional, en la misma se define los argumentos teóricos ingenieriles que soportan la memoria técnica de cálculo.
- Diseño detallado y construcción de prototipo, se establece la construcción de la propuesta escogida.[18]

3.17 Sistema CAE e integración CAD/CAE.

Los sistemas CAE permite el análisis de diversos fenómenos en productos con la finalidad de simularlos antes de su fabricación. Supone, en la práctica, el empleo de sistemas gráficos interactivos combinados con técnicas de modelado geométrico, análisis de estructuras, diseño y dibujo de detalles de piezas, simulación, análisis por elementos finitos y evaluación del comportamiento de los elementos diseñados.

El modelo geométrico de un producto es sin duda el elemento central dentro del concepto, todos los demás elementos del CAE utilizan esta descripción geométrica como punto de partida para su análisis y permite su interacción con los sistemas CAD como se muestra en la Figura 3.15.

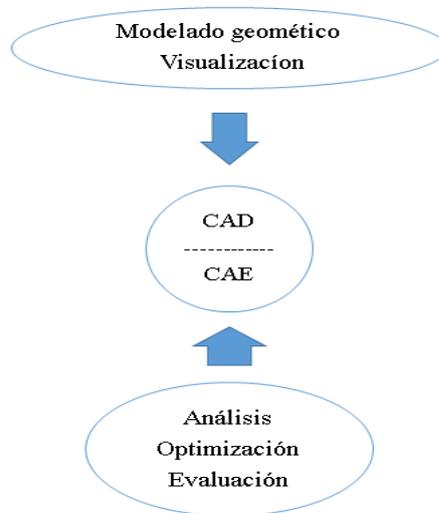


Figura 3.15. Integración sistemas CAD / CAE.

Para el análisis en sistemas CAE se utiliza el método de elementos finitos para desarrollar el análisis de una estructura o modelo. En esta técnica se emplea una malla de elementos sencillos para representar la pieza. El sistema utiliza dicha representación para determinar características impuestas por determinadas condiciones de trabajo, por ejemplo, esfuerzos y deformaciones.

El análisis dentro del punto de vista geométrico resuelve situaciones complejas con análisis térmicos, estáticos, dinámicos, esta información permite evaluar el comportamiento de dichas piezas en diversos escenarios con el fin de predecir su funcionamiento en el producto final.[18]

4. METODOLOGÍA

La presente metodología utilizara principalmente métodos cuantitativos y cualitativos inmersos en el proceso de diseño que se detalla a continuación.

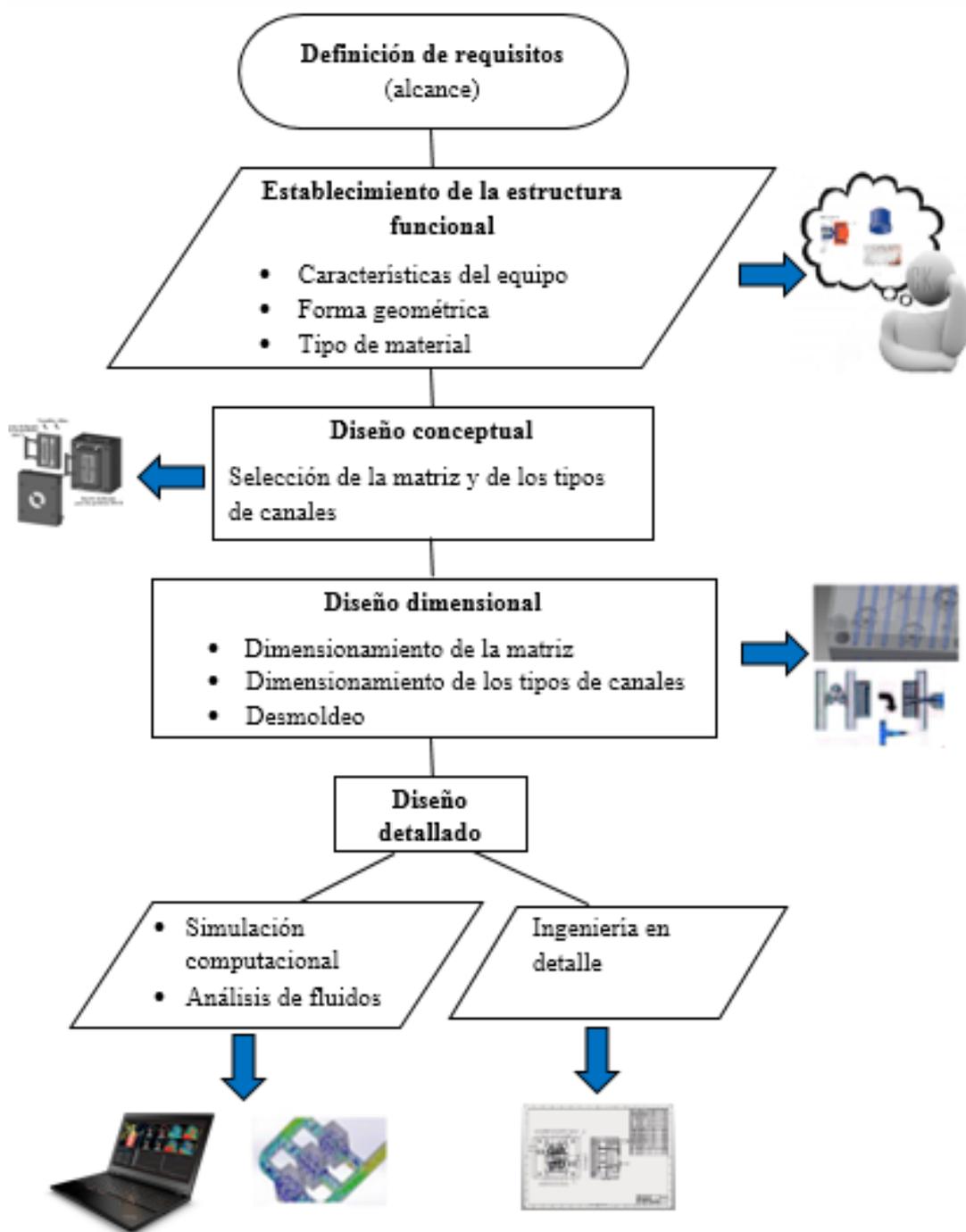


Figura 4.1. Etapas en el proceso de diseño

Para el desarrollo se utilizará principalmente el método cuantitativo, cualitativo y documental.

4.1. Definición de requisitos (alcance)

Establecer las variables de entrada y de salida para la determinación de los esfuerzos y fluidos a través de las especificaciones técnicas de la máquina.

Tabla 4.1. Variables de entrada y salida de la máquina.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
UNIDAD DE INYECCIÓN	UNIDADES
Capacidad máxima de inyección	Gr
Desplazamiento teórico	cm^3
Presión máxima de inyección	Bar
Velocidad de inyección	cm^3/seg
Capacidad calorífica total	Kw
Radio de concavidad	Mm
Diámetro - orificio de la boquilla	Mm
Selección de pieza	
Tipo del material	

- **Selección de la pieza**

En el mercado existe gran variedad de diseños y geometrías diferentes como se muestra en la figura 4.2, en la que podemos encontrar un tapón ergonómico, funcional, con volumen y espesor pequeño, y principalmente que su fabricación sea lo más sencilla y rentable posible.

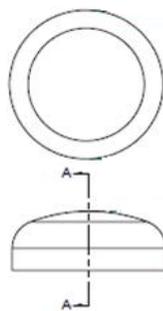


Figura 4.2. Tapón.

Fuente: [19].

- **Contracción del polímero**

Se conoce como contracción al cambio de volumen que sufre un elemento cuando su temperatura disminuye una vez que ha sufrido cambio en su forma. Es de suma importancia tener en cuenta que la razón por la cual los polímeros sufren contracciones se debe al cambio

de su densidad, que es particular para cada tipo de polímero, las contracciones se presentan en todas las direcciones del elemento inyectado y es un parámetro que debe ser tratado con suma precaución en piezas que servirán para futuros acoples o formarán parte de elementos mucho más grandes que para su ensamblaje deberán cumplir con ciertas tolerancias dimensionales y geométricas.

El material a utilizar posee su propio valor porcentual de contracción como se puede apreciar en la Tabla 4.2, el cual debe ser considerado para el diseño del molde.

Para contrarrestar la contracción que sufrirá el polímero una vez que su temperatura ha disminuido después de ser inyectado, se debe escalar los modelos con un factor según el porcentaje de contracción del material a inyectar.

Tabla 4.2. Contracción de diferentes materiales termoplásticos.

Termoplástico	Contracción %
Acrilonitrilo butadieno estireno	0,4 – 0,8
Poliacetal	0,1 – 2,3
Polimetilmetacrilato (PMMA)	0,2 – 0,7
Acetato de celulosa	0,5
Nylon 6,6	1,4 – 1,6
Policarbonato	0,6
Polietileno de baja densidad	1,5 – 3
Polipropileno	1,3 - 1,6
Poliestireno	0,4 – 0,7
PVC rígido	0,6 – 1,2
PVC plastificado	1,0 – 4,5

Fuente:[20].

4.2. Metodología cuantitativa.

Permite identificar cualidades y atributos que identifican los requisitos de la matriz, a través de este método se definirán los requisitos que se adjunta en el (añexo1).

4.3. Metodología cualitativa

A través de estos instrumentos y ecuaciones será posible desarrollar diversas etapas del diseño.

4.3.1. Diseño conceptual

Se utilizará una tabla de valoración cuantitativa para poder definir el concepto de la matriz, tipos, canales de enfriamiento y material. (Anexo 2)

- **Bosquejo de la estructura de la matriz**

Teniendo en cuenta las especificaciones dimensionales de la máquina inyectora se realiza un bosquejo en 2 dimensiones de las placas y elementos que conformarán la matriz para conocer sus medidas y disposición aproximadas dentro del conjunto para poder realizar posteriormente cálculos y definir si son adecuados para la construcción, véase la Figura 4.3.

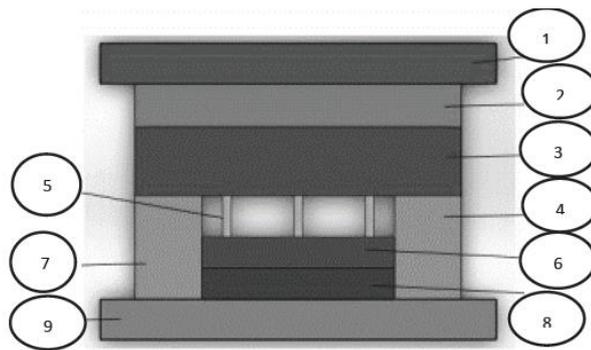


Figura 4.3. Bosquejo de la matriz.

1. Placa base fija 2. Placa portamolde fija 3. Placa portamolde móvil 4. Paralela 5. Expulsores 6. Placa de expulsión guía 7. Paralela 8. Placa de expulsión base 9. Placa base móvil

Fuente: [8].

4.3.2. Diseño dimensional

Se utilizará un sistema de ecuaciones que han permitido a través de la teoría consolidar el dimensionamiento de la matriz, y que se plantea a continuación.

- **Número de cavidades**

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, la misma influirán directamente en la determinación de este valor.

$$Fn = \frac{Sv}{Av} \quad \text{Ec. (4.1)}$$

Donde:

- **F_n** = Número de cavidades.
- **S_v** = Capacidad máxima de inyección de la máquina (volumen).
- **A_v** = Volumen de la pieza a inyectar.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{Ec. (4.2)}$$

$$S_v = V \quad \text{Ec. (4.3)}$$

Donde:

- **ρ** = Densidad del material $\rightarrow \text{Kg/m}^3 \rightarrow \text{gr/cm}^3$, el cual se puede apreciar en el anexo 3.
- **m** = cantidad de masa posible a inyectar.
- **V** = Volumen posible a inyectar.

- **Calculo de factor de escala:**

El factor de escala es la cantidad de material en el molde que se contrae o expande al solidificarse. El factor de escala depende del tipo de material utilizado y de la forma del molde, expresándose como un porcentaje del tamaño lineal de la pieza de diseño.

$$fs = \frac{1}{1 - \left(\frac{\%}{100}\right)} t \quad \text{Ec. (4.4)}$$

Donde

- **F_s**=factor escala de la pieza a inyectar.
- **%**=porcentaje de contracción según el material, el cual se puede apreciar anexo 4.
- **Número de 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.

Distancia entre barras=Características de la máquina inyectora.

Las dimensiones del molde deben ser menores a la distancia entre barras de la inyectora debido al radio de las barras, por tal motivo resulta necesario distribuir adecuadamente las cavidades en el molde.

- **Cálculo de bebedero**

El bebedero cónico es del tipo más antiguo y simple de canal de entrada, que ofrece menor resistencia al flujo. Para que la boquilla de la inyectora quede centrada sobre el orificio de entrada, la superficie del bebedero suele tener una concavidad que permite acomodar la punta esférica de la boquilla, como se aprecia en la Figura 4.4.

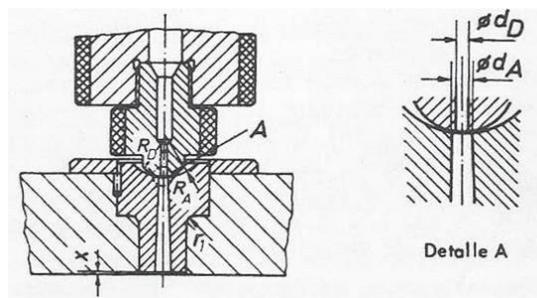


Figura 4.4. Bebedero.

Fuente:[8].

$$R_D + 1 \leq R_A [mm] \quad \text{Ec. (4.5)}$$

$$d_D + 1 \leq d_A [mm] \quad \text{Ec. (4.6)}$$

Dónde:

- **RD** = Radio de la boquilla de inyección de la inyectora.
- **DD** = Diámetro del orificio de la boquilla de la inyectora.
- **RA** = Radio de la boquilla de la matriz.
- **DA** = Diámetro del orificio de la boquilla de la matriz.

El ángulo de conicidad del canal del bebedero no ha de ser menor de 1 a 2°. El extremo ha de estar ligeramente redondeado con un radio de 1 a 2 mm para evitar un canto agudo, entre la mazarota y la pieza.

El orificio del bebedero debe estar terminado con un pulido brillante para evitar dificultades de desmolde.

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

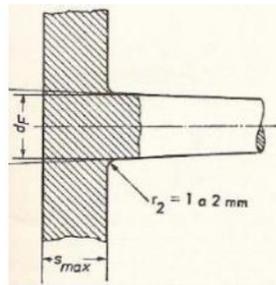


Figura 4.5. Diámetro mayor del bebedero.

Fuente:[8].

$$S_{max} + 1.5 = dF \quad \text{Ec. (4.7)}$$

Donde:

- dF = Diámetro mayor del bebedero.
- S_{max} = Espesor máximo de la pieza.

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

$$L = \frac{dF - dA}{2 * \tan \alpha} \quad \text{Ec. (4.8)}$$

Donde:

- dF = Diámetro mayor del bebedero.
- dA = Diámetro menor del bebedero.
- L = Longitud del bebedero.
- α = Ángulo de conicidad.

4.3.2.1. Selección del tipo de canales

- **Canales de distribución**

Los canales de distribución conducen el material plastificado desde el bebedero hasta las cavidades es por esto que es de gran importancia el dimensionamiento de los canales.

El canal circular cumple con la condición de mantener mínima la relación de superficie/volumen, con este canal se produce mínimas pérdidas de calor y rozamiento permitiendo que la colada llegue rápidamente a las cavidades con una presión adecuada

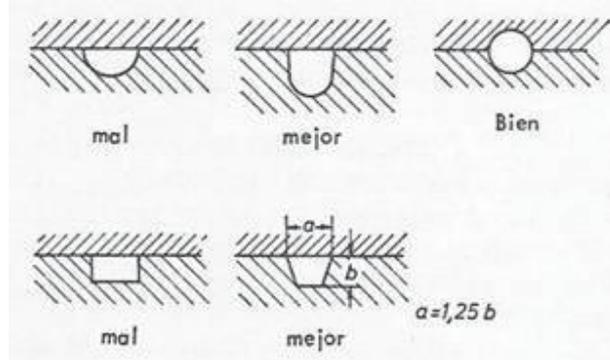


Figura 4.6. Secciones de canales.

Fuente:[8].

De acuerdo a la recomendación de la Tabla 4.4 se escogerá un diámetro para lo cual se tomará 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.

Tabla 4.4. Diámetros de canales recomendados para sistemas de colada fría.

Material	Diámetro	
	In	Mm
ABS	0.187-0.375	4.7-9.5
Acetal	0.125-0.375	3.1-9.5
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: [21].

$$d_2 = S \max + 1.5 = 0.7 * d_1$$

$$d_2 = 0.7 * d_1$$
Ec. (4.9)

Para la altura de la sección

$$h = \frac{2}{3} d_2$$
Ec. (4.10)

- **Canales de estrangulamiento o entradas**

Para calcular la sección de los canales de estrangulamiento se usa una sección rectangular por lo que se tiene que para el cálculo del canal estrangulamiento se elige generalmente $f = 0,07F$, y para L una longitud entre 0,25 y 3 mm.

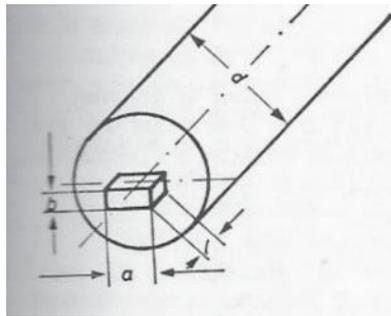


Figura 4.7. Canal de estrangulamiento rectangular.

Fuente:[8].

$$F = \frac{\Pi d^2}{4}$$
Ec. (4.11)

$$f = 0.07 * F$$
Ec. (4.12)

$$f = a * b$$
Ec. (4.13)

$$a = 3 * b$$
Ec. (4.14)

$$f = 3 * b^2$$
Ec. (4.15)

$$K = \frac{f}{I * \sqrt{L}}$$
Ec. (4.16)

Dónde:

- **F** = Sección del canal de distribución.
- **d** = Diámetro del canal de distribución seleccionado.

- **f** = Sección del canal de estrangulamiento.
- **a** = Ancho del canal de estrangulamiento.
- **b** = Altura del canal de estrangulamiento.
- **k** = Constante, longitudes de los canales de estrangulamiento tiene que ser iguales.
- **Salida de aire**

Cuando se empieza a llenar el molde, la masa tiene que desplazar el aire que se encuentra en el mismo. Si este aire no tiene posibilidades de salida queda comprimido en las líneas de unión de flujo, produciendo quemaduras en la pieza.

Para la salida del aire no se precisan medidas especiales ya que puede escapar por la partición o por los botadores. Por lo general para la salida de aire se usa las siguientes dimensiones, tal como se muestra en la Figura 4.6.

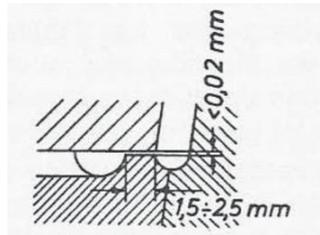


Figura 4.8. Salida de aire.

Fuente:[8].

4.3.2.2. Sistema de Desmoldeo

- **Determinación de la fuerza de cierre**

La fuerza de cierre es la fuerza efectuada por la máquina necesaria para cerrar el molde contraponiendo la presión efectuada por el material inyectado.

Los parámetros necesarios para el cálculo de la fuerza de cierre son:

$$F_i = A * P_i \quad \text{Ec. (4.17)}$$

Donde:

- **F_i**= Fuerza de inyección.
- **A**= Área proyectada de la pieza.
- **P_i**= Presión interior en el molde.

- **Área Proyectada**

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

$$A = \Pi * r^2 \quad \text{Ec. (4.18)}$$

$$A = \frac{\Pi * r^2}{2} \quad \text{Ec. (4.19)}$$

$$A = b * a \quad \text{Ec. (4.20)}$$

$$AT * N^\circ \quad \text{Ec. (4.21)}$$

Donde:

- N° =número de cavidades a utilizar.
- **Longitud del recorrido del flujo**

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

$$LR = L1 + L2 + L3 \quad \text{Ec. (4.22)}$$

- **Presión interna en la cavidad del molde**

El nomograma del anexo 5 se utiliza para conocer la presión que se genera en el interior de la cavidad del molde, partiendo del espesor medio de la pared y de la longitud del recorrido del flujo calculado anteriormente.

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

- **Cálculo del tiempo de enfriamiento**

El tiempo de enfriamiento hace referencia a la cantidad de tiempo que se necesita una vez que el molde se encuentra lleno del material fundido, para que la pieza requerida alcance una rigidez adecuada y se encuentre lista para ser expulsada de la cavidad. Debido a que en el proceso de

enfriamiento existe una limitada convección de calor, el diámetro que se elige para este sistema juega un papel fundamental.

- θ_M = Temperatura de elaboración o de plástico.
- θ_W = Temperatura del molde.
- θ_E = Temperatura de desmoldeo.
- α = Difusividad térmica del material a ser inyectado.
- s = Espesor de la pared de la pieza.

En el anexo 6, se puede mostrar los diferentes rangos de temperaturas ya definidas para el material seleccionado, dichas temperaturas nos ayudaran a determinar el tiempo de enfriamiento según el nomograma que se encuentra en el anexo 7, 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:

$$\bar{T} = \frac{\theta_M - \theta_W}{\theta_E - \theta_W} [^{\circ}C] \quad \text{Ec. (4.23)}$$

Donde:

- θ_M = Temperatura de elaboración o de plástico.
- θ_W = Temperatura del molde.
- θ_E = Temperatura de Desmoldeo.

A continuación, se calcula la difusividad térmica del material seleccionado.

$$\alpha = \frac{k}{\rho * C_p} \quad \text{Ec. (4.24)}$$

Donde:

- α = Difusividad térmica del material.
- k = Conductividad térmica del material.
- C_p = Calor específico del material.
- ρ = Densidad del material.

Una vez conocido la difusividad térmica del material y T se procede a calcular el tiempo de enfriamiento utilizando el nomograma del anexo 7.

Primero se traza una línea que va desde la difusividad térmica calculada hasta el eje vertical que representa el espesor máximo de la pieza requerida (línea azul), la línea trazada corta con la penúltima línea del lado derecho del nomograma obteniendo así un punto cruce entre la línea

trazada y la línea auxiliar.

De este punto se traza una nueva línea hacia la temperatura obtenida con la fórmula 4.23 (T), consiguiendo así un nuevo corte entre la línea de color rojo y el eje vertical del tiempo de enfriamiento.

- **Cálculo de calor requerido a transferir**

Una vez conocido el tiempo de enfriamiento, se procede a calcular la cantidad de calor total a transferir en el sistema de refrigeración, estos ayudan a determinar el calor removido en el molde de acuerdo al polímero a inyectar y la rapidez de la transferencia de calor removido en el sistema de refrigeración respectivamente. [22]

$$Q_{\text{mold}} = m_{\text{mold}} * C_p(T_{\text{plás}} - T_{\text{exp}}) \quad \text{Ec. (4.25)}$$

Donde:

- Q_{mold} = Calor removido.
- m_{mold} = masa de la pieza a inyectar.
- C_p = Calor específico del polímero.
- $T_{\text{plás}}$ = Temperatura del plástico = θM .
- T_{exp} = Temperatura de expulsión del plástico = θE .

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, así como la densidad del polímero utilizado.

$$m = \rho * V \quad \text{Ec. (4.26)}$$

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

$$Q_{\text{sist}} = \frac{Q_{\text{mold}}}{t} \quad \text{Ec. (4.27)}$$

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

$$Q = \frac{Q_{\text{sist}}}{p_{\text{ref}} * C_{p_{\text{ref}}} * \Delta T_{\text{ref}}} \quad \text{Ec. (4.28)}$$

Donde:

- C_{pref} = Calor específico del agua a $9^{\circ}C = 4175 \text{ kJ}/(\text{kg} * \text{k})$.
- ρ_{pref} = Densidad del agua $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$.
- ΔT_{pref} = Variación de temperatura del agua = $2^{\circ}K$.
- **Cálculo de los diámetros de los canales de refrigeración**

Para que la transferencia de calor sea eficaz desde el molde al refrigerante, se requiere un flujo turbulento del agua (refrigerante), por lo cual si el diámetro de los canales de refrigeración es sobredimensionado la velocidad con la que atravesaría el refrigerante sería laminar, lo que disminuiría la eficiencia del atemperamiento del 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, pero al imponerse esta variable ($Re=2300$) se despeja el diámetro para conocer la dimensión de los canales de refrigeración.

$$Re = \frac{\rho_{pref} * Q}{\Pi * \mu_{pref} * D} \geq 2300 \quad \text{Ec. (4.29)}$$

Donde:

- **Re**= Número de Reynolds[23].
- ρ_{pref} = Densidad del agua= $1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.
- **D**= Diámetro de los canales de refrigeración.
- μ_{pref} = Viscosidad del agua= $1 \text{ CP} = 0.001 \text{ Pa.s}$.
- **Disposición de canales de enfriamiento**

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 4.8, se puede apreciar una forma de distribución en función del diámetro, por lo que se tiene las ecuaciones (4.30) y (4.31), las mismas que influirán en el siguiente cálculo.

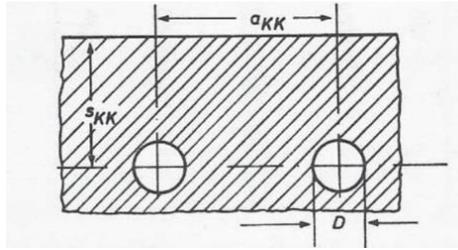


Figura 4.9. Disposición de los canales de enfriamiento.

Fuente:[8].

$$a_{KK} \approx (2.5a3.5)D \quad \text{Ec. (4.30)}$$

$$s_{KK} \approx (0.8a1.5)a_{KK} \quad \text{Ec. (4.31)}$$

Dónde:

- **D** = Diámetro del canal de enfriamiento.
- **a_{KK}** = Distancia entre canales.
- **s_{KK}** = Distancia entre el canal y la pared de la matriz.
- **Sistema de expulsión**

El sistema de expulsión más conocido es el que opera con varillas expulsoras que separan la pieza del núcleo.

La tabla muestra los sistemas de expulsión más utilizados, según las características de trabajo.

Tabla 4.5. Tipos de sistema de expulsión.

Tipo	Uso
Sistema de expulsión anular.	Piezas pequeñas.
Sistema de placa expulsora.	Piezas con simetría de rotación.
Sistema de Desmoldeo simultáneo en varios planos.	Piezas grandes y profundas
Sistema de eyectores de plato.	Piezas profundas.

Fuente:[24].

- **Configuración de las varillas expulsoras**

Se utilizan varillas expulsoras o pernos de empuje nitruradas o templadas, según sea el tipo de utilización.

El diseño de las varillas varía según la aplicación y se tiene la siguiente clasificación según la figura 4.9:

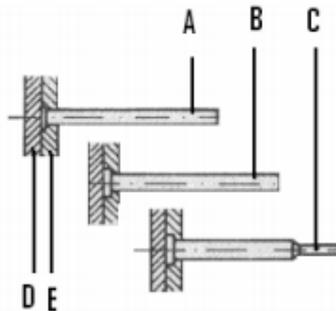


Figura 4.10. Representación esquemática de varias varillas de expulsión.

Fuente:[8].

- 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 utilizan 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.

Se debe prestar atención en el diámetro de perno expulsor, ya que si éste es demasiado delgado pueden existir problemas de inestabilidad.

