

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA

# **MANUAL METODOLÓGICO PARA EL DISEÑO DE UN MOLDE DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO DE COLADA FRÍA Y EL CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS INICIALES PARA SU SIMULACIÓN**

TESIS  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN TECNOLOGÍA AVANZADA DE MANUFACTURA**

PRESENTA:

**DR. FELIPE DE JESÚS RIVERA LÓPEZ**

DIRECTOR DE TESIS:  
M.D.I. FERNANDO ITURBIDE JIMÉNEZ

HEROICA CIUDAD DE HUAJUAPAN DE LEÓN, OAXACA, MÉXICO; JULIO DE 2024

# PRESENTACIÓN

---

## **RESUMEN**

Se propone el desarrollo de un manual para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación en un software especializado. Para ello, se diseña un nuevo producto, un cuchillo de mesa de plástico desechable. El proyecto se desarrolla en dos etapas: La primera etapa se constituye por el diseño, modelación, validación y estudio de factibilidad del nuevo producto; la segunda etapa se integra por el diseño, modelado y validación del molde multicavidad de inyección.

El nuevo producto se conceptualiza usando técnicas de Ingeniería Concurrente: el método Kano, el método de Despliegue de la Función Calidad (QFD, por sus siglas en inglés) y el método de Análisis de Valor; el nuevo producto se modela y valida con las diferentes herramientas de Diseño Asistido por Computadora (CAD, por sus siglas en inglés) y por las herramientas de Ingeniería Asistida por Computadora (CAE, por sus siglas en inglés) del software SolidWorks. El estudio de factibilidad nos proporcionó la información para saber si el mercado aceptó el nuevo producto.

El diseño del molde multicavidad de inyección se implementó aplicando herramientas CAD y CAE del software SolidWorks para modelarlo y validarlo.

# PRESENTACIÓN

---

## **ABSTRACT**

The development of a manual for the design of a cold-run plastic injection mould and the calculation of the initial parameters for its simulation in a specialised software is proposed. For this purpose, a new product is designed, a disposable plastic table knife. The project is developed in two stages: The first stage consists of the design, modelling, validation and feasibility study of the new product; the second stage consists of the design, modelling and validation of the multi-cavity injection mould.

The new product is conceptualized using Concurrent Engineering techniques: the Kano method, the Quality Function Deployment (QFD) method and the Value Analysis method; The new product is modeled and validated with the different Computer Aided Design (CAD) tools and the Computer Aided Engineering (CAE) tools of the SolidWorks software. The feasibility study provided us with the information to know if the market accepted the new product.

The design of the multi-cavity injection mold was implemented by applying CAD and CAE tools from SolidWorks software to model and validate it.

# PRESENTACIÓN

---

## **AGRADECIMIENTOS**

Al C. Rodolfo Palma Guzmán, Jefe del Laboratorio de Manufactura Avanzada de la Universidad Tecnológica de la Mixteca y a todo su equipo de trabajo, por sus asesorías en el área técnica.

Al M.D.I. Fernando Iturbide Jiménez por aceptar dirigir la propuesta de diseñar un molde de colada fría, un tema amplio y complejo; pero de gran utilidad y beneficio para todos.

A mis sinodales:

Dr. Mario Márquez Miranda

Dr. Miguel Domínguez Gurría

M.C. Víctor Manuel Cruz Martínez

Dr. José Anibal Arias Aguilar

Por sus observaciones al presente documento, han permitido presentar un mejor trabajo de tesis.

# PRESENTACIÓN

---

## **DEDICATORIA**

### **A mi familia:**

C.P. Maricela Irene Barragán Herrera, mi hermosa.

Médica Cirujana Maricela Sánchez Barragán, mi niña consen.

Muchas gracias por permitirme ser parte de su vida, formando una familia; pero, sobre todo, muchas gracias porque con su amor han hecho surgir mi mejor versión.

### **A mis padres:**

Profa. Dolores López Rojas (finada)

C. Felipe Rivera Campos (finado)

Muchas gracias por todo su amor y por todos sus esfuerzos. Los llevo en mi corazón.

# PRESENTACIÓN

---

## ÍNDICE GENERAL

Resumen .....	iii
Abstract .....	v
Agradecimientos .....	vii
Dedicatoria .....	ix
Índice general .....	xi
Índice de figuras .....	xvii
Índice de tablas .....	xxvii

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1	Introducción .....	3
1.2	Planteamiento del problema .....	8
1.3	Justificación .....	12
	1.3.1 Pertinencia .....	12
	1.3.2 Relevancia .....	12
1.4	Hipótesis .....	13
1.5	Objetivos .....	13
	1.5.1 Objetivo general .....	13
	1.5.2 Objetivos específicos .....	13
1.6	Metas .....	15
1.7	Limitaciones de la tesis .....	16
1.8	Metodología .....	17
1.9	Conclusiones .....	21
1.10	Referencias .....	21

## CAPÍTULO II

### FUNDAMENTOS PARA LA CONCEPTUALIZACIÓN DE UN NUEVO PRODUCTO

2.1	Introducción .....	27
2.2	Conceptualización del nuevo producto .....	27
2.2.1	Estudio antropométrico .....	27
2.2.1.1	Antropometría .....	28
2.2.1.2	Delimitación del estudio antropométrico .....	33
2.2.1.3	Planeación del estudio antropométrico .....	35
2.2.1.4	Cédula antropométrica .....	37
2.2.1.5	Conclusiones del estudio antropométrico ....	38
2.2.2	Estudio del nuevo producto .....	38
2.2.3	El diseño de la Investigación comercial .....	40
2.2.3.1	Investigación comercial .....	41
2.2.3.2	Inteligencia de marketing .....	41
2.2.3.3	El espionaje .....	43
2.2.3.4	Revisión de patentes .....	44
2.2.3.5	Revisión en internet .....	44
2.2.4	Técnicas de ingeniería concurrente .....	45
2.2.4.1	Método Kano .....	45
2.2.4.2	Despliegue de la función de la calidad (QFD)	47
2.2.4.3	Ingeniería de valor .....	51
2.3	Conclusiones .....	53
2.4	Referencias .....	54

## CAPÍTULO III

### FUNDAMENTOS PARA EL DISEÑO DE UN MOLDE DE INYECCIÓN DE COLADA FRÍA

3.1	Introducción .....	57
3.2	Polímeros .....	61
3.2.1	Fundamentos de los polímeros .....	62
3.2.2	Clasificación de los polímeros .....	64
3.2.3	Reología de polímeros fundidos .....	66
3.2.4	Polímeros para cubiertos desechables .....	69

## PRESENTACIÓN

---

3.3	Diseño de las piezas plásticas .....	72
3.3.1	Grueso de la pared .....	72
3.3.2	Diseño de esquina .....	75
3.3.3	Acabados y texturas superficiales .....	76
3.3.4	Ángulo de desmoldeo .....	78
3.3.5	Texto en la pieza plástica .....	81
3.3.6	Líneas de partición .....	82
3.3.7	Puntos de inyección .....	82
3.3.8	Ubicación de los botadores .....	83
3.4	Definición y clasificación de los moldes .....	84
3.5	Secciones de un molde de inyección estándar .....	87
3.6	Método para el cálculo del número de cavidades .....	91
3.7	Sistema de alimentación .....	102
3.7.1	Los canales .....	102
3.7.1.1	Sección transversal de un canal .....	103
3.7.1.2	Cizallamiento laminar estratificado de la corriente de fusión a lo largo del canal .....	107
3.7.1.3	Configuración de los canales .....	109
3.7.1.4	Pozos fríos .....	117
3.7.2	Puntos de inyección o compuertas .....	120
3.7.3	El bebedero .....	125
3.8	El sistema de expulsión .....	128
3.8.1	Tipos de sistemas de expulsión .....	128
3.8.2	Proceso del diseño del sistema de expulsión .....	131
3.8.2.1	Identificar las superficies de separación del molde .....	131
3.8.2.2	Estimar las fuerzas de expulsión .....	131
3.8.2.3	Determinar el perímetro y el área de empuje del expulso .....	136
3.8.2.4	Especificar el tipo, número y tamaño de los botadores .....	139
3.8.3	Resortes .....	139
3.9	Venteo .....	144
3.10	Sistema de enfriamiento .....	150
3.11	El centrador de molde .....	158
3.12	Cálculo del cáncamo .....	160
3.13	Estructura del molde de inyección .....	164
3.14	Conclusiones .....	168
3.15	Referencias .....	169

**CAPÍTULO IV**

**METODOLOGÍA Y RESULTADOS**

4.1	Introducción .....	183
4.2	La oportunidad .....	188
4.3	Selección del software y requerimientos de hardware e impresora 3D .....	189
4.4	Selección del polímero y aditivos .....	191
4.5	La pieza plástica, diseño del nuevo producto .....	194
4.5.1	Estudio del nuevo producto, cuchillo de mesa de plástico desechables .....	194
4.5.2	Estudio antropométrico de la mano .....	200
4.5.3	Requerimientos de diseño .....	205
4.5.3.1	Investigación exploratoria al consumidor final .....	207
4.5.3.2	Requerimientos del solicitante, fabricante ...	210
4.5.3.3	Requerimientos del intermediario .....	211
4.5.4	Generación del modelado del nuevo cuchillo de mesa desechable de plástico .....	212
4.5.4.1	Aplicación del método de Kano para calificar y ponderar los requerimientos del cuchillo desechable de plástico .....	212
4.5.4.2	Aplicación de la ingeniería de valor para generar el diseño del nuevo producto plástico .....	219
4.5.5	Requerimientos de herramientas para manufacturar el molde de la pieza plástica .....	230
4.6	Cálculo del número de cavidades .....	223
4.7	Diseño del sistema de alimentación, núcleo y cavidad .....	248
4.8	Diseño del sistema de expulsión .....	262
4.8.1	Estimación de la fuerza de expulsión .....	264
4.8.2	Determinación del perímetro y área de empuje de los botadores o expulsores .....	268
4.8.3	Cálculo de los resortes .....	270
4.9	Diseño del sistema de refrigeración .....	276
4.10	Diseño del centrador de molde .....	284
4.11	Cálculo del cáncamo .....	286
4.12	Diseño del sistema estructural del molde .....	288
4.13	Estudio de moldeo para el molde del cuchillo de mesa de plástico desechable .....	301
4.14	Simulación del molde diseñado con los parámetros obtenidos del estudio de moldeo .....	315

## PRESENTACIÓN

---

4.15	Estrategia de manufactura del molde diseñado .....	351
4.16	Selección de los periféricos .....	381
4.17	Conclusiones .....	382
4.17	Referencias .....	386

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES GENERALES

5.1	Análisis de resultados .....	397
5.2	Conclusiones generales .....	400
5.3	Trabajo futuro .....	402

### REFERENCIAS

Unidad I .....	405
Unidad II .....	408
Unidad III .....	410
Unidad IV .....	421
Apéndice A .....	428

### APÉNDICES

Apéndice A	Cálculo del tamaño de la muestra antropométrica .....	433
Apéndice B	Análisis del cuchillo de mesa de plástico desechable desde un punto de vista del diseño industrial .....	433
Apéndice C	Decreto número 629 .....	445
Apéndice D	Decreto por el que se adicionan las fracciones IV bis, VIII bis, XXIII bis, XXVI bis, XXVI ter, XXVI quater al artículo 3 y una fracción XI bis al artículo 6; así mismo, se reforman las fracciones VI del artículo 3, XI del artículo 6 y XI bis del artículo 25, todas en la ley de residuos sólidos del distrito federal .....	453
Apéndice E	Norma NMX-E-267 .....	461

**ANEXOS**

Anexo A	Cédula antropométrica de la mano .....	465
Anexo B	Resultados del estudio antropométrico de la mano .....	467
Anexo C	Características de los cuchillos de plástico desechables de la competencia .....	479
Anexo D	Encuesta para diseñar un cuchillo .....	483
Anexo E	Planos del molde de inyección del cuchillo de mesa de plástico desechable .....	491

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**CAPÍTULO I**

Fig. 1.1	Producción mundial de plástico en 2009 por regiones	3
Fig. 1.2	Producción mundial de plástico en 2013 por regiones	4
Fig. 1.3	Cucharas salidas de la máquina de inyección a) cuchara grande color rojo b) cuchara jumbo color blanco c) cuchara grande color rosa translúcido	8
Fig. 1.4	Tenedor color rosa translúcido	9
Fig. 1.5	Marca de la empresa Plastimaxc, Sta María a) Cuchara grande Sta María b) Tenedor jumbo Sta María	9
Fig. 1.6	Cuchara y tenedor grandes, al que le hace falta el cuchillo grande para formar el juego de cubiertos	11
Fig. 1.7	Códigos de identificación de resinas de plástico	19
Fig. 1.8	Diagrama de flujo de la metodología	20

**CAPÍTULO II**

Fig. 2.1	Longitud de la mano y de la palma	30
Fig. 2.2	Longitudes de los dedos de la mano	31
Fig. 2.3	Ancho de la mano y de la palma	31
Fig. 2.4	Diámetro de la empuñadura	31
Fig. 2.5	Movimientos del cuerpo para determinar espacios de trabajo	32
Fig. 2.6	Zonas que cubren los movimientos del cuerpo para determinar los espacios de trabajo	32
Fig. 2.7	Robo del logotipo del IMSS por la empresa china GIORDON	45
Fig. 2.8	Metodología de la Ingeniería del Valor	53

**CAPÍTULO III**

Fig. 3.1	Áreas que se deben conocer para iniciar el estudio de los fundamentos del diseño de un molde de inyección de colada fría, eficiente	61
----------	---	----

## PRESENTACIÓN

---

Fig. 3.2	Ordenamiento de las estructuras moleculares de los polímeros (a) amorfo, (b) semicristalino y (c) cristalino .....	62
Fig. 3.3	Comportamiento térmico de los polímeros amorfos .....	62
Fig. 3.4	Comportamiento térmico de los polímeros semicristalinos .	63
Fig. 3.5	Clasificación de los polímeros por su volumen de reciclaje y nivel de seguridad para plásticos en contacto con alimentos	65
Fig. 3.6	Maneras en que se presenta un fluido .....	67
Fig. 3.7	Viscosidad de sustancias diferentes .....	68
Fig. 3.8	Relación intrínseca entre la fluidez y la viscosidad dinámica .....	69
Fig. 3.9	Bioplásticos, una explicación gráfica .....	71
Fig. 3.10	Pared no uniforme puede generar una trampa de aire .....	72
Fig. 3.11	Diseño de transición de espesores en una pieza plástica ..	73
Fig. 3.12	Diseño de grosor de pared .....	74
Fig. 3.13	Redondeo de esquinas y filos de una pieza de inyección ...	75
Fig. 3.14	Comparación de diseños de chaflán .....	76
Fig. 3.15	Guía de acabado .....	77
Fig. 3.16	Pieza plástica sin ángulo de desmoldeo y molde con mecanismo de desplazamiento lateral .....	79
Fig. 3.17	Tipos de fuentes sin remates .....	81
Fig. 3.18	Texto sobre relieve en una tapa plástica .....	81
Fig. 3.19	Posición de la línea de partición en tres diferentes posiciones .....	82
Fig.3 20	Marca de un punto de inyección tipo trapecoidal en la pieza plástica .....	82
Fig. 3.21	Colocación de un botador para que no deje marca en la superficie visible de la pieza plástica .....	83
Fig. 3.22	Elementos que integran un molde estándar de inyección .	88
Fig. 3.23	Piezas plásticas con la colada fría .....	90
Fig. 3.24	Datos técnicos de la platina y de la boquilla de inyección de la Máquina de moldeo por inyección TEDERIC D100 .....	93
Fig. 3.25	Número de cavidades por distribución del área proyectada en placa A y B .....	99
Fig. 3.26	Secciones transversales más comunes de un canal .....	103
Fig. 3.27	Factor de forma usado en estudio de eficiencia de diferentes canales con secciones transversales diferentes	104
Fig. 3.28	Cálculo rápido de la sección transversal de los canales cercanos a las cavidades .....	104
Fig. 3.29	Longitudes máximas del canal primario y secundario, para la Ec. 4.11 y Ec. 4.12 .....	106
Fig. 3.30	Longitud máxima de canal para diámetros específicos ....	107
Fig. 3.31	Flujo laminar estratificado de fusión .....	108
Fig. 3.32	Distribución del alto y bajo cizallamiento laminar en los ramales de una corredera para ocho cavidades ...	108

## PRESENTACIÓN

---

Fig. 3.33	Sistema de canales con distribución lineal .....	111
Fig. 3.34	Molde de 12 cavidades con relación de balance del flujo 5:1 entre el flujo #1 y el flujo #3 .....	111
Fig. 3.35	Distribución radial de canales .....	113
Fig. 3.36	Sistemas de alimentación naturalmente balanceadas ....	114
Fig. 3.37	Generación de dos tipos de flujos que desbalancean a la distribución naturalmente equilibrada .....	114
Fig. 3.38	Detalle de los dos grupos de flujo en un molde de ocho cavidades con distribución H o $2^k$ .....	115
Fig. 3.39	Detalle de los cuatro grupos de flujo en un molde de 16 cavidades con distribución H o $2^k$ .....	116
Fig. 3.40	Cálculo de un pozo frío .....	118
Fig. 3.41	Expulsores de colada y mazarota .....	118
Fig. 3.42	Ubicación del expulsor central para retirar la colada y la mazarota .....	119
Fig. 3.43	Diseño del canal y pozo frío para una eficiente retención y expulsión de la colada y la mazarota .....	119
Fig. 3.44	Tipos de compuerta .....	120
Fig. 3.45	Efecto Diesel por sobrepasar la velocidad límite de corte laminar .....	124
Fig. 3.46	Guía para el cálculo del bebedero .....	126
Fig. 3.47	Ejemplo para calcular los diámetros de los canales y la base del bebedero .....	127
Fig. 3.48	Expulsor redondo con cabeza plana .....	130
Fig. 3.49	Representación vectorial de las fuerzas concurrentes entre el núcleo y la pieza moldeada .....	132
Fig. 3.50	Diferencia entre área de contacto y área efectiva .....	134
Fig. 3.51	Tensión de cizallamiento y compresión en el botador ....	137
Fig. 3.52	Modelos de resorte para alta deflexión, para el sistema de expulsión .....	140
Fig. 3.53	Resortes de alta carga .....	140
Fig. 3.54	Gráfica para seleccionar resortes para una frecuencia de operación de hasta 300,000 veces .....	141
Fig. 3.55	Gráfica para seleccionar resortes para una frecuencia de operación de hasta 500,000 veces .....	141
Fig. 3.56	Gráfica para seleccionar resortes para una frecuencia de operación de hasta 1,000,000 veces .....	142
Fig. 3.57	Parámetros de un resorte para molde de inyección .....	142
Fig. 3.58	Localización de venteos .....	146
Fig. 3.59	Sugerencia de cómo hacer un canal de ventilación .....	146
Fig. 3.60	Venteo semicontinuo alrededor de un inserto de cavidad	148
Fig. 3.61	Comportamiento de la temperatura en la pared del molde en cada ciclo de inyección .....	150
Fig. 3.62	Efectos de la temperatura de molde alta y baja .....	151

## PRESENTACIÓN

---

Fig. 3.63	Configuraciones del sistema de refrigeración normal por taladros .....	153
Fig. 3.64	Posición de los canales de refrigeración .....	154
Fig. 3.65	Diagrama de distribución de los canales de refrigeración entorno a la pared de la pieza plástica .....	154
Fig. 3.66	Centrador interno y externo, rectos .....	159
Fig. 3.67	Colocación del centrador de molde por ranura o por fresado .....	159
Fig. 3.68	Ubicación de centradores para moldes relativamente Grandes .....	160
Fig. 3.69	Cáncamo fijo y giratorio .....	161
Fig. 3.70	Uso típico de un cáncamo .....	161
Fig. 3.71	Dimensiones generales de un molde para calcular su volumen .....	162
Fig. 3.72	Nomenclatura explicada del cáncamo seleccionado de la Tabla 4.12 .....	164
Fig. 3.73	Molde estándar explosionado, usando software especializado .....	165

## CAPÍTULO IV

Fig. 4.1	Metodología para producir un nuevo producto .....	184
Fig. 4.2	Proceso para desarrollar un producto .....	185
Fig. 4.3	Proceso para desarrollar un molde .....	186
Fig. 4.4	Áreas que se deben conocer para iniciar el estudio de los fundamentos del diseño de un molde de inyección de colada fría, eficiente .....	186
Fig. 4.5	Metodología para el presente trabajo de tesis .....	187
Fig. 4.6	MMI, inicialmente instalada en el Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura .....	188
Fig. 4.7	Ejemplo de aplicación de la norma ASME Y14.5-1994 ....	190
Fig. 4.8	Impresora 3D, marca µPrint .....	190
Fig. 4.9	Cuchillo de mesa desechable de plástico .....	195
Fig. 4.10	Partes de un cuchillo de mesa desechable de plástico ...	196
Fig. 4.11	Manera de sujetar el cuchillo de mesa .....	196
Fig. 4.12	Molde de inyección de un cuchillo de mesa desechable de plástico .....	197
Fig. 4.13	Flexómetro .....	200
Fig. 4.14	Báscula electrónica .....	201
Fig. 4.15	Detalles de los cuchillos de mesa desechables de plástico de las marcas 1-INIX, 2-ARIES, 3-GREAT VALUE y 4-SORIANA .....	205

## PRESENTACIÓN

---

Fig. 4.16	Detalles de los cuchillos de mesa desechables de plástico de las marcas 5-HOLLYDAY, 6-KSERO, 7-WOW Y 8-CHINET .....	206
Fig. 4.17	Detalles de los cuchillos de mesa desechables de plástico de las marcas 9-CHUP'S, 10-CLASSY y 11-SOLO .....	206
Fig. 4.18	Detalles de los cuchillos de mesa desechables de plástico de las marcas 12-TRISTAR, 13-CUT CRISTAL y 14-SELECTO .....	207
Fig. 4.19	Muestra de 14 cuchillos desechables localizados en el mercado .....	208
Fig. 4.20	Requerimientos de calidad del cuchillo de mesa desechable de plástico .....	217
Fig. 4.21	Casa de la calidad del cuchillo de mesa de plástico desechable .....	218
Fig. 4.22	Generación de concepto de cuchillo de mesa uno .....	223
Fig. 4.23	Generación de concepto de cuchillo de mesa dos .....	223
Fig. 4.24	Generación de concepto de cuchillo de mesa tres .....	224
Fig. 4.25	Generación de concepto de cuchillo de mesa cuatro .....	224
Fig. 4.26	Generación de concepto de cuchillo de mesa cinco .....	225
Fig. 4.27	Generación de concepto de cuchillo de mesa seis .....	225
Fig. 4.28	Generación de concepto de cuchillo de mesa siete .....	226
Fig. 4.29	Generación de concepto de cuchillo de mesa ocho .....	226
Fig. 4.30	Generación de concepto de cuchillo de mesa A .....	228
Fig. 4.31	Generación de concepto de cuchillo de mesa B .....	229
Fig. 4.32	Reporte de masa de la pieza plástica por el CAD .....	230
Fig. 4.33	Cortador para manufacturar las cavidades .....	231
Fig. 4.34	Modelado final del nuevo cuchillo de mesa de plástico desechable .....	232
Fig. 4.35	Detalles de la platina y boquilla de las máquinas de moldeo por inyección D95 y D125 .....	234
Fig. 4.36	Modelado final del nuevo cuchillo de mesa de plástico desechable .....	237
Fig. 4.37	Distribución de 16 piezas plásticas sobre la placa A y B ..	241
Fig. 4.38	Distribución de 8 piezas plásticas sobre la placa A y B ..	241
Fig. 4.39	Distribución circular de 16 piezas sobre la placa A y B ..	242
Fig. 4.40	Estimación dimensional de las diferentes placas del molde de inyección y distribución circular de la pieza plástica ..	243
Fig. 4.41	Análisis de la distribución $2^k$ de la pieza plástica .....	244
Fig. 4.42	Diferentes propuestas para elegir D0 .....	249
Fig. 4.43	Resultados de escalado de la pieza en 1.75% .....	251
Fig. 4.44	Modelado base para simular las propuestas de la Tabla 5.14 .....	251
Fig. 4.45	Distancia mínima entre el modelado de dos piezas .....	252

## PRESENTACIÓN

---

Fig. 4.46	Modelado completo de la propuesta de inyección .....	252
Fig. 4.47	Condiciones de simulación para las diferentes propuestas .....	253
Fig. 4.48	Características de proceso del polímero a usar en la Simulación .....	254
Fig. 4.49	Aleación de aluminio6031, metal con el que se simula el inyectado de la pieza plástica .....	254
Fig. 4.50	Simulación del tiempo de llenado de la propuesta D0=3.0 .....	255
Fig. 4.51	Canales radiales y mazarota sin distribuidor .....	257
Fig. 4.52	Distribuidor para reforzar al molde durante la distribución del polímero .....	257
Fig. 4.53	Numeración de las piezas a moldear .....	258
Fig. 4.54	Lado principal del cuchillo en la dirección de la mazarota .....	259
Fig. 4.55	Diseño del núcleo del molde del cuchillo de mesa desechable .....	260
Fig. 4.56	Diseño de la cavidad del cuchillo de mesa desechable ....	261
Fig. 4.57	Pieza inyectada para retirar del molde .....	262
Fig. 4.58	Estudio del análisis de ángulo de salida a la pieza inyectada .....	263
Fig. 4.59	Resultado del estudio del ángulo de salida de la pieza inyectada .....	264
Fig. 4.60	Distancia final del pozo frío más la sección de retención del botador principal .....	270
Fig. 4.61	Grueso de pieza plástica contra longitud del pozo frío más retención .....	271
Fig. 4.62	Simulación del tiempo de enfriamiento .....	276
Fig. 4.63	Ubicación de los barrenos de los pernos expulsores en la placa del núcleo .....	278
Fig. 4.64	Plato porta molde del núcleo con canales de refrigeración perforados por los barrenos de los pernos expulsores ....	278
Fig. 4.65	Plato porta molde del núcleo con canales de refrigeración eliminados para el libre paso del perno expulsor .....	279
Fig. 4.66	Propuesta de enfriamiento para disminuir el ciclo de moldeo .....	280
Fig. 4.67	Sistema de refrigeración del molde de inyección .....	281
Fig. 4.68	Conector rápido para los canales de refrigeración propuestos para el molde de inyección .....	281
Fig. 4.69	Diseño de un centrador recto lateral de molde, modelo TSSBN de 30 y 40 mm, marca MISUMI .....	284
Fig. 4.70	Modelado del centrador de molde TSSBN-40 .....	285
Fig. 4.71	Cálculo de la masa del molde usando CAD .....	286
Fig. 4.72	Medidas del cáncamo elegido .....	287
Fig. 4.73	Modelado 3D del cáncamo seleccionado, con las dimensiones del catálogo de SUMISI 2015 .....	287

## PRESENTACIÓN

---

Fig. 4.74	Ensamble del plato de sujeción inferior con ocho pernos limitadores, cuatro tornillos de cabeza Allen cilíndrico y dos pernos guía .....	288
Fig. 4.75	Ensamblado de la Fig. 4.74 más dos placas paralelas con dos casquillos guía. Un casquillo guía en un solo extremo de cada placa paralela .....	289
Fig. 4.76	Ensamblaje del plato expulsor retenedor con 10 pernos expulsores secundarios, el perno expulsor central con gancho de colada, cuatro pernos porta-resortes y cuatro resortes; sujetos con la placa expulsora y ocho tornillos Allen cilíndricos .....	289
Fig. 4.77	Incorporación del ensamblaje de la Fig. 4.75 con el ensamblaje del sistema de expulsión de la Fig. 4.76 ....	290
Fig. 4.78	Incorporación de la placa de soporte con el ensamblaje de la Fig. 4.77 .....	290
Fig. 4.79	Incorporación del plato retenedor del núcleo con sus dos cojinetes de los centradores del molde, con el ensamblaje de la Fig. 4.78 .....	291
Fig. 4.80	Se muestra como la punta de los expulsores secundarios están en un solo plano con la cavidad del cuello del cuchillo de mesa .....	291
Fig. 4.81	Vista del perno expulsor central con gancho de colada y el plato retenedor del núcleo .....	292
Fig. 4.82	Ensamblaje del plato retenedor de la cavidad con cuatro pernos guías y dos pines de dos centradores de moldes .....	292
Fig. 4.83	Incorporación del bebedero en el ensamblaje de la Fig. 4.81 .....	293
Fig. 4.84	Incorporación del plato de sujeción superior al ensamblaje de la Fig. 4.83, sujetado con seis tornillos Allen cilíndricos y dos pernos .....	293
Fig. 4.85	Incorporación del anillo centrador con cuatro tornillos Allen avellanados al ensamblaje de la Fig. 4.83 .....	294
Fig. 4.86	Ensamblaje de la sección fija con la sección móvil del molde .....	294
Fig. 4.87	Incorporación de dos cáncamos al molde ensamblado ....	295
Fig. 4.88	Incorporación de los conectores rápidos al molde, obteniéndose el ensamblado completo del molde .....	295
Fig. 4.89	Vista explosionada del molde de inyección .....	296
Fig. 4.90	Cotización en línea de un molde de aluminio .....	299
Fig. 4.91	Resumen del estudio de moldeo para el molde diseñado	314
Fig. 4.92	Modelado de la pieza plástica para ser simulada en SolidWorks Plastics 2020 .....	315
Fig. 4.93	Ingreso del flujo y temperatura del flujo en	

## PRESENTACIÓN

---

	cada canal refrigerante .....	316
Fig. 4.94	Ingreso de pared nominal de la pieza a moldear .....	317
Fig. 4.95	Visualización de la pared nominal .....	317
Fig. 4.96	Ingreso de las dimensiones de los platos .....	318
Fig. 4.97	Dimensiones virtuales aceptadas para simular del plato portamolde, el plato porta núcleo, el plato porta cavidad y el plato de sujeción superior .....	319
Fig. 4.98	Dimensiones del plato portamolde, el plato porta núcleo, el plato porta cavidad y el plato de sujeción superior, aceptadas para simular .....	319
Fig. 4.99	Características del polímero PP seleccionado de la base de datos de SolidWorks Plastics 2020 .....	320
Fig. 4.100	Selección de la sustancia refrigerante, agua, de la base de datos de SolidWorks Plastics 2020 .....	321
Fig. 4.101	Selección del metal del molde, aluminio aleación 6061, de la base de datos de SolidWorks Plastics 2020 .....	321
Fig. 4.102	Parámetros de llenado para simular el molde diseñado .....	322
Fig. 4.103	Ingreso de las características de la máquina D-125 en el simulador .....	322
Fig. 4.104	Ingreso de datos característicos de la máquina de moldeo y del proceso de empaquetamiento en la ventana de ajustes de llenado .....	323
Fig. 4.105	Datos ingresados de postpresión y tiempo de refrigeración residual en la ventana de ajustes de empaquetado .....	324
Fig. 4.106	Perfil del ajuste del perfil de presión en el tiempo calculado en el estudio de modelado .....	325
Fig. 4.107	Temperatura ambiente que encuentra la pieza plástica al ser expulsada. Dirección de la gravedad, según la colocación del molde en la máquina de moldeo .....	325
Fig. 4.108	Parámetros de refrigeración del molde .....	326
Fig. 4.109	Ejecución de la simulación de los procesos de refrigeración, flujo, empaquetado y deformación .....	327
Fig. 4.110	Vista del molde de la entrada del líquido refrigerante ....	328
Fig. 4.111	Vista lateral del molde, entrada y salida del líquido refrigerante .....	329
Fig. 4.112	Perfil de temperatura de la placa de sujeción superior .....	330
Fig. 4.113	Distribución de temperatura en el molde después de un ciclo de moldeo .....	331
Fig. 4.114	Tiempo de llenado de la pieza moldeada .....	332
Fig. 4.115	Presión al final del tiempo de llenado de la pieza de moldeo .....	333
Fig. 4.116	Distribución de temperatura en la pieza de moldeo al final del tiempo de llenado .....	334

## PRESENTACIÓN

---

Fig. 4.117	Perfil de la temperatura de la pieza de moldeo, conforme se va llenando .....	335
Fig. 4.118	Tiempo de solidificación al final del llenado .....	336
Fig. 4.119	Facilidad de llenado para la pieza a moldear .....	337
Fig. 4.120	Zonas solidificadas al final del tiempo de llenado .....	338
Fig. 4.121	Perfil de la presión al final del empaquetamiento de la pieza moldeada .....	339
Fig. 4.122	Perfil de temperatura de la pieza moldeada al final de la etapa del sostenimiento o empaquetamiento .....	340
Fig. 4.123	Contracción de volumen al final del empaquetamiento .	341
Fig. 4.124	Perfil de temperatura al final del post-llenado .....	342
Fig. 4.125	Tiempo de solidificación al final del post-llenado .....	343
Fig. 4.126	Región solidificada al final del empaquetamiento .....	344
Fig. 4.127	Tiempo de refrigeración de la pieza moldeada .....	345
Fig. 4.128	Perfil de temperatura al final del tiempo de refrigerado	346
Fig. 4.129	Rechupes al final del proceso de moldeo .....	347
Fig. 4.130	Contracción total de la pieza moldeada al final del proceso de moldeo .....	348
Fig. 4.131	Acercamiento de los cuchillos ubicados en la salida de los canales de refrigeración .....	349
Fig. 4.132	Acercamiento de los cuchillos ubicados a la entrada de los canales de refrigeración .....	350
Fig. 4.133	Plano del plato 1, sujeción superior; vista frontal .....	352
Fig. 4.134	Plano del plato 1, sujeción superior; vista lateral .....	352
Fig. 4.135	Plano del bebedero .....	355
Fig. 4.136	Plano del cubre bebedero, vista superior .....	356
Fig. 4.137	Plano del cubre bebedero, vista frontal .....	356
Fig. 4.138	Plano del perno del plato 1 y 2, vista lateral .....	358
Fig. 4.139	Plano del plato 2, cavidad; vista frontal .....	359
Fig. 4.140	Plano del plato 2, cavidad; vista lateral .....	359
Fig. 4.141	Plano del plato 3, núcleo; vista frontal .....	361
Fig. 4.142	Plano del plato 3, núcleo; vista lateral .....	361
Fig. 4.143	Plano del plato 4, soporte; vista frontal .....	362
Fig. 4.144	Plano del plato 4, soporte; vista superior .....	363
Fig. 4.145	Plano del plato 5, paralelo; vista frontal .....	364
Fig. 4.146	Plano del plato 5, paralelo; vista superior .....	364
Fig. 4.147	Plano del perno para el plato 5; vista lateral .....	365
Fig. 4.148	Plano del plato 6, sujeción inferior; vista superior .....	366
Fig. 4.149	Plano del plato 6, sujeción inferior; vista lateral .....	367
Fig. 4.150	Plano del perno limitador; vista frontal .....	369
Fig. 4.151	Plano del perno para el plato 5 y 6, vista lateral .....	371
Fig. 4.152	Plano del perno para el plato 5 y 6, vista superior .....	371
Fig. 4.153	Plano del plato 7, expulsor; vista frontal .....	372
Fig. 4.154	Plano del plato 7, expulsor; vista lateral .....	373

## PRESENTACIÓN

---

Fig. 4.155	Plano del perno expulsor principal, vista lateral	.....	375
Fig. 4.156	Plano del perno expulsor principal, vista superior	.....	375
Fig. 4.157	Plano del perno expulsor secundario, vista lateral	.....	377
Fig. 4.158	Plano del perno porta resorte expulsor, vista lateral	..	379
Fig. 4.159	Plano del perno porta resorte expulsor, vista superior		379
Fig. 4.160	Plano del plato 8, expulsor retenedor; vista frontal	....	380
Fig. 4.161	Plano del plato 8, expulsor retenedor; vista lateral	.....	381

## APÉNDICE A

Fig. A-1	Rangos de edad y sexo de la población de la Región Mixteca		434
Fig. A-2	Población del Estado de Oaxaca, según censo de 2015	.	435

**ÍNDICE DE TABLAS**

**CAPÍTULO II**

Tabla 2.1	Medidas antropométricas en posición vertical .....	29
Tabla 2.2	Medidas antropométricas en posición sedante .....	29
Tabla 2.3	Medidas antropométricas especiales .....	30

**CAPÍTULO III**

Tabla 3.1	Dependencia del grosor de pared por la resina a inyectar .....	75
Tabla 3.2	Ejemplos de textura .....	76
Tabla 3.3	Acabado y rugosidad de superficie SPI .....	77
Tabla 3.4	Elección del acabado adecuado .....	78
Tabla 3.5	Ángulo de desmoldeo en pieza plástica con textura .....	79
Tabla 3.6	Guía rápida para proponer un ángulo de desmoldeo .....	80
Tabla 3.7	Especificaciones técnicas de la Máquina de Moldeo por Inyección, TEDERIC D100 .....	92
Tabla 3.8	Estimación empírica del tiempo de ciclo de moldeo .....	96
Tabla 3.9	Cálculo del tiempo del ciclo de moldeo .....	97
Tabla 3.10	Canales frente al peso de la pieza plástica .....	105
Tabla 3.11	Velocidad límite de corte .....	123
Tabla 3.12	Cambio de la presión en la cavidad por variación de la tolerancia de la compuerta .....	125
Tabla 3.13	Valores estándar para diámetros de bebedero conectado de manera directa .....	126
Tabla 3.14	Coefficiente de fricción estática para diferentes tipos de polímeros y el acero P-20 .....	133
Tabla 3.15	Relación de Poisson para algunos polímeros .....	136
Tabla 3.16	Ejemplo de parámetros de un resorte SWY .....	143
Tabla 3.17	Profundidades recomendadas para venteos .....	147
Tabla 3.18	Temperaturas de molde recomendadas para algunos polímeros .....	151
Tabla 3.19	Dimensiones del diagrama de distribución de los canales de refrigeración de la Fig. 4.52 .....	155
Tabla 3.20	Viscosidad del agua a distintas temperaturas .....	156

## PRESENTACIÓN

---

Tabla 3.21	Guía de enfriamiento en toneladas con respecto al consumo de material .....	157
Tabla 3.22	Selección del cáncamo a partir del peso y del tipo a usar en el molde de inyección .....	163
Tabla 3.23	Carta para seleccionar los materiales del molde .....	166
Tabla 3.24	Aceros más usados para cada componente del molde .....	167
Tabla 3.13	Ecuaciones para calcular el tiempo de enfriamiento de los polímeros más usados en la inyección de plástico .....	229
Tabla 3.14	Costo para moldes de diferente colada e idéntica pieza plástica .....	233
Tabla 3.15	Costo por pieza bajo cuatro estrategias de manufactura .....	236

## CAPÍTULO IV

Tabla 4.1	Requerimientos mínimos para SolidWorks 2020 .....	189
Tabla 4.2	Comparación entre los cubiertos desechables de plástico .....	199
Tabla 4.3	Información de los participantes del estudio antropométrico .....	201
Tabla 4.4	Resultados del estudio antropométrico de la mano de todos los participantes en percentiles .....	202
Tabla 4.5	Resultados del estudio antropométrico de la mano de las mujeres participantes en percentiles .....	202
Tabla 4.6	Resultados del estudio antropométrico de la mano de los hombres participantes en percentiles .....	202
Tabla 4.7	Longitud del cuchillo de mesa desechable de plástico en percentiles; para todos los encuestados, las mujeres y hombres .....	204
Tabla 4.8	Clasificación de requerimientos .....	212
Tabla 4.9	Nivel de importancia de cada pregunta de la encuesta ..	213
Tabla 4.10	Requerimientos para el nuevo cuchillo de mesa desechable de plástico, analizado a través del Método Kano .....	216
Tabla 4.11	Tabla de requerimientos del cuchillo de mesa de plástico desechable .....	219
Tabla 4.12	Funciones para el nuevo cuchillo de plástico desechable .....	220
Tabla 4.13	Matriz de conceptos del nuevo cuchillo de mesa de plástico desechable .....	222
Tabla 4.14	Selección de conceptos del nuevo cuchillo de mesa de plástico desechable .....	222
Tabla 4.15	Evaluación para seleccionar el diseño de la pieza plástica .....	227

## PRESENTACIÓN

---

Tabla 4.16	Características de las dos máquinas de inyección por inyección para probar el molde de inyección .....	233
Tabla 4.17	Propiedades genéricas del polipropileno homopolímero	235
Tabla 4.18	Condiciones de procesamiento del polipropileno homopolímero .....	236
Tabla 4.19	Cálculo del tiempo del ciclo de moldeo .....	239
Tabla 4.20	Propuestas de diseño para los canales D0, la base del bebedero y el diámetro de las compuertas .	250
Tabla 4.21	Resultados de la simulación de las diferentes propuestas	255
Tabla 4.22	Modelo de resorte de ultra alta deflexión .....	274
Tabla 4.23	Diferentes medidas de los conectores rápidos .....	282
Tabla 4.24	Dimensiones de los centradores laterales rectos de molde de la marca MISUMI .....	285
Tabla 4.25	Datos del cáncamo elegido .....	286
Tabla 4.26	Elementos que integran el molde diseñado .....	297
Tabla 4.27	Lista de material para manufacturar piezas del molde	298
Tabla 4.28	Cotización de material para manufacturar el molde diseñado .....	298
Tabla 4.29	Presupuesto mínimo de un posible molde estandarizado	300
Tabla 4.30	Cotización de material fijo para el diseño del molde ..	300
Tabla 4.31	Variables necesarias para hacer el estudio de secado y residencia .....	302
Tabla 4.32	Resultados del estudio de secado y residencia del polímero AXLENE 12 .....	303
Tabla 4.33	Variables necesarias para el estudio de contrapresión y velocidad de carga .....	304
Tabla 4.34	Resultados del estudio de la contrapresión y la velocidad de carga .....	305
Tabla 4.35	Tabla generada con la información de los valores iniciales de la Tabla 4.34 para optimizar la velocidad de carga .....	306
Tabla 4.36	Tabla generada con la información de los valores iniciales de la Tabla 4.34 para optimizar la contrapresión .....	306
Tabla 4.37	Variables usadas para realizar el estudio de la fuerza de cierre .....	307
Tabla 4.38	Resultado del estudio de fuerza de cierre .....	307
Tabla 4.39	Tabla de optimización de la fuerza de cierre .....	308
Tabla 4.40	Variables para hacer el estudio de enfriamiento .....	308
Tabla 4.41	Resultados del cálculo del tiempo de enfriamiento .....	309
Tabla 4.42	Variables usadas para calcular la energía de enfriamiento requerida y el flujo turbulento en los canales de refrigeración .....	309
Tabla 4.43	Resultado del estudio de energía de enfriamiento .....	310

## PRESENTACIÓN

---

Tabla 4.44	Variables para el estudio del movimiento del husillo y llenado de la cavidad .....	311
Tabla 4.45	Resultados del estudio del movimiento del husillo .....	312
Tabla 4.46	Resultados del estudio del llenado de la cavidad .....	313
Tabla 4.47	Lista de piezas que integran al molde de inyección diseñado .....	351
Tabla 4.48	Proceso de manufactura del molde de inyección, pieza 1	351
Tabla 4.49	Proceso de manufactura del molde de inyección, pieza 2	353
Tabla 4.50	Proceso de manufactura del molde de inyección, pieza 2; continuación .....	354
Tabla 4.51	Proceso de manufactura del molde de inyección, pieza 3	355
Tabla 4.52	Proceso de manufactura del molde de inyección, pieza 5	357
Tabla 4.53	Proceso de manufactura del molde de inyección, pieza 7	358
Tabla 4.54	Proceso de manufactura del molde de inyección, pieza 9	360
Tabla 4.55	Proceso de manufactura del molde de inyección, pieza 12 .....	362
Tabla 4.56	Proceso de manufactura del molde de inyección, pieza 14 .....	363
Tabla 4.57	Proceso de manufactura del molde de inyección, pieza 15 .....	364
Tabla 4.58	Proceso de manufactura del molde de inyección, pieza 16 .....	366
Tabla 4.59	Proceso de manufactura del molde de inyección, pieza 17 .....	368
Tabla 4.60	Proceso de manufactura del molde de inyección, pieza 18 .....	370
Tabla 4.61	Proceso de manufactura del molde de inyección, pieza 20 .....	372
Tabla 4.62	Proceso de manufactura del molde de inyección, pieza 21 .....	374
Tabla 4.63	Proceso de manufactura del molde de inyección, pieza 22 .....	376
Tabla 4.64	Proceso de manufactura del molde de inyección, pieza 23 .....	378
Tabla 4.65	Proceso de manufactura del molde de inyección, pieza 24 .....	380

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN GENERAL**



**1.1 INTRODUCCIÓN**

A nivel mundial la industria del plástico ha tenido un crecimiento constante por más de 50 años, en 2013 se reportó una producción mundial de 299 millones de toneladas [1]. Los productores líderes son China, la Unión Europea y los países miembros del Tratado de Libre Comercio de América del Norte [1]. Los porcentajes se pueden observar en la Fig. 1.1 y en la Fig. 1.2. En la Fig. 1.2 se incluye la producción de termoplásticos y poliuretanos.

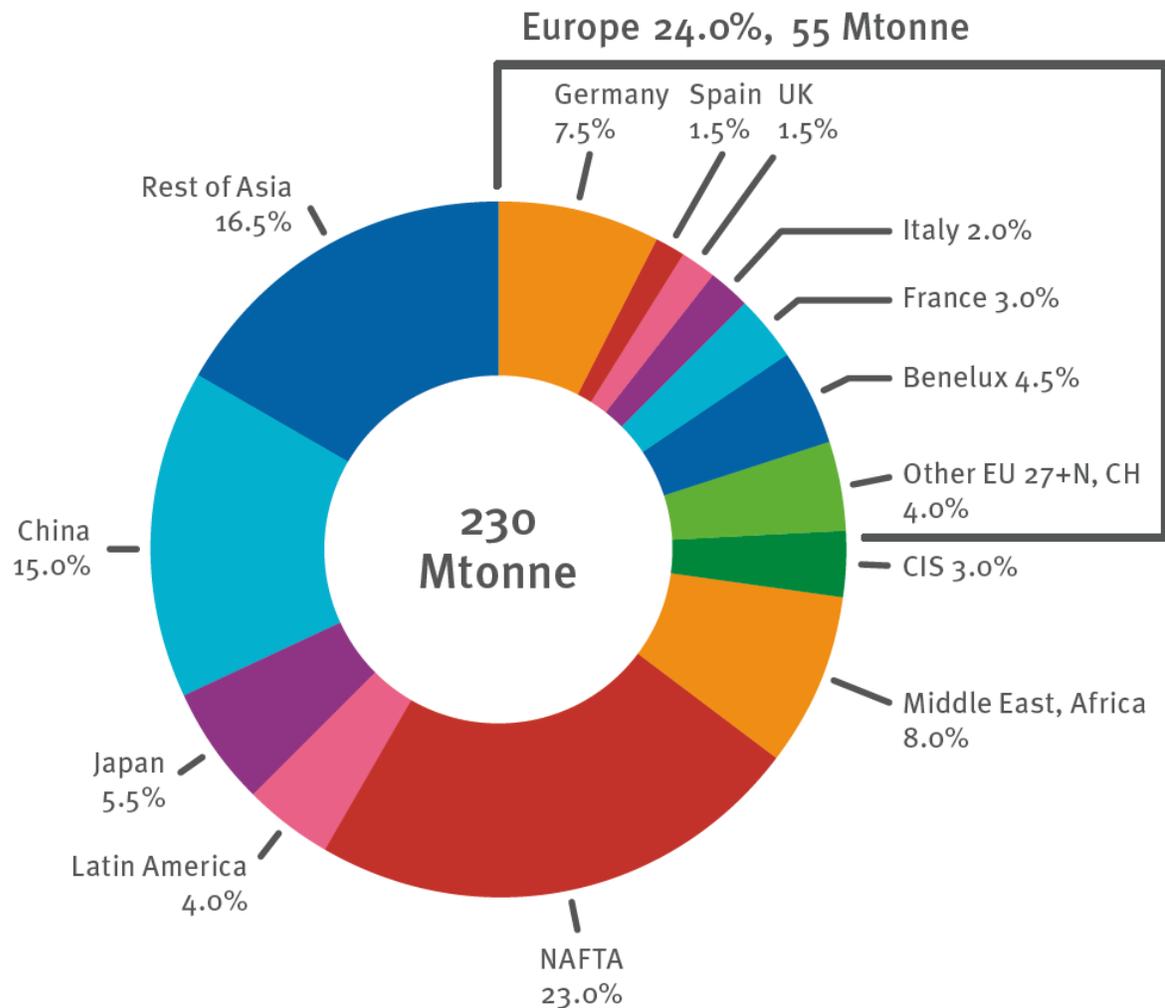


Fig. 1.1 Producción mundial de plástico en 2009 por regiones [2]

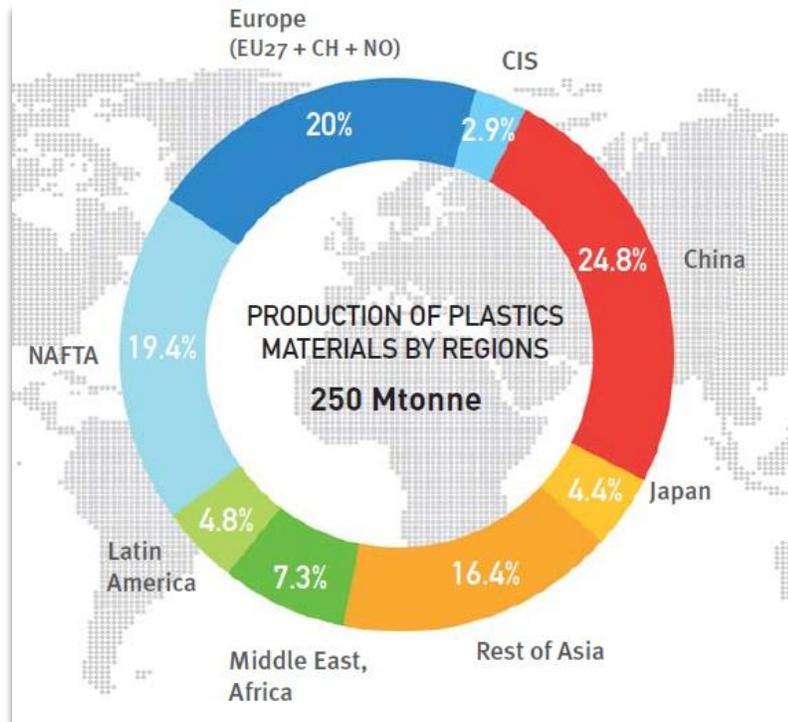


Fig. 1.2 Producción mundial de plástico en 2013 por regiones [1]

La Industria del Plástico ocupa el cuarto lugar de la industria manufacturera de los Estados Unidos, y emplea a más de 1.1 millones de personas [3]. Respecto al impacto de la industria del plástico en Europa, por cada euro invertido se generan 2.4 euros para el Producto Interno Bruto (PIB) de su economía [4]. La industria europea del plástico tiene como meta alcanzar el 20% del PIB para el 2020 [4].

Estados Unidos muestra una evolución positiva en la producción de plásticos y tiene un incremento en su competitividad gracias a una notable disminución de los precios de las materias primas y de la energía, por el creciente uso de gas [4]; producir uno de los polímeros más comunes cuesta la mitad en Estados Unidos que en Europa.

Respecto a México, la industria del plástico y del hule, catalogado como el subsector 326 por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) [6], empleó a más de 190 mil trabajadores en diciembre de 2014. Según INEGI tuvo un aumento de empleados de 3.5% respecto al año anterior [6]. El sector del plástico tuvo un crecimiento del 4.7% impulsada por sectores como el automotriz, médico, envase y embalaje [8].

A pesar de obtener una ventaja competitiva por la disminución de los costos de las materias primas por la baja de los precios del petróleo, ésta se pierde debido a la devaluación del peso, ya que es necesario importar la materia prima que no es posible producir en México [9] y [12]. En el año 2015 se tuvo un aumento en la producción de artículos de plástico en un 6.3%, un incremento del consumo en 8.9% y un crecimiento del 12.2% en las exportaciones [10]. Este tipo de crecimiento en la industria del plástico en México es posible debido a que éste sector se ve beneficiado con la aprobación de la Reforma Energética, y por tanto, tuvo una inversión mínima para este sector en 2015 de dos mil millones de dólares [11].

La Industria Transformadora del Plástico (ITP) mexicana tiene una aparente estabilidad, sin embargo, tiene una gran crisis de visión. Ésta, se resolvería si la ITP generara nuevos productos para competir a nivel nacional y mundial. Al generarse nuevos productos la ITP puede incrementar sus ganancias invirtiendo lo mismo en materia prima. Además, se necesita que México invierta en instituciones de educación especializadas en plásticos para formar investigadores y técnicos con amplia experiencia profesional en el mencionado tema. Actualmente México es empírico; en Alemania tienen 20 universidades donde se forman científicos y técnicos especializados en plásticos; Italia y España,

10; China, 20; Japón, 10; Taiwán, 5; Corea y Canadá, 3; Estados Unidos, 20; Brasil, 4; y como ya se mencionó, México, 0 [7].

Respecto al Estado de Oaxaca, se ubicó por internet, en la ciudad capital solamente a un empresario que tiene máquinas de inyección de plástico y que también da el servicio de maquila [6].

En la región mixteca se tiene la Villa de Chilapa de Díaz, Teposcolula, Oaxaca donde se encuentran pocas microempresas dedicadas a la industria del plástico. Entre ellas se encuentra la empresa Plastimaxc, registrada como una Sociedad de Responsabilidad Limitada Microindustrial. Es la única empresa en la Región Mixteca que se dedica a la inyección de plástico, tiene una experiencia de 12 años, produce cucharas y tenedores desechables de plástico. La empresa Plastimaxc otorga el permiso para probar un molde multicavidad de inyección en una de sus máquinas inyectoras con la condición de que sea durante los días domingo. Además, indica que no patrocinará ninguna etapa del proceso de manufactura del molde multicavidad de inyección.

En la Heroica Ciudad de Huajuapán de León, se ubicaron tres máquinas de inyección de plástico. En la UTM, se tiene una inyectora de plástico en el Laboratorio de Manufactura Avanzada a la que le hace falta infraestructura para que pueda funcionar. La empresa INDUMIX usa una máquina de inyección solamente para producir los asientos de las sillas que vende. La empresa purificadora de agua para garrafón "Monarca" tiene la tercera máquina de inyección de plástico, la adquirieron con un molde para producir sus propias tapas.

En Huajuapán de León se está desaprovechando la oportunidad de entrar a la industria del plástico. La industria del plástico puede detonar la economía de la Región Mixteca. En [7] se hace un llamado para considerar a esta industria como uno de los pilares de crecimiento nacional; que necesita atención y que podría proponer grandes beneficios para la economía.

## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa Plastimaxc se dedica a la producción de cucharas y tenedores desechables de plástico. Fabrica los siguientes productos:

- a) Cuchara jumbo
- b) Cuchara grande
- c) Cuchara mediana
- d) Cuchara chica
- e) Tenedor jumbo
- f) Tenedor grande
- g) Tenedor mediano

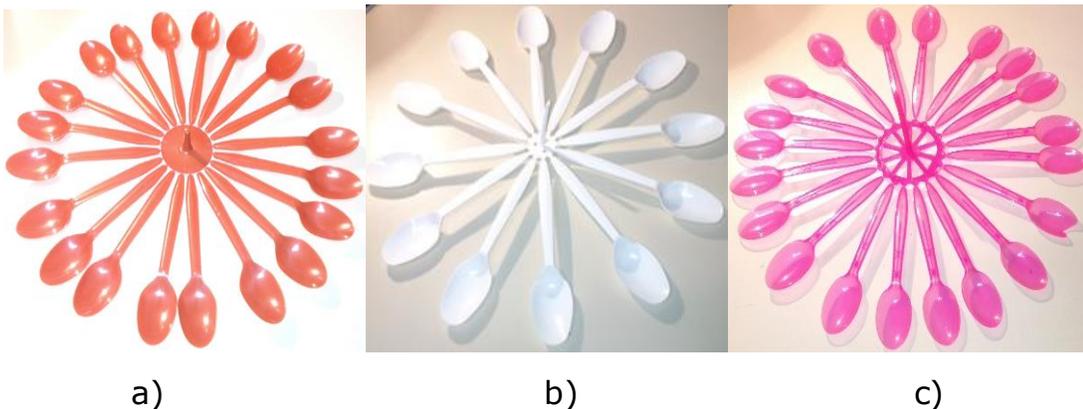


Fig. 1.3 Cucharas obtenidas de la máquina de inyección, donde:  
a) cuchara grande color rojo b) cuchara jumbo color blanco c)  
cuchara grande color rosa translúcido.

Los productos son fabricados en diferentes colores, como son: blanco, rojo, azul, amarillo, verde, así como colores translúcidos. En la Fig. 1.3 c) y en la Fig. 1.4 se muestra la cuchara y un tenedor en color rosa translúcido respectivamente.

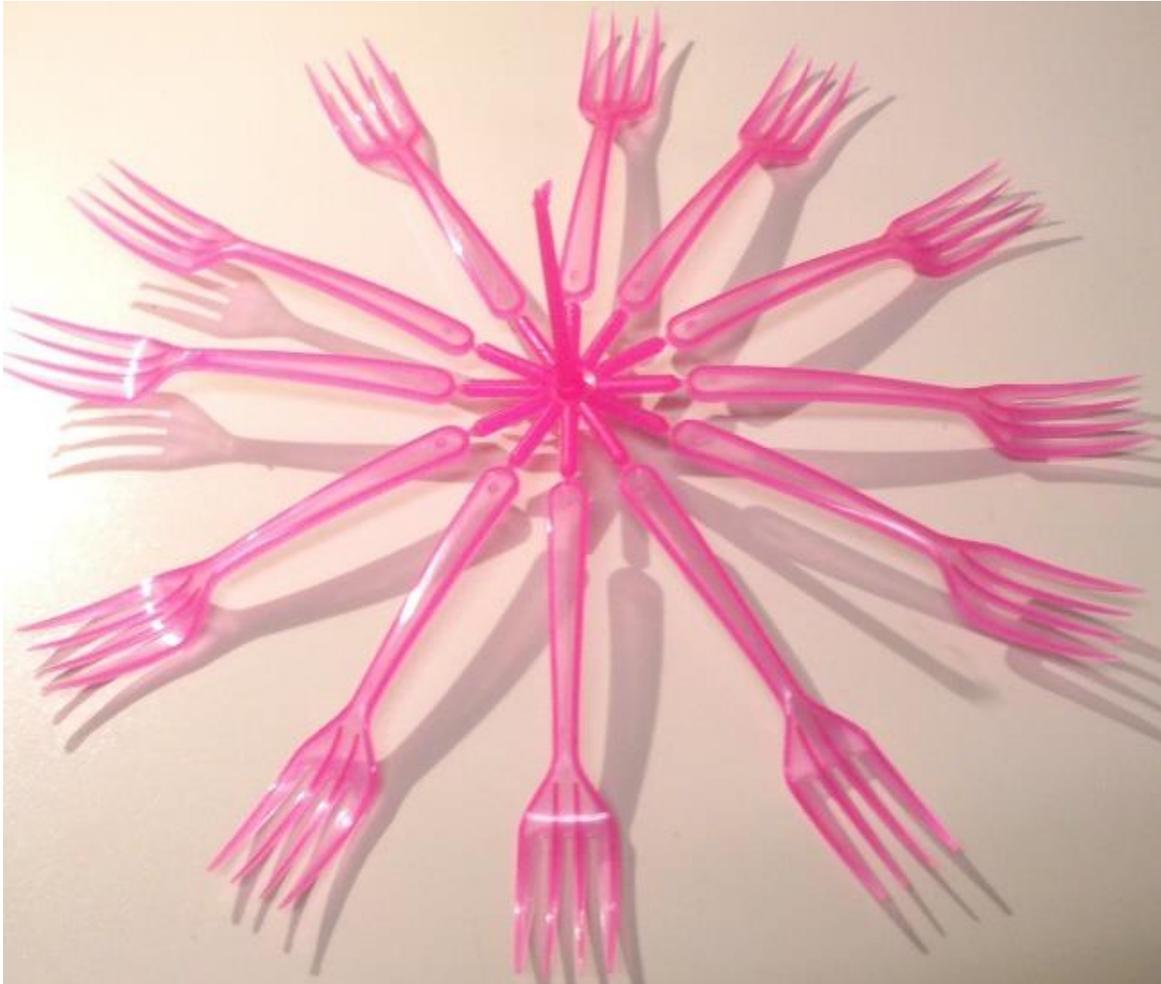


Fig. 1.4 Tenedor color rosa translúcido.

La empresa Plastimax comercializa sus productos bajo la marca Sta. María, en la Fig. 1.5 se muestran dos bolsas de sus productos con su marca registrada.



a)

b)

Fig. 1.5 Marca de la empresa Plastimaxc, Sta. María. a) Cuchara grande Sta María b) Tenedor jumbo Sta María.

Como se puede observar la empresa se dedica a la fabricación de cubiertos desechables. Sin embargo, no tiene cuchillos, ni agitadores para coctel, ni platos desechables; y necesita los moldes de inyección para producirlos.

## FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La formulación del problema implica la manufactura de cualquiera de los moldes de los productos que le hacen falta a la empresa Plastimaxc. La principal prioridad de la empresa es corregir el molde del tenedor desechable grande a la brevedad posible, porque como se puede observar en la Fig. 1.6 su tenedor es muy delgado, por tanto, se rompe con facilidad. La segunda prioridad de la empresa Plastimaxcs es la fabricación del cuchillo desechable grande, de esta manera obtendría el juego de

cubiertos desechables de tamaño grande. El juego de cubiertos tamaño grande es el que más demanda el mercado. Se decidió trabajar con la segunda prioridad de la empresa porque ellos planean comprar un molde multicavidad de cuchillo grande en un año, tiempo en el que aproximadamente se concluirá la presente propuesta de tesis, por tanto, la formulación del problema queda de la siguiente manera:

- ❖ ***Diseñar un cuchillo desechable grande de plástico***
- ❖ ***Manufacturar el molde multicavidad de inyección para un cuchillo desechable grande de plástico***
- ❖ ***Producir cuchillos desechables grandes de plástico sin defectos***



Fig. 1.6 Cuchara y tenedor grandes, al que le hace falta el cuchillo grande para formar el juego de cubiertos.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

En este apartado se menciona la justificación académica, la cual es la prioridad de este proyecto de tesis. De la misma manera se comenta la pertinencia y su relevancia.

#### **JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA**

El desarrollo del presente trabajo de tesis permite la formación tecnológica para el diseño de nuevos productos y moldes de inyección con base a la Ingeniería Concurrente. A su vez, permite el inicio y desarrollo de una nueva línea de investigación en la temática. Lo anterior, favorece a la formación de recursos humanos en las siguientes ingenierías: Ingeniería en Mecatrónica, Ingeniería Industrial e Ingeniería en Diseño. Además, el diseño y manufactura de un Nuevo Producto y de su Molde de Inyección son factibles de registrarse como modelo de utilidad industrial y de patente, respectivamente.

##### **1.3.1 PERTINENCIA**

Los proyectos relacionados con la industria tienen mayor repercusión en el Estado por el desarrollo tecnológico que se genera.

##### **1.3.2 RELEVANCIA**

A pesar de que la UTM tiene casi todos los recursos materiales y a pesar de que cuenta con los recursos humanos para desarrollar nuevos productos; carece de recursos humanos para el diseño y fabricación de moldes de inyección. Por tanto, la presente propuesta de tesis adquiere especial relevancia.

### **1.4 HIPÓTESIS**

Es factible producir cuchillos desechables grandes de plástico, para la Región Mixteca, aplicando herramientas de la Ingeniería Concurrente en el proceso de diseño del producto y en la disminución de componentes en el molde de inyección.

## **1.5 OBJETIVOS**

Es preciso enfatizar el objetivo del presente proyecto de tesis, por ello, se enuncia el objetivo general y se enlistan los objetivos específicos. Los objetivos específicos serán una guía de actividades que permitirán cumplir el objetivo general

### **1.5.1 OBJETIVO GENERAL**

Crear un diseño de molde de inyección de plástico utilizando el enfoque del moldeo científico y asegurando la aplicación de piezas normalizadas, desarrollando un manual metodológico paso a paso. Este enfoque se centra en optimizar cada fase del diseño y fabricación del molde para garantizar una producción eficiente y de alta calidad.

### **1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Hacer un estudio ergonómico para determinar las medidas del cuchillo.
2. Modelar los diferentes cuchillos desechables grandes obtenidos con base a técnicas de Ingeniería Concurrente.

3. Modificar los cuchillos desechables hasta obtener resultados aprobatorios de los Análisis de Ingeniería. Se evaluará la tensión, torsión, flexión, deformación y análisis de fuerzas para que el cuchillo pueda superar todas las posibles causas que podrían dañarlo bajo uso comercial.
4. Imprimir en 3D (estereolitografía) los prototipos de los cuchillos desechables grandes.
5. Validar el nuevo producto con un estudio de factibilidad para tomar la decisión de qué modelo de cuchillo desechable grande es el que puede tener más éxito en el mercado.
6. Diseñar un molde multicavidad de inyección aplicando técnicas de Ingeniería Concurrente para fabricar el modelo definitivo del cuchillo desechable grande.
7. Modificar el diseño del molde multicavidad de inyección hasta obtener un Análisis de Ingeniería que garantice el funcionamiento correcto del molde en la máquina inyectora de plástico para obtener un producto final sin defectos.
8. Manufacturar el molde multicavidad de inyección.
9. Aplicar un Sistema de Calidad que garantice el funcionamiento correcto del molde en la máquina inyectora de plástico hasta obtener un producto final sin defectos.

**1.6 METAS**

Las metas a mediano plazo son:

- a) Obtener un molde multicavidad manufacturado en su totalidad en la UTM.
- b) Registrar el modelo de utilidad industrial del cuchillo desechable.
- c) Publicar el trabajo realizado de la tesis en un congreso nacional.

Las metas a largo plazo son:

- a) Formar recursos humanos para el diseño y manufactura de moldes de inyección de nuevos productos con base en la ingeniería concurrente.
- b) Formar o pertenecer a un cuerpo académico donde se tengan como líneas de investigación el Diseño de Nuevos Productos de Plástico con su respectivo Molde de Inyección.

### **1.7 LIMITACIONES DE LA TESIS**

En el mercado existen diferentes tipos de software para realizar estudios del elemento finito, estudios de reología y simulación del molde. Sin embargo, las licencias del software y su bibliografía son muy caras. Una manera de resolver tal problema es usar las diferentes licencias compradas por la Universidad Tecnológica de la Mixteca de las diferentes herramientas del software de SolidWorks, como son SolidWorks Plastics y SolidWorks Simulation para obtener los resultados de manera rápida y económica.

En la UTM y en las universidades del SUNEО (Sistema de Universidades del Estado de Oaxaca) no existen recursos humanos que puedan dirigir el tema de diseño de moldes, lo cual implicará una inversión de tiempo muy importante para conocer el diseño de los moldes.

Existen centros técnicos de capacitación que imparten diplomados relacionados con el diseño de los moldes de inyección. El precio más económico es de \$44,000.00 más IVA. Es más accesible comprar los libros. Sin embargo, la comprensión del tema es más lenta. Los libros sobre diseño de moldes tienen un precio entre los \$100.00 y los \$250.00 USD.

## **1.8 METODOLOGÍA**

Para concluir satisfactoriamente el trabajo de investigación se utiliza la metodología basada en el proceso de desarrollo del producto de Ulrich-Eppinger [13], y consta de los siguientes pasos:

### **Fase 0 Planeación**

Se ha identificado la oportunidad, se desarrollará la manufactura de un *molde multicavidad de inyección para un cuchillo desechable*. La empresa Plastimaxc facilitará toda la infraestructura industrial para probar el desempeño del molde.

### **Fase 1 Desarrollo del concepto**

Inicialmente se hará un estudio antropométrico de la mano, para determinar las medidas del cuchillo desechable. Posteriormente se aplica Inteligencia de Mercadotecnia la cual consistirá en adquirir los cuchillos desechables de la competencia, también se adquirirán los modelos disponibles de internet y se buscarán las patentes de cuchillos desechables; todas estas actividades serán para estudiar las características de la competencia.

Con la información recabada de la aplicación de la Inteligencia de Mercadotecnia se aplicarán algunas técnicas de Ingeniería Concurrente; para generar el concepto del nuevo cuchillo desechable. A los modelos obtenidos se les aplica un estudio CAE para garantizar que los nuevos modelos soporten las pruebas de uso comercial. Entonces, con la impresora 3D (tres dimensiones) se obtienen físicamente los modelos de los cuchillos desechables para aplicarles un estudio de factibilidad.

El mercado elegirá el modelo definitivo para disminuir el riesgo de rechazo del producto. Para lograrlo se harán estudios comparativos entre un grupo de expertos y un grupo de usuarios.

La empresa Plastimaxc indicó que el cuchillo desechable grande de plástico debe tener un peso mínimo de 2g y un peso máximo de 2.5g. A pesar de las limitaciones del peso se buscará que el cuchillo pueda competir con otros cuchillos al atribuirle la característica de cortar carne.

### **Fase 2 Diseño en el nivel sistema**

Se iniciará el registro de utilidad industrial del cuchillo desechable. Se obtienen las medidas para el molde multicavidad de inyección a partir del modelo aprobado por el mercado en la fase 1. Se hacen los cálculos y se desarrolla el molde multicavidad de inyección con base en la técnica de la Ingeniería Concurrente FDMA. Se modela el molde multicavidad de inyección en con el software SolidWorks.

### **Fase 3 Diseño de detalle**

La validación (CAE) y programa para manufacturar el molde multicavidad (CAM), se harán con las diferentes herramientas de SolidWorks. Se definen las tolerancias. El material que se usará para elaborar el cuchillo será el polipropileno porque es ligero, además posee alta resistencia a la tensión y a la compresión pero sobre todo porque no es tóxico y tiene grado alimenticio [14], [15], [16] y [17]. En la Fig. 1.7 se muestran los códigos de identificación de las resinas de plástico. Se hará una impresión en 3D a escala para verificar el correcto ensamble de las diferentes partes del molde multicavidad del cuchillo.



Comprobar el símbolo en el fondo del producto o en el etiquetado.

Productos plásticos MAS SEGUROS. 2, 4 y 5



Las botellas marcadas con el código (1. PET o PETE). Polietileno de tereftalato. Se deben utilizar solamente una vez, en sucesivas veces podría desprender DEHP un ftalato tóxico.

Plásticos que hay que evitar



PVC o Vinilo pueden contener ftalatos

Espuma de poliestireno

Puede contener Bisfenol A

Fig. 1.7 Códigos de identificación de resinas de plástico [15]

#### Fase 4 Pruebas y refinamiento

Se manufacturará el molde multicavidad de inyección en tamaño real con fibra de madera de densidad media (MDF, por sus siglas en inglés) para verificar que las medidas se cumplan. Finalmente, se hace la manufactura del prototipo del molde multicavidad del cuchillo de plástico en acero. Se harán pruebas del molde en la máquina de inyección bajo la aplicación de un Sistema de Calidad. El sistema de calidad incluirá gráficas X-R o gráficas X-S, la elección dependerá de la cantidad de muestras que sea pertinente elegir por subgrupo. Se buscará establecer una mejora continua en la fabricación de moldes.

#### Fase 5 Inicio de producción

Aprobado el molde prototipo del cuchillo desechable se inicia la producción.

En la Fig. 1.8 se muestran gráficamente todas las etapas descritas.