Para una aproximación rápida se puede recurrir a la tabla 4.6.

Tabla 4.6. Valores comunes de diámetros de varillas en relación con la longitud.

Diámetro de la varilla d (mm)	Longitud de la guía (mm)
1 a 3	Porox.(8 a 4) d
3 a 5	Porox.(4 a 3) d
5	Porox.(3 a 2,5) d

Fuente:[8].

- **Tiempo de ciclo**

Este tiempo puede determinarse mediante la siguiente ecuación:

$$tk = tLl + tR + T \quad \text{Ec. (4.32)}$$

Donde:

- tL = Tiempo de llenado.
- tR = Tiempo de reseteo.
- T = Tiempo de enfriamiento.

- **Tiempo de llenado**

El tiempo de llenado se lo puede determinar mediante un nomograma que se puede apreciar en el anexo 8, 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.

- **Tiempo de reseteo**

Este tiempo puede ser determinado mediante:

$$tR = 1.75 * td * \left(\frac{2 * j + 0.05}{Lj} \right)^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ec. (4.33)}$$

Donde

- Factor para compensar la diferencia de temperaturas entre la apertura y el cierre del molde=**1.75**.
- td = Tiempo de secado = anexo 9.
- j = Máxima profundidad de la cavidad.
- Factor para compensar la altura de la pieza a inyectar=**0.05**.
- Lj = Máxima apertura del molde.

4.3.3. Diseño detallado

Se utilizará para validación de resultados, factores de seguridad, detalle de proceso de ensamble y fabricación, y otros, sistemas computacionales que representaran los procesos CAD y CAE.

A través del sistema de elementos finitos se aproximará al comportamiento térmico, de fluidos.

- **Selección del software**

Considerando que existen diversos softwares para simular con objetivo de mejorar y contribuir a la resolución de los problemas de ingeniería para ello dicho software tendrá las siguientes características:

- Diseño de modelos y ensamblajes.
- Utilizan los datos de CAD en 3D.
- Evalúa esfuerzos de trabajo.
- Análisis de fluidos.

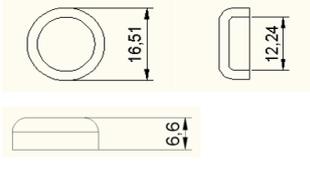
4.4. Método documental

A través de este fue posible concebir y estructurar, la teoría y variables del equipo, se utilizaron fuentes bibliográficas y digitales.

5. RESULTADOS

Los resultados están establecidos de acuerdo al orden cronológico, principalmente el alcance que se detalla a continuación.

Tabla 5.1. Datos para el dimensionamiento de la matriz.

ALCANCE		
Capacidad máxima de inyección		11.34 (gr)
Presión máxima de inyección		25MPa
Diámetro - orificio de la boquilla		3(mm)
Distancia ente barras		250 x113 mm
Selección De Pieza	Volumen de la pieza	0.81 (cm ³)
	Masa	0.74(g)
	Dimensión de la pieza	
Material		Polietileno de baja densidad (PE-LLD)

Selección de la Pieza

Se utiliza como pieza a moldear un tapón para tapicería, el cual cumple la función de cubrir la cabeza de los tornillos, dar un mejor aspecto, no daña los recubrimientos de una superficie, da una buena estética, etc. Se elige este tapón debido a que este no se lo realiza con los debidos estándares de calidad, por lo que este presenta varios defectos como son: piezas incompletas, hundimientos, rebabas y rechupes. Debido a estos defectos se presenta pérdidas de producción.

Selección del material

La simulación se realizará con dos tipos de materiales los cuales son el polietileno de baja densidad y el polipropileno se ha escogido estos dos materiales debido a que sus propiedades son adecuadas para la fabricación de productos en especial el polietileno de baja densidad que tiene ventajas sobre el polipropileno las cuales son: buena flexibilidad, tiene mayor elasticidad e incluso es más barato.

- **SELECCIÓN DE LA MATRIZ**

Según las diferentes alternativas y las características geométricas de la pieza, la matriz se determina en base a la tabla 5.2.

Tabla 5.2. Calificaciones para el dimensionamiento de la matriz.

Alternativas de Moldes	Dos placas	Mordazas	Extracción por segmento	Tres placas	Pisos	Canal caliente
Precio	2	-	5	4	-	5
Tiempo de ciclo.	2	-	3	5	-	3
Pieza pequeñas	1	1	-	1	1	1
Pieza grandes	1	1	1	1	1	1
El uso	5	2	2	2	2	2
Dificulta en hacer	2	3	3	4	3	5
Valoración	65%	30%	70%	85%	35%	80%

Se ha seleccionado de acuerdo a la tabla de valoración del anexo 2 teniendo en cuenta que se escoge el rango de valoración más bajo, donde se descarta los moldes de mordaza y de pisos debido a su utilización manual, de este modo se selecciona la matriz de dos placas siendo la más eficiente de acuerdo a las características que ofrece, precio bajo, tiempo de ciclo bajo, se puede hacer piezas grandes y pequeñas, es el más usado y es el molde más sencillo de hacer.

En la figura 5.1. Se muestra el tipo de matriz que se va a utilizar, se plantea la matriz de dos placas con sus respectivas partes.

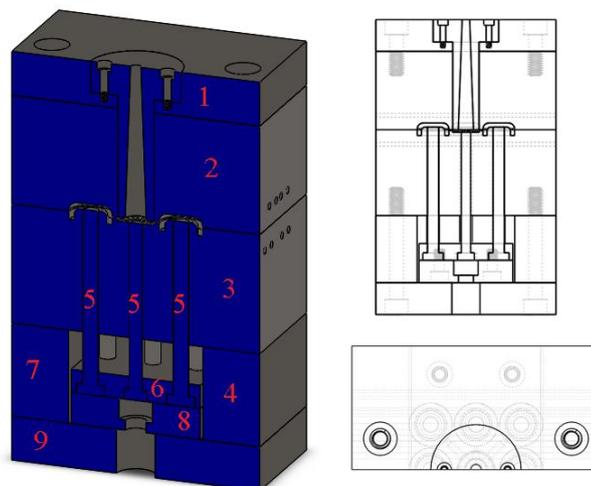


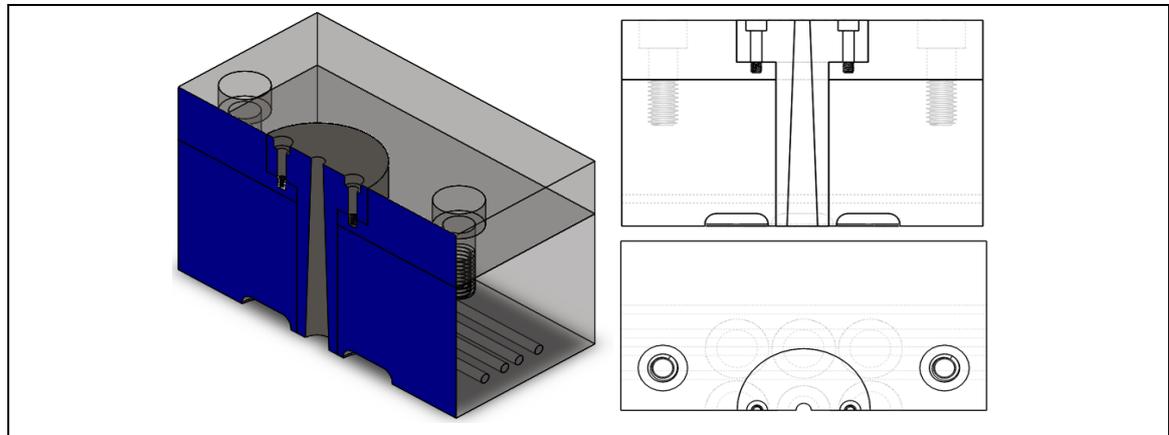
Figura 5.1. Partes de la matriz.

1. Placa base fija
2. Placa portamolde fija
3. Placa portamolde móvil
4. Paralela
5. Expulsores
6. Placa de expulsión guía
7. Paralela
8. Placa de expulsión base
9. Placa base móvil

- **DIMENSIONAMIENTO DE LA MATRIZ**

Una vez realizado el dimensionado de la pieza y establecido el tipo de matriz que se va a utilizar, se realizan los cálculos para el dimensionamiento de la matriz.

Tabla 5.3. Dimensionamiento de la matriz.

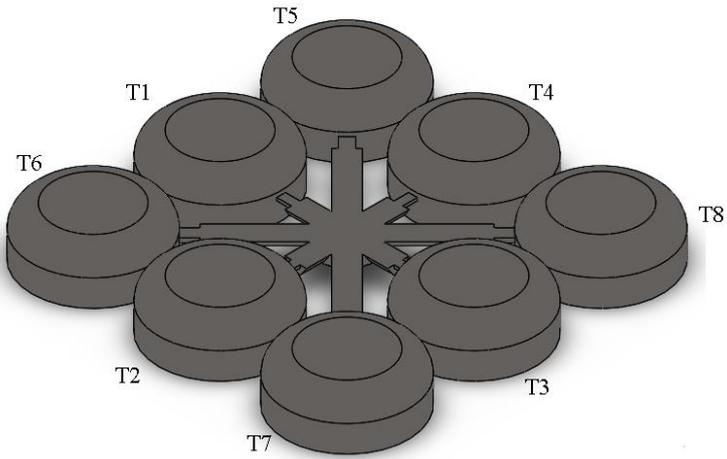


Descripción	Ecuaciones	Dimensión	Uso
Número máximo de cavidades	Ec. (4.1) Ec. (4.2) Ec. (4.3)	15	(Opcional)
Factor escala	Ec. (4.4)	1.02	Obligatorio
Cavidades a realizar	Dato de la empresa	8 Cavidad	Obligatorio
Radio de la boquilla de la matriz	Ec. (4.5)	0mm	Dependiendo de la boquilla curva y plana
Diámetro del orificio de la boquilla de la matriz	Ec. (4.6)	4mm	Obligatorio
Diámetro mayor del bebedero	Ec. (4.7)	8.1mm	Obligatorio
Longitud del bebedero	Ec. (4.8)	59mm	Obligatorio

- **DIMENSIONAMIENTO DE LOS CANALES**

De acuerdo a la recomendación de la Tabla 4.4 se toma en cuenta algunos factores que se estableció para el dimensionamiento de estos.

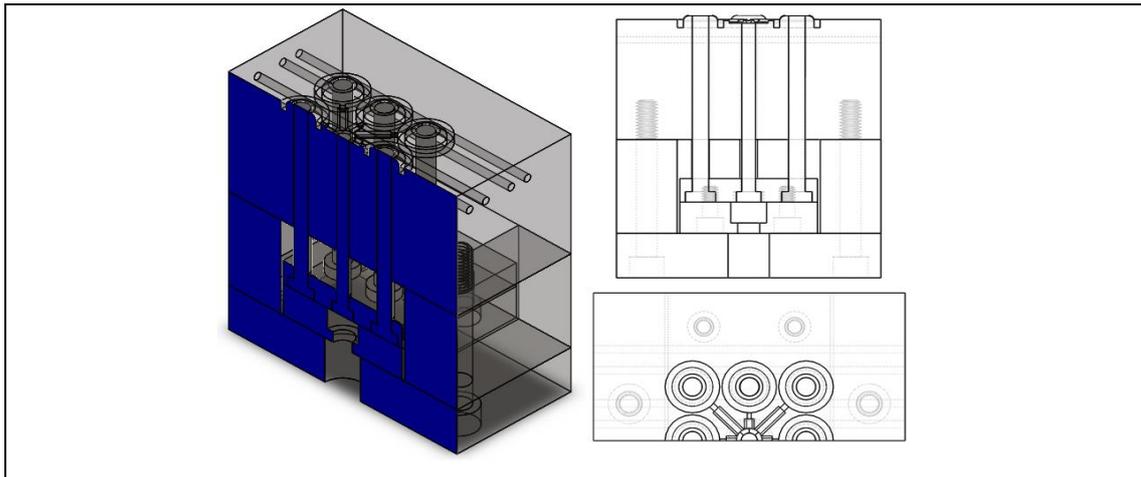
Tabla 5.4. Dimensionamiento de los canales.

			
Descripción	Ecuaciones	Dimensión	Uso
Canales de distribución	Ec. (4.9)	2.1mm	Se usará en ocasiones de dos o más pizzas.
Altura de selección	Ec. (4.10)	1.4mm	
Longitud del canal de estrangulamiento	Escoge 0,25 a 3	2mm	
Altura del canal de estrangulamiento tapa 1,2,3,4	Ec. (4.15)	0.4mm	
Ancho del canal de estrangulamiento tapa 1,2,3,4	Ec. (4.14)	1.2mm	
Altura del canal de estrangulamiento tapa 5,6,7,8	Ec. (4.16) Ec. (4.15)	0.6mm	
Ancho del canal de estrangulamiento tapa 5,6,7,8	Ec. (4.14)	1.7mm	

- **SISTEMA DE DESMOLDEO**

En este punto se define los resultados obtenidos de los cálculos emplazados para el sistema de Desmoldeo.

Tabla 5.5. Desmolde.



Descripción	Ecuaciones	Dimensión	Uso
Fuerza de cierre	Ec. (4.17) Ec. (4.22)	4.85Tnf	Obligatorio
Área proyectada	Ec. (4.18) Ec. (4.19) Ec. (4.20) Ec. (4.21)	2555.52mm ²	Obligatorio (para cálculo de la fuerza de cierre)
Tiempo de enfriamiento	Ec. (4.23) Ec. (4.24)	46s	Obligatorio
Calor requerido	Ec. (4.25) Ec. (4.26)	41.13W	Dependiendo del tamaño de la piza y la cantidad de piezas se utilizará los canales de enfriamiento.
Caudal del refrigerante	Ec. (4.27) Ec. (4.28)	1.97x10 ⁻⁵ m ³ /s	
Diámetros de los canales de refrigeración	Ec. (4.29)	2.7mm	
Canales de enfriamiento	Ec. (4.30) Ec. (4.31)	6.8mmx7.8mm	
Tiempo de llenado	Ec. (4.32) Ec. (4.33)	51.18s	Obligatorio

- **Configuración de las varillas expulsoras**

Los expulsores son los encargados de desmoldear las piezas inyectadas, la presión superficial sobre la pieza a expulsar debe ser la mínima posible para evitar deformación.

El tipo de expulsor escogido es el de varilla de cabeza cónica y vástago cilíndrico. Se utilizan cuando no hay especiales exigencias en cuanto a la transmisión de fuerza, se emplean con un diámetro de 10 mm según recomendaciones de la figura 4.9 inciso A.

- **SELECCIÓN DE LAS PLACAS**

Como criterio de selección de las placas, hay que tener en cuenta el tamaño del plato de la máquina inyectora, así como las dimensiones de la pieza para el cajeadado interior en las placas porta cavidades. El tamaño de las placas no puede superar el tamaño del plato de la máquina inyectora. Por otra parte, en cada una de las placas, se selecciona el espesor necesario de cada una de ellas que sea conveniente para la fabricación de la pieza.

Estas placas se seleccionan de acuerdo al catálogo que se encuentra en el anexo 11.

- **Placa base fija**

Para la elección de esta según Carlos García Abellán[25], se escoge dentro de las distancia entre barras de la máquina menos el diámetro de la barra y la posibilidad del catálogo que se encuentra en el anexo 11.

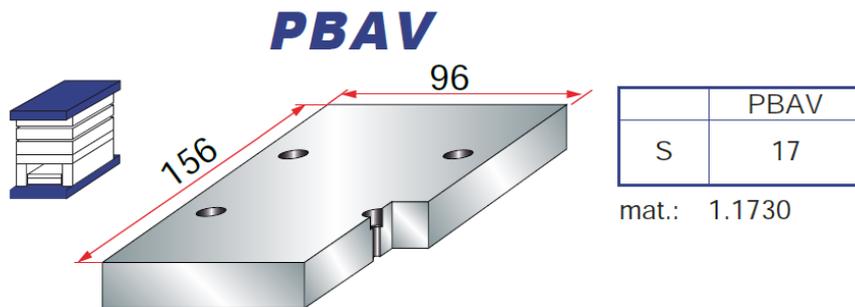


Figura 5.2. Placa base fija.

$$distancia_entre_barras = 250x113$$

$$diámetro_de_barras = 17mm$$

$$Placa = distancia_entre_barra - diámetro_de_barras = 233x96mm$$

Por tanto, como no hay placas de 233x96mm, se escoge la de 156x96mm solo para la placa de base fija y móvil.

- **Placa porta molde fija y móvil**

Para la selección de estas placas, no se realizan cálculos de resistencia. Consultando el catálogo ubicado en el anexo 11, se ha elegido la placa porta-cavidades con espesor (S) = 46.

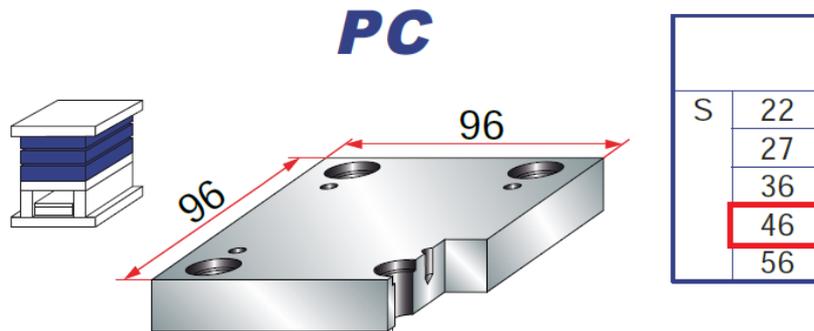


Figura 5.3. Placa porta molde fija.

La elección de este espesor viene justificada por la longitud del bebedero y el espesor de placa base fija.

$$SPBF = 17mm$$

$$L_{bebedero} = 59mm$$

$$L_{caño} = L_{bebedero} - SPBF = 42mm$$

$$Placa = 42mm$$

Por tanto, como no hay placas de 42mm, se escoge la de 46 mm.

- **Paralelas**

Para seleccionar las paralelas, se recomienda comenzar con el primer espesor disponible. Con esto, se seleccionan las paralelas de 36 mm mediante el catalogo del anexo 11.

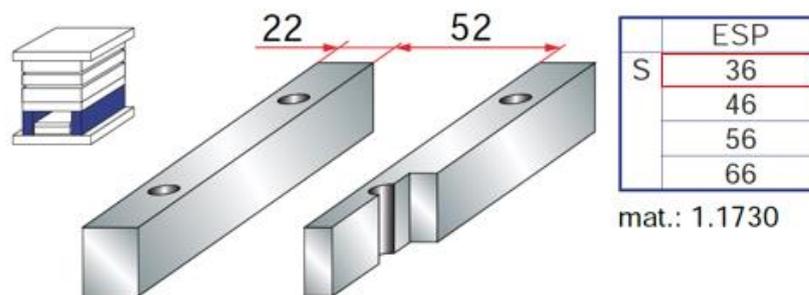


Figura 5.4. Paralelas.

- **Placas expulsoras**

Para la selección de las placas porta expulsores no ha sido necesario realizar cálculos. Se seleccionan mediante catálogo que se encuentra en el anexo 11.

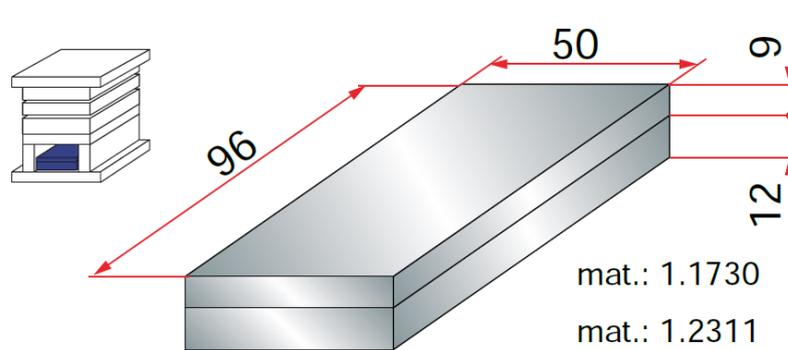


Figura 5.5. Placas expulsoras.

- **Placa base móvil**

Esta placa tiene las dimensiones iguales a las de la base fija. Para la elección de esta placa no es necesario realizar ningún cálculo, se escoge dentro de las posibilidades del catálogo ubicado en el anexo 11.

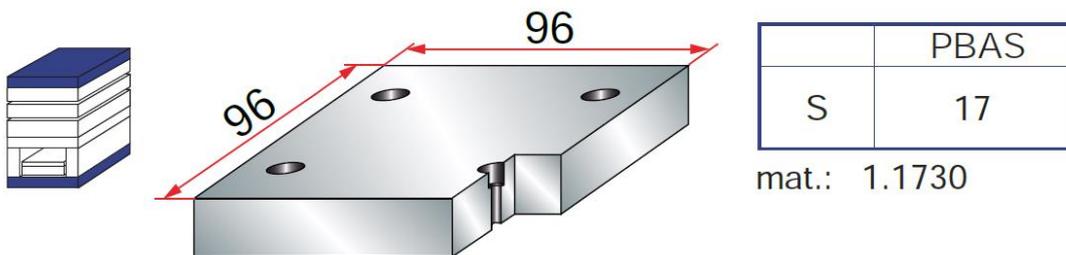


Figura 5.6. Placa base móvil.

- **Materiales para construcción del molde**

En la tabla 5.6, se detalla los materiales utilizados para cada una de las partes del molde tanto en su designación normalizada como en su designación comercial.

Tabla 5.6: Materiales para construcción del molde.

Materiales para construcción del molde			
N°	Parte	Designación	Designación Comercial

		Normalizada	
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

Los materiales seleccionados cuentan con las propiedades y características idóneas, así como posee beneficios tales como su bajo costo, fácil mecanizado, accesibilidad al mercado y resistente a la corrosión.

Las partes principales como son la placa portamolde fija y la placa portamolde móvil serán mecanizados en acero P20 anexo 12, ya que son los elementos que van a 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 y expulsores serán mecanizados en acero 4340 anexo 13, ya que estos elementos van a estar sometidos a grandes cargas y a un alto desgaste en el caso de las columnas, 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 anexo 14, 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.

- **ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS**

La presente simulación se utilizará para analizar los procesos actuales con el fin de obtener el diseño más eficiente. Con el software escogido se observa el recorrido del flujo, los vectores, las soldaduras o choque del material entre otros.

- **Análisis de flujo del material**

El análisis de flujo del material garantiza que el molde sea capaz de producir las piezas más fuertes y uniformes de cada cavidad y permite que se corrijan antes de diseñar el molde.

Tabla5.7: Variables de ingreso.

Longitud del bebedero	59mm
Diámetro del bebedero	4mm
Ángulo de conicidad	2°
Temperatura de elaboración	194°C
Temperatura de Desmoldeo	30°C
Numero de Pieza	8 Piezas
Polímero	MR50 A (PE-LLD)
Características del mallado	
Tamaño de los triángulos	1mm
Gradación	Suave

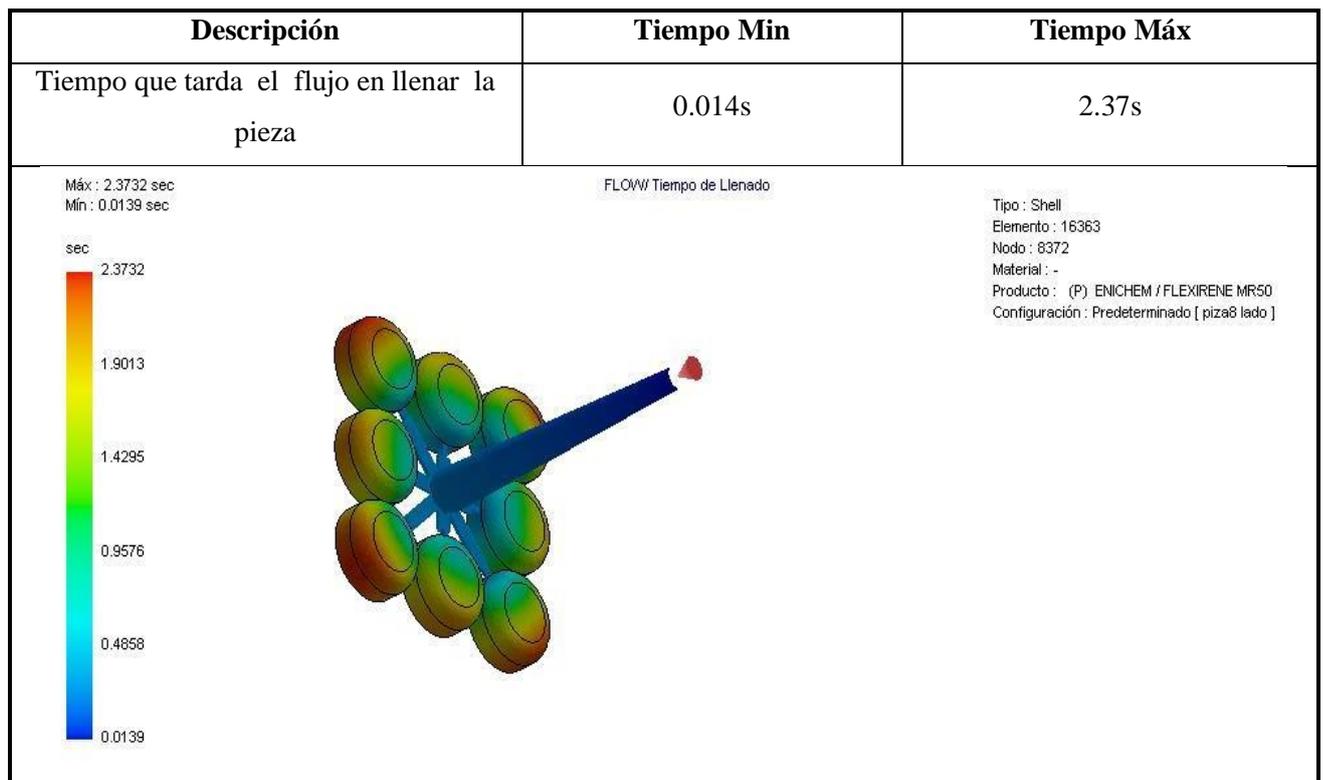


Figura5.7. Tiempo de llenado

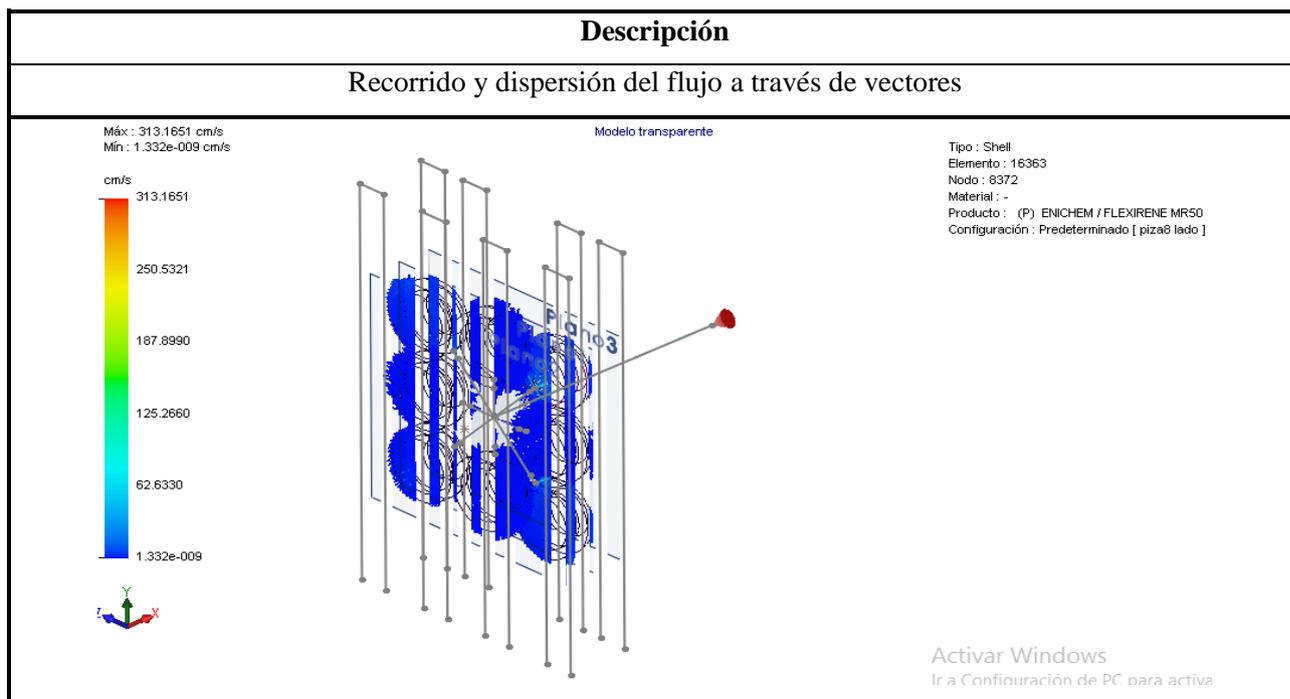


Figura5.8. Vectores velocidad al final de llenado

- **Análisis de esfuerzo mecánico**

El Análisis de esfuerzo mecánico garantiza que en el molde y en la pieza no existan fallas ni deformaciones.

Tabla5.8: Las variables de ingreso.

Carga	4.85 Tnf
Material	AISI 1045
Características del mallado	
Tamaño de los triángulos	5mm
Gradación	Suave

La placa de base fija va montada en el plato fijo de la máquina en general, las medidas exteriores de la placa superior acostumbran a ser las mismas de la base inferior y deben ser adecuadas para que puedan entrar en los platos de la máquina inyectora. En lo que respecta al espesor de la placa, esta ha de ser debidamente generosa de 17 mm para que pueda soportar todas las fuerzas que ha de absorber.

En la placa fija van alojados algunos elementos como los pernos de sujeción y parte del bebedero.

El material empleado para la placa fija es el acero AISI 1045 el cual garantiza buena resistencia y dureza.

Descripción	Tensión Min.	Tensión Máx.
Se aplica una fuerza de 4.85 Tnf no se observa zonas críticas, no hay riesgo en la fuerzas de cierre	5.706e-002N/mm ²	4.153e+001N/mm ²

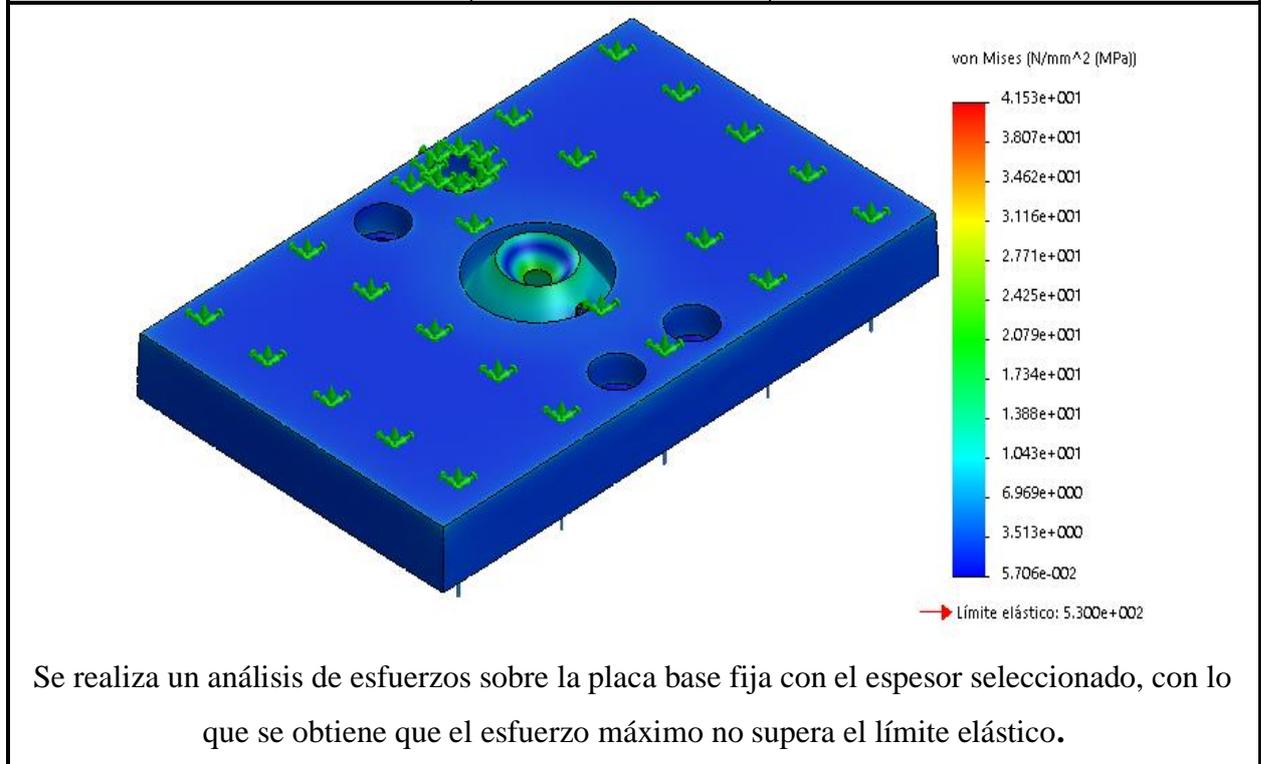


Figura5.9. Tensión en la Placa base fija

La placa base móvil va montada sobre el plato móvil de la inyectora esta placa soporta directamente la fuerza de cierre por lo tanto su espesor debe ser generoso en este caso 17 mm para evitar deformaciones debido a los esfuerzos de compresión.

El material empleado para la placa móvil es el acero AISI 1045, el cual brinda buena resistencia y dureza.

Descripción	Tensión Min	Tensión Máx
Se aplica una fuerza de 4.85 Tnf no se observa zonas críticas, no hay riesgo en la fuerzas de cierre	3.949e-001N/mm ²	6.612e+001N/mm ²

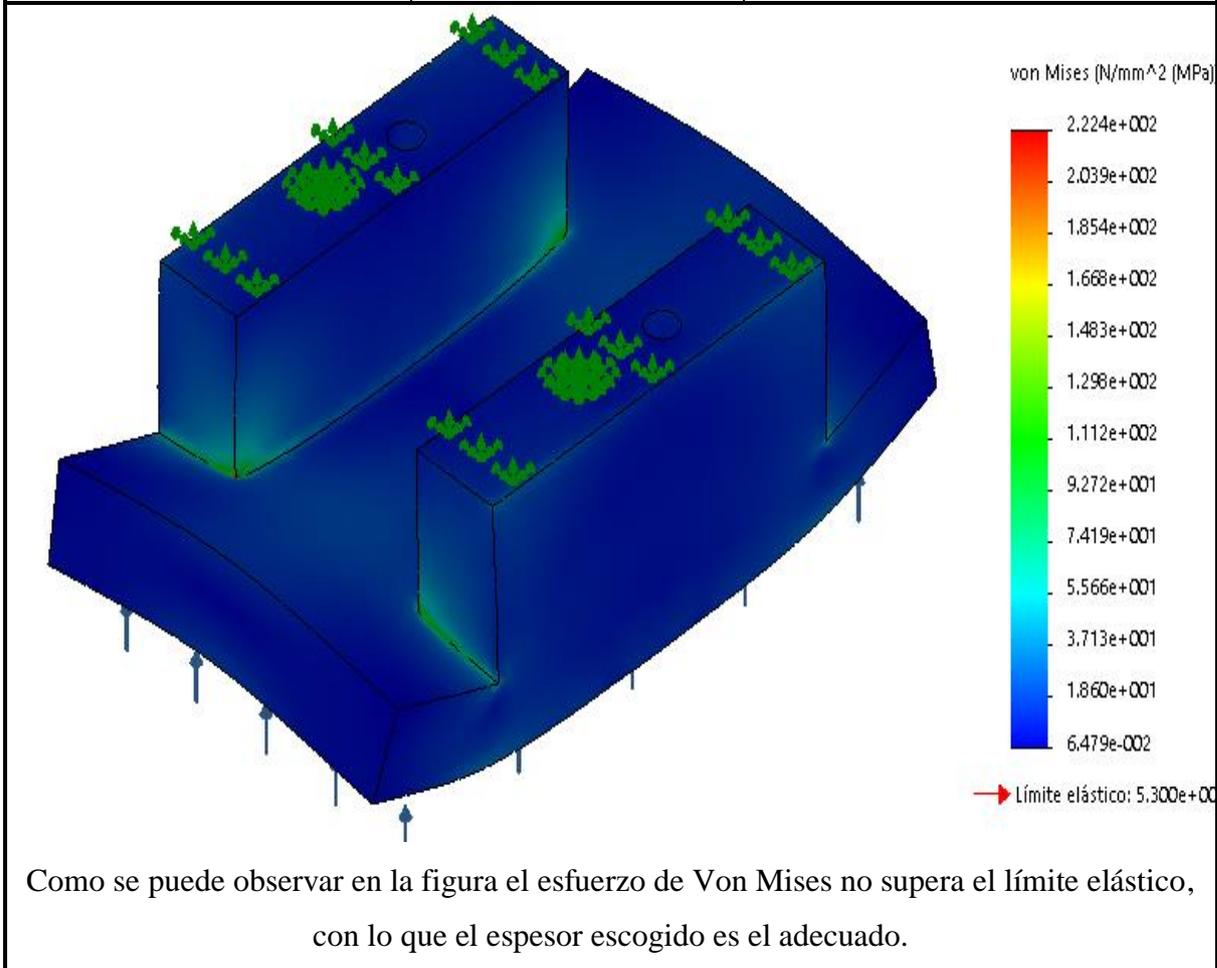


Figura5.10. Tensión en la Placa base móvil

Se realiza un análisis de la placa base móvil teniendo en cuenta que la misma debe soportar la fuerza de cierre de la máquina.

Para realizar un análisis de deformación de la placa se utilizará el criterio de la tensión de Von Mises que es una magnitud física proporcional a la energía de distorsión y que sintetiza en un solo valor todas las teorías de falla utilizadas para materiales dúctiles

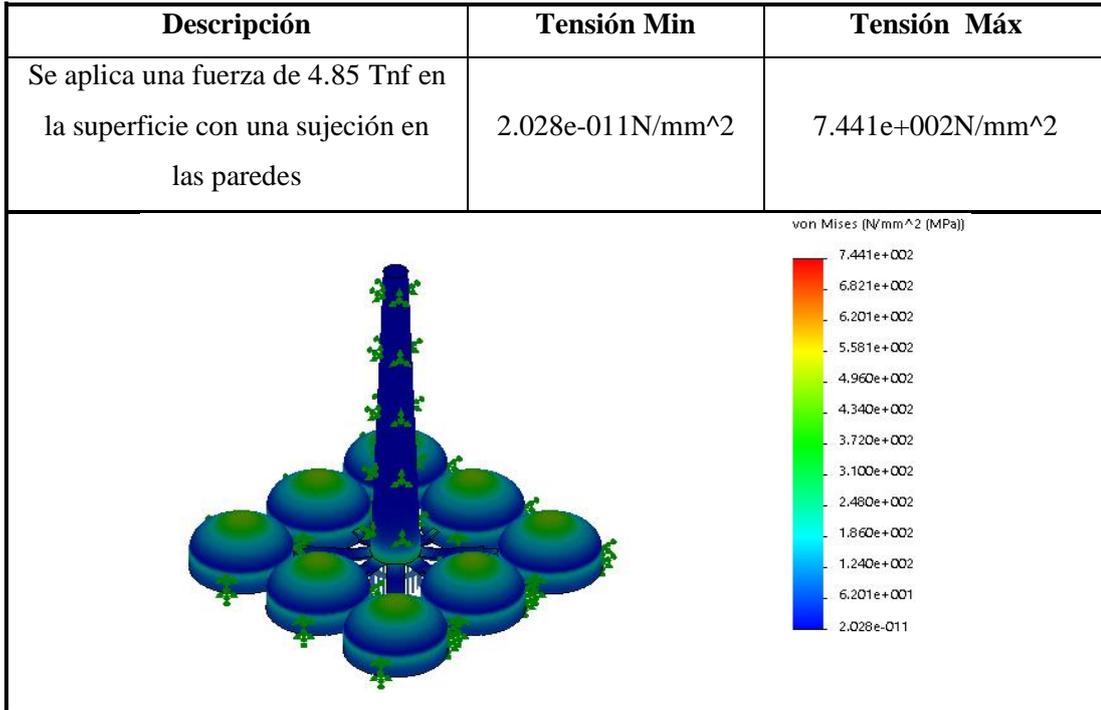


Figura5.11. Tensión en la pieza

- **Factor de seguridad**

Es la capacidad máxima de un sistema y el valor del requerimiento esperado real a que se verá sometido.

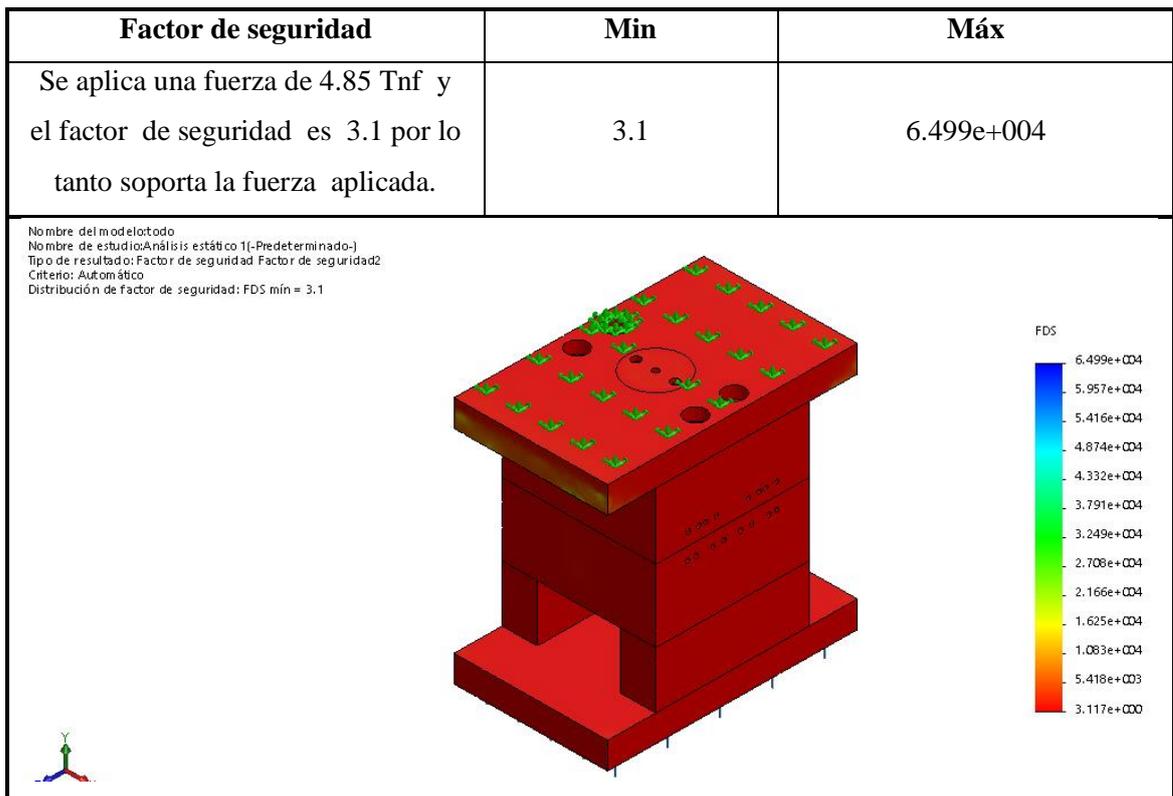


Figura5.12. Distribución de factor de seguridad

- **Análisis de flujo térmicos**

El análisis del flujo térmico determina la densidad del material a diferentes temperaturas y presiones.

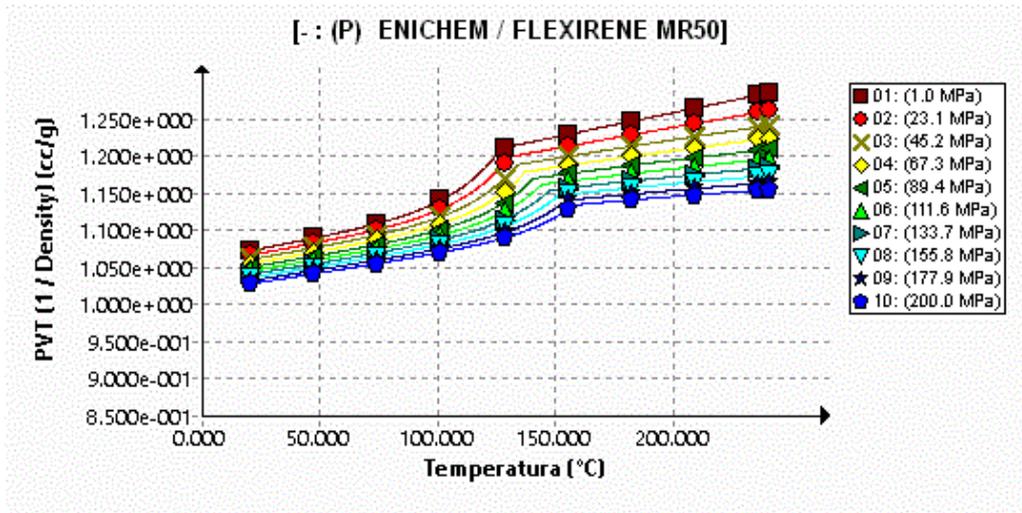


Figura5.13. Gradiente de temperatura y presión

De acuerdo a la figura 5.13 se observa que la densidad del material varía de acuerdo a la temperatura, mientras menor sea la temperatura, menor será la densidad del material y mientras mayor sea la temperatura, mayor será la densidad del material.

Para las tablas del análisis de flujo térmico se permite observar la evolución de la temperatura, reducir costos, conseguir contracciones uniformes y obtención de piezas de calidad y sin fallos.

Tabla5.9: Análisis de temperatura vs presión 10MPa

Temperatura		Presión(MPa)	Tiempo de llenado(s)	Estado	Tiempo de refrigeración(s)
Material	Molde				
174	20	10	115.7	incompleto	0
184	25	10	86.7	incompleto	0
194	30	10	80.8	Completo	94.5
204	35	10	61.5	Completo	76.0
214	40	10	48.6	Completo	65.7
224	45	10	39.5	Completo	55.2
<u>234</u>	<u>50</u>	<u>10</u>	<u>32.8</u>	<u>Completo</u>	<u>49.0</u>
<u>244</u>	<u>55</u>	<u>10</u>	<u>27.6</u>	<u>Completo</u>	<u>44.5</u>
<u>254</u>	<u>60</u>	<u>10</u>	<u>23.5</u>	<u>Completo</u>	<u>41.0</u>
<u>260</u>	<u>65</u>	<u>10</u>	<u>20.9</u>	<u>Completo</u>	<u>39.0</u>

Tabla5.10: Análisis de temperatura vs presión 15MPa

Temperatura		Presión(MPa)	Tiempo de llenado(s)	Estado	Tiempo de refrigeración(s)
Material	Molde				
174	20	15	19.70	Completo	32.20
184	25	15	15.05	Completo	28.10
194	30	15	11.90	Completo	25.71
204	35	15	9.61	Completo	24.37
214	40	15	7.90	Completo	23.04
224	45	15	6.62	Completo	22.61
<u>234</u>	<u>50</u>	<u>15</u>	<u>5.63</u>	<u>Completo</u>	<u>22.13</u>
<u>244</u>	<u>55</u>	<u>15</u>	<u>4.84</u>	<u>Completo</u>	<u>21.87</u>
<u>254</u>	<u>60</u>	<u>15</u>	<u>4.21</u>	<u>Completo</u>	<u>22.07</u>
<u>260</u>	<u>65</u>	<u>15</u>	<u>3.80</u>	<u>Completo</u>	<u>21.81</u>

Tabla5.11: Análisis de temperatura vs presión 20Mpa

Temperatura		Presión(MPa)	Tiempo de llenado(s)	Estado	Tiempo de refrigeración(s)
Material	Molde				
174	20	20	5.26	Completo	18.16
184	25	20	4.21	Completo	17.63
194	30	20	3.44	Completo	17.40
204	35	20	2.87	Completo	17.75
214	40	20	2.55	Completo	18.13
224	45	20	2.45	Completo	18.57
<u>234</u>	<u>50</u>	<u>20</u>	<u>2.42</u>	<u>Completo</u>	<u>19.06</u>
<u>244</u>	<u>55</u>	<u>20</u>	<u>2.39</u>	<u>Completo</u>	<u>19.57</u>
<u>254</u>	<u>60</u>	<u>20</u>	<u>2.37</u>	<u>Completo</u>	<u>20.26</u>
<u>260</u>	<u>65</u>	<u>20</u>	<u>2.36</u>	<u>Completo</u>	<u>20.50</u>

Tabla5.12: Análisis de temperatura vs presión 25Mpa

Temperatura		Presión(MPa)	Tiempo de llenado(s)	Estado	Tiempo de refrigeración(s)
Material	Molde				
174	20	25	2.45	Completo	15.68
184	25	25	2.41	Completo	16.02
194	30	25	2.37	Completo	16.57
204	35	25	2.35	Completo	17.36
214	40	25	2.33	Completo	17.91
224	45	25	2.32	Completo	18.46
<u>234</u>	<u>50</u>	<u>25</u>	<u>2.37</u>	<u>Completo</u>	
<u>244</u>	<u>55</u>	<u>25</u>	<u>2.37</u>	<u>Completo</u>	
<u>254</u>	<u>60</u>	<u>25</u>	<u>2.37</u>	<u>Completo</u>	
<u>260</u>	<u>65</u>	<u>25</u>	<u>2.37</u>	<u>Completo</u>	

Al simular con diferentes presiones y temperaturas se observa que al tener una presión baja de 10 MPa los tiempos de llenado son muy altos por lo tanto se recomienda la presión de 25MPa con temperaturas de materia 194 ° C y del molde 30°C.

Tabla5.13: Las variables de ingreso.

Temperatura del plástico	194°C
Temperatura del molde	30°C
Conductividad térmica del material	0.33 W/m*k
Características del mallado	
Tamaño de los triángulos	1mm
Gradación	Suave
Mallado	Completo