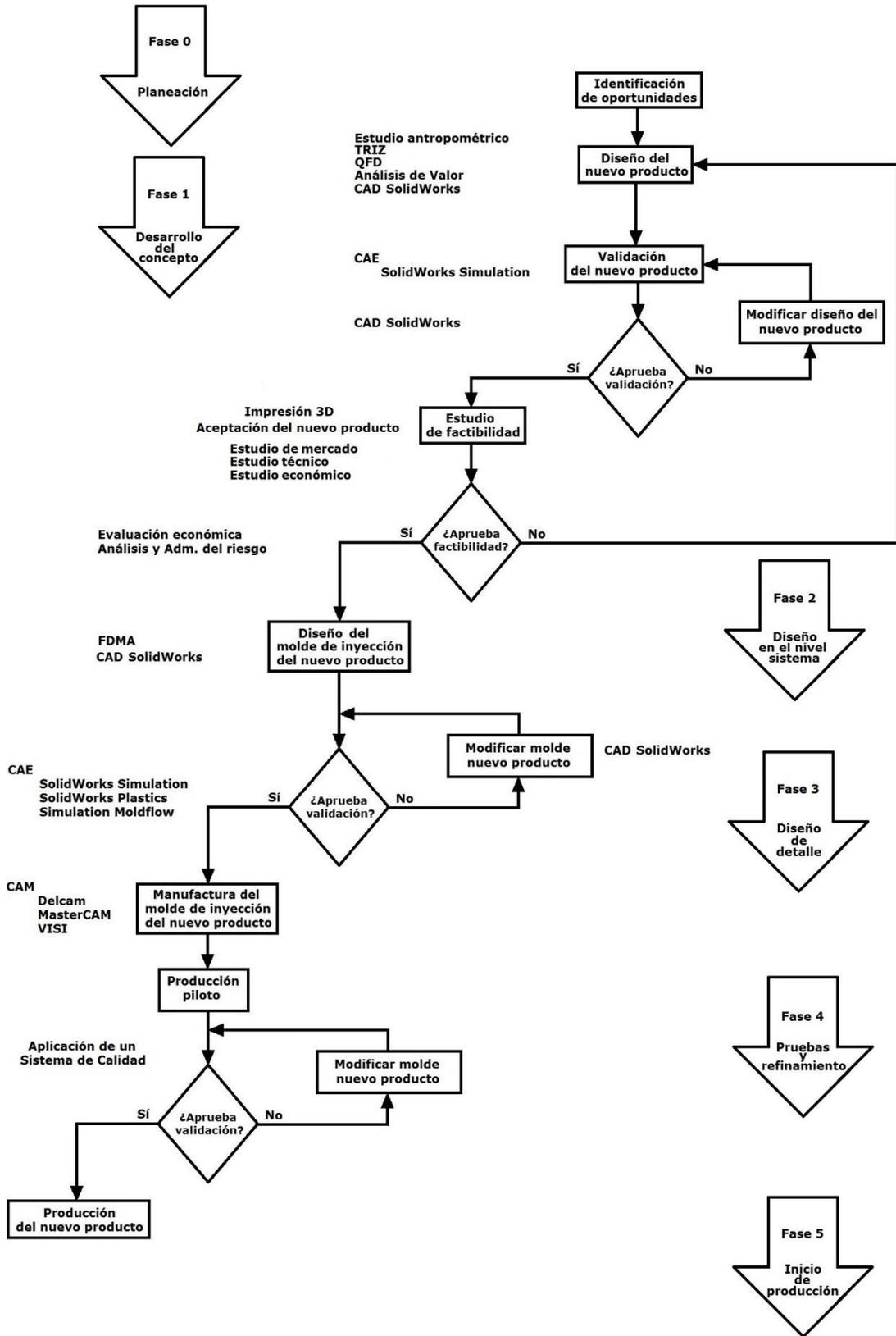


Fig. 1.8 Diagrama de flujo de la metodología

**1.9 CONCLUSIONES**

El presente proyecto de tesis es muy extenso porque es un trabajo de investigación multidisciplinario, sin embargo, es necesario cumplir todos los procesos, desde el estudio ergonómico del usuario hasta el estudio de control de calidad en la producción del nuevo producto.

La manufactura de un molde de inyección es muy cara, por tal razón, no es posible elaborarlo sin tener la certeza de que el mercado demandará el nuevo producto.

El siguiente capítulo se enfoca en analizar los fundamentos de diferentes disciplinas para diseñar un nuevo producto y los fundamentos necesarios para incrementar el grado de aceptación del nuevo producto.

**1.10 REFERENCIAS**

[1] Plastics Europe Association of Plastics Manufacturers, "Plastics-the Facts 2014/2015 An analysis of European plastics production, demand and waste data". *Plastics Europe*, 2015. [En línea]. Disponible en <https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/10/2014-Plastics-the-facts.pdf>. [Último acceso: 05/07/2023].

[2] Plastics Europe Association of Plastics Manufacturers, "Plastics-the Facts 2010 An analysis of European plastics production, demand and waste data". *Plastics Europe*, 2011. [En línea]. Disponible en <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2010/>. <https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/10/2010-Plastics-the-facts.pdf>. [Último acceso: 05/07/2023].

[3] L. Castro-Puig, "Los plásticos en el ámbito mundial". *Clúster de Plástico Dominicano*, 02 de junio de 2011 [En línea]. Disponible en <https://airdplastico.wordpress.com/2011/06/02/los-plasticos-en-el-ambito-mundial/> [Último acceso: 05/07/2023].

[4] G. Azzone, P. Borzzatta, D. Ferrari y P. Savona, "Excellence of the plastics supply chain in relaunching manufacturing in Italy and Europe". *Plastics Europe*, The European House, Italia, 2013 [En línea]. Disponible en <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/the-excellence-of-the-plastics-supply-chain-in-relaunching-manufacturing-in-italy-and-europe/> <https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/10/2014-Ambrosetti-Study-Plastics-in-Manufacturing.pdf> [Último acceso: 05/07/2023].

[5] Planetaméxico, "Inyecto Plastic en Oaxaca de Juarez". Anuncios clasificados Planeta México [En línea], Disponible en <http://www.planetamexico.com.mx/inyecto-plastic-F120CC90212D6> [Último acceso: 05/07/2023].

[6] Instituto Nacional de Estadística y Geografía, "Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera EMIM SCIAN 2007. Resumen anual". INEGI, ISBN 978-607-739-360-3, México, 2014 [En línea]. Disponible en <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825066697> [Último acceso: 05/07/2023].

[7] D. Higa. "La industria del plástico en México está en crisis y es el país que más importa a nivel mundial". Bolsamanía, 23 de julio de 2015. [En línea]. Disponible en <https://www.bolsamania.com/mexico/noticias/empresas/la-industria-del-plastico-en-mexico-esta-en-crisis-y-es-el-pais-que-mas-importa-a-nivel-mundial--809813.html> [Último acceso: 06/07/2023]

[8] V. González, "Industria del plástico cerrará 2014 con crecimiento", Manufactura, 18/11/20214 [En línea]. Disponible en <https://manufactura.mx/industria/2014/11/18/industria-del-plastico-cerrara-2014-con-crecimiento> [Último acceso: 06/07/2023]

[9] A. López, "Petroprecios impactan a industria de plásticos". El Diario mx, 13/03/2016 [En línea]. Disponible en [https://diario.mx/Economia/2016-03-13\\_cd878918/petroprecios-impactan-a-industria-de-plasticos/](https://diario.mx/Economia/2016-03-13_cd878918/petroprecios-impactan-a-industria-de-plasticos/) [Último acceso: 06/07/2023]

[10] E. de la Tijera Coeto, "2015: otro buen año para la industria del plástico en México", Plastics Technology MÉXICO 19/01/2016 [En línea].

---

Disponible en <https://www.pt-mexico.com/articulos/2015-otro-buen-ao-para-la-industria-del-plastico-en-mxico> [Último acceso: 06/07/2023]

[11] N. González, "Industria del plástico invertirá dos mil mdd en 2015", *DINERO EN IMAGEN*, 12/11/2014 [En línea]. Disponible en <http://www.dineroenimagen.com/2014-11-12/46219> [Último acceso: 06/07/2023]

[12] A. Sánchez, "Importaciones pegan a la industria mexicana del plástico" *EL FINANCIERO*, 02/06/2014 [En línea]. Disponible en <http://www.elfinanciero.com.mx/empresas/importaciones-pegan-a-la-industria-mexicana-del-plastico.html> [Último acceso: 06/07/2023]

[13] K.T. Ulrich y S.D. Eppinger, *Diseño y desarrollo de productos*, 5ª ed. México: McGraw-Hill Education, 2013.

[14] Mariano, "Polipropileno", *Tecnología de los plásticos*, Argentina, 02/06/ [En línea]. Disponible en <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2011/06/polipropileno.html> [Último acceso: 06/07/2023]

[15] XanaNatura "¿Es peligroso el plástico? Ftalatos o ésteres de ftalato (plastificantes) y otros componentes", *Esclavos del siglo XXI*, 03/2011 [En línea]. Disponible en <http://xananatura.blogspot.mx/2011/03/es-peligroso-el-plastico-ftalatos-o.html> [Último acceso: 06/07/2023]

[16] S. Rodríguez "Materiales plásticos destinados al contacto con alimentos ¿Se consideran seguros?", *TSI Life Science*, 18/04/2022 [En

línea]. Disponible en <https://tecnosolucionescr.net/blog/601-materiales-plasticos-destinados-al-contacto-con-alimentos-se-consideran-seguros#:~:text=Los%20envases%20pl%C3%A1sticos%20alimentarios%20son,as%C3%AD%20como%20del%20medio%20ambiente.> [Último acceso: 06/07/2023]

[17] N. Priego-Mendoza, "EL USO DE ITENSILIOS Y MATERIALES DE PLÁSTICO EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA", IDEA FSI FOOD SAFETY INNOVATION, México, 08/2012 [En línea] Disponible en <http://www.ideafoodsafetyinnovation.com/news/2012/08/index.html> [Último acceso: 06/07/2023].

# **CAPÍTULO II**

## **FUNDAMENTOS PARA CONCEPTUALIZAR UN NUEVO PRODUCTO**



## **2.1 INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se presentan los fundamentos que se usarán para obtener un nuevo producto. Se inicia con la conceptualización del nuevo producto, posteriormente se modela para aplicarle un proceso de validación, con ello se busca que el producto sea robusto y útil para la función que ha sido diseñado. Finalmente, se le realiza un estudio de factibilidad para determinar si lo acepta el mercado. Una vez concluido todo el proceso mencionado se obtienen las condiciones para manufacturar el molde del nuevo producto.

## **2.2 CONCEPTUALIZACIÓN DEL NUEVO PRODUCTO**

Para obtener la conceptualización del nuevo producto se realiza un estudio antropométrico para conocer el tamaño percentil de la mano de los usuarios y de esa manera determinar adecuadamente las dimensiones del cuchillo de plástico desechable; posteriormente se usan dos técnicas de ingeniería concurrente: la función de despliegue de la calidad y el análisis de valor para determinar todas las características del cuchillo.

### **2.2.1 ESTUDIO ANTROPOMÉTRICO**

La antropometría es la disciplina que mide, analiza y estudia las dimensiones del cuerpo humano. En esta sección, se presentan los fundamentos de la antropometría y se hace énfasis en las medidas necesarias para aplicar un estudio antropométrico de la mano [20].

### **2.2.1.1 ANTROPOMETRÍA**

La antropometría tuvo su auge después de la segunda guerra mundial debido a la necesidad de uniformar a los ejércitos, actualmente estas medidas antropométricas son las que se usan y no reflejan las medidas de la población. Ante tal situación es necesario hacer un estudio antropométrico para determinar las medidas dominantes en diferentes núcleos poblacionales. Para fines de esta investigación es necesario determinar las dimensiones de la mano para la ciudad de Huajuapán de León, como una muestra representativa de la Región Mixteca.

A partir del principio de que no existen dos personas iguales, es necesario considerar la gran variación de la información que se recaba debido al sexo, la edad, el grupo racial, el factor genético, el grado de salud, la actividad ocupacional. Las variaciones antropométricas se manifiestan por las diferencias morfológicas estructurales de los individuos y sirven como base para hacer una clasificación llamada somatotipos.

La antropometría se divide en tres grandes ramas debido a que las dimensiones humanas pueden variar por las características físicas de cada individuo, los movimientos y la posición. Las ramas de la antropometría son: la antropometría estática, clásica o estructural, la antropometría dinámica o funcional y la antropometría newtoniana [20].

#### **Antropometría estática**

La antropometría estática, clásica o estructural es la que tiene como objetivo las medidas de la persona en reposo y en postura vertical y sedante. Las dimensiones corporales de la antropometría estática son de tres tipos: las dimensiones en posición vertical, las cuales incluyen 23 medidas, se enlistan en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Medidas antropométricas en posición vertical

1.-	Peso	13.-	Diámetro bideltaideo
2.-	Estatura	14.-	Ancho máximo del cuerpo
3.-	Altura de ojo	15.-	Ancho máximo lateral codo-codo
4.-	Altura oído	16.-	Diámetro transversal de tórax
5.-	Altura de hombro	17.-	Diámetro bitrocantérico
6.-	Altura de acromión	18.-	Profundidad máxima del cuerpo
7.-	Altura radial	19.-	Profundidad del tórax
8.-	Altura codo flexionado	20.-	Alcance brazo frontal
9.-	Altura muñeca	21.-	Alcance brazo lateral
10.-	Altura al nudillo	22.-	Alcance máximo lateral
11.-	Altura dactilión	23.-	Alcance máximo vertical
12.-	Altura de la rodilla		

Las dimensiones en posición sedante se integran por 17 medidas, se enlistan en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Medidas antropométricas en posición sedante

1.-	Altura total	10.-	Ancho codo a codo
2.-	Altura ojo	11.-	Ancho de cadera
3.-	Altura hombro	12.-	Longitud nalga-rodilla
4.-	Altura omóplato	13.-	Longitud nalga-poplítea
5.-	Altura región lumbar	14.-	Longitud codo-muñeca
6.-	Altura codo flexionado	15.-	Longitud codo-dactilión
7.-	Altura máxima de muslo	16.-	Profundidad abdominal
8.-	Altura rodilla	17.-	Alcance máximo vertical
9.-	Altura muñeca		

Las dimensiones especiales están integradas por cinco medidas de la cabeza, siete medidas de la mano y cuatro medidas del pie. En la Tabla 2.3 se enlistan las medidas que integran las dimensiones especiales.

Tabla 2.3 Medidas antropométricas especiales

1.- Ancho de cabeza	1.- Longitud total mano	1.- Longitud total pie
2.- Largo de cabeza	2.- Longitud palma	2.- Ancho máximo pie
3.- Diámetro de cabeza	3.- Longitud dedos	3.- Ancho talón
4.- Altura de cara	4.- Ancho total mano	4.- Altura maleolar
5.- Ancho de caara	5.- Ancho palma	
	6.- Ancho empuñadura	
	7.- Diámetro empuñadura	

Por ser de interés para este proyecto, solamente se muestran mediante figuras la manera es que se deben hacer las medidas de la mano. En la Fig. 2.1 se muestra la manera de medir la longitud de la mano y de la palma. En la Fig. 2.2 se expone la manera de medir la longitud de los dedos. En la Fig. 2.3 se indica la manera correcta de medir el ancho de la mano y de la palma. Finalmente, en la Fig. 2.4 se enseña la manera de medir el diámetro de la empuñadura. Las medidas de la mano se realizan con base a la norma DIN 33402-2º [2].

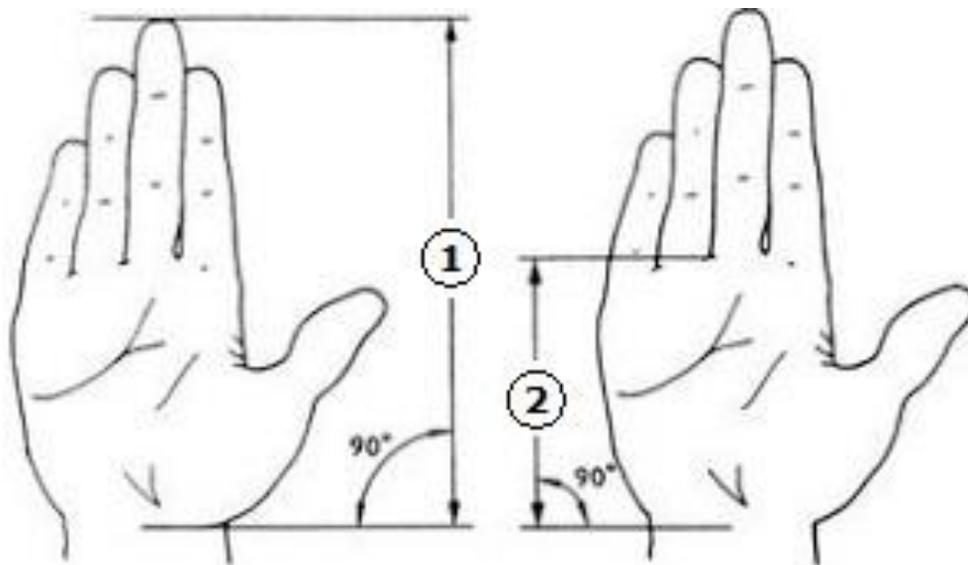


Fig. 2.1 Longitud de la mano y de la palma [1]

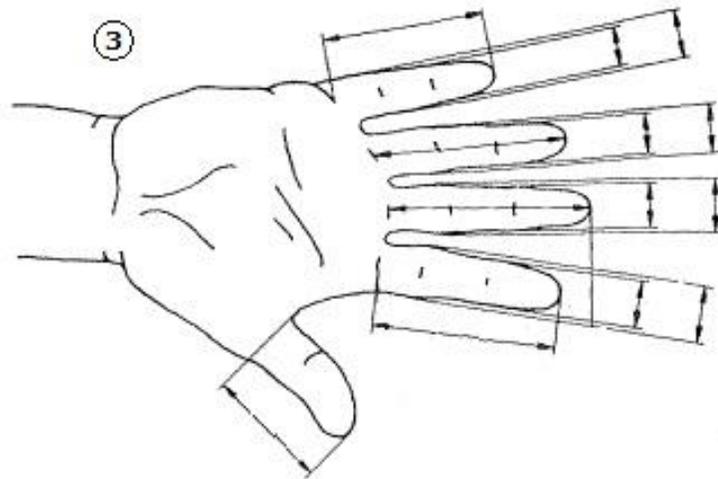


Fig. 2.2 Longitudes de los dedos de la mano [1]

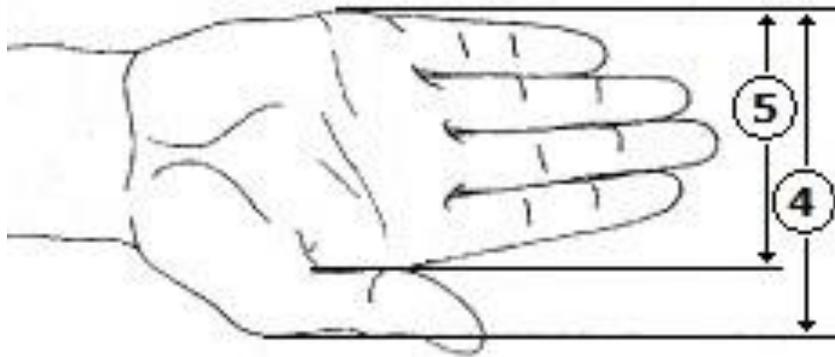


Fig. 2.3 Ancho de la mano y de la palma [1]

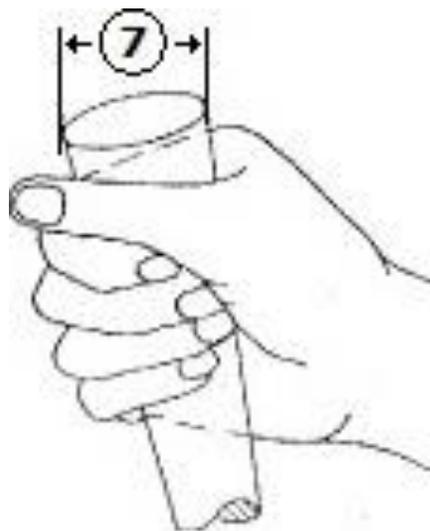


Fig. 2.4 Diámetro de la empuñadura [1]

**Antropometría dinámica**

La antropometría dinámica o funcional se encarga de hacer medidas compuestas, es decir, mide el cuerpo humano en movimiento. Mide los desplazamientos angulares y lineales que realiza un miembro del cuerpo, o el cuerpo entero. Detecta la amplitud de movimiento en sus grados máximos y mínimos normales o anormales. En la Fig. 2.5 y en la Fig. 2.6 se muestran los movimientos que mide y analiza la antropometría dinámica para la determinar las medidas de espacio de trabajo [19].

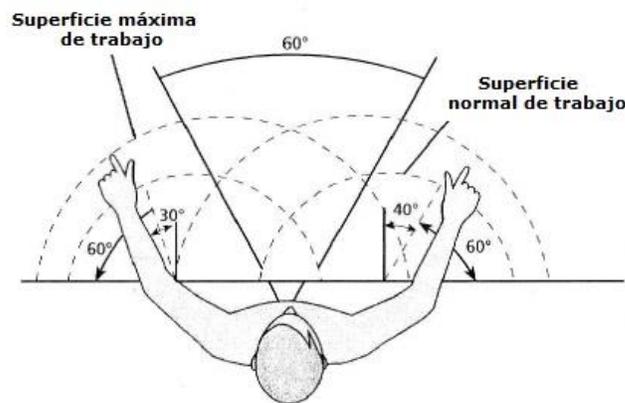


Fig. 2.5 Mov. del cuerpo para determinar espacios de trabajo [19]

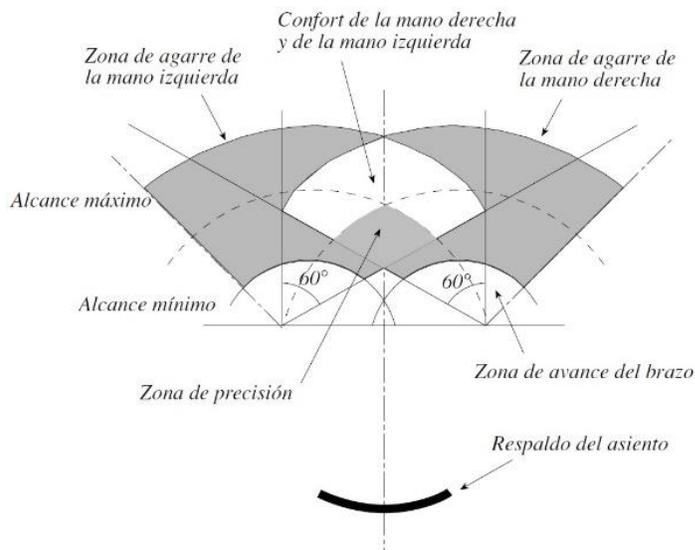


Fig. 2.6 Zonas que cubren los movimientos del cuerpo para determinar los espacios de trabajo [19]

### **Antropometría newtoniana**

La antropometría newtoniana se enfoca en la medición de puntos y valores estrictamente físicos. Debido a la variedad, especificidad y precisión de dichas mediciones los investigadores usan cadáveres.

#### **2.2.1.2 DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO ANTROPOMÉTRICO**

Se diseñará un cuchillo desechable de plástico como nuevo producto para la compañía Plastimaxc, el cual se venderá en la Región Mixteca y en la Región de Valles Centrales, principalmente. De lo antes mencionado, es necesario hacer un estudio antropométrico de la mano del mercado destino para que el diseño del nuevo producto sea ergonómico.

El cuchillo de plástico desechable debe de tener la capacidad de cortar carne cocinada sobre un plato, la carne puede estar hervida, asada o al vapor. El usuario se encontrará sentado frente a una mesa y cortando la carne sobre un plato. Se busca que el cuchillo, además de ser eficiente en su funcionamiento, también tenga un diseño ergonómico y al gusto del mercado.

El uso de un cuchillo de plástico desechable implica movimiento de los brazos por parte del usuario, sin embargo, solamente se hace un estudio del tipo antropométrico estático de la mano. Un estudio antropométrico dinámico que incluya los movimientos de los brazos y de las manos no es necesario porque el entorno de uso no requiere condiciones especiales, sino más bien es un entorno de convivencia familiar o social.

### **Perfil del usuario**

Es importante comentar que, aunque se hable del usuario en singular siempre nos referiremos al 90% de la población, por tanto, se define al grupo de población que habrá de ser el consumidor final. Éste, se puede investigar por observación directa, por encuestas o por entrevistas. Lo que hay que saber de él son los siguientes seis puntos: determinar si es un usuario directo o indirecto, la actividad que hará con el nuevo producto, la ocupación económica-productiva que desempeña el grupo de usuarios, el sexo, la edad; las características físicas, sensoriales y/o mentales cuando dichas características alteran la relación ergonómica.

- **Tipo de usuario**

Para el estudio antropométrico no es necesario que la persona medida sepa usar cubiertos para comer, por tanto, no se le cuestionará sobre este tópico. Sin embargo, si es importante que el usuario sea nativo de la Región Mixteca o de la Región de Valles Centrales; o a lo menos uno de sus dos progenitores si lo sean por lo que se les preguntará sobre su región de nacimiento y procedencia de sus padres.

- **Actividad del usuario**

El usuario de un cuchillo de plástico desechable no tiene interés de usarlo para una actividad secundaria, sólo lo usa como instrumento auxiliar en el consumo de alimentos; por tanto, no se le planteará al usuario ninguna pregunta relacionada con sus actividades.

- **Ocupación**

Respecto a la ocupación del usuario es necesario solicitarla al entrevistado porque dependiendo de su actividad puede tener una menor o mayor masa corporal que se refleje en los resultados.

- **Sexo**

La información antropométrica de la mano se dividirá en medidas antropométricas de la mano para hombres y mujeres.

- **Edad**

Para hacer mediciones antropométricas a menores de 18 años implicaría solicitar el permiso de su padre o tutor, lo que incrementaría el tiempo en la adquisición de la información. Por tanto, las medidas antropométricas de la mano se aplicarán solamente para gente mayor de edad y se aplicará una estratificación por rango de edades.

- **Características físicas generales**

La restricción respecto a las características físicas es que la persona a medir no tenga ninguna discapacidad en la mano que usa para emplear el cuchillo, tal que le imposibilite usarlo.

### **2.2.1.3 PLANEACIÓN DEL ESTUDIO ANTROPOMÉTRICO**

Conocer dimensionalmente al usuario final es muy importante, y para lograrlo es necesario realizar las siguientes tres etapas: etapa de programación, muestreo antropométrico y tratamiento estadístico de los resultados.

### **Etapas de programación**

La información debe ordenarse de acuerdo con los siguientes puntos:

- a) Obtener los segmentos corporales y órganos sensoriales que se relacionan con cada pieza del producto.
- b) Seleccionar las medidas antropométricas. Esta selección se aplica para hacer una selección antropométrica útil para el diseño del cuchillo.
- c) Elaborar una cédula antropométrica estática y/o cédula antropométrica dinámica por cada individuo que se vaya a medir.
- d) Integrar las cédulas por los datos generales del individuo, las medidas a realizarle y una sección de observaciones.
- e) Especificar el grupo poblacional para determinar una muestra representativa.
- f) Fijar las condiciones en las que se realizan las mediciones.
- g) Indicar el equipo de medición a utilizar.
- h) Definir los tipos de personas que harán las medidas.

### **Muestreo antropométrico**

A continuación, se describen algunas consideraciones para obtener medidas confiables y válidas

- a) Tener bien definido los grupos de medición y las posiciones a medir,
- b) Disponer de un equipo limpio y calibrado, además de un espacio adecuado para medir,
- c) Explicar previamente a la gente que va a participar para explicarles los motivos de la actividad.
- d) Para que las medidas sean consideradas como válidas es necesario cumplir con una secuencia de reglas determinadas por el antropometrista antes de iniciar el proceso de medición.

### **Tratamiento estadístico**

Una vez terminado el muestreo antropométrico se procederá a realizar el tratamiento estadístico clasificando los datos de las cédulas en percentiles o también conocidos como grupos de porcentaje o fracciones porcentuales.

El percentil es un valor dentro del rango de mediciones que tiene una distribución normal y los resultados suelen presentarse en el rango del 5 al 95.

#### **2.2.1.4 CÉDULA ANTROPOMÉTRICA**

El diseño de la cédula es muy importante porque en ella se registran toda la información personal y todas sus medidas antropométricas de quien se entreviste.

Las medidas antropométricas de la mano que se censan son: estatura, peso, estatura sentado, longitud total de la mano, longitud de la palma, longitud del dedo anular, longitud del dedo medio, longitud del dedo índice, longitud del dedo pulgar, ancho de la mano, ancho de la palma, grosor de la mano y el grosor de la mano usando un cuchillo de cubiertos metálico porque son los elementos necesarios para manipular un cuchillo de plástico desechable.

La cédula se integra por el perfil del usuario y por los elementos de la mano que se acaban de mencionar. La cédula antropométrica que se usa por individuo se muestra en el anexo A.

La población bajo estudio es la que sea originaria del Estado de Oaxaca debido a que el producto se vende con mayoristas de la ciudad de Oaxaca,

los cuales se encargan de distribuirlo en las regiones Centro, Norte, Este y Sureste del Edo. de Oaxaca, principalmente. El proceso de cálculo de la muestra representativa se detalla en el apéndice A.

### **2.2.1.5 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO ANTROPOMÉTRICO**

Al terminar el proceso antropométrico se obtienen los resultados de los factores humanos, ambientales y objetuales para proporcionar la información suficiente para el diseño.

### **2.2.2 ESTUDIO DEL NUEVO PRODUCTO**

Conocer los diferentes aspectos del nuevo producto es determinante para conceptualizarlo, por tanto, para hacer un buen estudio del nuevo producto se le aplican los siguientes análisis: morfológico, estructural, funcional, de funcionamiento, tecnológico, sistémico, económico, comparativo, relacional, social, evolutivo e histórico. Entonces se procede a explicar cada tipo de análisis.

#### **ANÁLISIS MORFOLÓGICO**

Se observa al objeto desde distintos ángulos, se analizan sus formas, y se realiza una descripción de lo observado. Es conveniente buscar analogías con otras formas, sean éstas naturales, artesanales o industriales y se establecen comparaciones. Responde a las preguntas ¿cómo es? y ¿qué forma tiene?

#### **ANÁLISIS ESTRUCTURAL**

Se hace un estudio de la manera en que están dispuestas las partes del producto, de ser necesario se puede hacer un despiece, un listado de componentes, el análisis de los componentes, la misión de cada parte y

la relación entre ellos. Si el objeto es complejo conviene ampliar el material gráfico con nuevas plantas, cortes y vistas. Responde a la pregunta ¿cuáles son sus elementos y cómo se relacionan?

### **ANÁLISIS FUNCIONAL**

Es el estudio de la manera en que el objeto cumple con el repertorio de propósitos para el cual fue concebido y construido. Responde a las preguntas ¿para qué sirve? y ¿qué función cumple?

### **ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO**

Explica los principios de funcionamiento del objeto, tales como la manera de usarlo, el tipo y la cantidad de energía que consume, el rendimiento del producto, entre otros. Responde a las preguntas ¿cómo se usa? y ¿cómo funciona?

### **ANÁLISIS TECNOLÓGICO**

Se identifican los materiales empleados para producir el objeto y de las ramas de la tecnología que se usan para diseñarlo y construirlo. También se describen las características técnicas del producto. Responde a las preguntas ¿cómo está hecho?, ¿de qué material está hecho? y ¿cuáles son sus características técnicas?

### **ANÁLISIS SISTÉMICO**

Es una formalización de la suma del análisis estructural, funcional y de funcionamiento y sirve para ver cómo cada una de las partes del objeto contribuyen para el producto. Responde a la pregunta ¿cómo contribuye cada una de las partes para que el objeto funcione?

### **ANÁLISIS ECONÓMICO**

Consiste en establecer las relaciones entre el costo o el precio de un producto y la conveniencia de su utilización. Se deben tener en cuenta la duración y la relación costo-beneficio. Responde a las preguntas ¿cuánto cuesta? y ¿qué valor tiene?

### **ANÁLISIS COMPARATIVO**

Se busca establecer las diferencias y similitudes del producto con relación a otros que cumplen la misma función. Se recomienda apoyarse en cuadros comparativos. Responde a la pregunta ¿en qué se diferencia de objetos equivalentes?

### **ANÁLISIS RELACIONAL**

Se evalúan las conexiones entre el producto y su contexto, así como su impacto en la economía, en el trabajo y el ambiente. Responde a la pregunta ¿cómo está relacionado con su entorno?

### **ANÁLISIS SOCIAL, EVOLUTIVO E HISTÓRICO**

El objetivo de este análisis es destacar las características propias de la época en la que surgió y evolucionó el producto. Responde a la pregunta ¿cómo está vinculado a la estructura sociocultural y a las demandas sociales?

#### **2.2.3. EL DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN COMERCIAL**

Se tienen dos tipos de investigación, la exploratoria y la concluyente. A continuación, se analizan brevemente.

El diseño de la investigación exploratoria se aplica al inicio de toda investigación, principalmente cuando ha sido agotada la información

bibliográfica o secundaria y se determina que la información recabada no es suficiente. Una vez concluida la investigación exploratoria debe aplicarse una investigación concluyente. Las principales técnicas de una investigación exploratoria son: la entrevista en profundidad, se aplica de manera individual y no tiene ninguna estructura más que buscar que el entrevistado proporcione la mayor cantidad de información posible; la reunión en grupo, conjunto de personas guiadas por un moderador bajo un guion más o menos estructurado y se busca la participación activa del grupo para lograr la mayor cantidad de opiniones; las técnicas proyectivas, se presentan estímulos ambiguos a individuos o grupos para estudiar sus respuestas al estímulo y los sujetos bajo estudio desconocen parcialmente o totalmente el objetivo de la investigación.

El diseño de la investigación concluyente se aplica habitualmente en la última fase de la investigación y tiene por objetivo probar o contrastar hipótesis específicas. Las principales características del diseño de investigación concluyente son: Tiene procesos más estructurados, las muestras son significativas en términos estadísticos y es de tipo cuantitativo. Los diseños de investigación concluyentes tienen a las encuestas, a la observación, el panel y la experimentación como sus principales tipos de investigación. La observación se caracteriza por una mínima o nula interacción entre el investigador o investigado y a pesar de que es una técnica que proporciona información limitada en ocasiones se convierte en el único sistema para conseguir el tipo de información que se requiere. El panel se refiere a un estudio a través del tiempo del comportamiento del consumidor respecto a sus compras. La experimentación comercial permite medir los efectos que sobre las ventas tienen determinadas variables comerciales como el precio, los regalos promocionales, entre otros.

### **2.2.3.1 INVESTIGACIÓN COMERCIAL**

La investigación comercial es una herramienta indispensable en el proceso del marketing para obtener información útil en la toma de decisiones, en nuestro caso para tomar decisiones relacionadas con la conceptualización del nuevo producto. Además, apoya en el proceso de la definición del problema, la determinación de objetivos, la formulación de un diseño de investigación, el trabajo de campo o recopilación de datos, la preparación y la presentación del informe [5]. La investigación comercial se apoya de un Sistema de Información de Marketing.

El Sistema de Información de Marketing (SIM) es el conjunto de personas, equipos y procedimiento diseñados para recoger, clasificar, analizar, valorar y distribuir a tiempo la información demandada por los profesionales del marketing [6]. El SIM se integra de los siguientes cuatro subsistemas: El subsistema de datos interno, el subsistema de inteligencia de marketing, el subsistema de investigación de marketing y el subsistema de apoyo a las decisiones de marketing.

### **2.2.3.2 INTELIGENCIA DE MARKETING**

Es un estudio que necesita la empresa para obtener información a tiempo para tomar decisiones. El estudio puede presentar alguna de las siguiente cuatro formas o una planificación para aplicar las cuatro [6].

#### **Búsqueda informal**

Es buscar información específica para un fin concreto en lugares que se determinan de manera intuitiva.

### **Búsqueda indirecta**

Obtener información sin la intención de buscarla, incluso puede uno estar expuesto a la información, pero no comprenderla porque no se está consiente de buscarla. Se tiene el peligro de llegar a comprender la información hasta que sea demasiado tarde.

### **Búsqueda condicionada**

Es cuando se busca información concreta pero que está condicionada a efectuarse no como un acto de prevención, sino como un acto de reacción.

### **Búsqueda formal**

Es cuando existe una planificación para obtener información específica que nos interesa para tomar decisiones.

A pesar de las cuatro búsquedas descritas, es común que el empresario realice una prospección de datos superficial [6], es decir, usar a los vendedores de la empresa para obtener información directamente del consumidor o incluso hacer labores de espionaje.

### **2.2.3.3 EL ESPIONAJE**

El espionaje consiste en comparar precios, servicios, principalmente, realizando informes con consejos para mejorar la competitividad.

Existen cinco pasos para hacer espionaje [7]

1. Comprar algo de sus competidores para su uso personal y cheque el servicio de la competencia.
2. Visitar a sus competidores y fíjese en los pequeños detalles.
3. Telefonar a sus competidores. Analice la actitud con la que lo atienden.

4. Solicitar una lista de precios o un folleto a sus competidores y analice el profesionalismo con que lo atienden.
5. Compararse con todos sus competidores y saque una ventaja competitiva.
6. Comprar algo para que tenga contacto continuo con su competidor y lo pueda espiar de cerca

“Un espía de marketing tiene que ser un observador agudo, mantener su mente abierta y estar comprometido con el mejoramiento [7]”

### **2.2.3.4 REVISIÓN DE PATENTES**

Es recomendable revisar las patentes registradas en el país de origen donde se va a comercializar el nuevo producto para no violar ninguna ley de derecho de autor o de aplicación industrial. Si el producto solamente se va a comercializar en México es necesario consultar las patentes registradas en el Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual (IMPI). Al revisar los productos registrados también se pueden obtener ideas y proponer variantes para el diseño del nuevo producto.

### **2.2.3.5 USO DE INTERNET**

A través del uso de internet se pueden obtener modelos de nuevos productos de todo el mundo y dichos productos no han sido patentados en el país donde se quiere comercializar el nuevo producto. Por tanto, el internet se vuelve una herramienta muy poderosa para obtener modelos de nuevos productos que se pueden comercializar en un país si no han sido registrados o patentados, es decir, reproducirlos sin violar la ley. Sin embargo, es recomendable hacer modificaciones, aunque sea sencillas, ya que de lo contrario implicaría la pobre o nula inventiva del diseñador. Sin embargo, a muchos diseñadores chinos no les importa. Como lo

podemos ver en la Fig. 2.7, donde la empresa china GIRDON usa el logotipo mexicano del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) [8].



Fig. 2.7 Robo del logotipo del IMSS por la empresa china GIRDON [8]

### **2.2.4. TÉCNICAS DE INGENIERÍA CONCURRENTES**

La Ingeniería Concurrente tiene como objetivo llevar al mercado un nuevo producto en el menor tiempo posible. Para lograrlo, integra equipos interdisciplinarios para que durante el proceso del diseño del nuevo producto participen las áreas de mercadotecnia, servicio de campo, vendedores, ingeniería de calidad, planeación de procesos de ingeniería de manufactura, producción y ensamble [4].

Las técnicas de Ingeniería Concurrente que se aplicarán para la conceptualización del nuevo producto son El Método Kano, La Función de Despliegue de Calidad y La Ingeniería de Valor.

#### **2.2.4.1 EL MÉTODO KANO**

El método Kano es un método para desarrollar productos y para satisfacer al cliente. Fue desarrollado en 1984 por Noriaki Kano, Seraku, Takahashi y Tsuji; publicando sus resultados en un artículo llamado Attractive quality and must be quality (“Calidades atractivas y calidad obligatoria”), Journal of the Japanese Society for Quality Control (publicado en japonés) [2].

El método Kano clasifica a los requerimientos del cliente en tres categorías [3]:

- **Atractivos:**

El requerimiento es atractivo si el cliente lo valora si está presente en el producto, aunque no se note.

- **Unidimensional:**

El requerimiento es unidimensional si aumenta la satisfacción del cliente, de manera lineal, con forme se incremente la funcionalidad del requerimiento.

- **Obligatorio:**

Se dice que un requerimiento es obligatorio si la ausencia del requerimiento causa insatisfacción en el cliente.

Para lograr clasificar los requerimientos es necesario formular un cuestionario, llamado cuestionario Kano, que se aplicará a una muestra de la población bajo estudio. De manera simultánea se aplica un cuestionario de atribución de importancia de los requerimientos. Este segundo cuestionario pondera cada pregunta aplicada.

Con los resultados de la aplicación del cuestionario Kano se procede a obtener la Tabla de clasificación de los requerimientos, dicha tabla es el resumen de haber calificado cada una de las preguntas de cada encuestado con base en la tabla de evaluación de Kano.

Respecto a los resultados obtenidos de haber aplicado el cuestionario de importancia de los requerimientos se elabora la Tabla de nivel de importancia de cada pregunta de la encuesta. Esta tabla es muy

importante porque con sus resultados se inicia la ponderación de los requerimientos para aplicarlos en el método QFD.

### **2.2.4.2 DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN DE LA CALIDAD (QFD)**

La metodología "Despliegue de la función de la calidad" (QFD, por sus siglas en inglés *Quality Function Deployment*) tiene como base el análisis de las necesidades de cliente o consumidor, por lo cual también se le denomina "voz del consumidor".

Históricamente, QFD fue desarrollada por varios expertos japoneses entre los más notables están: Yoji Akao y Shigeru Mizuno, a principios de los años sesenta. Entre las organizaciones que inicialmente se beneficiaron profundamente con la metodología se encuentran: Toyota, Nissan, Xerox, General Motors y Ford, entre las más conocidas.

"La función despliegue de la calidad" llega a Europa y Estados Unidos de América en 1983 de donde se difunde a la mayoría de las naciones industrializadas y a países en vías de desarrollo, entre ellos varias naciones de América Latina.

La metodología hace que el consumidor reciba bienes o servicios que no solamente cumplen con los atributos esperados, sino que además se incluyen otras características no esperadas, excitantes o extraordinarias que lo sorprenden favorablemente en beneficio de todos los involucrados.

El principal objetivo de las funciones realizadas es centrar el producto o servicio en la satisfacción de los requerimientos del cliente. QFD es una

herramienta que puede ser utilizada en las industrias manufactureras y de servicios porque es altamente flexible y adaptable.

QFD utiliza un método gráfico en el que se expresan relaciones entre deseos de los clientes y las características del diseño. Es una matriz que enlista las necesidades de los clientes, llamados atributos o los ¿Qué?, comparándolas con las características de diseño o los ¿cómo?. Las expectativas y necesidades de los clientes son recolectadas mediante técnicas de investigación de mercados.

Los beneficios del QFD son:

- a) Menor tiempo de desarrollo desde el concepto hasta el arranque de producción.
- b) Pocos cambios de ingeniería con el producto en producción
- c) Diseño congruente con las necesidades y expectativas del cliente, a través de equipos multidisciplinarios.
- d) Satisfacción de las necesidades del cliente
- e) Traduce los requerimientos del cliente desde un lenguaje ambiguo a los requerimientos de diseño específicos para el desarrollo del producto y su manufactura.
- f) Los requerimientos del cliente son medibles, alcanzables y potencialmente mejorables
- g) Identifica las características críticas para la calidad del producto y su desempeño en el mercado
- h) En la alta dirección ayuda a que los directivos cambien su forma de dirigir de una orientación hacia los resultados, a un enfoque hacia los procesos que conducen a los resultados.

- i) En la planeación de productos y procesos operativos, ayuda a disminuir, e incluso a eliminar, las iteraciones de rediseño que se realizan en los métodos tradicionales ya que incorpora desde el principio los diferentes enfoques que intervienen en la definición de las características de productos y procesos.
- j) Promueve una mejor comunicación y labor de equipo entre el personal que interviene en todas las etapas, desde el diseño hasta la comercialización del producto.

El procedimiento para implementar QFD consiste en desarrollar cuatro fases, las cuales son:

- **Fase 1 diseño de producto:** Se enfoca en el diseño general del producto, se relacionan y evalúan los atributos requeridos por el cliente con las características técnicas del producto, lo cual da como resultado las especificaciones de diseño
- **Fase 2 diseño en detalle:** Se lleva a cabo la correlación y evaluación entre las especificaciones de diseño y las características de los principales componentes o parte del producto, de lo que resultan las especificaciones convenientes para éstas.
- **Fase 3 Proceso:** Las especificaciones de los componentes se correlacionan y evalúan con las características del proceso de producción, obteniendo como resultado las especificaciones de este.
- **Fase 4 Producción:** Se correlacionan las especificaciones del proceso con las características de producción para obtener las especificaciones de producción más apropiadas.

Para aplicar el método QFD se tienen siete pasos [9]:

### **Paso 1: Determinar las necesidades del cliente, los ¿qué?**

- a) La información debe recolectarse por las personas idóneas
- b) Pueden ser necesarias varias sesiones con diferentes clientes
- c) La descripción de la necesidad del cliente debe ser de lo general a lo más particular posible, apoyando al cliente en la interpretación.
- d) Formar un equipo de clientes a quienes se les entrevistará
- e) Registrar todas las necesidades primarias del cliente
- f) Una vez determinadas las necesidades primarias, es necesario desglosarlas en necesidades secundarias y éstas a su vez en terciarias y así sucesivamente.
- g) Se recomienda aplicar el Modelo Kano.

### **Paso 2: Llenado de la Matriz de planeación**

- a) Para llenar la Matriz de Planeación se deben contestar las siguientes preguntas:
- b) ¿Qué tan importante es la necesidad para el cliente?
- c) ¿Qué tan bien satisfacemos esas necesidades hoy?
- d) ¿Cómo lo está haciendo la competencia?
- e) ¿A qué nivel se quiere llegar para satisfacer la necesidad?
- f) ¿Cuánto tiempo y recursos se requieren para satisfacer esas necesidades?
- g) Si la necesidad se satisface, ¿se venderán más productos?
- h) La ponderación de las necesidades se obtiene a través del Modelo Kano

### **Paso 3: Definición de las características de diseño del producto, los ¿cómo?**

Se procede a definir las características de diseño del producto con el que se cubrirán las necesidades requeridas por el usuario.

### **Paso 4: Definición de la relación entre necesidades del cliente y características de diseño del producto**

En esta sección se pondera el grado de relación entre las necesidades del cliente y las características de diseño del producto a través de una escala, si no existe ninguna relación no se usa ningún ícono de la escala.

### **Paso 5: Se calculan las prioridades**

Al realizar los cálculos se enlazan las necesidades del cliente y su importancia para las características internas.

### **Paso 6: Determinación de las especificaciones técnicas de la empresa y de la competencia en relación con los requerimientos de diseño. También se establece una meta técnica.**

Con base a los requerimientos de diseño de la competencia y a las especificaciones de la empresa se establece una meta de diseño con base a las prioridades calculadas y los costos.

### **Paso 7: Determinación de la correlación entre características de diseño del producto**

Este paso ayuda a identificar los efectos adversos cuando se cambian uno o más características de diseño.

#### **2.2.4.3 INGENIERÍA DE VALOR**

Históricamente, el Proyecto de Valor fue entendido en términos monetarios, como una relación de costo-beneficio. Posteriormente otros investigadores definieron valor en términos del uso, del cambio, de reemplazar, del valor de estima y del costo.

La Ingeniería de Valor (VE), también conocida como Metodología del Valor

(VM) o Análisis de Valor, es un proceso sistemático para incrementar el valor de un proyecto a través del análisis de sus funciones [10]. El valor se define como la relación entre la función y el costo; donde el valor se incrementa al mejorar la función y disminuir su costo [12].

En un sentido más amplio la Ingeniería del valor es un método para resolver problemas, reducir costos, y al mismo tiempo, mejorar los requerimientos de calidad y desempeño. La Ingeniería del valor puede ser aplicada en cualquier sector: construcción, gobierno, industria, desarrollo de nuevos productos; y debe aplicarse en las etapas iniciales del proyecto [11].

El plan de trabajo de la Ingeniería de Valor incluye tres procesos:

- I. Pre Estudio [11]
  - a. Definición de requerimientos del usuario
  - b. Recolección de la información del proyecto
  - c. Determinación de factores de Evaluación
  - d. Alcance del Estudio
  - e. Construcción de modelos
  - f. Conformación del equipo
  
- II. El Estudio del Valor [12]
  - a. Información
  - b. Análisis de la función
  - c. Creatividad
  - d. Evaluación
  - e. Desarrollo
  - f. Presentación

III. Post Estudio [11], [13]

- a. Implantación y documentación de todas las medidas tomadas en el estudio del valor

En la Fig. 2.8 se muestra la metodología de la Ingeniería del Valor

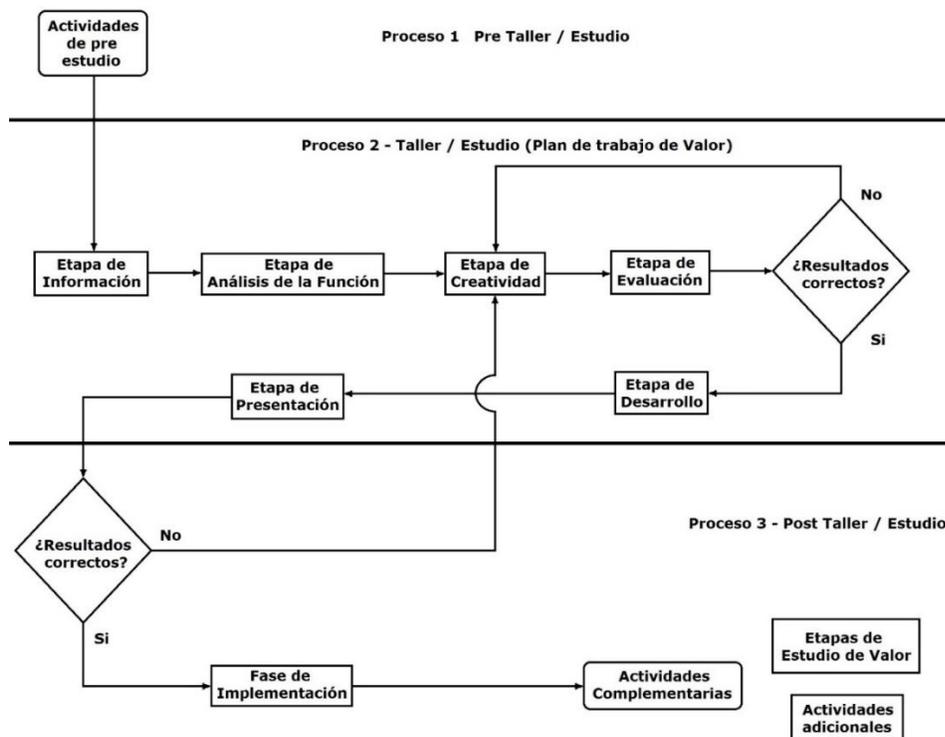


Fig. 2.8 Metodología de la Ingeniería del Valor [14]

**2.3 CONCLUSIONES**

En esta unidad se ha hecho una revisión breve de los fundamentos para diseñar un nuevo producto. Respecto al estudio antropométrico de la mano, las medidas de la mano son las de interés para el presente documento de investigación. También, se han revisado herramientas auxiliares que apoyan en el momento de que la pieza tiene una característica para ser corregida. Por tanto, en la siguiente unidad se revisan los fundamentos para diseñar un molde de inyección.

## 2.4 REFERENCIAS

[1] J.L. Melo, *Ergonomía aplicada a las herramientas – 01º parte*. estrucplan, 09/08/2002 [En línea]. Disponible en <https://estrucplan.com.ar/ergonomia-aplicada-a-las-herramientas-01o-parte/> [Último acceso: 06/07/2023]

[2] T. Birzer, Kevolve Product Manager. *3 Minute Product Manager: Kano Model*. 08/01/2014. [Video en línea]. Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=iuOrEIBVQX4> [Último acceso: 06/07/2023]

[3] E. Yacuzzi y F. Martín, *Aplicación del método Kano en el diseño de un producto farmacéutico*, Serie Documentos de Trabajo del Área de Negocios, Universidad del Centro de Estudios Macroeconómicos de Argentina (UCEMA) [En línea]. Documento disponible en <http://www.ucema.edu.ar/publicaciones/download/documentos/224.pdf> [Último acceso: 06/07/2023]

[4] M.P. Groover, *Fundamentos de manufactura moderna*, 3ra Edición. México: McGraw Hill, 2007, pp 949.

[5] G. G. Ferrer, *Investigación comercial*, 3ª. Edición. Madrid: Universidad Rey Juan Carlos, 2013, pp 19-22.

[6] P. Kotler, *Dirección de marketing*, 8ª. Edición. México: Prentice Hall, 1995.

[7] M. Meyerson, *Marketing de Guerrillas: ESPIONAJE*, Marketineros, 2006 [En línea]. Disponible en <http://www.marketineros.com/guerrilla-espionaje.htm> [Último acceso: 06/07/2023]

[8] A Carbajal, *iiSe roban el logo del IMSS!!*, Un mundo mejor para todos, 28/02/2008 [En línea]. Disponible en <http://diginauta.blogspot.mx/2008/02/se-roban-el-logo-del-imss.html> [Último acceso: 06/07/2023]

[9] J. D. Salinas, *QFD DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN CALIDAD PASO A PASO El Desarrollo del Producto*. Santiago de Chile, 2015.

[10] R. Rachwan, I. Abotaleb y M, Elfazouli, *The Influence of Value Engineering and Sustainability considerations on the Project Value*. Procedia Environmental Sciences Vol. 34, p. 431-438, 2016. [Último acceso: 06/07/2023] Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.04.038>

[11] L. D. Miles, *Techniques of Value Analysis and Engineering*, 3rd ed. Kindle Edition, 2015.

[12] SAVE International The Value Society, *About Value Engineering* 2006.

[13] SAVE International The Value Society, *VALUE STANDARD and BODY OF KNOWLWDGE*, 06/2007 Washington State Department of Transportation [En línea] Disponible en <https://wsdot.wa.gov/sites/default/files/2021-10/WhatIsValueEngineering.pdf> [Último acceso: 07/07/2023]

[14] SAVE International The Value Society, *VALUE METHODOLOGY STANDARD*, 03/2015. [En línea] Disponible en [https://cdn.ymaws.com/www.value-eng.org/resource/collection/5691B39A-F10F-480A-885F-B44AAB59F2E7/VM\\_STANDARD\\_MAR-2015.pdf](https://cdn.ymaws.com/www.value-eng.org/resource/collection/5691B39A-F10F-480A-885F-B44AAB59F2E7/VM_STANDARD_MAR-2015.pdf) [Último acceso: 07/07/2023]

# **CAPÍTULO III**

## **FUNDAMENTOS PARA EL DISEÑO DE UN MOLDE DE INYECCIÓN DE COLADA FRÍA**



## 3.1 INTRODUCCIÓN

El molde de inyección es un sistema caro y complejo [1] e implica la comprensión de diferentes áreas del conocimiento, ver Fig. 3.1. Para obtener el diseño de un molde de inyección eficiente es necesario conocer sobre:

1. **Dibujo técnico, software especializado (CAD, CAM, CAE) e impresión 3D**, para hacer:
  - a. El modelado, la validación y la impresión 3D de la pieza plástica.
  - b. El modelado, la validación y la manufactura del molde de inyección de la pieza plástica.
2. **Polímeros y aditivos**
  - i. Los tipos de polímeros para inyección y sus aditivos (pigmentos, colorantes, acondicionadores y cargas).
3. **Diseño de la pieza plástica y aspectos legales**
  - i. Las restricciones de diseño para una pieza plástica y el procedimiento legal para registrarla ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial, IMPI.
4. **Requerimientos de producción**
  - i. Los requerimientos de la empresa para producir la pieza plástica, el control de calidad que requiere la pieza y el presupuesto del molde de inyección.
5. **Manufactura**
  - i. La maquinaria disponible y herramientas especiales para la manufactura del molde.
6. **Proceso de moldeo**
  - i. El proceso de moldeo abarca el Moldeo Científico y el diseño de experimentos para moldeo. Información para liberar al molde y elegir una MMI.
7. **Máquina de moldeo por inyección (MMI)**
  - i. Las diferentes variedades de máquinas de inyección para inyectar una pieza plástica adecuadamente.
8. **Periféricos**
  - i. Los periféricos de la máquina de inyección requeridas para inyectar la pieza plástica requerida, como control de temperatura, un enfriador o chiller y las torres de enfriamiento.

Analizar a detalle cada elemento de la lista anterior es básico para determinar los requerimientos en la producción de una pieza plástica:

1. Elegir el software especializado.
2. Cumplir los requerimientos del hardware para el software elegido.
3. Determinar las normas de tolerado y dimensionamiento gráfico.
4. Elegir la resina y los aditivos más adecuada para la pieza plástica.
5. Cumplir las reglas de modelado de una pieza plástica.
6. Imprimir la pieza plástica modelada en 3D.
7. Saber solicitar los requerimientos del área de producción para determinar el número de cavidades de un molde durante el diseño del molde, además preguntar si se tiene una MMI o también se va a adquirir en el proyecto.
8. Determinar cuáles son los requerimientos de maquinaria y herramientas disponibles para poder manufacturar el molde diseñado.
9. Conocer el proceso de moldeo para determinar las características iniciales de proceso en la liberación del molde, y poder
10. Seleccionar la máquina de moldeo por inyección más adecuada o adaptarse a la máquina disponible durante el diseño del molde, finalmente
11. Elegir los periféricos necesarios para cumplir requerimientos de calidad de la pieza plástica, enfriando adecuadamente a la MMI y al molde.

Una vez analizada toda la información antes mencionada, se tendrá el conocimiento necesario para comprender el presente capítulo. En la Fig. 3.1 se muestran las áreas del saber que se deben conocer para iniciar el diseño de un molde de colada fría.

Por ser necesario, en este capítulo, se aborda brevemente el tema de los polímeros y las principales reglas de diseño para una nueva pieza plástica. Posteriormente se inicia el análisis de diseño de cada sección que forma a un molde de colada fría.

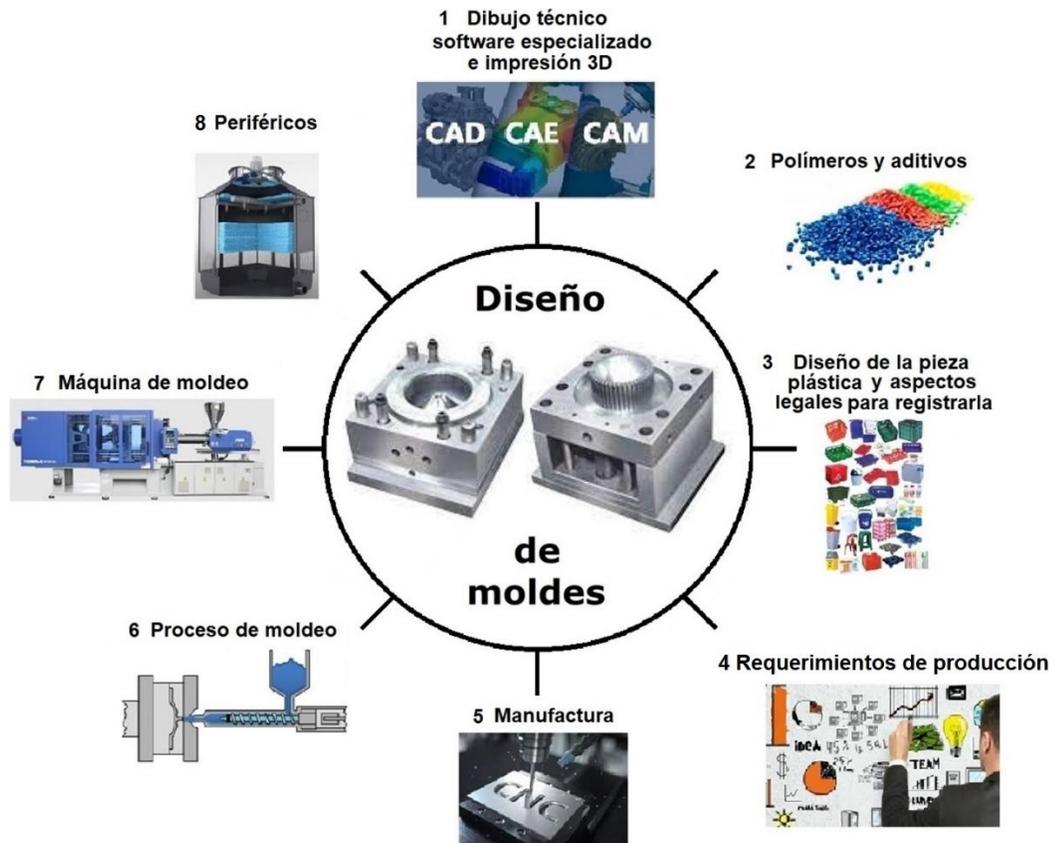


Fig. 3.1 Áreas que se deben conocer para iniciar el estudio de los fundamentos del diseño de un molde de inyección de colada fría, eficiente. [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9].

## 3.2 POLÍMEROS

Los polímeros han revolucionado nuestro estilo de vida al sustituir en gran medida a los metales, al vidrio, a la madera y a la cerámica principalmente. En este apartado se hace una breve revisión de los polímeros, haciendo énfasis en los parámetros que necesitaremos para diseñar un molde de inyección para cuchillos de plástico desechables.

### 3.2.1 FUNDAMENTOS DE LOS POLÍMEROS

Un polímero es una cadena repetida de monómeros. Ésta, es una molécula de bajo peso molecular y se constituye principalmente de carbono e hidrógeno. Los monómeros se unen originando el polímero, el proceso se conoce como reacción de polimerización.

Las estructuras de los polímeros se pueden clasificar como se muestran en la Fig. 3.2. Según la forma de acomodarse la estructura del polímero se pueden distinguir tres ordenamientos: amorfo, semicristalino y cristalino.



Fig. 3.2 Ordenamiento de las estructuras moleculares de los polímeros (a) amorfo, (b) semicristalino y (c) cristalino [10].

Realmente no existe ningún polímero que tenga un ordenamiento cristalino, se ha mostrado ese ordenamiento para comprender el ordenamiento semicristalino.

Los polímeros amorfos presentan el comportamiento térmico que se muestra en la Fig. 3.3.

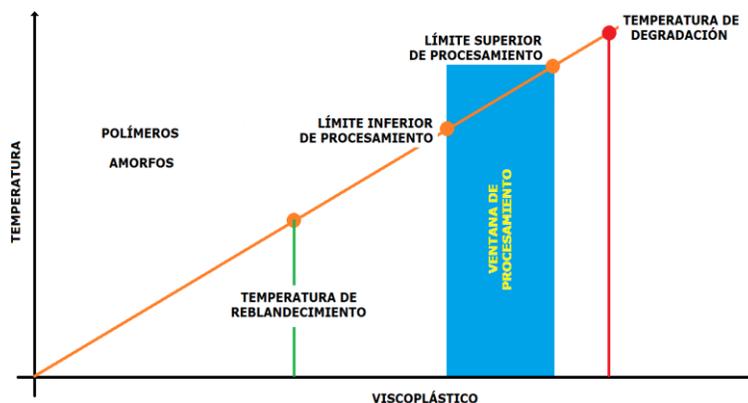


Fig. 3.3 Comportamiento térmico de los polímeros amorfos [67].

En la Fig. 3.3 se muestra como un polímero amorfo solamente se reblandece, presentando un comportamiento viscoplástico conforme se incrementa su temperatura para llevarlo a su ventana de procesamiento para poder inyectarlo en el molde.

Los polímeros semicristalinos presentan un comportamiento térmico como el que se muestra en la Fig. 3.4.

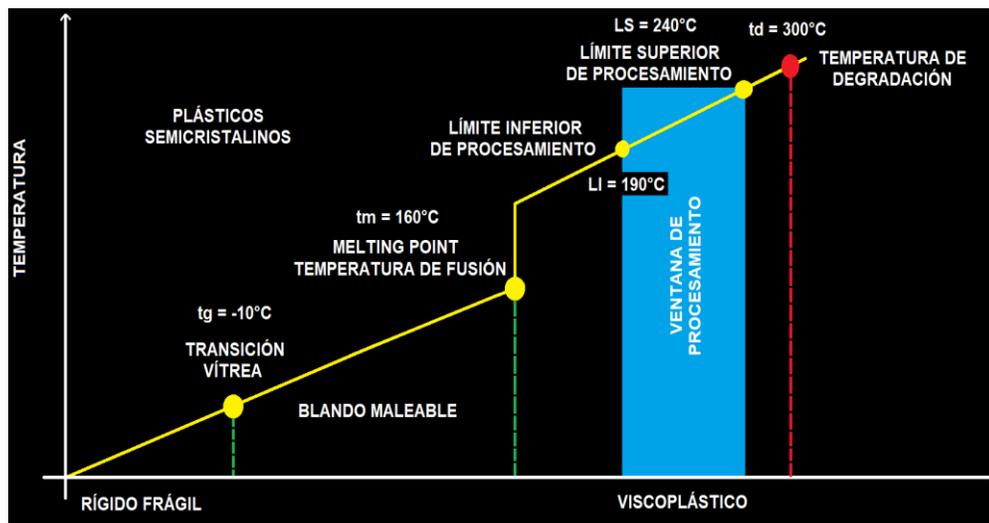


Fig. 3.4 Comportamiento térmico de los polímeros semicristalinos [67].

Un polímero semicristalino presenta diferentes comportamientos conforme se modifica su temperatura. A bajo de su temperatura vítrea el polímero semicristalino será muy rígido y frágil; entre su temperatura vítrea y su temperatura de fusión el polímero será maleable, pero sobrepasando su temperatura de fusión el polímero semicristalino presentará un comportamiento viscoplástico.

Una vez hecha un breve análisis de los fundamentos de los polímeros se puede comprender las diferentes maneras de clasificarlos.

### 3.2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS POLÍMEROS

Los polímeros pueden clasificarse de nueve maneras, principalmente:

- Comportamiento térmico
- Reacción de polimerización
- Contenido de monómeros
- Arreglo molecular
- Distribución de peso molecular
- Consumo
- Sector del mercado
- Naturaleza química
- Reciclaje

Las clasificaciones más importantes son por su consumo, sector del mercado y reciclaje

#### **Consumo**

Por su consumo los polímeros se pueden clasificar en:

- Commodities  
Polímeros de mayor consumo
- Termofijos  
Polímeros que no se pueden reciclar
- Ingeniería  
Polímeros con propiedades térmicas y mecánicas superiores a los polímeros commodities.
- Especiales  
Polímeros de menor consumo, costosos y su consumo es en sectores muy bien definidos
- Bioplásticos o biopolímeros  
Compatibles con los seres vivos, biodegradables o provienen de fuentes naturales renovables
- Elastómeros  
Polímero con comportamiento viscoelástico, bajo módulo de Young, se estira con facilidad y resiste la compresión.
- Mezclas y aleaciones  
Propuesta de combinaciones de diferentes polímeros para ampliar las propiedades que un solo polímero no puede ofrecer.

## Sector del mercado

Dependiendo del sector del mercado a que vayan dirigidos los polímeros se pueden clasificar en polímeros de:

- Envase y empaque
- Consumo
- Automotriz
- Eléctrico-electrónico
- Agrícola
- Médico
- Industrial
- Otros

## Reciclaje

Este tipo de clasificación fue creado por la Sociedad de la Industria del Plástico para identificar con un número y un acrónimo los polímeros que más se reciclaban en 1988; por tal motivo, no se encuentran el polimetil metacrilato, PMMA; la poliamida, PA; el policarbonato, PC; y el polióxido de metileno, POM. En la Fig. 3.5 se muestran los símbolos de esta clasificación y se aprovecha para mencionar los polímeros que son tóxicos para estar en contacto con alimentos de consumo humano. Entonces, por el nivel de volumen de polímero reciclado, de mayor a menor, la clasificación de los polímeros es:

- 1 – PET
- 2 – HDPE
- 3 – PVC
- 4 – LDPE
- 5 – PP
- 6 – PS
- 7 – Otros



Fig. 3.5 Clasificación de los polímeros por su volumen de reciclaje y nivel de seguridad para plásticos en contacto con alimentos [11].

### 3.2.3 REOLOGÍA DE POLÍMEROS FUNDIDOS

En este apartado se realiza una revisión de los elementos teóricos necesarios para comprender la reología de los polímeros.

#### Fluido

Un fluido es un gas o un líquido que se ajusta a los límites del recipiente que los contiene y es capaz de fluir porque no se le pueden aplicar fuerzas tangenciales, solamente soporta fuerzas perpendiculares a su superficie [12]. Para su estudio, los fluidos se dividen en dos tipos: ideal y real.

#### Fluido ideal

Un fluido ideal se presenta cuando hay un flujo y no existe rozamiento entre la sustancia y las paredes de su contenedor, la velocidad del flujo es constante en las paredes o en la parte más alejada del contenedor [13].

#### Fluido real

Un fluido real se presenta cuando existe rozamiento entre la sustancia y las paredes de su contenedor, la velocidad del flujo disminuye cerca de las paredes, pero la velocidad se incrementa en la parte más alejada de las paredes del contenedor. Entonces se dice que el flujo presenta viscosidad [13].

#### Número de Reynolds

El Número de Reynolds (Re), es un número adimensional y sirve para indicarnos si el fluido presenta un flujo: laminar, de transición o turbulento y se representa en la Ec.3.1.

donde,

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \quad \text{Ec. 3.1}$$

Re = Número de Reynolds  
 $\rho$  = Densidad del flujo [kg/m<sup>3</sup>]  
 $v$  = Velocidad de flujo promedio [m/s]  
D = Diámetro del tubo [m]  
 $\mu$  = Viscosidad del flujo [kg/ms]

En la Fig.3.6 se muestra un ejemplo cotidiano para visualizar la manera en que se puede presentar un fluido.



Fig. 3.6 Maneras en que se presenta un fluido [14].

Según la magnitud del Número de Reynolds es el tipo de flujo que se presenta en el fluido analizado. En la Tabla 3.4 se muestra dicha relación.

Tabla 3.4 Relación de la magnitud de Re y el fluido.

<b>Re <math>\leq</math> 2,300</b>	<b>Flujo laminar</b>
<b>2,300 <math>\leq</math> Re <math>\leq</math> 4,000</b>	<b>Flujo de transición</b>
<b>4,000 <math>\leq</math> Re</b>	<b>Flujo turbulento</b>

### Viscosidad dinámica ( $\mu$ , $\eta$ )

Se dice que una sustancia es viscosa porque se frena mientras avanza en su contenedor, ésta se frena porque es pegajosa [13]; es decir, la viscosidad dinámica es la resistencia de la sustancia a fluir, debido al rozamiento entre sus moléculas. En la Fig. 3.7 se muestran ejemplos de sustancias con diferente viscosidad.



Fig. 3.7 Viscosidad de sustancias diferentes

Cuando una sustancia tiene alta viscosidad se dice que la sustancia tiene mayor resistencia a fluir, por tanto, a menor viscosidad la sustancia presenta menor resistencia a fluir. Procedemos a deducir la ecuación de la viscosidad dinámica  $\mu$ .

### Velocidad de corte o *Shear Rate* (SR)

La velocidad de corte o de cizalla o *Shear Rate* debe interpretarse como la velocidad de deformación del fluido mientras éste fluye. Por ejemplo: el Polipropileno, PP, tiene un *Shear Rate* máximo de  $100,000 \text{ s}^{-1}$  [15], el valor indica que puede inyectarse a altas velocidades por una compuerta del molde sin quemarlo; en cambio, el *Share Rate* del Policarbonato, PC, es de  $40,000 \text{ s}^{-1}$  [15], entonces se observa que el PC se puede quemar durante el proceso de inyección si no se diseñan adecuadamente las compuertas del molde.