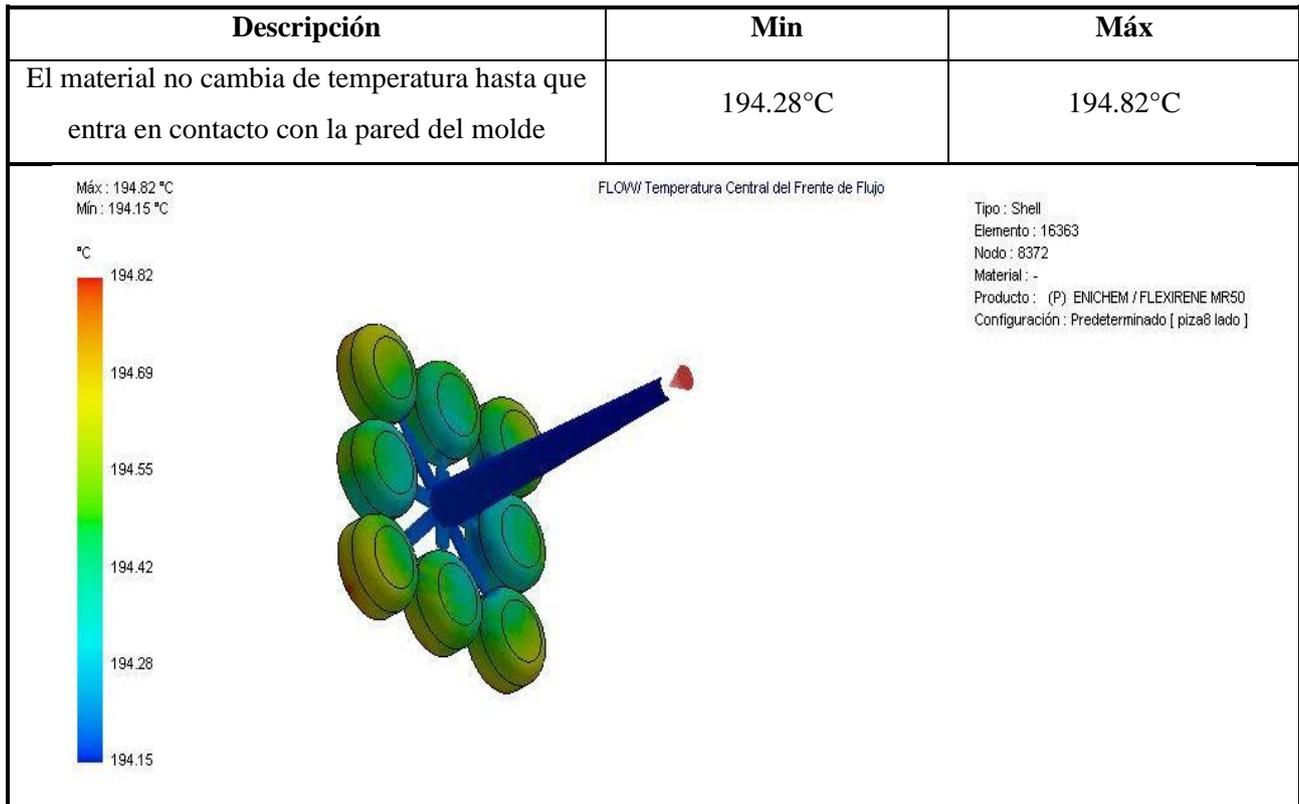


Figura5.13. Temperatura central del frente de flujo

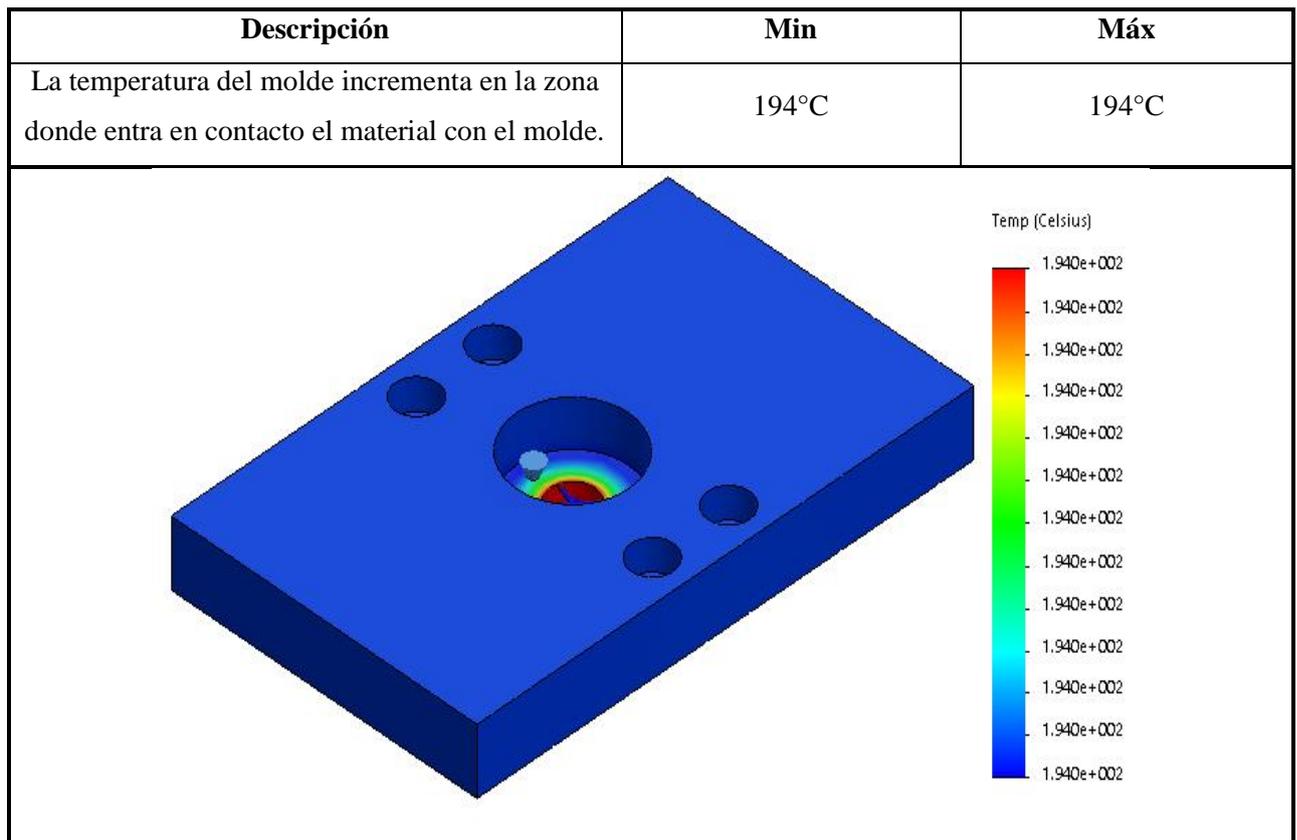


Figura5.14. Temperatura en la placa

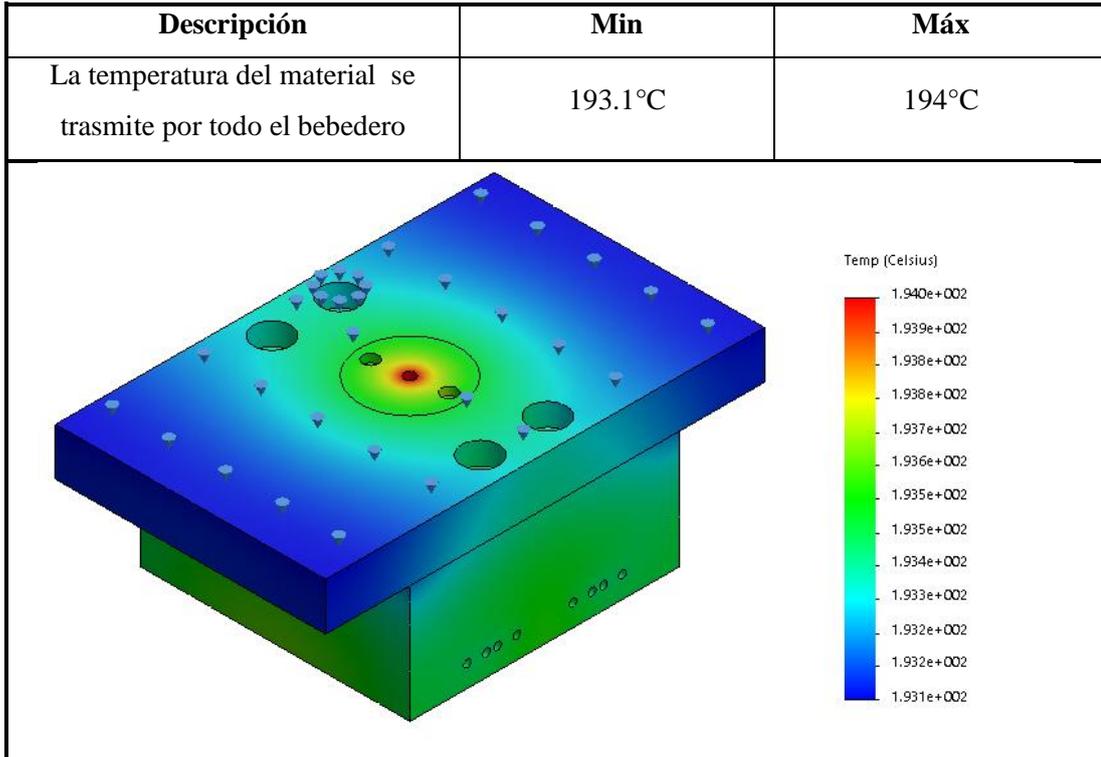


Figura5.15. Temperatura en las placas fijas

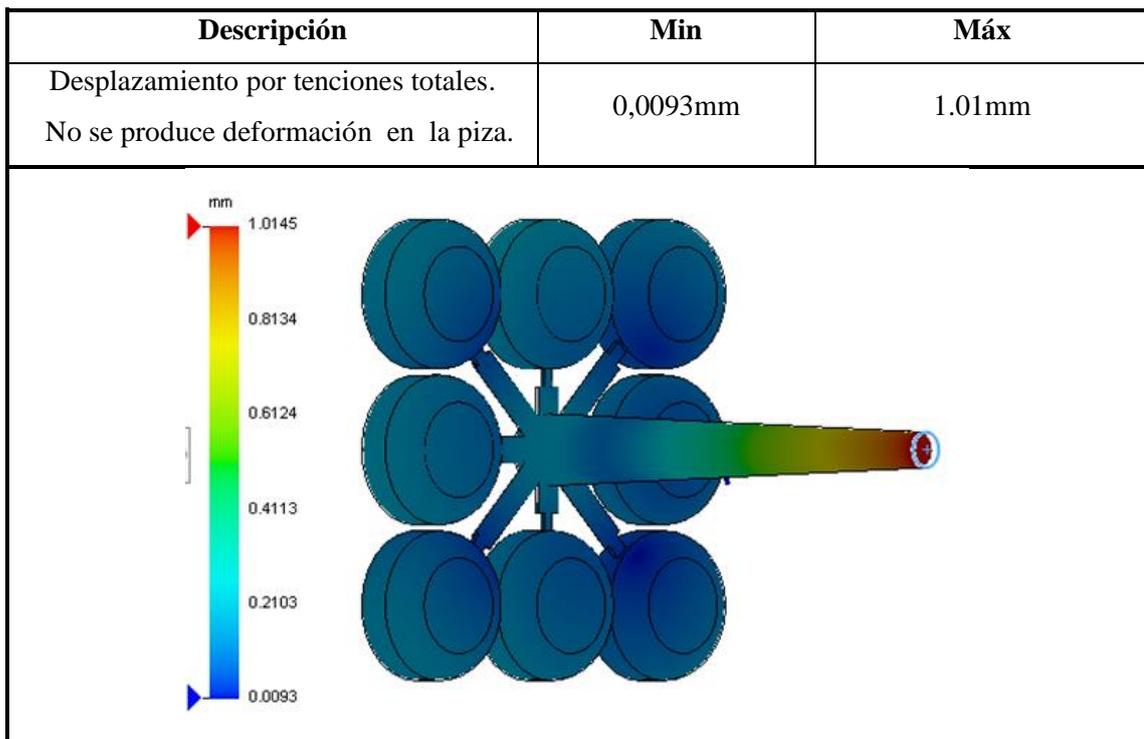


Figura5.16. Desplazamiento por tenciones totales

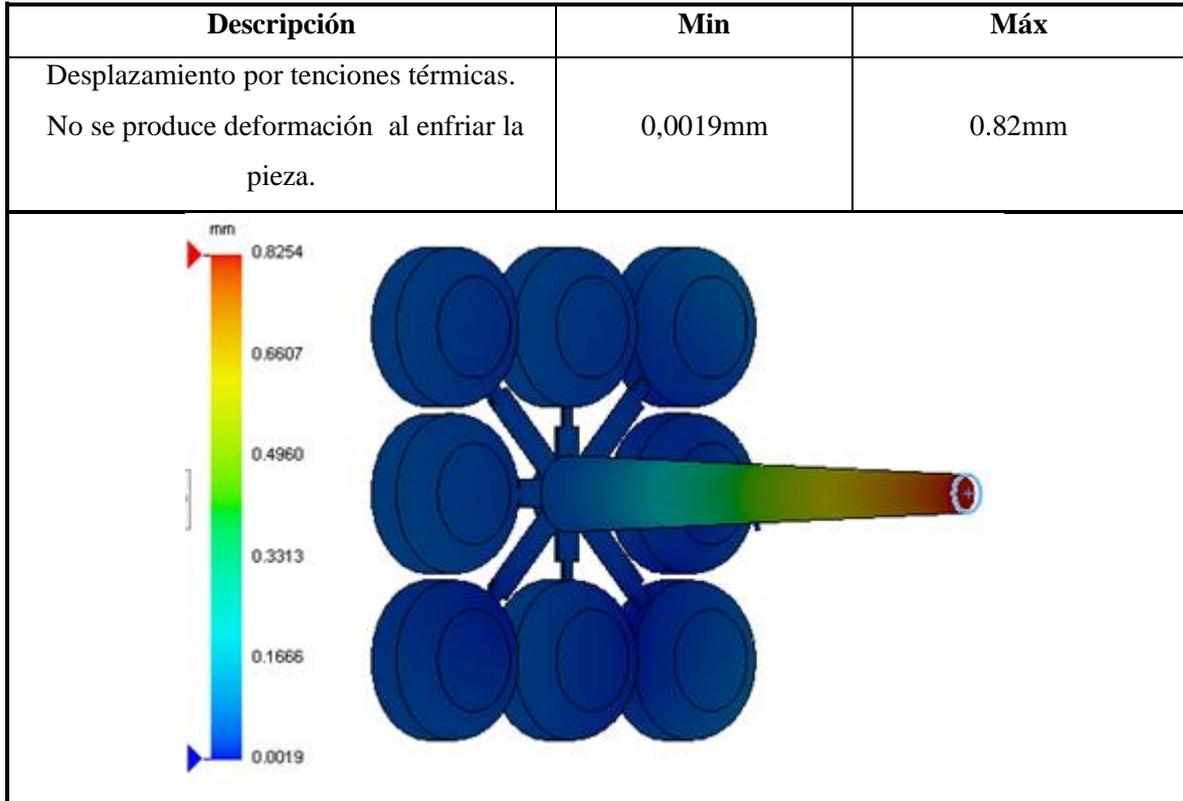


Figura5.17. Desplazamiento por tenciones térmicas al enfriar.

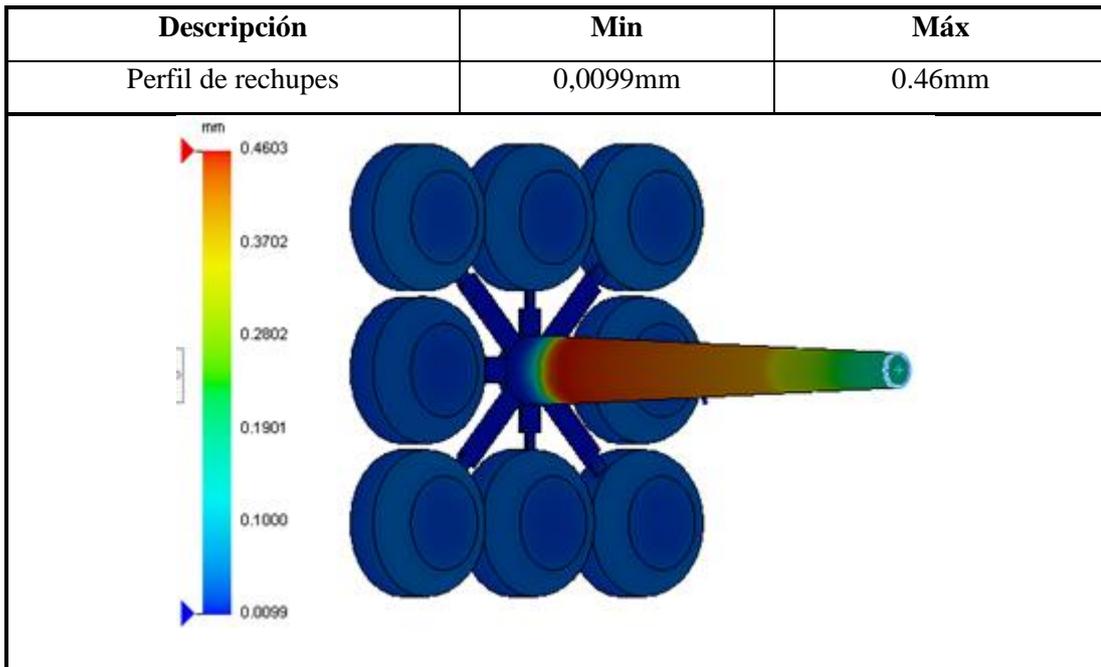


Figura5.18. Perfil de rechupes

- **Convección**

En el molde se tiene una convección interna forzada debido a que se está utilizando canales de enfriamiento.

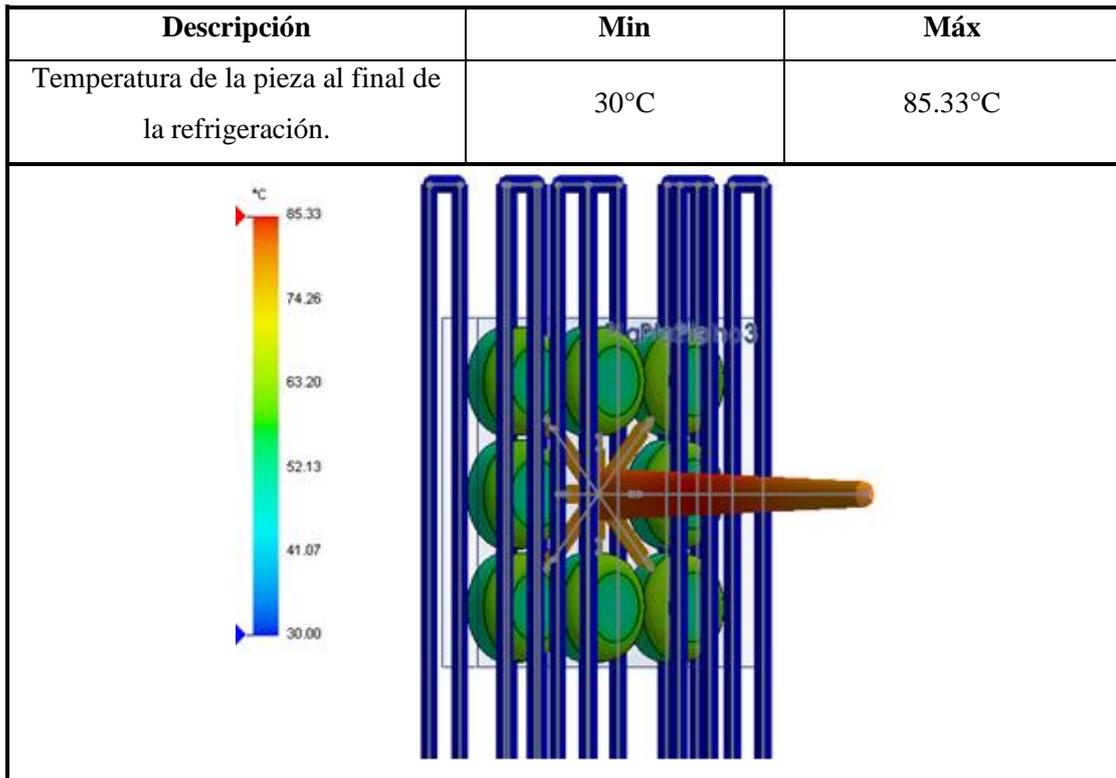


Figura5.19. Temperatura de la pieza al final de la refrigeración.

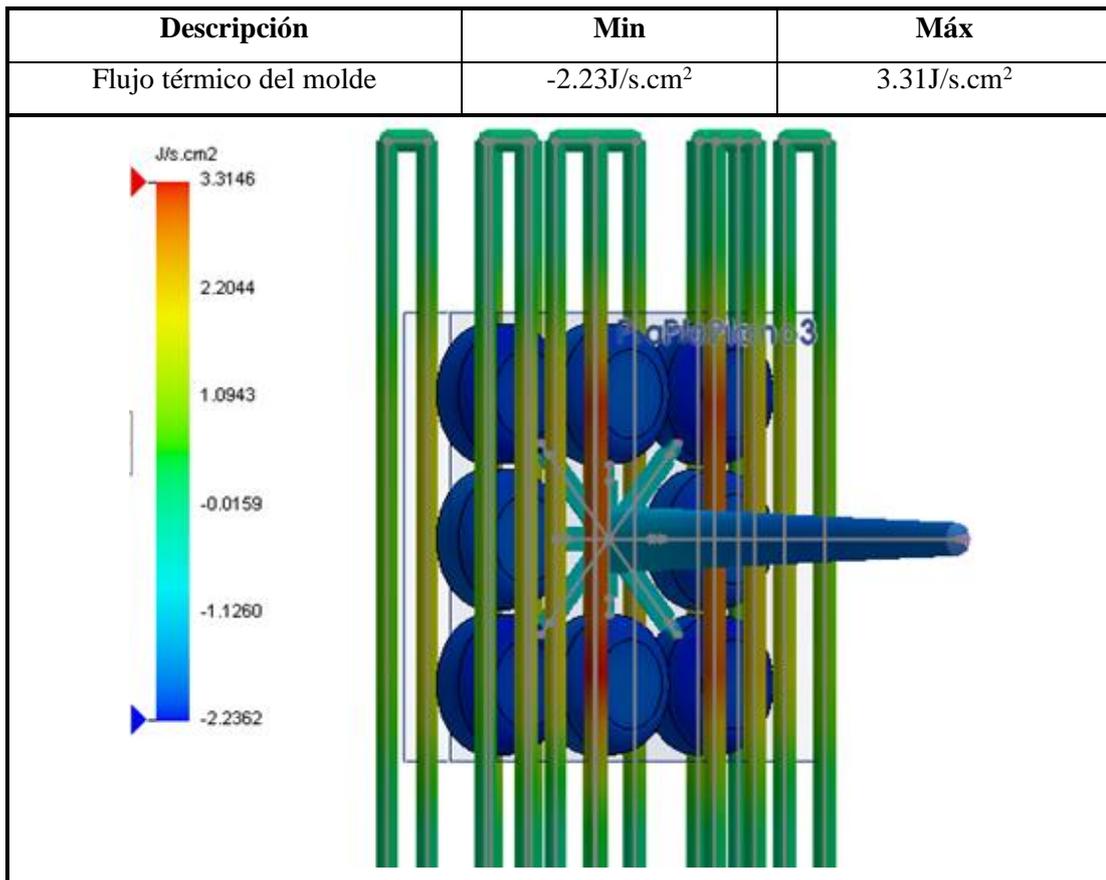


Figura5.20. Flujo térmico del molde.

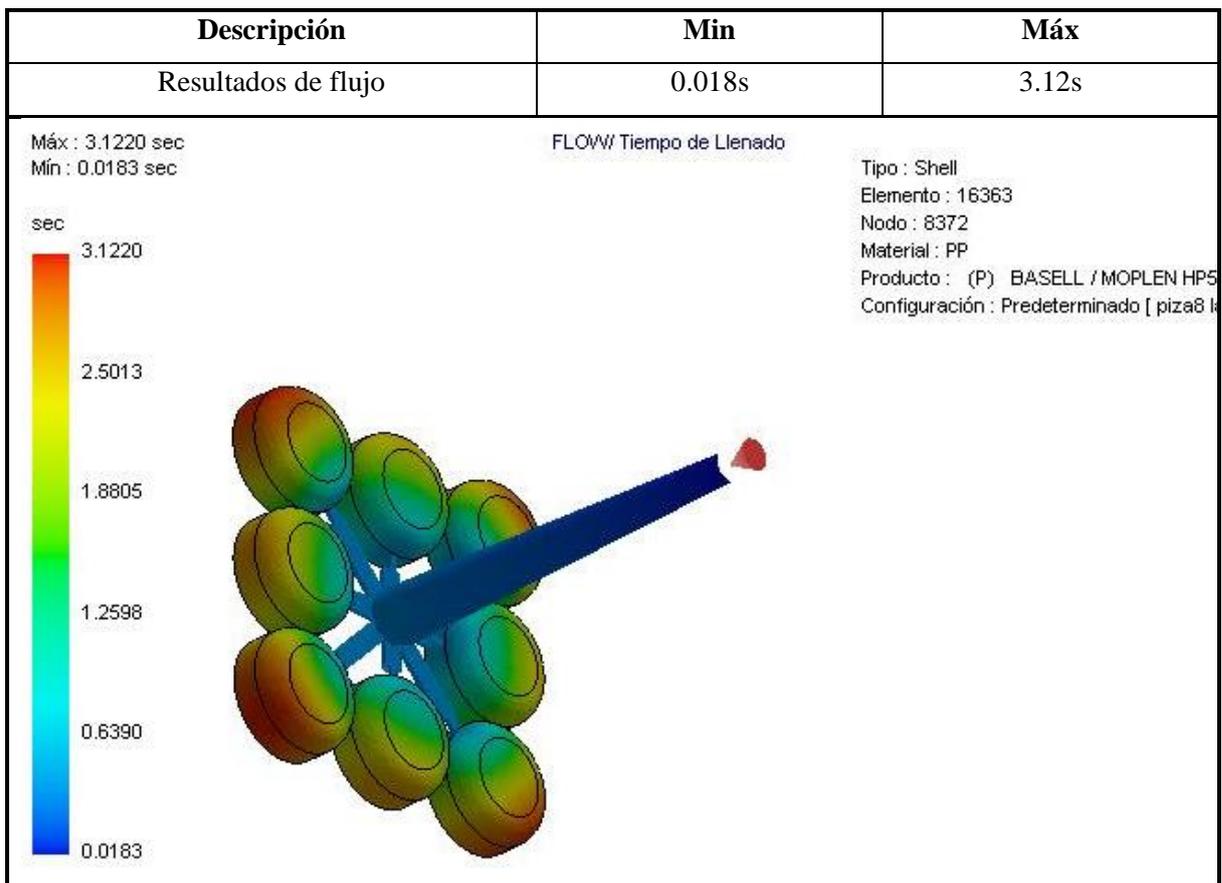
- **Análisis del tapón llenado**

Se realiza un análisis independiente para el material (PP), con el que se obtienen los parámetros de proceso recomendados por el software para la configuración del molde y el material. A continuación, se presentan análisis de “Llenado”

- **Polipropileno (PP)**

El material seleccionado de la base de datos para las simulaciones, las temperaturas, se escogerán de acuerdo a las características que son las siguientes.

- Temperatura del molde: 31°C.
- Temperatura de la masa fundida: 247°C.



- **Figura5.22.** Tiempo de llenado del material (PP)

- Temperatura del molde: 31°C.
- Temperatura del material: 247°C
- Presión requerida: 8.6MPa
- Tiempo de ciclo:23.45s

Como se puede observar al analizar el mismo tapón con diferente material se necesitará diferentes temperaturas y diferentes presiones debido a las características de cada material.

- **Resumen de resultados de la simulación**

La presente tabla muestra los resultados del análisis computacional, la cual arroja resultados de las distintas temperaturas y los distintos tiempos de inyección, como es el tiempo de llenado, el tiempo de refrigeración y el tiempo de apertura del molde los que llevan a un tiempo de ciclo en el que se realiza el proceso de simulación.

Tabla 5.14: Resumen de elementos finitos.

Resultados de flujo	Datos
Presión de inyección Requerida	25 Mpa
Temperatura Central Máx	194.83°C
Temperatura Media Máx	177.81C
Temperatura ponderada máxima	198.51°C
Tensiones de Cizalla Máx	0.38 MPa
Tiempo de ciclo	23.94 seg
Tiempo de llenado	2.37 seg
Tiempo de Refrigeración	16.57 seg
Tiempo de Apertura Molde	5 seg
Propiedades de la placa	Datos
Nombre	AISI 1045 Acero estirado en frío
Límite elástico	530 N/mm ²
Límite de tracción	625 N/mm ²
Información de malla de la placa	Datos
Tamaño de elementos	0 mm
Tolerancia	0 mm
Propiedades de la piza	Datos
Nombre:	PE Densidad baja/media
Límite de tracción	17 N/mm ²
Información de malla de la pieza	Datos
Tamaño de elementos	1 mm
Tolerancia	0.047 mm

6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

A continuación, se detalla los precios que corresponden directamente al análisis de flujo de la matriz de inyección de plásticos.

- **Costos Directos.**

Se encuentran involucrados los productos que inciden directamente en dicho proceso o análisis.

Tabla 6.1. Costos directos.

RUBRO	Mano de obra	Horas hombre	VALOR
Solidworks studen	-	-	100
Personal calificado para el diseño			
Ingeniería en detalle	5	10	50
Aplicación de las ecuaciones en uso del software	5	5	25
Modelado de la matricería	5	10	50
Funcionamiento del modelado.	5	10	50
Analizar el comportamiento de la matriz.	5	16	80
Analizar el flujo del plástico en matriz	5	16	80
Analizar la velocidad en la matriz.	5	16	80
TOTAL			515

- **Costos Indirectos.**

Productos que intervienen en la fabricación para completar indirectamente el producto o el análisis.

Tabla 6.2. Cuadro de materiales para el análisis de una matricería.

RUBRO	VALOR	
Búsqueda libros y revistas científicas.	100	
Luz	50	
TOTAL		150

- **Costo total**

Se enlista los totales de los costos directos y los costos indirectos que corresponden para la implementación del producto o el análisis.

Tabla 6.3. Presupuesto.

RUBRO	VALOR
Costos Directos.	515
Costos Indirectos.	150
Presupuesto	665

- **Análisis de VAN – TIR**

Se muestra el estudio de viabilidad que el proyecto generara en el mercado.

Tabla 6.4. Flujo de Caja Anual

PERIODOS	0	1	2	3	4	5
Nº VENTAS		1	2	2	4	4
AUMENTO DE PRECIO %	0	0	2	2	2	2
PRECIO		515,00	525,30	535,81	546,52	557,45
INGRESO		515,00	1050,60	1071,61	2186,09	2229,81
EGRESO		350,00	700,00	700,00	1400,00	1400,00
FLUJO NETO		165,00	350,60	371,61	786,09	829,81

Se realiza una estimación de los valores de ingresos y egresos a través del flujo de caja anual del proyecto, el mismo que arroja como resultado una inversión inicial de 565.00 dólares mismos que al analizar la viabilidad con una tasa de interés del 12% entrega como resultado un VAN de 1096,75 dólares y un TIR del 56%, concluyendo que el proyecto es factible ya que genera ganancias con una proyección a 5 años.

- **Impacto práctico**

Los moldes para inyección de plástico permiten obtener piezas de cálida capaces de producir más de 100.000 piezas con el adecuado mantenimiento. Están contruidos de aceros endurecidos, aluminio o aleaciones. La elección de uno u otro material se realiza normalmente en función del tamaño, volumen de piezas a fabricar y la calidad deseada.

- **Impacto simbólico**

Un molde es aquella cavidad que da forma a una pieza de material en estado líquido en este caso es plástico. Se recurre a la ayuda de presión y temperatura para manejar el material y forzarlo a entrar y alcanzar toda la superficie de la cavidad.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se da cumplimiento a los objetivos de esta propuesta tecnológica de análisis de comportamiento de flujo en una matriz para inyección de plásticos.

- **Conclusiones**

- El tiempo que tarda el flujo desde que ingresa en la cavidad hasta llenar completamente la matriz es de 2.37 segundos, con un tiempo de refrigeración en cual el material tarda en enfriarse que es de 16.57 segundos, mientras que el tiempo de apertura del molde es de 5 segundos, teniendo así que al realizar un ciclo completo este cumple un total de tiempo de ciclo de 23.94 segundos.

- El uso de la matriz simple garantiza menor tiempo de ciclo, mínimo desperdicio de material, una dirección de apertura única, es mucho más barata que las otras matrices, se puede utilizar para realizar piezas tanto pequeñas como grandes, se puede usar con una o varias cavidades y es simple de hacer. Todos estos aspectos hacen que sea una matriz muy versátil.

- El material requiere una presión de inyección de 25 MPa en el cual no se presentan defectos, debajo de este valor pueden presentarse defectos como: sería imposible llenar completa mente la cavidad del molde, se presentan líneas de flujo visibles en la superficie de la pieza, si la presión de inyección es demasiado alta a la requerida esta puede presentar defectos como: causa rebabas excesivas, puede causar desgaste en las cavidades, puede dañar el molde.

- Al simular con diferentes presiones y temperaturas se observa que al tener una presión baja de 10 MPa los tiempos de llenado son muy altos, por lo tanto esto disminuiría la capacidad de producción de las piezas.

-Mediante el análisis térmico se determina la temperatura adecuada con la cual debe trabajar el material en el caso del polietileno de baja densidad es de 194 °C y en el caso del polipropileno es de 247 °C.

- **Recomendaciones**

- Se recomienda utilizar la presión de 25MPa con temperaturas de materia 194 ° C y del molde 30°C para garantizar una pieza sin problemas de llenado, piezas incompletas, con hundimientos, con rebabas y con rechupes.

-Es recomendable realizar varias simulaciones con diferentes valores, simulando el llenado de la pieza a producir con la finalidad de obtener datos relevantes que condicione y determinen los valores ideales de las variables del proceso.

-Para la obtención de un producto termoplástico inyectado de calidad, este dependerá de las variables que influyen en el proceso de inyección como son la temperatura, presión y velocidad de inyección.

- Se recomienda el uso de software como Solidworks, que es de gran apoyo al momento de diseñar y analizar el molde de inyección para evitar hacer pruebas en máquina con el fin de optimizar capital.

-Para el análisis térmico es necesario realizar estudios a profundidad tanto conceptualmente como analíticamente con el uso de programas y herramientas computacionales, ya que con la simulación en un solo programa no se puede realizar todos los análisis necesarios para tener un correcto análisis térmico, debido a que este tema es muy extenso.

8. REFERENCIAS

- [1] “Polimero, (2019,diciembre,03),definición y clasificación de los polímeros,[Online].” [Online]. Available at: <https://www.losadhesivos.com/definicion-de-polimero.html>.
- [2] T. P. Quinn, *Inland Fishes of Washington. Second Edition, Revised and Expanded. By Richard S Wydoski and , Richard R Whitney. Seattle (Washington): University of Washington Press, in association with American Fisheries Society, Bethesda (Maryland) . \$50.00. xiii , vol 80, no 1. 2005.*
- [3] “Polietileno de baja densidad | CMEmaterials”. [Online]. Available at: <http://www.ub.edu/cmematerials/es/content/polietileno-de-baja-densidad>. [Toegang verkry: 18-Sep-2020].
- [4] “Propiedades térmicas y otras”. [Online]. Available at: <http://www.petrocuyo.com/es/tecnologia/el-polipropileno/propiedades-termicas-y-otras>. [Toegang verkry: 18-Sep-2020].
- [5] “Moldeado, Inyección, Extrusión I(2015, junio,02) Textos Científicos.” [Online]. Available at: <http://www.textoscientificos.com/polimeros/moldeado>. [Toegang verkry: 03-Des-2019].
- [6] *MIKELL P. GROOVER Fundamentos de Manufactura Moderna. .*
- [7] Maribel Beltrán en Antonio Marcilla, “Tecnología De Polimeros”, bll 252– 285, 2012.
- [8] “MOLDES-PARA-INYECCION-DE-PLASTICOS-MENGES-MOHREN.pdf”. .
- [9] W. E. Foster, “Injection molding of thermoplastics”, *SAE Tech. Pap.*, 1980.
- [10] “Mariano.(2011,junio,13),Inyeccion de materiales plasticos(II)[Online].” [Online]. Available at: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/inyeccion-de-materiales-plasticos-ii.html>. [Toegang verkry: 28-Des-2019].
- [11] H. Gastrow, “Moldes de Inyeccion para Plasticos - Hans Gastrow.pdf”. 1998.
- [12] U. P. de Madrid, “MÉTODOS DE ANÁLISIS TÉRMICO 1. Introducción”, bll 1–32,

2010.

- [13] M. Beltrán en A. Marcilla, “Tema 5.Inyección”, *Tecnol. polímeros*, bl 276, 2012.
- [14] “Tech-Uddeholm-Steel-for-moulds-ES.pdf”. [Online]. Available at: <https://www.uddeholm.com/app/uploads/sites/41/2017/12/Tech-Uddeholm-Steel-for-moulds-ES.pdf>. [Toegang verkry: 28-Apr-2020].
- [15] 2008. N. J. Budynas R., *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*, México: Mc Graw Hill, “(No Title)”.
- [16] “L.Robert ,Diseño de Elementos de Máquinas 4ta Edición Robert L. Mott | Moriarty Baker - Academia.edu”. [Online]. Available at: https://www.academia.edu/34159733/Diseño_de_Elementos_de_Máquinas_4ta_Edición_Robert_L._Mott. [Toegang verkry: 09-Mei-2020].
- [17] N. Bayazit, “Investigating Design: A Review of Forty Years of Design Research”.
- [18] I. J. C. P. T. P. D. 201. Ing. Hector Raúl Reinoso Peñaherrera Mg.C., Ing. Mauro Dario Albarracín Alvarez Mg.C. , Ing. Franklin Antonio Molina Borja Mg.C, *Teoría básica del diseño. .*
- [19] “Catalogo,Tapones, - Micro Partes,Mexico”. [Online]. Available at: <https://micropartes.com.mx/tapones/>. [Toegang verkry: 30-Des-2019].
- [20] “Inyeccion - Home”. [Online]. Available at: <https://procesodeinyeccion.weebly.com/>. [Toegang verkry: 13-Mei-2020].
- [21] D. R. I. Dominick V. Rosato, *Injection Molding Handbook*. 2015.
- [22] Y. A. Cengel en M. A. Boles, “Termodinámica”, bl 1041, 2012.
- [23] “J. Gaviria. (2015,Noviembre,23).Mecanica de fluidos :Numero de Reynolds.[Online]http://mecanicadefluidoscod5131587.blogspot.com/2015/11/numero-de-reynolds.html”. [Online]. Available at: <http://mecanicadefluidoscod5131587.blogspot.com/2015/11/numero-de-reynolds.html>. [Toegang verkry: 18-Mei-2020].

- [24] E. Maya Ortega, “Diseño De Moldes De Inyeccion De Plastico Con Ingenieria Concurrente”, vol 1, bl 98, 2007.
- [25] C. García, A. Oscar, en L. Lardies, “Diseño y cálculo de molde para inyección de elemento del tren de aterrizaje de aviones de aeromodelismo.”
- [26] “ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción “ Diseño de Molde de 4 Cavidades para la Producción de Rejilla y INGENIERO MECÁNICO Presentada por : GUAYAQUIL – ECUADOR AÑO : 2010”, 2010.
- [27] “‘BRUYRUBIO’ HIGH PRECISION MOULD BASES STANDARD ACCESORIES.”
- [28] “Catálogo de productos, Aceros especiales, BÖHLER, Quito , 2019”.
- [29] “Aceros especiales” catálogo de aceros bonificados, 2020.”
- [30] “Aceros Bravo, ‘Catálogo de Productos’, 2020.”

9. Anexos

ANEXO 1

Instrumento 1: Definición de requisitos

Alternativas de moldes	Requisitos
Dos placas	<ul style="list-style-type: none">• Su uso es más común• Más barato que un molde de tres placas• Es simple de hacer• Tiene menor tiempo de ciclo• Menor desperdicio de material
Mordazas	<ul style="list-style-type: none">• Necesita corredera• Se usa para sostener al molde o a la pieza
Extracción por segmento	<ul style="list-style-type: none">• Es ideal para fabricar piezas grandes• Es costoso• Tiempo de ciclo corto• No hay necesidad de invertir en robots
Tres placas	<ul style="list-style-type: none">• Mayor tiempo de ciclo por el sistema de canales• Se desperdicia más material• No es de uso común• Se requiere una mayor presión
Pisos	<ul style="list-style-type: none">• Se aplica directamente sobre pisos de cemento• ligeros para manipular
Canal caliente	<ul style="list-style-type: none">• Dificultad para cambiar el color del material• Mayor tendencia a la rotura• No son prácticos para materiales sensibles• Menos desperdicio de material• Mayores costes de configuración iniciales• Tiene menor tiempo

ANEXO 2

Instrumento 2: Definición de concepto

Alternativas de Moldes	Dos placas	Mordazas	Extracción por segmento	Tres placas	Pisos	Canal caliente
Precio						
Tiempo de ciclo						
Pieza pequeñas						
Pieza grandes						
El uso						
Dificulta en hacer						
Valoración						

Nota: De acuerdo al anexo 1 valorar teniendo en cuenta:

1: existe o permitido = 5%

2: bajo =10%

3: moderado =15%

4: medio =20%

5: alto =25%

ANEXO 3

Instrumento 3: Propiedad del plástico MR 50 A - (PE-LLD)

Texto del producto			
Linear low density polyethylene with antioxidants. Suitable for injection moulding process. Parts made by Flexirene MR 50 A are characterised by optimum rigidity.			
Applications Thin-walled containers, lids, closures, houseware and shock absorbers.			
Características de procesamiento y físicas	Valor	Unidades	Método de ensayo
ISO Data			
Índice de fluidez volumétrico, MVR	22	cm ³ /10min	ISO 1133
Temperatura	190	°C	-
Carga	2.16	kg	-
Densidad de fusión	746	kg/m ³	-
Conductibilidad térmica de fusión	0.39	W/(m K)	-
Calor específico de la masa	2160	J/(kg K)	-
Temperatura de expulsión	65	°C	-
Propiedades mecánicas	Valor	Unidades	Método de ensayo
ISO Data			
Módulo de tracción	500	MPa	ISO 527
Esfuerzo a 50% de alarg.	15	MPa	ISO 527
Alargamiento a rotura	>50	%	ISO 527
Dureza Shore D	56	-	ISO 7619-1
Propiedades térmicas	Valor	Unidades	Método de ensayo
ISO Data			
Temperatura de fusión, 10°C/min	123	°C	ISO 11357-1/-3
Temp. de transición vítrea, 10°C/min	122	°C	ISO 11357-1/-2
Coef. de expansión térmica lineal, paralelo	152	E-6/K	ISO 11359-1/-2
Otras propiedades	Valor	Unidades	Método de ensayo
Densidad	939	kg/m ³	ISO 1183
Funciones			

Fuente: SOLIDWORKS, "Aplicación del material"

ANEXO 4

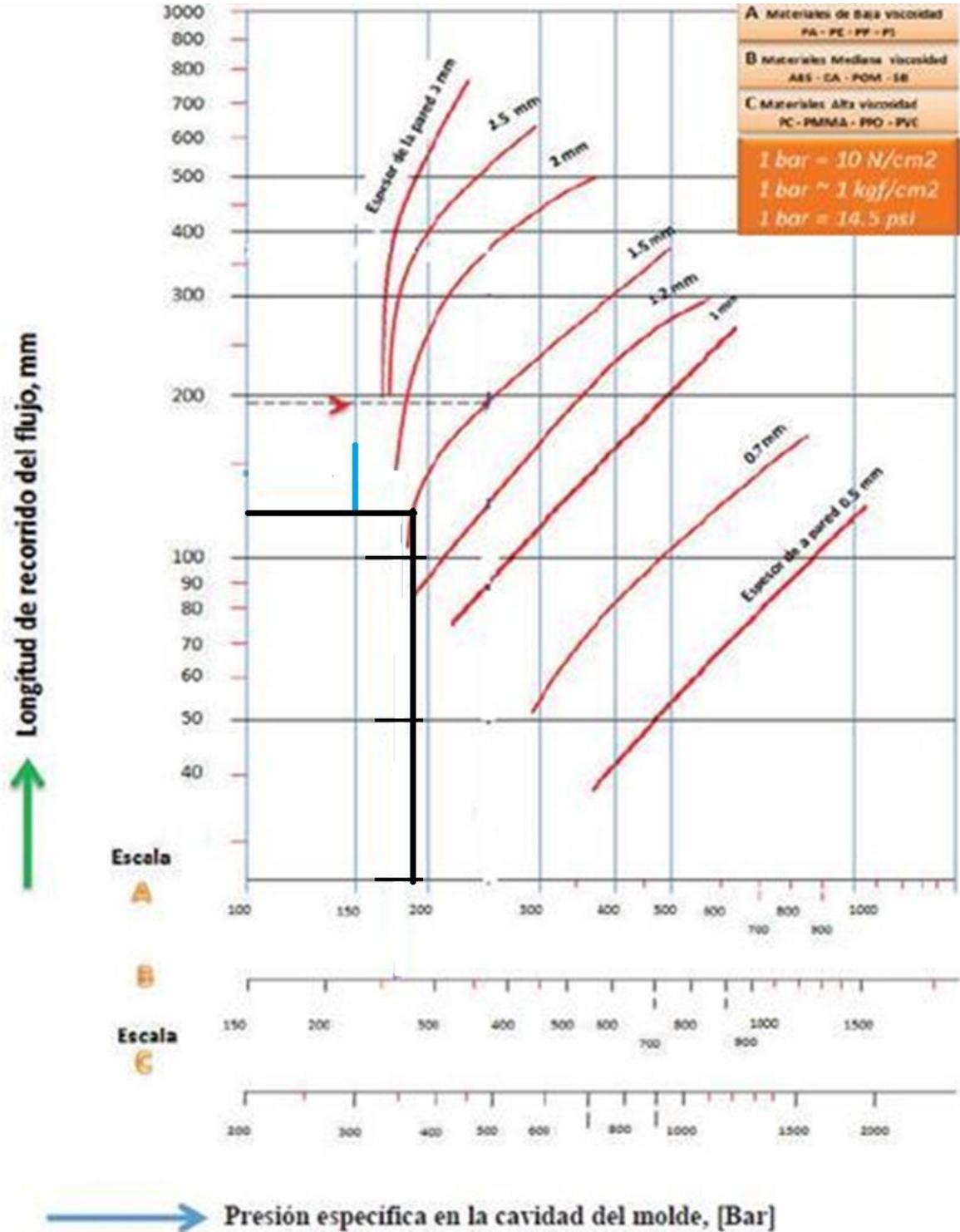
Instrumento 4: Contracción del material.

Material	Temperatura cilindro (°C)	Temperatura desmoldeo (°C)	Temperatura molde (°C)	Contracción (%)
PE-HD	160 - 315	60 - 110	20 - 80	2 - 3
PE-LD	150 - 260	50 - 90	20 - 60	1.5 - 3
PP	200 - 300	60 - 100	20 - 100	1.2 - 2.5
PS	160 - 320	60 - 100	10 - 80	0.5 - 0.7
SAN	200 - 260	60 - 100	40 - 80	0.4 - 0.6
ABS	180 - 320	60 - 100	40 - 85	0.4 - 0.6
PMMA	180 - 260	70 - 110	10 - 80	0.3 - 0.6
PVC-R	150 - 210	60 - 100	20 - 70	0.4 - 0.8
PVC-F	120 - 190	60 - 100	20 - 55	1 - 1.3

Fuente: C. I. Burbano, "Diseño de Molde de 4 Cavidades para la producción de rejilla y tapón de 50mm de PVC reutilizando placas normalizadas existentes", Guayaquil, 2010[26].

ANEXO 5

Instrumento 5: Diagrama espesor de pared, longitud de recorrido de flujo y presión específica



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

ANEXO 6

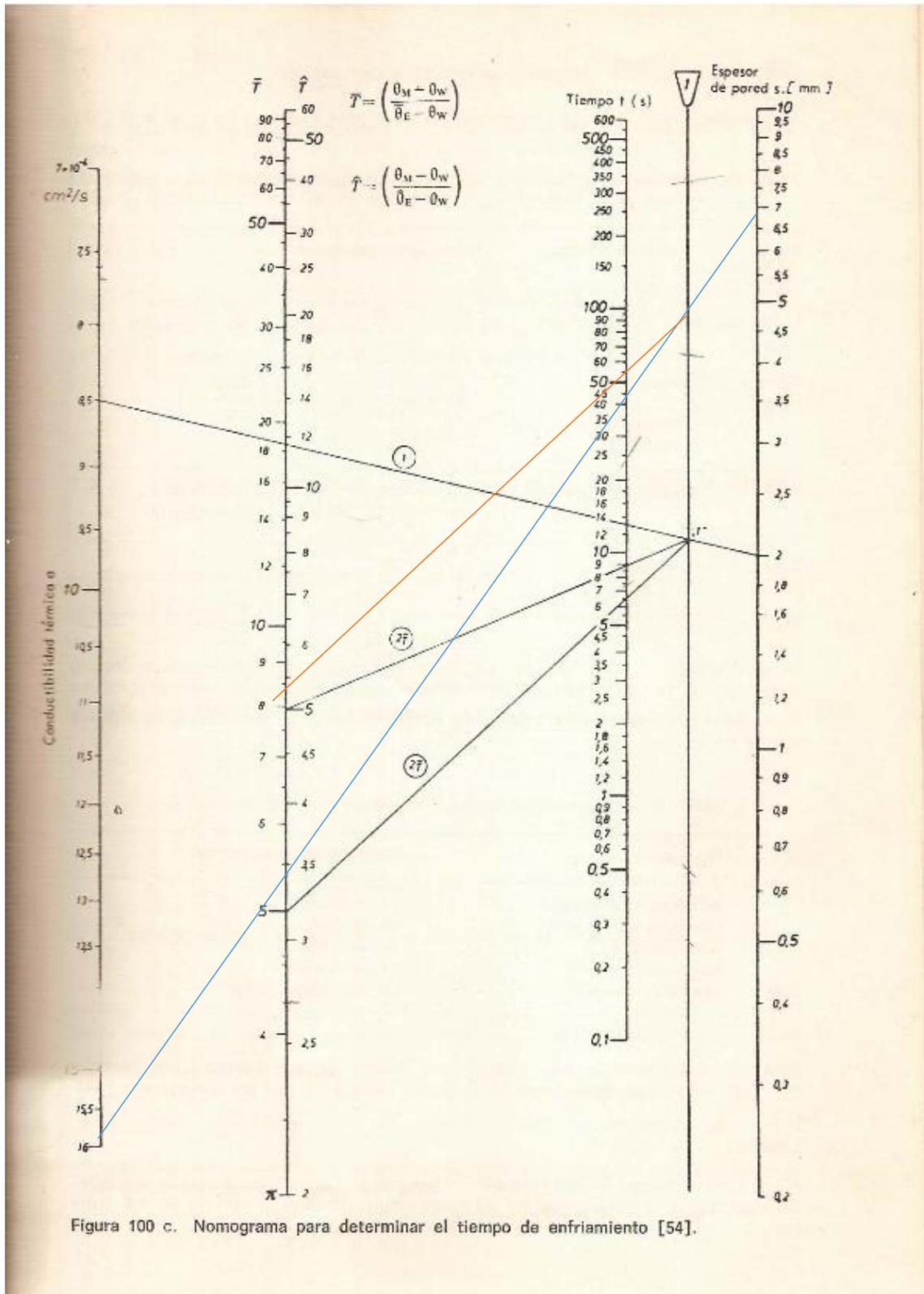
Instrumento 6: Temperatura del plástico

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 anti choque	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 – acrilitrilo	230 – 260	50 – 80
Polimetacrilato	170 – 230	40 – 90
Policarbonato	280 – 310	85 – 120
Copolimero 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
Acrilitrilo - estireno – butadieno	180 – 240	50 – 60

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

ANEXO 7

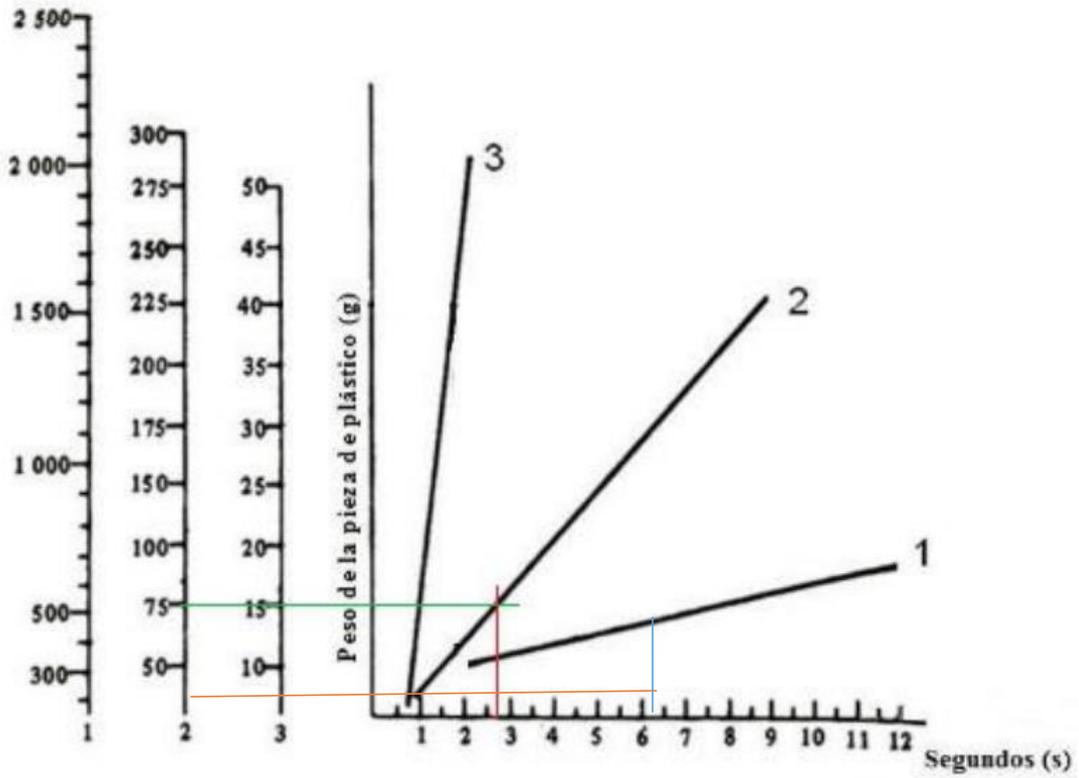
Instrumento 7: Nomograma para cálculo de tiempo de refrigeración



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

ANEXO 8

Instrumento 8: Tiempo de llenado en función del peso de la pieza



ANEXO 9

Instrumento 9: 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 recomb.	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 10

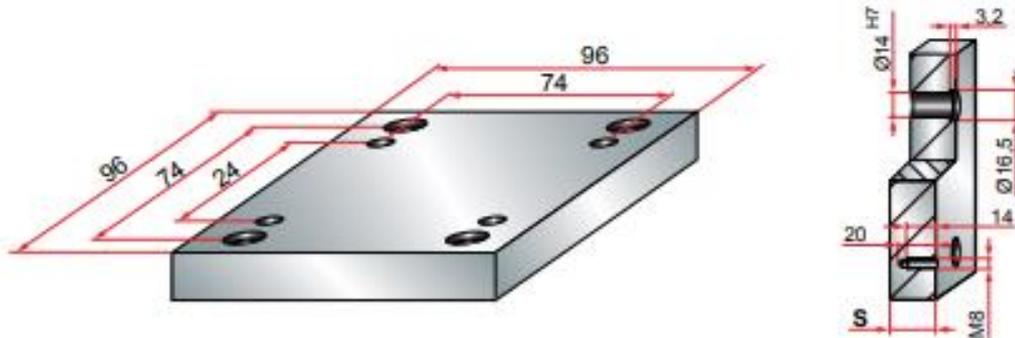
Instrumento 10: Simulación de la pieza

Fuerza de Cierre X-dir.	1.4200 Tonne (1.5600 Ton U.S)
Fuerza de Cierre Y-dir.	1.0300 Tonne (1.1400 Ton U.S)
Fuerza de Cierre Z-dir.	1.0300 Tonne (1.1400 Ton U.S)
Presión de inyección Requerida	25.0000 Mpa (3626.7500 psi)
Temperatura Central Máx	194.8300 °C (382.7000 °F)
Temperatura Media Máx	177.8100 °C (352.0700 °F)
Temperatura ponderada máxima	198.5100 °C (389.3200 °F)
Tensiones de Cizalla Máx	0.3800 Mpa (54.7900 psi)
Tasa de Cizalla Máx	6097.5100 1/sec
Tiempo de Refrigeración Medio Perfecto	13.3400 sec
Tiempo de CPU	392.28 sec
Tiempo de ciclo	23.95 sec
- 1. Tiempo de llenado	2.37 sec
- 2. Tiempo de Refrigeración	16.57 sec
- 3. Tiempo de Apertura Molde	5.00 sec

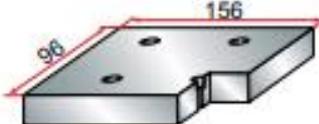
Fuente: SOLIDWORKS

ANEXO 11

Instrumento 11: Catálogo para la selección de las placas



PBA



PBA	
S	17
	22

mat.: 1.1730

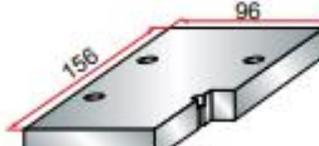
PBA-EU



PBA-EU	
S	17
	22

mat.: 1.1730

PBAV



PBAV	
S	17

mat.: 1.1730

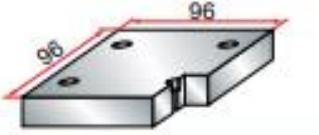
PBAV-EU



PBAV-EU	
S	17

mat.: 1.1730

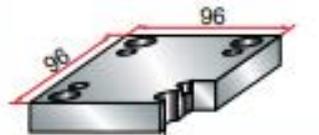
PBAS



PBAS	
S	17

mat.: 1.1730

PBAS-EU



PBAS-EU	
S	17

mat.: 1.1730

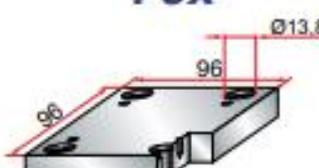
PC



		Material			
		1.1730	1.2311	1.2312	1.2085
S	22	*	*	*	*
	27	*	*	*	*
	36	*	*	*	*
	46	*	*	*	*
	56	*	*	*	*

* Entrega 3/4 día - Delivery 3/4 days

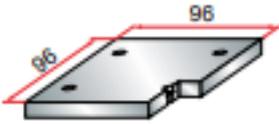
PCX



		Material			
		1.1730	1.2311	1.2312	1.2085
S	22	*	*	*	*
	27	*	*	*	*
	36	*	*	*	*
	46	*	*	*	*
	56	*	*	*	*

* Entrega 3/4 día - Delivery 3/4 days

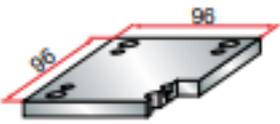
PS



PS	
S	12
	17
	22

mat.: 1.1730

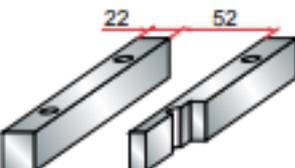
PS-EU



PS-EU	
S	12
	17
	22

mat.: 1.1730

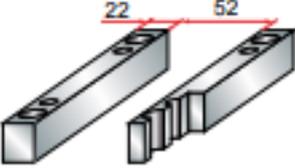
ESP



ESP	
S	38
	48
	58
	68

mat.: 1.1730

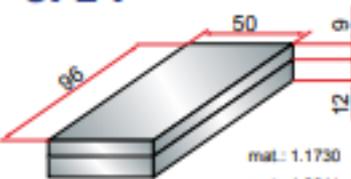
ESP-EU



ESP-EU	
S	38
	48
	58
	68

mat.: 1.1730

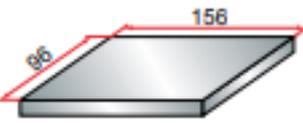
CPE-P



mat.: 1.1730
mat.: 1.2311

P PLATES

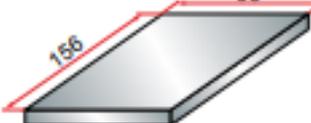
PBA-P



PBA-P	
S	17
	22

mat.: 1.1730

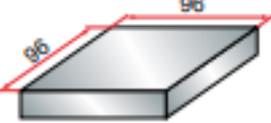
PBAV-P



PBAV-P	
S	17

mat.: 1.1730

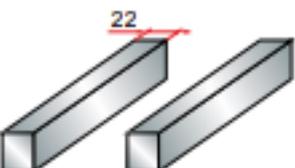
PC-P



Material					
		1.1730	1.2311	1.2312	1.2085
S	22	+	+	+	o
	27	+	+	+	o
	38	+	+	+	o
	48	+	+	+	o
	58	+	+	+	o

* Entrega 34 días - Delivery 34 days

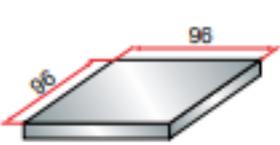
ESP-P



ESP-P	
S	38
	48
	58
	68

mat.: 1.1730

PS-P



PS-P	
S	12
	17
	22

mat.: 1.1730

Fuente: BRUYRUBIO, "HIGH PRECISION MOULD BASES STANDARD ACCESORIES"[27].