## Fluidez e índice de fluidez

“La fluidez es la capacidad de un material para desplazarse en estado plastificado o reblandecido, luego de someterse a calor y presión” [16]. La temperatura está siempre por encima de la temperatura de transición vítrea [17]. El índice de fluidez se expresa en [g/10 minutos]. En la Fig.3.8 se muestra la relación intrínseca, inversamente proporcional, entre la fluidez y la viscosidad dinámica [18].

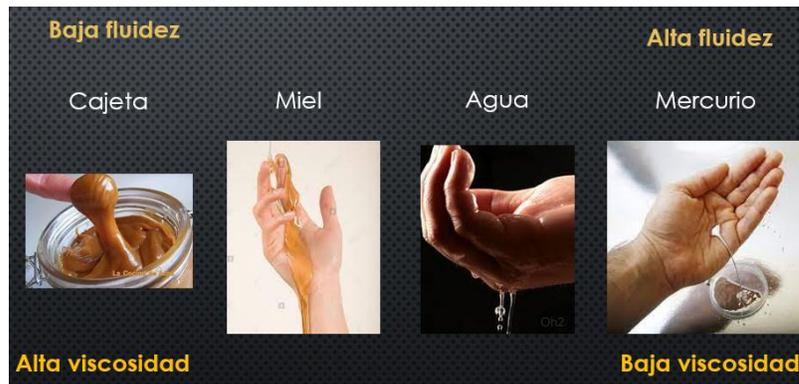


Fig.3.8 Relación intrínseca entre la fluidez y la viscosidad dinámica.

### 3.2.4 POLÍMEROS PARA CUBIERTOS DESECHABLES

En el mercado se podían encontrar cubiertos de Poliestireno, PS; y poco a poco han sido desplazados por Polipropileno, PP; y la tendencia es hacia los biopolímeros, como el Ácido Poliláctico, PLA.

Entonces, se puede observar que los materiales para inyectar productos desechables van de los polímeros commodities hacia los biopolímeros. Sin embargo, existen los plásticos oxodegradables y es común que sean confundidos por los biopolímeros.

#### Polímeros commodities

Los polímeros commodities cubren el 80% del consumo mundial y son 36 polímeros que se pueden agrupar en cinco familias:

- Polietileno, PE
- Polipropileno, PP
- Poliestireno, PS
- Policloruro de Vinilo, PVC
- Polietilén Tereftalato, PET

Se caracterizan por su amplia variedad de propiedades, su facilidad para procesarlos y el amplio conocimiento que se tiene de ellos en la industria. Se recomienda el uso de la familia del Polipropileno y la familia del Polietileno para productos que están en contacto con los alimentos de consumo humano.

### **Biopolímeros**

Se han impulsado investigaciones para desarrollar nuevos polímeros que sean sustentables. Actualmente se tiene el interés de producir polímeros de fuentes renovables, es decir, polímeros biobasados; también es deseable que el polímero biobasado sea biodegradable. Los polímeros que son biobasados y biodegradables se le conocen como bioplásticos o biopolímeros.

Es importante definir lo que se debe entender por la palabra biodegradable. **Biodegradable** es aquella sustancia que puede ser degradada por acción biológica [19]. **Degradada**, es transformar una sustancia compleja en otra de estructura más sencilla [20]. Entonces un **polímero biodegradable** es un polímero que bajo acción biológica pierde todas sus propiedades y se integra a la naturaleza, es decir, deja de ser un polímero para descomponerse en estructuras más sencillas.

De acuerdo con Bioplásticos Europeos (*European Bioplastics*, con sede en Berlín), un bioplástico se define como el material plástico que es biobasado o biodegradable, o biobasado y biodegradable [21].

Existen polímeros que pueden tener su origen de compuestos petroquímicos o ser biobasados, pero no biodegradables, como lo es el Polietileno de Baja Densidad, LDPE. De igual manera, existen polímeros no biobasados, pero biodegradables como el Polibutirato, PBAT. Para comprender estos conceptos, la Fig. 3.9 es de gran ayuda.

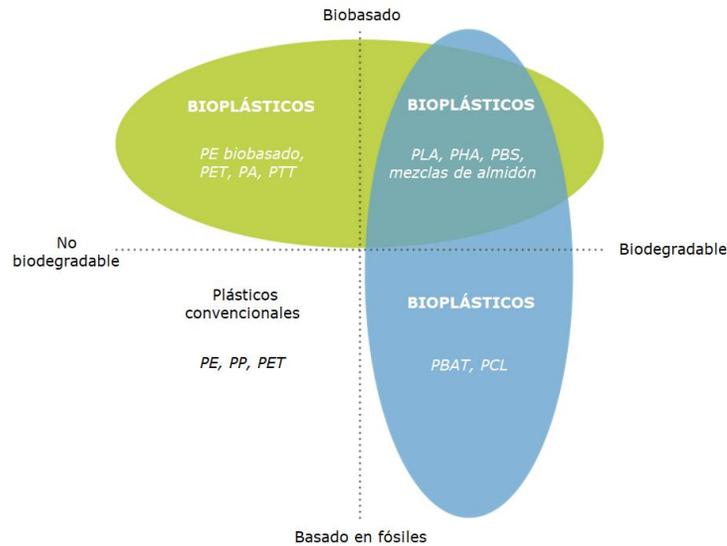


Fig. 3.9 Bioplásticos, una explicación gráfica [21].

### Polímeros oxodegradables

Los plásticos oxodegradables son un plástico convencional pero mezclado con un aditivo para promover la oxidación de la mezcla. Los plásticos oxodegradables se fragmentan en trozos más pequeños generando los microplásticos, éstos no se descomponen a nivel molecular, tampoco son compostables. Los microplásticos permanecen en el medio ambiente. Es común que se les confunda con los plásticos biodegradables [22].

En la siguiente sección se revisarán los fundamentos básicos para diseñar una pieza plástica, información necesaria para lograr el diseño de un molde de inyección eficiente. Si el diseño de la pieza no cumple las restricciones para ser inyectada, entonces se producirán piezas plásticas defectuosas.

### 3.3 DISEÑO DE LAS PIEZAS PLÁSTICAS

Es de suma importancia conocer lo que se puede y no se puede proponer en el diseño de una pieza plástica, si no se conocen las limitaciones de diseño en plásticos inyectados. Ésta, podría quedarse adherida al molde y no salir expulsada, a pesar de la acción de los expulsores. Las áreas de producción y de manufactura podrían culparse mutuamente por la falla, sin embargo, la causa podría ser un mal diseño. A continuación, se revisarán las principales restricciones de diseño para los plásticos inyectados.

#### 3.3.1 GRUESO DE LA PARED

Idealmente; el espesor de todas las paredes de la pieza plástica debe ser uniformes y delgadas. Sin embargo, en la realidad no es posible cumplir con este requisito. Se tienen varios casos de estudio del grueso de pared de la pieza plástica.

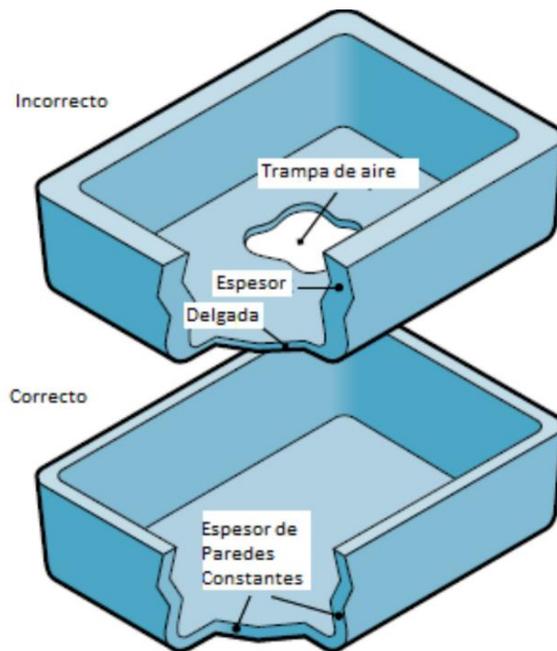


Fig. 3.10 Pared no uniforme puede generar una trampa de aire [23].

### **Grueso uniforme de pared**

Debe proponerse la uniformidad del grueso de pared de la pieza plástica, en medida de lo posible, para evitar trampas de aire. En la Fig. 3.10 se ejemplifica la formación de una trampa de aire [23]. El aire contenido en el molde es atrapado por la resina inyectada debido a la diferencia del grueso de las paredes de la pieza plástica. Se requiere que el grueso de la pieza plástica sea uniforme para lograr empujar el aire del molde a una de sus orillas para que sea expulsado y se logre una pieza plástica completa.

### **Transición de grosor en la pared**

La pared de una pieza plástica tiene diferentes grosores, por tanto, se deben hacer modificaciones para poder inyectarla [23]. En la Fig. 3.11 se muestran las correcciones que deben aplicarse a la pieza plástica.

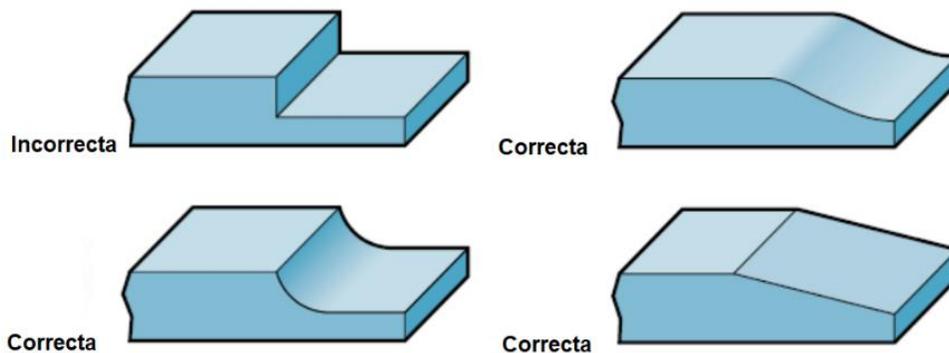


Fig. 3.11 Diseño de transición de espesores en una pieza plástica [23].

Es importante mencionar que en algunas ocasiones necesita disminuir el grueso de la pared de la pieza plástica, ese cambio implica un requerimiento mayor de presión de inyección, por tal razón, es necesario conocer los parámetros máximos de la máquina de inyección y de la resina. Con esa información se puede proponer un grueso mínimo y máximo de la pieza plástica.

### Flujo de la resina en la transición de pared

Los plásticos tienen dificultades para fluir de una región de pared gruesa a una región de pared delgada, generando deflexión en la pieza [24]. En la Fig. 3.12 se muestra cómo debe fluir la resina. El flujo del plástico debe ser de la sección más gruesa a la sección más delgada. Debe evitarse la condición contraria para evitar problemas en el llenado de la pieza plástica. La resina se enfría conforme toca las paredes, entonces, si se inyecta primero una pared delgada se puede interrumpir el flujo.



Fig. 3.12 Diseño de grosor de pared [25].

Se sugiere que para resinas de baja contracción el incremento de grosor sea menor al 25% del espesor de pared y para resinas de alta contracción el incremento del grosor de la pared sea menor al 15% del espesor de la pared de la pieza plástica.

El espesor de la pared depende en gran medida de la resina a inyectar, en la Tabla 3.1 se muestran los grosores mínimos y máximos recomendados para la resina que se elija para la pieza plástica.

Tabla 3.1 Dependencia del grosor de pared por resina a inyectar [26].

Resina	Grosor de la pared recomendado (mm)
ABS	1,143 - 3,556
Acetal	0,762 - 3,048
Acrílico	0,635 - 3,810
Polímero de cristal líquido	0,762 - 3,048
Plásticos reforzados por fibra larga	1,905 - 25,40
Nailon	0,762 - 2,921
Polycarbonato	1,016 - 3,180
Poliéster	0,635 - 3,175
Poliétileno	0,762 - 5,080
Polisulfuro de fenileno	0,508 - 4,572
Polipropileno	0,635 - 3,810
Poliestireno	0,889 - 3,810
Poliuretano	2,032 - 19,05

### 3.3.2 DISEÑO DE ESQUINA

Una pieza diseñada para ser inyectada no debe tener filos ni esquinas sin redondear, a menos que sea un requisito necesario; tal situación implicaría un mayor presupuesto para obtener la pieza plástica completa y lograr expulsarla del molde.

#### Redondeo

En la parte inferior media de la Fig. 3.13 se muestran las condiciones más adecuadas para redondear los filos y las esquinas de una pieza para inyección.

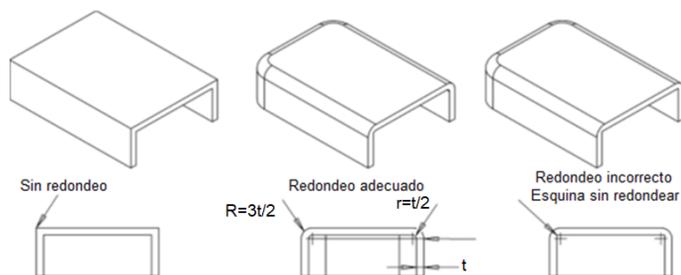


Fig. 3.13 Redondeo de esquinas y filos de una pieza de inyección [25].

**Chaflán**

Los filos también se pueden quitar del diseño de la pieza plástica usando un chaflán, éste debe tener un ángulo de 45°. En la Fig. 3.14 se muestran las opciones de proponer un diseño grande o pequeño de chaflán.

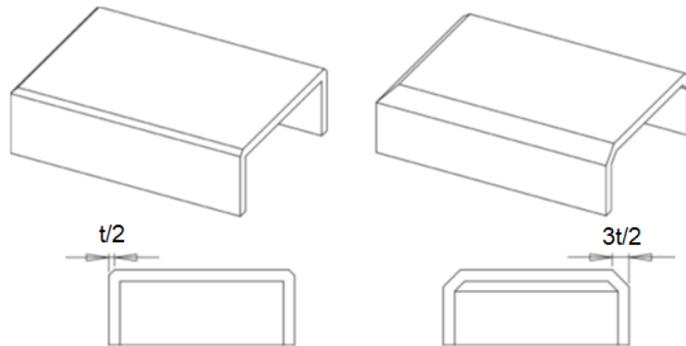


Fig. 3.14 Comparación de diseños de chaflán [25].

**3.3.3 ACABADOS Y TEXTURAS SUPERFICIALES**

Para obtener la textura propuesta en el molde se le tiene que hacer previamente un acabado de la superficie, como lo indica la Tabla 3.2 para lograr una textura arena se debe tener un acabado B.

Tabla 3.2 Ejemplos de textura.

Textura	Imagen	Profundidad de textura	Acabado SPI requerido
Arena		50 µm	B
Piel		125 µm	C
Red		150 µm	C
Madera		250 µm	D

En la Fig. 3.15 se muestra la guía de acabado para moldes. Para lograr un acabado en específico se deben lograr los acabados previos, es decir,

para lograr un acabado B2 se deben lograr los acabados B3, C1, C2, C3, D1, D2 y D3. Por tanto, obtener un acabado A1 es costoso y tardado para lograrlo.

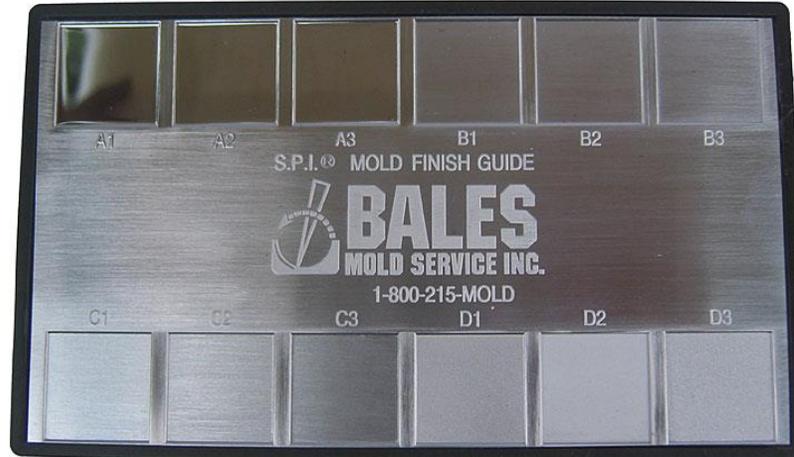


Fig. 3.15 Guía de acabado [27].

Los grados SPI A-1, A-2 y A-3 son conocidos como acabados brillantes. Los grados SPI B-1, B-2 y B-3 son conocidos como acabados semibrillantes y se caracterizan por tener algún brillo. Los acabados mate son los grados SPI C-1, C-2 y C3 y mantienen una capacidad reflectora mínima y a pesar de que los grados SPI D-1, D-2 y D-3 también son considerados mate, éstos han perdido toda su capacidad reflectora [28].

Tabla 3.3 Acabado y rugosidad de superficie SPI [29], [27].

Núm. de acabado	Tipo de acabado	Método de acabado	Rugosidad equivalente (R.A.)
A-1	Diamante	Grado #3	0 - 1
A-2		Grado #6	1 - 2
A-3		Grado #15	2 - 3
B - 1	Papel	Grano 600	2 - 3
B - 2		Grano 400	4 - 5
B - 3		Grano 320	9 - 10
C - 1	Piedra	Piedra 600	10 - 12
C - 2		Piedra 400	25 - 28
C - 3		Piedra 320	38 - 42
D - 1	Chorro en seco	Arena con perlas de vidrio #11	10 - 12
D - 2		Arena de óxido de aluminio #240	26 - 32
D - 3		Arena de óxido de aluminio #24	190 - 230

## CAPÍTULO III

Como se mencionó anteriormente, se debe elegir el grado de acabado adecuado para lograr la textura deseada en el molde. La Tabla 3.3 es de gran ayuda para relacionar la textura y el acabado superficial del molde, sin embargo, la Tabla 3.4 facilita aún más el proceso de selección del acabado porque nos relaciona el acabado superficial del molde con el tipo de plástico que se va a inyectar.

Tabla 3.4 Elección del acabado adecuado [30].

CLASIFICACIÓN	ACABADO SPI										
	A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	B-3	C-1	C-2	C-3	D-1	D-2
1 - BUENO	DIAMANTE #3	DIAMANTE #6	DIAMANTE #15	PAPEL 600	PAPEL 400	PAPEL 320	PIEDRA 600	PIEDRA 400	PIEDRA 320	ARENA CON PERLAS DE VIDRIO #11	ARENA DE ÓXIDO DE ALUMINIO #240
2 - PROMEDIO											
3 - NO SUGERIDO (PUEDE SER ACEPTABLE)											
X - NO ACEPTABLE											
<b>PLÁSTICO</b>											
ABS	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1
ACETAL	3	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1
ACRÍLICO	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3
NYLON	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1
POLICARBONATO	3	2	1	2	2	3	3	X	X	1	X
POLIÉSTER	3	3	2	1	2	2	1	2	X	1	1
POLIETILENO	X	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1
POLIESTIRENO CRISTAL	3	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1
POLIPROPILENO	X	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1
POLIURETANO	X	X	X	X	3	3	2	2	2	1	1
PVS	X	X	X	X	3	3	2	2	2	1	1

### 3.3.4 ÁNGULO DE DESMOLDEO

El ángulo de desmoldeo es el ángulo que deben tener las paredes de la pieza plástica que están en la dirección de apertura del molde para ser expulsada con facilidad.

Es posible diseñar piezas plásticas con un ángulo de desmoldeo cero. Sin embargo, se deben utilizar mecanismos de acción lateral para facilitar la liberación de la pieza plástica de la cavidad del molde y para evitar la

abrasión de la superficie cuando se expulsa la pieza plástica del molde de inyección. En la Fig. 3.16 se muestra un ejemplo de cómo liberar una pieza plástica sin ángulo de desmoldeo [31].

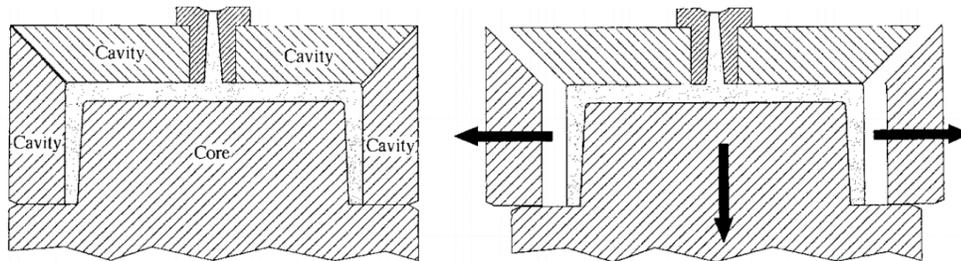


Fig. 3.16 Pieza plástica sin ángulo de desmoldeo y molde con mecanismo de desplazamiento lateral [31].

Se recomienda proponer un ángulo de al menos  $0.5^\circ$  para desmoldeo [31]. Sin embargo, es normal usar entre  $1^\circ$  y  $2^\circ$  como ángulo de desmoldeo y hasta  $5^\circ$  sin provocar consecuencias [32], todo depende de la longitud de la pared de la pieza plástica.

Si la pieza plástica es diseñada con textura entonces se debe conocer la resina que se va a inyectar para poder elegir el ángulo de desmoldeo. En la Tabla 3.5 se muestra un ejemplo de cómo elegir un ángulo de desmoldeo para una pieza con textura. Para determinar el ángulo de desmoldeo con una superficie texturizada se recomienda proponer de  $1^\circ$  a  $1.5^\circ$  de salida por milésima de pulgada de profundidad de la textura [33].

Tabla 3.5 Ángulo de desmoldeo en pieza plástica con textura [32].

Acabado de superficie	Resina	Ángulo de moldeo	Rugosidad ( $\mu\text{m}$ )
Clase A-1	Acrílico	$0.5^\circ$	0.01
Clase B-3	ABS	$1.5^\circ$	12
Textura tipo arena	20% GF PC	$2^\circ$	12
Textura tipo piel	PVC suave	$4^\circ$	125
Textura tipo piel	ABS	$7.5^\circ$	125



### 3.3.5 TEXTO EN LA PIEZA PLÁSTICA

Se recomienda usar fuentes que no tengan remates [35]. En la Fig. 3.17 se muestra los tipos de fuente, Arial y Century Gothic, tipos sugeridos para usar en la superficie de las piezas plásticas. En la Fig. 3.18 se muestra un ejemplo del uso de texto en una tapa plástica.



Fig. 3.17 Tipos de fuentes sin remates.

“Para empezar las fuentes diminutas están bien, pero deberían ser una fuente que no tenga remates y la longitud del trazo más pequeño (la barra transversal de una T o una A, o las patas de una K) debe ser de, al menos, 0.5 mm” [35].



Fig. 3.18 Texto sobre relieve en una tapa plástica [35].

Debe darse preferencia al texto sobre relieve que bajo relieve. El texto sobre relieve en la pieza plástica no debe exceder de los 0.38 mm de altura [35] y siempre debe estar orientado en la dirección de inyección. Además, debe considerar un ángulo de desmoldeo de 1.5° por cada 0.0254 mm de altura del texto [33].

### 3.3.6 LÍNEAS DE PARTICIÓN

La línea de partición es la superficie que separa la cavidad del núcleo, pero en la pieza plástica queda una línea. En la Fig. 3.19 se muestra la línea de partición en tres diferentes ubicaciones.

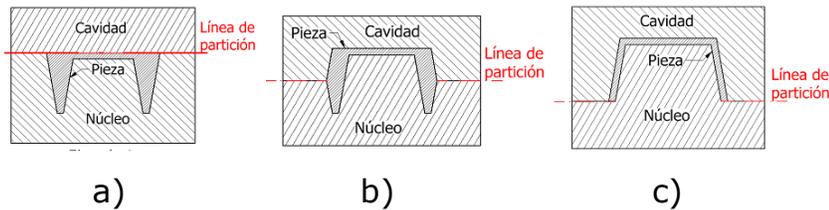


Fig. 3.19 Posición de línea de partición en tres diferentes posiciones: a) bien localizada b) en el contorno c) bien localizada [36].

En la imagen de la izquierda y de la derecha, a) y c), la línea de partición queda bien localizada porque en la pieza plástica no habrá rastros de la unión núcleo-cavidad, sin embargo, en la imagen de en medio, b), se observará una línea en su contorno, pero se podrá cubrir con textura; lo cual implica un costo extra en la manufactura del molde, por lo que se debe poner atención en dónde se ubicará la línea de partición en el análisis de diseño de una pieza plástica.

### 3.3.7 PUNTOS DE INYECCIÓN

Al igual que las líneas de partición, los puntos de inyección dejan marca en la pieza plástica, por tanto, debe estudiarse la posición de los puntos de inyección para que no afecten el aspecto estético de la pieza plástica. En la Fig. 3.20 se observa la marca de un punto de inyección tipo trapezoidal.

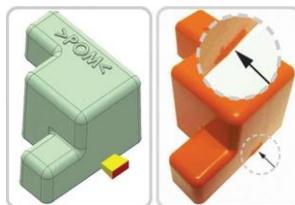


Fig.3 20 Marca de un punto de inyección tipo trapezoidal en la pieza plástica [37].

La afectación estética no se produce solamente por una mala colocación de un punto de inyección, sino también cuando se proponen dos o más puntos de inyección. La propuesta múltiple de puntos de inyección llega a producir lo que se conoce como soldadura. Una soldadura se produce cuando se unen dos frentes de fusión, es decir, cuando los flujos de resina de dos puntos de inyección se encuentran [38].

### 3.3.8 UBICACIÓN DE BOTADORES

Los expulsores o botadores no solo se plantean durante el diseño del molde, sino que también se contemplan desde el diseño de la pieza plástica. Un botador colocado en superficie principal del producto afectaría su aspecto estético. Es por ello, la búsqueda de la mejor posición para colocarlos. Una opción es hacer una saliente o protuberancia en la pieza plástica para colocar un botador en la parte no visible de la pieza plástica [39], ver Fig. 3.21.

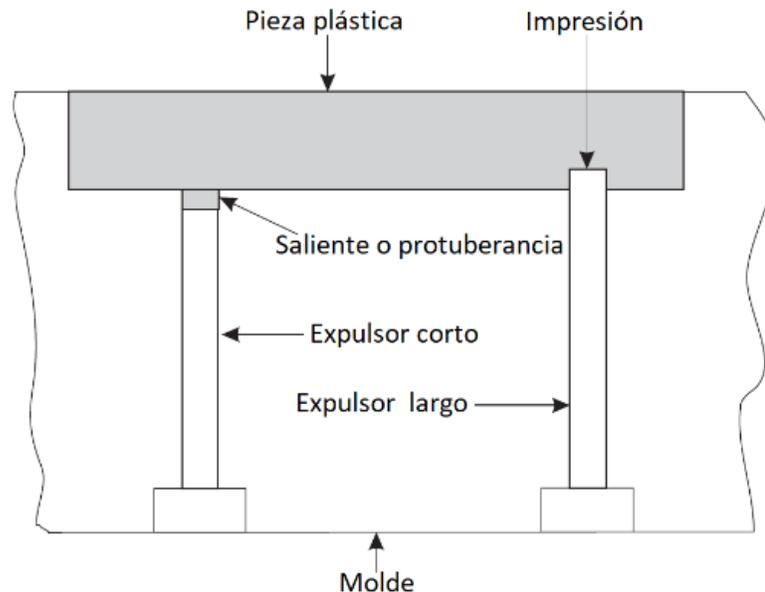


Fig. 3.21 Colocación de un botador para que no deje marca en la superficie visible de la pieza plástica [39].

### 3.4 DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS MOLDES

Para ubicarnos en el contexto de los moldes de inyección es necesario iniciar con su definición y su clasificación. En lo general, un molde se puede definir como la “cavidad que da su forma a una sustancia fluida o maleable” [2]. Entonces, bajo esta definición, se puede hacer una primera clasificación de los moldes considerando al tipo de proceso tecnológico de transformación en el que se usa un molde [40]:

- Moldes de inyección
- Moldes de prensado
- Moldes de transferencia
- Moldes de soplado, extrusión e inyección soplado
- Moldes RIM (Moldeo por inyección de reacción)
- Moldes por rotomoldeo
- Moldes para termoformado
- Moldes para elastómeros

Enfatizando nuestra atención en un molde de inyección, éste se puede definir como un “Conjunto de mecanismos, provisto de una cavidad que da forma, con ayuda de presión y calor, a un fluido polimérico”. Bajo esta definición los moldes de inyección pueden clasificarse de las siguientes maneras:

- **Clasificación bajo la norma DIN E 16750 [41]**
  - Molde estándar
    - Molde de dos placas
  - Molde de mordazas
    - Molde de correderas, piezas desplazables para expulsar la pieza plástica.
  - Molde de extracción por segmentos
    - La extracción de la pieza plástica se extra en varias etapas.
  - Moldes de tres placas
    - El objetivo del molde es separar la colada fría de la pieza plástica durante su expulsión del molde.
  - Molde de pisos, stack o molde sándwich

- Se tienen dos o más placas con cavidades para incrementar la producción de piezas plásticas por ciclo o golpe.
- Molde de canal o colada caliente
  - En esta clasificación se engloban los moldes de colada caliente e híbrida. Se explicarán en la clasificación por sistema de inyección
- **Para máquinas de moldeo de hasta 400 toneladas, clasificación SPI (*Society of plastics industry*) [40]**
  - Moldes clase 101
    - Para producciones extremadamente altas, fabricado con componentes de la más alta calidad y de mayor precio. Soporta un millón o más de ciclos o golpes.
  - Moldes clase 102
    - De media a alta producción, buena resistencia a los materiales abrasivos y precio ligeramente menor al molde clase 101. No excede más de un millón de ciclos o golpes.
  - Moldes clase 103
    - Media producción, el más común de manufacturar con precios razonables. No excede más de medio millón de ciclos o golpes.
  - Moldes clase 104
    - Baja producción, el más común de manufacturar con precios razonables. No excede más de cien mil ciclos o golpes.
  - Moldes clase 105
    - Para prototipos, manufactura lo más económica posible. No excede más de quinientos ciclos o golpes.
- **Para máquinas de moldeo mayores de 400 toneladas, clasificación SPI (*Society of plastics industry*) [40]**
  - Moldes clase 401
    - Producciones extremadamente altas. Muy caro por su alta calidad de los componentes. Soporta más de medio millón de ciclos o golpes.
  - Moldes clase 402
    - De mediana a alta producción, buena resistencia a los materiales abrasivos y precio ligeramente menor al molde clase 401. No excede el medio millón de ciclos o golpes.

- Moldes clase 403
  - Producción media, el más común y costo razonable. No excede los cien mil ciclos o golpes.
- Moldes clase 404
  - Usado para prototipos, debe ser lo más económico posible, no excede los 500 ciclos o golpes.
- **Por el tipo de colada [42]**
  - Colada fría
    - Se producen piezas plásticas con colada, generan desperdicio de material.
  - Colada caliente
    - Se usan para generar piezas sin colada y por tanto, no hay desperdicio.
  - Colada mixta o semi-caliente
    - Se generan canales calientes y canales fríos.
- **Especiales [42]**
  - Con pernos inclinados y elementos deslizables.
  - Combinados o familiares
    - Produce dos o más piezas plásticas, pero todas o la mayoría de las piezas son diferentes
  - Stack, de varios niveles, tandem o sandwich
    - Se tienen dos o más placas con cavidades para incrementar la producción de piezas plásticas por ciclo o golpe.
- **Número de particiones o placas [42], [43]**
  - Normal de dos placas
  - Sistema de tres placas
    - El objetivo del molde es separar la colada fría de la pieza plástica durante su expulsión del molde.
  - Stack, de varios niveles, tandem o sandwich
    - Se tienen dos o más placas con cavidades para incrementar la producción de piezas plásticas por ciclo o golpe.
- **Número de cavidades**
  - Una cavidad
    - Solamente produce una pieza por ciclo
  - Multicavidad
    - Produce dos o más piezas plásticas iguales por ciclo

- Familiares
  - Produce dos o más piezas plásticas, pero todas o la mayoría de las piezas son diferentes
- **Por el tipo de la producción del molde [44]**
  - Experimentales
    - Son moldes con los que se experimenta alguna de sus secciones, llenado, pulido, refrigeración, venteos, entre otros.
  - Prototipos
    - Son los moldes donde las piezas plásticas son el interés de experimentación.
  - Serie / Producción
    - Son los moldes definitivos para iniciar la producción industrial.
- **Por el tipo de material inyectado [43]**
  - Moldes para termoplásticos
    - Enfrían el material inyectado por medio de un sistema de atemperamiento. El material inyectado solamente sufre un cambio físico
  - Moldes para termofijos
    - Se calienta el material para generar una reacción química. Posee un sistema de calefacción eléctrico.
  - Moldes para elastómeros (cauchos)
    - Dentro del molde se genera una reacción de vulcanización, por tanto, tiene un sistema de calefacción.
  - Moldes para espumas
    - Pueden ser: espumas generadas con reacción química del material que se inyecta o espumas generadas con reacción física o química de los aditivos que se agregan.

### 3.5 SECCIONES DE UN MOLDE DE INYECCIÓN ESTÁNDAR

Con base a la sección anterior, un molde de inyección estándar es un molde de colada fría y de dos platos, por tanto, se procede a identificar sus secciones básicas en la Fig. 3.22.

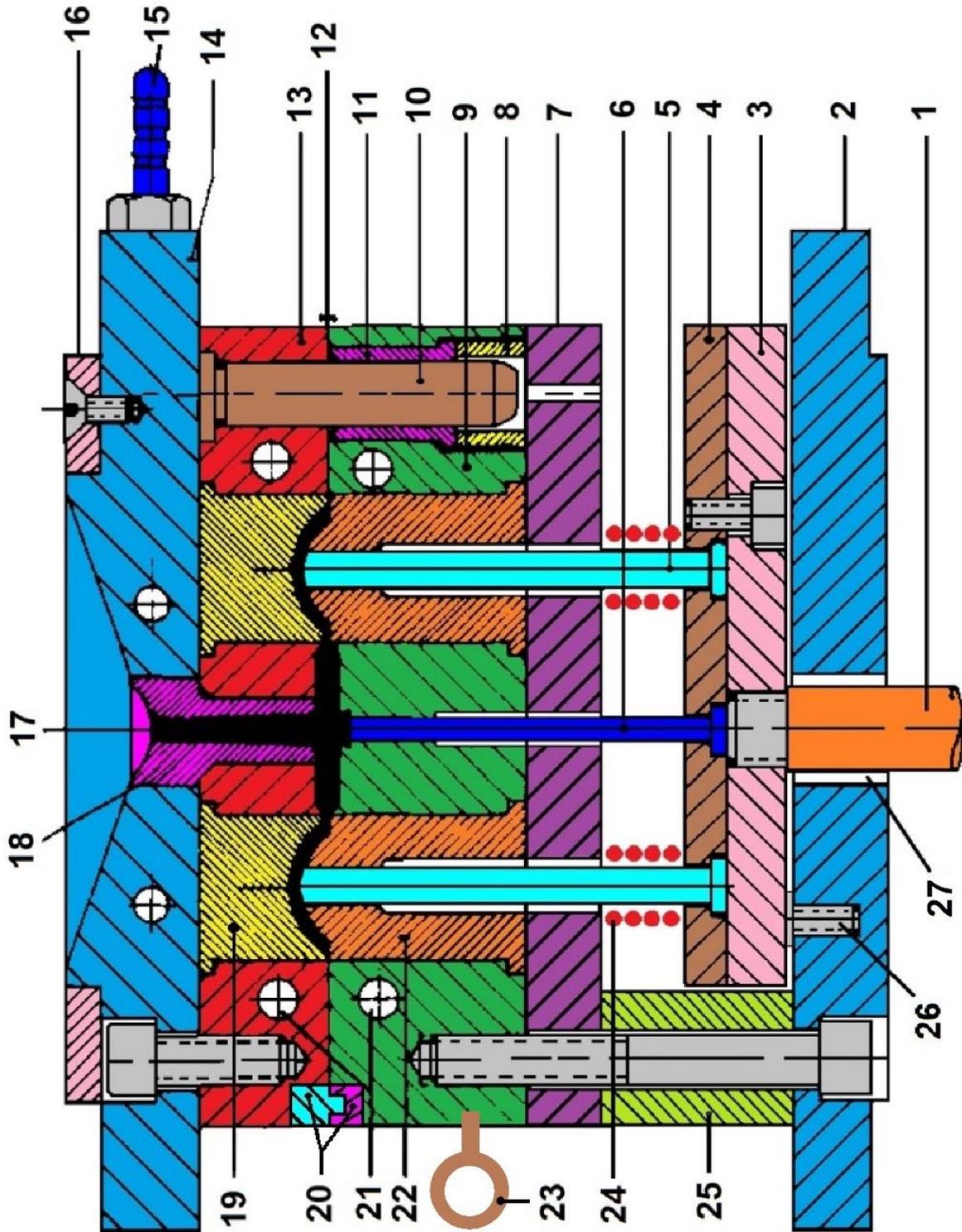


Fig. 3.22 Elementos que integran un molde estándar de inyección [45 modificado]

A continuación, se enlistan los elementos que integran un molde estándar [45], [46] y [47]:

1. Perno expulsor de la máquina de moldeo por inyección.
2. Plato portamoldes móvil, plato de sujeción inferior o placa de respaldo inferior.
  - Fija la mitad del molde de inyección a la platina móvil por medio de la colocación de bridas o tornillos de sujeción.
3. Plato expulsor, placa extractora o placa expulsora inferior.
4. Plato expulsor retenedor, contra placa extractora o placa expulsora superior.
5. Varilla expulsora o, perno expulsor.
  - Expulsa la pieza plástica.
6. Varilla expulsora central o perno expulsor central con gancho de colada.
  - Retiene la colada cuando abre el molde y la expulsa antes de cerrar el molde.
7. Placa de soporte o intermedia.
  - Proporciona soporte a la placa B del molde.
8. Casquillo recto o intermedio.
9. Plato retenedor del núcleo, corazón, macho o placa B.
  - Incluye los insertos de los corazones o machos o pueden estar directamente erosionadas a la misma placa.
10. Perno guía o columna.
  - Asegura el alineamiento de las mitades del molde, pero no garantiza su registro exacto.
11. Casquillo guía, de hombro, buje guía o bocina.
  - Sirve como guía del perno y es fácilmente reemplazable en caso de desgaste.
12. Plano de partición o línea de partición.
  - Línea donde las dos mitades del molde se unen y por donde cae la pieza plástica.
13. Plato retenedor de la cavidad, placa A, de cavidades o hembra.
  - Contiene insertos de cavidades o pueden estar directamente erosionadas a la misma placa.
14. Plato portamolde fijo, plato de sujeción superior o plato de respaldo superior.
  - Fija la mitad del molde de inyección a la platina fija por medio de la colocación de bridas o tornillos de sujeción.
15. Conector para la línea de enfriamiento.
16. Anillo de centrado o aro centrador.
  - Mantiene al molde en posición central a las platinas fija y móvil de la máquina de moldeo de inyección.

17. Pieza plástica con colada, mazarota y punto de inyección o compuerta.
18. Casquillo del bebedero, bebedero o boquilla.
  - Punto de acceso del polímero desde la nariz o boquilla de la máquina de moldeo de inyección.
19. Inserto de la cavidad, hembra negativo.
20. Centrador de molde.
21. Líneas de enfriamiento o barrenos de refrigeración.
  - Absorben las calorías del polímero permitiendo que solidifique rápidamente, debido a la circulación del medio refrigerante.
22. Inserto del núcleo, corazón, macho o positivo.
23. Cáncamo.
24. Resorte.
  - Elemento que sirve para que las placas de expulsión regresen con los pernos de expulsión a su posición original.
25. Placas paralelas, pilar de apoyo o de soporte, o placa espaciadora.
  - Proporciona soporte a la placa intermedia y forma el puente.
26. Perno limitador.
  - Genera un tacón espaciador, es un tope para el regreso de placas expulsoras.
27. Barreno del plato de sujeción inferior.
  - Permite el paso del perno expulsor de la máquina de moldeo por inyección.

En la Fig. 3.23 se visualiza adecuadamente el punto 17.

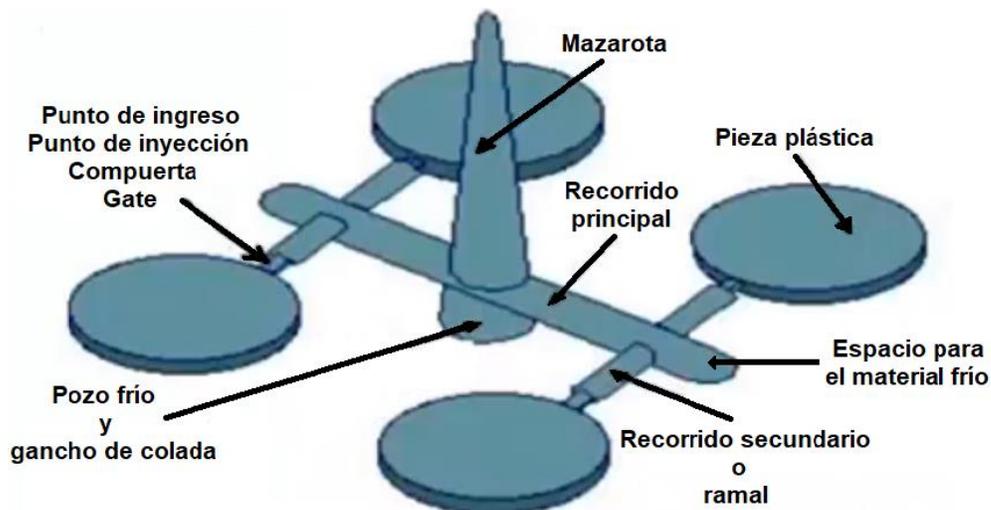


Fig. 3.23 Piezas plásticas con la colada fría [43].

### **3.6 MÉTODO PARA EL CÁLCULO DEL NÚMERO DE CAVIDADES**

En este apartado se analiza un método para calcular el número de cavidades para un molde de inyección de colada fría. El método revisa diferentes consideraciones para determinar el número de cavidades, como puede ser: requerimiento de producción, opción para cuando se inicia un nuevo proyecto; también se analiza la opción de calcular el número de cavidades por máquina de moldeo disponible, para cuando se tiene la máquina y se quiere producir un nuevo producto. Además, se hace el cálculo del tiempo de ciclo de moldeo. Información determinante para simular y liberar un molde.

Determinar el número de cavidades es una de las primeras actividades para diseñar un molde de inyección. En este apartado se muestra de manera detallada el procedimiento para determinar el número de cavidades de un molde de colada fría. El procedimiento consiste en once pasos. Para aplicar este procedimiento es necesario disponer de la pieza plástica en forma física o modelada en un software especializado.

#### **PRIMER PASO** – *Recopilación de información de la máquina de moldeo*

Obtener la hoja de datos de la máquina de moldeo por inyección. La información debe incluir las características de: la unidad de inyección, la unidad de cierre y las dimensiones de la platina y la boquilla de inyección. A manera de ejemplo, en la Tabla 3.7, se muestran las características de la máquina de moldeo por inyección TEDERIC D100 y en la Fig. 3.24 se muestran las características de la platina y boquilla.

Tabla 3.7 Especificaciones técnicas de la Máquina de Moldeo por Inyección, TEDERIC D100 [48].

<b>UNIDAD DE INYECCIÓN</b>	<b>MMI</b>	<b>UNIDAD</b>
Modelo de la MMI	<b>D100</b>	-
Fabricante	TEDERIC	-
Diámetro del husillo	38	mm
Relación L/D	20 / 1	-
Volumen máximo de carga (Teórico)	198	cm <sup>3</sup>
Masa máxima de inyección (PS)	181	g
Presión máxima de inyección	193	Mpa
Tasa máxima de inyección con aire	102	cm <sup>3</sup> / s
Carrera máxima de carga	175	mm
Velocidad máxima de inyección	99	mm / s
Velocidad máxima del husillo	225	rpm
<b>UNIDAD DE CIERRE</b>	<b>MMI</b>	<b>UNIDAD</b>
Fuerza máxima de cierre	1000	kN
Carrera máxima de sujeción	360	mm
Distancia entre las barras	360 x 360	mm
Altura máxima del molde	380	mm
Altura mínima del molde	150	mm
Carrera máxima del expulsor	120	mm
Fuerza máxima del expulsor	34	kN
Número de pernos expulsores	5	Pza.
<b>GENERALES</b>	<b>MMI</b>	<b>UNIDAD</b>
Presión máxima de la bomba	17.5	MPa
Potencia máxima de la bomba	13	kW
Potencia de calefacción	6.6	kW
Capacidad de la tolva	25	kg
Llenado del tanque de aceite	150	litros
Peso de la máquina, seca	3.2	Ton

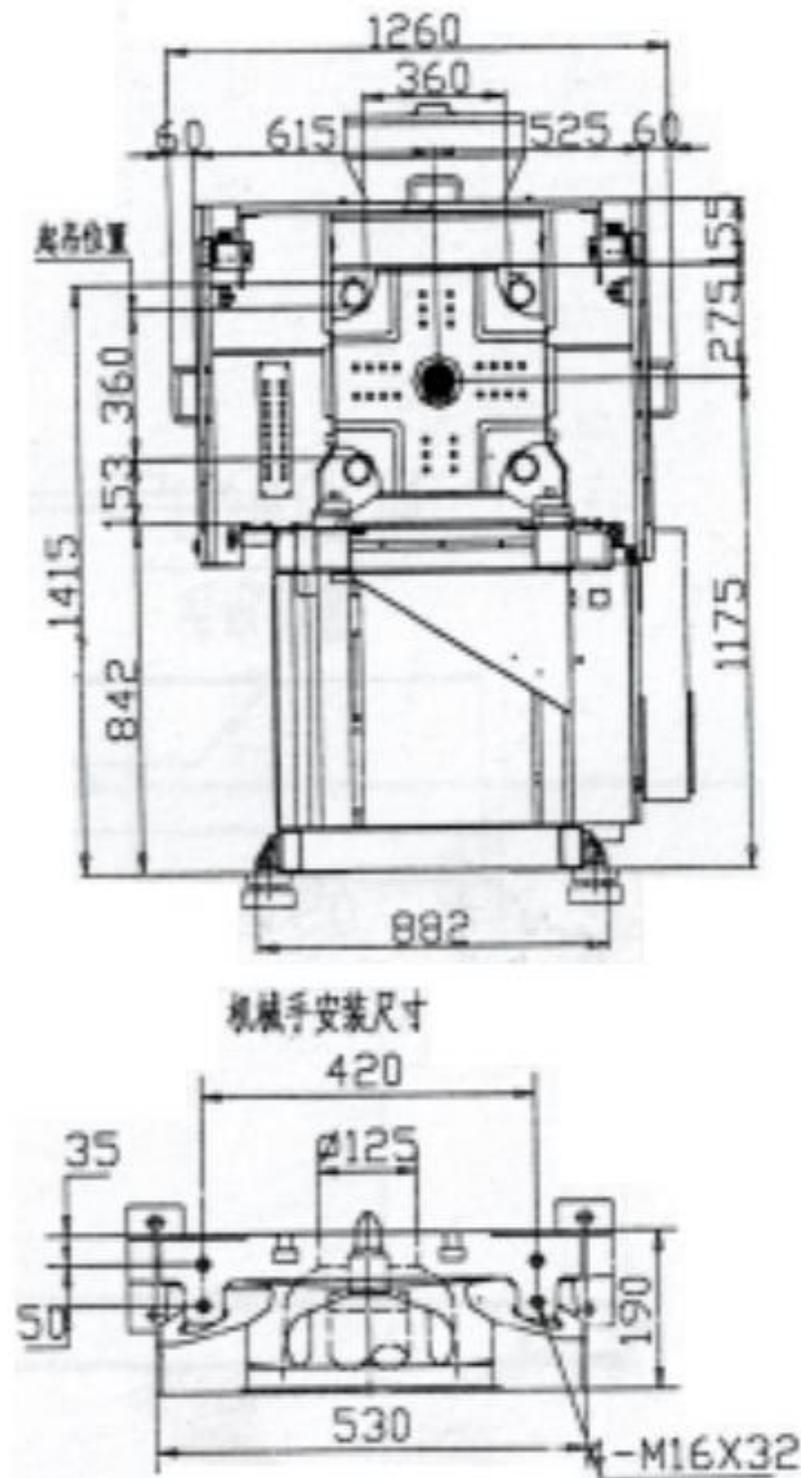


Fig. 3.24 Datos técnicos de la platina y de la boquilla de inyección de la Máquina de moldeo por inyección TEDERIC D100 [48].

### **SEGUNDO PASO** – *Especificar polímero y sus características*

Seleccionar el polímero más adecuado para la pieza plástica y buscar sus siguientes características: densidad de fundición (*melt density*), el valor orientativo de la presión interna media y el factor de contracción. A la presión interna media también se le conoce como fuerza de cierre específica (*specific closing force*). No confundir la densidad de fundición con la densidad a temperatura ambiente. Se propone el uso del PP-H como ejemplo:

- Polímero: Polipropileno homopolímero (PP-H).
- Densidad en fundición:  $0.755 \frac{g}{cm^3}$
- Valor orientativo de la presión interna:  $3.0 - 6.5 \frac{kN}{cm^2}$
- Valor promedio del valor orientativo de la presión interna:  $4.75 \frac{kN}{cm^2}$
- Factor de contracción: 1.0-2.5 %
- Factor de contracción media: 1.75%
- Factor para calcular el tiempo de enfriamiento del PP: 3.67.
- Difusividad térmica del PP:  $1.44 \cdot 10^{-7} \frac{m^2}{s}$
- Temperatura de fusión recomendada del PP: 240 °C
- Temperatura de expulsión recomendada del PP: 90 °C
- Temperatura del molde o del refrigerante recomendada para el PP: 50 °C

### **TERCER PASO** – *Características de la pieza plástica*

Debe disponerse de la pieza física y una báscula para medir masas en el rango de gramos o el modelado de la pieza plástica en CAD. Es muy fácil calcular el volumen de la pieza cuando se tiene modelada en un software especializado, CAD. Si se está trabajando con un software especializado,

CAD, debe de escalar el modelado de la pieza plástica por el factor de contracción media y posteriormente realizar las mediciones. Como ejemplo, se muestra a continuación la información básica de la que se debe disponer:

- Pieza plástica: Cilindro
- Espesor promedio de la pieza: 6 mm
- Forma del área proyectada: Círculo de 5.31 cm de diámetro.
- Área proyectada de la pieza plástica:  $22.17 \text{ cm}^2$
- Volumen de la pieza plástica:  $13.3 \text{ cm}^3$
- Área estimada de la colada por pieza plástica:  $3 \text{ cm}^2$
- Masa estimada de la mazarota: 3 g

La siguiente información se deriva de los datos anteriores:

- Área total proyectada (pieza plástica y colada):  $25.17 \text{ cm}^2$
- Masa de la pieza plástica:  $13.3 \text{ cm}^3 * 0.755 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 10 \text{ g}$
- Masa estimada de la colada por pieza plástica: 1.5 g
- Masa total (pieza más colada):  $10 \text{ g} + 1.5 \text{ g} = 11.5 \text{ g}$
- Volumen total (pieza más colada):  $\frac{11.5 \text{ g}}{0.755 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} = 15.2 \text{ cm}^3$
- Volumen estimado de la mazarota:  $\frac{3.0 \text{ g}}{0.755 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} \approx 4 \text{ cm}^3$

### **CUARTO PASO** – *Dimensionamiento de las placas A y B y altura del molde*

Se recomienda que las dimensiones de las placas cavidad y núcleo midan a lo menos un 80% de la distancia entre barras para no dañar las platinas de la máquina de moldeo. En casos especiales se pueden dimensionar las

placas hasta en un 95% de la distancia entre barras. Entonces para casos estándar y usando la información de la Tabla 4.1, se tiene que:

$$Lados\ de\ las\ placas\ A\ y\ B = 0.8 * 360\ mm = 288\ mm \quad Ec.\ 3.2$$

La altura mínima y máxima del molde es un dato que se puede obtener de manera directa de la hoja de datos de la máquina de moldeo por inyección, en esta caso la altura del molde debe estar comprendida en un rango de 150 mm a 380 mm se obtiene de la Tabla 4.1.

**QUINTO PASO** – *Cálculo del tiempo del ciclo de moldeo*

- Calcular un tiempo de enfriamiento estimado con la Ec. 3.3a y con la Ec. 3.3b, elegir el mayor tiempo de enfriamiento calculado.
- Calcular el tiempo de enfriamiento residual mínimo con la Ec. 3.3c
- Calcular los tiempos del ciclo de moldeo con base a la Tabla 3.8

Tabla 3.8 Estimación empírica del tiempo de ciclo de moldeo [49].

Aproximación del tiempo de ciclo	
Tiempo de cierre del molde y unidad de inyección adelante	De 2 a 3 segundos.
Tiempo de llenado volumétrico o tiempo de inyección	El espesor de la pieza plástica, en segundos.
Tiempo de compensación o tiempo de postpresión	Del 25% al 30% del tiempo de enfriamiento calculado.
Tiempo de enfriamiento residual	Tiempo de enfriamiento calculado menos tiempo de postpresión.
Tiempo de apertura del molde	De 2 a 3 segundos.
Tiempo de expulsión de la pieza plástica	De 1.5 a 2 segundos.

$$T_{enf_{est}} = s \cdot (1 + 2s) \quad Ec.\ 3.3a$$

$$T_{enf_{est}} = k \cdot s^2 \quad Ec.\ 3.3b$$

$$T_{enfriamiento\ residual\ mínimo} = \frac{s^2}{\pi^2 \cdot \alpha_{eff}} \cdot \ln \left\{ \frac{4}{\pi} \cdot \left( \frac{T_{fusión} - T_{enfriante}}{T_{expulsión} - T_{enfriante}} \right) \right\} \quad Ec.\ 3.3c$$

Con la información recabada en los pasos anteriores y evaluando la información con las Ecs. 3.3 se obtiene la información de la Tabla 3.9.

Tabla 3.9 Cálculo del tiempo del ciclo de moldeo

Aproximación del tiempo de ciclo	
Tiempo de cierre del molde y unidad de inyección adelante	2.5 segundos.
Tiempo de llenado volumétrico o tiempo de inyección	6 segundos
Tiempo de compensación o tiempo de postpresión	23.4 segundos
Tiempo de enfriamiento residual	54.6 segundos
Tiempo de apertura del molde	2 segundos.
Tiempo de expulsión de la pieza plástica	1.5 segundos.
Tiempo total del ciclo de moldeo	90 segundos
Tiempo de enfriamiento residual mínimo	33.9 segundos.
Temperatura de fusión del polímero PP	240 °C
Temperatura de expulsión de la pieza plástica	90 °C
Temperatura de la sustancia refrigerante o Temp. del molde	50 °C

**SEXTO PASO** – *Calcular número de cavidades por requerimientos de producción.*

La manera más efectiva de calcular el número de cavidades de un molde de inyección, cuando se va a iniciar un nuevo proyecto, es haciendo las siguientes actividades:

- Solicitar al departamento de ventas o marketing su pronóstico de ventas anual.
- Elegir el año que tenga la producción máxima estimada. Ese dato será el número de piezas plásticas a producir.
- Calcular el número de cavidades con la Ec. 3.4.

$$n_{cavidades} = f_{desp} \cdot f_{inef} \cdot \frac{P_{total} \cdot t_{ciclo}}{3600 \cdot hd \cdot d_{producción}} \quad \text{Ec. 3.4}$$

donde

$n_{cavidades}$  = Número de cavidades del molde

$f_{desp}$  = factor de desperdicio. Valor típico de 1.05

$f_{inef}$  = factor de ineficiencia. Valor típico de 1.05

$P_{total}$  = Piezas plásticas a producir

$t_{ciclo}$  = Tiempo de ciclo [s], ver Tabla 3.8.

$hd$  = horas diarias de producción [h/d] = 24

$d_{producción}$  = días hábiles de producción [d] = 225

La variable  $hd$  propone un horario de producción de 24 horas y la variable  $d_{producción}$  propone 225 días hábiles. Pueden modificarse estos valores según la necesidad de producción.

Este quinto paso es determinante para cuando se va a adquirir una máquina de moldeo. La nueva máquina deberá tener las características que se ejemplifican a continuación.

**SÉPTIMO PASO** – *Cálculo de número de cavidades por distribución del área proyectada de la pieza sobre la placa A.*

Se sabe que el área proyectada de la pieza plástica es un círculo de diámetro igual a 5.313 cm y la placa A, tiene una forma cuadrada y tiene una longitud de 328 mm por lado. Entonces, se procede a distribuir el área proyectada de la pieza plástica sobre la placa A. El resultado se muestra en la Fig. 3.25.

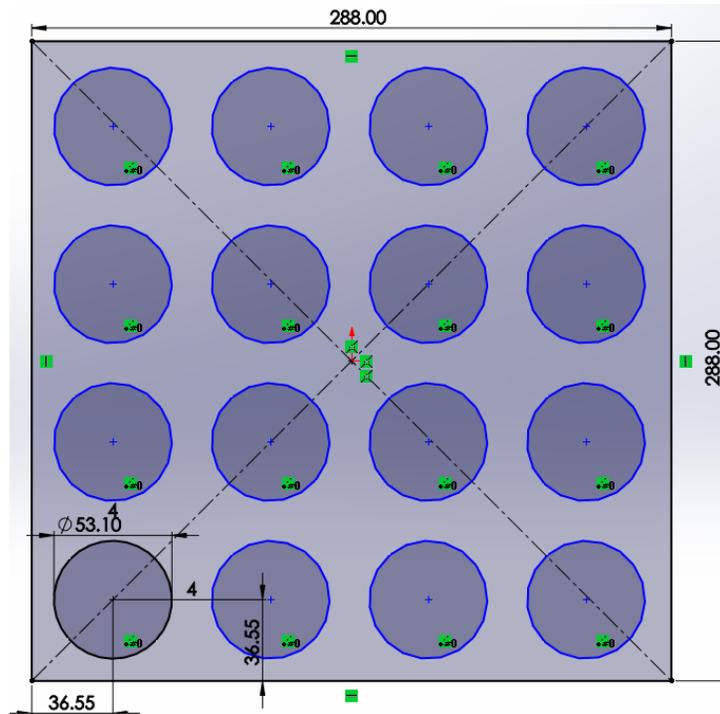


Fig. 3.25 Número de cavidades por distribución del área proyectada en placa A y B.

Entonces se tiene que el número de cavidades por distribución del área proyectada sobre las placas A y B es:

$$N_{cdp} = 16 \text{ cavidades}$$

**OCTAVO PASO** – *Cálculo de la fuerza de cierre por pieza plástica*

Se aplica la siguiente fórmula:

$$F_{cp} [kN] = A_{tp}[cm^2] \cdot P_{int} \left[ \frac{kN}{cm^2} \right] \quad \text{Ec. 3.5}$$

donde

$A_{tp}$  = Área total proyectada por pieza plástica

$P_{int}$  = Valor promedio del valor orientativo de la presión interna

$F_{cp}$  = Fuerza de cierre por pieza plástica

Sustituyendo valores obtenidos del segundo y tercer paso, se tiene que:

$$F_{cp} = 25.17 [cm^2] \cdot 4.75 \left[ \frac{kN}{cm^2} \right]$$

$$F_{cp} = 119.55 kN$$

**NOVENO PASO** – *Cálculo de la fuerza de cierre útil de la máquina*

En la hoja de datos de la máquina de moldeo se lee una fuerza de cierre máxima de 1000 kN, sin embargo, se sugiere trabajar solamente el 80% de esa magnitud para prolongar la vida útil de la máquina. Entonces, se tiene que la fuerza de cierre útil de la máquina de moldeo es:

$$F_{cu} = 0.8 \cdot F_{CM} \quad \text{Ec. 3.6}$$

Sustituyendo valores obtenidos del primero paso, se tiene que:

$$F_{cu} = 0.8 \cdot 1000 kN$$

$$F_{cu} = 800 kN$$

**DÉCIMO PASO** – *Cálculo de cavidades por fuerza de cierre útil.*

El número de cavidades por fuerza de cierre útil se calcula aplicando los resultados del sexto y séptimo paso a través de la siguiente ecuación:

$$N_{cfc} = \frac{F_{cu}}{F_{cp}} \quad \text{Ec. 3.7}$$

Aplicando los valores calculados del sexto y séptimo paso, se tiene:

$$N_{cfc} = \frac{800 kN}{119.55 kN}$$

$$N_{cfc} = 6.69$$

$$N_{cfc} = 6 \text{ cavidades}$$

### **DÉCIMO PRIMER PASO** – *Cálculo de la ocupación de la unidad de inyección (OUI)*

El volumen de disparo debe ser mayor al 20% y menor del 80% para calentar adecuadamente el polímero. En piezas de alta repetibilidad dimensional el volumen mínimo debe ser mayor al 35% y menor al 65% del volumen máximo de carga. Entonces se calcula el OUI.

$$OUI = \frac{\text{Volumen de disparo}}{\text{Volumen máximo de carga}} * 100 \quad \text{Ec. 3.8}$$

Sustituyendo valores se tiene que:

$$OUI = \frac{95.2 \text{ cm}^3}{198 \text{ cm}^3} * 100 = 48.08 \%$$

### **CONCLUSIONES:**

Es necesario comentar que la pieza plástica propuesta tiene un espesor de 6mm y solamente sirvió para ejemplificar el procedimiento, es muy raro encontrar una pieza plástica con un espesor promedio superior a 3 mm.

Después del estudio, se concluye que la máquina de moldeo puede inyectar a la pieza plástica, un cilindro de 6mm de altura y un diámetro de 5.31 cm, con las siguientes condiciones:

- Dimensiones de la placa A y B de 288 mm x 288 mm.
- Solamente se pueden inyectar seis cavidades.
- El tiempo de ciclo de moldeo de 90 s.
- Trabaja con una ocupación del 48%

Cuando el diseñador de moldes tenga la información sobre los requerimientos de producción, quinto paso, ese resultado será predominante y determinará las características de la máquina de moldeo que se necesite comprar, para no estar limitados a las características de una máquina existente.

Una vez concluido el procedimiento se procede a elegir el tipo de colada fría y a distribuir las cavidades en el molde. Objetivos que analizan en la siguiente sección.

### **3.7 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN**

La función del sistema de distribución es transportar el polímero fundido desde la boquilla de la máquina de moldeo hasta las cavidades del molde de inyección de manera equilibrada, tanto en el aspecto geométrico como en el aspecto de cizalla. Los elementos que integran a un sistema de distribución son:

- El bebedero
- Los canales, colada o correderas
- Los puntos de inyección o compuertas

Para analizar los elementos de un sistema de distribución es adecuado iniciar con el estudio de los canales, posteriormente con las compuertas y finalmente con el bebedero.

#### **3.7.1 LOS CANALES**

El diseño de los canales, colada o correderas no es un proceso simple; existen muchos detalles a considerar para mantener la misma presión de inyección, velocidad de flujo y temperatura de fusión en cada cavidad mientras se llena simétricamente.

### 3.7.1.1 SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN CANAL

Antes de estudiar los canales es necesario revisar su sección transversal, los más comunes se muestran en la Fig. 3.26, éstos pueden ser de sección transversal:

- Circular,
- Parabólica,
- Trapezoidal,
- Semicircular.

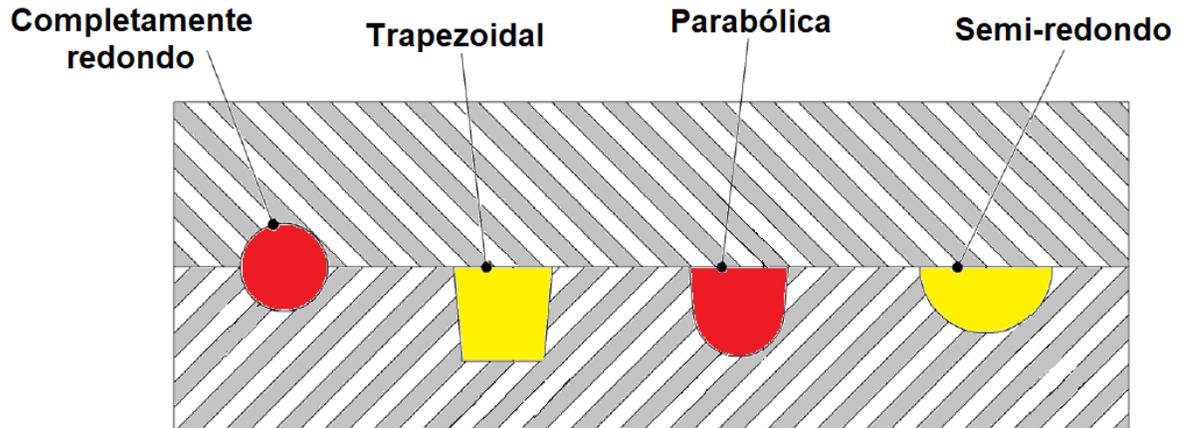


Fig. 3.26 Secciones transversales más comunes de un canal [50].

Se recomienda el diseño de los canales con sección transversal de forma completamente redonda, en su defecto, diseñar los canales con sección transversal parabólica y evitar las otras formas. Por lo general, se espera que los diámetros sean 1.5 veces mayores que el espesor promedio de la pared de la pieza plástica [51].

Cuanto mayor sea la relación superficie/volumen, más eficiente será el corredor [52]. También, considerar el factor de forma, el cual indica que

a mayor magnitud habrá una mayor caída de presión por volumen de la colada. El factor de forma se define en la Fig. 3.27



$$\text{Factor de forma} = \frac{\text{Perímetro}}{\text{Área de la sección transversal del canal}}$$

Fig. 3.27 Factor de forma usado en estudio de eficiencia de diferentes canales con secciones transversales diferentes.

### CÁLCULO DEL CANAL MÁS CERCANO A LA CAVIDAD

Una manera rápida de calcular la sección transversal del canal más próximo a la pieza plástica son las dimensiones que se muestran en la Fig. 3.28 [42], donde S es el espesor de la pared más gruesa de la pieza plástica [52].

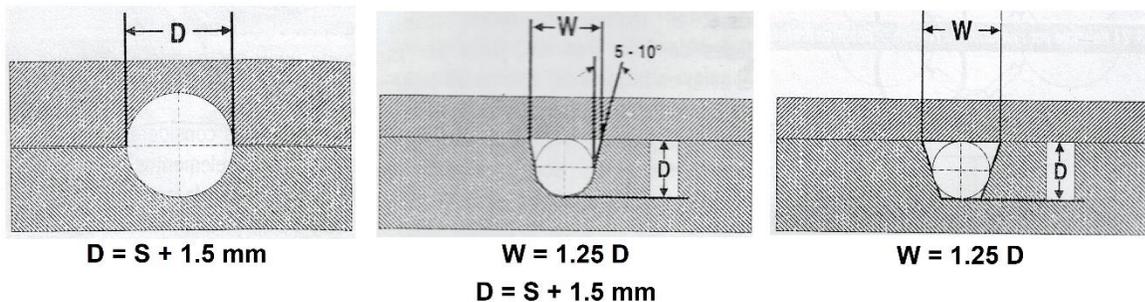


Fig. 3.28 Cálculo rápido de la sección transversal de los canales cercanos a las cavidades [42].

En la práctica, una forma rápida y segura de calcular el diámetro del canal más próximo a la cavidad es: sumar dos milímetros al grosor promedio de las paredes de la pieza plástica [53].

En la Tabla 3.10 se muestran otras guías rápidas para calcular el diámetro del canal más cercano a la cavidad con respecto al peso de la pieza moldeada.

Tabla 3.10 Canales frente al peso de la pieza plástica [53].

Pieza	Masa (g)	Diámetro de la Sec. transversal
Pequeña	< 10	3 - 4 mm
Mediana	10 - 30	4 - 5 mm
Grande	> 30	5 - 6 mm

### CÁLCULO DE CANALES EN MOLDE MULTICAVIDAD

Históricamente, muchos sistemas de alimentación han sido diseñados con la intención de mantener la misma velocidad lineal a medida que el material fundido fluye a través del bebedero, canal actual, canal siguiente, compuerta y cavidad. La velocidad de fusión se puede conservar en un sistema de canal ramificado estableciendo el diámetro del canal siguiente,  $D_{canal\ siguiente}$ , con la Ec. 4.11 [50]:

$$D_{canal\ siguiente} = \frac{D_{canal\ actual}}{\sqrt{n_{canales}}} \quad \text{Ec. 3.9}$$

donde

$D_{canal\ siguiente}$  = Diámetro del canal siguiente,

$D_{canal\ actual}$  = Diámetro del canal actual

$n_{canales}$  = Número de canales hacia la cavidad,

Y la velocidad de flujo constante se calcula con la Ec. 3.10:

$$V_{flujo\ del\ canal} \left[ \frac{m}{s} \right] = \frac{\frac{1}{n_{canales}} \cdot Q \left[ \frac{m^3}{s} \right]}{\left( \frac{\pi \cdot (D_{canal\ siguiente} [m])^2}{4} \right)} \quad Ec. 3.10$$

Un complemento para el cálculo de los diámetros de los canales se muestra en la Fig. 3.29, la cual apoya en no exceder la longitud del canal primario y secundario.

<b>CANAL PRINCIPAL</b>	
Longitud	Diámetro
Menos de 75	6
75 - 250	8
Más de 250	10
<b>CANAL SECUNDARIO</b>	
Menos de 75	6

Fig. 3.29 Longitudes máximas del canal primario y secundario, para la Ec. 3.9 y Ec. 3.10 [43].

El diámetro de un corredor depende en gran medida de su longitud, del volumen de la pieza, la longitud del flujo de la pieza, la capacidad de la máquina y el tamaño de la compuerta, por lo general, se encuentran

dentro del rango de 3 mm a 15 mm. Las dimensiones recomendadas del canal se proporcionan en la Fig. 3.30 [52]. La selección de un diámetro de canal frío debe basarse en los tamaños de cortadores estándar.

Diámetro del canal		Longitud máxima del canal			
		Baja viscosidad		Alta viscosidad	
(pg)	(mm)	(pg)	(mm)	(pg)	(mm)
1/8	3	4	100	2	50
1/4	6	8	200	4	100
3/8	9	11	280	6	150
1/2	13	13	330	7	175

  
$$D = \frac{w^{1/2} \times L^{1/4}}{3.7}$$

donde:

- D = diámetro del canal (mm)
- W = masa de la pieza (g)
- L = longitud del canal (mm)

Fig. 3.30 Longitud máxima de canal para diámetros específicos [52].

### 3.7.1.2 CIZALLAMIENTO LAMINAR ESTRATIFICADO DE LA CORRIENTE DE FUSIÓN A LO LARGO DEL CANAL.

Analizando el fluido del polímero en estado de fusión en un canal, se observa un fluido laminar como el de la Fig. 3.31.

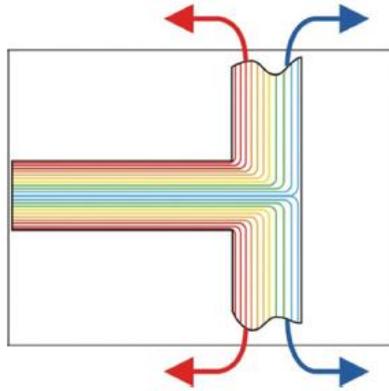


Fig. 3.31 Flujo laminar estratificado de fusión [51].

En la Fig. 3.31 se muestra un fluido en estado de fusión con forma laminar, donde el color rojo indica una temperatura más alta y el color azul indica la temperatura con la que salió el flujo del cilindro de la máquina de moldeo. Se pueden lograr diferencias de temperatura en estas capas laminares hasta de 50 °C [51].

Las diferencias de temperatura se deben al alto cizallamiento entre las láminas del fluido que están en contacto con la superficie del canal primario. Ver Fig. 3.32.