ANEXO 12

Instrumento 12: “Propiedades de los aceros P20 (M238 y M303)”



ACEROS PARA MOLDES DE PLÁSTICO

Calidad BÖHLER	Resistencia al desgaste	Tenacidad	Pulibilidad	Maquinabilidad	Aptitud para el temple en profundidad	Aptitud para el ataque químico
BÖHLER M238	★★	★★★★	★★★	★★★	★★★★	★★★

Calidad BÖHLER	Normas comparables			Aplicaciones
	EN/DIN	AISI	UNE	

ACEROS TEMPLADOS Y BONIFICADOS

BÖHLER M238 ¹⁾	< 1.2738 > 40CrMnNiMo7	-	-	Acero bonificado a 1000N/mm2 para moldes de tamaño medio y grande para la transformación de materias plásticas, portamoldes para moldes de plástico, componentes para maquinaria y utilajes en general.
----------------------------------	---------------------------	---	---	---

Calidad BÖHLER	Tratamiento térmico			Composición química %									
	Dureza ¹⁾ HB máx (recocido)	Temple °C Enfriamiento rápido	Dureza alcanzable HRC	C	Si	Mn	S	Cr	Mo	Ni	V	Cu	Otros
BÖHLER M238	290-330. Bonificado a ~1000 N/mm2	-	-	0,38	0,30	1,50	-	2,00	0,20	1,10	-	-	-

Calidad BÖHLER	Resistencia al desgaste	Tenacidad	Pulibilidad	Maquinabilidad	Resistencia a la corrosión
BÖHLER M303 EXTRA	★★★	★★★★	★★★★	★★★	★★★★

Calidad BÖHLER	Normas comparables			Aplicaciones
	EN/DIN	AISI	UNE	

ACEROS RESISTENTES A LA CORROSIÓN

BÖHLER M303 EXTRA ¹⁾	~ 1.2316 X36CrMo17	-	~ F5267	Acero inoxidable martensítico templado con excelente tenacidad, resistencia a la corrosión y resistencia al desgaste. Se caracteriza por una mejor maquinabilidad y pulibilidad. Fue desarrollado para mejorar la homogeneidad y asegurar unas propiedades excepcionales de uso. El resultado (comparado con 1.2316) es la ausencia de delta ferrita en la matriz. Aplicaciones: portamoldes para la industria plástica y de fundición a presión y también para útiles auxiliares en la transformación de materias plásticas.
--	-----------------------	---	---------	---

Calidad BÖHLER	Tratamiento térmico			Composición química %									
	Dureza ¹⁾ HB máx (recocido)	Temple °C Enfriamiento rápido	Dureza alcanzable HRC	C	Si	Mn	S	Cr	Mo	Ni	V	Cu	Otros
BÖHLER M303 EXTRA	290-330. Bonificado a ~1000 N/mm2	-	-	0,27	0,30	0,65	-	14,50	1,00	0,85	-	-	+N

Fuente: aceros böhler “ACEROS ESPECIALES”[28].

ANEXO 13

Instrumento 13: “Propiedades del acero AISI 4340”

Acero AISI 4340

EQUIVALENCIAS:	
BÖHLER:	V155
IBCA:	705
UDDEHOLM:	---
DIN:	34CrNiMo4
No. Mat.	1.6565

Tipo de aleación:					
C 0.40	Si 0.20	Mn 0.60	Cr 1.00	Mo 0.20	Ni 1.50 %
Estado de suministro: Bonificado 29 – 34 HRC					



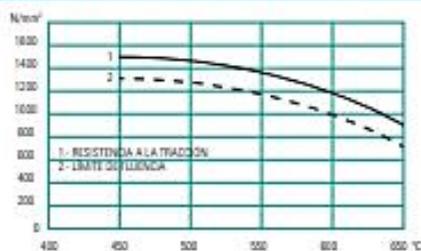
PROPIEDADES – APLICACIONES

Acero bonificado al cromo – níquel – molibdeno de alta resistencia mecánica y tenacidad en estado bonificado. Excelente resistencia a la fatiga y torsión. Resistente a la fragilidad de revenido por su aleación de molibdeno. Alta templabilidad.

Para la fabricación de elementos de maquinaria de grandes secciones altamente exigidos, como son: ejes, piñones, pernos grado 6, rotores, levas, bridas de alta presión, piezas de maquinaria pesada, etc.

TRATAMIENTO TÉRMICO	
Forjado:	1050 – 850°C
Recocido:	650 – 700°C (248 HB)
Temple:	830-860°C al aceite
Dureza	54 – 56 HRC
Revenido:	550-600°C

DIAGRAMA DE BONIFICACIÓN



PROPIEDADES MECÁNICAS

Diámetro mm	Límite de fluencia N/mm²	Resistencia a la tracción N/mm²
≤ 16	1000	1200 - 1400
≤ 16 ≤ 40	900	1100 - 1300
≤ 40 ≤ 100	800	1000 - 1200
≤ 100 ≤ 160	700	900 - 1100
≤ 160 ≤ 250	600	800 - 950

Fuente: Catálogo de aceros bonificados[29].

ANEXO 14

Instrumento 14: “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”[30].

ANEXO 15

Instrumento 15: “Constante de condiciones en extremos de columnas”

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

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

ANEXO 16

Instrumento 16: “Propiedades Acero AISI 420”

**ACERO INOXIDABLE 420
(UNS S42000)**

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

2. Normas involucradas: ASTM A 176

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

4. Propiedades físicas: Densidad 7.8 g/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.

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

Fuente: “Catálogo de Aceros especiales e inoxidables”

ANEXO 17

Instrumento 17: “Propiedades del polietileno”

The screenshot shows the 'Polímero' (Polymer) dialog box in SolidWorks. The 'Dominio' (Domain) is set to 'Cavidad (pieza 1)'. The material is identified as '1st: -- (P) ENICHEM / FLEXIRENE MR50'. The left pane shows a tree view of plastic material databases, with '1 -' expanded to show '3 (P) ENICHEM / FLEXIRENE MR50' selected. The right pane displays the material properties for this material, organized into several categories:

Propiedad	Valor
Temperatura del material	194 °C
Temperatura material máx.	230 °C
Temperatura material mín.	140 °C
Temperatura del molde	30 °C
Temperatura molde máx.	45 °C
Temperatura molde mín.	10 °C
Temperatura de eyección	66 °C
Temperatura de transición c	125 °C
Viscosidad : 7-Parameters	1.13978e+010 260.519 0 18.9635 51.084 2.21
PVT : Modified Tait eqn	1.21176 0.0006654 1.6274e+009 0.00491634 1.
Calor específico : Constant	3180 J/(Kg-K)
Conductividad térmica : Coef	0.225 W/(m-K)
Módulo elasticidad : Constant	5.5e+009 5.5e+009
Paralelo	550 MPa
Normal	550 MPa
Coef. Poisson : Constant	0.41 0.41

Fuente: “SOLIDWORKS”

- Memoria de cálculo manual

$$Fn = \frac{Sv}{Av}$$

$$Av = 0.81(cm)^3$$

La densidad se determina mediante el anexo 3, $\rho = 917 \frac{kg}{m^3}$

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

$$\rho = 939 \frac{kg}{m^3} * \frac{1000 gr}{1kg} * \frac{1m^3}{1000000 cm^3}$$

$$\rho = 0.939 \frac{gr}{cm^3}$$

$$Sv = V$$

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

$$Sv = \frac{11.34(gr)}{0.939 \left(\frac{gr}{cm^3} \right)}$$

$$Sv = 12.08(cm^3)$$

$$Fn = \frac{Sv}{Av}$$

$$Fn = \frac{12.08(cm^3)}{0.81(cm^3)}$$

$$Fn = 14.9 \approx 15$$

$$fs = \frac{1}{1 - \left(\frac{\%}{100} \right)} t$$

$$fs = \frac{1}{1 - \left(\frac{2}{100} \right)}$$

$$fs = 1.02$$

Distancia entre barras= 150x113mm

Placa de caviadaes=96 x 96 mm

F=1 Cavity

Radio de la boquilla de la matriz

$$R_D + 1 \leq R_A [mm]$$

$$0mm + 1 \leq R_A \quad \text{No existe}$$

$$1mm \leq R_a$$

Diámetro del orificio de la boquilla de la matriz

$$d_D + 1 \leq d_A [mm]$$

$$3mm + 1 \leq d_A$$

$$4mm \leq d_A$$

Diámetro mayor del bebedero

$$S_{\max} + 1.5 = df$$

$$6.6 + 1.5 = df$$

$$8.1mm = df$$

Longitud del bebedero

$$L = \frac{dF - dA}{2 * \tan \alpha}$$

$$L = \frac{8.1 - 4}{2 * \tan(1)}$$

$$L = 58.7 \approx 59mm$$

Escoger el diámetro d_1

$$d_2 = S_{\max} + 1.5 = 0.7 * d_1$$

$$d_2 = 0.7 * d_1$$

$$d_2 = 0.7 * 3mm$$

$$d_2 = 2.1mm$$

Altura de la sección

$$h = \frac{2}{3}d_2$$

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

$$h = 1.4mm$$

Canales de estrangulamiento o entradas

Longitud de Canales de estrangulamiento= 2mm

Tapa=1, 2,3,4

Longitud de Canales del Fluido=3.03mm

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

$$F = \frac{\Pi(3mm)^2}{4}$$

$$F = 7.06mm^2$$

$$f = 0.07 * F$$

$$f = 0.07 * 7.06mm^2$$

$$f = 0.49mm^2$$

$$f = 3 * b^2$$

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

$$b = \sqrt{\frac{0.49mm^2}{3}}$$

$$b = 0.4mm$$

$$a = 3 * b$$

$$a = 3 * 0.4mm$$

$$a = 1.21mm$$

$$k1 = \frac{f}{I * \sqrt{L}}$$

$$k1 = \frac{0.49}{2 * \sqrt{3.03}}$$

$$k1 = 0.14mm^{0.5}$$

Tapa=5, 6, 7,8

Longitud de Canales del Fluido=10.28mm

$$k1 = \frac{f5}{I * \sqrt{L}}$$

$$0.1.4 = \frac{f5}{2 * \sqrt{10.28}}$$

$$f5 = 0.14 * 2 * \sqrt{10.28}$$

$$f5 = 0.89 \approx 0.9mm^2$$

$$f = 3 * b^2$$

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

$$b = \sqrt{\frac{0.9mm^2}{3}}$$

$$b = 0.55 \approx 0.6mm \approx$$

$$a = 3 * b$$

$$a = 3 * 0.55mm$$

$$a = 1.7mm$$

Determinación de la fuerza de cierre

$$Fi = A * Pi$$

Área Proyectada

$$A = \Pi * r^2$$

$$A = \Pi * 8.26mm^2$$

$$A = 214.34mm^2$$

$$A1 = \frac{\Pi * r^2}{2}$$

$$A1 = \frac{\Pi * 3^2}{2}$$

$$A1 = 14.14mm^2$$

$$A2 = b * a$$

$$A2 = 6mm * 3mm$$

$$A2 = 18mm^2$$

$$A3 = A2 - A1$$

$$A3 = 18mm^2 - 14.14mm^2$$

$$A3 = 3.86mm^2$$

$$A4 = (b * h) - A3$$

$$A4 = (6.6mm * 16.51mm) - 3.86mm^2$$

$$A4 = 105.1mm^2$$

$$AT = A4 + A$$

$$AT = 105.1mm^2 + 214.34mm^2$$

$$AT = 319.44mm^2$$

$$AT * N^\circ$$

$$319.44mm^2 * 8$$

$$2555.52mm^2$$

Longitud del recorrido del flujo

$$L2 = 3,03 + 2$$

$$L2 = 5.03mm$$

$$L3 = 10.28 + 2$$

$$L3 = 12.28mm$$

$$LR = L1 + L2 + L3$$

$$LR = 59 + (5.03 * 4) + (12.28 * 4)mm$$

$$LR = 128.mm$$

Presión interna en la cavidad del molde

Los 128mm representar en el Anexo 5

$$Pi = 190Bar$$

$$Pi = 190 \frac{Kgf}{cm^2}$$

$$F_i = A * P_i$$

$$P_i = 190 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$A_T = 2555.52 \text{mm}^2 \approx 25.55 \text{cm}^2$$

$$F_i = A * P_i$$

$$F_i = 25.55 \text{cm}^2 * 190 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$F_i = 4854 \text{kgf}$$

$$F_i = 4.85 \text{Tnf}$$

$$F_i = 4.85 \text{Tnf} < 102 \text{Tnf} \quad \text{Cumple}$$

Expulsores

$$D = 6 \text{mm}$$

$$L = 71.42 \text{mm}$$

La inercia de los expulsosres

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

$$I = \frac{\pi * 6^4}{64}$$

$$I = 63.61$$

Área

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

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

$$A = 28.27$$

La relación esbeltez

$$\frac{L}{K} = \frac{L}{\frac{D}{4}}$$

$$\frac{L}{K} = \frac{71.42mm}{\frac{6mm}{4}}$$

$$\frac{L}{K} = 47.61$$

Comparación de la relación esbeltez

C= Constante de condiciones en extremos en el anexo 15 =2

E= Módulo de Elasticidad en el anexo 16=200 GPa

SY= Resistencia a la Fluencia en el anexo 16=345MPa

$$\left(\frac{L}{K}\right)_1 = \left(\frac{2 * \pi^2 * C * E}{SY}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\left(\frac{L}{K}\right)_1 = \left(\frac{2 * \pi^2 * 2 * 200000 MPa}{345 MPa}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\left(\frac{L}{K}\right)_1 = 151.28$$

Comparación

$$\left(\frac{L}{K}\right) < \left(\frac{L}{K}\right)_1$$

$$47.61 < 151.28$$

La carga generada por unidad de área

$$\frac{P}{A} = SY - \left(\frac{SY * L}{2\pi * K}\right)^2 \frac{1}{C * E}$$

$$\frac{P}{A} = 345 MPa - \left(\frac{345 MPa * 47.61}{2\pi}\right)^2 \frac{1}{2 * 200000 MPa}$$

$$\frac{P}{A} = 327.91 MPa$$

$$\frac{P}{A} = 327.91 \text{MPa}$$

$$P = 327.91 \text{MPa} * A$$

$$P = 327.91 \text{MPa} * \frac{\pi * 6^2}{4}$$

$$P = 9.27 \text{KN}$$

$$P = 9.27 \text{KN} * \text{EXPULSORES}$$

$$P = 9.27 \text{KN} * 9$$

$$P = 83.43 \text{KN}$$

Cálculo del tiempo de enfriamiento

$$\bar{T} = \frac{\theta_M - \theta_w}{\theta_E - \theta_w} [^{\circ}\text{C}]$$

$$\bar{T} = \frac{194 - 30}{50 - 30}$$

$$\bar{T} = 8.2^{\circ}\text{C}$$

$$\alpha = \frac{k}{\rho * Cp}$$

$$\alpha = \frac{0.39 \frac{\text{W}}{(\text{m} * \text{K})}}{939 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 2160 \frac{\text{J}}{\text{Kg} * \text{k}}}$$

$$\alpha = 1.92 * 10^{-7} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$\alpha = 19.2 * 10^{-4} \frac{\text{cm}^2}{\text{s}}$$

$$t = 46 \text{s}$$

Cálculo de calor requerido a transferir

$$Q_{\text{mold}} = m_{\text{mold}} * Cp(T_{\text{plac}} - T_{\text{exp}})$$

$$m = \rho * V$$

$$m = 939 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 8.1 * 10^{-7} (\text{m}^3)$$

$$m = 0.000761 \text{kg} * 8 \text{Cavidad}$$

$$m = 0.0061 \text{kg}$$

$$Q_{mold} = m_{mold} * C_p(T_{plac} - T_{exp})$$

$$Q_{mold} = 0.0061 \text{ kg} * 2160 \frac{\text{J}}{\text{Kg} * \text{k}} (144^\circ \text{C})$$

$$Q_{mold} = 1892 \text{ J}$$

$$Q_{sist} = \frac{Q_{mold}}{t}$$

$$Q_{sist} = \frac{\text{J}}{46 \text{ s}}$$

$$Q_{sist} = 41.13 \text{ W}$$

Cálculo del caudal del refrigerante

$$Q = \frac{Q_{sist}}{\rho_{ref} * C_{pref} * \Delta T_{ref}}$$

$$Q = \frac{41.13 \text{ W}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 4175 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} * \text{k}} * 2^\circ \text{k}}$$

$$Q = 4.92 \times 10^{-6} * 4 \text{ lineas}$$

$$Q = 1.97 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Cálculo de los diámetros de los canales de refrigeración.

$$\text{Re} = \frac{\rho_{ref} * Q}{\Pi * \mu_{ref} * D} \geq 2300$$

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

$$D = \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1.97 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\Pi * 0.001 \text{ Pa.s} * 2300}$$

$$D = 2.7 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$D = 2.7 \text{ mm}$$

Disposición de canales de enfriamiento

$$a_{KK} \approx (2.5 \text{ a } 3.5) D$$

$$a_{KK} \approx (2.5) * 2.7 \text{ mm}$$

$$a_{KK} \approx 6.8 \text{ mm}$$

$$S_{KK} \approx (0.8a1.5)a_{KK}$$

$$S_{KK} \approx (1.15) * 6.8mm$$

$$S_{KK} \approx 7.8mm$$

Tiempo de ciclo

$$tk = tLl + tR + T$$

Tiempo de llenado

El tiempo de llenado se lo puede determinar mediante en el anexo 10.

Una vez establecido esto se tiene que el tiempo de llenado 2.37 s

Tiempo de reseteo

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

$$tR = 1.75 * 3.4 * \left(\frac{2 * 6.6 + 0.05}{59} \right)^{\frac{1}{2}}$$

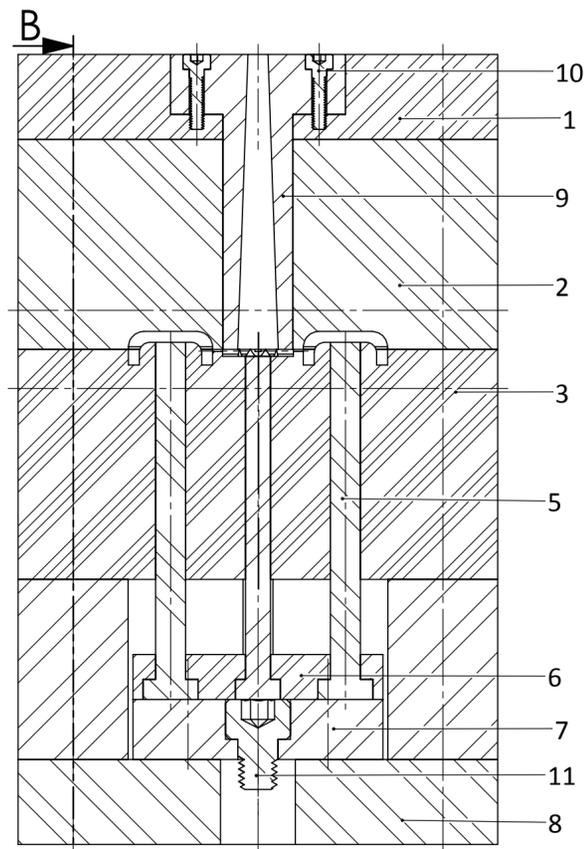
$$tR = 2.81s$$

$$tk = tLl + tR + T$$

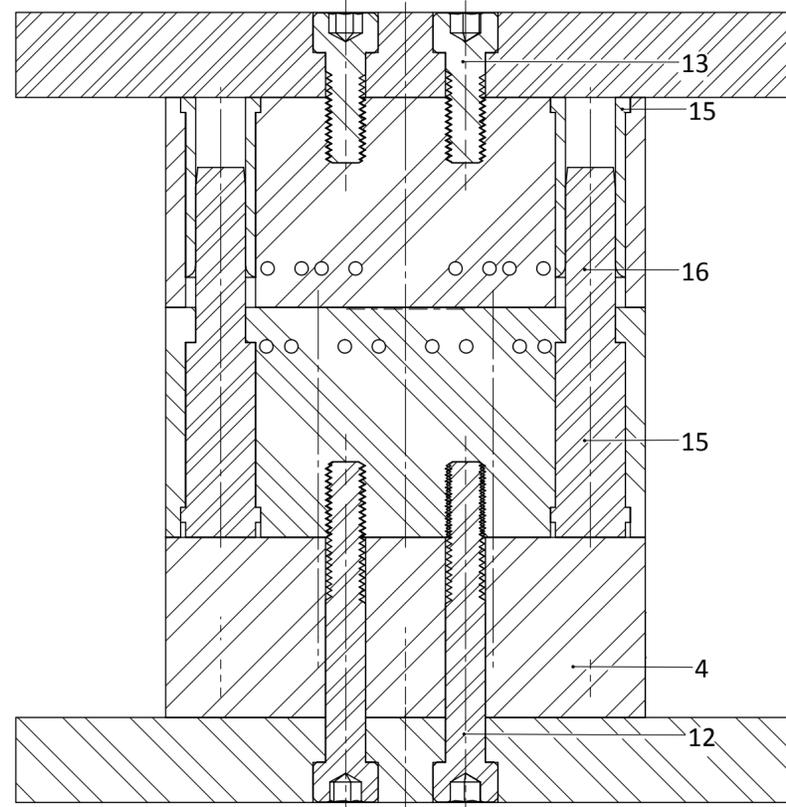
$$tk = 2.37 + 2.81 + 46$$

$$tk = 51.18s$$

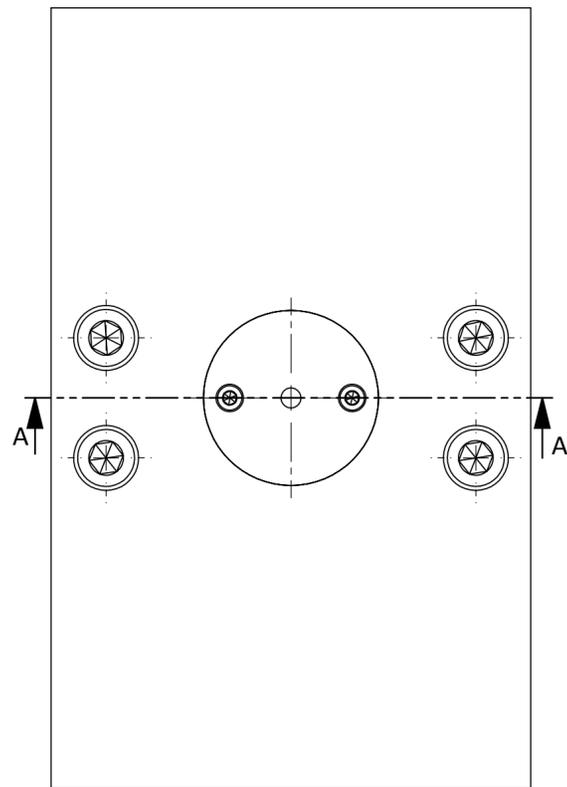
PLANOS DEL MOLDE



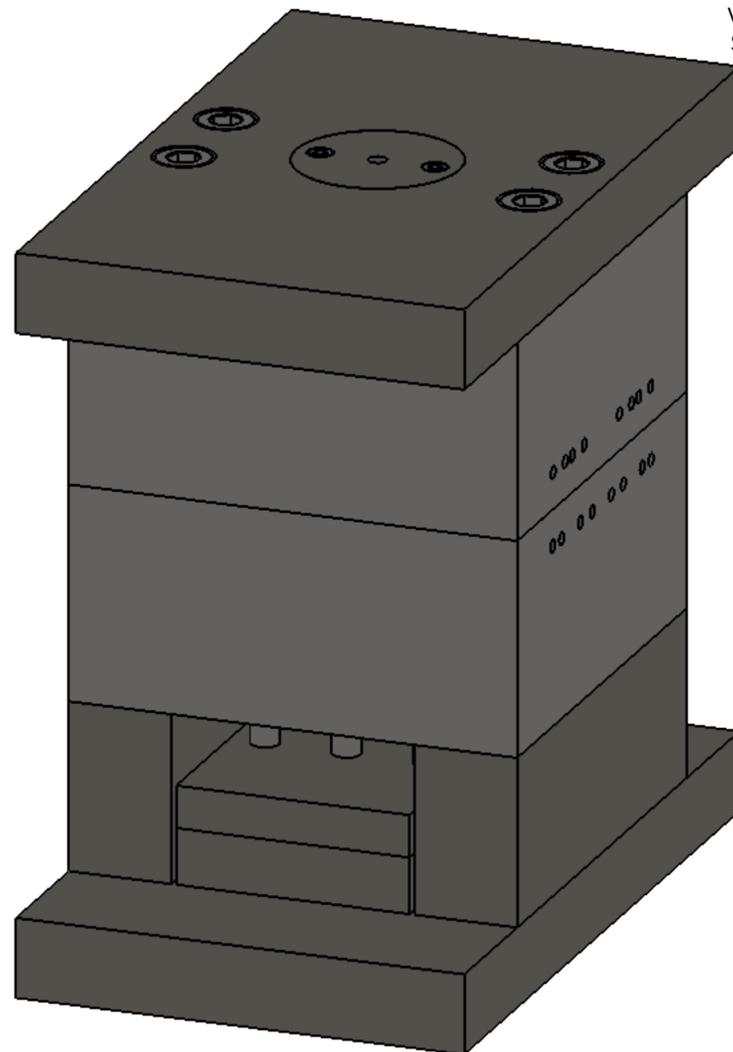
VISTA FRONTAL
SECCIÓN A-A



VISTA LATERAL
SECCIÓN B-B



VISTA SUPERIOR



N° de orden	Denominación	N° de piezas	N° de Norma/ Dibujo	Material	Modelo
1	Placa Base Fija	1	96x96x17mm	AISI 1045	Plancha
2	Placa Portamolde Fija	1	96x96x21.73mm	AISI P20	Plancha
3	Placa Portamolde Movil	1	96x96x22mm	AISI P20	Plancha
4	Paralelas	2	96x22x36mm	AISI 1045	Plancha
5	Expulsores	1	ø12.49x35.55mm	AISI 420	EJE
6	Placa Expulsion Guia	1	96x50x9mm	AISI 1045	Plancha
7	Placa Expulsion Base	1	96x50x12mm	AISI 1045	Plancha
8	Placa Base Movil	1	96x96x17mm	AISI 1045	Plancha
9	Bebedero	1	ø35x32mm	AISI 4340	EJE
10	Pernos Allen	2	M3	AISI 304	M3x0.5x12mm
11	Pernos Allen	1	M8	AISI 304	M8x1.25x10mm
12	Pernos Allen	4	M8	AISI 304	M8x1.25x60mm
13	Pernos Allen	4	M8	AISI 304	M8x1.25x22mm
14	Pernos Allen	4	M6	AISI 304	M6x1x12mm
15	Pernos Guia	4	ø12x43mm	AISI 4340	EJE
16	Casquillo	4	ø12x21mm	AISI 4340	EJE



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Dib.	Fecha:	Nombre:	Escala:
Rev.	18/06/20	Moreta, E. Mosquera, D.	
Apro.	18/06/20	Ing. Reinoso	
		DOCENTES	1:1

INGENIERÍA
ELECTROMECAÁNICA

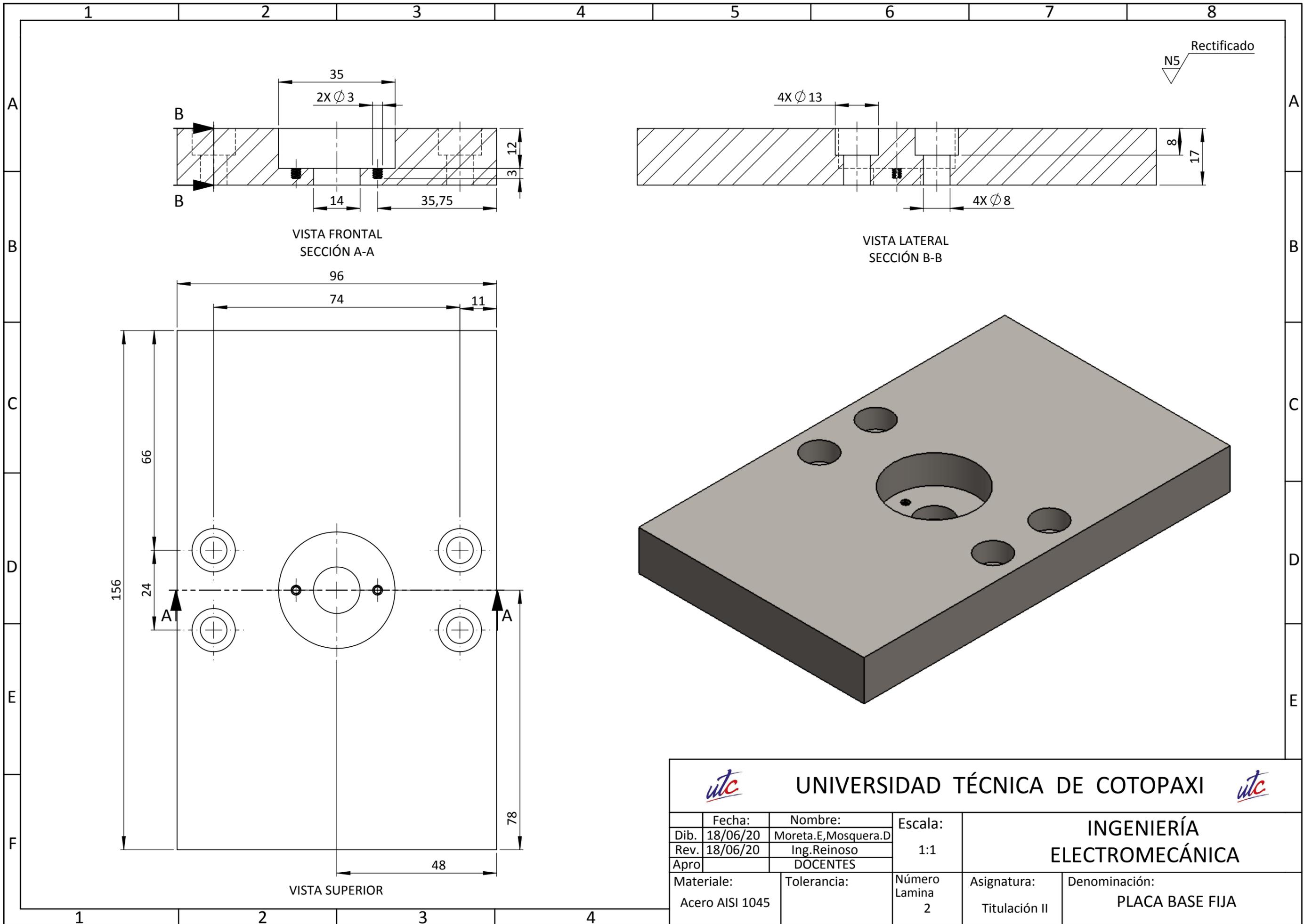
Material:
Especificado

Tolerancia:

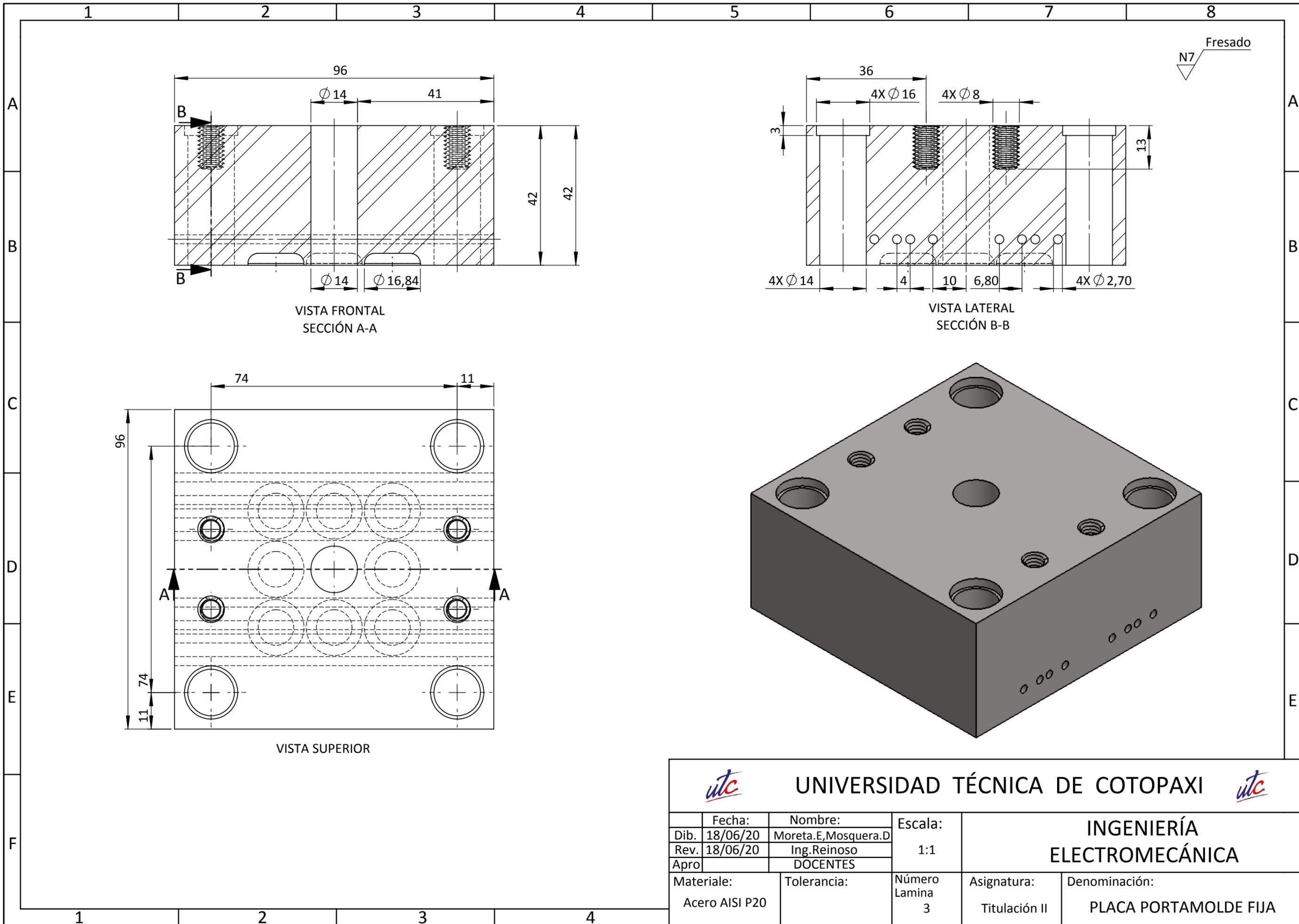
Número
Lamina
1

Asignatura:
Titulación II

Denominación:
MOLDE PARA INYECCION
DE PLASTICOS



<i>utc</i>		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		<i>utc</i>	
Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
Dib. 18/06/20	Moreta.E,Mosquera.D	1:1			
Rev. 18/06/20	Ing.Reinoso				
Apro	DOCENTES				
Materiale:	Tolerancia:	Número Lamina	Asignatura:	Denominación:	
Acero AISI 1045		2	Titulación II	PLACA BASE FIJA	



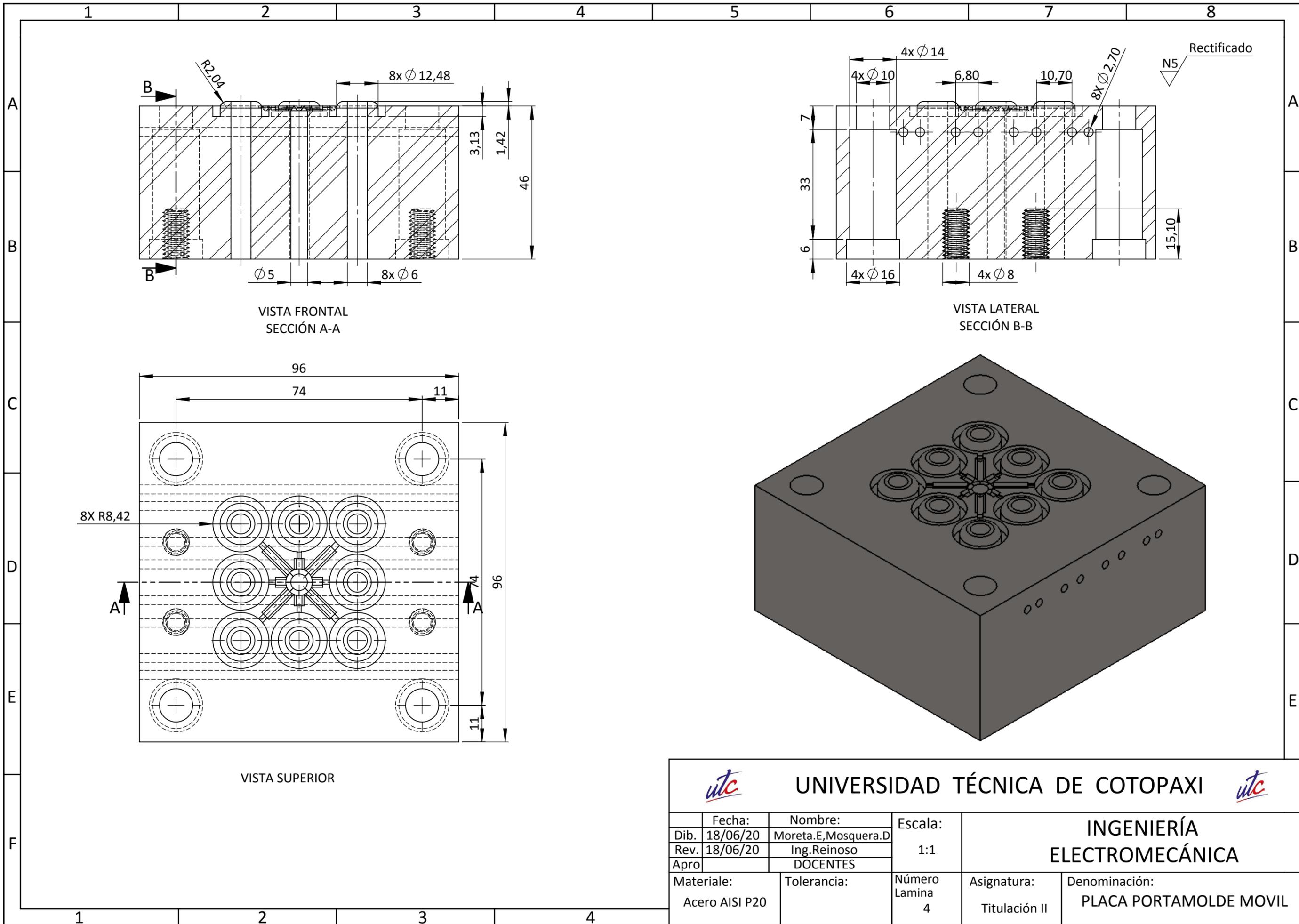
N7 Fresado

VISTA FRONTAL
SECCIÓN A-A

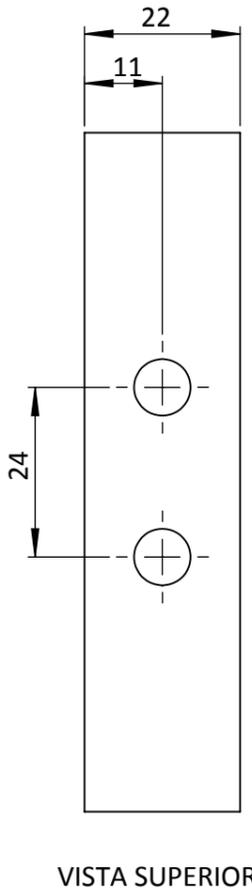
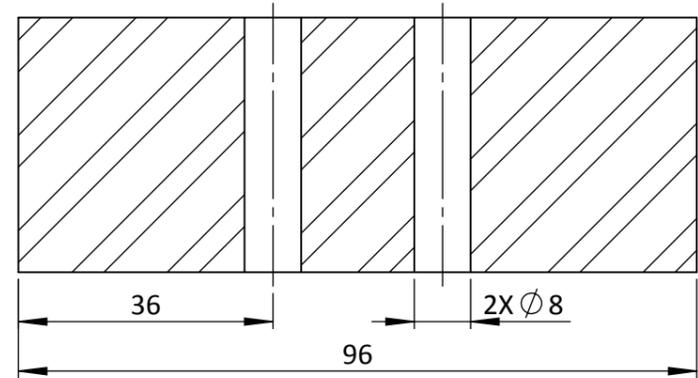
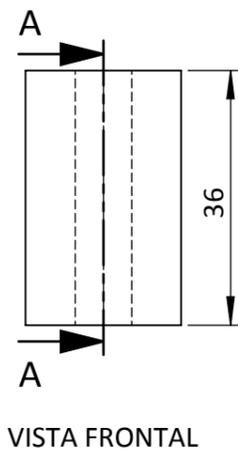
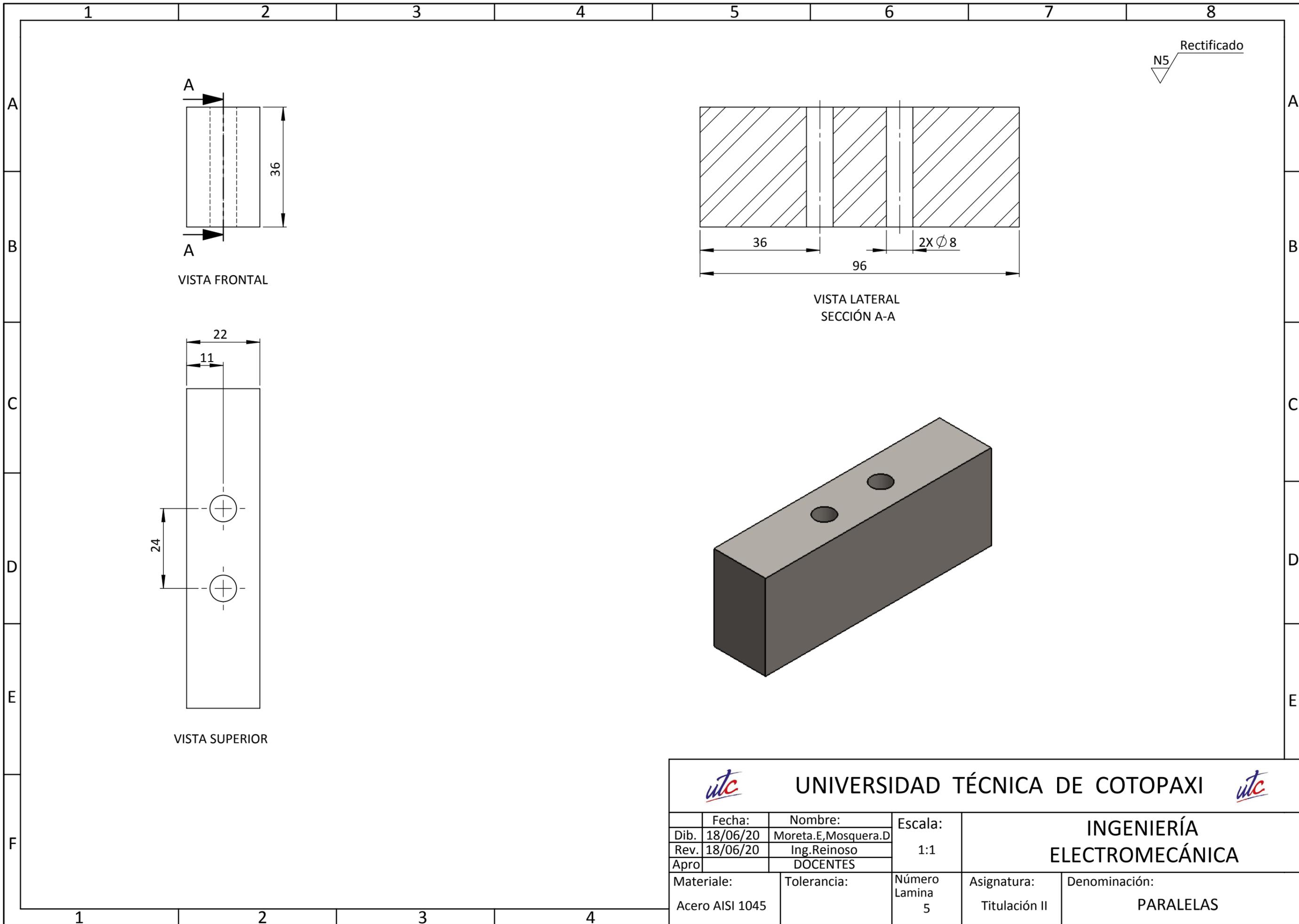
VISTA LATERAL
SECCIÓN B-B

VISTA SUPERIOR

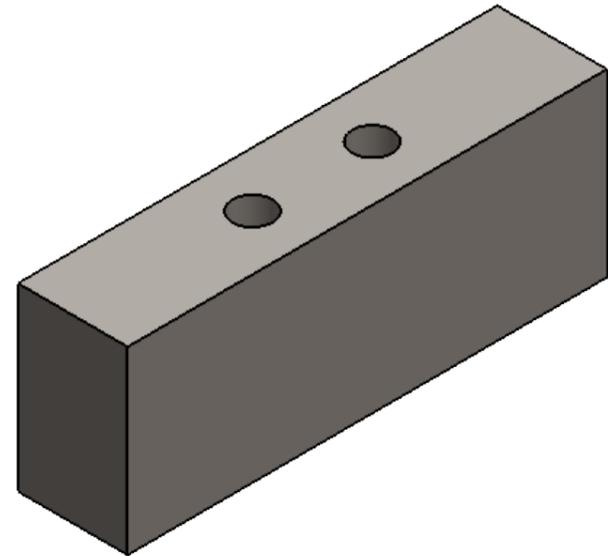
<i>utc</i>		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		<i>utc</i>		
Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA			
Dib. 18/06/20	Moreta.E,Mosquera.D					1:1
Rev. 18/06/20	Ing.Reinoso					
Apro	DOCENTES		Asignatura:	Denominación:		
Materiale: Acero AISI P20		Tolerancia:	Número Lamina 3	Titulación II	PLACA PORTAMOLDE FIJA	



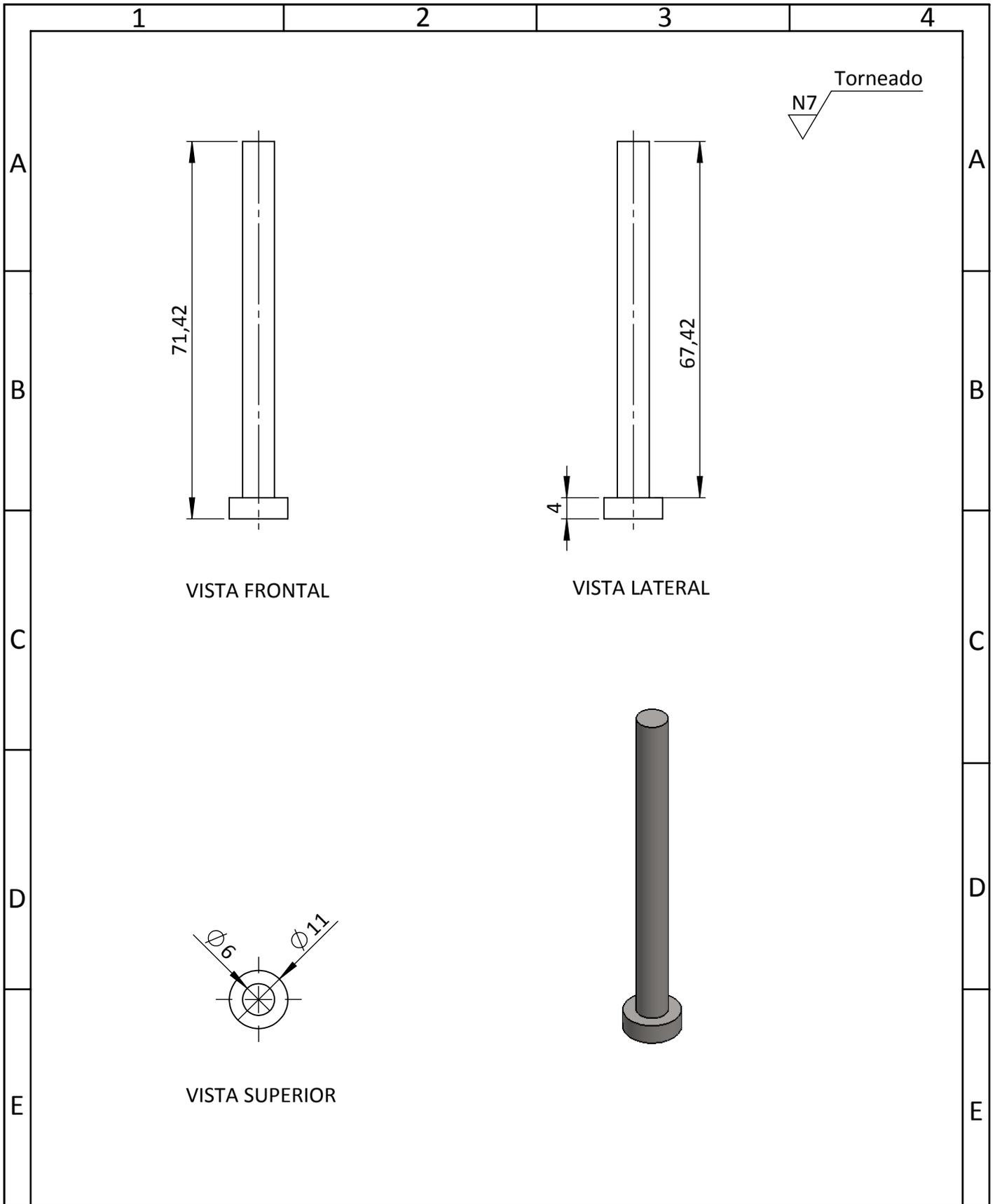
<i>utc</i>		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		<i>utc</i>		
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
Dib.	18/06/20	Moreta.E,Mosquera.D				1:1
Rev.	18/06/20	Ing.Reinoso				
Apro		DOCENTES		Asignatura:	Denominación:	
	Acero AISI P20		Número Lamina: 4	Titulación II	PLACA PORTAMOLDE MOVIL	