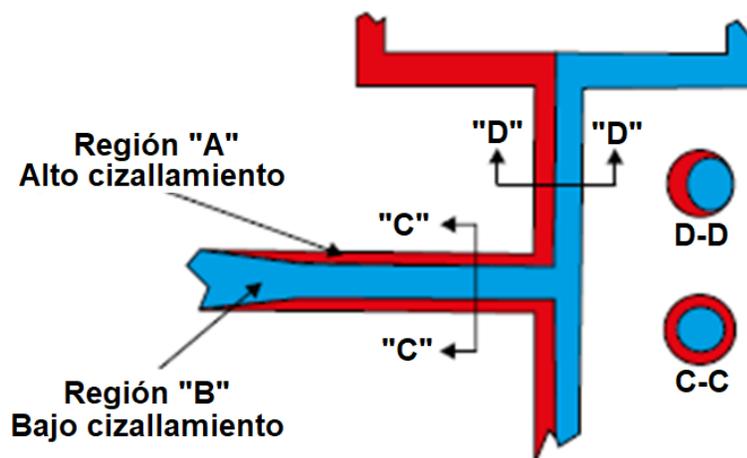


Fig. 3.32 Distribución del alto y bajo cizallamiento laminar en los ramales de una corredera para ocho cavidades [51].

El análisis del cizallamiento laminar es de extrema importancia porque afecta a cada cavidad de manera diferente en: el llenado, la tensión residual, la contracción, la deformación y las propiedades mecánicas de la pieza plástica [51].

Ahora bien, una vez entendido el fenómeno reológico del cizallamiento laminar se procede a entender el cizallamiento laminar completo. Éste, se genera por el alto cizallamiento generado por el bebedero y por el alto cizallamiento del canal primario.

### **3.7.1.3 CONFIGURACIÓN DE LOS CANALES**

La distribución de las cavidades en un molde solamente se puede entender a partir de la configuración de los canales para alimentar a todas las cavidades de un molde. Para un mejor análisis de las correderas de un molde se analizarán por las diferentes generaciones en las que han evolucionado. Las correderas se pueden clasificar en distribución de [51]:

- Canales de primera generación
- Canales de segunda generación
- Canales de última generación

Tener siempre presente que un sistema de alimentación debe cumplir con [50]:

1. Imponer una caída de presión mínima, típicamente no mayor al 50 % de la presión requerida para llenar las cavidades del molde o 50 MPa;

2. Consumir una cantidad mínima de material, normalmente no superior al 30 % del volumen de las cavidades del molde para moldes de colada fría; y
3. No extienda el tiempo de enfriamiento del molde.

### **DISTRIBUCIÓN DE CANALES DE PRIMERA GENERACIÓN**

Los canales de primera generación se conocen como naturalmente desbalanceados y pueden clasificarse en:

- Corredera lineal, de árbol, espina de pescado o escalera.
- Corredera radial, de estrella o rueda de carro.

#### **Distribución lineal de canales**

La distribución de canales de modo lineal está naturalmente desequilibrada, pero puede acomodar más cavidades con un volumen de canal mínimo y un menor costo de manufactura. Con la simulación de flujo asistida por computadora, es posible ajustar las dimensiones del corredor primario y secundario para obtener patrones de llenado iguales [51]. En la Fig. 3.33 se muestra un ejemplo de este tipo de distribución lineal. La distribución lineal debe ser la última opción para elegir. Las cavidades se llenan de manera muy diferente y la presión de retención o sostenimiento, que es muy importante para la calidad de la pieza, es suficiente solo para las primeras cuatro cavidades [54]. Sin embargo, estos diseños todavía se usan hoy en día, particularmente en piezas de baja tolerancia y alta cantidad de cavidades [52].

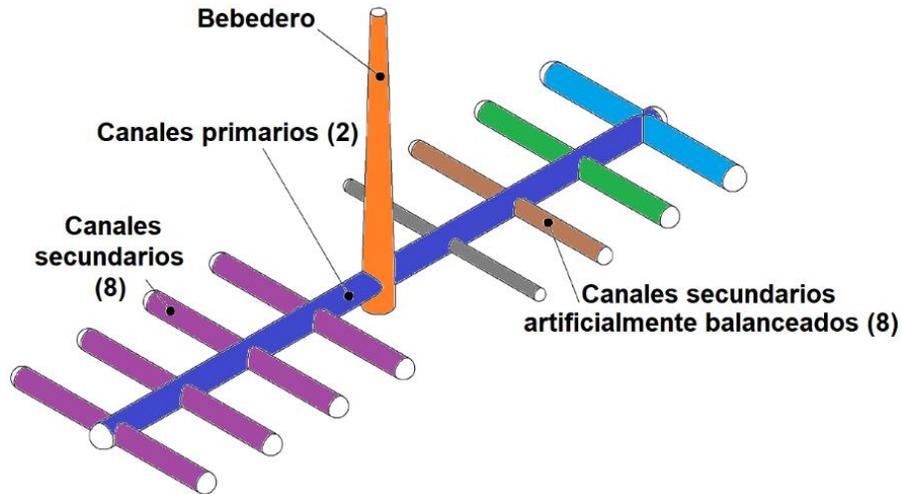


Fig. 3.33 Sistema de canales con distribución lineal [50].

Si no hay otra alternativa que trabajar con un diseño de canales tipo lineal, se debe minimizar la relación de balance del flujo, es decir, minimizar la longitud del flujo a cada cavidad [51]. En la Fig. 3.34 se muestra la manera de minimizar la relación de balance del flujo.

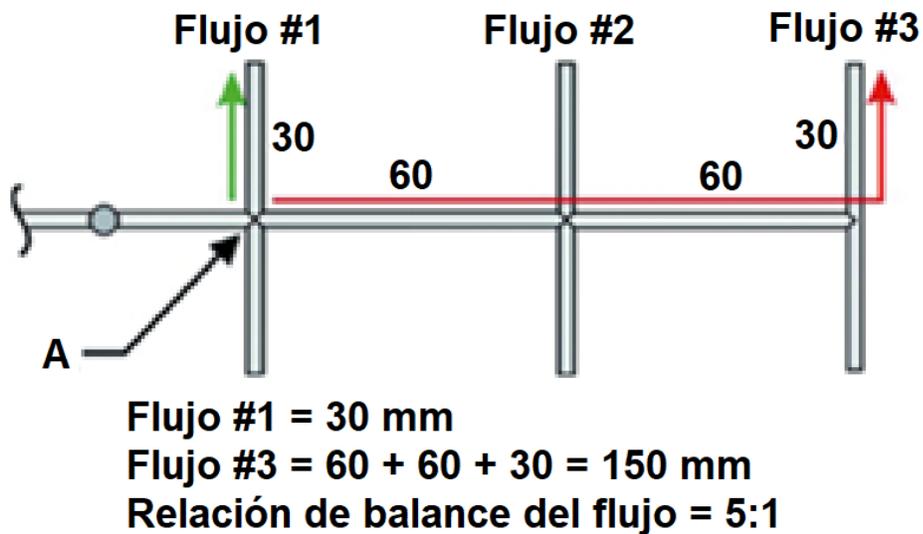


Fig. 3.34 Molde de 12 cavidades con relación de balance del flujo 5:1 entre el flujo #1 y el flujo #3 [51].

La distribución lineal se utiliza principalmente cuando se considera que la reducción del volumen del canal es más importante que el control del proceso o la consistencia del producto. Esto puede ser aceptable cuando se producen piezas de baja tolerancia, como cubiertos desechables. También se utilizan cuando el molde contiene muchas cavidades, lo que no se presta para su uso con un corredor geométricamente equilibrado. Los equilibrios geométricos se pueden lograr con otras distribuciones, como la distribución tipo estrella o con moldes de tres placas [51].

### **Distribución radial de canales**

Al iniciar el diseño de una distribución de cavidades para un molde, en primer lugar, se debe pensar en crear un diseño de distribución radial o de rueda de carro, como se muestra en la Fig. 3.35, con canales que toman el lugar de los radios de la rueda de carro. Este es el mejor diseño porque se utiliza el enfoque de canal en línea recta y minimiza el recorrido que deben hacer los frentes de flujo de plástico para llegar a las cavidades. También mantiene el diámetro de la colada al mínimo, reduciendo así los tiempos de ciclo generales [55]. Sin embargo, esta distribución presenta la siguiente desventaja: en el diafragma se produce una acumulación de material, que se enfría y solidifica muy lentamente. El diafragma es la última sección en enfriarse, afectando el tiempo de ciclo. Esto debe evitarse [51], diseñando el diafragma a su mínima dimensión.

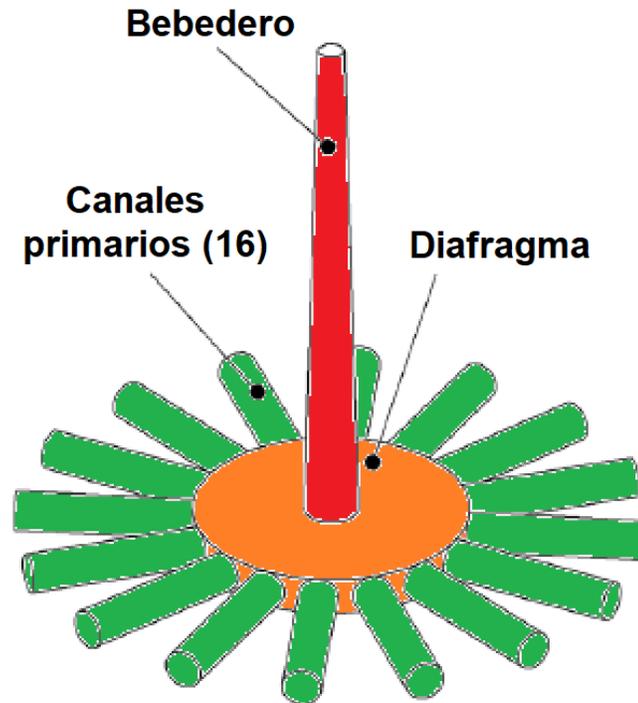


Fig. 3.35 Distribución radial de canales [50].

### **DISTRIBUCIÓN DE CANALES DE SEGUNDA GENERACIÓN**

La distribución de canales de segunda generación también es conocida como "naturalmente equilibrados", actualmente se sabe que no es así, presentan desequilibrios como las distribuciones de primera generación [51]. Tienen un equilibrio geométrico, pero por el alto y bajo cizallamiento que presenta el fluido en estado de fusión a lo largo de los canales; se genera un desequilibrio en el llenado, en la presión de cada cavidad, en las propiedades físicas del material de cada pieza plástica. El equilibrio geométrico resulta ser engañoso [51]. En la Fig. 3.36 se muestran diferentes geometrías de distribuciones "naturalmente equilibradas".

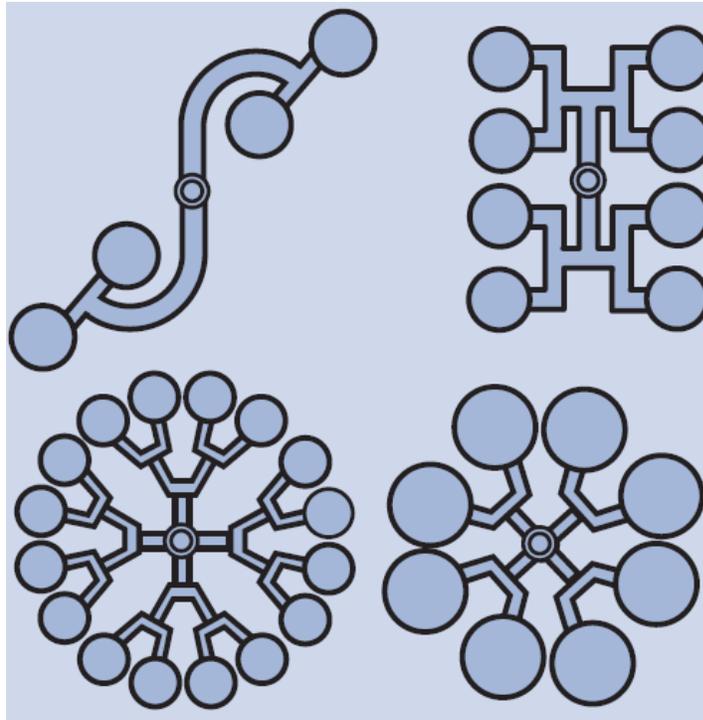


Fig. 3.36 Sistemas de alimentación naturalmente balanceadas [52].

En la Fig. 3.37 se puede observar la formación de dos diferentes tipos de flujos, el de color rojo representa el alto cizallamiento y el de color azul representa el flujo de bajo cizallamiento. Por tal razón, se presenta un desequilibrio en el llenado de las piezas.

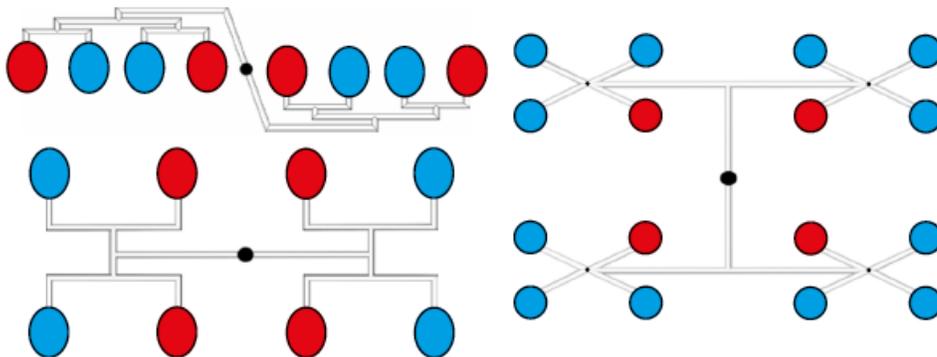


Fig. 3.37 Generación de dos tipos de flujos que desbalancean a la distribución naturalmente equilibrada [51].

A pesar del equilibrio geométrico, que tradicionalmente se ha denominado un sistema de colada "equilibrado naturalmente", estos diseños pueden introducir una variación significativa en las condiciones de fusión (es decir, temperatura, presión y propiedades del material) entregadas a las cavidades individuales dentro del molde. Lo que debe reconocerse es que los canales convencionales geoméricamente equilibrados en realidad crean múltiples flujos, al igual que los antiguos corredores ramificados de "árbol" o "espina de pescado".

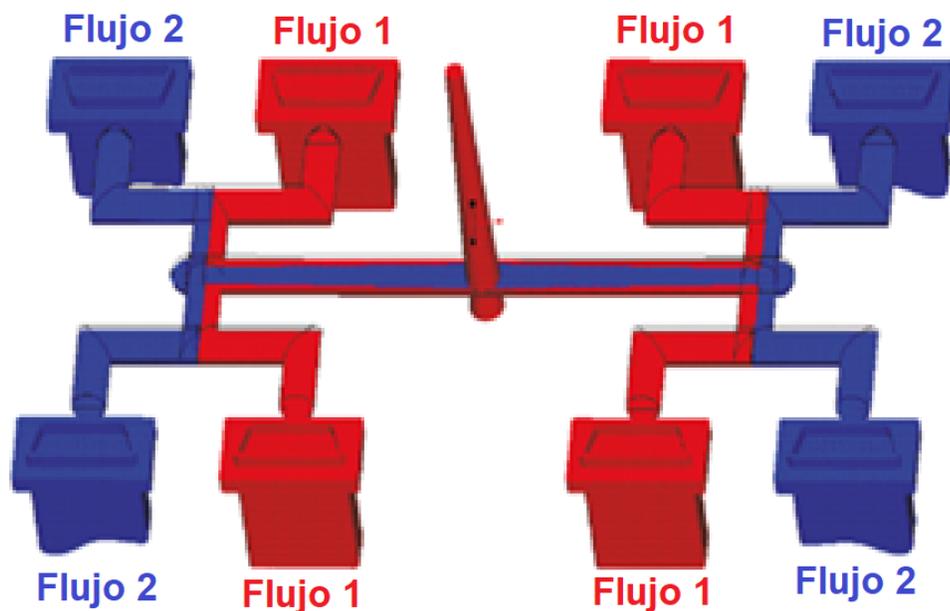


Fig. 3.38 Detalle de los dos grupos de flujo en un molde de ocho cavidades con distribución H o  $2^k$  [51].

Normalmente hay dos grupos de flujo en un molde de ocho cavidades, cuatro grupos de flujo en un molde de dieciséis cavidades, ocho grupos de flujo en un molde de treinta y dos cavidades y así geoméricamente. Como se muestra en la Fig. 3.38 y 3.39.

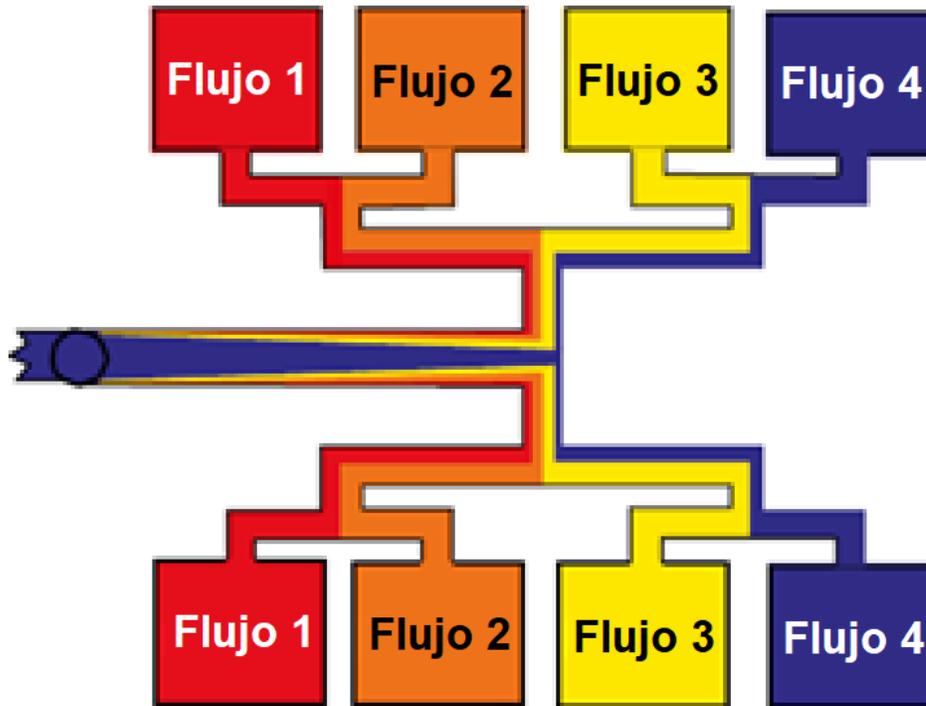


Fig. 3.39 Detalle de los cuatro grupos de flujo en un molde de 16 cavidades con distribución H o  $2^k$  [51]

Estos grupos de flujo producen múltiples familias de piezas en el molde. Estas familias de piezas tienen variaciones: dimensionales, alabeo, rebaba, hundimiento, tiros cortos, principalmente.

### **DISTRIBUCIÓN DE CANALES DE TERCERA GENERACIÓN**

Cuando en la máquina de moldeo por inyección se le cambió el émbolo por el husillo, se logró más control en la fusión del polímero. Actualmente, se está descubriendo que la distribución de canales de segunda generación, geométricamente equilibradas, no son naturalmente equilibradas. Estos eventos tienen el mismo nivel de importancia.

El problema no es la geometría de la distribución de los canales de segunda generación. El problema son las condiciones de fusión no uniformes en cada canal y son lo suficientemente significativas como para que no solo influyan en la tensión residual, la contracción, la deformación y las propiedades mecánicas de las piezas moldeadas, sino que también influyan en el llenado desequilibrado en cada una de las cavidades del molde. La única ventaja de las variaciones de fusión inducidas por cizallamiento es que son consistentes y predecibles, tal como se revisaron en el apartado 3.7.1.2.

La solución a los problemas generados por las variaciones de fusión inducidas por cizallamiento en los sistemas de distribución de segunda generación son los métodos patentados denominados *tecnologías de rotación de fusión*. Existen dos tecnologías destacadas de rotación patentadas y son: MeltFlipper® y iMARC™.

Cuando un canal hace un cambio de dirección se debe de colocar un pozo, su diseño se muestra en la siguiente sección.

### **3.7.1.4 POZOS FRÍOS**

La principal función de un pozo frío o trampa es eliminar el frente frío de la masa en estado de fusión cuando hace un cambio de dirección. El pozo frío evita que la masa enfriada por los canales llegue a la cavidad [42]. Aunque las últimas investigaciones han reportado que la gran cantidad de masa fría queda retenida en el pozo frío del bebedero [51]. En la Fig. 3.40 se muestran las dos maneras de calcular un pozo frío [51], [52]. La elección de diseño estará en función del estudio del recorrido de la masa fundida, la cantidad de desperdicio permitido en la colada y la calidad de la pieza, principalmente.

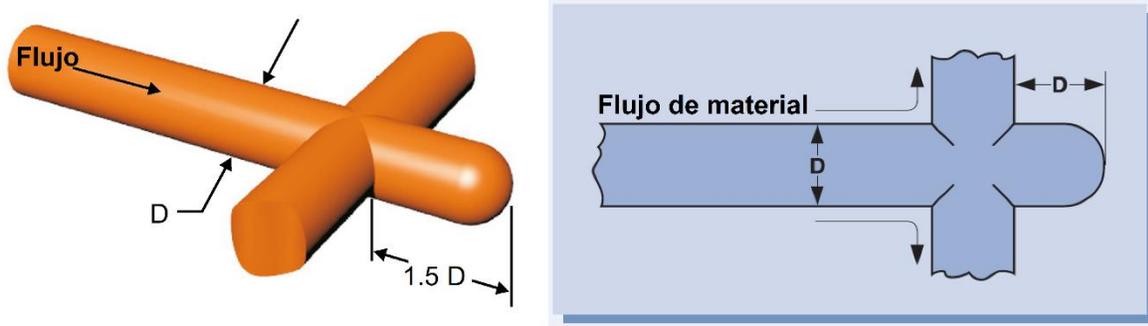


Fig. 3.40 Cálculo de un pozo frío [51], [52].

### EXPULSOR DE LA COLADA

Al diseñar moldes de colada fría, se debe tener en cuenta la expulsión de la colada y el bebedero. Para expulsar la colada es necesaria una propuesta para que tanto la colada como la mazarota no se adhieran al plato A, sino que se impregnen al plato B. De esta manera, usando el mecanismo de expulsión sea más fácil la recepción de la colada junto con las piezas plásticas. En la Fig. 3.41 se muestran las diferentes maneras de configurar un pozo frío y el perno central expulsor.

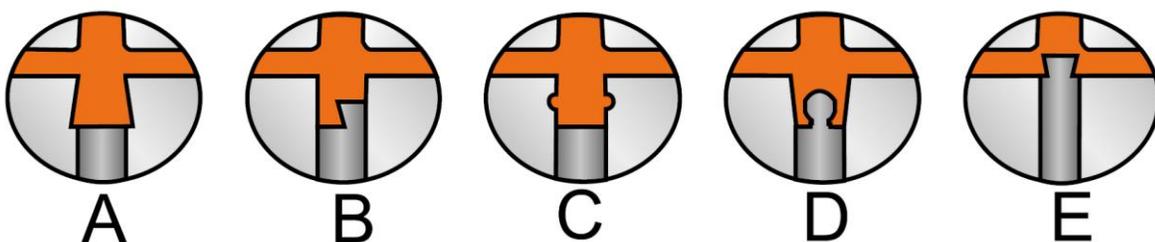


Fig. 3.41 Expulsores de colada y mazarota [51].

Se recomiendan los diseños A, B y C. El diseño D se sugiere para aplicaciones en las que es deseable que un robot tome la colada del molde. El diseño E da como resultado una restricción de flujo y, por lo tanto, debe evitarse [51].

En la Fig. 3.42 y en la Fig. 3.43 se muestra cómo debe diseñarse el expulsor central de colada y bebedero.

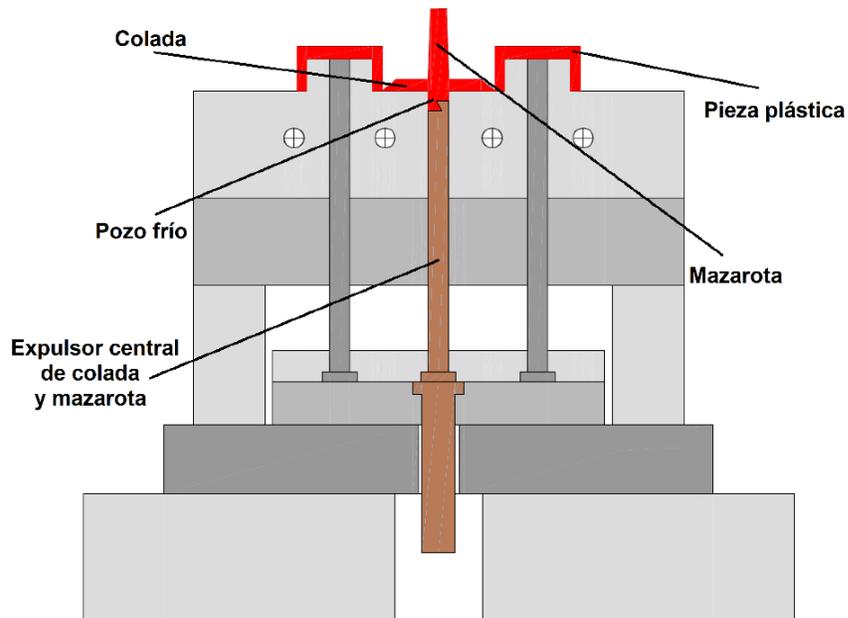


Fig. 3.42 Ubicación del expulsor central para retirar la colada y la mazarota [53 modificada].

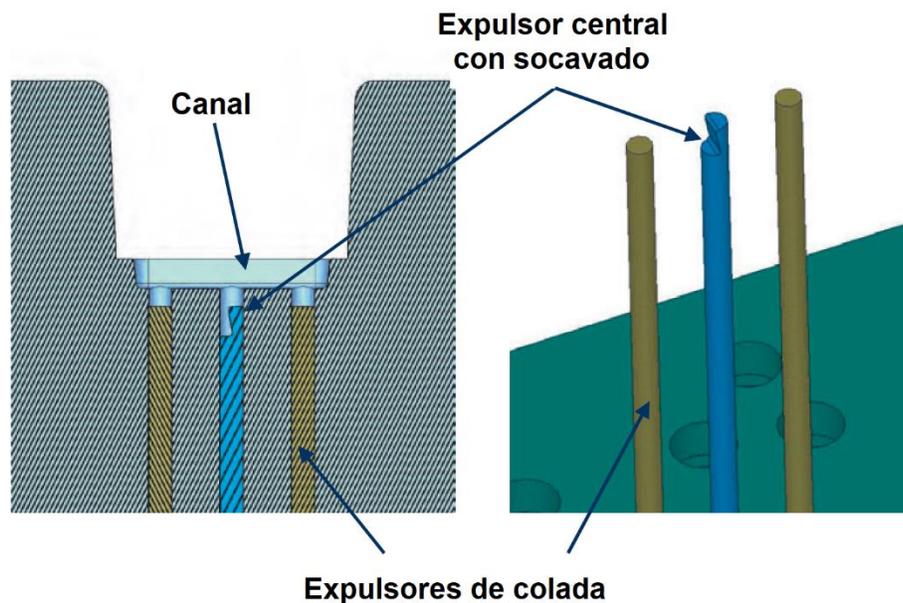


Fig. 3.43 Diseño del canal y pozo frío para una eficiente retención y expulsión de la colada y la mazarota [54].

### 3.7.2 PUNTOS DE INYECCIÓN O COMPUERTAS

La compuerta es el enlace entre la pieza plástica y el sistema de canales. Además, facilita la separación de la colada con la pieza moldeada. El tamaño, la forma y la ubicación de la entrada pueden afectar significativamente la pieza plástica. Las principales características de la compuerta son: permitir una separación fácil, opción a separación automatizada de la pieza con el sistema de corredera o canales, al mismo tiempo que permita el llenado y empaque de la pieza.

#### FORMA DE LAS COMPUERTAS

Existen muchos tipos de compuerta y algunas se muestran en la Fig. 3.44.

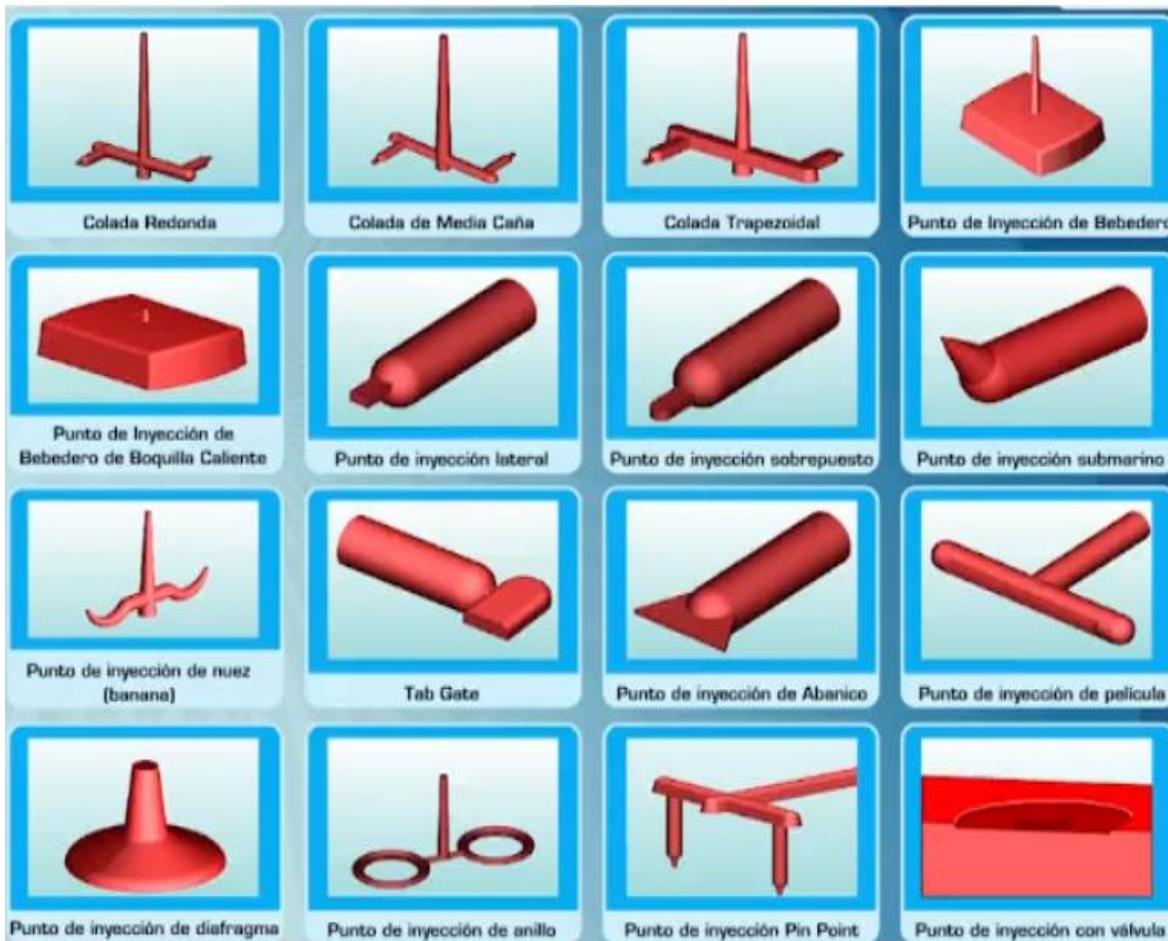


Fig. 3.44 Tipos de compuerta [43].

### **UBICACIÓN DE LAS COMPUERTAS**

La elección de la compuerta está en función de la pieza plástica. Una vez modelada, se determina la compuerta o el número de compuertas necesarias, así como el punto o los puntos más adecuados para colocar las compuertas e inyectar la pieza plástica [43]. Se sugiere usar software especializado para simular el llenado de las diferentes cavidades del molde. Buscar siempre la simetría geométrica, de presión y de llenado en todas las cavidades del molde, simulando todo el molde y no solamente una cavidad [43].

Una pieza debe inyectarse con una compuerta bien ubicada, en una posición que no perjudique la apariencia de la pieza. Las compuertas también deben ubicarse en el área más gruesa de la pieza, lo que permite que el material fluya desde las áreas más gruesas hacia las áreas más delgadas, manteniendo el flujo y las rutas de empaque [51]. La entrada en secciones delgadas de una pieza dará como resultado la congelación prematura de la región delgada, lo que evitará que las secciones más gruesas se empaquen. Esto puede resultar en deformaciones, hundimientos y/o vacíos [51]. Para evitar trampas de aire, las compuertas deben colocarse de modo que se pueda ventilar la última cavidad que se va a llenar. Evitar colocar las compuertas en lugares donde haya cambios repentinos en el grosor, puede causar retardos en el llenado, marcas de hundimiento y vacíos [51].

Las compuertas más comunes son:

- Circular o redonda
- Cuadrada
- Rectangular o Slit
- Anillo
- Triangular

### TAMAÑO DE LAS COMPUERTAS MÁS COMUNES

Se recomienda que el espesor o el diámetro de una puerta, sea del 40% al 70% del espesor de la pared de la parte a la que está unida [52]. Iniciar el análisis con el 60% del espesor de la pared a la que se va a unir la compuerta [43].

Las longitudes de las compuertas deben ser lo más cortas posible para reducir la caída de presión. Una entrada más corta también tenderá a mejorar el empaque en moldes de canal frío. Son deseables longitudes de compuerta de 0.5 a 1mm [51].

### VELOCIDAD DE CORTE O *SHEAR RATE*

Una vez elegida la compuerta la compuerta más adecuada para inyectar la pieza plástica debe de calcularse el *Shear Rate* o velocidad de corte, con base a su forma. Usar la ecuación más adecuada a la forma de la compuerta, para las más comunes su valor se calcula con las siguientes ecuaciones [50], [51]:

$$\text{Compuerta circular} \quad \dot{\gamma} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot r^3} = \frac{32 \cdot Q}{\pi \cdot d^3} \quad \text{Ec. 3.11}$$

$$\text{Compuerta cuadrada} \quad \dot{\gamma} = \frac{50 \cdot Q}{7 \cdot L^3} \quad \text{Ec. 3.12}$$

$$\text{Compuerta rectangular} \quad \dot{\gamma} = \frac{6 \cdot Q}{w \cdot h^2} \quad \text{Ec. 3.13}$$

$$\text{Compuerta anular} \quad \dot{\gamma} = \frac{6 \cdot Q}{\pi \cdot (r_{int} + r_{ext})(r_{int} - r_{ext})^2} \quad \text{Ec. 3.14}$$

$$\text{Compuerta triangular} \quad \dot{\gamma} = \frac{10 \cdot Q}{3 \cdot L^3} \quad \text{Ec. 3.15}$$

El valor obtenido debe ser menor al valor de la velocidad de corte máxima permitida por el polímero a inyectar. En la Tabla 3.11 se muestran los valores de *Shear Rate* o velocidad de corte de los polímeros más usados. En la Fig. 3.45 se muestra el efecto Diesel, por sobrepasar la velocidad de corte, a lo largo de los canales, al valor máximo permitido del polímero inyectado.

Tabla 3.11 Velocidad límite de corte [51]

Tipo de polímero	Descripción	Shear-rate límite
		1/s
ABS	Acrilonitrilo Butadieno Estireno	50,000
GPPS	Poliestireno de uso general	40,000
HIPS	Poliestireno de alto impacto	40,000
LDPE	Polietileno de baja densidad	40,000
HDPE	Polietileno de alta densidad	40,000
PA6	Poliamida 6 - Nylon 6	60,000
PA66	Poliamida 66 - Nylon 66	60,000
PBT	Polibutileno Tereftalato	50,000
PC	Policarbonato	40,000
PET	Polietileno Tereftalato	Desconocido
PMMA	Polimetilmetacrilato	40,000
PP	Polipropileno	100,000
PVC	Policloruro de Vinilo Flexible	20,000
RPVC	Policloruro de Vinilo Rígido	20,000
SAN	Estireno acrilonitrilo	40,000
PSU	Polisulfona	50,000

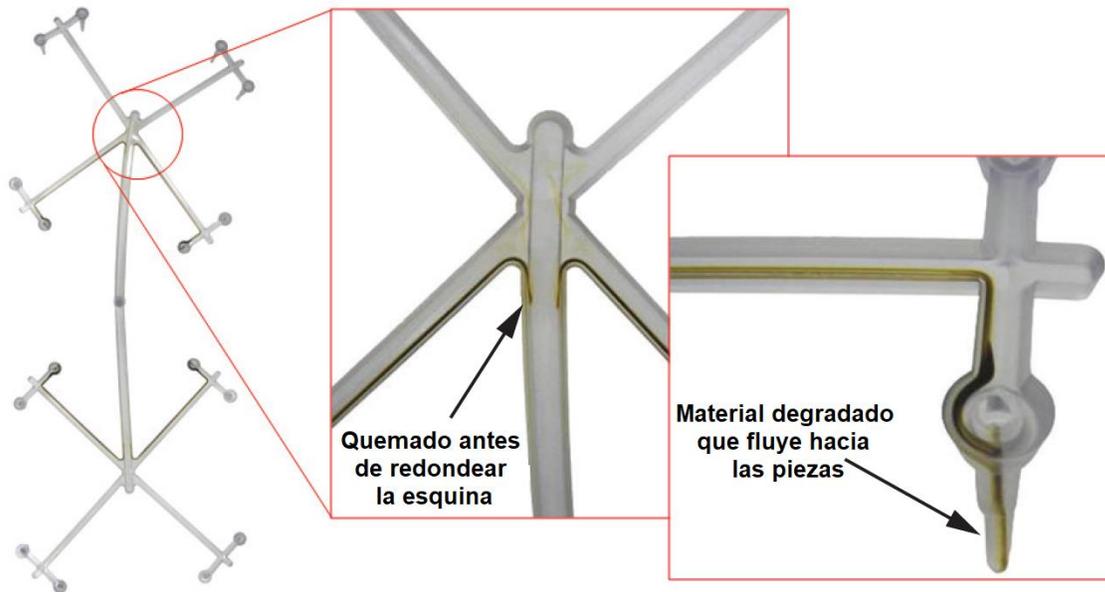


Fig. 3.45 Efecto Diesel por sobrepasar la velocidad límite de corte laminar [56]

### **DESEQUILIBRIO POR VARIACIÓN EN LAS TOLERANCIAS DE LAS COMPUERTAS**

Todo el proceso de llenado de las cavidades se supone con un llenado equilibrado y que todas las compuertas son exactamente idénticas. El llenado desequilibrado puede hacer que la velocidad de corte aumente hasta más del doble en las últimas cavidades de llenado. Si una compuerta se manufactura con diferente tolerancia influye mucho en la variación de presión. En la Tabla 3.12 se muestran diferentes diámetros circulares con sus respectivas tolerancias de diámetro para su manufactura. Se observó que para diferentes tolerancias del diámetros de la compuerta se presenta una variación en la caída de presión conforme se incrementan los diámetros de la compuerta [52].

Tabla 3.12 Cambio de la presión en la cavidad por variación de la tolerancia de la compuerta.

Diámetro de la compuerta (mm)	Tolerancia			
	+/- 0.00508	+/- 0.0127	+/- 0.0254	+/- 0.0508
	% Var. Presión	% Var. Presión	% Var. Presión	% Var. Presión
0.508	8%	22%	49%	123%
1.106	4%	11%	22%	49%
1.524	3%	7%	14%	31%
2.032	2%	5%	11%	22%
2.540	2%	4%	8%	17%

Se observa que, a un determinado diámetro de compuerta, con tolerancia holgada; el cambio de presión se incrementa. Y a valores de diámetro inferiores a 1mm los cambios de presión se incrementan de manera importante. Por tanto, los diámetros de las compuertas deben ser manufacturadas con mucha precisión.

### 3.7.3 EL BEBEDERO

El bebedero es la parte del molde que recibe el polímero en estado de fusión y lo entrega al canal principal en un molde multicavidad o directamente a la cavidad en un molde de una sola pieza plástica. El bebedero debe tener forma cónica para facilitar el desmolde de la mazarota. En la sección 4.5.1, el cálculo de los diámetros de los canales sirve para calcular el diámetro base del bebedero. Para el resto del diseño del bebedero considerar las medidas en la Fig. 3.46.

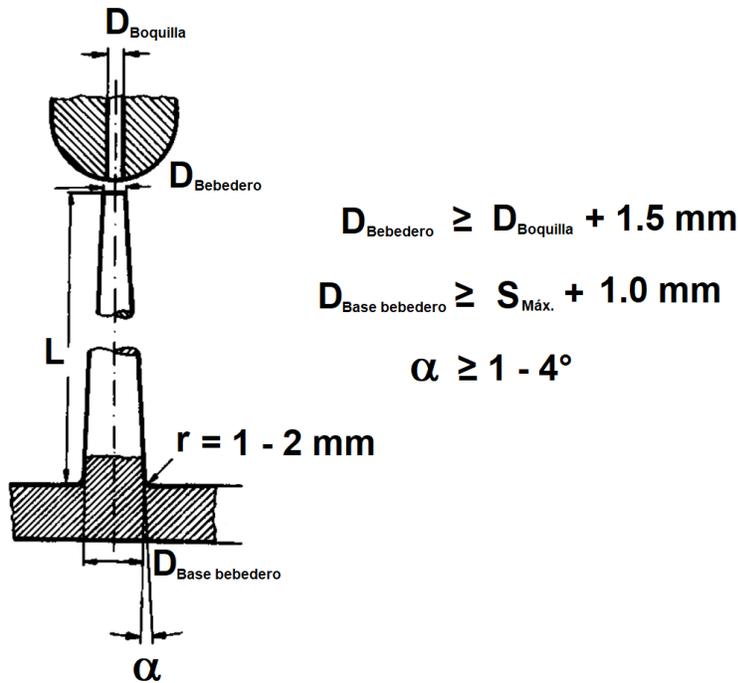


Fig. 3.46 Guía para el cálculo del bebedero [46 modificado].

Cuando el bebedero se usa de manera directa con la pieza plástica, es decir, el molde tiene solamente una cavidad. Entonces, se puede uno apoyar en la información de la Tabla 3.13.

Tabla 3.13 Valores estándar para diámetros de bebedero conectado de manera directa [53].

Masa de la pieza en gramos	Diámetro de la compuerta directa en mm
0,5 - 10	2.5 - 3.5
10 - 20	3.5 - 4.5
20 - 40	4.0 - 5.0
40 - 150	4.5 - 6.0
150 - 300	4.5 - 7.5
300 - 500	5.0 - 8.0
500 - 1000	5.5 - 8.5
1000 - 5000	6.0 - 10.0

## FUNDAMENTOS PARA EL DISEÑO DE UN MOLDE DE INYECCIÓN

El diámetro de la puerta directa no debe ser mucho mayor que el mayor espesor de pared de la pieza moldeada [53].

A manera de ejemplo, para un molde de ocho piezas geoméricamente equilibrado se aplican las ecuaciones Ec. 4.11 y Ec. 4.12 para calcular los canales D0, D1 y D2. La base del bebedero, Bb, será D3 y el diseño tiene la ventaja de mantener la velocidad de flujo constante en todos los ramales, se propone una velocidad de flujo de 0.18 m/s. Los resultado se muestran en la Fig. 3.47.

Los valores obtenidos con incrementos de 0.5 mm y de 1mm para los diámetros de los siguientes canales, se muestran en el lado derecho de la Fig. 3.47.

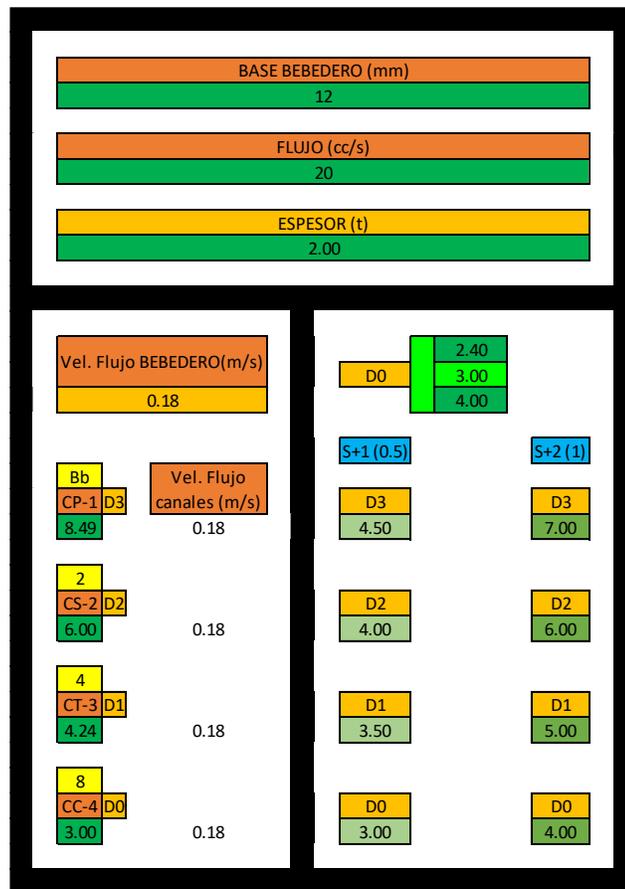


Fig. 3.47 Ejemplo para calcular los diámetros de los canales y la base del bebedero.

La desventaja de usar los resultados del lado izquierdo de la Fig.4.40 es el aumento del desperdicio de polímero en la colada y de la mazarota. Los resultados del lado derecho tienen la ventaja de tener menos desperdicio, pero no hay equilibrio en la velocidad de flujo del polímero en los canales.

### **3.8 EL SISTEMA DE EXPULSIÓN**

El sistema de expulsión es el responsable de retirar la pieza plástica del molde, para ello, se debe asegurar que la pieza moldeada quede adherida del lado del sistema expulsor después de que se abre el molde.

#### **3.8.1 Tipos de sistemas de expulsión**

El proceso del sistema es simple, expulsar la pieza moldeada del molde. Sin embargo, la sencillez o la complejidad del diseño del sistema de expulsión dependerá de la pieza plástica. Por tanto, se pueden presentar los siguientes casos para desmoldar una pieza plástica [53]:

- Las piezas plásticas sin retenciones se pueden desmoldar con pasadores expulsores.
- Las piezas plásticas con retenciones se pueden desmoldar con deslizadores o mordazas.
- Las piezas plásticas con roscas internas o externas se pueden desmoldar a la fuerza, desatornillar con núcleos giratorios o desmoldar con núcleos colapsables.

Para resolver los tres casos para desmoldar una pieza plástica se tienen los siguientes sistemas de expulsión [53], [57]:

- Sistema de pernos
- Placa separadora
- Expulsor mushroom
- Expulsor de aire
- Movimientos laterales
  - Pernos inclinados
  - Elementos deslizantes
- Desenrosque
- Núcleos colapsables
- Combinaciones

El sistema de expulsores es el más común y es el sistema que se analiza a continuación para aplicarlo al molde de cuchillos de mesa desechables. La descripción detallada de cada sistema sale de los objetivos del presente documento.

### **Sistema de expulsores**

Un expulsor es el elemento que quita a la pieza plástica del molde. Y existen diferentes tipos de expulsores [54]:

- Expulsor redondo
- Para superficies planas
- Expulsor de álabes
- Para nervios y paredes finas
- Expulsor de manga
- Para expulsar domos
- Expulsores de cuchillas
- Expulsores de mazarota
- Expulsores inclinados
- Expulsores de dos etapas

La descripción de cada expulsor es un tema amplio y sale de los objetivos del presente documento. El expulsor redondo con cabeza plana es el más usado y sus características se muestran en la Fig. 3.48.

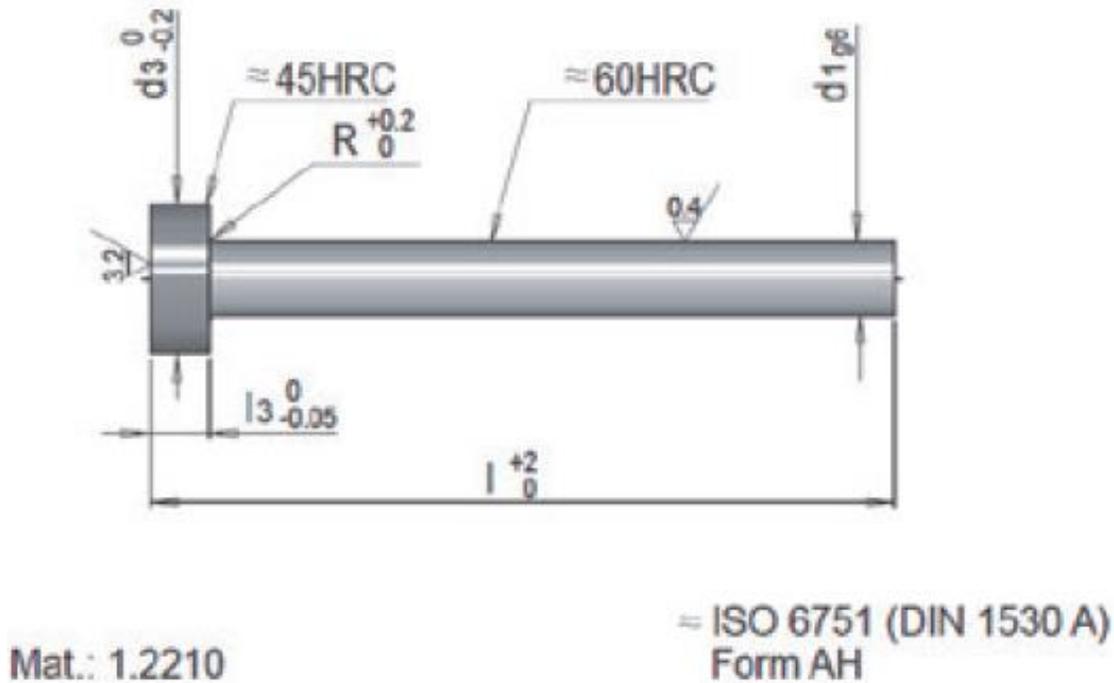


Fig. 3.48 Expulsor redondo con cabeza plana [54].

“El diámetro de los expulsores es: tan pequeño como sea posible, pero tan grande como sea necesario” [54]. El número de expulsores y sus dimensiones deben ser suficientes para que la pieza moldeada pueda ser expulsada del molde sin ser dañada.

Respecto al expulsor principal, se le incorpora un destalonado. El socavado es para asegurar que el bebedero se extraiga del casquillo del bebedero y se adhiera a la mitad móvil. El destalonado solo es efectivo mientras el expulsor se encuentra en su guía, con el conjunto expulsor retraído. Tan pronto como el eyector se mueve hacia adelante, la socavación queda libre y el bebedero puede caerse del molde.

## 3.8.2 Proceso del diseño del sistema de expulsión

El proceso de diseño del sistema de expulsión consiste en:

- Identificar las superficies de separación del molde
- Estimar las fuerzas de expulsión
- Determinar el perímetro y el área de empuje del expulsor
- Especificar el tipo, número y tamaño de los expulsores, considerando su mejor ubicación.

### 3.8.2.1 Identificar las superficies de separación del molde.

La superficie de separación es el área común entre la pieza moldeada y el núcleo donde es posible ejecutar la expulsión de la pieza plástica. Desmoldear puede ser un proceso simple o muy complejo, depende de la cantidad y de la ubicación de las superficies de separación. Si la pieza moldeada no tiene requisitos especiales puede tener solamente una superficie de separación y el desmoldeo se vuelve un proceso relativamente fácil, sin embargo, si la pieza moldeada tiene requerimientos especiales entonces se pueden generar muchas superficies especiales y se deben diseñar sistemas de expulsión complejos.

### 3.8.2.2 Estimar las fuerzas de expulsión

Una vez determinada la superficie de separación se estima la fuerza de expulsión a través de la Ec. 3.16 y de la Ec. 3.17. En la Fig. 3.49 se muestran los vectores de la fuerza de expulsión [50]:

$$F_{fricción} = \mu_s \cdot F_{normal} \quad \text{Ec. 3.16}$$

$$F_{Exp} = \cos(\phi) \cdot F_{fricción} = \mu_s \cdot \cos(\phi) \cdot F_{normal} \quad \text{Ec 3.17}$$

donde

$F_{Exp}$  = Fuerza de expulsión requerida para remover a la moldura

$F_{normal}$  = Fuerza normal a la superficie de separación

$\mu_s$  = Coeficiente de fricción estática

$F_{fricción}$  = Fuerza de fricción

$\phi$  = Ángulo asociado entre la fuerza normal y la fuerza de fricción.

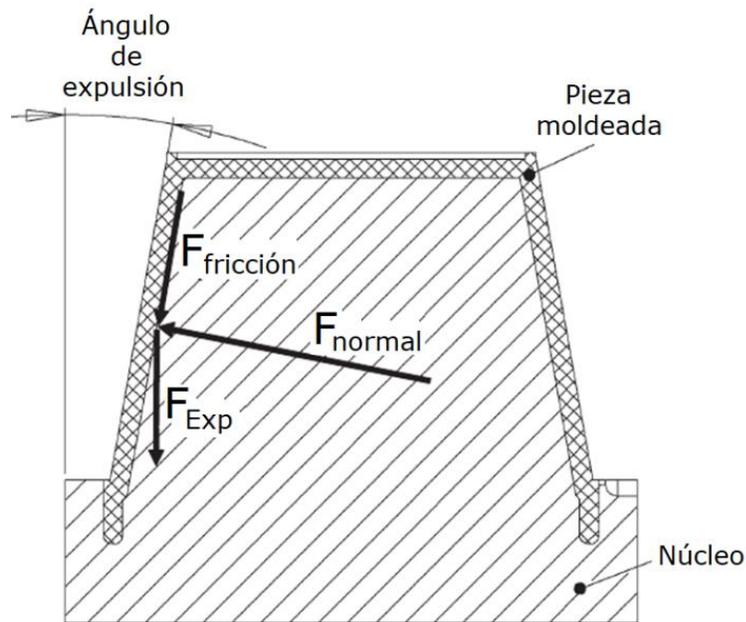


Fig. 3.49 Representación vectorial de las fuerzas concurrentes entre el núcleo y la pieza moldeada [50].

Los valores aproximados del coeficiente de fricción varían desde 0.3 para superficies muy pulidas (baja rugosidad superficial) hasta más de 1.0 para superficies rugosas y/o texturizadas [50]. En la Tabla 3.14 se muestran algunos datos del coeficiente de fricción generados de acuerdo con ASTM D 1894.

Tabla 3.14 Coeficiente de fricción estática para diferentes tipos de polímeros y el acero P-20 [50].

Polímero	Acero P-20
ABS	0.40
HIPS	0.23
HDPE	0.35
PA6	0.54
PC	0.31
PP	0.36

Dado que el polímero fundido no puede soportar la tensión de tracción en estado fluido, la deformación térmica,  $\varepsilon$ , se estima para el plástico solidificado como el coeficiente de expansión térmica del material plástico,  $CTE$ , multiplicado por la diferencia entre la temperatura de solidificación,  $T_{solidificación}$ , y la temperatura de expulsión,  $T_{expulsión}$ [50], la representación matemática se muestra en la Ec. 3.18:

$$\varepsilon = CTE \cdot (T_{solidificación} - T_{expulsión}) \quad \text{Ec. 3.18}$$

Si bien habrá relajación de la tensión a medida que el polímero fundido se vuelve rígido, las suposiciones conservadoras son que la deformación se desarrolla con el material en su módulo de temperatura ambiente,  $E$ , y que la pieza moldeada se expulsa a temperatura ambiente (alrededor de 20 °C). La tensión de tracción resultante interna a la pieza se puede calcular como una constante a lo largo de todo el moldeado como [50]:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon = E \cdot CTE \cdot (T_{solidificación} - T_{expulsión}) \quad \text{Ec. 3.19}$$

Para estimar las fuerzas normales y las fuerzas de expulsión, se debe calcular el área de la sección transversal sobre la que actúa efectivamente la tensión. Esta área efectiva,  $A_{eff}$ , no es el área proyectada de la moldura, sino el área de la sección transversal de la moldura sobre la cual actúan las tensiones residuales. La Fig. 3.50 muestra el concepto de área efectiva. La fuerza normal se puede estimar bien como el esfuerzo de tracción multiplicado por el área de la sección transversal o área efectiva [50]:

$$F_{normal} = \sigma \cdot A_{eff} \quad \text{Ec. 3.20}$$

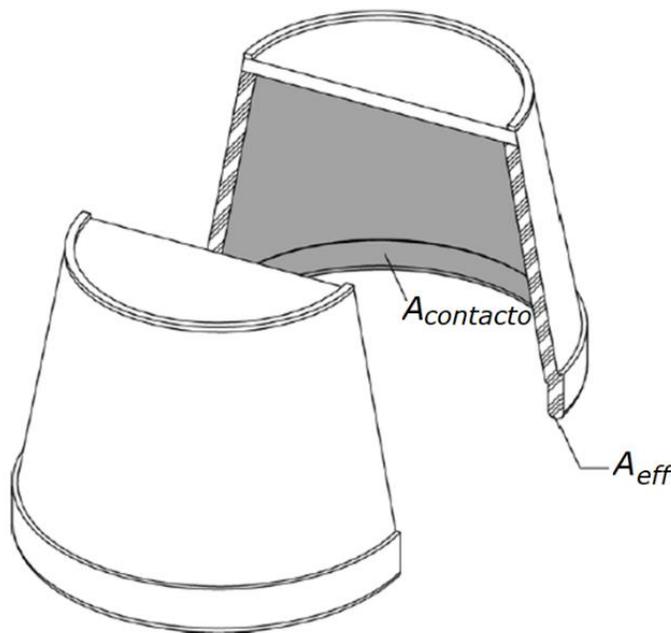


Fig. 3.50 Diferencia entre área de contacto y área efectiva [50]

La Ec. 3.21, que se muestra a continuación, es la combinación de la Ec. 3.16 a la Ec. 3.20.

$$F_{Exp} = \mu_s \cdot \cos(\phi) \cdot E \cdot CTE \cdot (T_{solidificación} - T_{expulsión}) \cdot A_{eff} \quad \text{Ec. 3.21}$$

## FUNDAMENTOS PARA EL DISEÑO DE UN MOLDE DE INYECCIÓN

---

En la Ec. 3.21 se usa el área efectiva,  $A_{eff}$ , para calcular la fuerza de expulsión, sin embargo, en un diseño de pieza plástica se hacen propuestas de nervios y éstas, deben considerarse en el cálculo del área efectiva. Por tal razón, el área efectiva con diseño de nervios se puede estimar como [50]:

$$A_{eff} = n_{paredes} \cdot h \cdot H_{paredes} + n_{nervios} \cdot h_{nervios} \cdot H_{nervios} \quad \text{Ec. 3.22}$$

donde

$n_{paredes}$  = Número de paredes laterales

$h$  = Espesor de la pared moldeada

$H_{paredes}$  = Altura promedio de las paredes laterales

$n_{nervios}$  = Número de nervios

$h_{nervios}$  = Espesor promedio de los nervios

$H_{nervios}$  = Altura promedio de los nervios

Existe otra propuesta para estimar el área efectiva y se muestra en la Ec. 3.23 [50].

$$A_{eff} = \frac{L \cdot A_{contacto}}{P \cdot \left( \frac{P}{2 \cdot h} - \frac{\lambda \cdot P}{4 \cdot h} \right)} \quad \text{Ec. 3.23}$$

donde

$h$  = Espesor de la pared moldeada

$P$  = Perímetro de la moldura

$L$  = Longitud o diámetro de la pieza moldeada

$\lambda$  = Relación de Poisson del polímero

$A_{contacto}$  = Área de contacto de la moldura con el núcleo, es decir, las superficies verticales.

Debe usarse la que estime mayor área efectiva.

En la Tabla 3.15 se muestra la relación de Poisson de los polímeros más comunes [58], [59].

Tabla 3.15 Relación de Poisson para algunos polímeros [58], [59]

Material	Relación de Poisson ( $\nu$ )
Poliestireno (PS)	0.33
Polimetil Metacrilato (PMMA)	0.33
Cloruro de Polivinilo (PVC) (no plastificado)	0.39
Nylon 66	0.44
Acetal Homo polímero (POM)	0.41
Acetal Co-polímero (POM)	0.39
Polietileno de Alta Densidad (HDPE)	0.34
Polietileno de Baja Densidad (LDPE)	0.45
Polipropileno Homo polímero (PP)	0.36
Polipropileno Co-polímero (PP)	0.40
Policarbonato (PC)	0.37

### 3.8.2.3 Determinar el perímetro y el área de empuje del expulsor.

Cuando se acciona el sistema de expulsión, se genera una fuerza de reacción,  $F_{botador}$ , entre el botador y la pieza moldeada antes de que se expulse la pieza plástica. Ver Fig. 3.51. La magnitud de esta fuerza está relacionada con:

- La fuerza de expulsión total necesaria para expulsar la pieza
- El número de botadores
- La ubicación de los botadores
- La geometría de los botadores.

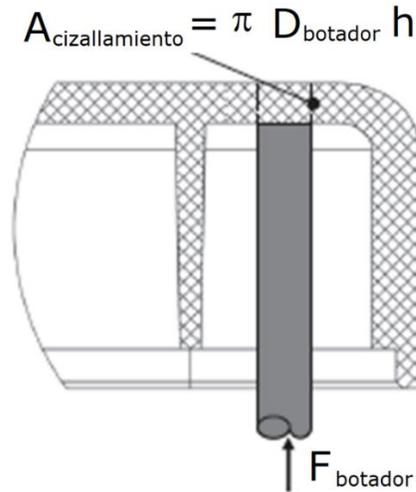


Fig. 3.51 Tensión de cizallamiento y compresión en el botador [50]

El esfuerzo de compresión sobre el botador,  $\sigma_{botador}$ , es la fuerza sobre el botador dividida por el área del botador, matemáticamente, se expresa el esfuerzo de compresión en la Ec. 3.24 [50].

$$\sigma_{botador} = \frac{F_{botador}}{A_{compresión}} = \frac{4 \cdot F_{botador}}{\pi \cdot D_{botador}^2} \quad \text{Ec. 3.24}$$

Para que no haya pandeo o fatiga de los componentes del sistema de expulsión, los niveles de la tensión de compresión deben ser inferiores a un valor límite,  $\sigma_{fatiga\ límite}$ . Este valor límite del esfuerzo de compresión depende del material y del tratamiento de los botadores, la mayoría están manufacturados con materiales endurecidos. En el caso del acero P20 se puede suponer un valor límite de 450 MPa y de la aleación de aluminio 6061 es de 95 MPa. En cualquier situación, el área de empuje total de todos los botadores,  $A_{botadores}$ , para evitar esfuerzos de compresión excesivos debe cumplir con el requisito indicado en la Ec. 3.25:

$$A_{botadores} > \frac{F_{Exp}}{\sigma_{fatiga\ límite}} \quad \text{Ec. 3.25}$$

El sistema de expulsión debe tener suficiente área de empuje para evitar que haya tensiones de cizallamiento excesivas en las piezas moldeadas durante la expulsión. Entonces, se tiene que el esfuerzo cortante o de cizallamiento ejercido sobre una pieza moldeada es la fuerza sobre los botadores dividida por el área del botador, es decir:

$$\tau_{pieza} = \frac{F_{Exp}}{A_{cizallamiento}} = \frac{F_{Exp}}{\pi \cdot D_{botador} \cdot h} = \frac{F_{Exp}}{\Omega_{botador} \cdot h} < \frac{\sigma_{polimero}}{2} \quad \text{Ec. 3.26}$$

donde

$\Omega_{botadores}$ , es el perímetro conjunto de los botadores.

Si el esfuerzo cortante de la pieza moldeada es demasiado alto, la pieza puede distorsionarse permanentemente o fracturarse, por tanto, el molde debe diseñarse de tal manera que el perímetro alrededor de todos los botadores proporcione un esfuerzo cortante menor que la mitad del esfuerzo de fluencia del polímero. Esto, implica la relación de la Ec. 3.27:

$$\Omega_{botadores} > \frac{2 \cdot F_{Exp}}{\sigma_{polimero} \cdot h} \quad \text{Ec. 3.27}$$

donde  $h$  es el espesor de la pared de la moldura sobre los botadores y  $\sigma_{polimero}$ , es el límite elástico del polímero.

El perímetro mínimo de cada botador se muestra en la Ec. 3.28

$$D_{mín_{botadores}} > \frac{\Omega_{botadores}}{\pi \cdot n_{botadores}} \quad \text{Ec. 3.28}$$

### **3.8.2.4 Especificar el tipo, número y tamaño de los botadores.**

Una vez calculada el área de empuje requerida y el perímetro de los botadores se procede a diseñar el sistema de expulsión. Durante el diseño se debe tener en cuenta que los resultados anteriores proporcionan un límite inferior para para el número y tamaño de los botadores. De igual manera, la ubicación y el tipo de botador quedan a propuesta del diseñador y requerimientos de expulsión de la pieza moldeada.

Los eyectores nunca deben instalarse sin juego. Debe haber algo de espacio libre para el cabezal del eyector en la placa de retención del eyector. Los expulsores redondos deben poder girar. Los eyectores instalados sin juego tienden a atascarse. Sin embargo, es importante que estén fijos en su posición final y no puedan moverse durante la inyección.

En la siguiente sección se tratará el venteo, tema importante para no tener daños en la pieza plástica durante la inyección del polímero y el desmolde.

### **3.8.3 Resortes**

Para el sistema de expulsión propuesto se necesita colocar resortes. Existen fabricantes que ya tienen caracterizados sus productos y nos facilitan la elección más adecuada para nuestro molde. Por ejemplo, Misumi presenta dos tipos de resortes: de alta deflexión y de alta carga. Ver Fig. 3.52 y Fig. 3.53.

# CAPÍTULO III

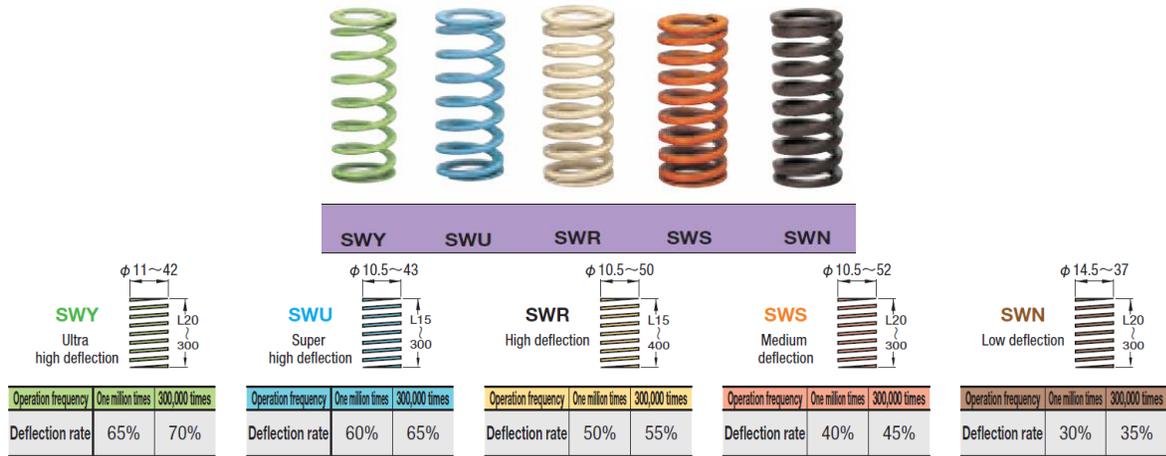


Fig. 3.52 Modelos de resorte para alta deflexión, para el sistema de expulsión [60].

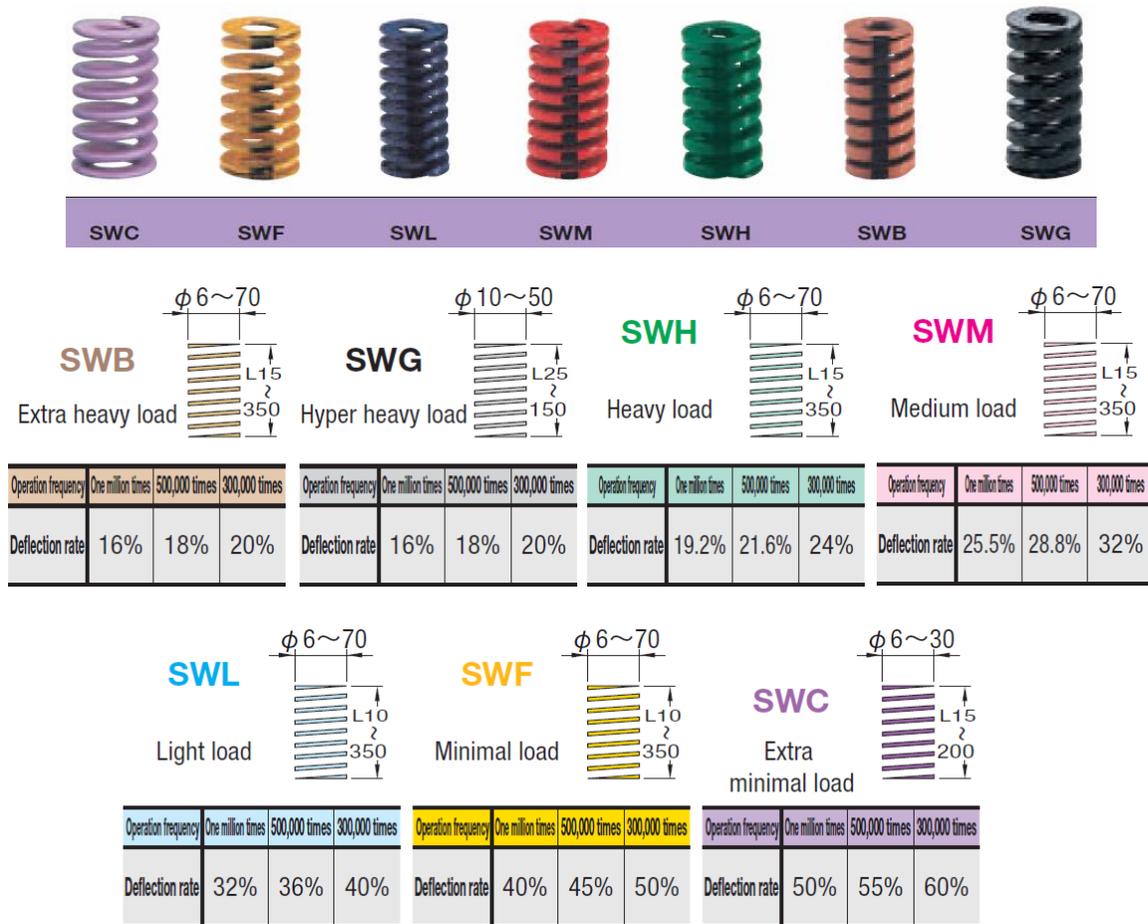


Fig. 3.53 Resortes de alta carga [60].

## FUNDAMENTOS PARA EL DISEÑO DE UN MOLDE DE INYECCIÓN

Para facilitar la selección del resorte, el fabricante proporciona las siguientes gráficas. Ver Fig. 3.54, 3.55 y 3.56.

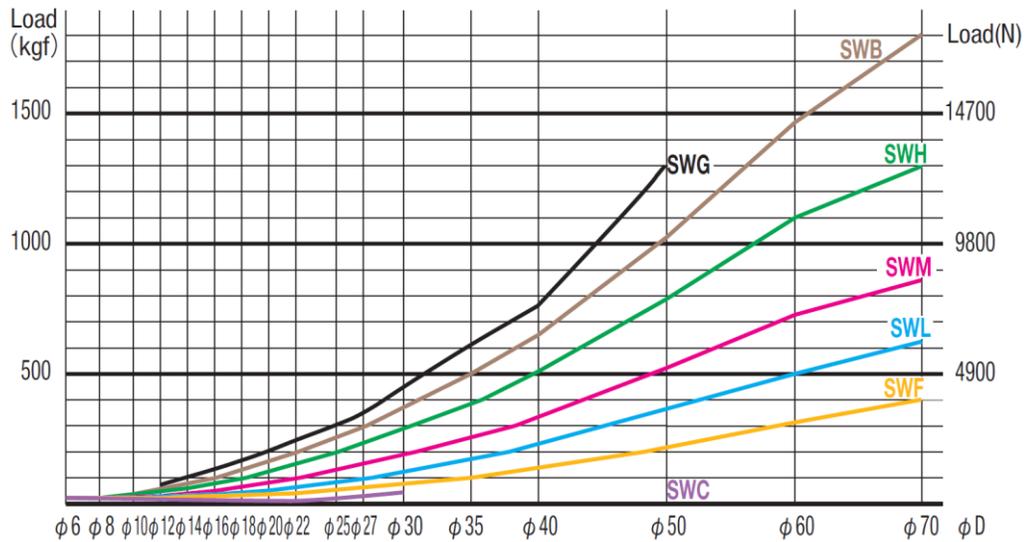


Fig. 3.54 Gráfica para seleccionar resortes para una frecuencia de operación de hasta 300,000 veces [60].

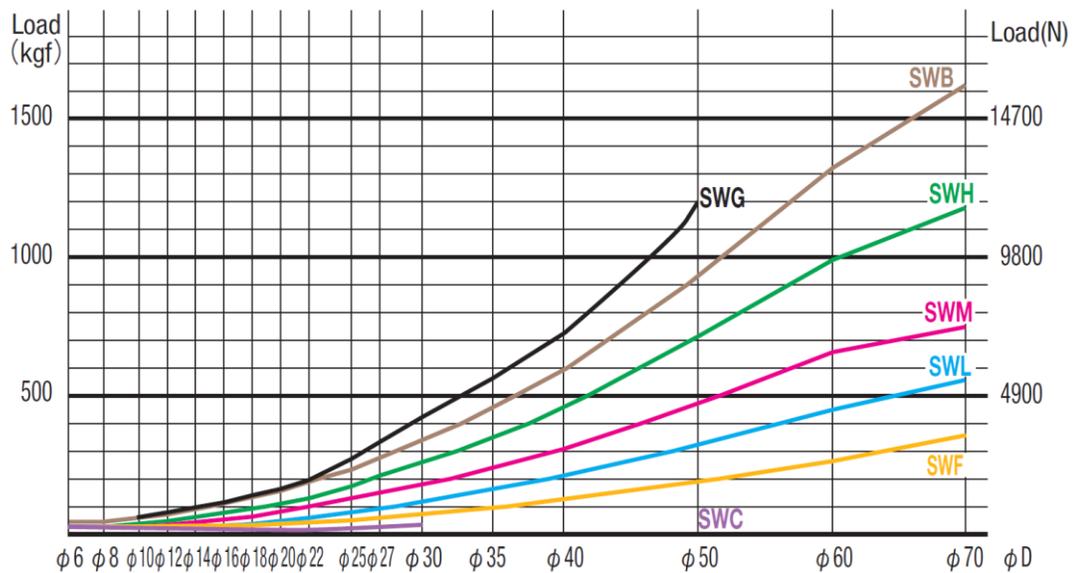


Fig. 3.55 Gráfica para seleccionar resortes para una frecuencia de operación de hasta 500,000 veces [60].

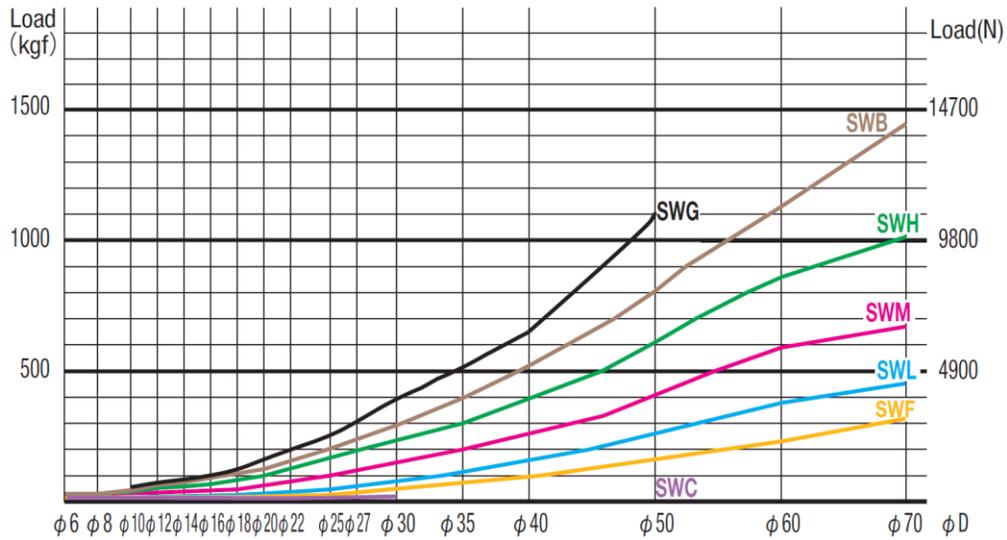


Fig. 3.56 Gráfica para seleccionar resortes para una frecuencia de operación de hasta 1,000,000 veces [60].

Es necesario calcular la carga, en kgf o en N. La Ec. 3.29 sirve para hacer conversiones entre kgf y N.

$$Carga \{kgf\} = Carga \text{ en } N \cdot 0.101972 \quad \text{Ec. 3.29}$$

En la Fig. Fig. 3.57 se muestran los parámetros a considerar en la selección de un resorte para un molde de inyección.

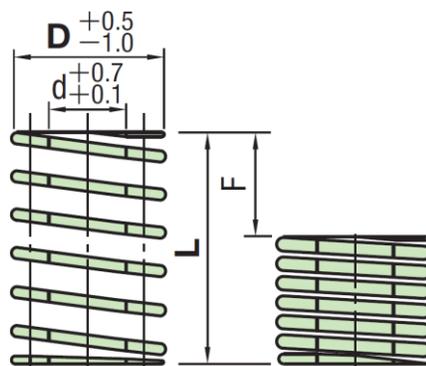


Fig. 3.57 Parámetros de un resorte para molde de inyección [4.25].

donde

D = Diámetro externo del resorte

d = Diámetro interno del resorte

L = Longitud total del resorte

F = Deflexión máxima del resorte

En la Tabla 3.16 se muestran los parámetros para elegir el resorte más adecuado al diseño del sistema del expulsor.

Tabla 3.16 Ejemplo de parámetros de un resorte SWY [60].

D	d	L	Constante resorte N/mm{kgf/mm}	F=L×65%		Número de parte
				Fmm	Carga N{kgf}	Tipo D—L
11	7	20	2.26 {0.23}	13.0	29.4 {3.0}	SWY11— 20
		25	1.81 {0.18}	16.3		25
		30	1.51 {0.15}	19.5		30
		35	1.29 {0.13}	22.8		35
		40	1.13 {0.12}	26.0		40
		45	1.01 {0.10}	29.3		45
		50	0.91 {0.092}	32.5		50
		55	0.82 {0.084}	35.8		55
		60	0.75 {0.077}	39.0		60
		65	0.70 {0.071}	42.3		65
		70	0.65 {0.066}	45.5		70
		75	0.60 {0.061}	48.8		75
		80	0.57 {0.058}	52.0		80
		90	0.50 {0.051}	58.5		90
100	0.45 {0.046}	65.0	100			

Para un uso adecuado de los resortes se sugiere que:

- Usar siempre el resorte con una guía de resorte
- Dejar un espacio libre entre el diámetro interior del resorte y la guía
- Evitar una longitud de guía corta y una profundidad de barreno de superficie poco profunda
- No usar por encima de la deflexión máxima
- Establecer una deflexión inicial
- Mantener el resorte libre de materiales extraños (basura)
- Mantener las caras del resorte paralelas
- No usar resortes en serie
- No usar resortes en paralelo, uno dentro de otro.
- Para usar el resorte horizontalmente, debe estar libre de cualquier rozamiento en sus costados.

En la siguiente sección se analizará el venteo, sección determinante para procesos de inyección muy rápidas.

### **3.9 VENTEO**

Durante el proceso de inyección, el molde debe tener los suficientes espacios para desplazar el aire contenido por el molde y no dejar salir el polímero en estado fundido. También, debe considerarse que cuando un termoplástico se calienta, emite gases, este fenómeno se conoce como emisión de gases no volátiles o NAV. Estos gases generados por el termoplástico se mezclan con el oxígeno de la cavidad y se convierte en combustible [61]. Los venteos son muy importantes en inyecciones muy rápidas [62].

Para evitar los defectos en las piezas plásticas por falta de venteos, la velocidad con la que ingresa el polímero es la velocidad con la que debe salir el aire y los gases generados por el polímero. De lo contrario se moldearán piezas defectuosas [52], [55]. Algunas fallas por una ventilación inadecuada son [52]:

- Punto quemado, puntos negros o efecto Diesel.
- Líneas de soldadura débiles y visibles.
- Mal acabado superficial.
- Malas propiedades mecánicas.
- Llenado incompleto, especialmente en secciones delgadas.
- Dimensiones irregulares.
- Corrosión local de la superficie de la cavidad del molde.

Los venteos se clasifican en dos tipos: pasivos o naturales y activos o al vacío [46] [62]. Los venteos activos son aquellos que para su implementación se necesita de algún dispositivo para extraer el aire, como son las bombas de vacío. Los venteos activos se recomiendan para procesos de inyección de microestructuras e inyección de polímeros con viscosidad extremadamente baja.

Los venteos naturales o pasivos son los canales que dejan salir los gases de las cavidades al exterior del molde, deben colocarse:

- Al final del recorrido del flujo
- Donde ocurran líneas de unión
- Zonas donde sea retenido el aire
- Colada o canal

Los venteos naturales o pasivos pueden manufacturarse de dos formas: salida continua de gas o por botadores. Respecto a los venteos de salida continua se debe tener precaución de no hacer cortes definitivos sobre el metal, se sugiere hacer cortes dimensionales inferiores a los propuestos en el diseño e ir incrementando su profundidad hasta encontrar las dimensiones adecuadas para el polímero que se está inyectando, esto para evitar lo que se conoce como rebaba o flash [52]. En las figuras 3.58 y 3.59 se muestran sugerencias de cómo proponer un venteo.

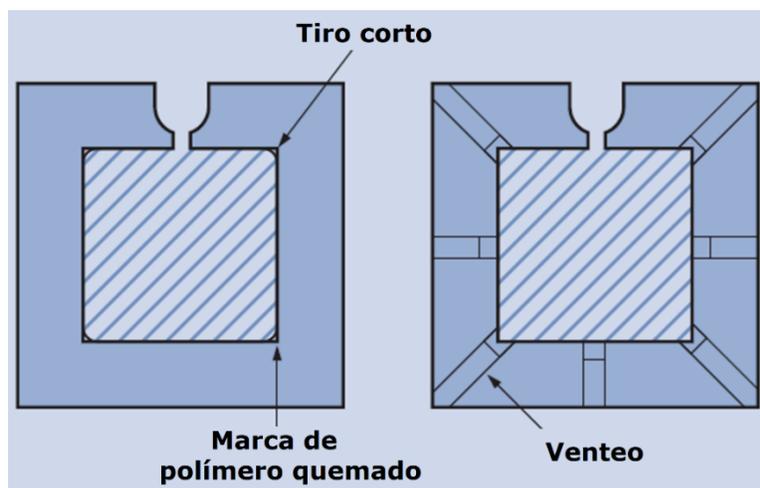


Fig. 3.58 Localización de venteos [52].

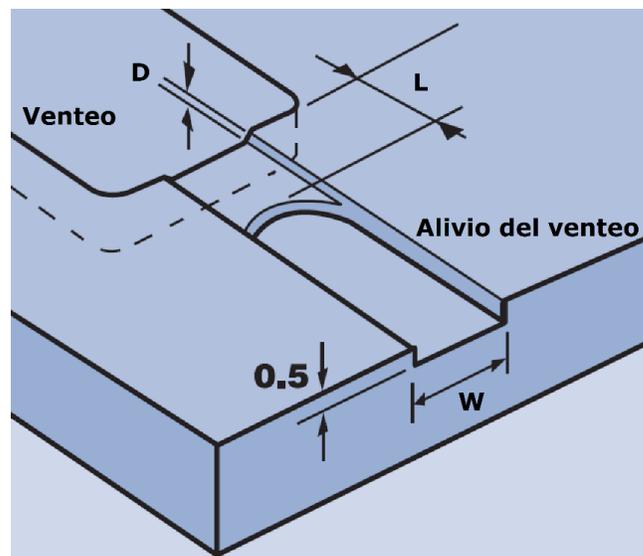


Fig. 3.59 Sugerencia de cómo hacer un canal de ventilación [52].

donde

D = es la profundidad del venteo

W = es el ancho del venteo

L = es el largo del venteo

La magnitud de la profundidad, D, se propone en función de la viscosidad del polímero a inyectar. Los polímeros que fluyen fácilmente como el Nylon requieren de una ventilación delgada y los polímeros con alta viscosidad requieren ventilaciones más gruesas, como el policarbonato [55]. En la tabla 3.17 se proponen algunas profundidades y largos, en pulgadas, de los venteos para determinados polímeros [42].

Tabla 3.17 Profundidades recomendadas para venteos [42].

POLÍMERO	PROFUNDIDAD (pulgadas)		LARGO (pulgadas)	
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
ABS, SAN	0.002	0.003	0.03	0.05
POM	0.0005	0.0015	0.04	0.05
PMMA	0.0015	0.003	0.04	0.05
PA	0.0005	0.0001	0.02	0.04
PC	0.001	0.003	0.03	0.05
PET, PBT	0.0005	0.0015	0.03	0.05
PE	0.001	0.002	0.02	0.04
PP	0.001	0.002	0.02	0.04
PS	0.001	0.003	0.03	0.05
PVC-R	0.001	0.003	0.04	0.05
PVC-F	0.0005	0.002	0.03	0.05

Cuanto más viaje el aire que sale por el venteo más humedad se acumulará, debido al paso de los gases calientes sobre un metal relativamente frío. Por tanto, la dimensión  $L$  debe mantenerse al mínimo, pero no menos de 0.031 pulgadas (0.79 mm). Menos de eso puede provocar que el acero del molde se desprenda. Como máximo, no queremos más de 0.125 pulgadas (3.2 mm). Más que eso,  $L$ , causará una condensación excesiva y la formación de depósitos [55].

El ancho del venteo,  $W$ , debe tener un valor mínimo de 3.2 mm, aunque un valor común es de 6.4 mm; realmente el ancho de venteo puede rodear completamente a la pieza, como se muestra en la Fig. 3.60 [63]

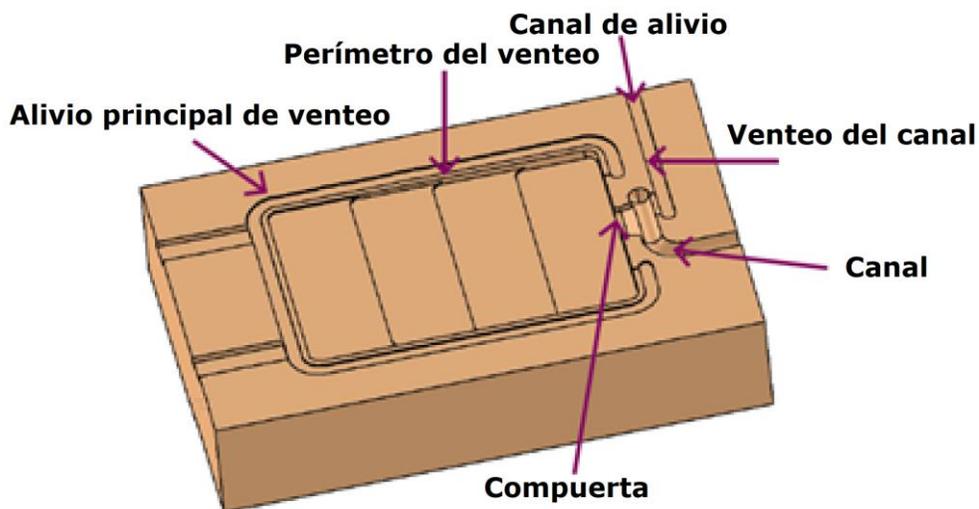


Fig. 3.60 Venteo semicontinuo alrededor de un inserto de cavidad [63].

Pero se puede emplear la regla empírica que indica que al menos el 30% del perímetro de la línea divisoria de la cavidad debe ventilarse [55].

Una manera matemática muy conservadora de estimar la magnitud de la profundidad,  $D$ , del venteo es usando la Ec. 3.30 [50].

$$D_{\text{venteo}}^{\text{mínimo}} = \sqrt[3]{\frac{12 \cdot \mu_{\text{aire}} \cdot \dot{V}_{\text{aire}} \cdot L}{\Delta P_{\text{aire}} \cdot W}} \quad \text{Ec. 3.30}$$

donde

$\mu_{\text{aire}}$  = viscosidad aparente del aire =  $1.8 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s}$

$\dot{V}_{\text{aire}}$  = tasa de flujo volumétrico a través del venteo.

$\Delta P_{\text{aire}}$  = caída de presión permisible del aire a través del venteo.

Para evitar comprimir el gas y aumentar la presión sobre el polímero fundido se puede proponer una caída de presión permisible de 14.7 psi o 0.1 MPa [50]. El uso de la Ec. 4.33 es una recomendación común en la industria [50].

Respecto a los venteos por botadores, se usan cuando se requiere una salida de los gases en un lugar complicado del molde. Este tipo de venteo tiene varias ventajas: el accionamiento del botador sirve para despejar el canal de ventilación entre el expulsor y el núcleo; los botadores se usan comúnmente como venteos porque es necesario especificar un espacio libre alrededor del botador para proporcionar un ajuste deslizante [50]. En la manufactura de moldes, el espacio libre diametral entre el botador y su orificio suele ser de 0.005 pulgadas, lo que deja un espesor de 0.0025 pulgadas en cada lado para la ventilación [50]. Esto es un poco más grande que los espesores de ventilación sugeridos anteriormente, pero se recomienda porque la holgura es útil para evitar el aumento de la fricción por deslizamiento y el pandeo del botador. La marca que genera el botador en la pieza moldeada debe ubicarse en una superficie no estética de la pieza.

### 3.10 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

La función del sistema de refrigeración es mantener constante la temperatura del molde de inyección a pesar de los cambios en la temperatura ambiente, la humedad y la temperatura de la máquina. Un molde mal controlado en su temperatura afecta al tiempo de ciclo y a la calidad de la pieza inyectada [54]. En la Fig. 3.61 se muestra el comportamiento de la temperatura del molde durante el proceso de moldeo.

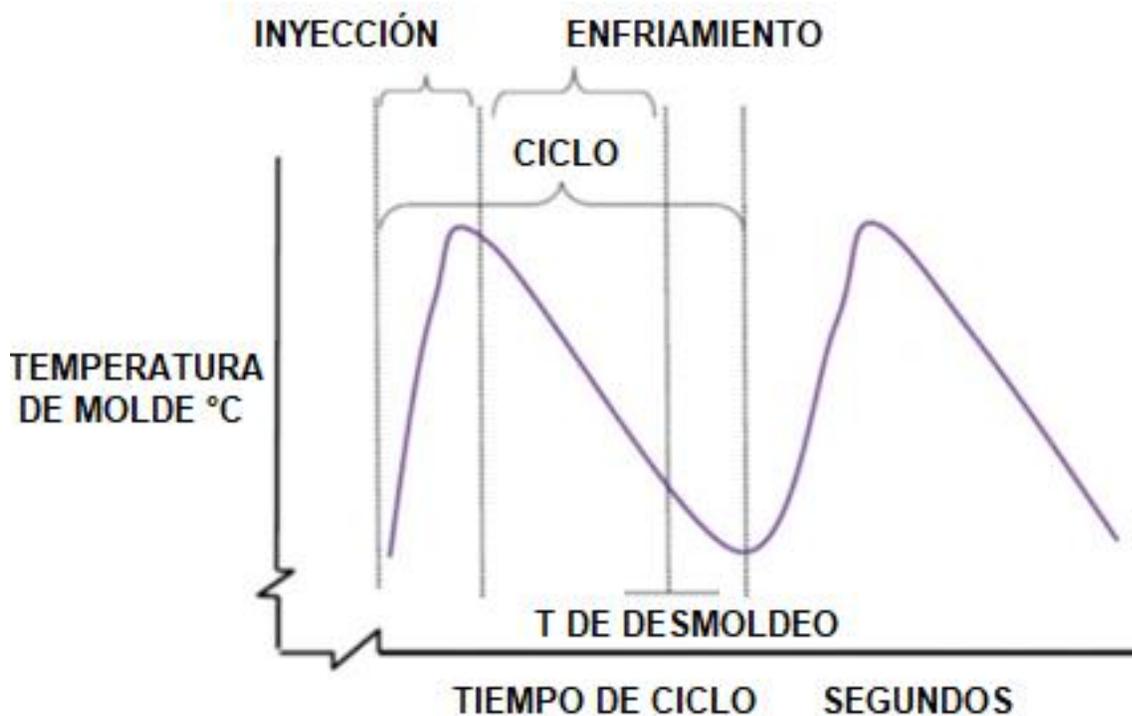


Fig. 3.61 Comportamiento de la temperatura en la pared del molde en cada ciclo de inyección [58].

En la Fig. 3.62 se muestran los efectos de desmoldear a alta o a baja temperatura.

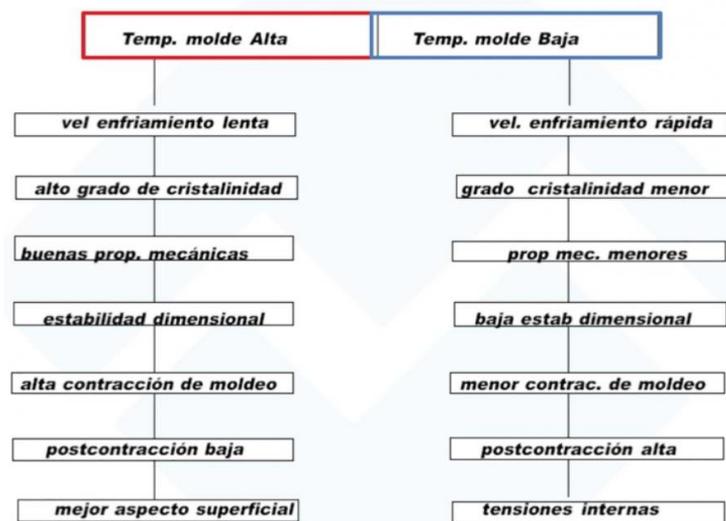


Fig. 3.62 Efectos de la temperatura de molde alta y baja [58].

Los termoplásticos necesitan enfriarse a una tasa de cristalización óptima antes de ser expulsados. En la Tabla 3.18 se muestran las temperaturas más recomendadas de desmoldeo.

Tabla 3.18 Temperaturas de molde recomendadas para algunos polímeros [58].

Termoplásticos amorfos		Termoplásticos semi cristalinos	
PS	20-80	LDPE	20-60
SBC	10-60	HDPE	20-60
SAN	40-80	PA6	80-90
ABS	60-80	PA66	40-90
PVC	20-60	PA 610	40-90
CA	50-80	PA12	40-80
PMMA	40-80	POM	40-120
PC	80-120	PET	90-160
PPO	80-120	PBT	40-100
PA	70-100	PPS	130-150

Respecto al polipropileno (PP); si la apariencia de la pieza no es importante, los moldes deben mantener a temperaturas entre los 10 y 27 °C. Evitar condensación en el molde. Si el brillo de la pieza plástica es una característica importante de acabado, mantener una temperatura del molde entre 38 y 60 °C [64].

Para controlar el enfriamiento de los moldes se usa: agua, para temperaturas de hasta 100°C; aceite, cuando las temperaturas superan los 300°C; electricidad, para mediana y alta temperatura.

Un molde mal enfriado presenta las siguientes consecuencias:

- Los tiempos de enfriamiento y el ciclo del proceso son más largos.
- Contracción diferencial y deformación en el molde

Matemáticamente se tiene que: en la conducción del calor en estado estacionario, la tasa de transferencia del calor,  $\dot{Q}_{conducción}$ , es proporcional a la conductividad térmica,  $k$ , y al gradiente de temperatura del molde,  $dT/dz$ . La relación se muestra en la Ec. 3.31.

$$\dot{Q}_{conducción} = k \cdot \frac{dT}{dz} \quad \text{Ec. 3.31}$$

La Ec. 3.31 indica que un material con una constante térmica muy grande,  $k$ , se enfría más rápido, esto implica reducir el tiempo de enfriamiento de un molde. Además, la Ec. 3.31, indica que el enfriamiento del núcleo y de la cavidad se hace más rápidamente si se colocan unas líneas de enfriamiento formando un “plano” paralelo hacia el núcleo y la cavidad del molde.

El diseño de la pieza plástica y su distribución de en el molde determinan los sistemas de enfriamiento aplicables al molde. Los sistemas de refrigeración que pueden ser usados son [44], [65]:

- Enfriamiento normal por taladros en las placas. Ver Fig. 3.63.
  - Serie
  - Paralelo
- Enfriamiento por foso con chapa.
- Enfriamiento por foso con tubo
- Enfriamiento por serpentín roscado
- Tubos de transferencia de calor.

El tema de enfriamiento es muy amplio, solamente se tratará el primer sistema de refrigeración, enfriamiento normal por taladros en su configuración paralelo por ser más eficiente. En la Fig. 3.63, se muestran las dos configuraciones que puede tener ese sistema de refrigeración.

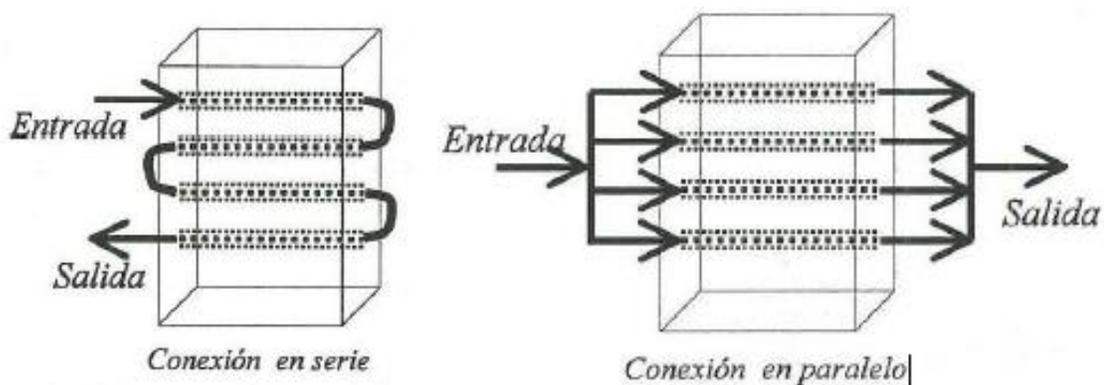


Fig. 3.63 Configuraciones del sistema de refrigeración normal por taladros [65].

La ubicación de los canales de enfriamiento determina una distribución uniforme de la refrigeración de la pieza. En la Fig. 3.64 se muestra los dos casos posibles.

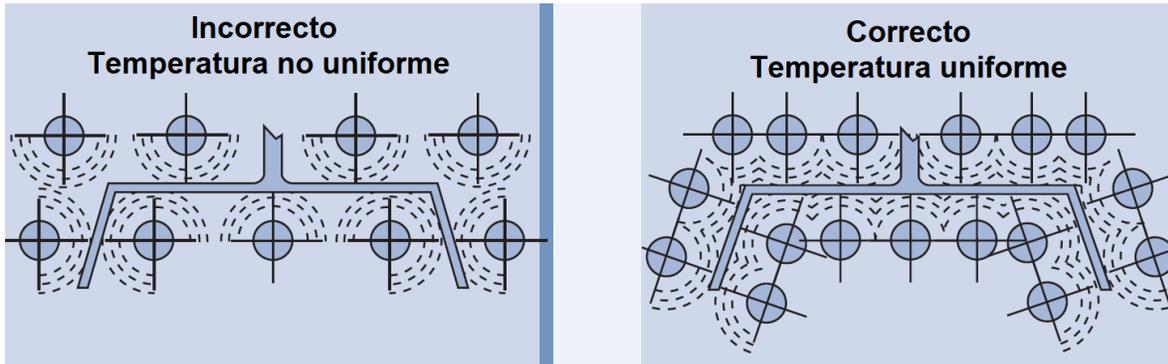


Fig. 3.64 Posición de los canales de refrigeración [52]

### Cálculo del diámetro de los canales de refrigeración

El principio del diseño de los canales de refrigeración debe de cumplir con el siguiente diagrama, ver Fig. 3.65, y dimensiones, ver Tabla 3.19.

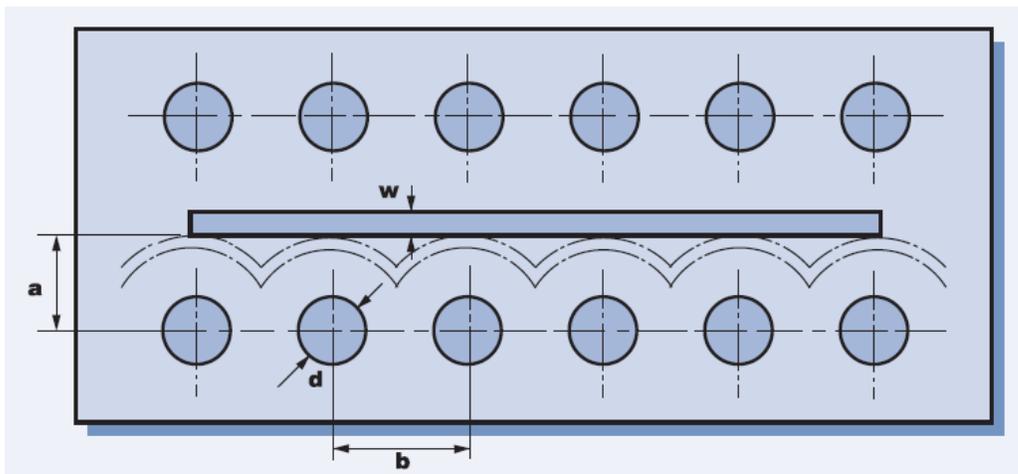


Fig. 3.65 Diagrama de distribución de los canales de refrigeración entorno a la pared de la pieza plástica [52].

Tabla 3.19 Dimensiones del diagrama de distribución de los canales de refrigeración de la Fig. 4.52 [52].

"w"		"d"		"a"	"b"
Grosor de pared del producto		Diá. de los canales de refrigeración		Distancia central con respecto a la cavidad del molde	Dist. entre centros de los canales de refrigeración
mm	(in)	mm	(in)		
2	(0.08)	8-10	(0.31-0.40)		
2-4	(0.08-0.16)	10-12	(0.40-0.47)	1.5-2d	2-3d
4-6	(0.16-0.24)	12-14	(0.47-0.55)		

El valor de la distancia central con respecto a la cavidad del molde, a, así como la distancia entre centros de los canales de refrigeración, b, también pueden calcularse según la Ec. 3.32 y la Ec. 3.33, respectivamente [44].

$$2 \cdot d \leq a \leq 3 \cdot d \quad \text{Ec. 3.32}$$

$$b \leq 3 \cdot d \quad \text{Ec. 3.33}$$

### Cálculo del flujo de agua en cada canal refrigerante

Para que el molde pueda ser refrigerado de manera eficiente se necesita que haya un flujo turbulento, Q, en cada canal del molde. El flujo se calcula con la Ec. 3.34 [65]. Con ésta ecuación se garantiza un flujo turbulento.

$$Q = \frac{10,000 \cdot d \cdot m}{3,160} [GPM] \quad \text{Ec.3.34}$$

donde

Q = Flujo [GPM](galones por minuto)

d = Diámetro del canal refrigerante en pulgadas

m = Viscosidad del agua en Centistokes

donde la viscosidad del agua,  $n$ , depende de su temperatura. En la Tabla 3.20 se muestran valores orientativos de la viscosidad del agua en función de su temperatura.

Tabla 3.20 Viscosidad del agua a distintas temperaturas [65].

Temperatura °C	Viscosidad Centistokes
0	1.79
4	1.54
10	1.31
16	1.12
21	0.98
27	0.86
32	0.76
38	0.69
49	0.56
60	0.47
71	0.4
82	0.35
93	0.31
100	0.28

### Flujo de agua entrando al molde

El flujo del agua requerido por el molde puede ser calculado para ser solicitado a un chiller, Ec. 3.35 [65], o para una torre de enfriamiento, Ec. 3.36 [65].

$$\text{Flujo de agua de chiller requerido: } F_{chiller} = \frac{24 \cdot (x \text{ Ton})}{\Delta T} \text{ [GPM]} \quad \text{Ec. 3.35}$$

$$\text{Flujo de agua de torre requerido: } F_{torre} = \frac{30 \cdot (x \text{ Ton})}{\Delta T} \text{ [GPM]} \quad \text{Ec. 3.36}$$

donde

## FUNDAMENTOS PARA EL DISEÑO DE UN MOLDE DE INYECCIÓN

---

F es el flujo del agua en GPM

X Ton son las toneladas de enfriamiento

Ton de chiller = 12,000 btu/hr

C

$\Delta T$  = Temp. entrando al molde – Temp. saliendo del molde

= 5 °F para operaciones normales

= 2.5 °F para procesos rápidos (ciclo < 6 segundos)

Para determinar el número de toneladas de refrigeración en un proceso se puede usar la Tabla 3.21 como referencia.

Tabla 3.21 Guía de enfriamiento en toneladas con respecto al consumo de material (Ton de chiller = 12,000 btu/hr y Ton de torre = 15,000 btu/hr) [65].

30 lbs/hr	PEHD	= 1 Ton
35 lbs/hr	PELD	= 1 Ton
35 lbs/hr	PP	= 1 Ton
35 lbs/hr	Acrílico	= 1 Ton
40 lbs/hr	Policarbonato	= 1 Ton
40 lbs/hr	Nylon	= 1 Ton
40 lbs/hr	PPE	= 1 Ton
45 lbs/hr	PET	= 1 Ton
50 lbs/hr	ABS	= 1 Ton
50 lbs/hr	Acetal	= 1 Ton
50 lbs/hr	Poliestireno	= 1 Ton
75 lbs/hr	PVC	= 1 Ton

La tabla 3.21 es solamente orientativa, se debe ocupar la hoja de datos del polímero a inyectar.

### **Cálculo del diámetro madre para alimentar los canales de enfriamiento**

Cuando se usa una sistema de refrigeración en configuración paralelo, se debe calcular el diámetro del canal madre. Éste, alimenta a los canales de refrigeración.

El cálculo del diámetro madre de entrada,  $D$ , está en función del diámetro menor o diámetro de canal de refrigeración,  $d$ , y del número de canales menores o número de canales de refrigeración,  $n$ . La Ec. 3.37 muestra la relación mencionada [43].

$$D = \sqrt{n \cdot d^2} \quad \text{Ec. 3.37}$$

### **Controlador de temperatura y de flujo de agua**

Finalmente, una vez que se tienen calculados los requerimientos de agua para el molde y de su consumo de material se selecciona el equipo controlador de temperatura de agua que cumpla con los requerimientos calculados de refrigeración del molde.

En la siguiente sección se tratará la importancia del uso del centrador de molde para obtener un buen resultado en la calidad de pieza.

### **3.11 EL CENTRADOR DE MOLDE**

Cuando un molde está en función debe estar bien alineado, de lo contrario, sufrirán deterioro algunas partes del molde, como son las columnas y los botadores, afectando directamente la calidad de la pieza moldeada. El uso de un centrador prolonga la vida útil del molde y la calidad del producto [43].

Los centradores de molde son de dos tipos: internos y externos. Y pueden ser rectos o cónicos. En la Fig. 3.66 se muestran unos centradores. Se recomienda el uso de centradores rectos [43].

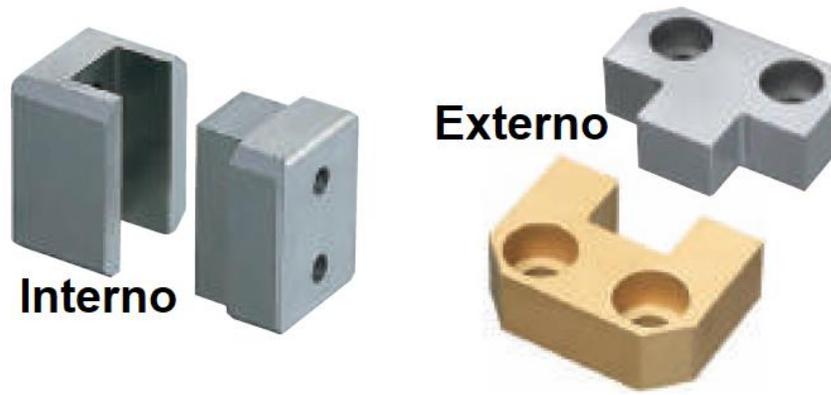


Fig. 3.66 Centrador interno y externo, rectos [66].

Se sugiere que el centrador de molde se coloque haciendo ranurado o fresado en el molde. En la Fig. 3.67 se ejemplifica la manera de colocarlo en el molde.

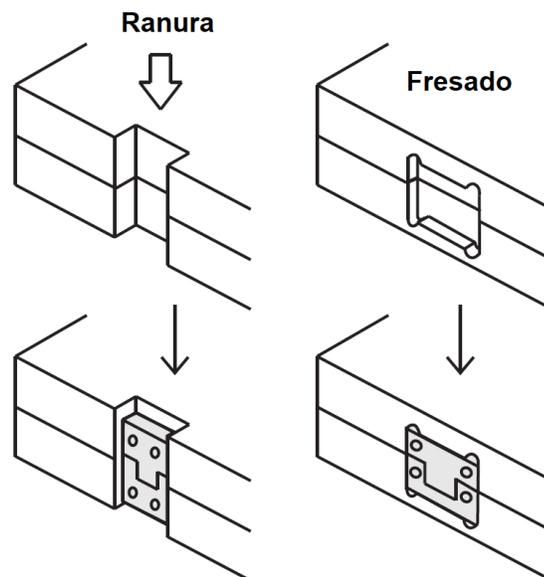


Fig. 3.67 Colocación del centrador de molde por ranura o por fresado [66].

Para moldes relativamente grandes se pueden colocar dos centradores por lado en la dirección longitudinal de la base del molde [66]. Ver Fig. 3.68.

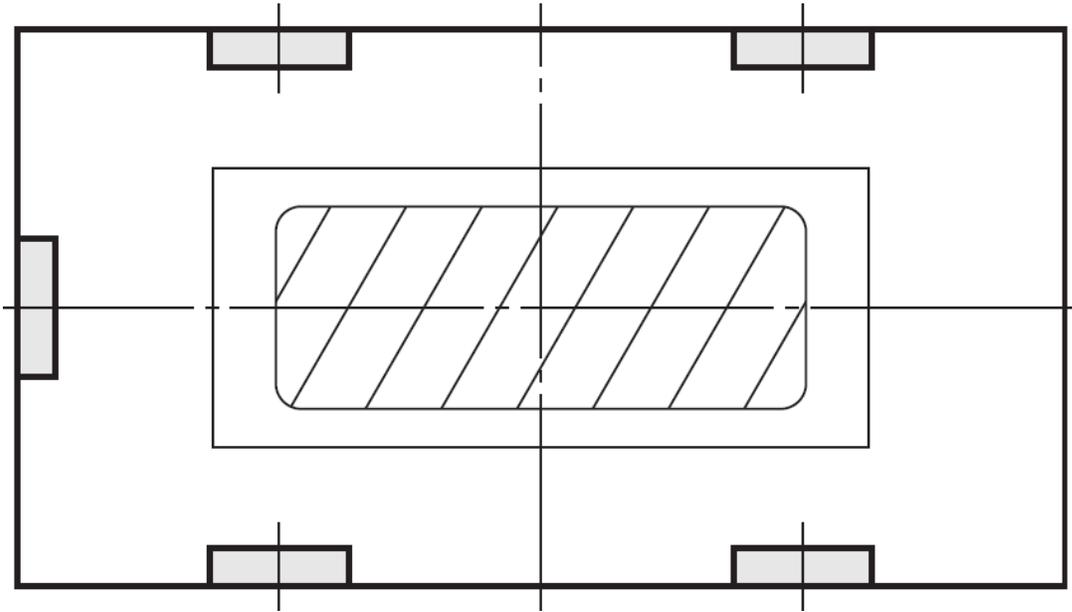


Fig. 3.68 Ubicación de centradores para moldes relativamente grandes [66].

En la siguiente sección se tratará sobre el cálculo del cáncamo, elemento indispensable para facilitar la transportación y colocación del molde en la máquina de moldeo por inyección.

### 3.12 CÁLCULO DEL CÁNCAMO

Una vez manufacturado el molde, será necesario transportarlo e instalarlo en la máquina de inyección. Entonces, es necesario calcular el número de cáncamos que necesitan instalar en el molde. Los cáncamos pueden ser de dos tipos fijos y giratorios. Ver Fig. 3.69.



Fig. 3.69 Cáncamo fijo y giratorio [66].

En la Fig. 3.70, se muestran los dos tipos de uso de un cáncamo: por elevación vertical y por elevación a 45°. Se sugiere usarlos por uno o dos pares en la configuración elevación a 45° para mayor extremar seguridad en el traslado y montaje del molde en la máquina de inyección.

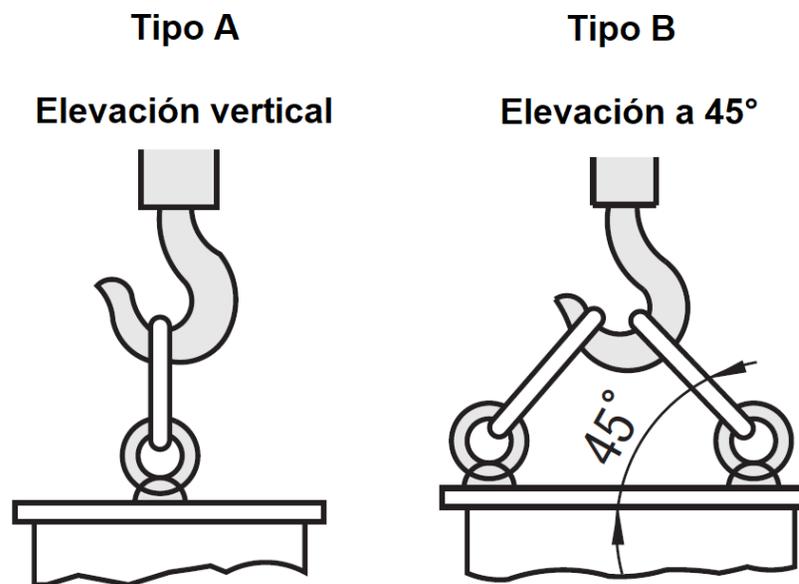


Fig. 3.70 Uso típico de un cáncamo [66].

Para iniciar el cálculo se necesita conocer el peso del molde. Éste, se determina multiplicando el volumen del molde por la densidad del metal usado.

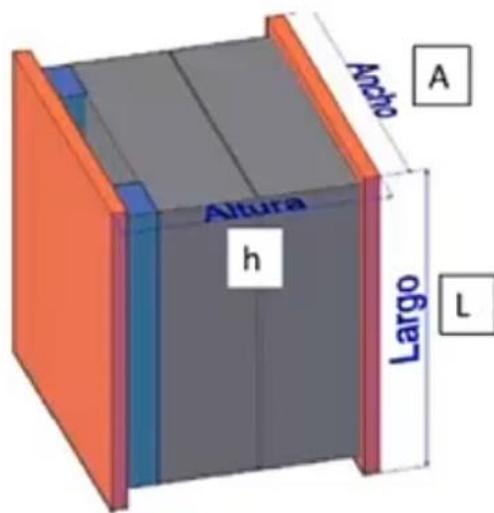


Fig. 3.71 Dimensiones generales de un molde para calcular su volumen [52].

Tomando la Fig. 3.71 como la forma básica de un molde tipo. Entonces, se puede calcular la masa del molde usando la Ec. 3.38.

$$L \cdot A \cdot h \cdot \rho_{metal} = \text{Masa del molde [kg]} \quad \text{Ec. 3.38}$$

donde

L = Largo del molde [mm]

A = Ancho del molde [mm]

h = Altura del molde [mm]

$\rho_{metal}$  = Densidad del molde  $\left[ \frac{kg}{mm^3} \right]$

## FUNDAMENTOS PARA EL DISEÑO DE UN MOLDE DE INYECCIÓN

Usando la Ec. 3.39, se calcula el peso del molde:

$$Masa\ del\ molde\ [kg] * 9.8 \left[ \frac{m}{s^2} \right] = Peso\ del\ molde\ [N] \quad Ec. 3.39$$

Conociendo el peso del molde y el tipo de uso en que se configurará el cáncamo. Se procede a seleccionar el renglón más representativo de las características antes mencionadas en la Tabla 3.22 [66].

Tabla 3.22 Selección del cáncamo a partir del peso y del tipo a usar en el molde de inyección.

M×P (Coarse thread)	a	b	C	D	H	ℓ	e	g	R	da	Maximum allowance load N {kgf}	
											A: Vertical 1 Pc.	B: 45° 2 Pcs.
M 6×1.0	24.9	14.5	5.2	12.8	28.45	15	3	4.7	1.0	7.9	392 {40}	392 {40}
M 8×1.25	32.6	20	6.3	16	33.3	15	3	6	1.0	9.2	785 {80}	785 {80}
M10×1.5	41	25	8	20	41.5	18	4	7.7	1.2	11.2	1471 {150}	1471 {150}
M12×1.75	50	30	10	25	51	22	5	9.4	1.4	14.2	2157 {220}	2157 {220}
M16×2.0	60	35	12.5	30	60	27	5	13	1.6	18.2	4413 {450}	4413 {450}
M20×2.5	72	40	16	35	71	30	6	16.4	2	22.4	6178 {630}	6178 {630}
M24×3.0	90	50	20	45	90	38	8	19.6	2.5	26.4	9316 {950}	9316 {950}
M30×3.5	110	60	25	60	110	45	8	25	3	33.4	14710 {1500}	14710 {1500}
M36×4.0	133	70	31.5	70	131.5	55	10	30.3	3	39.4	22555 {2300}	22555 {2300}
M42×4.5	151	80	35.5	80	150.5	65	12	35.6	3.5	45.6	33342 {3400}	33342 {3400}
M48×5.0	170	90	40	90	170	70	12	41	4	52.6	44130 {4500}	44130 {4500}

• Load {kgf}=Load N×0.101972

Las letras de la Tabla 3.22 indican las dimensiones del cáncamo seleccionado para el molde. En la Fig.3.72 se muestra el significado de cada letra.

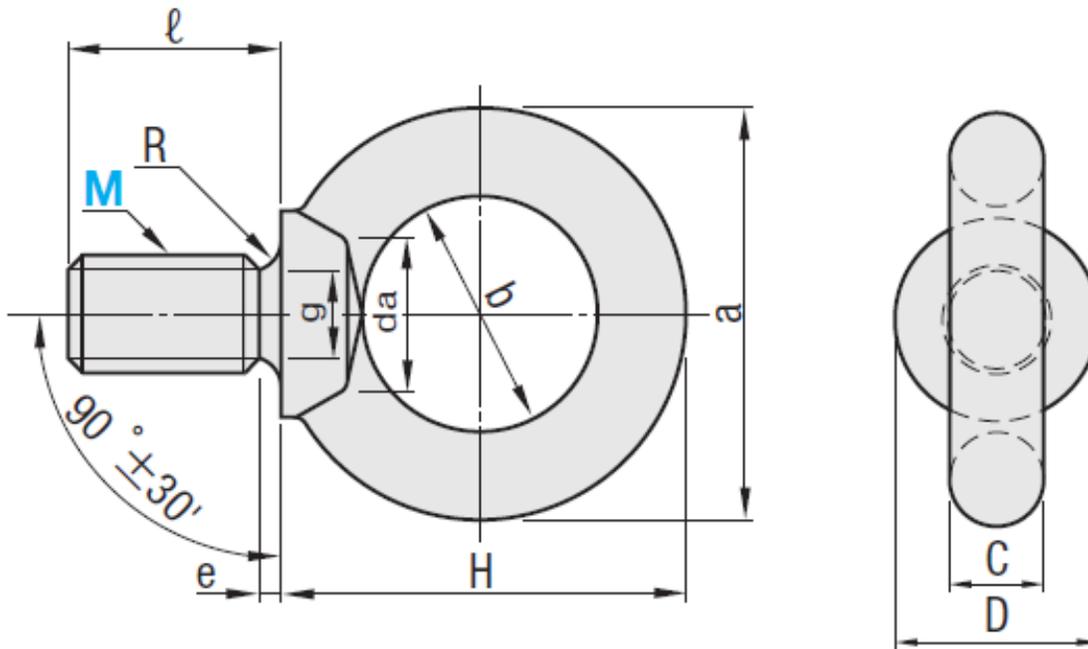


Fig. 3.72 Nomenclatura explicada del cáncamo seleccionado de la Tabla 4.12 [66].

En la siguiente sección se tratará sobre la estructura del molde de colada fría a desarrollar en la siguiente unidad.

### 3.13 ESTRUCTURA DEL MOLDE DE INYECCIÓN

En la Fig. 3.73 se muestra un molde de colada fría estándar, cada sección se calculará en la unidad cinco, con base a la información desarrollada en ésta unidad.

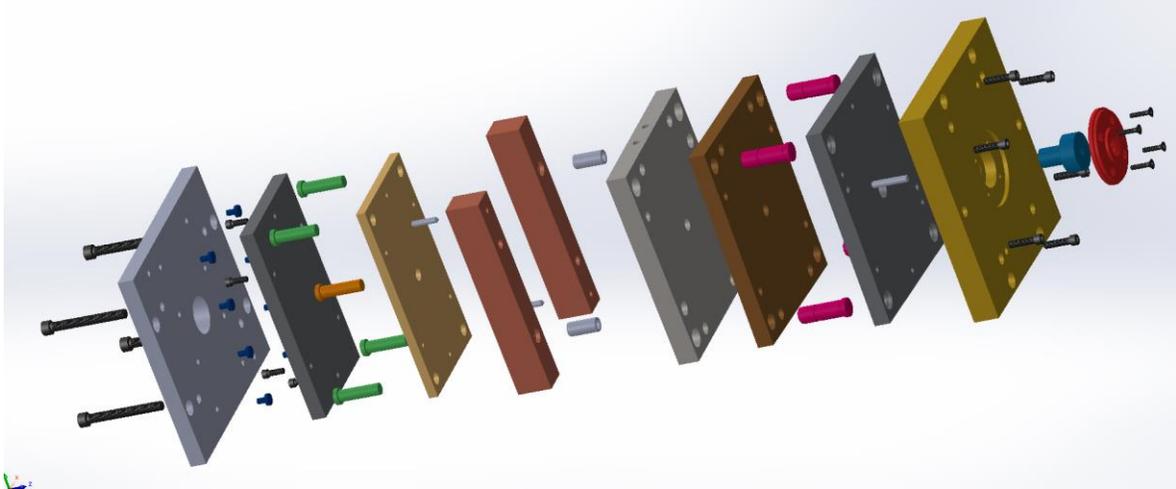


Fig. 3.73 Molde estándar explosionado, usando software especializado.

Cada sección del molde ya fue explicada en el apartado 4.3, por tanto, solamente faltan mencionar dos cosas de gran importancia en el diseño de un molde: la selección de metales para manufacturar cada elemento del molde y el tipo de nomenclatura que se usará para comunicar la información del molde para manufacturarlo, dimensionamiento y tolerancias.

### **Selección de metales para manufacturar un molde de inyección**

Comentar los detalles del uso de metales para manufacturar los diferentes tipos de moldes es un tema que sale del objetivo del presente documento, por tanto, se mostrarán, a manera de guía, dos tablas que apoyan para la selección de metales en la manufactura de un molde.

En la Tabla 3.23 se muestra una carta con las principales características de cada metal para poder construir un molde de inyección.

Tabla 3.23 Carta para seleccionar los materiales del molde.

	Maquinabilidad	Dureza	Tenacidad	Resistencia a la corrosión	Resistencia a la abrasión	Transferencia de calor	Fatiga térmica	Pulido	Estabilidad del tratamiento térmico	Soldabilidad	Comentarios
ALUM									N/A		Prototipo, canales cortos y moldeado de espuma estructural
P20		R C 30-34							N/A		Cavidades grandes, núcleos, elimina procesos de tratamiento térmico, así como las deformaciones y los agrietamientos asociados
H13		48-52									Alta resistencia a la fatiga térmica y bueno para pulir; se eligen para fundir zinc y aluminio
420SS		50-52									Alta resistencia a la corrosión; pobre conductividad térmica
P6		56-58									Fácil maquinado, bueno para soldar y reparar acero con bajo carbono y no es térmicamente estable en tratamientos térmicos.
O-1		56-58									Endurecido con aceite; pernos, insertos pequeños, etc.
S7		57-59									Acero resistente al impacto; núcleos grandes donde están sujetos a cargas mecánicas (deslizadores y elevadores)
A2		57-59									Buena resistencia a la abrasión y pulible; endurecimiento con aire y estable al tratamiento térmico.
D2		57-59									Extrema resistencia a la abrasión; usado para insertos de compuertas, etc. para aplicaciones en resinas con carga

## FUNDAMENTOS PARA EL DISEÑO DE UN MOLDE DE INYECCIÓN

---

En la Tabla 3.24 se muestra una guía para seleccionar los aceros comúnmente usados en la manufactura de cada componente del molde de inyección.

Tabla 3.24 Aceros más usados para cada componente del molde [43].

Componentes del molde	Aceros comúnmente usados
Bloques para la cavidad e insertos	P20, H13, 57, L6, A2, A6, P2, P6, 420SS
Platos para la cavidad	P20, H13, S7, 420SS
Platos de cierre	P20, H13, S7
Bloques para los núcleos e insertos	P20, H13, 57, L6, A2, A6, P2, P6, 420SS
Pernos botadores	H13 Nitrurado
Platos expulsores	P20, H13, S7
Pernos guía y cojinetes	O1, A2, P6
Pernos principales	H13 Nitrurado
Retenedores	P20, H13, S7
Desplazadores	P20 Nitrurado, O1, O2, O6, A2, A6, P6
Casquillo del bebedero	O1, O2, L6, A2, A6, S7, P6

### Aluminio

Para la manufactura de un molde experimental es común el uso del aluminio. Este metal tiene aleaciones muy fuertes y posee un valor de conductividad térmica cuatro veces mayor al acero, por ello, un molde de aluminio extrae hasta cuatro veces más rápido el calor en el molde. Debido a esa característica se sugiere su uso en secciones del molde donde el diseño y la ubicación de los canales de enfriamiento estándar no son adecuados para proporcionar una disipación de calor adecuada [55].

Comúnmente se usa la aleación de aluminio 6061 para manufacturar moldes experimentales de bajo volumen, sin embargo, se puede usar la

aleación 7075 para manufacturar moldes de alto volumen hasta en millones de ciclos [46].

En la siguiente unidad se aplicará el toda la información mostrada en las unidades II, III y IV para diseñar y modelar una pieza plástica y posteriormente diseñar su molde de inyección de colada fría.

### **3.14 CONCLUSIONES**

Se han revisado los fundamentos para el diseño de un molde de inyección. Es un tema muy amplio, sin embargo, se ha mostrado la información más importante para poder diseñar un molde de inyección de colada fría experimental.

El conocer sobre la “configuración de los canales” permite hacer decisiones acertadas para elegir el número de cavidades en un molde. Se adquiere seguridad para elegir la distribución radial de canales, cuando se necesiten pocas cavidades y las piezas sean de bajos requerimientos técnicos. Para piezas plásticas de altos requerimientos técnicos, lo mejor es elegir una sola cavidad por molde.

En la siguiente unidad, se diseñará un cuchillo de mesa desechable de plástico y se diseñará su molde de inyección. Ya se tienen todos los conocimientos previos y fundamentos necesarios para diseñar un molde de inyección de colada fría.

### 3.15 REFERENCIAS

[1] D. O. Kazmer, *Injection Mold Desing Engineering*. Cincinnati, Ohio, USA: Ed. Hanser Gardner Publications, 2007, pp 3.

[2] EXTRUDESIGN. Imagen. [En línea]. Disponible en <https://extrudesign.com/wp-content/uploads/2018/04/cad-cae-cam.jpg> [Último acceso: 11/07/2023]

[3] AZTEC MOULDINGS. *Advantages and Disadvantages of Injection Molding*. [En línea]. Imagen disponible en <https://www.avplastics.co.uk/wp-content/uploads/2013/07/plastic-injection-moulding.jpg> [Último acceso: 11/07/2023]

[4] MAGAZINE PLÁSTICO. *Los científicos sintetizan y estudian nuevos polímeros fotocromáticos de cristal líquido*. Imagen disponible en <https://revistamp.net/inicio/wp-content/uploads/2017/10/polimeros-fotocraticos.jpg> [Último acceso: 11/07/2023]

[5] TRESDE. Todo sobre las máquinas CNC. [En línea]. Imagen disponible en [https://tresde.pe/wp-content/uploads/2019/04/shutterstock\\_1113785948-1080x675.jpg](https://tresde.pe/wp-content/uploads/2019/04/shutterstock_1113785948-1080x675.jpg) [Último acceso: 11/07/2023]

[6] TALENT STREET by equipos&talento. *Los 12 hábitos de las personas más productivas en el trabajo* [En línea]. Imagen disponible en [https://www.equiposytalento.com/upload/talent\\_noticias/003/3742/habitospersonasproductivas1.jpg](https://www.equiposytalento.com/upload/talent_noticias/003/3742/habitospersonasproductivas1.jpg) [Último acceso: 11/07/2023]

[7] TAI-MEX. *Tederic D350sv*, [En línea]. Imagen disponible en <https://taimex.com.mx/wp-content/uploads/2016/05/Tederic-D350sv-300x108.png> [Último acceso: 11/07/2023]

[8] INGC Ingeniería y Capacitación. *Torre de refrigeración*, [En línea]. Imagen disponible en [https://www.youtube.com/watch?v=pCQr8z\\_xDI4](https://www.youtube.com/watch?v=pCQr8z_xDI4) Imagen capturada del video. [Último acceso: 11/07/2023]

[9] Todo en Polímeros. *Proceso de moldeo*. Imagen disponible en <https://todopolimeros.files.wordpress.com/2018/11/inyeccion.png?w=300&h=159> [Último acceso: 11/07/2023]

[10] M. Beltrán, A. Marcilla. *Tecnología de Polímeros. Tema 1 Estructura y propiedades de los polímeros*. Repositorio Institucional de la Universidad de Alicante, [En línea]. Disponible en [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/16883/1/Tema\\_1.\\_Estructura\\_y\\_propiedades\\_de\\_los\\_polimeros.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/16883/1/Tema_1._Estructura_y_propiedades_de_los_polimeros.pdf) [Último acceso: 10/07/2023]

[11] eden AGUA PURA. Los 7 plásticos presentes en tu día a día. 30/05/2019 [En línea] Disponible en <https://edenagua.com/los-7-tipos-de-plasticos-presentes-en-nuestro-dia-a-dia/> [Último acceso: 10/07/2023]

[12] Halliday, Resnick y J. Walker. *Fundamentals of PHYSICS, extended*. 11th edition. Wiley, 2018, pp 386.

[13] Aníbal. *Fluidos (parte 1: FLUIDOS REALES = VISCOSIDAD) Biofísica CBC*. Youtube, Física En Segundos (por Aníbal), 07/05/2019, [En línea].

Disponible en [https://www.youtube.com/watch?v=7a7g1KXruOc&list=PLLDSI32oBLVI PRY2dSUiM7YoU\\_PIT6HW7](https://www.youtube.com/watch?v=7a7g1KXruOc&list=PLLDSI32oBLVI PRY2dSUiM7YoU_PIT6HW7) [Último acceso: 10/07/2023]

[14] Serene For Her. *Serene Palo Santo*. Emiratos Árabes Unidos, [En línea]. Disponible en <https://sereneforher.com/products/serene-palo-santo> [Último acceso: 10/07/2023]

[15] J. R. Lerma-Valero. *Método de estudio de la cizalla o "shear rate" en las entradas*. Canales sectoriales Interempresas, Departamento técnico de Biesterfeld Ibérica 12/06/2017. Disponible en <https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/187593-Metodo-de-estudio-de-la-cizalla-o-'shear-rate'-en-las-entradas.html> [Último acceso: 10/07/2023]

[16] MEXPOLÍMEROS. *Fluidez MFI*. Polímeros termoplásticos, elastanos y aditivos. León, Guanajuato, [En línea]. Disponible en <https://www.mexpolimeros.com/fluidez-mfi.html> [Último acceso: 10/07/2023]

[17] Wikipedia. *Índice de fluidez*. Disponible en [https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%8Dndice\\_de\\_fluidez](https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%8Dndice_de_fluidez) [Último acceso: 10/07/2023]

[18] J. S. Ramírez-Navas. *Introducción a la reología de los alimentos*. searchGate, Revista ReCiTeIA, Universidad del Valle, Cali, Colombia, 01/06/2006. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/259620275\\_Introduccion\\_a\\_l\\_a\\_Reologia\\_de\\_Alimentos](https://www.researchgate.net/publication/259620275_Introduccion_a_l_a_Reologia_de_Alimentos) [Último acceso: 10/07/2023]

[19] REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. *Definición de la palabra biodegradable*. Diccionario de la lengua española. Edición del Tricentenario. Actualización 2020. [En línea]. Disponible en <https://dle.rae.es/biodegradable> [Último acceso: 10/07/2023]

[20] REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. *Definición de la palabra degradar*. Diccionario de la lengua española. Edición del Tricentenario. Actualización 2020, [En línea]. Disponible en <https://dle.rae.es/degradar?m=form> [Último acceso: 10/07/2023]

[21] European Bioplastics, *What are bioplastics?*. FACT SHEET European Bioplastics, Berlin: octubre 2022, [En línea]. Disponible [https://docs.european-bioplastics.org/publications/fs/EuBP\\_FS\\_What\\_are\\_bioplastics.pdf](https://docs.european-bioplastics.org/publications/fs/EuBP_FS_What_are_bioplastics.pdf) [Último acceso: 10/07/2023]

[22] CENTRAL CERO. *MITOS Y REALIDADES SOBRE BIOPOLÍMEROS. BIODEGRADABLE, COMPOSTABLE Y OXODEGRADABLES*. Disponible en <https://centralcero.com/blogs/news/mitos-y-realidades-sobre-biopolimeros-biodegradable-compostable-y-oxodegradables> [Último acceso: 10/07/2023]

[23] J. Clavellina-Reyes, G. Mayen-Rodríguez, M. A. Negrete-González, E. Perdigón-Andrade, E. Vargas-Galán. *DISEÑO Y MANUFACTURA DE UN MOLDE DE INYECCIÓN PARA UNA ASIDERA DE AUTOMÓVIL*, Tesina para obtener el título de Ingeniero en Sistemas Automotrices, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Unidad Ticomán, Instituto Politécnico Nacional, México D.F., 2013 Disponible en

<https://docplayer.es/15910818-Instituto-politecnico-nacional.html>  
[Último acceso: 07/07/2023]

[24] REBOND. *What are the five common pitfalls in plastic injection molding* ?, 10/05/2018, [En línea]. Disponible en <https://www.rebondtech.com/what-are-the-five-common-pitfalls-in-plastic-injection-molding/> [Último acceso: 07/07/2023]

[25] Fundació ASCAMM Centre Tecnològic, *Introducció a la tecnologia de los moldes*, 11/2010. [En línea]. Disponible en: <https://cupdf.com/document/ascam-introduccion-a-la-tecnologia-de-los-moldes.html?page=4> [Último acceso: 07/07/2023]

[26] D. M. Bryce; *Plastic Injection Molding*, Volume II: Fundamentals of Injection Molding series. Dearborn, Michigan: Ed. Society of Manufacturing Engineers, 1997, pp 267.

[27] REBOND, *A Correct Surface Finish Can Make Injection Molded Product Stand Out in a Crowd*, 05/08/2017. Disponible en <https://www.rebondtech.com/a-correct-surface-finish-can-make-your-product-stand-out-in-a-crowd/> [Último acceso: 07/07/2023]

[28] ABIS Tooling & Molding, *Normas de acabado de molde SPI*, China 18/072016. Disponible en <http://www.abismoldengineering.com/info/spi-mold-finish-standards-1229357.html> [Último acceso: 07/07/2023]

[29] SPI SURFACE FINISH Plastics and Metal Standard Scale, *TECHNOLOGY*, China, 2008. Disponible en <http://www.spifinish.com/technology/> [Último acceso: 07/07/2023]

[30] ALLIANCE SPECIALTIES AND LASER SALES, *MOLD POLISHING AND FINISHING*, Wauconda Illinois. Disponible en <https://alliancelasersales.com/moldpolishing/> [Último acceso: 07/07/2023]

[31] R. A. Malloy. *Plastic Part Design for Injection Molding, An Introduction*. 2<sup>nd</sup> Edition. Ed. Hanser, Hanser Publishers, Munich-Cincinnati. 2010, pp. 90-91.

[32] D. O. Kazmer, *Injection Mold Design Engineering*. Cincinnati, Ohio, USA: Ed. Hanser Gardner Publications, 2007, pp 38.

[33] N. López, *Manual del curso de diseño de partes plásticas*. Capacitación en plásticos, Edición 2015, pp 31-36.

[34] PROTO LABS Manufacturing Accelerated. *5 formas de utilizar el ángulo de inclinación para mejorar la moldeabilidad de su pieza*. Le Bourget du Lac Cedex. Disponible en <https://www.protolabs.es/recursos/sugerencias-de-diseno/5-formas-de-utilizar-el-angulo-de-inclinacion-para-mejorar-la-moldeabilidad-de-su-pieza/> [Último acceso: 07/07/2023]

[35] PROTO LABS Manufacturing Accelerated, *5 maneras de dominar geometrías complejas en piezas moldeadas por inyección*, Le Bourget du

Lac Cedex. Disponible en <https://www.protolabs.es/recursos/sugerencias-de-diseno/5-maneras-de-dominar-geometrias-complejas-en-piezas-moldeadas-por-inyeccion/#> [Último acceso: 07/07/2023]

[36] PROTO LABS Manufacturing Accelerated, *Planificación de líneas de partición en moldeo por inyección* [En línea]. Disponible en <https://www.protolabs.es/recursos/sugerencias-de-diseno/leer-entre-lineas/?addsearch=l%C3%ADneas%20de%20partici%C3%B3n> [Último acceso: 10/07/2023]

[37] G. Breiland, *Gate Selection Tips*, 2/1/2012. MoldMaking TECHNOLOGY, [En línea]. Disponible en <https://www.moldmakingtechnology.com/articles/gate-selection-tips> [Último acceso: 10/07/2023]

[38] FUJI BAKELITE CO.LTD., *Weldless Molding*. [En línea]. Disponible en <https://www.fujibake.com/english/technology/weldless.html> [Último acceso: 10/07/2023]

[39] D. M. Bryce; *Plastic Injection Molding*, Volume II: Fundamentals of Injection Molding series. Dearborn, Michigan: Ed. Society of Manufacturing Engineers, 1997, pp 270.

[40] A. J. Sánchez-Ledesma. *Metodología para el diseño de moldes de inyección de plástico de colada caliente*. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Sistemas de Manufactura, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Estado de México. Atizapán de Zaragoza, Edo. de México; agosto de 2001, [En línea]. Disponible en [\[En línea\]](#). Disponible en [\[En línea\]](#).

<https://repositorio.tec.mx/handle/11285/628419> [Último acceso 11/07/2023]

[41] P. Unger. *Gastrow Injection Molds 130 Proven Desings*. 4th Ed. Munich: Ed. HANSER, 2006.

[42] Instituto Mexicano del Plástico Industrial. *Enciclopedia del plástico*. Tomo 3, México pp 306.

[43] G. Palián y J. Ramírez-Roncal. *DISEÑO DE MOLDES DE INYECCIÓN: Aspectos fundamentales para el diseño y fabricación*. Curso en línea, CENTRO PERUANO DEL PLÁSTICO, CPPLAST. Lima-Perú. Noviembre de 2020.

[44] A. Pérez-Hedo. *Introducción a la tecnología de los moldes*. FUNDACIÓN ASCAMM. CENTRE TECNOLÓGIC, 26/06/2015 [En línea]. Disponible en <https://cupdf.com/document/ascam-introduccion-a-la-tecnologia-de-los-moldes.html?page=3> [Último acceso 11/07/2023]

[45] D. Gutiérrez-García y C. A. Oñate-Longoni. *Sistema de inyección con colada caliente aplicado en la industria del plástico como herramienta de competitividad*. Tesis para obtener el título de Ingeniero Industrial. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca de Soto, Hidalgo, abril de 2006, [En línea]. Disponible en <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/23110>

4/176/Sistema%20de%20inyeccion%20con%20colada%20caliente.pdf?sequence=1&isAllowed=y [Último acceso 11/07/2023]

[46] G. Menges, W. Michaeli y P. Mohren. *How to Make Injection Molds*, 3th Ed. Munich: Ed. HANSER, 2001.

[47] Menges y Mohren. *Moldes para inyección de plástico*. 3ª Ed. México: Ediciones G. Gili, S.A. Ed. Calypso, México, 1983.

[48] TEDERIC. User's Manual. Automatic Plastic Injection Molding Machine. Model D100. Series No. D1010 – 0418.

[49] J. Ramírez-Roncal. *Webinar Aproximación del tiempo de ciclo*. Centro Peruano del plástico (CPPLAS), 14 de junio de 2020, [En línea]. Disponible en <https://www.facebook.com/cpplast/videos/2656719904585700> [Último acceso: 11/07/2023]

[50] D. O. Kazmer. *Injection Mold Design Engineering*. 2nd Ed. Munich: Hanser, 2016.

[51] J. P. Beaumont. *Runner and Gating Design Handbook*, 3rd Edition. Munich: Ed. HANSER, 2019.

[52] DSM Engineering Plastics. *Design Guide. Performance And Value With Engineering Plastics*. USA, 2005.

[53] H. Pruner y W. Nesch. *Understanding Injection Molds*. Munich: HANSER, 2013.

[54] R. Dangel. *Injection Molds for Beginners*. 2nd Ed. Munich: HANSER, 2020.

[55] D. M. Bryce. *Plastic Injection Molding mold design and construction fundamentals*. Volume III: Fundamentals of Injection Molding Series. Published by the Society of Manufacturing Engineering. Dearborn, Michigan, 1998.

[56] S. Kulkarni. *Robust Process Development and Scientific Molding Theory and Practice*, 2nd Edition. Munich: HANSER, 2017.

[57] Ambiente Plástico Formación. *Notas técnicas. Sistema de expulsión de un molde de inyección*, [En línea]. Disponible en <https://plastico.com.mx/uncategorized/sistema-de-expulsion-de-un-molde-de-inyeccion/> [Último acceso 11/07/2023]

[58] J.L. Leiva-Chacón, J.P. Torres-Gualpa. (2007). *Caracterización y reciclado por extrusión del EVA de desecho ETIL VINIL ACETATO*. Repositorio Dspace. Capítulo 4. Tesis para obtener el título de Ingeniero Mecánico. Facultad de Ingeniería Mecánica. ESPE. Sede Sangolquí. Universidad de las Fuerzas Armadas, 2010, [En línea]. Disponible en : <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/776?show=full> [Último acceso 11/07/2023]

[59] J. R. Lerma. *Temperatura de molde (V)*. Canales sectoriales, interpresas-Plástico. Departamento técnico de Biesterfeld Ibérica, 22/10/2018, [En línea]. Disponible en [https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/227098-Temperatura-de-molde-\(V\).html](https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/227098-Temperatura-de-molde-(V).html) [Último acceso 11/07/2023]

[60] MiSUMi. *Standard Components for Plastic Mold*. MiSUMi Corporation, 2015.