N5 Rectificado



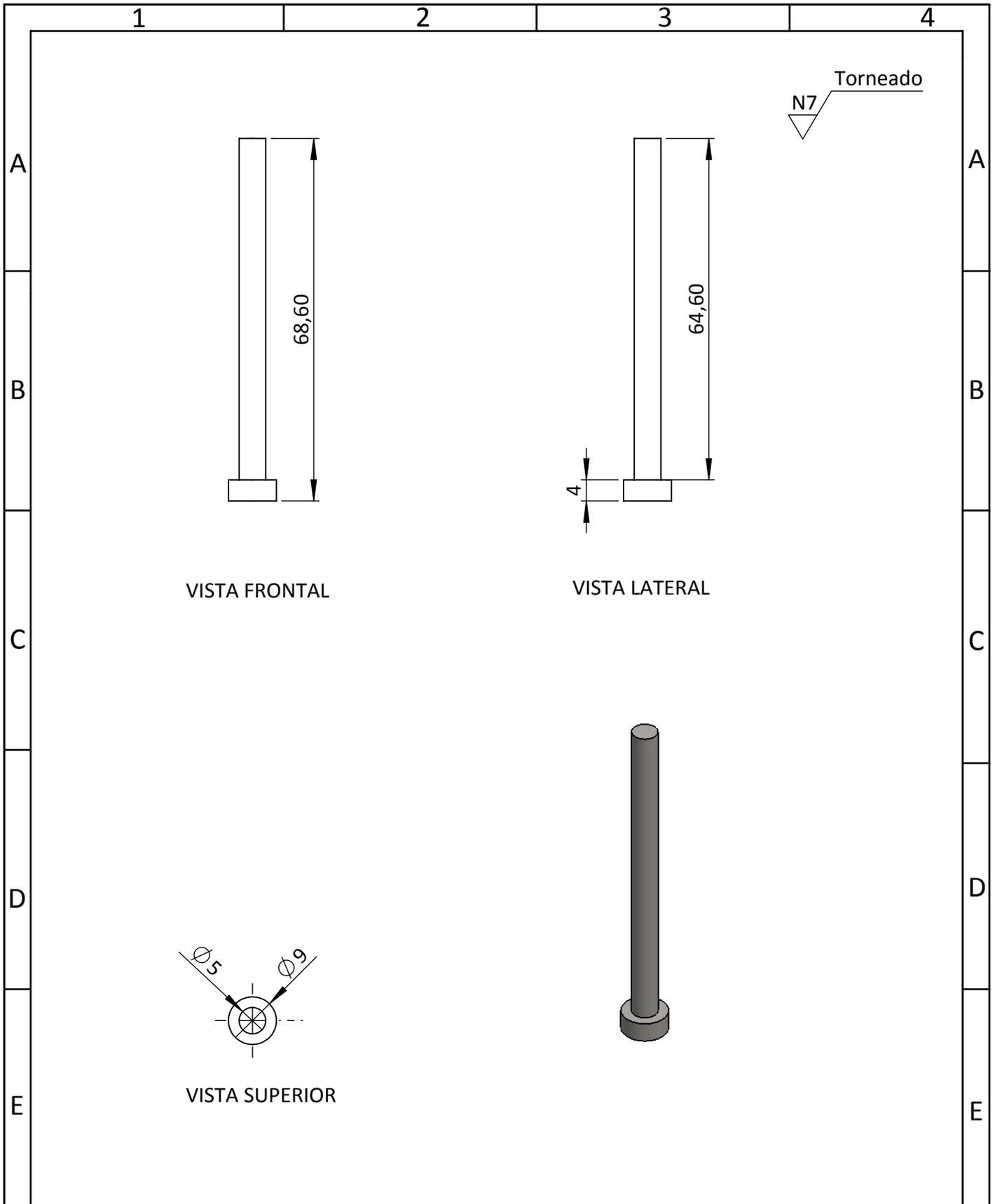
<i>utc</i>		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI			<i>utc</i>		
Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA				
Dib. 18/06/20	Moreta.E,Mosquera.D						1:1
Rev. 18/06/20	Ing.Reinoso						
Apro	DOCENTES	Número Lamina	Asignatura:	Denominación:			
Acero AISI 1045	Tolerancia:	5	Titulación II	PARALELAS			



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



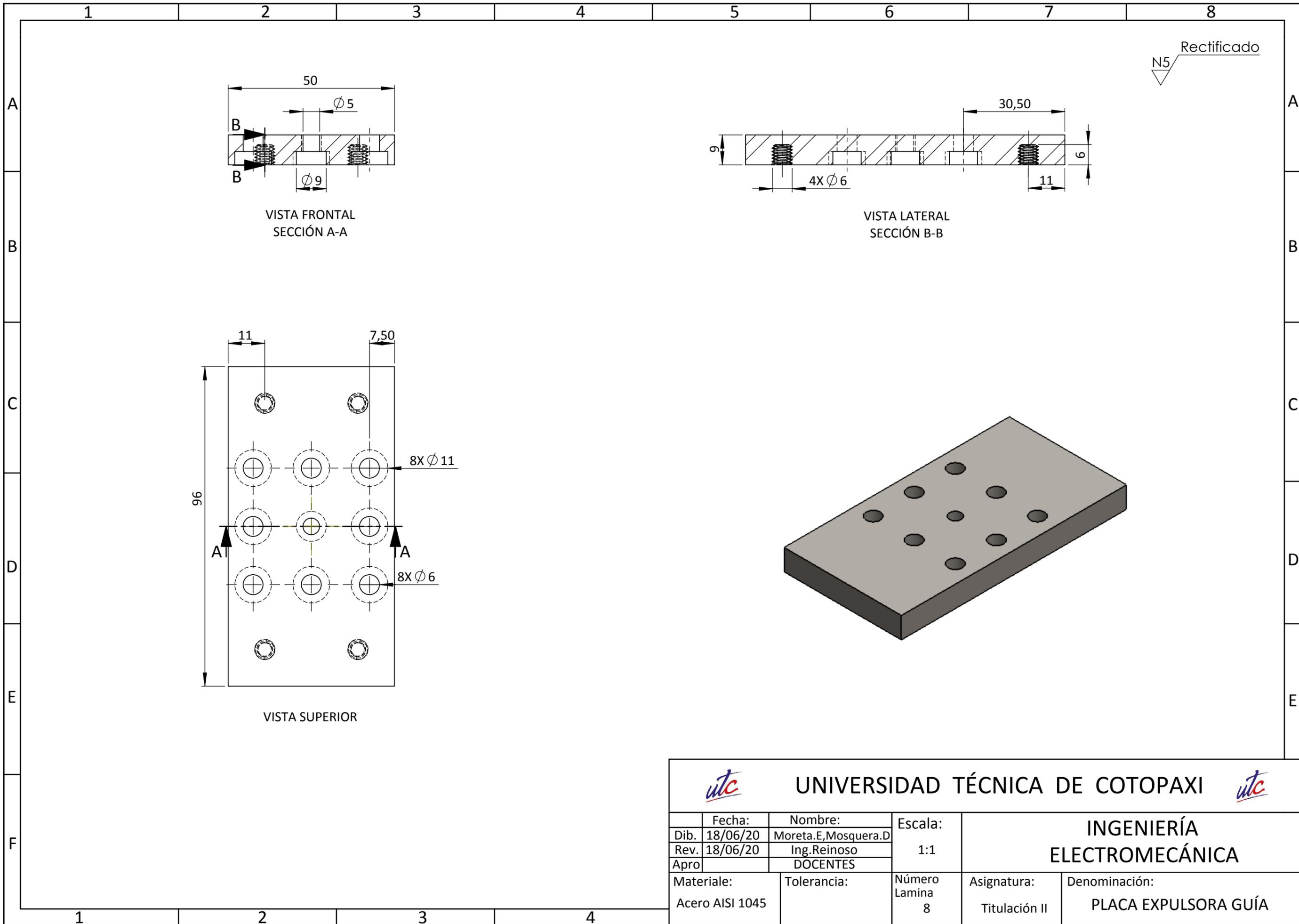
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
Dib.	18/06/20	Moreta.E,Mosquera.D				1:1
Rev.	18/06/20	Ing.Reinoso				
Apro		DOCENTES				
Materiale:	Tolerancia:	Número Lamina	Asignatura:	Denominación:		
Acero AISI 420		6	Titulación II	EXPULSORES #1		



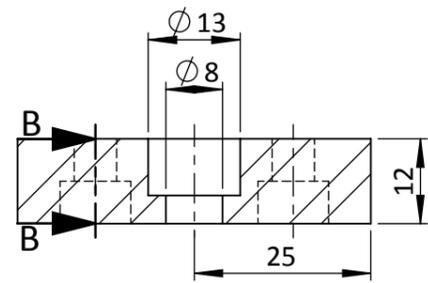
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



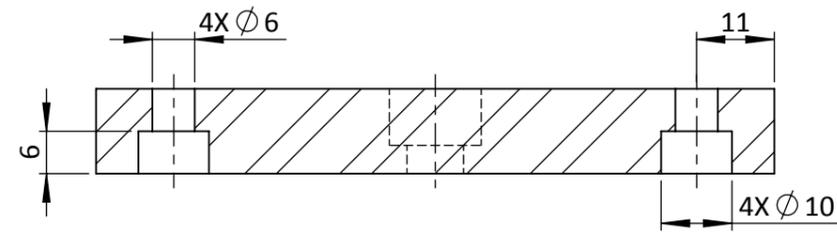
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
Dib.	18/06/20	Moreta.E,Mosquera.D				1:1
Rev.	18/06/20	Ing.Reinoso				
Apro		DOCENTES				
Materiale:		Tolerancia:	Número Lamina	Asignatura:	Denominación:	
Acero AISI 420			7	Titulación II	EXPULSORES #2	



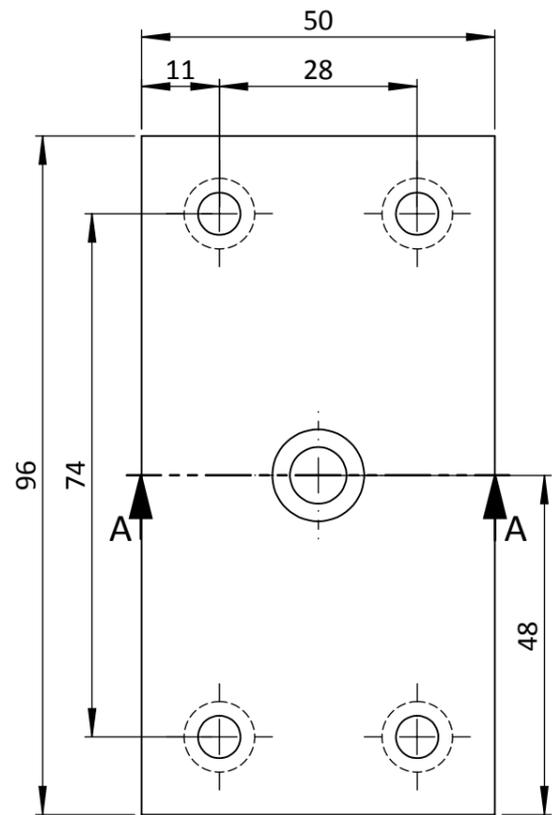
<i>utc</i>		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		<i>utc</i>		
Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA			
Dib. 18/06/20	Moreta.E,Mosquera.D					1:1
Rev. 18/06/20	Ing.Reinoso					
Apro	DOCENTES					
Materiale:	Tolerancia:	Número Lamina	Asignatura:	Denominación:		
Acero AISI 1045		8	Titulación II	PLACA EXPULSORA GUÍA		



VISTA FRONTAL
SECCIÓN A-A

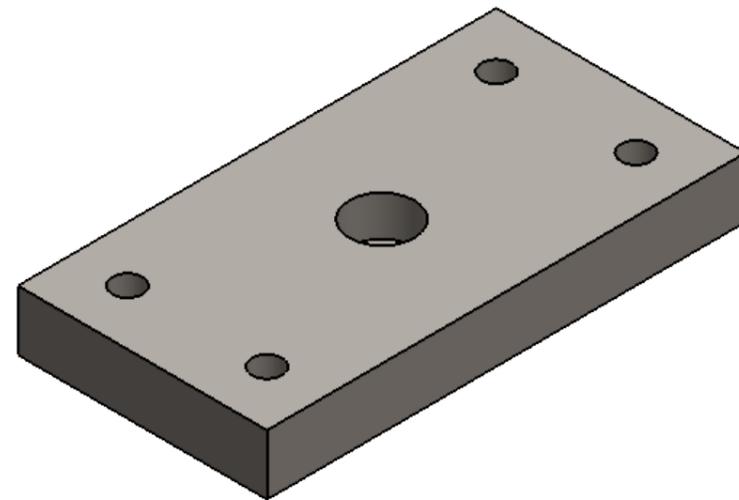


VISTA LATERAL
SECCIÓN B-B

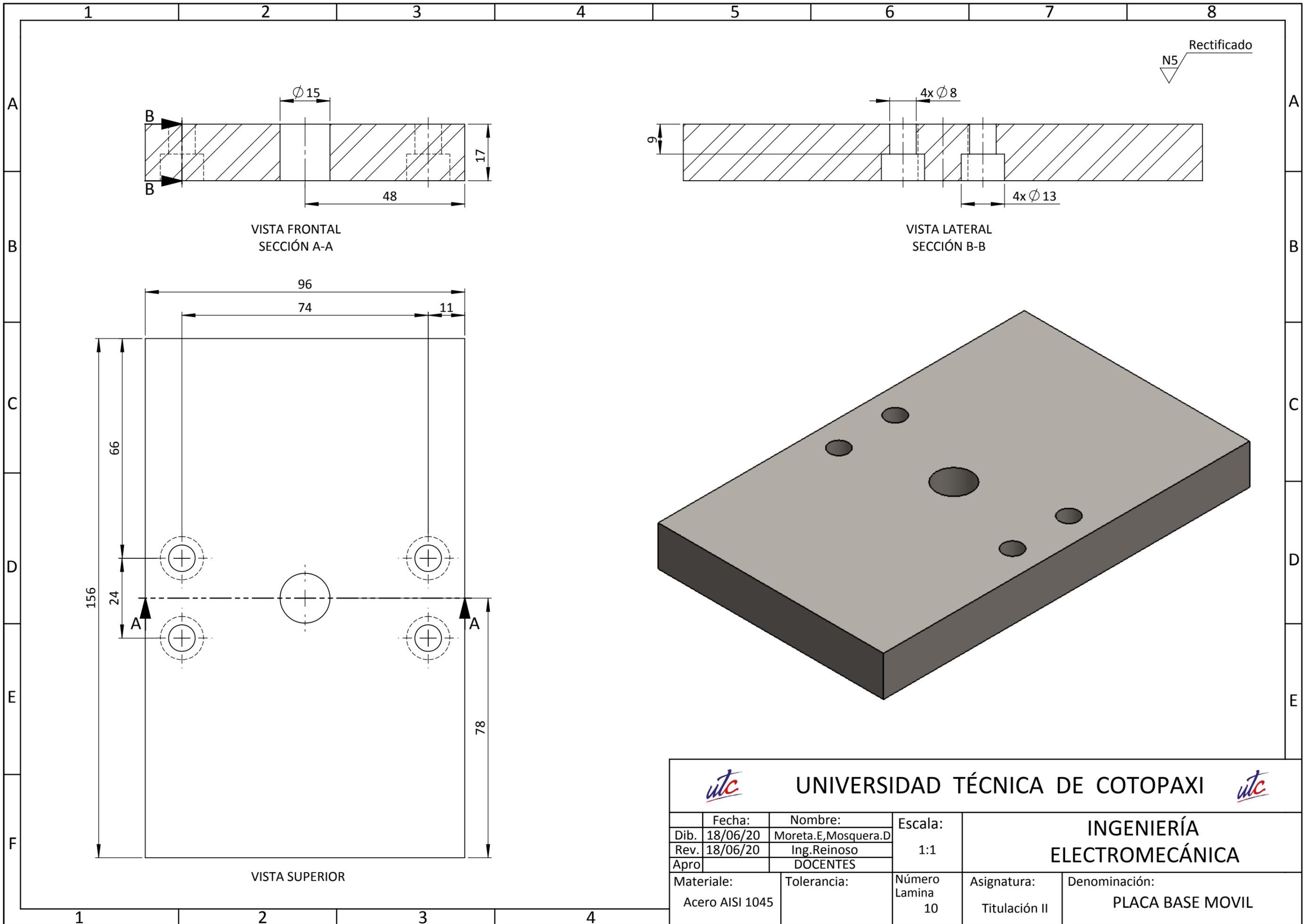


VISTA SUPERIOR

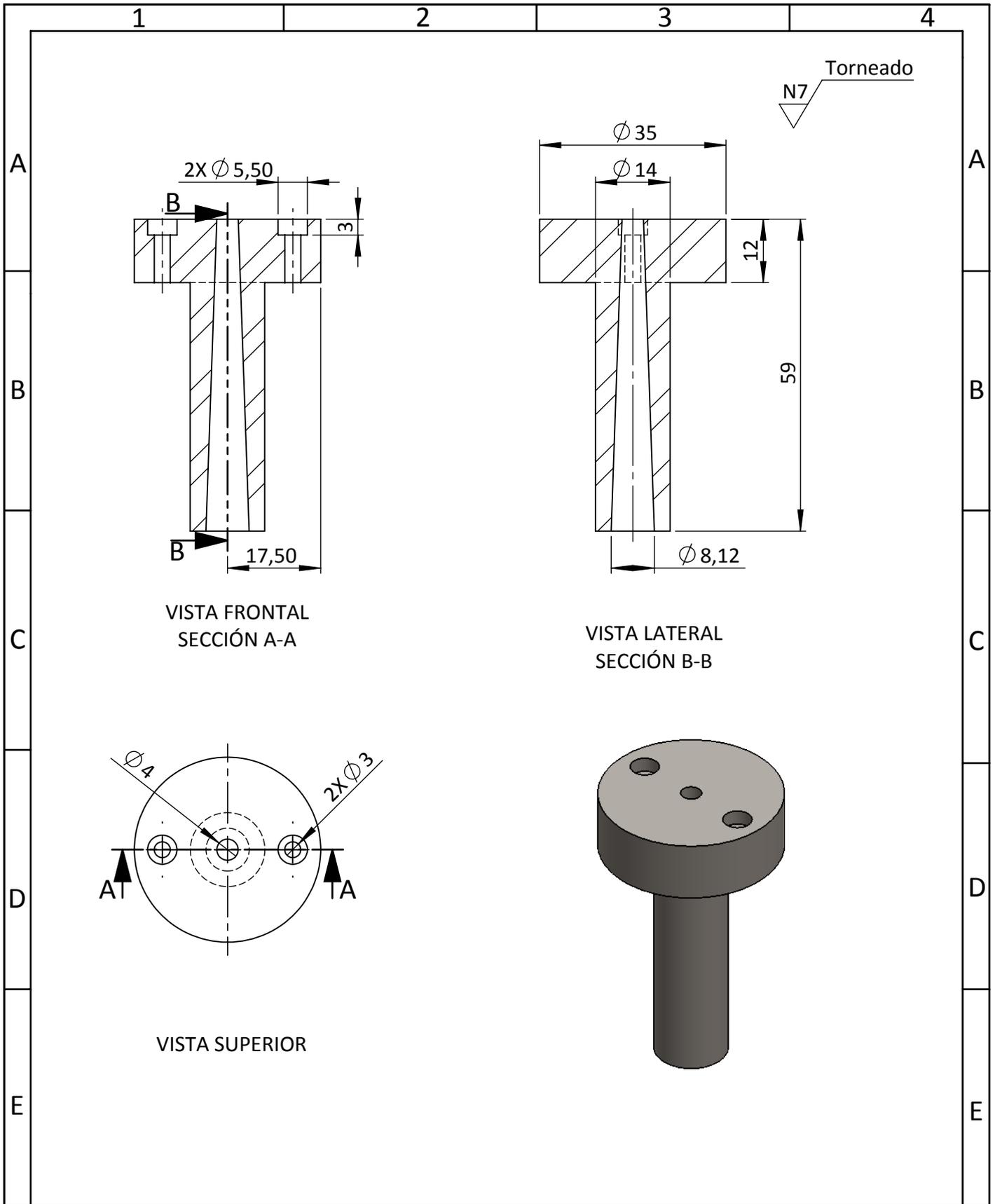
N5 Rectificado



<i>utc</i>		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI			<i>utc</i>		
Fecha:		Nombre:		Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
Dib.	18/06/20	Moreta.E,Mosquera.D					1:1
Rev.	18/06/20	Ing.Reinoso					
Apro		DOCENTES					
Materiale:		Tolerancia:		Número Lamina	Asignatura:	Denominación:	
Acero AISI 1045				9	Titulación II	PLACA EXPULSORA BASE	



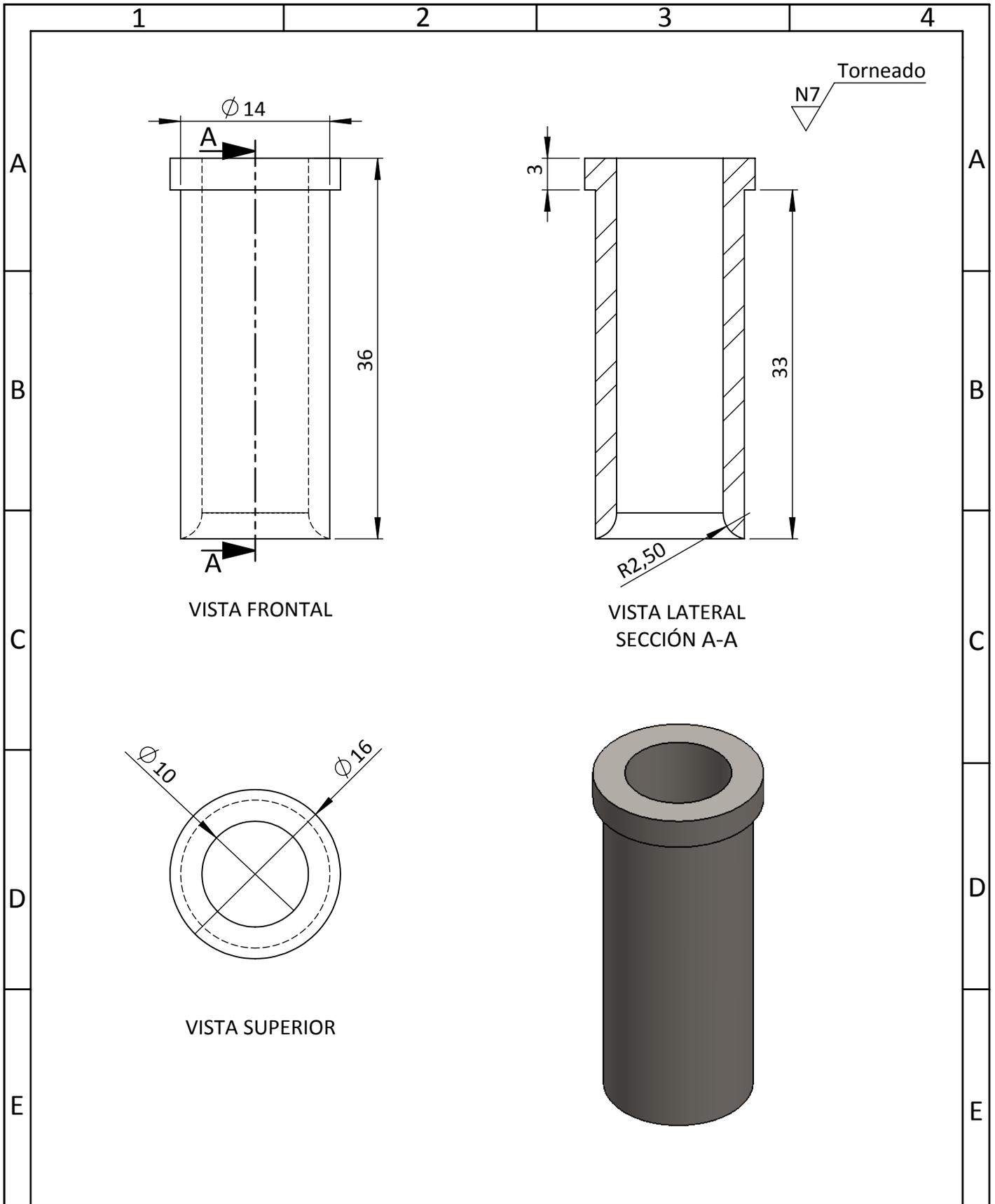
<i>utc</i>		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		<i>utc</i>		
Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA			
Dib. 18/06/20	Moreta.E,Mosquera.D					1:1
Rev. 18/06/20	Ing.Reinoso					
Apro.	DOCENTES		Asignatura:	Denominación:		
Materiale:		Tolerancia:	Número Lamina	PLACA BASE MOVIL		
Acero AISI 1045			10	Titulación II		



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



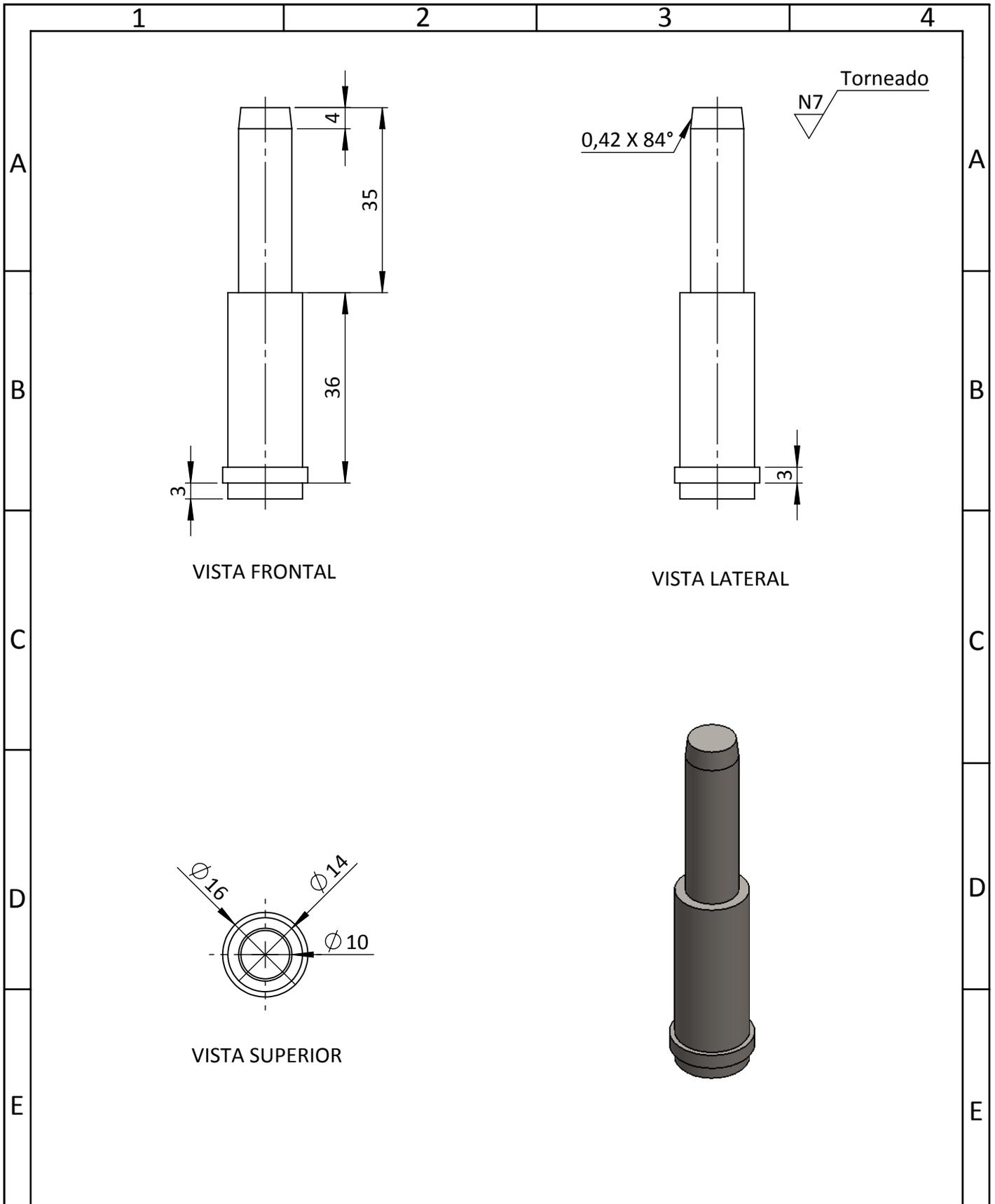
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
Dib.	18/06/20	Moreta.E,Mosquera.D				1:1
Rev.	18/06/20	Ing.Reinoso				
Apro		DOCENTES				
Materiale:	Tolerancia:	Número Lamina	Asignatura:	Denominación:		
Acero AISI 4340		11	Titulación II	BEBEDERO		



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
Dib.	18/06/20	Moreta.E,Mosquera.D				2:1
Rev.	18/06/20	Ing.Reinoso				
Apro		DOCENTES				
Materiale:		Tolerancia:	Número Lamina	Asignatura:	Denominación:	
Acero AISI 4340			12	Titulación II	CASQUILLO	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
Dib.	18/06/20	Moreta.E,Mosquera.D				1:1
Rev.	18/06/20	Ing.Reinoso				
Apro		DOCENTES				
Materiale:		Tolerancia:	Número Lamina	Asignatura:	Denominación:	
Acero AISI 4340			13	Titulación II	PERNO GUÍA	