[61] J. Fattori. *Regreso a lo básico en venteo de moldes*. Plastics Technology MÉXICO, 01/01/2019, [En línea]. Disponible en <https://www.pt-mexico.com/articulos/regreso-a-lo-basico-en-venteo-de-moldes-parte-1> [Último acceso 11/07/2023]

[62] H. Rees y B. Catoen. *Selecting Injection Molds Weighing Cost vs Productivity*. Munich: HANSER, 2006.

[63] J. Fattori. *Dónde y cómo ventilar los moldes de inyección*. Plastics Technology MÉXICO, 01/12/2019, [En línea]. Disponible en <https://www.pt-mexico.com/columnas/donde-y-como-ventilar-los-moldes-de-inyeccion> [Último acceso 11/07/2023]

[64] Polímeros termoplásticos, elastómeros y aditivos. *Guía de inyección de polipropileno*. Mexpolimeros, [En línea]. Disponible en <https://www.mexpolimeros.com/gu%C3%ADa%20de%20inyecci%C3%B3n%20de%20polipropileno.html> [Último acceso 11/07/2023]

[65] H. Dilán. *Moldeo Universal*<sup>™</sup>. Puerto Rico: HDI, 2002.

[66] M. J. Gordon Jr. *Total Quality Process Control for Injection Molding*. Second Edition. USA: Wiley, 2010.

[67] M. Zavaleta. Moldeo Científico. Curso en línea de la empresa Moldeo por Inyección, 2019. Datos de contacto <https://www.facebook.com/moldeoporinyeccion> , 55 6676 1730

# **CAPÍTULO IV**

# **METODOLOGÍA Y RESULTADOS**



### 4.1 INTRODUCCIÓN

En los capítulos II y III se han descrito los fundamentos necesarios para obtener una cosmovisión del proceso de diseño de un nuevo producto plástico.

En la Fig. 4.1 se muestra la metodología que debe aplicarse para proyectos que implican el desarrollo de nuevos productos, según Ulrich [34]. El proceso es largo y complicado porque implica conocimiento multidisciplinario, por tal motivo, deben participar expertos y formar equipos interdisciplinarios para generar un concepto de nuevo producto con base a la ingeniería concurrente.

En la Fig. 4.2 se muestra otra metodología centrada en la producción de piezas plásticas propuesta por Kazmer [35], donde se observa la integración del proceso de manufactura del molde. Como se puede observar, las propuestas de Ulrich y Kazmer son muy parecidas.

En la Fig. 4.3 se muestra la propuesta de Kazmer [35], para diseñar y manufacturar un molde. En la parte derecha de la Fig. 4.3 se detalla el proceso completo. Primero, se revisan las especificaciones generales del molde y se decide el tipo de molde a diseñar, se calcula el número y la posición de las cavidades y el tamaño y grosor del molde. Posteriormente, se diseña cada uno de los subsistemas requeridos del molde: el sistema de alimentación, el sistema de enfriamiento, el sistema de expulsión y el sistema estructural. Este proceso, según Kazmer, requiere sucesivas iteraciones hasta lograr que los diseños de los diferentes sistemas tengan un compromiso razonable.

En la Fig. 4.4 se muestran los temas a conocer antes de estudiar los fundamentos del diseño de un molde de inyección de colada fría. Dicho orden nos orienta sobre el proceso para diseñar un molde de inyección.

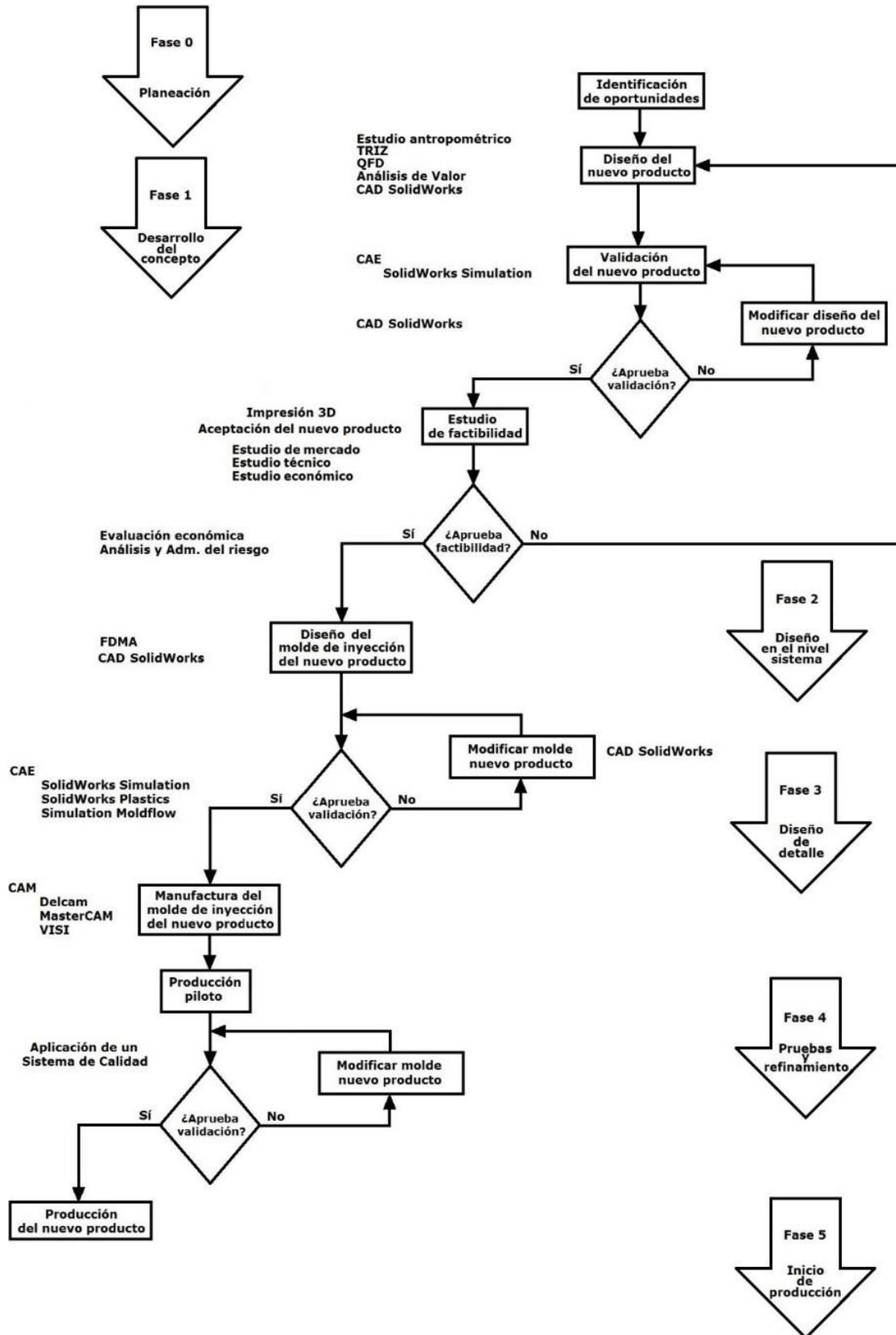


Fig. 4.1 Metodología para producir un nuevo producto.

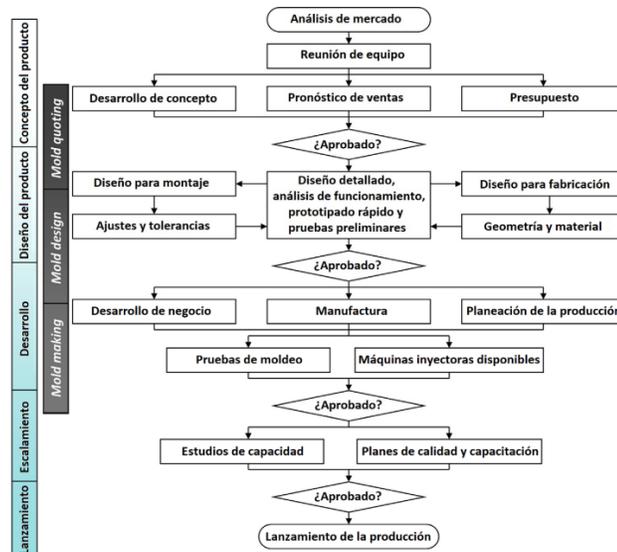


Fig. 4.2 Proceso para desarrollar un producto [35].

El diseño y manufactura del molde tiene una metodología, sin embargo, se necesitan otros conocimientos para que un molde opere adecuadamente con su MMI y periféricos. El proceso es el siguiente: Es importante seleccionar un software especializado y cumplir con sus requerimientos de hardware, con el que el diseñador se sienta cómodo y/o mejor conozca, realmente no existe “el mejor software”. La pieza plástica es el elemento principal. Conociendo su bosquejo y aplicación, se podrá seleccionar el polímero adecuado y los aditivos necesarios para que pueda superar las pruebas de control de calidad. Posteriormente se procede a diseñarla, modelarla y validarla. Se solicitan los requerimientos de producción para iniciar el proceso de diseño, modelar y validar el molde, finalmente pasa a manufacturarse. Si no se restringió el diseño del molde con las características de una MMI y periféricos existentes, entonces, se calculan los parámetros de moldeo iniciales para elegir la MMI más adecuada y los periféricos necesarios para enfriar a la MMI seleccionada y a su molde. Una vez liberado el molde con sus parámetros finales, se procede a la producción bajo la observación de un control de calidad. Ver Fig. 4.4.

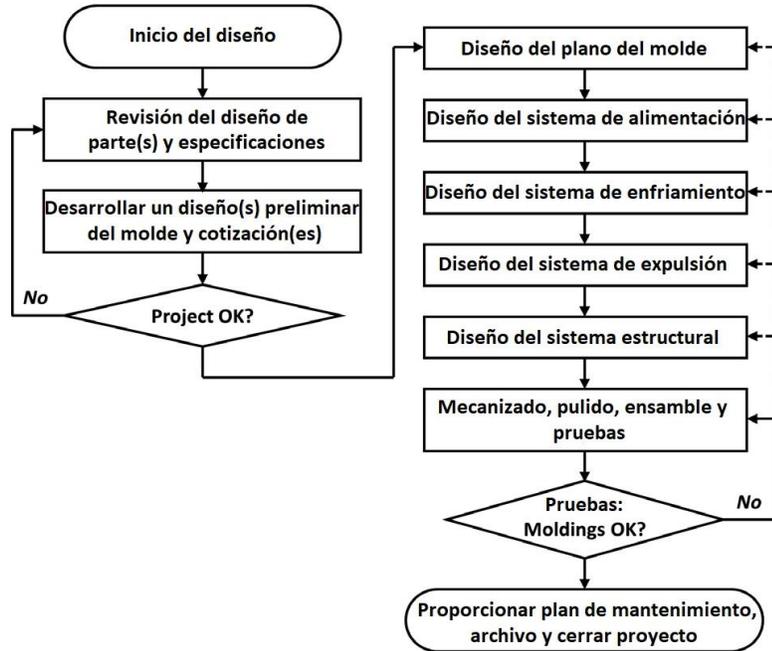


Fig. 4.3 Proceso para desarrollar un molde [35].



Fig. 4.4 Áreas que se deben conocer antes de iniciar el estudio de los fundamentos del diseño de un molde de inyección de colada fría, eficiente [1].

Haciendo una combinación de las metodologías de Ulrich y de Kazmer, se muestra la metodología para el diseño del nuevo producto de la pieza plástica, ver Fig. 4.5.

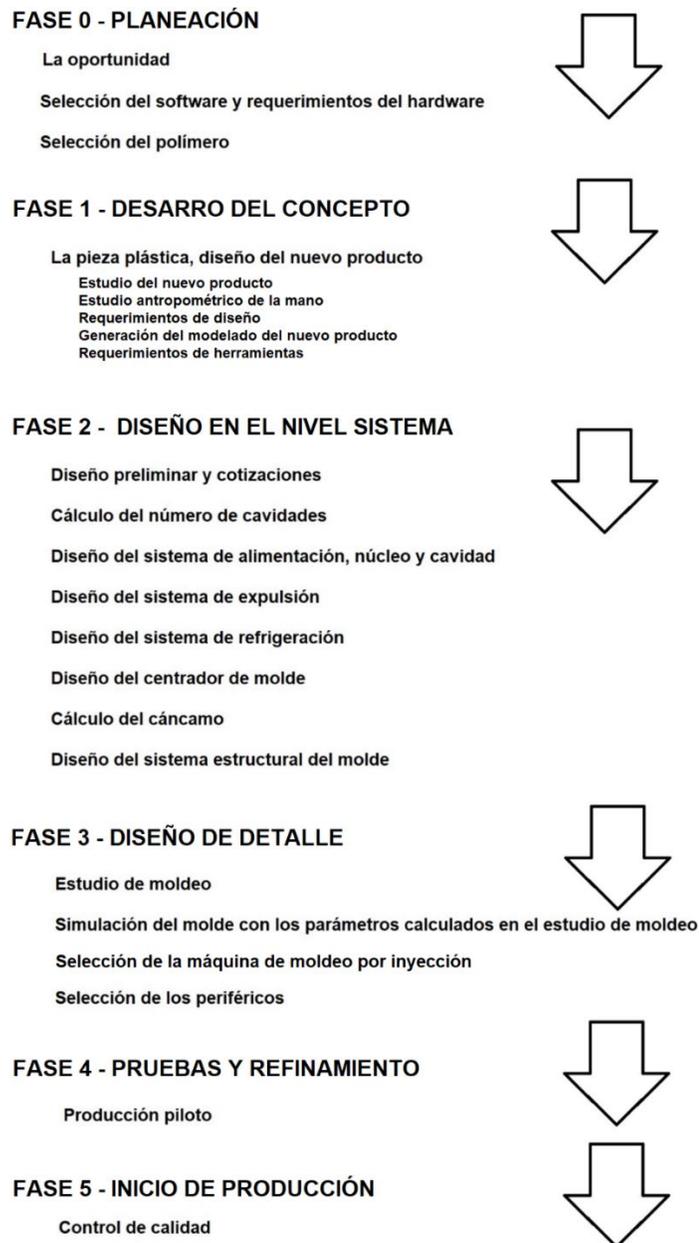


Fig. 4.5 Metodología para el presente trabajo de tesis.

Apegándose a la metodología, en la siguiente sección se describe brevemente la situación que permitió iniciar el presente trabajo de investigación, la oportunidad.

## 4.2 LA OPORTUNIDAD

Cuando se inició la propuesta del presente documento se tenía una máquina de moldeo por inyección (MMI) en el Laboratorio Avanzado de Manufactura donde se comentaba que funcionaba. En la Fig. 4.6 se muestra la MMI JEKS-120 de marca KAWAGUCHI.



Fig. 4.6 MMI, inicialmente instalada en el Lab. de Tec. Avanzada de Manufac., ahora confinada para su devolución al Gob. del Edo. de Oax.

Posteriormente nos informaron que se necesitaban más de \$100,00.00 para darle mantenimiento y que no sería seguro su funcionamiento. Por tanto, se podría incrementar el costo para ponerla en operación.

Se investigó dónde nos podrían prestar una MMI para probar un molde diseñado y manufacturado en la UTM. En Chilapa de Porfirio Díaz se encontró a la empresa Plastimaxc, su dueño facilitó una MMI con la condición de que todos los gastos corrieran a nuestra cuenta. La empresa no tenía un molde de cuchillo de plástico desechable, por lo que se le ofreció el diseño y manufactura de ese molde. Si funcionaba correctamente, la empresa lo compraría. Realmente no existen muchas MMI en la Región Mixteca y las otras empresas se negaron a probar

cualquier molde en sus máquinas. Por lo que se decidió aprovechar la oportunidad de usar un sistema completo de inyección en funcionamiento y la promesa de compra del molde, si satisfacía sus necesidades.

### 4.3 SELECCIÓN DEL SOFTWARE, REQUERIMIENTOS DE HARDWARE E IMPRESORA 3D

Se trabaja con el software especializado SolidWorks 2020 y según AraWorks [30], empresa dedicada a la enseñanza de SolidWorks, los requerimientos mínimos necesarios se muestran en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Requerimientos mínimos para SolidWorks 2020 [30].

Sistemas operativos	SOLIDWORKS 2020	SOLIDWORKS 2021	SOLIDWORKS 2022
Windows 11, 64 bits	✗	✗	✓ (SW 2022 SP2)
Windows 10, 64 bits	✓	✓	✓
Windows 8.1, 64 bits	✗	✗	✗
Windows 7 SP1, 64 bits	✓	✗	✗
<b>Entornos virtuales</b>			
VMware vSphere ESXi	6.7	6.7 U3	Por determinar
VMware Workstation	15	15.5	Por determinar
Microsoft Hyper-V	2019	2019	Por determinar
Parallels Desktop, Mac	14	TBA	Por determinar
Citrix XenServer	7.6	8.2	Por determinar
<b>Hardware</b>			
Procesador	De 3,3 GHz o superior		
RAM	16 GB o más PDM Contributor o Viewer: 8 GB o más		
Tarjeta gráfica	Tarjetas y controladores certificados		
Unidades	Se recomiendan unidades de estado sólido para obtener un rendimiento óptimo		
<b>Software</b>			
Microsoft Excel y Word	2013, 2016, 2019	2016, 2019	2016, 2019, 2021 (por determinar)
Antivirus	Productos antivirus		

El hardware del que se dispone es:

- 2 procesadores Intel Xeon X5690
  - 12 núcleos
  - 24 procesadores lógicos
- Velocidad base de 3.46 GHz.
- 96 GB de RAM por cada procesador de seis núcles
- Tarjeta de video Quadro P2000, certificada para SolidWorks.

### Tolerancias y dimensionamiento geométrico

La nomenclatura por usar en la representación del dimensionamiento y tolerancias del molde de inyección se hará con base a la norma ASME Y14.5-1994. Existen dos normas recientes, la ASME Y14.5-2009 y la ASME Y14.5-2018. Sin embargo, la norma de 1994 es la más usada internacionalmente. En la Fig. 4.7, se muestra la manera en que se aplica la norma.

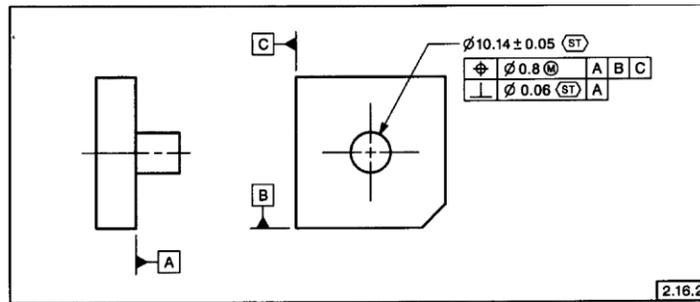


Fig. 4.7 Ejemplo de aplicación de la norma ASME Y14.5-1994 [36].

Para las impresiones de los modelos se cuenta con la impresora 3D uPrint, la cual se muestra en la Fig. 4.8. La cual imprime con alta calidad.



Fig. 4.8 Impresora 3D, marca  $\mu$ Print.

#### **4.4 SELECCIÓN DEL POLÍMERO Y ADITIVOS**

Se quiere inyectar un cuchillo de mesa de plástico desechable, es una pieza plástica que estará en contacto con alimentos, por tanto, es necesario conocer, además de las cuestiones técnicas, las leyes que restringen el uso de polímeros.

La ley para la prevención y gestión integral de los residuos sólidos en el Estado de Oaxaca tuvo su última reforma el 8 de enero de 2020; a través del decreto número 1188, aprobado por la LXIV Legislatura y publicado por el Periódico Oficial Extra el 24 de abril de 2020, para incorporar el decreto número 629. En el apéndice C se muestra el decreto número 629 del Estado de Oaxaca que trata sobre los polímeros.

El decreto número 629 anexa, a la Ley para la prevención y gestión integral de los residuos sólidos, la prohibición de uso de bolsas plásticas de uso único y la prohibición del uso de popotes desde un punto de vista comercial y exenta la prohibición del popote solamente para uso médico.

La ley para la prevención y gestión integral de los residuos sólidos en el título tercero, capítulo I, artículo 15, fracción X; clasifica a los envases de plástico como un residuo de manejo especial, así como a todo tipo de materiales de lenta degradación.

La ley para la prevención y gestión integral de los residuos sólidos en el título cuarto, capítulo II, artículo 28; indica que todo generador de productos que al desecharse (producto, embalaje o empaque) produzca residuos de manejo especial debe tener un plan de manejo de esos residuos.

La ley para la prevención y gestión integral de los residuos sólidos en el título quinto, capítulo IV, sección I, artículo 68 y 68 bis, indica que toda dependencia de gobierno optará por la adquisición de productos amigables con el ambiente y se les prohíbe la adquisición de envases de un solo uso que contengan tereftalato de polietileno (PET) y poliestireno expandido (EPS).

La ley para la prevención y gestión integral de los residuos sólidos en el título séptimo, capítulo II, artículo 98 y 99, prohíbe el uso de envases elaborados con PET y productos de un solo uso elaborados con EPS. Además, permite la fabricación de bolsas con un contenido mínimo del 30% de material polímero reciclado y un 70% de polímeros biobasados (NMX-E-267).

La ley para la prevención y gestión integral de los residuos sólidos no especifica que los cubiertos de mesa de plástico desechables fabricados con polímeros estén prohibidos en el Estado de Oaxaca, sin embargo, los clasifica como producto de manejo especial. Y el decreto número 629 tiene el espacio legal para permitir al municipio impulsar el uso de reusables, biodegradables y compostables. Es aquí donde el municipio puede solicitar al fabricante que mejore la composición del material de sus productos. Es decir, que use a lo menos una mezcla con un porcentaje no especificado de polímero biodegradable o compostable y el resto con el polímero que usa normalmente para fabricar sus productos de plástico desechable.

Los biopolímeros son muy caros en comparación con el polipropileno e incrementa los precios de los productos y se vuelve un bien no apto para el mercado de la mixteca, por tanto, es más competitivo que un fabricante

use alguna mezcla en su material de fabricación que un 100% de cualquier biopolímero.

La ley para la prevención y gestión integral de los residuos sólidos del Estado de Oaxaca es una ley incompleta, y utilizó al "Decreto por el que se adicionan las fracciones IV bis, VIII bis, XXIII bis, XVI bis, XXVI ter, XVI quater al artículo 3 y una fracción XI bis al artículo 6; asimismo, se reforman las fracciones VI del artículo 3, XI del artículo 6 y XI bis del artículo 25, todas en la ley de residuos sólidos del distrito federal" como base para formularse. Este decreto se incluye en el apéndice D.

Dicho decreto, sí define: biodegradable, biopolímero, compostable, degradable y sobre todo es muy claro al especificar a los productos de un solo uso: *tenedores, cuchillos, cucharas, palitos mezcladores, platos, popotes o pajitas, bastoncillos para hisopos de algodón, globos y varillas para globos, vasos y sus tapas, charolas para transportar alimentos, aplicadores de tampones, fabricados total o parcialmente de plásticos, diseñados para su desecho después de un solo uso*. En el apéndice E se muestra la Norma NMX-E-267, que indica los métodos de prueba para productos biobasados.

El decreto de la CDMX ha servido como base para todos los Estados de los Estados Unidos Mexicanos. Y debe tomarse como referencia para el diseño de cualquier producto que contenga algún tipo de polímero que quiera ser comercializado en todo el país.

Entonces, no puede usarse un 100% de polipropileno para fabricar el cuchillo de mesa de plástico desechable; debe usarse una mezcla que contenga un biopolímero con polipropileno en los porcentajes que lo permitan los componentes o un 100% de biopolímero.

Para este proyecto de tesis, se toma la decisión de usar solamente polipropileno (PP) para el diseño del molde. Usar una mezcla implica disponer información técnica del biopolímero a utilizar y los proveedores no liberan toda su información técnica de sus productos porque cada empresa patentada sus fórmulas y solamente con sus consumidores de grandes volúmenes comparten a detalle la correspondiente caracterización de su biopolímero.

A continuación, se desarrollará el concepto de un nuevo producto de plástico, el cual, es un proceso amplio y muy interesante.

#### **4.5 LA PIEZA PLÁSTICA, DISEÑO DEL NUEVO PRODUCTO.**

La pieza plástica solicitada es un cuchillo de mesa desechable de plástico. Como la petición es una solicitud muy abierta, se necesitan hacer estudios previos para acotar las características del nuevo cuchillo de mesa desechable. El desarrollo de la nueva pieza plástica solicitada implica realizar un estudio antropométrico de la mano humana para determinar las dimensiones más convenientes al mercado oaxaqueño, así como conocer el mercado de la región de los cuchillos plásticos desechables.

##### **4.5.1 ESTUDIO DEL NUEVO PRODUCTO, CUCHILLO DE MESA DE PLÁSTICO DESECHABLE**

El objeto por estudiar es un cuchillo de mesa desechable de plástico. Se le realizarán los siguientes análisis: morfológico, estructural, funcional, de funcionamiento, tecnológico, sistémico, económico, comparativo, relacional, social, evolutivo e histórico.

**Análisis morfológico**

Es un objeto plástico que consta de una hoja cuasi-rectangular y un mango. La hoja es más gruesa en el lado superior, la hoja es delgada y dentada en el lado inferior. El lado opuesto al mango es redondeado, la hoja está unida al mango. La textura de la hoja es por lo general lisa y pocas veces rugosa. El mango es más grueso que la hoja y casi siempre se usa el mango para grabar la marca del producto, el código de reciclaje del polímero usado para fabricarlo y el número de pieza producido por el molde de inyección. El cuchillo de mesa desechable de plástico es un producto simple ya que está compuesto de un solo elemento. En la Fig. 4.9 se muestra un típico cuchillo de mesa desechable de plástico.



Fig. 4.9 Cuchillo de mesa desechable de plástico.

**Análisis estructural**

El cuchillo de mesa desechable de plástico tiene dos partes fundamentales, la hoja y el cabo. La hoja se compone por: la mesa, el lomo, la punta redondeada, la línea del bisel, el bisel, el filo y el recazo. El cabo se integra por: el lomo del mango, la hoja del mango, el final del mango y el contra lomo del mango [7], [8], [9], [10], [11], [12] y [13]. En la Fig. 4.10 se muestran las partes del cuchillo de mesa desechable de plástico.

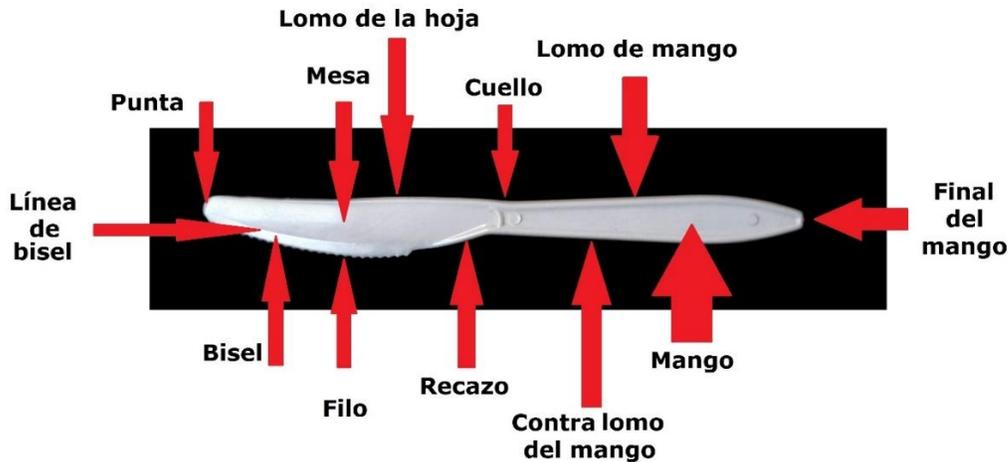


Fig. 4.10 Partes de un cuchillo de mesa desechable de plástico.

### **Análisis funcional**

Sirve para cortar y punzar alimentos en la mesa, en platillos que contengan papas, ensaladas y verduras [14] y [15]. También se usan para cortar y punzar carnes de corte delgado y suave.

### **Análisis de funcionamiento**

Para usar correctamente el cuchillo de mesa desechable de plástico debe colocarse el mango en la mano derecha y el filo hacia abajo. El final del mango se acomoda en la palma. Los dedos medio, anular y meñique sirven para sujetar el contra lomo del mango. El dedo pulgar sujeta la hoja del mango y la yema del dedo índice se coloca en el lomo de la hoja [16]. En la Fig. 4.11 se muestra cómo sujetar el cuchillo de mesa desechable de plástico.



Fig. 4.11 Manera de sujetar el cuchillo de mesa.

En el momento de hacer el corte del alimento, el movimiento no debe ser de los dedos sino del brazo. El cuchillo debe ser apoyado en el centro de la superficie en la que se va a cortar, diagonal al objeto, nunca en el mismo sentido del brazo, ya que causa la fatiga de los tendones de la mano [17].

### **Análisis tecnológico**

El cuchillo de mesa desechable de plástico puede ser fabricado de polipropileno y de polietileno de alta o de baja densidad. Los plásticos mencionados no son catalogados como tóxicos y están autorizados para que estén en contacto con alimentos que serán consumidos por el ser humano [18]. El cuchillo de mesa desechable de plástico se elabora usando la técnica de inyección de plástico, por tanto, se necesita una máquina de inyección de plástico y un molde de inyección para fabricarlo [19]. En la Fig.4.12 se muestra un molde de inyección para cuchillos.

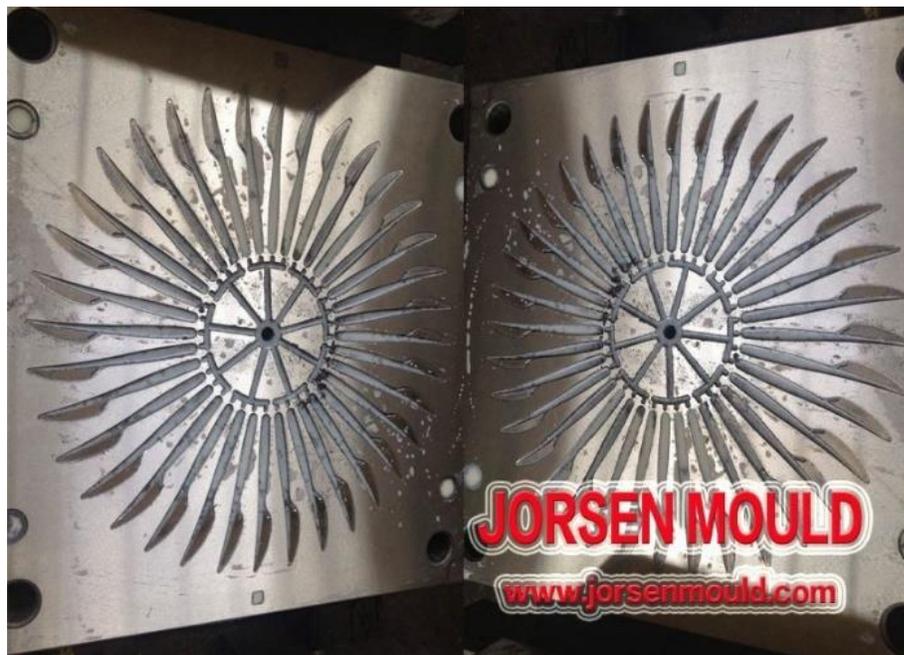


Fig. 4.12 Molde de inyección de un cuchillo de mesa desechable de plástico [20].

**Análisis sistémico**

El cuchillo de mesa desechable de plástico se sujeta de manera firme con la mano del usuario, tal como se indicó en el análisis de funcionamiento. El usuario aplicará un trabajo. El trabajo se produce al aplicar una fuerza con su brazo a una determinada distancia. La distancia está determinada por la longitud a la cual pueda desplazar su brazo el usuario. Este trabajo se transmite al cuchillo en forma de energía cinética. Esta energía cinética genera un movimiento de vaivén del cuchillo sobre el alimento sólido, que junto con la fuerza aplicada por el dedo índice sobre el lomo de la hoja permite cortar al alimento.

**Análisis económico**

Los cuchillos de mesa desechables de plástico se venden en bolsas de 25 piezas o en bolsa con 8 juegos de cubiertos. El precio unitario por pieza es de 32 a 50 centavos. Las bolsas tienen un precio al público de \$8.00 a \$12.00 pesos. Debido a que el producto es desechable entonces se puede decir que es un producto de comodidad, ya que la intención es no recuperarlo después de usarlo. Por tanto, la relación precio-beneficio es alta.

**Análisis comparativo**

El cuchillo de mesa de plástico desechable puede compararse con el tenedor desechable de plástico, con la cuchara desechable de plástico y con una navaja de bolsillo. La comparación es posible aplicarla porque los objetos mencionados pueden cumplir con la misma función del objeto bajo estudio. En la Tabla 4.2 se muestran los resultados de la comparación.

Tabla 4.2 Comparación entre los cubiertos desechables de plástico.

	CUCHILLO DE MESA DESECHABLE DE PLÁSTICO	CUCHARA DE MESA DESECHABLE DE PLÁSTICO	TENEDOR DE MESA DESECHABLE DE PLÁSTICO
SIMILITUDES	Cortan alimentos muy suaves como gelatinas, tamales o pasteles		
	Fabricados con el mismo material		
	La técnica de fabricación es la inyección de plástico		
DIFERENCIAS	Corta alimentos sólidos como carnes cocinadas	Transporta comida líquida a la boca	Transporta comida sólida a la boca
	Corta con un filo formado por dientes	Contiene y transporta la comida en su cavidad	Fija la comida para ser cortada con el cuchillo
	Instrumento no recomendado para alimentar a los niños	Instrumento recomendado para alimentar a los niños	Instrumento no recomendado para alimentar a los niños
	Se consume menos que la cuchara y el tenedor	Se consume más que el cuchillo	Se consume más que el cuchillo

### Análisis relacional

El cuchillo de mesa desechable de plástico se relaciona directamente con el usuario, el resto de los cubiertos y el plato. El proceso de inyección de plástico que se usa para producirlo no es contaminante, además no se generan gases tóxicos durante su fabricación. Sin embargo, el material que es usado para su fabricación tarda mil años en degradarse, la ventaja es que el material es reciclable. Si se recicla se pueden hacer una gran variedad de productos para uso cotidiano.

### Análisis social, evolutivo e histórico

Así como fue un gran avance para la humanidad el invento de la rueda, de igual manera lo fue el invento del cuchillo, que es el antepasado común de las tijeras y de la navaja [3]. El cuchillo se ha usado a lo largo de la historia para la caza, para los rituales religiosos, como arma de combate, como herramienta (utilidad), como objeto de estatus social, como utensilio de cocina y como cubierto en la mesa, principalmente.

Los cuchillos se han fabricado con diferentes materiales, desde los conformados con materiales perecederos como son los huesos y madera, pasando por los de piedra de obsidiana, de cerámica, de hierro forjado, de acero inoxidable y de polímero [2], [3], [4], [5] y [6].

#### 4.5.2 ESTUDIO ANTROPOMÉTRICO DE LA MANO

El estudio antropométrico de la mano se aplicó a estudiantes de la Universidad Tecnológica de la Mixteca. Con base en los fundamentos antropométricos descritos en el capítulo II, se elaboró una cédula para realizar las anotaciones antropométricas de la mano de cada uno de los 200 estudiantes entrevistados. La cédula se muestra en el anexo A.

La medición antropométrica de la mano, así como la altura, se realizaron con un flexómetro marca Truper y que cumple las normas NOM; se muestra en la Fig. 4.13. El peso se midió con una báscula electrónica marca ROYAL, cumple también las normas NOM correspondientes; se muestra en la Fig. 4.14.



Fig. 4.13 Flexómetro.



Fig. 4.14 Báscula electrónica.

El estudio antropométrico se aplicó a una muestra de 200 personas con un grado de confianza del 95% y un nivel de estimación del 7%, el tamaño de la muestra se obtuvo a partir del cálculo realizado en el apéndice A. En número de participantes fue de 72 mujeres y de 128 hombres. En la Tabla 4.3 se muestran los detalles de los doscientos participantes. En el anexo B se muestra toda la información adquirida en el estudio antropométrico de la mano. En la Tabla 4.4 se muestran los resultados del estudio en percentiles; en la Tabla 4.5 y 4.6 se muestran los resultados de mujeres y hombres, respectivamente.

Tabla 4.3 Información de los participantes del estudio antropométrico.

	TODOS		MUJERES		HOMBRES	
<b>ORIGEN</b>	Cañada	2	1.0%	1	0.5%	1.4%
	Costa	10	5.0%	3	1.5%	4.2%
	Istmo	8	4.0%	4	2.0%	5.6%
	Mixteca	88	44.0%	37	18.5%	51.4%
	Papaloapan	1	0.5%	0	0.0%	0.0%
	Sierra Norte	11	5.5%	3	1.5%	4.2%
	Sierra Sur	6	3.0%	2	1.0%	2.8%
	Valles Centrales	74	37.0%	22	11.0%	30.6%
	Total	200	100.0%	72	36.0%	100.0%
<b>EDAD</b>	18-21	127	63.5%	40	20.0%	55.6%
	22-25	72	36.0%	32	16.0%	44.4%
	36-40	1	0.5%	0	0.0%	0.0%
<b>MANO UTILIZA USUARIO</b>	Derecha	193	96.5%	71	35.5%	98.6%
	Izquierda	3	1.5%	1	0.5%	1.4%
	Ambas	4	2.0%	0	0.0%	0.0%

Tabla 4.4 Resultados del estudio antropométrico de la mano de todos los participantes en percentiles.

PERCENTIL (%)	ESTATURA (mm)	PESO (kg)	ESTATURA SENTADO (mm)	LONGITUD TOTAL DE LA MANO (mm)	LONGITUD DE LA PALMA (mm)	LONGITUD DEL DEDO ANULAR (mm)	LONGITUD DEL DEDO MEDIO (mm)	LONGITUD DEL DEDO ÍNDICE (mm)	LONGITUD DEL DEDO PULGAR (mm)	ANCHO DE LA MANO (mm)	ANCHO DE LA PALMA (mm)	GROSOR DE LA MANO (mm)	GROSOR DE LA MANO USANDO EL CUCHILLO (mm)
5	1500	46.4	1210	162	92	64	68	60	53	83	73	36	45
10	1540	51.2	1220	165	94	65	70	61	55	85	76	38	47
20	1560	55.0	1240	168	97	67	72	62	56	88	78	39	49
30	1590	59.0	1260	172	98	69	74	64	58	90	80	40	50
40	1600	60.8	1280	175	100	70	75	65	59	95	83	43	52
50	1620	54.0	1290	177	101	71	76	67	60	97	85	44	54
60	1660	67.2	1300	180	103	72	77	68	62	98	86	45	55
70	1680	70.3	1310	182	105	73	78	69	63	100	88	47	56
80	1710	73.0	1320	185	107	75	80	70	65	103	89	48	57
90	1740	80.1	1350	190	110	77	82	72	67	105	92	50	60
95	1770	85.6	1360	193	111	79	85	74	68	108	94	55	62

Tabla 4.5 Resultados del estudio antropométrico de la mano de las mujeres participantes en percentiles.

PERCENTIL MUJERES (%)	ESTATURA (mm)	PESO (kg)	ESTATURA SENTADO (mm)	LONGITUD TOTAL DE LA MANO (mm)	LONGITUD DE LA PALMA (mm)	LONGITUD DEL DEDO ANULAR (mm)	LONGITUD DEL DEDO MEDIO (mm)	LONGITUD DEL DEDO ÍNDICE (mm)	LONGITUD DEL DEDO PULGAR (mm)	ANCHO DE LA MANO (mm)	ANCHO DE LA PALMA (mm)	GROSOR DE LA MANO (mm)	GROSOR DE LA MANO USANDO EL CUCHILLO (mm)
5	1480	44.5	1200	158	90	62	65	59	52	80	70	35	44
10	1500	45.2	1210	160	92	62	67	60	53	82	73	35	45
20	1520	49.5	1220	163	94	65	69	60	55	85	74	38	47
30	1540	52.0	1230	166	95	66	70	62	56	85	76	38	48
40	1550	54.0	1240	167	96	67	72	63	56	87	76	38	49
50	1560	55.9	1250	169	97	68	73	64	57	88	78	39	50
60	1570	60.0	1260	171	98	69	74	65	58	89	78	40	50
70	1600	62.4	1280	172	98	70	75	66	59	90	79	42	50
80	1600	65.0	1290	175	100	72	76	68	60	94	80	44	52
90	1630	68.5	1300	179	102	73	78	69	63	95	83	45	54
95	1650	70.5	1310	180	104	74	79	70	64	97	84	45	55

Tabla 4.6 Resultados del estudio antropométrico de la mano de los hombres participantes en percentiles.

PERCENTIL HOMBRES (%)	ESTATURA (mm)	PESO (kg)	ESTATURA SENTADO (mm)	LONGITUD TOTAL DE LA MANO (mm)	LONGITUD DE LA PALMA (mm)	LONGITUD DEL DEDO ANULAR (mm)	LONGITUD DEL DEDO MEDIO (mm)	LONGITUD DEL DEDO ÍNDICE (mm)	LONGITUD DEL DEDO PULGAR (mm)	ANCHO DE LA MANO (mm)	ANCHO DE LA PALMA (mm)	GROSOR DE LA MANO (mm)	GROSOR DE LA MANO USANDO EL CUCHILLO (mm)
5	1580	55.0	1230	168	97	67	71	61	54	90	80	38	48
10	1590	56.0	1250	173	98	68	73	62	57	93	82	40	50
20	1610	59.8	1280	175	100	69	74	64	58	96	84	43	52
30	1630	60.9	1290	177	101	70	75	65	60	97	85	44	54
40	1660	64.2	1300	180	103	72	77	67	60	98	86	45	55
50	1680	68.4	1300	181	104	72	78	68	62	100	87	45	56
60	1690	71.0	1310	183	105	74	79	68	63	100	88	47	57
70	1710	73.0	1330	185	108	75	80	70	64	103	89	48	58
80	1730	76.1	1340	188	110	77	81	71	65	104	90	50	58
90	1760	83.1	1360	192	110	78	84	74	67	108	93	53	61
95	1780	92.9	1380	194	112	80	85	76	70	112	95	55	62

### **DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD DEL NUEVO CUCHILLO DE MESA DE PLÁSTICO DESECHABLE**

A partir de los resultados del estudio antropométrico de la mano y después de un análisis exhaustivo se llegó a la conclusión que el mejor procedimiento para determinar la medida de longitud de un cuchillo de mesa de plástico desechable es a través de la siguiente relación:

La longitud de la base de la palma al extremo del dedo índice menos la diferencia de; la longitud total de la mano menos la longitud de la base de la palma al extremo del dedo índice.

Es posible obtener esa medida a través de dos ecuaciones:

$$L_{C1} = (L_P + L_{DI}) - \{L_{TM} - (L_P + L_{DI})\} \quad \text{Ec. 4.1}$$

$$L_{C2} = (L_P + L_{DI}) - \{(L_P + L_{DM}) - (L_P + L_{DI})\} \quad \text{Ec. 4.2}$$

donde:

$L_{C1}$  = Longitud calculada del cuchillo, primera opción

$L_P$  = Longitud de la palma

$L_{DI}$  = Longitud del dedo índice

$L_{TM}$  = Longitud total de la mano

$L_{C2}$  = Longitud calculada del cuchillo, segunda opción

$L_{DM}$  = Longitud del dedo medio

Simplificando ambas ecuaciones se tiene que:

$$L_{C1} = 2L_P + 2L_{DI} - L_{TM} \quad \text{Ec. 4.3}$$

$$L_{C2} = L_P + 2L_{DI} - L_{DM} \quad \text{Ec. 4.4}$$

Finalmente, para obtener la longitud del cuchillo de mesa de plástico desechable se suma la Ec. 4.3 con la Ec. 4.4 y se divide entre dos para obtener el promedio de ambas ecuaciones.

$$L_C = \frac{L_{C1} + L_{C2}}{2} \quad \text{Ec. 4.5}$$

$$L_C = \frac{1}{2} \cdot (3L_P + 4L_{DI} - L_{TM} - 2L_{DM}) \quad \text{Ec. 4.6}$$

Aplicando los datos de la Tabla 4.4, Tabla 4.5 y la Tabla 4.6; a la Ec. 4.6, se obtiene la longitud del cuchillo de mesa en percentiles. Los resultados se muestran en la Tabla 4.7.

Tabla 4.7 Longitud del cuchillo de mesa desechable de plástico en percentiles; para todos los encuestados, las mujeres y hombres.

PERCENTIL (%)	LONGITUD DEL CUCHILLO TODOS (mm)	LONGITUD DEL CUCHILLO MUJERES (mm)	LONGITUD DEL CUCHILLO HOMBRES (mm)
5	143	142	148
10	146	145	148
20	150	145	154
30	152	149	156
40	155	151	160
50	159	153	163
60	162	155	163
70	166	156	165
80	168	161	173
90	173	163	175
95	176	167	181

Se elige la longitud del cuchillo de mesa correspondiente a un percentil de 50, esta medida tiene una diferencia de 16 mm con respecto al percentil de 5 y una diferencia de 17 mm con respecto al percentil de 95. La elección tiene la ventaja de no ser un cuchillo muy grande para las manos más cortas y no ser un cuchillo muy pequeño para las manos más largas. Por ser una pieza plástica donde sus dimensiones no son de rigor ingenieril, se propone que tenga una tolerancia de  $\pm 1$  mm porque es la unidad más pequeña medible por el flexómetro.

$$L_C = 159 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm} \quad \text{Ec. 4.7}$$

### 4.5.3 REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

Para lograr especificar los requerimientos del nuevo cuchillo de mesa de plástico desechable se realizaron tres actividades: una investigación exploratoria al consumidor final, una entrevista en profundidad con el gerente solicitante, la empresa Plastimaxc y a los responsables o dueños de los consumidores mayoristas.

Las tres actividades se apoyaron en los 14 cuchillos de mesa de plástico desechable que se muestran en las figuras Fig. 4.15, Fig. 4.16, Fig. 4.17 y Fig. 4.18. En el anexo C se muestran todas las medidas características de cada uno de ellos.

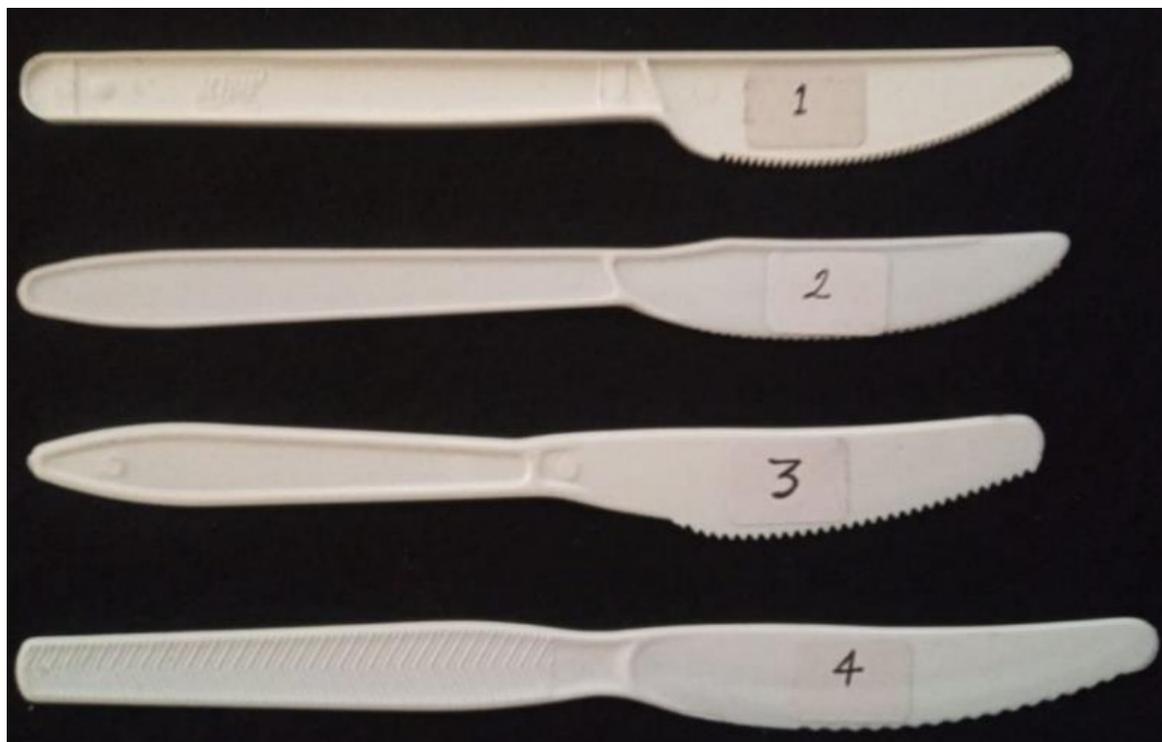


Fig. 4.15 Detalles de los cuchillos de mesa desechables de plástico de las marcas 1-INIX, 2-ARIES, 3-GREAT VALUE y 4-SORIANA.



Fig. 4.16 Detalles de los cuchillos de mesa desechables de plástico de las marcas 5-HOLLYDAY, 6-KSERO, 7-WOW Y 8-CHINET.



Fig. 4.17 Detalles de los cuchillos de mesa desechables de plástico de las marcas 9-CHUP'S, 10-CLASSY y 11-SOLO.



Fig. 4.18 Detalles de los cuchillos de mesa desechables de plástico de las marcas 12-TRISTAR, 13-CUT CRISTAL y 14-SELECTO.

Las 14 muestras de cuchillos de mesa desechables de plástico se recolectaron en:

- La Ciudad de Puebla, Puebla
- La Ciudad de Tehuacán, Puebla
- La Ciudad de Huajuapán de León, Oaxaca
- La Ciudad de Oaxaca, Oaxaca.

#### **4.5.3.1 INVESTIGACIÓN EXPLORATORIA AL CONSUMIDOR FINAL**

Para poder comprender adecuadamente la función del nuevo cuchillo de mesa de plástico desechable se hace uso del método de Ingeniería de Valor y se aplicó una investigación exploratoria a 20 personas. Se les mostró los cuchillos disponibles en el mercado, tal como se muestran en la Fig. 4.19.



Fig. 4.19 Muestra de 14 cuchillos desechables localizados en el mercado.

No hubo formato de preguntas, se dejó expresar libremente a los entrevistados, no hubo restricción alguna en sus observaciones; se obtuvieron los siguientes comentarios:

#### **FORMA:**

- Se percibe el cuchillo 11 como estilizado, elegante.
- El cuchillo 13 se percibe frágil.
- Los cuchillos plateados 12 y 14 no fueron del agrado solamente para un entrevistado.

#### **MANGO:**

- Se percibe elegante, el mango del cuchillo 14.
- El diseño del mango del cuchillo 14 se percibe elegante y con estilo.
- El diseño del mango del cuchillo 4 se ve bonito.

#### **FILO:**

- Se percibe filosa la sierra del cuchillo 7.
- El cuchillo 7 tiene los dientes del filo en una dirección curiosa.
- Los dientes del filo del cuchillo 10 se perciben exagerados.

- El tamaño y la forma de los dientes del cuchillo 10 indican un cuchillo filoso.
- El filo del cuchillo 1 se percibe como suficiente para cortar.
- La sierra del cuchillo 10 es adecuada para cortar pan.
- Los dientes del cuchillo 6 no transmite la percepción de hacer un buen corte.
- El cuchillo 10 lo usarían para cortar carne.

**LOMO:**

- Se percibe el cuchillo 1 robusto, debido al lomo que rodea a todo el cuchillo.
- El lomo del cuchillo 11 trasmite la percepción de mayor firmeza al cuchillo.

**FIRMEZA AL CORTE**

- Se percibe al cuchillo 11 más rígido y firme para hacer un buen corte.
- Se percibe al cuchillo 14 como más firme para hacer un buen corte.
- Se percibe el cuchillo 5 como más resistente.

**NO DESEADO**

- Que se flexione la hoja del cuchillo.
- Un entrevistado comentó que lo más molesto de un cuchillo de plástico es que se doble la hoja, se atore o no corte el cuchillo durante el proceso de cortado.

**DESEADO**

- Se percibe al cuchillo 11 y 12 como un cuchillo multifuncional, para cortar y untar.

**RECAZO**

- El recazo del cuchillo 11 le da buena apariencia.

**APARIENCIA**

- El acabado plateado del cuchillo 14 le da buena apariencia.
- El acabado transparente del cuchillo 13 da la sensación de fragilidad

**LONGITUD**

- Los cuchillos 11, 12, 13 y 14 se perciben muy largos.

El estudio es válido porque "Griffin/Hauser (1993) encontraron que solo de 20 a 30 entrevistas a clientes en segmentos homogéneos son suficientes para determinar aproximadamente del 90 al 95% de todos los posibles requisitos del producto" [23].

**4.5.3.2 REQUERIMIENTOS DEL SOLICITANTE, FABRICANTE**

Se realizó una plática con el fabricante de tal manera que se sintiera cómodo durante la charla y de esa manera se sintiera en confianza en indicar todos sus requerimientos, así como revisar los 14 cuchillos de la Fig. 5.6. Los comentarios fueron los siguientes, el cuchillo:

- F1 - Debe ser fabricado con polipropileno (PP).
- F2 - Debe tener el logotipo de la empresa en el mango.
- F3 - Debe tener el número de pieza inyectada en el molde.
- F4 - Debe tener la clave de reciclaje del polipropileno.
- F5 - El peso del cuchillo debe estar entre 3.0 y 4.0 gramos.
- F6 - El mango debe tener forma redondeada como el cuchillo 2 pero reforzado como el cuchillo 5 y 7.
- F7 - Debe tener una greca mixteca.
- F8 - La hoja del cuchillo de mesa debe estar estilizada como el cuchillo 12 y 8.

- F9 - El filo debe semejarse a los cuchillos 7 y 9.
- F10 - El cuchillo que más gustó fue el cuchillo 7.
- F11 - El cuchillo que más características cumple a los intereses del fabricante es el cuchillo número 1.

#### **4.5.3.3 REQUERIMIENTOS DEL INTERMEDIARIO**

El consumidor mayorista compra volúmenes importantes de producto para proveer al consumidor final. De los consumidores mayoristas visitados en Huajuapán de León, solamente tres dueños se encontraban en su centro de venta, en el resto se entrevistó a los empleados que tienen contacto directo con los consumidores y el producto de interés. Los centros de venta al menudeo visitados fueron:

- Auto servicio RIHER; Allende #7, Col. Centro.
- Soriana; 5 de febrero #227, Col. Tepeyac.
- Bodega Aurrerá; 5 de febrero #26, Col. Jardines del Sur.
- Plásticos La Mixteca; 16 de septiembre #21, Col. Centro
- MULTIPLAS; Tapia #40, Col. Centro. Frente al mercado Zaragoza.
- La Bolsita; Tapia #44, Col. Centro. Frente al mercado Zaragoza.
- Materias primas La Primavera; Cuauhtémoc #27, Col. Centro.

En resumen, los distribuidores o mayoristas comentaron lo siguiente:

- M1 - El cuchillo de mesa desechable de plástico es el producto que menos se vende.
- M2 - Los cuchillos de mesa de plástico desechable se venden preferentemente en bolsas que contienen ocho juegos de cubiertos: cuchara, tenedor y cuchillo.
- M3 - Prefieren vender el cuchillo de mesa de plástico desechable robusto, es decir, grande y fuerte; sobre cuchillos pequeños y delgados, porque no tienen demanda.

#### 4.5.4 GENERACIÓN DEL MODELADO DEL NUEVO CUCHILLO DE MESA DESECHABLE DE PLÁSTICO

En este apartado se aplicará el método Kano y la Ingeniería de Valor para diseñar la nueva pieza plástica.

##### 4.5.4.1 APLICACIÓN DEL MÉTODO DE KANO PARA CALIFICAR Y PONDERAR LOS REQUERIMIENTOS DEL CUCHILLO DESECHABLE DE PLÁSTICO.

Con la información reportada en el apartado 4.5.3.1, se elaboró un cuestionario para usar el Método Kano. El cuestionario se aplicó a una muestra de 200 personas con un grado de confianza del 95% y un nivel de estimación del 7%, el tamaño de la muestra se obtuvo a partir del cálculo realizado en el apéndice A. El cuestionario se muestra en el anexo D. Los resultados de la aplicación del método Kano, se muestran en la Tabla 4.8 y en la Tabla 4.9.

Tabla 4.8 Clasificación de requerimientos.

SUMATORIA DE CRITERIOS									
		A	O	M	R	Q	I	TOTAL	CALIFICACIÓN
P1	USAR PLÁSTICO NO TÓXICO	18	66	48	1	5	62	200	O
P2	GRABAR CLAVE DE RECICLAJE	17	21	28	1	2	131	200	I
P3	GRABAR NÚM. DE PZA. EN MOLDE	6	6	12	5	4	167	200	I
P4	GRABAR MARCA	23	14	9	4	1	149	200	I
P5	USAR GRECA MIXTECA EN MANGO	69	36	2	5	1	87	200	I
P6	ESTILIZAR EL CUCHILLO	38	35	17	3	3	104	200	I
P7	HACER CUCHILLO GRANDE	10	4	9	27	3	147	200	I
P8	HACER CUCHILLO CHICO	3	3	8	47	3	136	200	I
P9	HACER HOJA ANCHA	16	3	12	13	1	155	200	I
P10	ESTILIZAR LA HOJA	41	19	11	1	0	128	200	I
P11	CUCHILLO QUE NO SE DOBLE	22	121	15	3	2	37	200	O
P12	FILO CON DIENTES DE SIERRA	46	52	19	5	4	74	200	O
P13	DIENTES DE SIERRA GRUESOS	23	22	12	13	1	129	200	I
P14	DIENTES DE SIERRA DELGADOS	14	6	9	8	4	159	200	I
P15	CUCHILLO DE COLOR BLANCO	13	13	4	24	5	141	200	I
P16	DISEÑO TEMÁTICO	59	28	8	5	5	95	200	I

donde

*A = Atractivo*  
*M = Obligatorio*  
*R = Opuesto*  
*O = Unidimensional*  
*Q = Cuestionable*  
*I = Indiferente*

Tabla 4.9 Nivel de importancia de cada pregunta de la encuesta.

SUMATORIA DE CRITERIOS											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	TOTAL	CALIFICACIÓN
P1	3	0	4	1	11	3	18	28	132	200	9
P2	2	4	10	4	34	12	39	43	52	200	9
P3	20	14	23	18	33	20	27	26	19	200	5
P4	7	10	15	14	40	18	22	31	43	200	9
P5	10	10	18	15	31	28	20	30	38	200	9
P6	8	8	7	11	19	17	36	42	52	200	9
P7	13	17	20	25	43	26	22	26	8	200	5
P8	32	26	28	25	33	15	17	16	8	200	5
P9	8	5	15	23	42	41	29	23	14	200	5
P10	7	4	14	13	29	31	38	28	36	200	7
P11	1	0	0	3	10	7	17	38	124	200	9
P12	0	2	2	4	19	19	30	46	78	200	9
P13	5	6	8	9	35	31	37	40	29	200	8
P14	6	12	12	15	32	41	27	38	17	200	6
P15	31	20	14	20	39	14	14	28	20	200	5
P16	18	8	16	20	23	27	24	29	35	200	9

Se puede observar la tendencia del usuario final sobre tres requerimientos del tipo "Unidimensional" y el resto de los requerimientos son de tipo "Indiferente", por parte del usuario final. Se puede deducir la real necesidad del usuario, le importa un cuchillo de mesa de plástico desechable de plástico que sea:

- P1 - De material no tóxico; unidimensional, 9.
- PM7113 - Firme, robusto, no se doble; unidimensional - indiferente, 9.
- P12 - Suficiente filo, unidimensional, 9.

El requerimiento P7 y P11 del usuario final, junto con el requerimiento M3 del consumidor mayorista están relacionados, por tanto, se fusionan en el requerimiento PM7113 y se le dan los mayores atributos de P7, P11 y M3.

Ahora bien, se anexarán otros requerimientos que son de tipo “indiferente” por parte de usuario, pero son “obligatorios” por parte del fabricante. A esos requerimientos se les anexa su correspondiente calificación de nivel de importancia, obtenida en el proceso del Método Kano y reportados en la Tabla 4.10. A continuación, se muestran los requerimientos seleccionados por parte del fabricante para formar parte de la pieza plástica:

- F2-P4 – Logotipo de la empresa en el mango; obligatorio-indiferente, 9.
- F3-P3 – Debe tener el número de pieza inyectada en el molde; obligatorio-indiferente, 5.
- F4-P2 – Debe tener la clave de reciclaje del polipropileno; obligatorio-indiferente, 9.
- F6 – El mango del cuchillo debe ser estilizado; atractiva.
- F7-P5 – Debe tener una greca mixteca; obligatorio-indiferente, 9.
- F8-P10 – La hoja del cuchillo debe ser estilizada; obligatorio-indiferente, 7.

El requerimiento F6 no está respaldado como uno de los requerimientos por parte del usuario final. La calificación otorgada como “atractiva”, al requerimiento F6 se debe a que el estilizado del mango del cuchillo de mesa es la única característica que puede tener un Registro de Diseño Industrial ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI) [27] y [28].

La detección oportuna de un requerimiento, desde el punto de vista del diseño industrial [26], permitirá hacer propuestas más completas del nuevo producto.

Después de investigar los requerimientos con el usuario final, el productor y el mayorista; se hace una supervisión de los requerimientos desde el punto de vista del diseño industrial para detectar la falta de algún requerimiento. En el apéndice B se muestra el análisis. Los requerimientos quedan de la siguiente manera:

- Requerimientos de uso
  - P12 – Suficiente filo
- Requerimientos de función
  - PM7113 – Firme robusto, no se doble
- Requerimientos técnico-productivas y económicos o de mercado
  - F5 – *Peso mínimo, suficiente y funcional*
- Requerimientos formales
  - F6 – El mango del cuchillo debe ser estilizado
  - F7 – Debe tener una greca mixteca
  - F8 – La hoja del cuchillo debe ser estilizada
- Requerimientos de identificación
  - F2 – Logotipo de la empresa en el mango
  - F3 – Debe tener el número de pieza inyectada en el mango
- Requerimientos legales
  - P1 – De polímero no tóxico
  - F4 – Debe tener la clave de reciclaje del polímero

Se agregó el requerimiento técnico-productivo y económico, según el análisis en el apéndice B, era un requerimiento faltante. Se le otorgó la calificación de 9 porque es un requerimiento muy importante.

Tabla 4.10 Requerimientos para el nuevo cuchillo de mesa desechable de plástico, analizado a través del Método Kano.

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN DEL REQUERIMIENTO	TIPO DE REQUERIMIENTO	CALIFICACIÓN DEL REQUERIMIENTO	TIPO DE REQUERIMIENTO
F6	El mango del cuchillo debe ser estilizado	Atractiva	Calificación otorgada - 9	Formal
P1	De polímero no tóxico	Unidimensional	9	Legal
P12	Suficiente filo	Unidimensional	9	Uso
PM7113	Firme, robusto, no se doble	Unidimensional - Indiferente	9	Función
F5	Peso mínimo, suficiente y funcional	Obligatorio	9	técnico-productivo, económico
F2	Logotipo de la empresa en el mango	Obligatorio - Indiferente	9	Identificación
F4	Debe tener la clave de reciclaje del polímero	Obligatorio - Indiferente	9	Legal
F7	Debe tener una greca mixteca	Obligatorio - Indiferente	9	Formal
F8	La hoja del cuchillo debe ser estilizada	Obligatorio - Indiferente	7	Formal
F3	Debe tener el número de pieza inyectada en el mango	Obligatorio - Indiferente	5	Identificación

En la Fig. 4.20 se ubican los requerimientos del usuario final, del fabricante y del consumidor mayorista; en la gráfica de requerimientos del cuchillo de mesa desechable de plástico.

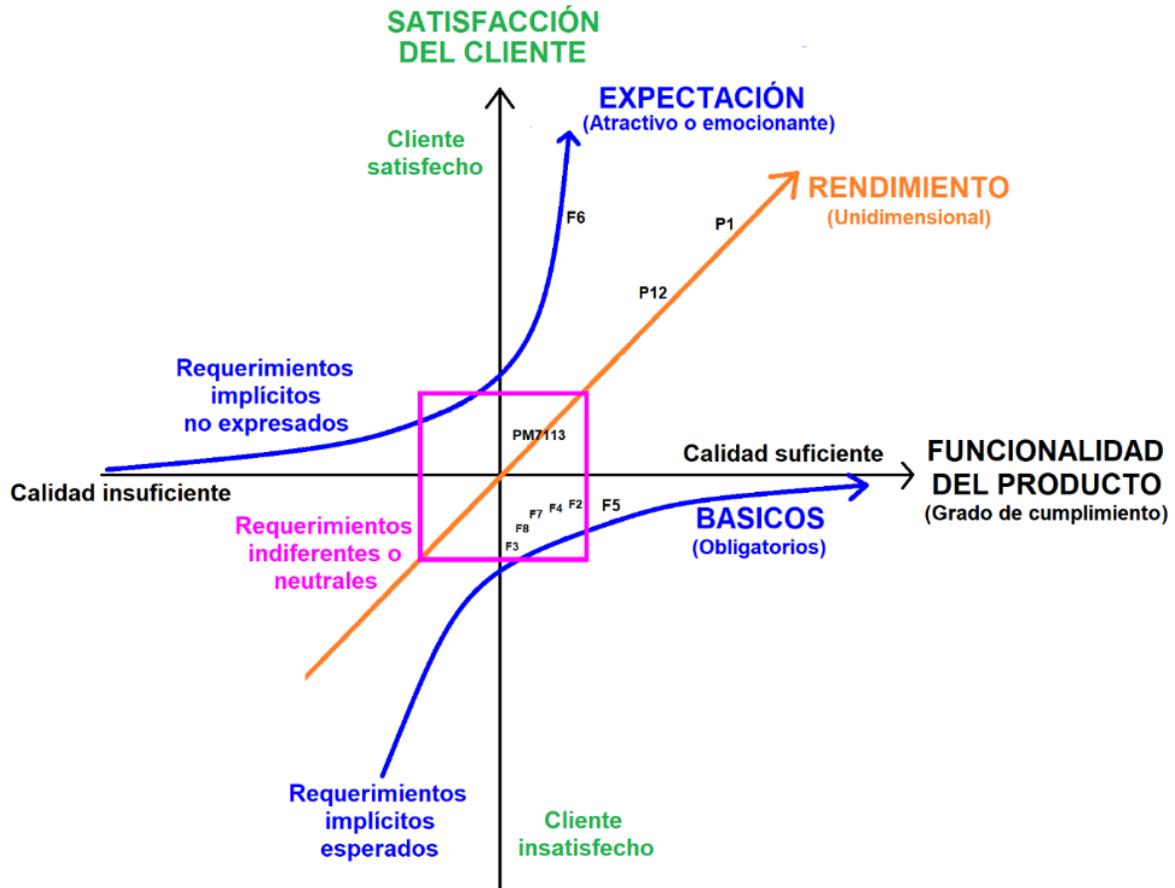


Fig. 4.20 Requerimientos de calidad del cuchillo de mesa desechable de plástico. Modificado de [21], [22], [23], [24] y [25].

A partir de los requerimientos de la Tabla 4.10 se requisita la carta del método de la casa de la calidad (QFD) de la primera fase. El resultado se muestra en la Fig. 4.21.

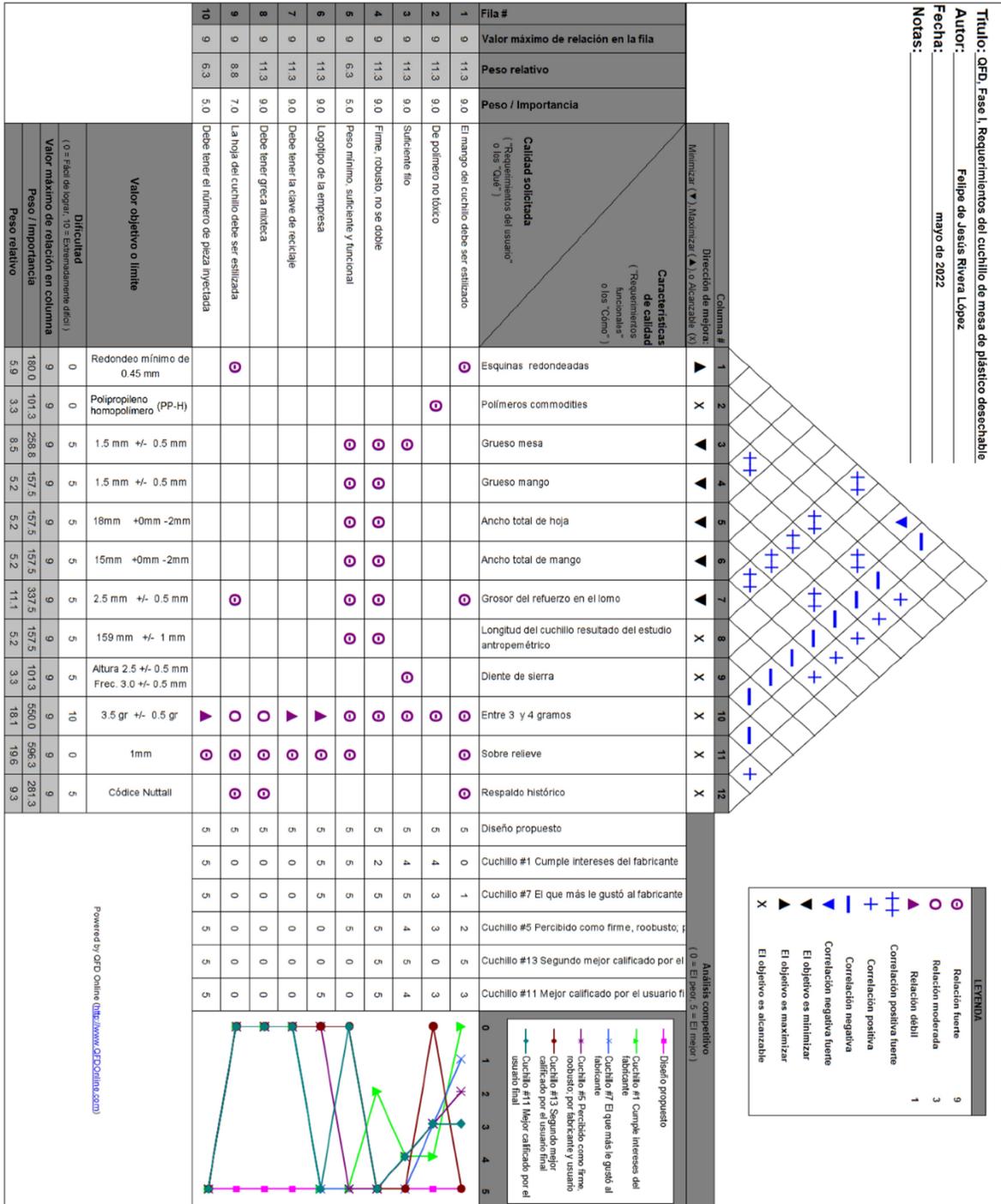


Fig. 4.21 Casa de la calidad del cuchillo de mesa de plástico desechable.

Con este resultado, se obtienen parámetros específicos y parametrizados para cumplir en el diseño del cuchillo de plástico.

#### 4.5.4.2 APLICACIÓN DE LA INGENIERÍA DE VALOR PARA GENERAR EL DISEÑO DEL NUEVO PRODUCTO PLÁSTICO

Para generar el diseño del nuevo cuchillo de mesa de plástico desechable se aplicará el Método de Ingeniería de Valor, se inicia determinando la función principal del producto y posteriormente se elabora la Tabla 4.11 con los requerimientos indicados anteriormente por el usuario final, el fabricante y el distribuidor o mayorista.

##### FUNCIÓN PRINCIPAL:

Cortar carne cocida, verduras o pan en un plato de mesa durante un evento festivo.

Tabla 4.11 Tabla de requerimientos del cuchillo de mesa de plástico desechable.

REQUERIMIENTOS DE USO	FACTOR DETERMINANTE	ESPECIFICACIÓN	FORMA
Forma general del cuchillo de plástico desechable.	Debe percibirse como filoso y firme	Debe ser ergonómico y estilizado.	
Mango	Sección del cuchillo para sujetarlo. Lugar para colocar un detalle especial y posibilite su registro ante el IMPI	El fabricante solicita una greca mixteca.	
Recazo	Determina la separación del mango y de la hoja	Debe proporcionar rigidez y estética al cuchillo.	
Hoja	Debe lograrse una hoja de dimensiones chicas a grandes.	La hoja debe tener una flexión mínima al corte. Posible ubicación de la greca mixteca.	
Lomo	Debe ser cuasi-redondo.	Suficientemente grueso para dar firmeza al cuchillo	

Filo	Debe percibirse filoso para ser elegido sobre la competencia.	El filo debe tener forma de sierra y los dientes deben ser entre medianos y grandes.	
Longitud	A la longitud de la mano mixteca	Determinada por el estudio antropométrico	
Material de fabricación	Debe estar fabricado con un polímero no tóxico	Polipropileno homopolímero (PP-H)	
Leyendas que debe tener el producto	Información para el consumidor y para el fabricante	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Marca registrada del fabricante.</li> <li>• Símbolo de reciclaje del polímero polipropileno</li> <li>• Núm. de Pza. inyectada en el molde.</li> </ul>	
Peso total del cuchillo	Gramaje solicitado por el fabricante	Entre 3.0 y 4.0 gramos	

Una vez ordenados todos los requerimientos desde el punto de vista del método de la Ingeniería del Valor, se procede a especificar las funciones de la nueva pieza plástica. Ver Tabla 4.12.

Tabla 4.12 Funciones para el nuevo cuchillo de plástico desechable

ELEMENTO DEL CUCHILLO	FUNCIÓN	FUNCIÓN PRIMARIA	FUNCIÓN SECUNDARIA
Mango	Sirve para sujetar al cuchillo y se le colocarán grecas, en alto relieve, para tener la posibilidad de registro ante el IMPI. El grosor del mango debe ser de 1.5mm +/-0.5mm. El ancho total del mango debe de 15mm +0mm -2mm. Se puede hacer hueco para disminuir el peso de la pieza	X	
Recazo	Proporciona rigidez y estética a la hoja del cuchillo. El grosor debe coincidir con el grosor del lomo.	X	
Hoja	Sirve para soportar al filo del cuchillo y colocar un lomo ergonómico para soportar al dedo índice y proporcionar comodidad al usuario. La mesa de la	X	

	hoja debe tener un grosor de 1.5mm +/-0.5mm. Y el ancho total de la hoja debe ser de 18 mm +0mm -2mm. Se puede eliminar la mesa para disminuir el peso de la pieza.		
Lomo	Proporciona rigidez y firmeza al cuchillo mientras se está usando. El grosor del lomo debe ser de 2.5mm +/- 0.5mm.	X	
Filo	La función es cortar la carne, verdura o pan en un plato de mesa. Altura de los dientes 2.5mm +/- 0.5mm. Frecuencia de los dientes 3.0mm +/- 0.5mm.	X	
Polipropileno homopolímero	Polímero que soporta las altas temperaturas de los alimentos sin deformarse y sin desprender sustancias tóxicas, además de proporcionar rigidez y firmeza al producto.		X
Peso	Obtener máxima ganancia con el mínimo consumo de materia prima, el peso debe ser de 3.5g +/-0.5g. Se dejan tolerancias amplias en el resto de las secciones del cuchillo para poder disminuirlas hasta lograr el requerimiento de la pieza plástica		X
Longitud del cuchillo	Longitud de 159mm +/- 1 mm; usando el percentil del 50%, resultado del estudio ergonómica para usuarios finales de la región mixteca		X
Marca registrada del fabricante.	Mostrar al consumidor la marca del fabricante. Ubicación en el lado izquierdo de la hoja para que sea vista la marca durante el uso del cuchillo.		X
Símbolo de reciclaje del polipropileno.	Informar al consumidor el tipo de plástico que se usó para fabricar el cuchillo para su fácil clasificación de reciclaje. Ubicarla en el lado derecho de la hoja.		X
Número de pieza inyectada en el molde	Ubicar en el cuchillo el número de pieza inyectada para localizar la cavidad del molde si el producto es inyectado con algún tipo de defecto en el proceso de producción. Ubicarlo en el mango.		X

Con la información de la Tabla 4.12 se procede a elaborar la matriz de conceptos de la pieza plástica. Ver Tabla 4.13. En la matriz no se muestran las condiciones de lomo, el filo, el peso, la longitud del cuchillo, el logotipo de la marca, el símbolo del reciclaje y el número de la pieza inyectada; porque son parámetros fijos que no tienen opción de ser

modificadas durante el diseño. Los únicos requerimientos que presentan opción de modificarse son: el mango, el recazo y la hoja. En la Tabla 4.14 se generan los diferentes conceptos de cuchillos.

Tabla 4.13 Matriz de conceptos del nuevo cuchillo de mesa de plástico desechable.

Núm. de grecas	Recazo	Hoja	Mango
Una greca mixteca <input type="radio"/>	Largo <input type="radio"/>	Con mesa <input type="radio"/>	Relleno <input type="radio"/>
Dos o más grecas mixtecas <input type="radio"/>	Difuminado a la mesa <input type="radio"/>	Sin mesa <input type="radio"/>	Hueco <input type="radio"/>

Tabla 4.14 Selección de conceptos del nuevo cuchillo de mesa de plástico desechable.

Núm. de grecas	Recazo	Hoja	Mango
Una greca mixteca <input type="radio"/>	Largo <input type="radio"/>	Con mesa <input type="radio"/>	Relleno <input type="radio"/>
Dos o más grecas mixtecas <input type="radio"/>	Difuminado a la mesa <input type="radio"/>	Sin mesa <input type="radio"/>	Hueco <input type="radio"/>

Todos los conceptos generados y que se describen a continuación tienen los siguientes requerimientos: lomo de refuerzo en hoja y mango, con filo diente de sierra, de polímero polipropileno homopolímero, con un peso en el rango de 3.5g +/- 0.5, longitud total de 159mm +/- 1mm, la marca del fabricante se coloca en la parte izquierda de la hoja, el símbolo de reciclaje del polímero se coloca en la parte derecha de la hoja y el número de cavidad donde fue inyectada la pieza plástica se coloca en el derecho del mango.

## CONCEPTO UNO (LÍNEA NARANJA)

Cuchillo de mesa de plástico desechable con una greca mixteca, recazo difuminado hacia el centro de la hoja, la hoja con mesa y mango relleno. Ver Fig. 4.22.



Fig. 4.22 Generación de concepto de cuchillo de mesa uno.

## CONCEPTO DOS (LÍNEA ROJA)

Cuchillo de mesa de plástico desechable con cuatro grecas mixtecas, recazo largo bajo la hoja, con mesa y mango relleno. Ver Fig. 4.23.



Fig. 4.23 Generación de concepto de cuchillo de mesa dos.

## CONCEPTO TRES (LÍNEA VERDE CLARO)

Cuchillo de mesa de plástico desechable con una greca mixteca, recazo largo bajo la hoja, sin mesa y mango hueco. Ver Fig. 4.24.

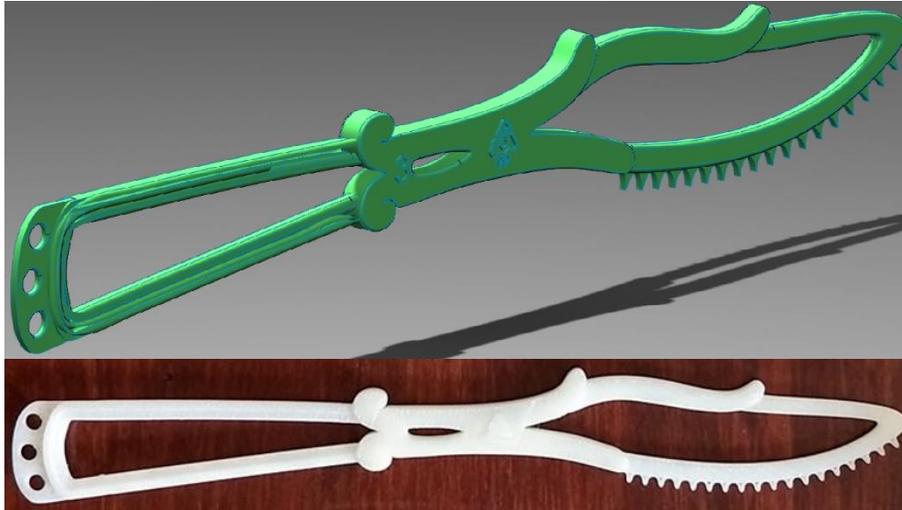


Fig. 4.24 Generación de concepto de cuchillo de mesa tres.

## CONCEPTO CUATRO (LÍNEA AMARILLO LIMÓN)

Cuchillo de mesa de plástico desechable con una greca mixteca, recazo largo bajo la hoja, con mesa y mango hueco. Ver Fig. 4.25.

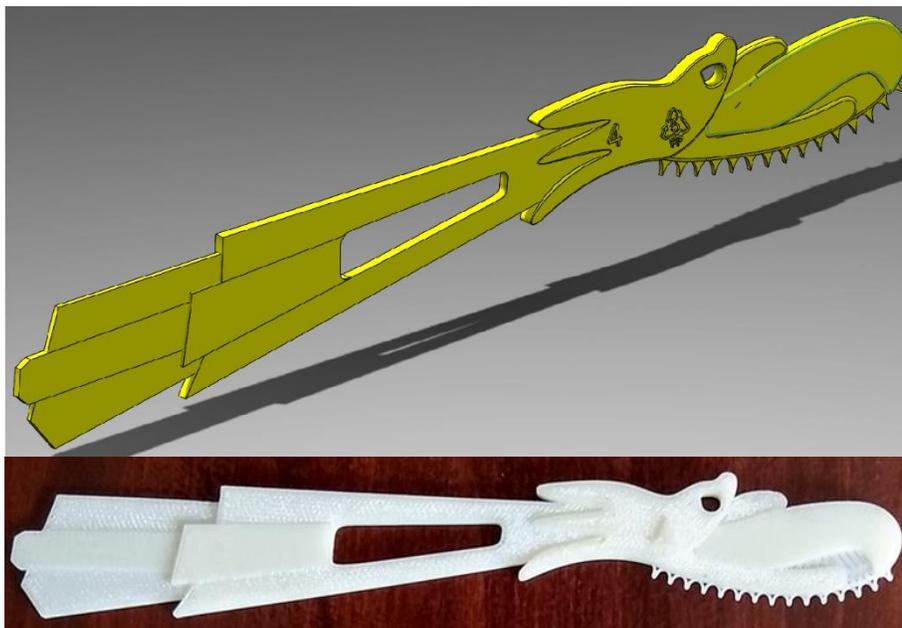


Fig. 4.25 Generación de concepto de cuchillo de mesa cuatro.

## CONCEPTO CINCO (LÍNEA AZUL)

Cuchillo de mesa de plástico desechable con dos grecas mixtecas, recazo largo difuminado a la mesa, hoja sin mesa y mango hueco. Ver Fig. 4.26.



Fig. 4.26 Generación de concepto de cuchillo de mesa cinco.

## CONCEPTO SEIS (LÍNEA MAGENTA)

Cuchillo de mesa de plástico desechable con una greca mixteca, recazo largo bajo la hoja, sin mesa y mango relleno. Ver Fig. 4.27.



Fig. 4.27 Generación de concepto de cuchillo de mesa seis.

## CONCEPTO SIETE (LÍNEA VIOLETA)

Cuchillo de mesa de plástico desechable con una greca mixteca, recazo largo difuminado hacia la mesa, sin mesa y mango hueco. Ver Fig. 4.28.



Fig. 4.28 Generación de concepto de cuchillo de mesa siete.

## CONCEPTO OCHO (LÍNEA VERDE OSCURA)

Cuchillo de mesa de plástico desechable con dos grecas mixtecas, recazo largo bajo la hoja, sin mesa y mango hueco. Ver Fig. 4.29.



Fig. 4.29 Generación de concepto de cuchillo de mesa ocho.

Los diseños más aptos para comercializarse son el concepto uno y el concepto dos, ambos modelos tuvieron el máximo puntaje. Ver Tabla 4.15.

Tabla 4.15 Evaluación para seleccionar el diseño de la pieza plástica.

REFERENCIA	TIPO DE REQUERIMIENTO	DESCRIPCIÓN DEL REQUERIMIENTO	CONCEPTO UNO	CONCEPTO DOS	CONCEPTO TRES	CONCEPTO CUATRO	CONCEPTO CINCO	CONCEPTO SEIS	CONCEPTO SIETE	CONCEPTO OCHO
F6	Formal	El mango del cuchillo debe ser estilizado	1 El estilizado no evoca a la Cultura Mixteca y no es atractiva	5 Las grecas Mixtecas lucen y son atractivas	1 El estilizado no evoca a la Cultura Mixteca y no es atractiva	3 Tiene una sola greca y es atractiva	1 El estilizado no evoca a la Cultura Mixteca y no es atractiva	1 El estilizado no evoca a la Cultura Mixteca y no es atractiva	3 Tiene una sola greca y es atractiva	5 Las grecas Mixtecas lucen y son atractivas
P1	Legal	De polímero no tóxico	X	X	X	X	X	X	X	X
P12	Uso	Suficiente filo	X	X	X	X	X	X	X	X
PM7113	Función	Firme, robusto, no se doble	5 Cumple satisfactoria mente	5 Cumple satisfactoria mente	1 No cumple	3 Cumple, no es cómodo	1 No cumple	3 Cumple, no es cómodo	1 No cumple	1 No cumple
F5	técnico-productivo, económico	Peso mínimo, suficiente y funcional	5 Cumple	5 Cumple	1 No cumple	3 Cumple, no suficiente	1 No cumple	5 Cumple	1 No cumple	1 No cumple
F2	Identificación	Logotipo de la empresa en el mango	X	X	X	X	X	X	X	X
F4	Legal	Debe tener la clave de reciclaje del polímero	X	X	X	X	X	X	X	X
F7	Formal	Debe tener una greca mixteca	X	X	X	X	X	X	X	X
F8	Formal	La hoja del cuchillo debe ser estilizada	5 Cumple, satisfactoria mente	1 No cumple	1 No cumple	3 Cumple, no es funcional	5 Cumple, satisfactoria mente	3 Cumple, no es suficiente	3 Cumple, no es suficiente	5 Cumple satisfactoria mente
F3	Identificación	Debe tener el número de pieza inyectada en el mango	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>TOTAL</b>			<b>16</b>	<b>16</b>	<b>4</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>12</b>

A partir de los conceptos UNO y DOS, se realizaron dos nuevos diseños para desempatarlos. Se combinaron sus hojas y sus mangos. Se describen los dos nuevos diseños a continuación.

### CONCEPTO A

Cuchillo de mesa de plástico desechable con dos grecas mixtecas, recazo largo bajo la hoja, con mesa y mango relleno. Ver Fig. 4.30. Se combina el mango del CONCEPTO UNO y la hoja del CONCEPTO DOS.



Fig. 4.30 Generación de concepto de cuchillo de mesa A.

**CONCEPTO B**

Cuchillo de mesa de plástico desechable con cuatro grecas mixtecas, recazo largo bajo la hoja y difuminado hacia la mesa, con mesa y mango relleno. Ver Fig. 4.31. Se combina el mango del CONCEPTO DOS y la hoja del CONCEPTO UNO.

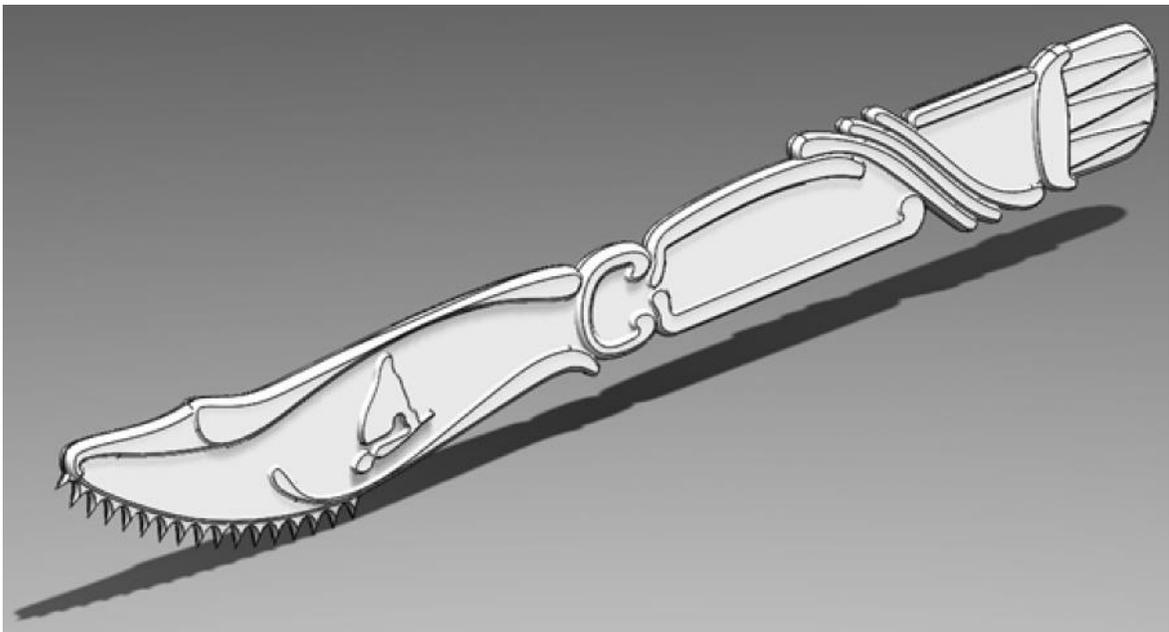


Fig. 4.31 Generación de concepto de cuchillo de mesa B.

El CONCEPTO B es el elegido porque tiene un alto contenido de diseño cultural en el mango y es factible su registro ante el IMPI; como ya se comentó, el estilizado del mango del cuchillo de mesa es la única característica que puede obtener un Registro de Diseño Industrial ante el IMPI [27] y [28].

El cuchillo de mesa de plástico desechable del CONCEPTO B, a pesar de su alto contenido de diseño tiene una masa de 3.13 gramos, es decir, no excede su masa a los requerimientos preestablecidos.

```
Propiedades de masa de MIXTECO_IMPRESION
Configuración: Predeterminado
Sistema de coordenadas: -- predeterminado --

Densidad = 0.00 gramos por milímetro cúbico

Masa = 3.74 gramos

Volumen = 4150.16 milímetros cúbicos

Área de superficie = 5321.37 milímetros cuadrados
```

Fig. 4.32 Reporte de masa de la pieza plástica por el CAD.

En la Fig. 4.32 se muestra el reporte del CAD, el cual indica una masa de 3.74 g porque usa la densidad sólida del polímero y no la densidad de fusión, la densidad con la que se inyecta la pieza plástica.

En el mango del cuchillo se debe colocar el número que indique la cavidad donde fue inyectada la pieza plástica; con la masa obtenida, se tiene el margen suficiente para colocar hasta dos dígitos.

El diseño del nuevo cuchillo de mesa de plástico desechable está casi concluido, hace falta un análisis para garantizar que este modelado sea factible de manufacturarlo. Se realiza en la siguiente sección.

#### **4.5.5 REQUERIMIENTOS DE HERRAMIENTAS PARA MANUFACTURAR EL MOLDE DE LA PIEZA PLÁSTICA**

Como paso final, para concluir el diseño de la nueva pieza plástica Es necesario garantizar que existe la herramienta necesaria para

manufacturar el molde. Después de hacer un análisis exhaustivo, el único elemento crítico es un cortador vertical para la fresadora CNC.

Se propone para la manufactura del molde de la nueva pieza plástica, se haga la mitad del cuchillo de mesa en la placa A y la otra mitad en la placa B. La pieza plástica tiene un grueso máximo 2.8 mm. Entonces, la profundidad máxima con la que se debe trabajar es de  $1.4 \text{ mm}^{+0.0}_{-0.05} \text{ mm}$  y debe tener redondeos de  $0.45 \text{ mm}^{+0.05}_{-0.00} \text{ mm}$ .

Se elige un cortador vertical miniatura punta de bola, con Núm. de catálogo TRAYER 20-101-950 [38], que se muestra en la Fig. 4.33. Éste, servirá para hacer las cavidades del molde de inyección. El mismo cortador es útil para hacer la pieza en grafito y hacer las cavidades por electroerosión, aunque en ese caso se elegiría el cortador con Núm. de catálogo TRAYER 20-101-952 [38].







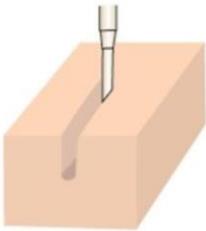
MEDIDA	LARGO CORTE	LARGO TOTAL	LARGO EFECTIVO	Ø CUELLO	NO. DE CATÁLOGO	PRECIO UNIT.
1/32"	3/64"	17/8"	3/16"	.029"	20-101-950	\$55.44
1/32"	3/64"	17/8"	9/32"	.029"	20-101-952	50.35
3/64"	1/16"	17/8"	3/16"	.045"	20-101-954	48.98
3/64"	1/16"	17/8"	1/4"	.045"	20-101-956	48.98
3/64"	1/16"	17/8"	15/32"	.045"	20-101-958	49.17
1/16"	3/32"	17/8"	9/32"	.060"	20-101-960	48.98
1/16"	3/32"	17/8"	15/32"	.060"	20-101-962	48.98
1/16"	3/32"	17/8"	19/32"	.060"	20-101-964	47.25
5/64"	1/8"	17/8"	9/32"	.076"	20-101-966	47.35
5/64"	1/8"	17/8"	19/32"	.076"	20-101-968	47.35
5/64"	1/8"	17/8"	23/32"	.076"	20-101-970	47.35
3/32"	9/64"	17/8"	23/32"	.090"	20-101-974	47.25
1/8"	3/16"	2 1/8"	19/32"	.120"	20-101-976	65.03
1/8"	3/16"	2 1/8"	23/32"	.120"	20-101-978	64.97

**Aplicaciones:**

- Para maquinados en 3 dimensiones, ranurados profundos o para hacer múltiples cortes ligeros.
- Para Aceros al Carbón, aleaciones de Acero, Acero para moldes y troqueles.
- También para Aceros Inoxidables, Plásticos y Fundiciones.

**Ventajas:**

- Cuello largo para maquinados profundos cerca de las paredes.
- Corte al centro.
- Zanco reforzado 1/8"
- Cuello largo.



**Tolerancias:**

- Zanco: +.0000"/-.0003"

Fig. 4.33 Cortador para manufacturar las cavidades [38].

Entonces, una vez encontrada la herramienta necesaria para hacer el molde de la nueva pieza plástica; se puede decir que el modelado del cuchillo de mesa de plástico desechable se ha concluido. El nuevo producto plástico se muestra en la Fig. 4.34. Este diseño ya es viable para manufacturar su molde de inyección.

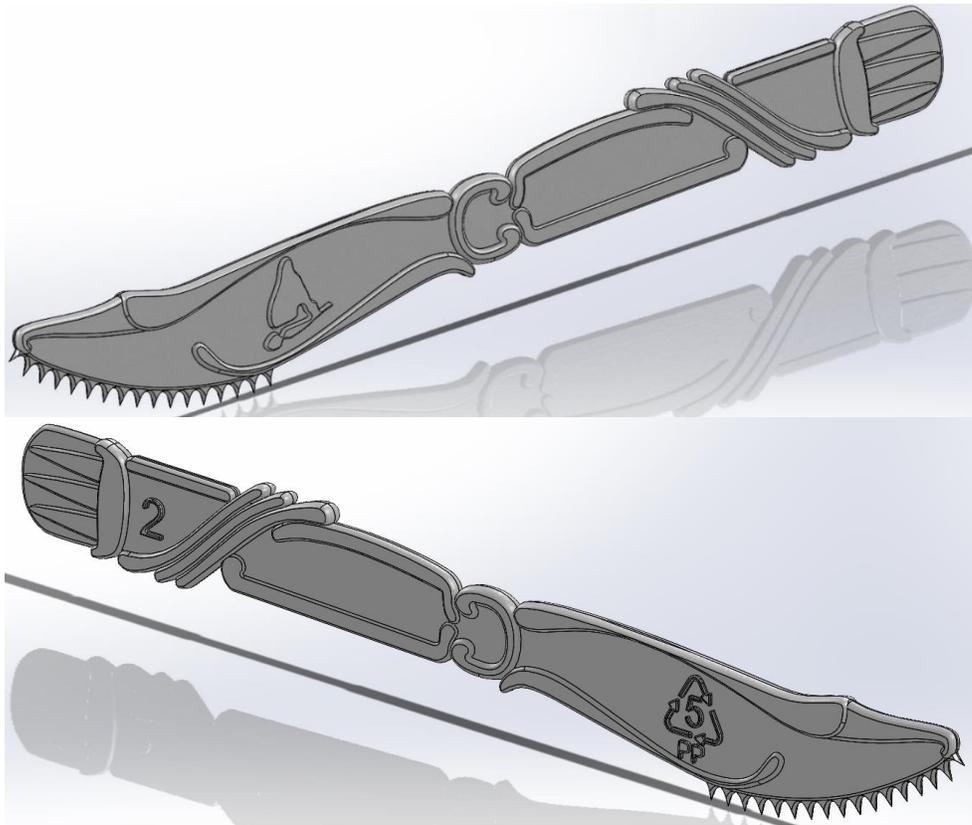


Fig. 4.34 Modelado final del nuevo cuchillo de mesa de plástico desechable.

En la siguiente sección se hace el diseño preliminar del molde y con ello se da inicio al diseño del molde.

## 4.6 CÁLCULO DEL NÚMERO DE CAVIDADES

Se aplicará el procedimiento de once pasos descrito en el apartado 4.4. Lo que corresponde al diseño del plano del molde de la Fig. 5.3.

### PASO UNO – Recopilación de información de la máquina de moldeo.

La empresa Plastimaxc proporcionó la hoja de datos de dos máquinas de moldeo por inyección donde se podría probar el molde de inyección y sus características se muestran en la Tabla 4.16.

Tabla 4.16 Características de las dos máquinas de inyección por inyección para probar el molde de inyección.

ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD DE INYECCIÓN	MMI		UNIDAD
Modelo de la MMI * Injection Molding Machine Model	D95	D125	-
Número de máquina * Machine Number	1	2	-
Fabricante * Manufacturer / Supplier	EURO INJ	EURO INJ	-
Diámetro del husillo * Screw Diameter	36	40	mm
Relación L/D * Screw L/D Ratio	20 / 1	20 / 1	-
Volumen máximo de carga * Swept Volume	183	251	cm <sup>3</sup>
Masa máxima de inyección * Max. Shot Weight (PS)	164	226	g
Masa máxima de inyección * Max. Shot Weight (PS)	5.8	7.9	oz
Presión máxima de inyección * Max. Injection Pressure	1722	1680	Bar
Tasa máxima de inyección * Max. Injection Rate	85	103	g / s
Carrera máxima de husillo * Screw Stroke	180	200	mm
ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD DE CIERRE	MMI		UNIDAD
Fuerza máxima de cierre * Max. Locking Force	95	125	tonne
Carrera máxima de apertura * Max. Opening Stroke	320	355	mm
Altura mínima del molde * Min. Mould Height	130	130	mm
Altura máxima del molde * Max. Mould Height	400	430	mm
(Altura molde + Carrera de apertura) máxima * Max. Daylighth	720	785	mm
Distancia entre las barras * Space between the bars	360 x 360	410 x 410	mm
Diámetro de las barras * Diameter of the bars	60	70	mm
Fuerza máxima de avance de expulsor * Max. Ejector forward Force	3	3	tonne
Carrera máxima del expulsor* Max. Ejector Stroke	90	110	mm
ESPECIFICACIONES GENERALES	MMI		UNIDAD
Potencia del motor de la bomba * Pump Driver Motor	11 (15)	15 (20)	kW (HP)
Presión hidráulica * Hydraulic Pressure	140	140	bar
Potencia de calefacción * Heating Capacity	5	7	kW (HP)
Número de zonas con calefacción * Number of Heating Zones	3 + N	3 + N	-
Llenado del tanque de aceite * Oil filling	300	265	litros
Dimensiones de la máquina * Machine Dimensions (LxWxH)	4 x 1.1 x 1.6	4.6 x 1.2 x 1.68	m
Peso de la máquina, seca * Machine Weight , dry	4,300	4,300	kg

En la Fig. 4.35 se muestran los detalles de la platina y de la boquilla de las máquinas de moldeo. Esta información es muy importante porque ayuda a determinar las dimensiones del molde y del bebedero.

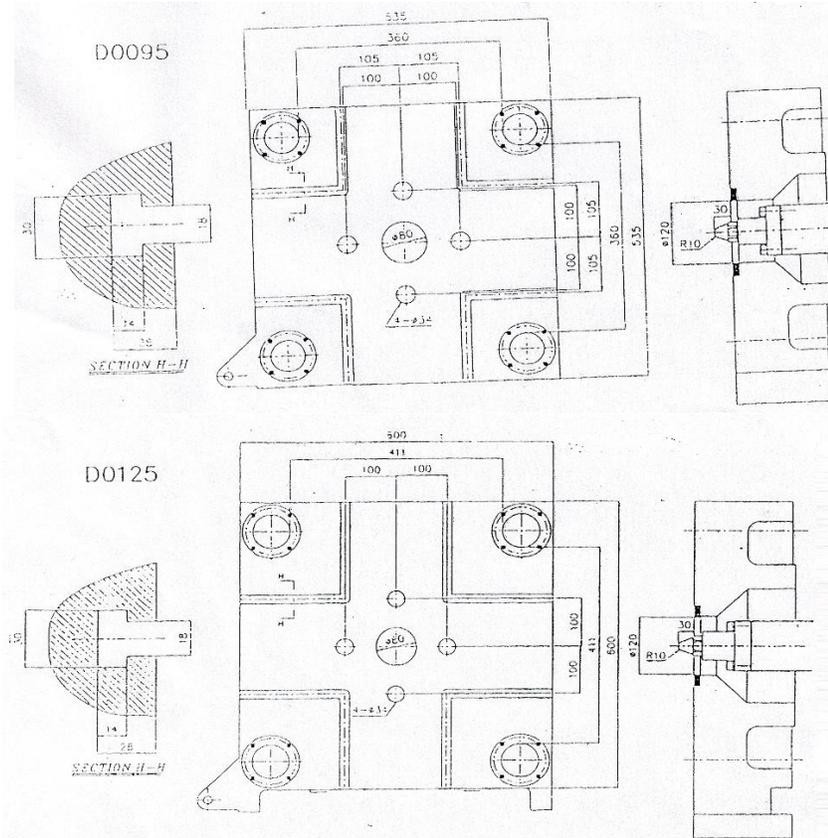


Fig. 4.35 Detalles de la platina y boquilla de las máquinas de moldeo por inyección D95 y D125.

Se tiene que diseñar un molde de inyección que pueda operar en ambas máquinas de moldeo.

**PASO DOS** – *Especificar polímero y sus características.*

El polímero por inyectar será un polímero homopolímero sin aditivos. En la Tabla 4.17 se muestran sus características genéricas y en la Tabla 4.18 se muestran sus condiciones de procesamiento.

Tabla 4.17 Propiedades genéricas del polipropileno homopolímero.

PROPIEDADES	* PROPERTIES	UNIDAD * UNIT	SEMICRISTALINO
Morfología @ (23 °C)	* Morphology @ (23 °C)		
Densidad @ 23 °C	* Density	g / cm <sup>3</sup>	0.900
Densidad en fundido	* Melt Density (MD)	g / cm <sup>3</sup>	0.755
Densidad aparente	* Bulk Density (BD)	kg / l	0.540
Absorción de humedad	* Water absorption (23 °C - 50% RH)	%	0.02
Temperatura de transición vítrea	* Glass transition temperature (Tg)	°C	-10
Temperatura de fusión	* Melting Point (Tm)	°C	170
Conductividad térmica	* Thermal Conductivity	W / (m*K)	0.22
Calor específico	* Specific Heat Capacity	J / kg*K	1,700
Difusividad térmica a	* Thermal Diffusivity	m <sup>2</sup> / s	1.44E-07
Temperatura de deflexión bajo carga	* Deflection Temperature Under Load (HDT)	°C	104
Capacidad calorífica	* Heat Capacity	kJ / kg °C	2.55
Calor latente de fusión	* Latent Heat of Fusion	kJ / kg	207
Índice de fluidez	* Melt Flow Rate (MFR)	g / 10 min	12
Resistencia a la tensión en el punto de cedencia	* Tensile Strenght at Yield	Mpa	33
Alargamiento en el punto de cedencia	* Elongation at yeield	%	10
Resistencia al impacto Izod con muesca a 23 °C	* Notched Izod Impact	J / m	33
Módulo de Flexión	* Flexural Modulus	M Pa	1,400
Masa de un bulto de polímero	*	kg	25
Escala de viscosidad			A
Factor de enfriamiento			3.670
Nombre genérico	* Generic Symbol		PP - H
Factor de viscosidad mínimo			1.0
Factor de viscosidad máximo			1.2
Valor orientativo mínimo		Bar	300
Valor orientativo máximo		Bar	650

Tabla 4.18 Condiciones de procesamiento del polipropileno homopolímero.

CONDICIONES DE PROCESAMIENTO	* PROCESSING CONDITIONS	UNIDAD * UNIT
Temperatura de secado	* Dryer Temperature	°C
Tiempo de secado mínimo	* Dryer Time	Hra.
Tiempo de secado máximo	* Residence time in Dryer	Hra.
Punto de rocío	* Dryer Dewpoint	°C
Flujo de aire de secado	* Drying Air Flow	m <sup>3</sup> / kg
Nivel máximo de humedad	* Moisture Content	%
Absorción de agua (23°C, 50% RH)	* Water absorption (23°C, 50% RH)	%
Relación longitud / Diámetro	* Length / Diameter Ratio	-
Relación de compresión	* Compression Ratio	-
Temperatura de la masa	* Melt Temperature	°C
Temperatura mínima de procesamiento		°C
Temperatura máxima de procesamiento		°C
Tiempo de residencia en el cilindro	* Residence time in cylinder	min
Tiempo de residencia mínimo en cilindro	* Min. Residence time in cylinder	min
Tiempo de residencia máximo en cilindro	* Max. Residence Time in Cylinder	min
Velocidad del husillo máxima	* Screw Speed	m / s
Contrapresión (Pb)	* Back Pressure	bar
Temperatura del molde	* Mold Temperature	°C
Temperatura de desmoldeo	* Demolding Temperature	°C
Máxima velocidad de corte	* Shear Rate	s <sup>-1</sup>
Presión de inyección requerida (Mín.)	*	bar_spec
Presión de inyección requerida (Máx.)	*	bar_spec

- Polímero: Polipropileno homopolímero (PP-H).
- Densidad en fundición:  $0.755 \frac{g}{cm^3}$
- Valor orientativo de la presión interna:  $3.0 - 6.5 \frac{kN}{cm^2}$
- Valor promedio del valor orientativo de la presión interna:  $4.75 \frac{kN}{cm^2}$
- Factor de contracción: 1.0-2.5 %
- Factor de contracción media: 1.75%
- Factor para calcular el tiempo de enfriamiento del PP: 3.67.
- Difusividad térmica del PP:  $1.44 \cdot 10^{-7} \frac{m^2}{s}$
- Temperatura de fusión recomendada del PP: 240 °C
- Temperatura de expulsión recomendada del PP: 90 °C
- Temperatura del molde o del refrigerante recomendada para el PP: 50 °C

### PASO TRES – Características de la pieza plástica.

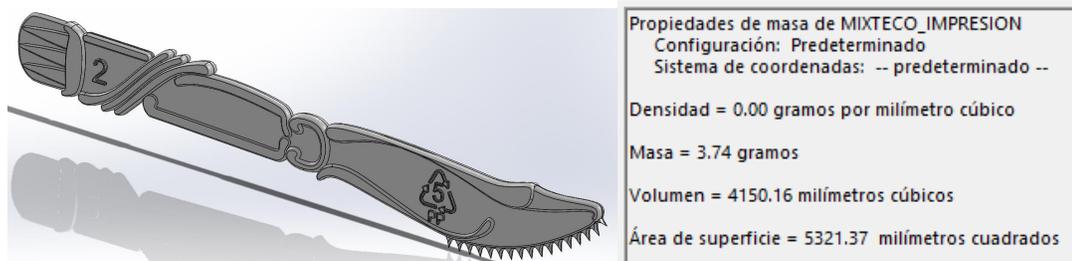


Fig. 4.36 Modelado final del nuevo cuchillo de mesa de plástico desechable.

- Pieza plástica: Cuchillo de mesa.
- Espesor promedio de la pieza: 1.5 mm.
- Forma del área proyectada: como un rectángulo irregular.
- Área proyectada de la pieza plástica:  $27.07 cm^2$ , se usa el factor de contracción media y se desprecia el área de los cantos de la pieza.
- Volumen de la pieza plástica:  $4.222 cm^3$ , se usa el factor de contracción media.
- Área proyectada estimada de la colada por pieza plástica:  $1 cm^2$ .
- Masa estimada de la mazarota: 3 g.

Información derivada:

- Área total proyectada (pieza plástica y colada):  $28.07 \text{ cm}^2$ .
- Masa de la pieza plástica:  $4.222 \text{ cm}^3 * 0.755 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \approx 3.2 \text{ g}$ .
- Masa estimada de la colada por pieza plástica:  $1.5 \text{ g}$ .
- Masa total (pieza más colada):  $3.2 \text{ g} + 1.5 \text{ g} = 4.7 \text{ g}$ .
- Volumen total (pieza más colada):  $\frac{4.7 \text{ g}}{0.755 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} = 6.2 \text{ cm}^3$ .
- Volumen estimado de la mazarota:  $\frac{3.0 \text{ g}}{0.755 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} \approx 4.0 \text{ cm}^3$ .

**PASO CUATRO** – *Dimensionamiento de las placas A, B, soporte y sujeción.*

A partir de la información de la Tabla 4.16 se puede observar que la distancia entre las barras de las dos máquinas de moldeo de inyección son 360x360 y 410x410 mm, para la máquina D95 y la máquina D125, respectivamente.

Tomando el 80% de la distancia entre barras de la máquina D125 se tiene:

$$410 \text{ mm} * 0.8 = 328 \text{ mm} \quad \text{Ec. 4.8}$$

y 328 mm corresponde a menos del 92% de la distancia entre barras de la máquina D95, se tiene que:

$$0.911 \approx \frac{328 \text{ mm}}{360 \text{ mm}} \quad \text{Ec.4.9}$$

Entonces, un tamaño de placa de 328x328 mm para las placas de sujeción superior e inferior es suficiente para su libre desplazamiento entre las barras de ambas máquinas de moldeo. Para la máquina D95, la placa

tendría un espacio de 32 mm para no tocar las barras. Para la máquina D125, la placa tendría un espacio de 82 mm para no tocar las barras.

Para las placas A, B y de soporte, se propone una dimensión de 328x268 mm, es decir, se propone un espacio de 30 mm por lado a los platos portamoldes para que puedan ser sujetos a las platinas de la máquina de moldeo.

**PASO CINCO** – *Cálculo del tiempo del ciclo de moldeo.*

Para una pieza plástica de 1.5 mm de espesor promedio y con la información recabada, se muestran los resultados en la Tabla 4.19:

Tabla 4.19 Cálculo del tiempo del ciclo de moldeo.

<b>Aproximación del tiempo de ciclo</b>	
Tiempo de cierre del molde y unidad de inyección adelante	2.5 s
Tiempo de llenado volumétrico o tiempo de inyección	1.5 s
Tiempo de compensación o tiempo de postpresión	2.5 s
Tiempo de enfriamiento residual	5.8 s
Tiempo de apertura del molde	2.0 s
Tiempo de expulsión de la pieza plástica	1.5 s
Tiempo total del ciclo de moldeo	15.8 s
Tiempo de enfriamiento residual mínimo	2.8 s
Temperatura de fusión del polímero PP	240 °C
Temperatura de expulsión de la pieza plástica	90 °C
Temperatura de la sustancia refrigerante o Temp. del molde	50 °C

**PASO SEIS** – *Calcular número de cavidades por requerimientos de producción.*

Cuando en la Universidad Tecnológica de la Mixteca no se tenía una Máquina de Moldeo por Inyección funcional para hacer moldeo, se buscó

a una empresa que pudiera prestar su máquina de moldeo para probar un molde manufacturado en el Laboratorio de Manufactura Avanzada. La empresa Plastimaxc fue la única que accedió a realizar la prueba, con la condición de no aportar ningún recurso económico para fabricar dicho molde. Plastimaxc no tiene un molde de inyección para cuchillos de mesa de plástico desechable. La empresa solicitó ese tipo de molde sin un estudio económico que respaldara dicha petición. Solamente proporcionó las características técnicas de la máquina de moldeo por inyección que prestaría en un día de descanso de su empresa. Por tanto, no se aplica ningún procedimiento en este paso.

**Bajo la situación antes mencionada, se propone el diseño de un molde de inyección: para polímero termoplástico,** solamente sufre un cambio físico el polímero; **estándar,** de dos platos; **multicavidad,** la mayor cantidad de piezas plásticas que puedan soportar la placa A y B; **clase 105,** el diseño del molde es lo más económico posible; **de colada fría,** genera desperdicio; **de tipo prototipo,** se enfatiza la experimentación del molde en obtener una buena pieza plástica.

**PASO SIETE** – *Cálculo de número de cavidades por distribución del área proyectada de la pieza sobre la placa A.*

A partir de las dimensiones calculadas de las placas se acomoda la pieza plástica en las dimensiones propuestas para las placas A y B, y se observa que solamente caben 16 piezas de las 32 propuestas y no hay espacio para colocar la colada. Por tanto, la distribución propuesta en la Fig. 4.37 no es viable.

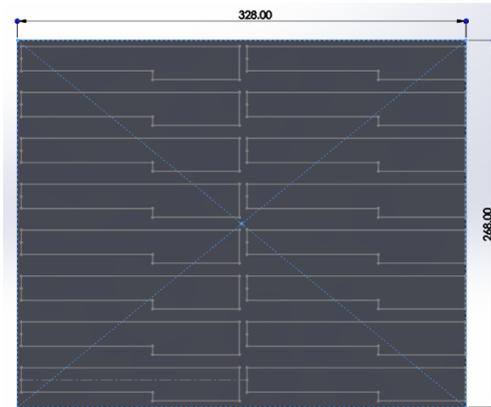


Fig. 4.37 Distribución de 16 piezas plásticas sobre la placa A y B.

Si solamente se distribuyen 8 piezas sobre las dimensiones de la placa A y B se observa que, si caben, sin embargo, ocho piezas plásticas equivalen a casi 25 g, apenas el 18% de ocupación de la unidad de inyección D95 y alrededor del 13% de la ocupación de la máquina de moldeo D125. Por tanto, no es viable la distribución mostrada en la Fig. 4.38.

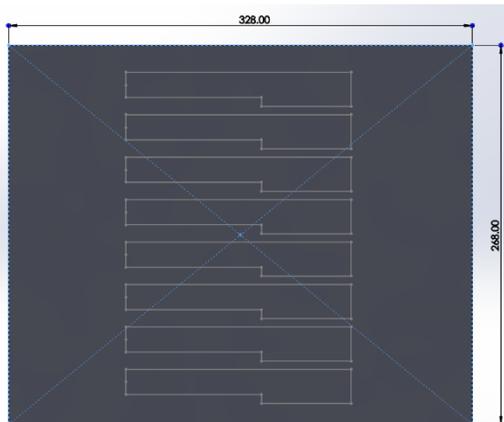


Fig. 4.38 Distribución de 8 piezas plásticas sobre la placa A y B.

Ahora bien, si se prueba una configuración circular como en la Fig. 4.39, se observa que tampoco es viable dicha propuesta.

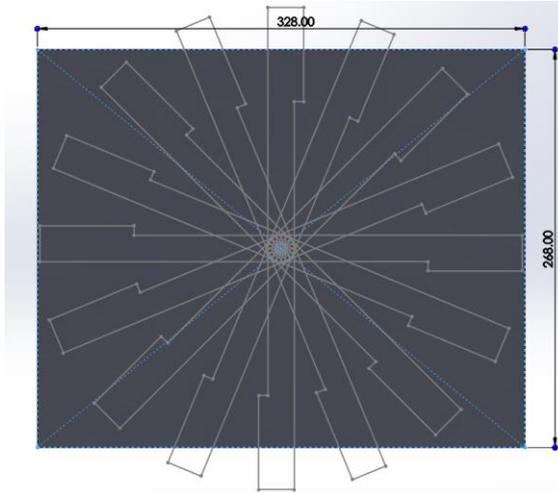


Fig. 4.39 Distribución circular de 16 piezas sobre la placa A y B.

De los tres análisis de distribución de las piezas plásticas sobre el área de las placas A y B, se concluye que la máquina de moldeo D95 no es viable para un molde de inyección del cuchillo de mesa de plástico desechable.

Se propone el uso de la máquina de moldeo D125 para operar exclusivamente con el molde de la pieza plástica. La distancia entre barras es de 410x410 mm, se propone usar para las placas A, B y de soporte al 95.3% de esa distancia. Por tanto, se tiene que:

$$410 \text{ mm} * 0.953 \approx 391 \text{ mm} \quad \text{Ec. 4.10}$$

Y se propone incrementar,  $1\frac{1}{2}$ " más 30 mm, en cada lado de los platos portamolde, para colocar las placas paralelas y la superficie de sujeción. Entonces se tiene que:

$$\text{Dimensiones de los platos de sujeción} = 391 \times 527.2 \text{ mm} \quad \text{Ec. 4.11}$$

dejando un espacio libre de 36.4 mm de cada lado de la platina para sujetar el molde con las abrazaderas (clamp o bridas de sujeción mecánicas). En la Fig. 4.40 se muestra la estimación de las dimensiones básicas las diferentes placas, así como una distribución circular donde dicha distribución solamente permite 12 piezas plásticas.

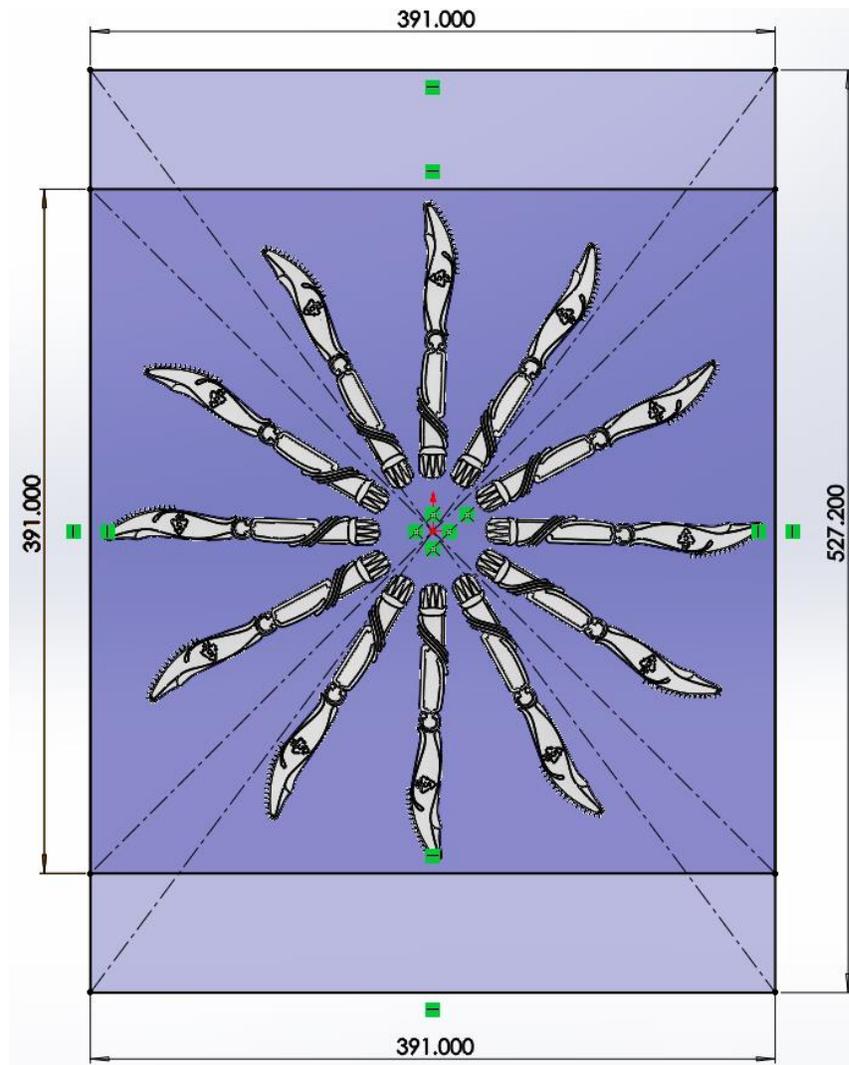


Fig. 4.40 Estimación dimensional de las diferentes placas del molde de inyección y distribución circular de la pieza plástica.

En la Fig. 4.41 se analiza la distribución  $2^k$ , la cual acepta 16 piezas plásticas.

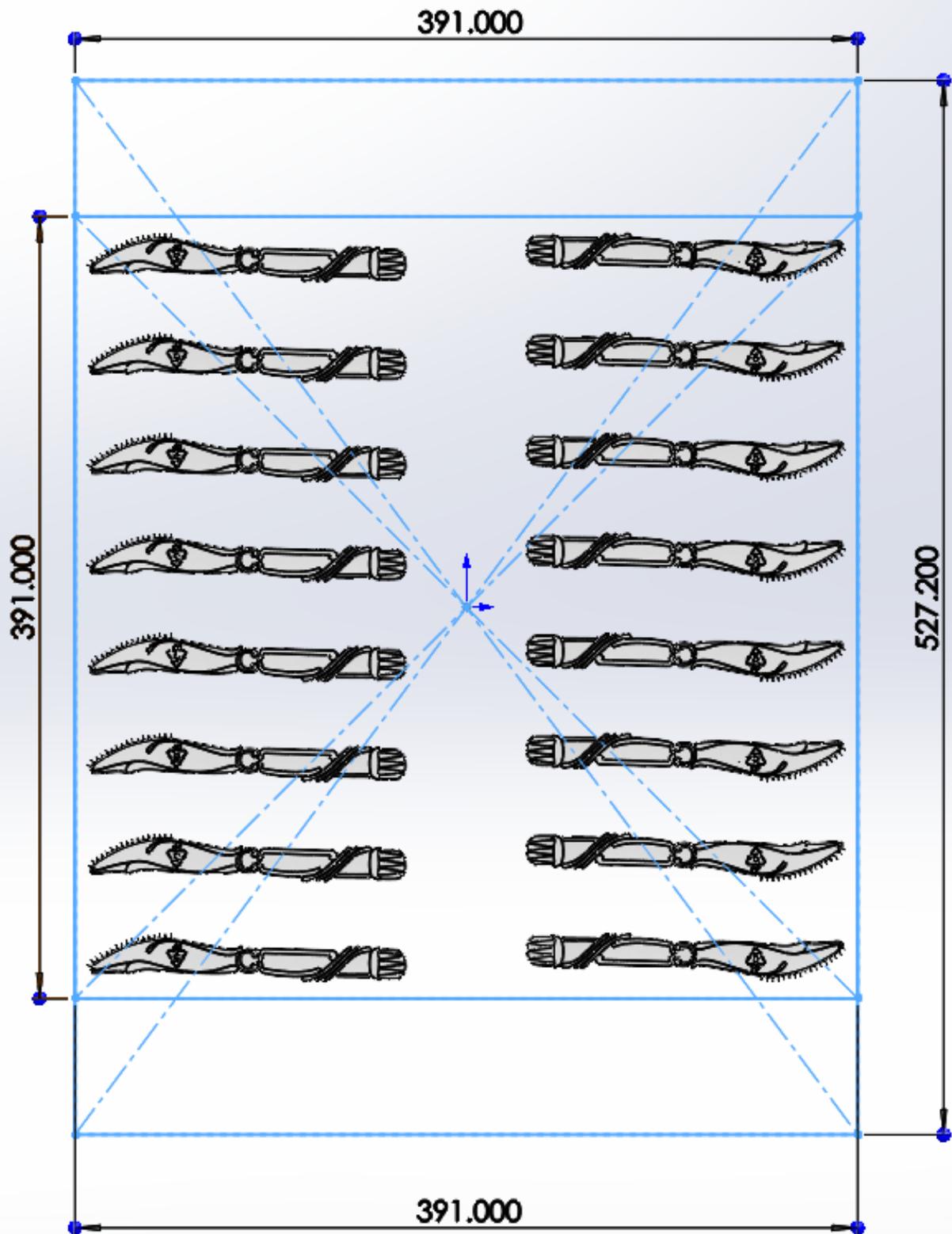


Fig. 4.41 Análisis de la distribución  $2^k$  de la pieza plástica.

La distribución de las piezas plásticas de Fig. 4.41 sería útil para aplicar el método de alimentación  $2^k$ , éste permitiría colocar 16 piezas, sin embargo, no se tiene el espacio suficiente para la colada, además, al inyectar 16 piezas con el método de alimentación  $2^k$  sería muy evidente el desbalance reológico, a pesar de su balanceo geométrico, las piezas plásticas no se llenarían de manera simultánea.

Se podría aplicar el método de alimentación espina de pescado sin ningún problema, sin embargo, y a pesar de que es posible balancearlo con ventanas muy pequeñas de proceso de inyección; sería un problema durante el proceso de inyectado, encontrar la ventana de proceso, generando muchos problemas al técnico encargado del proceso de moldeado.

Se decide usar la configuración estrella de la Fig. 4.40 porque tiene balanceo geométrico y reológico. Considerando la masa de doce piezas más la masa de la colada más la masa de la mazarota, se inyectaría aproximadamente 59.4 g. Lo que equivale a un 31.3% de ocupación. Esta opción que tiene la menor cantidad de cavidades, 12, es la mejor opción para diseñar el molde de inyección para el cuchillo de mesa de plástico desechable.

Entonces se tiene que el número de cavidades por distribución del área proyectada sobre las placas A y B es:

$$N_{cdp} = 12 \text{ cavidades} \quad \text{Ec. 4.12}$$

**PASO OCHO** – *Cálculo de la fuerza de cierre por pieza plástica.*

En el paso anterior ya se determinó el número de cavidades, entonces con una pequeña modificación a la Ec. 4.13 se calcula la fuerza de cierre necesaria para operar el molde a diseñar:

$$F_{cp} [kN] = A_{tp} [cm^2] \cdot P_{int} \left[ \frac{kN}{cm^2} \right] \quad \text{Ec. 4.13}$$

donde

$A_{tp}$  = Área proyectada de la pieza y colada:  $28.07 \text{ cm}^2$

$P_{int}$  = Valor promedio del valor orientativo de la presión interna:  $4.75 \frac{kN}{cm^2}$

Sustituyendo valores, se tiene que:

$$F_{cp} = 28.07 [cm^2] \cdot 4.75 \left[ \frac{kN}{cm^2} \right] \quad \text{Ec. 4.14}$$

$$F_{cp} = 133.33 \text{ kN} \quad \text{Ec. 4.15}$$

**PASO NUEVE** – *Cálculo de la fuerza de cierre útil de la máquina.*

Aplicando la Ec. 5.17

$$F_{cu} = 0.8 \cdot F_{CM} \quad \text{Ec. 4.16}$$

Sustituyendo valores del primero paso, se tiene que:

$$F_{cu} = 0.8 \cdot 1680 \text{ kN} \quad \text{Ec. 4.17}$$

$$F_{cu} = 1344 \text{ kN} \quad \text{Ec. 4.18}$$

**PASO DIEZ** – *Cálculo de cavidades por fuerza de cierre útil.*

El número de cavidades por fuerza de cierre se calcula aplicando el octavo y noveno paso a través de la Ec. 4.19:

$$N_{cfc} = \frac{F_{cu}}{F_{cp}} \quad \text{Ec. 4.19}$$

Aplicando los valores calculados del octavo y noveno paso, se tiene:

$$N_{cfc} = \frac{1344 \text{ kN}}{133.33 \text{ kN}} \quad \text{Ec. 4.20}$$

$$N_{cfc} = 10.08 \quad \text{Ec. 4.21}$$

$$N_{cfc} = 10 \text{ cavidades} \quad \text{Ec. 4.22}$$

**PASO ONCE** – *Cálculo de la ocupación de la unidad de inyección (OUI).*

Se calcula el OUI con la Ec. 4.23:

$$OUI = \frac{\text{Volumen de disparo}}{\text{Volumen máximo de carga}} * 100 \quad \text{Ec. 4.23}$$

Sustituyendo valores se tiene que:

$$OUI = \frac{66.25 \text{ cm}^3}{251 \text{ cm}^3} * 100 = 26.4 \% \quad \text{Ec. 4.24}$$

**CONCLUSIONES:**

Del análisis realizado se concluye que es posible desarrollar el diseño de un molde de inyección: termoplástico, estándar, multicavidad, clase 105, de colada fría y de tipo prototipo; con las siguientes condiciones iniciales:

- Dimensiones de las placas A y B de 391 mm x 391 mm.
- Dimensiones de las placas portamoldes 391 x 527.2 mm.
- Solamente se pueden inyectar 10 cavidades.
- El tiempo de ciclo de moldeo es de 15.8 s.
- Trabaja con una ocupación del 26.4%.
- Se usará el sistema de alimentación estrella o radial.

Es importante comentar que este procedimiento es una estimación para inyectar el número máximo de cavidades sin dañar a la máquina de moldeo D125.

En el siguiente apartado se diseñan las cavidades y los núcleos del molde de inyección.

**4.7 DISEÑO DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN, NÚCLEO Y CAVIDAD**

En esta sección se diseña el núcleo y la cavidad del molde. Iniciar con el diseño del núcleo y la cavidad es importante porque se determina la distribución de la piezas en las placas portamoldes. Por tanto, se estará en condiciones para iniciar el diseño del sistema de alimentación.

En el laboratorio avanzado de manufactura se dispone de una fresadora CNC, por tanto, se propone una sección transversal circular de los canales. Este tipo de sección transversal implica mayor tiempo de manufactura, sin embargo, beneficia el proceso reológico durante el llenado de la pieza.

Hay varias opciones para calcular el canal cercano a la pieza plástica, canal primario D0; como el promedio de espesor de nuestra pieza plástica es 1.5 mm, se tienen las siguientes propuestas en la Fig.4.42.



Fig. 4.42 Diferentes propuestas para elegir D0.

Se eligen las cuatro opciones de D0 para calcular el valor óptimo del bebedero con la Ec. 4.25 y la velocidad de flujo lineal con la Ec. 4.26.

$$D_{canal\ siguiente} = \frac{D_{canal\ actual}}{\sqrt{n_{canales}}} \tag{Ec. 4.25}$$

$$V_{flujo\ del\ canal} \left[ \frac{m}{s} \right] = \frac{\frac{1}{n_{canales}} \cdot Q \left[ \frac{m^3}{s} \right]}{\left( \frac{\pi \cdot (D_{canal\ siguiente} [m])^2}{4} \right)} \tag{Ec. 4.26}$$

El diámetro de la compuerta se determina como 2/3 del espesor promedio de la pieza plástica y el Shear Rate con la Ec. 4.27

Compuerta circular 
$$\dot{\gamma} = \frac{4 \cdot Q_{Pza.}}{\pi \cdot r^3} = \frac{32 \cdot Q_{Pza.}}{\pi \cdot d^3}$$
 Ec. 4.27

Entonces en la Tabla 4.20 se tienen los resultados para diferentes valores de DO, propuestos por autores ya citados y de magnitudes mostradas en la Fig. 4.41.

Tabla 4.20 Propuestas de diseño para los canales D0, la base del bebedero y el diámetro de las compuertas.

DIÁ. BASE BEBEDERO	mm	5.70	7.95	9.51	11.10	28.00
Vel. lineal del bebedero	m/s	1.739	0.894	0.625	0.459	0.072
Ángulo del bebedero	°	0.4	1.6	2.4	3.2	11.9
Diámetro de la compuerta	mm	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Shear Rate Circular	1/s	42,167	42,167	42,167	42,167	42,167
CANAL PRIMARIO - D0	mm	1.80	2.50	3.00	3.50	8.82
Radio de redondeo de canal	mm	0.81	1.13	1.35	1.57	3.97
Longitud del canal real	mm	19.6	18.4	17.6	16.9	8.4
Distancia útil BB-DT-CA-CO	mm	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4
Vel. lineal de cada rama	m/s	1.739	0.894	0.625	0.459	0.072
	g/s	33.502	33.502	33.502	33.502	33.502
RADIO ENTRADA BEBEDERO	mm	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Altura del bebedero desde centro	mm	55.28	55.63	55.88	56.13	58.79
Radio base bebedero desde centro	mm	2.86	4.01	4.82	5.65	14.93
Radio del pozo del BB	mm	2.86	4.01	4.82	5.65	14.00
Altura del pozo desde centro	mm	6.60	9.20	11.01	12.85	32.41
Altura corte	mm	2.85	3.98	4.76	5.55	14.00
Longitud inferior	mm	1.4	2.0	2.4	2.8	7.0
Longitud mayor	mm	4.3	6.0	7.1	8.3	21.0

Se procede a simular las diferentes propuestas:

**Paso 1.-** Escalamiento del modelado de la pieza en 1.75%, en la Fig.4.43 se muestra el volumen previo y el volumen después de ser escalado el cuchillo de mesa.

Propiedades de masa de MIXTECO_IMPRESION Configuración: Predeterminado Sistema de coordenadas: -- predeterminado --	Propiedades de masa de CUCHILLO PLACA SIN NUMERO Configuración: Predeterminado Sistema de coordenadas: -- predeterminado --
Densidad = 0.00 gramos por milímetro cúbico	Densidad = 0.00 gramos por milímetro cúbico
Masa = 3.74 gramos	Masa = 3.93 gramos
Volumen = 4150.16 milímetros cúbicos	Volumen = 4367.40 milímetros cúbicos
Área de superficie = 5321.37 milímetros cuadrados	Área de superficie = 5496.41 milímetros cuadrados

Fig. 4.43 Resultados de escalado de la pieza en 1.75%.

**Paso 2.-** Se modelan las piezas plásticas con su compuerta, en la Fig. 4.44 se muestra la base del modelado que servirá para colocar los diferentes canales y bebederos calculados en la Tabla 4.20.

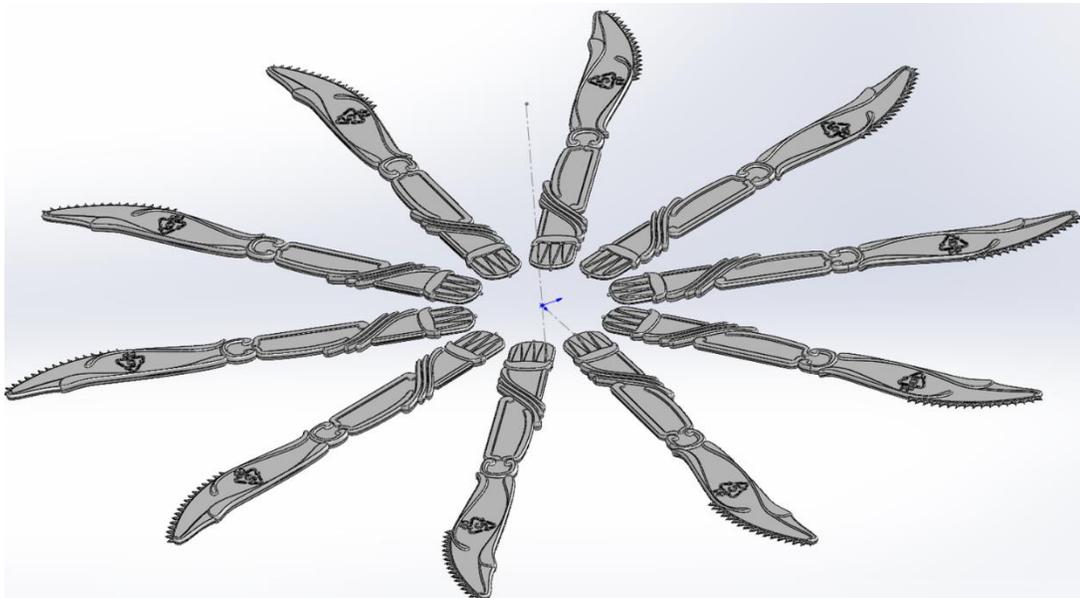


Fig. 4.44 Modelado base para simular las propuestas de la Tabla 4.20.

En la Fig. 4.45 se muestra la distancia más corta entre dos piezas plásticas.

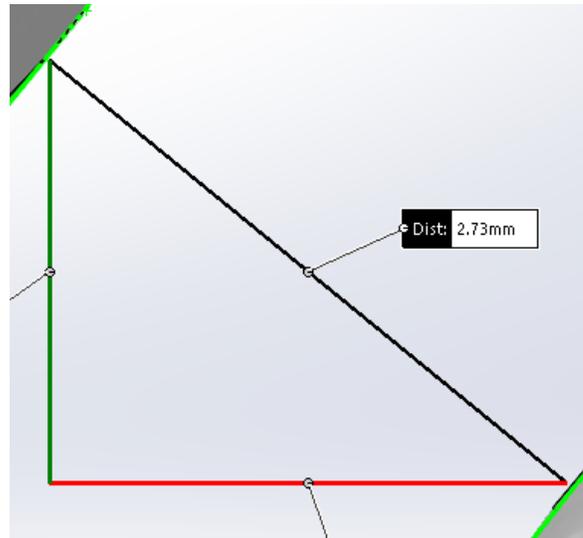


Fig. 4.45 Distancia mínima entre el modelado de dos piezas.

**Paso 3.-** Se modela todo el volumen de masa a inyectar: piezas plásticas, compuertas, bebedero y pozo del bebedero, ver Fig. 4.46.

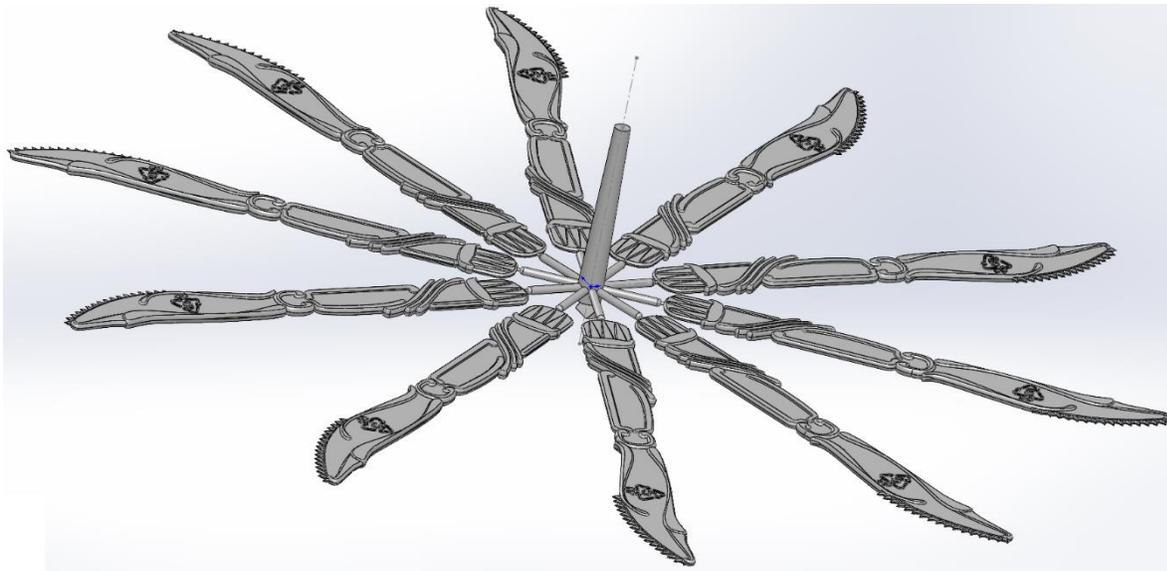


Fig. 4.46 Modelado completo de la propuesta de inyección.

**Paso 4.-** Se procede a simular las diferentes propuestas, recabando información que sirva para compararlas. En la Fig.4.47, se muestran los valores de mallado, llenado, empaquetado y de proceso.

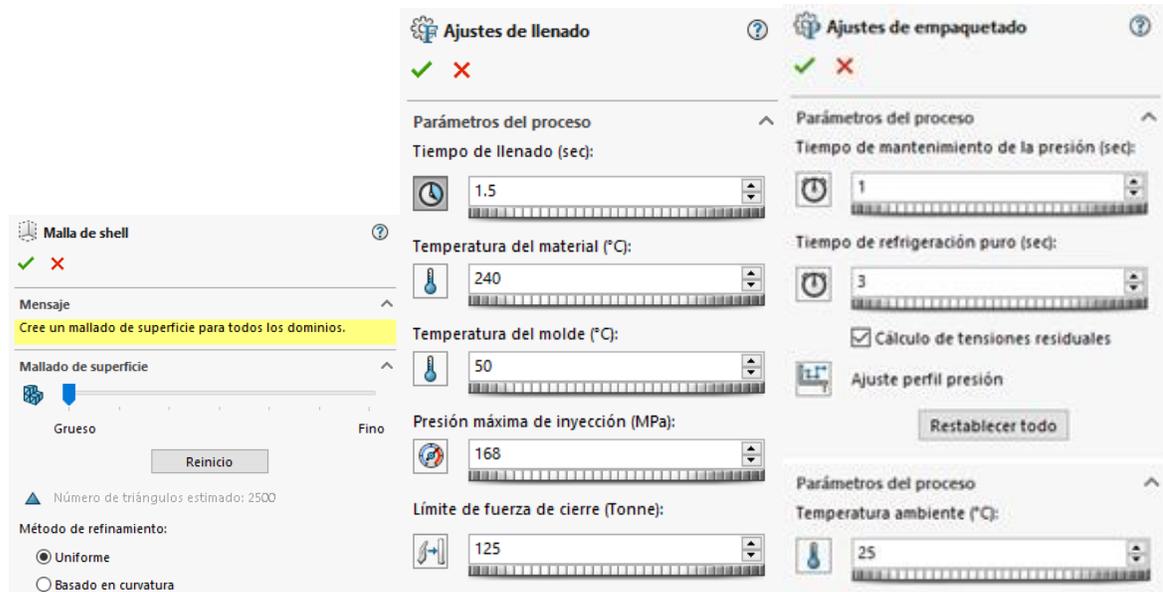


Fig. 4.47 Condiciones de simulación para las diferentes propuestas.

Así mismo, se propone un polipropileno de la base de datos del CAD y de la aleación de aluminio 6031, para mejorar el proceso de simulación. Se propone el PP de la compañía BASF, Novolen 1111 LX TA8 porque coincide con el PP que se va a usar con su índice de fluidez igual a 12 g/10 min. En la Fig. 4.48 y 4.49 se muestra el polímero y la aleación, respectivamente. En la Fig. 4.50 se muestra la simulación del tiempo de llenado de la propuesta  $D_0=3.0$  mm.

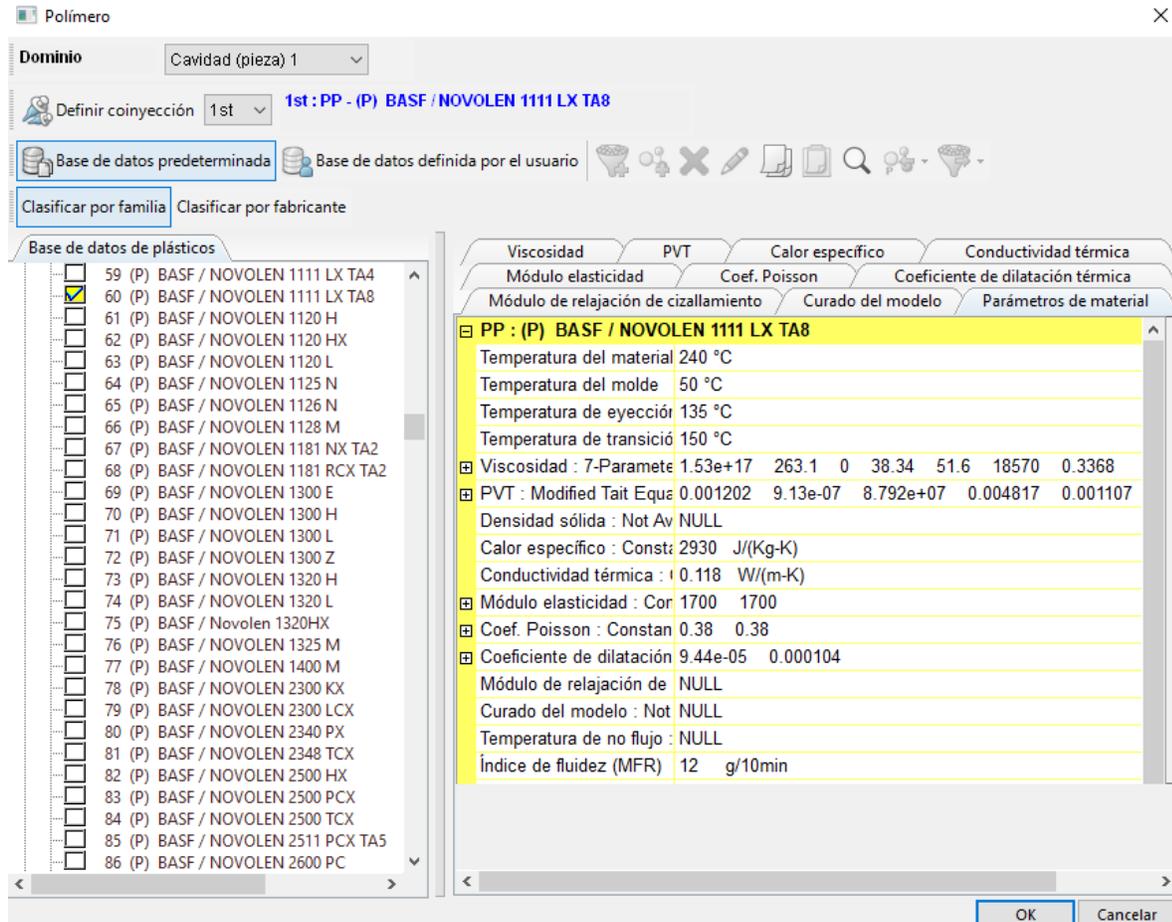


Fig. 4.48 Características de proceso del polímero a usar en la simulación.

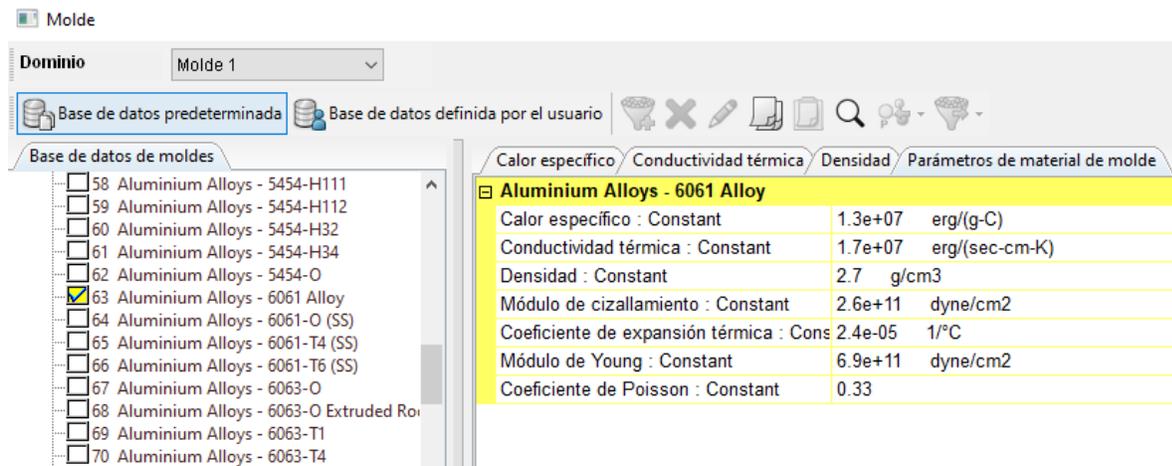


Fig. 4.49 Aleación de aluminio6031, metal con el que se simula el inyectado de la pieza plástica.

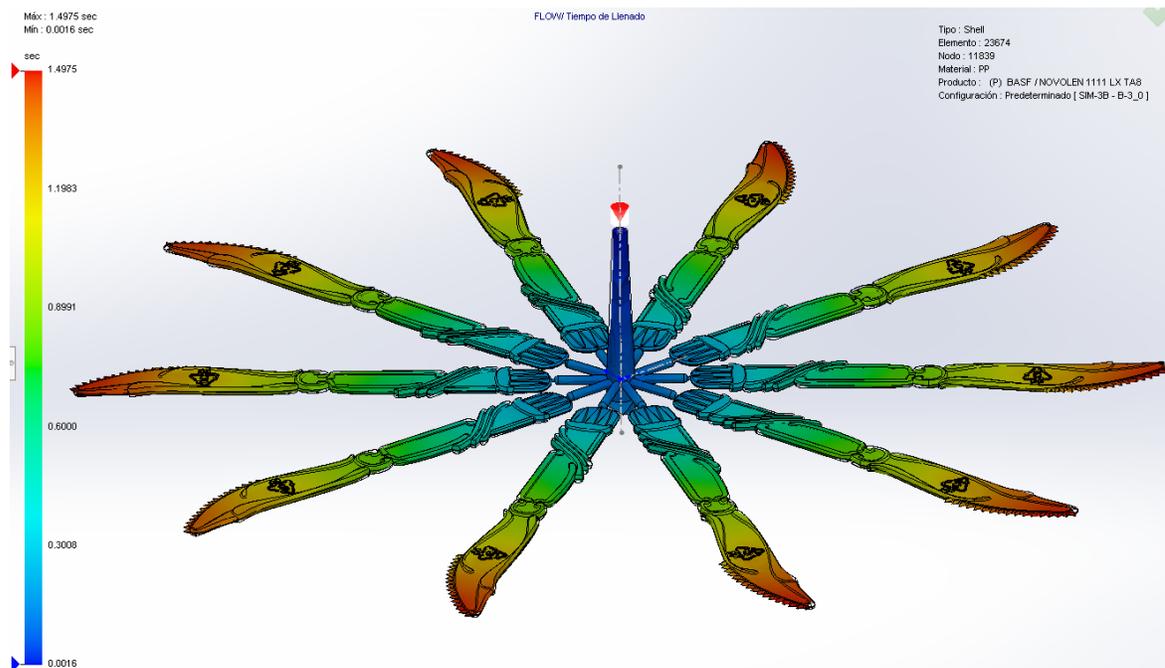


Fig. 4.50 Simulación del tiempo de llenado de la propuesta D0=3.0.

**Paso 5.-** Una vez realizas todas las simulaciones se procede a organizar los resultados obtenidos y se elabora la Tabla 4.21 para tomar la decisión de qué modelado escoger para desarrollar el molde del cuchillo de mesa desechable de plástico.

Tabla 4.21 Resultados de la simulación de las diferentes propuestas.

Diámetro del canal (mm)	Diámetro de la base del bebedero (mm)	Tiempo de inyección (s)	Tiempo de refrigeración máxima (s)	Ángulo del bebedero (°)	Presión de inyección máxima (Mpa)	Masa inyectada total (g)	Desperdicio (g)	Dificultad de llenado
1.80	5.70	1.4978	15.0959	0.4	40.5	34.3	1.4	Fácil
2.50	7.95	1.4978	16.7883	1.6	35.0	35.3	2.3	Fácil
3.00	9.51	1.4975	21.1651	2.4	27.9	36.2	3.2	Fácil
3.50	11.10	1.4976	21.1652	3.2	26.9	37.2	4.2	Fácil
8.82	28.00	1.5000	112.9656	11.9	31.2	60.4	27.4	Fácil

**Paso 6.-** Selección de la mejor propuesta de modelado.

Inicialmente se había elegido la propuesta de diámetro de canal de 2.5 mm, porque es la que genera menor desperdicio, cumple con la condición mínima teórica del ángulo del bebedero y su tiempo de refrigeración es de alrededor de 17 segundos y aunque la presión de inyección que utiliza es alta respecto a las otras opciones, se dispone de la suficiente presión para usarla si es necesario y se había decidido por el ahorro de polímero. Sin embargo, para una producción rápida y automatizada; es necesario no tener problemas en el proceso de desmoldeo. Una mazarota con un ángulo de desmoldeo de  $1.6^\circ$  es muy pequeño y generaría problemas durante el desmoldeo. Esa única razón se sobrepone a las múltiples ventajas del diámetro de canal de 2.5 y se elige la propuesta de diámetro de canal de 3.5 dando prioridad a la producción rápida y automatizada. La desventaja del tiempo de refrigeración se solucionará diseñándole a la mazarota su sistema de enfriamiento.

**Paso 7.-** Mejoras al modelo seleccionado.

Los canales están muy cerca cuando parten de la mazarota, ver Fig. 4.51, para evitar que haya una ruptura en el molde, entre los espacios de los canales es necesario reforzar esa sección con un distribuidor como se muestra en la Fig. 4.52.

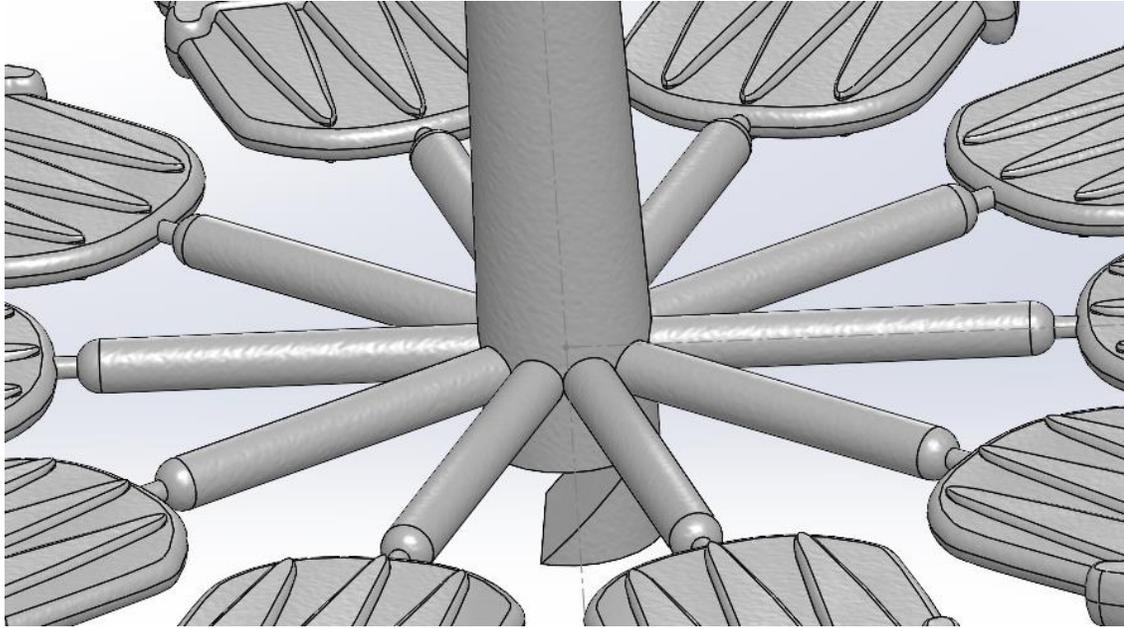


Fig. 4.51 Canales radiales y mazarota sin distribuidor.

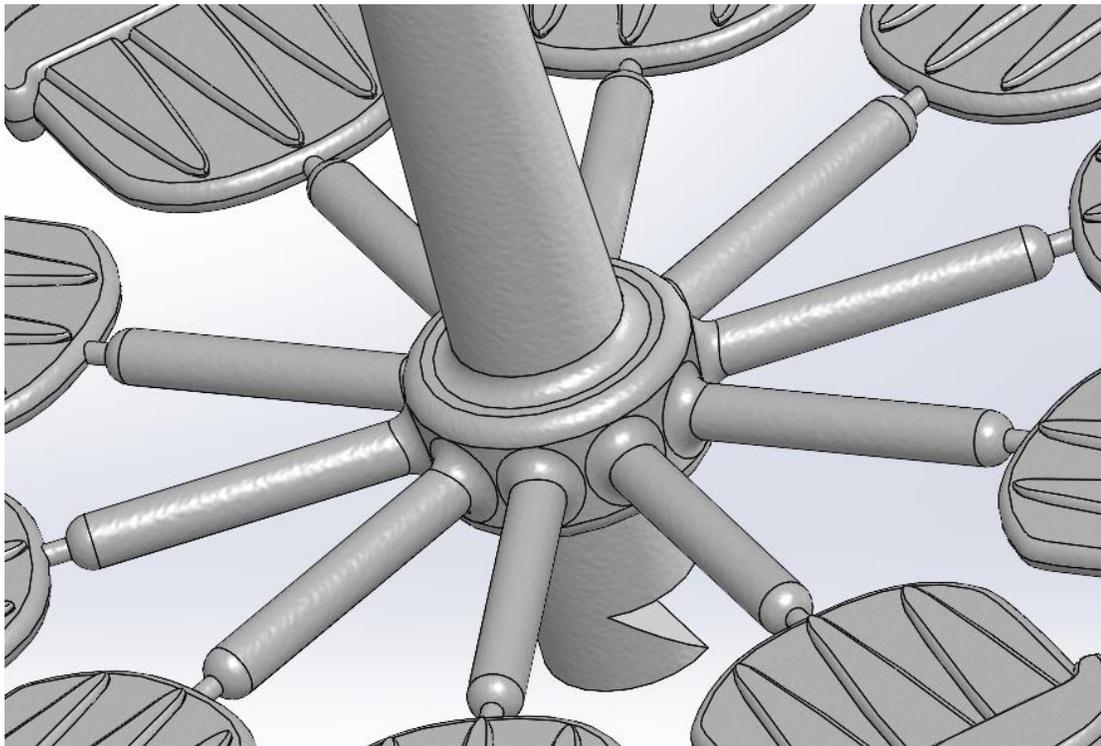


Fig. 4.52 Distribuidor para reforzar al molde durante la inyección del polímero.

Al modelado elegido se le agrega la numeración en cada cuchillo, ver Fig. 4.53. La numeración se coloca en el lado donde se coloca símbolo de reciclaje. En el lado principal del cuchillo se coloca el logotipo de la empresa para que no sea dañado por los botadores. Ver Fig. 4.54.

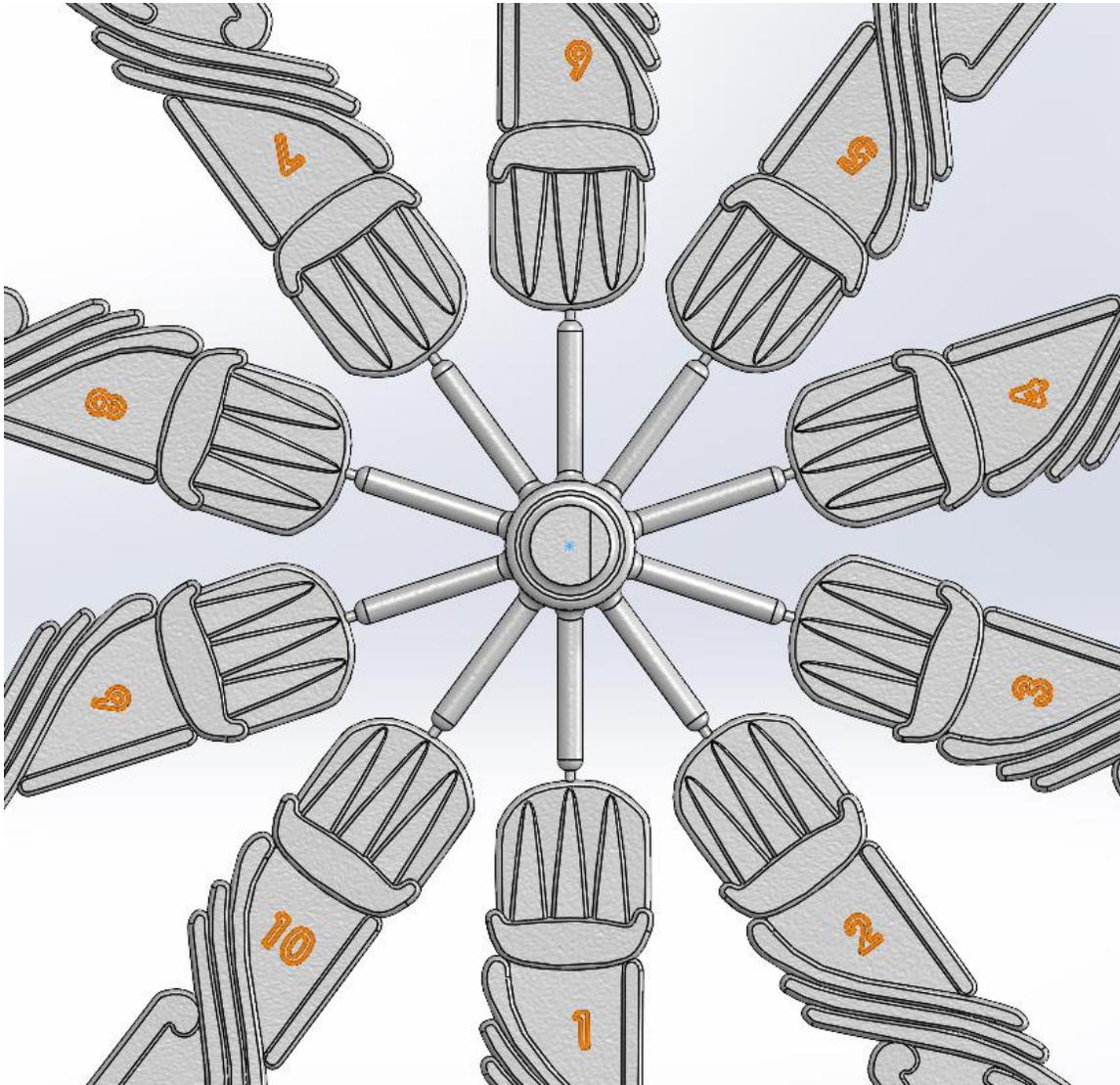


Fig. 4.53 Numeración de las piezas a moldear.

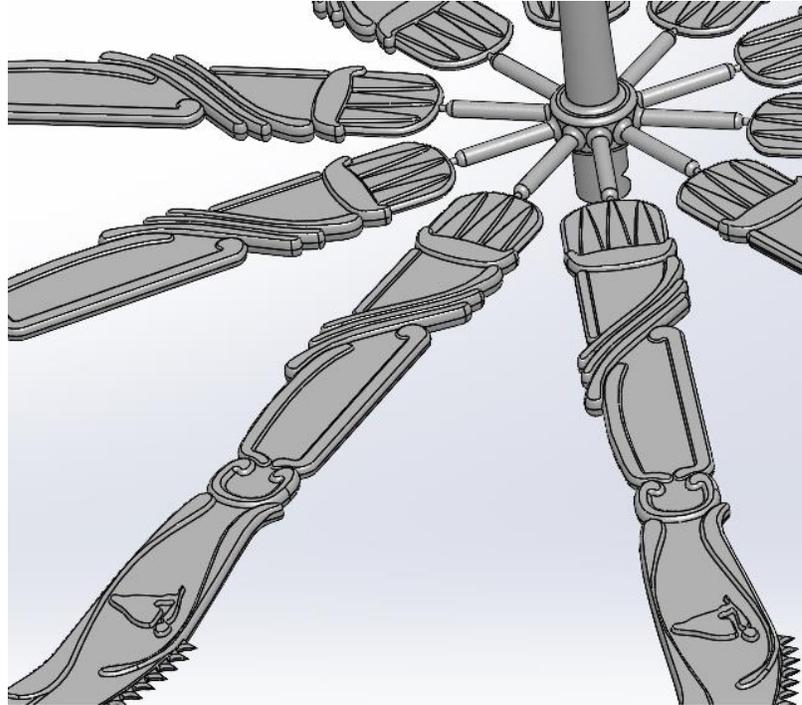


Fig. 4.54 Lado principal del cuchillo en la dirección de la mazarota.

Una vez realizadas las mejoras en el modelado de las piezas a inyectar, con sus compuertas, canales y mazarota; se simula solamente el flujo del polímero y se tiene la siguiente información:

- Volumen total =  $50.427 \text{ cm}^3$ .
- Masa total para inyectar = 38.07 g.
- Tiempo de llenado = 1.4978 s.
- Tiempo de refrigeración máxima = 24.8 s.
- Tiempo de enfriamiento perfecto medio = 9.71 s.
- Dificultad de llenado = Fácil.
- Fuerza de sujeción en dirección Z = 31.10 toneladas.
- Presión de inyección requerida = 26.69 Mpa.
- Máx. temperatura central =  $240.79 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- Máx. esfuerzo cortante = 0.40 Mpa.
- Máx. tasa de corte = 36,003 1/s.

**Paso 8.-** Se procede a realizar el núcleo y la cavidad del molde usando CAD especializado.

En la Fig. 4.55 se muestra la placa que contiene el núcleo y en la Fig. 4.56 se muestra la placa que contiene la cavidad.

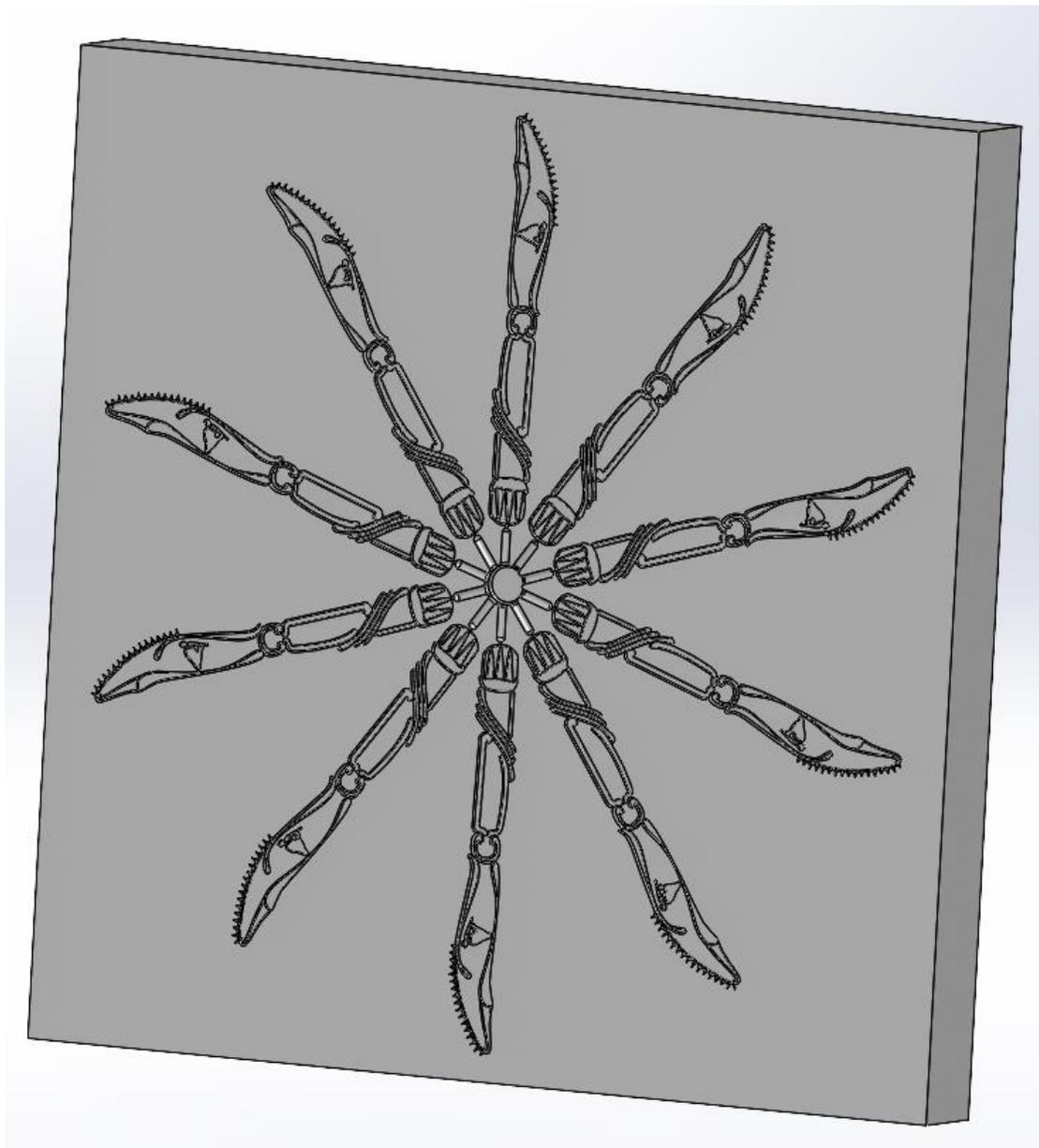


Fig. 4.55 Diseño del núcleo del molde del cuchillo de mesa desechable.

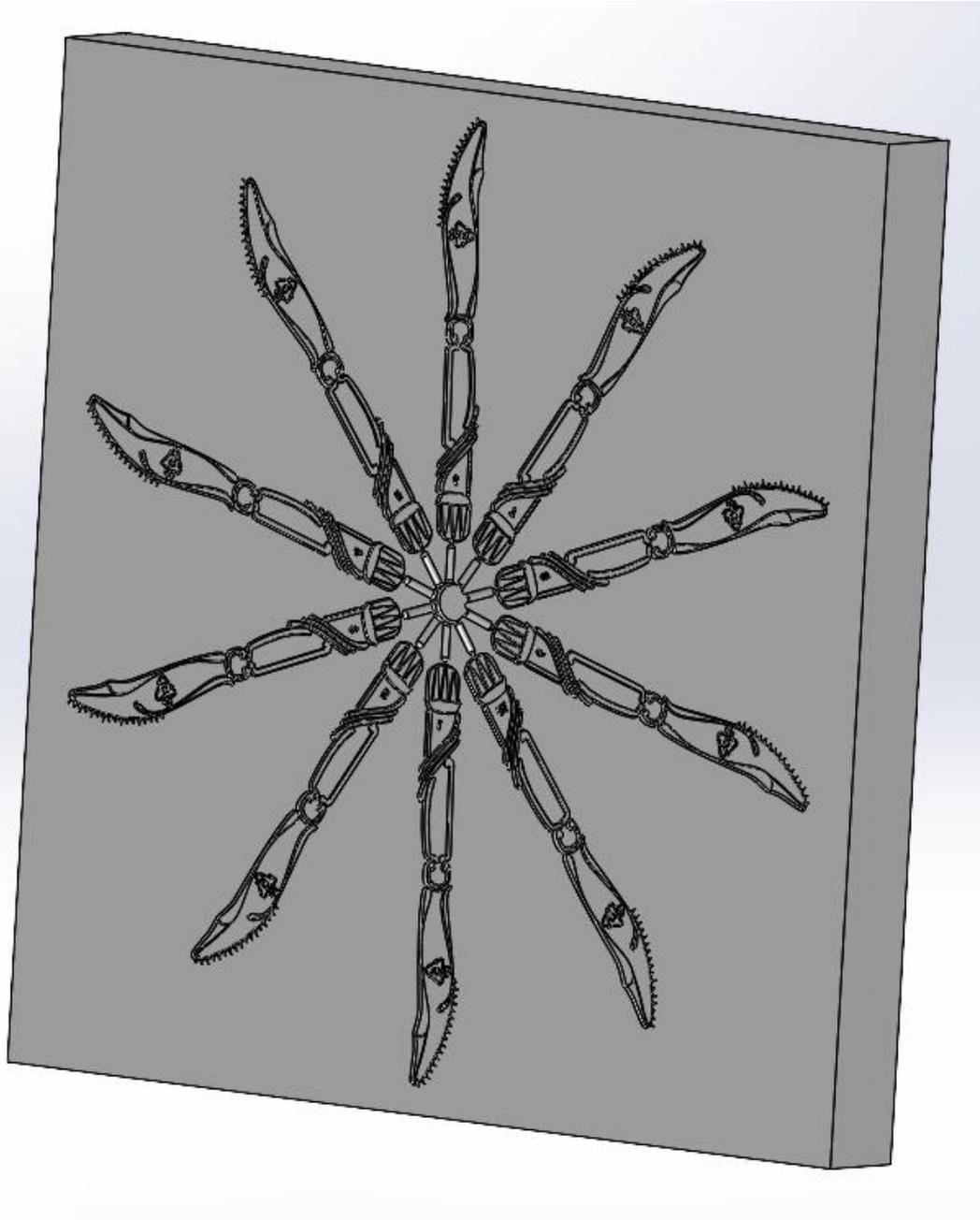


Fig. 4.56 Diseño de la cavidad del cuchillo de mesa desechable.

En la siguiente sección se da preferencia al diseño del sistema de expulsión sobre el diseño del sistema de enfriamiento porque el sistema de expulsión tiene muchos socavones y pernos. Es más fácil modificar la trayectoria de un canal de enfriamiento.

#### 4.8 DISEÑO DEL SISTEMA DE EXPULSIÓN

La pieza plástica para desmoldear se muestra en la Fig. 4.57. La cual está compuesta por la mazarota, un distribuidor, diez canales principales, diez compuertas, diez piezas plásticas y un pozo frío con la función de retener todos los elementos inyectados en la placa B.

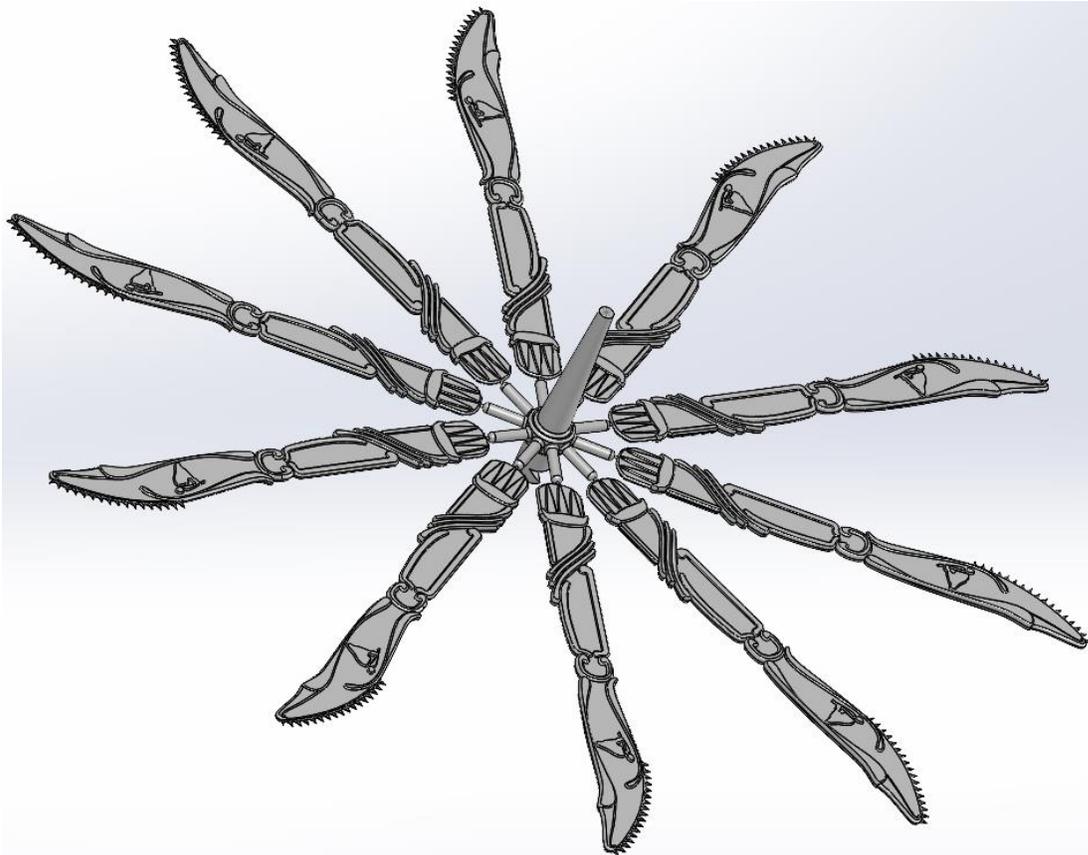


Fig. 4.57 Pieza inyectada para retirar del molde.

En la Fig. 4.58 se muestra el procedimiento aplicado a la pieza inyectada, Análisis de ángulo de salida. El resultado se muestra en la Fig. 4.59; el color verde y rojo indican que el ángulo de salida es superior a  $3^\circ$  o inferior a  $-3^\circ$ , respectivamente. El color amarillo indica que el ángulo de salida está en el rango de  $\pm 3^\circ$ . Desde esa perspectiva, la pieza inyectada presentaría problemas en el momento de desmoldeo.

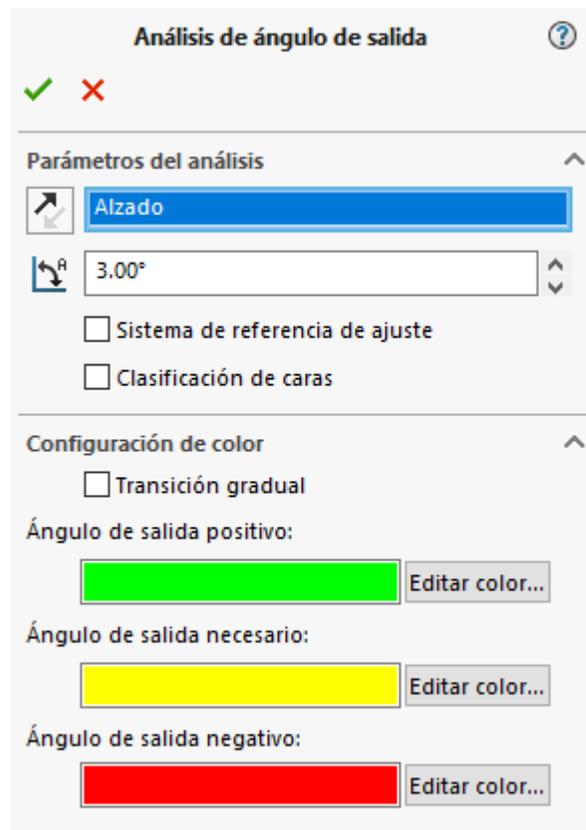


Fig. 4.58 Estudio del análisis del ángulo de salida a la pieza inyectada.

Para un estudio de moldes generalmente se hace un análisis de ángulo de salida con  $\pm 3^\circ$  en promedio [31]. A menos que la experiencia del diseñador del molde diga lo contrario [31].

El resultado del estudio del ángulo de salida de la pieza inyectada indica que no existen problemas críticos para efectuar un desmoldeo exitoso. Ver Fig. 4.59. Por lo que respecta al pozo frío, tampoco genera ningún problema para el desmoldeo. Porque cumple la función de retener a la pieza moldeada a través del pozo frío, sin embargo, ahí se colocará el expulsor principal.

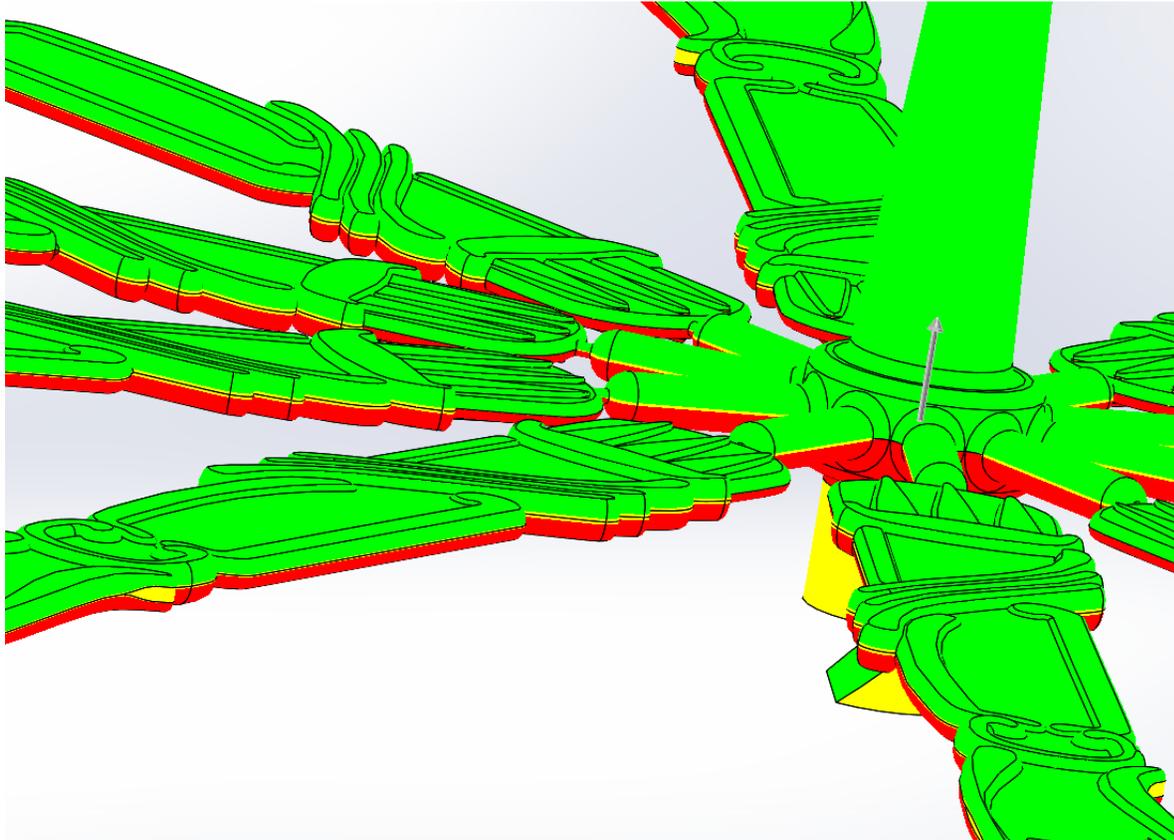


Fig. 4.59 Resultado del estudio del ángulo de salida de la pieza inyectada.

Para garantizar la expulsión de la pieza moldeada se propone un botador en el cuello de cada cuchillo al botador principal.

#### 4.8.1 ESTIMACIÓN DE LA FUERZA DE EXPULSIÓN

Como primer procedimiento para diseñar el sistema de expulsión, se estima la fuerza de expulsión requerida para desmoldar la pieza moldeada de polipropileno (PP).

Usando la Ec. 4.28, se estima el  $A_{eff}$  de las diez piezas junto con sus canales principales:

$$A_{eff} = n_{paredes} \cdot h \cdot H_{paredes} + n_{nervios} \cdot h_{nervios} \cdot H_{nervios} \quad \text{Ec. 4.28}$$

donde

$n_{paredes}$  = Número de paredes laterales

$h$  = Espesor de la pared moldeada

$H_{paredes}$  = Altura promedio de las paredes laterales

$n_{nervios}$  = Número de nervios

$h_{nervios}$  = Espesor promedio de los nervios

$H_{nervios}$  = Altura promedio de los nervios

Al no tener nervios la pieza plástica, la Ec. 4.28 queda:

$$A_{eff} = n_{paredes} \cdot h \cdot H_{paredes} \quad \text{Ec. 4.29}$$

Y se tienen las siguientes medidas estimadas

$n_{paredes}$  = Número de piezas = 10

$h$  = Espesor promedio de la pared moldeada = 14 mm

$H_{paredes}$  = Altura promedio de las paredes laterales = 0.6 mm

Sustituyendo valores en la Ec. 4.29 se tiene que el  $A_{eff}$  es:

$$A_{eff} = 10 \cdot 14 \text{ mm} \cdot 0.6 \text{ mm} \quad \text{Ec. 4.30}$$

$$A_{eff} = 84 \text{ mm}^2 \quad \text{Ec. 4.31}$$

Usando la Ec. 4.32, se estima el  $A_{eff}$  de una pieza junto con su canal principal:

$$A_{eff} = \frac{L \cdot A_{contacto}}{P \cdot \left( \frac{P}{2 \cdot h} - \frac{\lambda \cdot P}{4 \cdot h} \right)} = \frac{L \cdot A_{contacto}}{\frac{P^2}{2h} \cdot \left( 1 - \frac{\lambda}{2} \right)} \quad \text{Ec. 4.32}$$

Haciendo uso del software especializado se hacen las siguientes mediciones:

$h$  = Espesor de la pared moldeada = 14 mm.

$P$  = Perímetro de la moldura = 32 mm.

$L$  = Longitud o diámetro de la pieza moldeada = 1.6 mm.

$\lambda$  = Relación de Poisson del polímero = 0.36.

$A_{contacto}$  = Área de contacto de la moldura con el núcleo, es decir, las superficies verticales =  $139 \text{ mm}^2$ .

Sustituyendo valores se tiene que:

$$A_{eff} = \frac{1.6 \text{ mm} \cdot 139 \text{ mm}^2}{\frac{(32 \text{ mm})^2}{2 \cdot 14 \text{ mm}} \cdot \left( 1 - \frac{0.36}{2} \right)} \approx 7.4 \text{ mm}^2 \quad \text{Ec. 4.33}$$

Y multiplicándolo por diez piezas se tiene que:

$$A_{eff} \approx 74 \text{ mm}^2 \quad \text{Ec. 4.34}$$

De los dos cálculos se elige la mayor superficie efectiva, el resultado de la Ec. 4.31.

Entonces, para estimar la fuerza de expulsión requerida para desmoldar la pieza moldeada de polipropileno (PP) se usa la Ec. 4.35.

$$F_{Exp} = \mu_s \cdot \cos(\phi) \cdot E \cdot CTE \cdot (T_{solidificación} - T_{expulsión}) \cdot A_{eff} \quad \text{Ec. 4.35}$$

donde

$F_{Exp}$  = Fuerza de expulsión requerida para remover a la moldura.

$\mu_s$  = Coeficiente de fricción estática para una superficie pulida = 0.5.

$\phi$  = Ángulo asociado entre la fuerza normal y la fuerza de fricción = 1°.

$E$  = Módulo del PP = 1.74 GPa.

$CTE$  = Coeficiente de expansión térmica del PP =  $9.50 \times 10^{-5}$  (m/m°C).

$T_{solidificación}$  = Temperatura de solidificación = 176 °C.

$T_{expulsión}$  = Temperatura de expulsión = 50°C.

$A_{eff}$  = Área efectiva = 84 mm<sup>2</sup>.

$$F_{Exp} = 0.5 \cdot \cos(1^\circ) \cdot 1.74 \text{ GPa} \cdot \frac{9.50 \times 10^{-5}}{^\circ\text{C}} \cdot (176^\circ\text{C} - 50^\circ\text{C}) \cdot 84 \text{ m}^2 \quad \text{Ec. 4.36}$$

$$F_{Exp} \approx 875 \text{ N} \quad \text{Ec. 4.37}$$

En la Tabla 4.16 se indica una fuerza de expulsión máxima de 3 toneladas, equivalente a 26.7 kN. La fuerza requerida es aproximadamente 31 veces menor, por tanto, la máquina de moldeo de inyección D125 cumple con el requerimiento del molde para expulsar la pieza moldeada.

### 4.8.2 DETERMINACIÓN DEL PERÍMETRO Y ÁREA DE EMPUJE DE LOS BOTADORES O EXPULSORES

Para calcular el área de empuje combinada de todos los botadores para expulsar la pieza moldeada sin dañar los diez cuchillos de mesa, es decir, evitando una tensión de compresión excesiva en los botadores; se usa la Ec. 4.38.

$$A_{botadores} > \frac{F_{Exp}}{\sigma_{fatiga \ límite}} \quad \text{Ec. 4.38}$$

Se propone el uso del acero P20 para la manufactura de los botadores, generalmente se usa con valores de tensión límite de fatiga en el orden de 800 MPa, por tanto, un diseño de molde conservador puede suponer una tensión límite de fatiga de 450 MPa. Entonces se tiene que el área de todos los botadores sería mayor a el valor indicado en la Ec. 4.39.

$$A_{botadores} > \frac{875 \text{ N}}{450 \text{ MPa}} \approx 2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 = 2 \text{ mm}^2 \quad \text{Ec. 4.39}$$

Si se usan  $n_{botadores}$  se debe cumplir la Ec. 4.40:

$$A_{Totalbotadores} < \frac{\pi \cdot D_{mínbotadores}^2}{4} \cdot n_{botadores} \quad \text{Ec. 4.40}$$

Despejando, el diámetro mínimo de los botadores se muestra en la Ec. 4.41 y sustituyendo valores se tiene que:

$$D_{mínbotadores} > \sqrt{\frac{4 \cdot A_{Totalbotadores}}{\pi \cdot n_{botadores}}} \quad \text{Ec. 4.41}$$

Sustituyendo valores se tiene que

$$D_{mínbotadores} > \sqrt{\frac{4 \cdot 2 \text{ mm}^2}{\pi \cdot 10}} = 0.504 \text{ mm} \quad \text{Ec. 4.42}$$

Ahora se calcula el perímetro combinado de todos los botadores y el resultado se usa para calcular el diámetro mínimo requerido para evitar tensiones de corte en los cuchillos de mesa. Como el límite elástico del PP es de 21 MPa se tiene por la Ec. 4.43 que

$$\Omega_{botadores} > \frac{2 \cdot F_{Exp}}{\sigma_{polímero} \cdot h} \quad \text{Ec. 4.43}$$

donde

$\Omega_{botadores}$  = perímetro conjunto de los botadores.

$\sigma_{polímero}$  = es el límite elástico del polímero.

$h$  = espesor de la pared del cuchillo de mesa.

Sustituyendo valores

$$\Omega_{botadores} > \frac{2 \cdot 875 \text{ N}}{21 \text{ MPa} \cdot 0.0015 \text{ m}} = 55.5 \text{ mm} \quad \text{Ec. 4.44}$$

Como se van a usar 10 botadores, el diámetro mínimo de cada botador es:

$$D_{\text{mín}botadores} > \frac{\Omega_{botadores}}{\pi \cdot n_{botadores}} \quad \text{Ec. 4.45}$$

Sustituyendo valores

$$D_{\text{mín}botadores} > \frac{56 \text{ mm}}{\pi \cdot 10} \approx 1.8 \text{ mm} \quad \text{Ec. 4.46}$$

De ambos resultados se concluye que el valor mínimo del diámetro de los 10 botadores debe ser mayor a 1.8 mm.

Respecto al botador principal no se hace ningún cálculo porque su diámetro ya está determinado por el diámetro del pozo frío y nunca toca a los cuchillos de mesa inyectados. En la Fig. 4.60, se muestran las dimensiones reales del pozo frío.

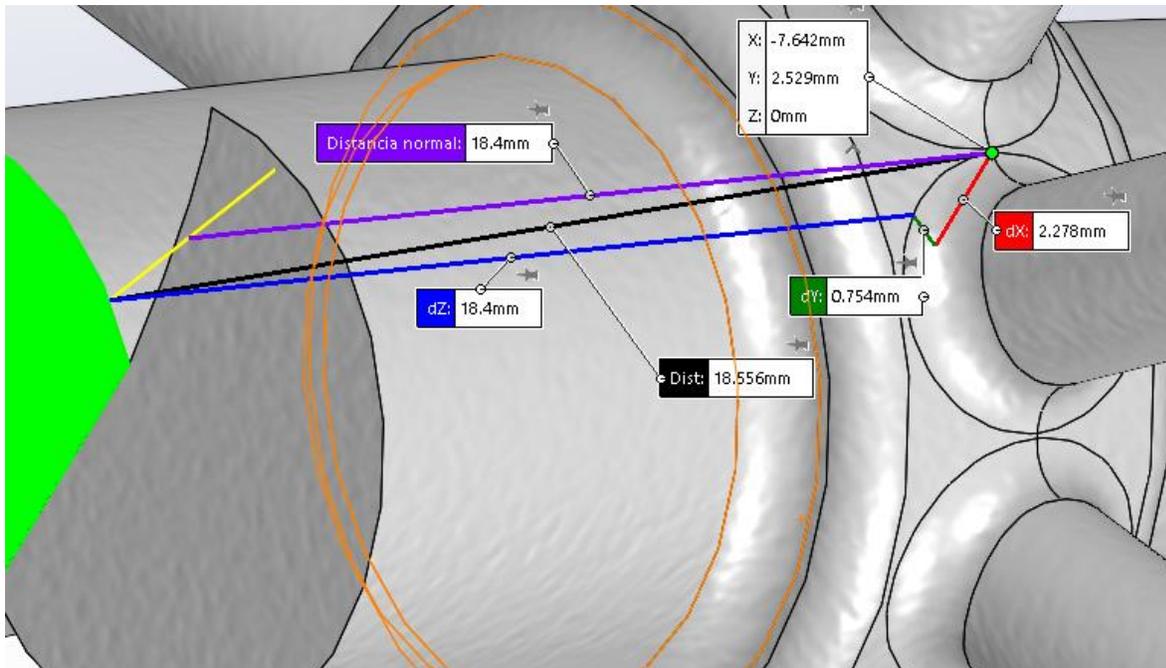


Fig. 4.60 Distancia final del pozo frío más la sección de retención del botador principal.

### 4.8.3 CÁLCULO DE LOS RESORTES

La distancia total del pozo frío más la distancia de la sección de retención del botador principal es de 18.4 mm, tal como se muestra en la Fig. 4.60. En la Fig. 4.61, la longitud del pozo frío más la sección de retención es mayor a la longitud del grueso de la pieza inyectada. Entonces se tomará como referencia 18.4 mm para calcular la distancia de expulsión.

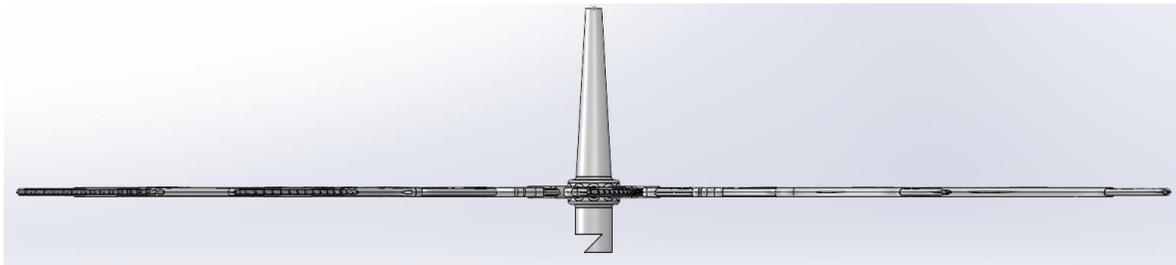


Fig. 4.61 Grueso de pieza plástica contra longitud del pozo frío más retención.

Como ya se analizó en el capítulo anterior, se necesita expulsar tres veces la distancia máxima de la pieza plástica inyectada, en este caso es el pozo frío más la sección de retención de la colada fría. Por tanto:

$$\text{Distancia de expulsión} = 3 * 18.4 \text{ mm} \quad \text{Ec. 4.47}$$

$$\text{Distancia de expulsión} = 55.2 \text{ mm} \quad \text{Ec. 4.48}$$

Ahora se necesita calcular el peso que moverán los resortes, se propone el uso de cuatro resortes. Se hace uso del CAM especializado para calcular la masa de la placa expulsora, de la placa expulsora retenedora, de los diez botadores secundarios y del botador principal.

$$\text{Masa de la placa expulsora retenedora (6061)} = 8.000 \text{ kg} \quad \text{Ec. 4.49}$$

$$\text{Masa de la placa expulsora (6061)} = 5.137 \text{ kg} \quad \text{Ec. 4.50}$$

$$\text{Masa del botador principal (P20)} = 0.164 \text{ kg} \quad \text{Ec. 4.51}$$

$$\text{Masa de los 10 botadores secundarios (P20)} = 0.133 \text{ kg} \quad \text{Ec. 4.52}$$

$$\text{Masa de los 4 pernos guía de los resortes (P20)} = 2.417 \text{ kg} \quad \text{Ec. 4.53}$$

$$\text{Masa de los 8 tornillos allen de } 5/16'' \times 7/8'' \text{ (acero aleado)} = 0.100 \text{ kg} \quad \text{Ec. 4.54}$$

$$\text{Masa de los 4 resortes (acero inoxidable)} = 0.336 \text{ kg (Aprox.)} \quad \text{Ec. 4.55}$$

$$\text{Masa total aproximada} = 16.287 \text{ kg} \quad \text{Ec. 4.56}$$

$$\text{Peso total} = 16.287 \text{ kg} * 9.8 \text{ m/s}^2 = 159.61 \text{ N} \approx 160 \text{ N} \quad \text{Ec. 4.57}$$

Si el peso total se divide entre cuatro resortes, se tiene que:

$$\text{Carga por resorte} = 160 \text{ N} / 4 = 40 \text{ N} \quad \text{Ec. 4.58}$$

Entonces, de la Ec. 4.48 y de la Ec. 4.58 se obtienen los requerimientos para los cuatro resortes. Desplazar un peso de 40 N por una distancia de 55.2 mm.

Pero un resorte debe colocarse con una condición inicial [25], es decir, ante la ausencia de una fuerza externa, los resortes deben estar empujando a los botadores del sistema de expulsión, para que formen parte del molde de la pieza plástica. Para tal condición se propone:

$$\text{Flexión inicial del resorte} = 8.0 \text{ mm} \quad \text{Ec. 4.59}$$

Entonces, se necesita una constante de resorte mínima de:

$$\text{Carga} = K * \text{Flexión del resorte} \quad \text{Ec. 4.60}$$

$$K = \text{Carga} / \text{Flexión del resorte} \quad \text{Ec. 4.61}$$

$$K = 40 \text{ N} / 8.0 \text{ mm} = 5 \text{ N/mm} \quad \text{Ec. 4.62}$$

$$K > 5 \text{ N/mm} \quad \text{Ec. 4.63}$$

Donde la Ec. 4.63 debe cumplirse para garantizar que los cuatro resortes puedan mover el sistema de expulsión a su posición inicial para todo momento.

Además, la distancia mínima de flexión del resorte debe ser de:

$$\text{Flexión mínima del resorte} = 8.0 \text{ mm} + 55.2 \text{ mm} \quad \text{Ec. 4.64}$$

$$\text{Flexión mínima del resorte} = 63.2 \text{ mm} \quad \text{Ec. 4.65}$$

Por tanto, los requerimientos para los resortes son:

$$K > 5 \text{ N/mm} \quad \text{Ec. 4.63}$$

$$\text{Flexión mínima del resorte} = 63.2 \text{ mm} \quad \text{Ec. 4.65}$$

Revisando el manual del proveedor Misumi [25] se encuentra un valor comercial que cumplen la Ec. 4.63 y la Ec. 4.65.

Modelo SWY42-100

$$\text{Flexión máxima del resorte} = 65 \text{ mm} \quad \text{Ec. 4.66}$$

$$K = 6.03 \text{ N/mm} \quad \text{Ec. 4.67}$$

$$\text{Longitud del resorte} = 100 \text{ mm} \quad \text{Ec. 4.68}$$

$$\text{Carga máxima del resorte} = 392.3 \text{ N} \quad \text{Ec. 4.69}$$

$$\% \text{ de error de carga del resorte} = 10\% \quad \text{Ec. 4.70}$$

$$\% \text{ de error de flexión del resorte} = 1.5\% \quad \text{Ec. 4.71}$$

$$\text{Diámetro externo del resorte} = 42 \text{ mm} \quad \text{Ec. 4.72}$$

$$\text{Diámetro interno del resorte} = 31 \text{ mm} \quad \text{Ec. 4.73}$$

El modelo está diseñado para soportar un máximo de 300,000 flexiones al 65% de su longitud total. El molde que se está diseñando es un molde experimental de aluminio aleación 6061, metal usado para soportar hasta un máximo de 100, 000 golpes o cierres para ser inyectado en moldes de inyección, por tanto, el resorte puede soportar el tiempo de vida del molde de inyección.

En la Tabla 4.22 se muestra el valor comercial de resorte más próximo a los requerimientos del molde de inyección que se está diseñando:

Tabla 4.22 Modelo de resorte de ultra alta deflexión [25].

D	d	L	Constante de resorte N/mm{kgf/mm}	F=L×65%		Número de parte D-L
				Fmm	Load N{kgf}	
42	31	50	12.07 {1.23}	32.5	392.3 {40.0}	SWY42- 50
		60	10.06 {1.03}	39.0		60
		70	8.62 {0.88}	45.5		70
		80	7.54 {0.77}	52.0		80
		90	6.71 {0.68}	58.5		90
		100	6.03 {0.62}	65.0		100
		110	5.49 {0.56}	71.5		110
		120	5.03 {0.51}	78.0		120
		130	4.64 {0.47}	84.5		130
		140	4.31 {0.44}	91.0		140
		150	4.02 {0.41}	97.5		150
		160	3.77 {0.38}	104.0		160
		170	3.55 {0.36}	110.5		170
		180	3.35 {0.34}	117.0		180
		190	3.18 {0.32}	123.5		190
		200	3.02 {0.31}	130.0		200
		225	2.68 {0.27}	146.3		225
		250	2.41 {0.25}	162.5		250
		275	2.19 {0.22}	178.8		275
		300	2.01 {0.21}	195.0		300

Se propone una flexión inicial de 9 mm y una flexión de expulsión de 55 mm, por tanto, se tendrá una flexión total de 64 mm. Se hacen los cálculos correspondientes:

$$\text{Carga inicial (9mm)} = 6.03 \text{ [N/mm]} * 9 \text{ mm} = 54.27 \text{ N} \quad \text{Ec. 4.74}$$

$$\text{Carga inicial (9mm)} = 54.27 \text{ N} \pm 10 \% = 54.3 \text{ N} \pm 5.4 \text{ N} \quad \text{Ec. 4.75}$$

$$\text{Flexión máxima} = 64\text{mm} \pm 1.5 \% = 64 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm} \quad \text{Ec. 4.76}$$

Los resultados obtenidos en la Ec. 4.75 y Ec. 4.76, indican que se cumple con el objetivo de desplazar el peso del sistema de expulsión y de flexionar el resorte 55 mm, por tanto, es posible expulsar la pieza moldeada y su pozo frío; a pesar, de las variaciones que pudiera tener el resorte desde su fabricación. Esta información es importante para el diseño de las placas gemelas.

En la siguiente sección, se iniciará el diseño del sistema de refrigeración. Este sistema, aparentemente es sencillo de implementar, sin embargo, como se dio prioridad al sistema de alimentación, este sistema tendrá que ser ajustado de manera iterativa hasta que no se afecten ambos sistemas.

#### 4.9 DISEÑO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Para iniciar el diseño del sistema de refrigeración, se simula la pieza de moldeo. Esto, con la intención de localizar las regiones donde se presenten los problemas de enfriamiento. Ver Fig. 4.62.

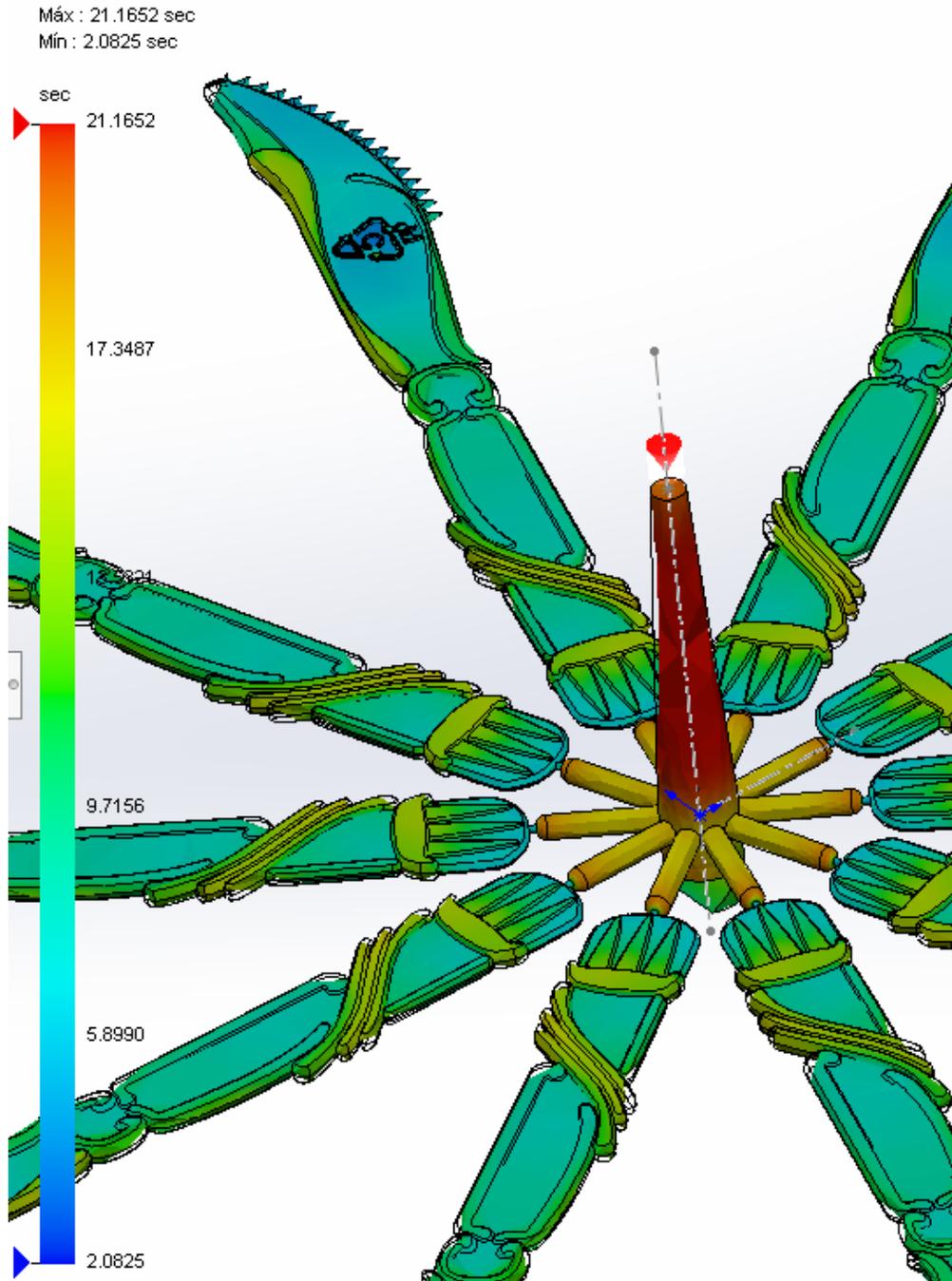


Fig. 4.62 Simulación del tiempo de enfriamiento.

Se puede observar que las piezas plásticas no tienen problema de enfriamiento, sin embargo, la mazarota necesita casi 22 segundos para poder enfriarse.

Se toma la decisión de enfriar toda la pieza moldeada para disminuir el tiempo de enfriamiento de la pieza y del ciclo de inyección, usando una conexión tipo paralelo para los cuchillos y la mazarota.

Tomando como base la información analizada en la sección 3.10, el espesor promedio de los cuchillos es de 1.5 mm, igual al grosor de pared del producto,  $w_{cuchillos}$ . Entonces, con base a la Tabla 3.19, se elige un diámetro de 8 mm, como el diámetro de los canales de refrigeración,  $d_{cuchillos}$ . La distancia central con respecto a la cavidad del molde,  $a_{cuchillos}$ , se elige como  $a_{cuchillos} = 2 * d_{cuchillos} = 16 \text{ mm}$ . Finalmente, la distancia entre centros de los canales de refrigeración,  $b_{cuchillos}$ , se elige como  $b_{cuchillos} = 3 * d_{cuchillos} = 24 \text{ mm}$ . Entonces, el diseño del sistema de refrigeración queda como:

$$d_{cuchillos} = 8 \text{ mm} \quad \text{Ec. 4.77}$$

$$a_{cuchillos} = 2 * d_{cuchillos} = 16 \text{ mm} \quad \text{Ec. 4.78}$$

$$b_{cuchillos} = 3 * d_{cuchillos} = 24 \text{ mm} \quad \text{Ec. 4.79}$$

En la Fig. 4.63 se muestra la ubicación de los pernos expulsores en el plato del núcleo. En la Fig. 4.64, se muestran los canales de refrigeración siendo interceptados por los barrenos de los pernos expulsores. En la Fig. 4.65, se muestra el plato del núcleo sin los canales que eran interceptados por los barrenos de los pernos expulsores.

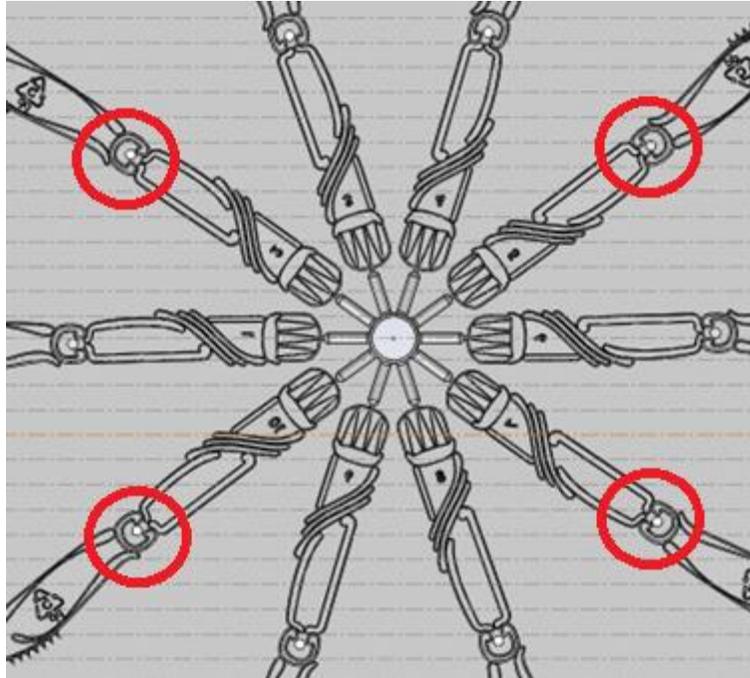


Fig. 4.63 Ubicación de los barrenos de los pernos expulsores en la placa del núcleo.

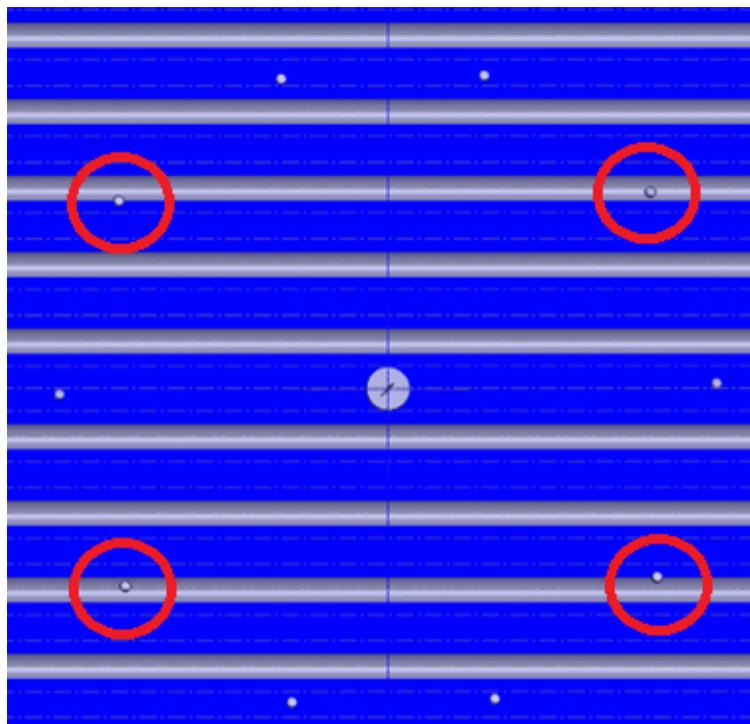


Fig. 4.64 Plato porta molde del núcleo, intersección de los canales de refrigeración con los barrenos de los pernos expulsores.

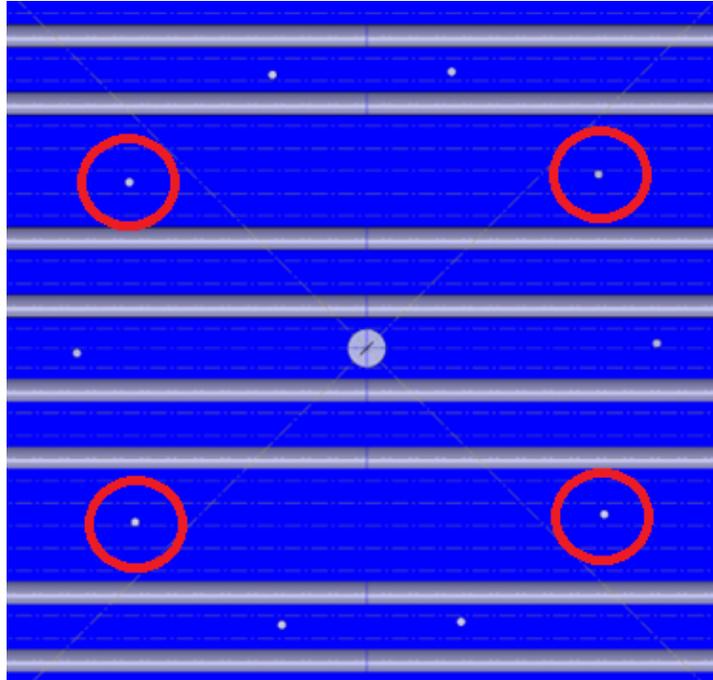


Fig. 4.65 Plato porta molde del núcleo con canales de refrigeración eliminados para el libre paso del perno expulsor.

Respecto a la mazarota, con base a la Tabla 5.18 se sabe que el diámetro en la entrada de la boquilla es de 5 mm y su diámetro en la base es de 11 mm y tiene una altura de 56 mm.

La Tabla 3.19 no tiene considerado un grosor de pared de 11mm, pero interpolando la información con la Tabla 3.10, se obtiene un diámetro de canal de 19mm para un grosor de pared de 11 mm y de 5 mm para la entrada de la boquilla. Estos resultados hacen que la boquilla se enfríe rápidamente. Tenemos un problema triple, que se enfríe la boquilla lo necesario para disminuir el ciclo de moldeo, pero no tan rápido, tal que permita al polímero llenar todas las cavidades del molde y que los canales de enfriamiento quepan en los 56 mm que mide la boquilla. En la Fig. 4.66 se hace una propuesta donde se indican las medidas.

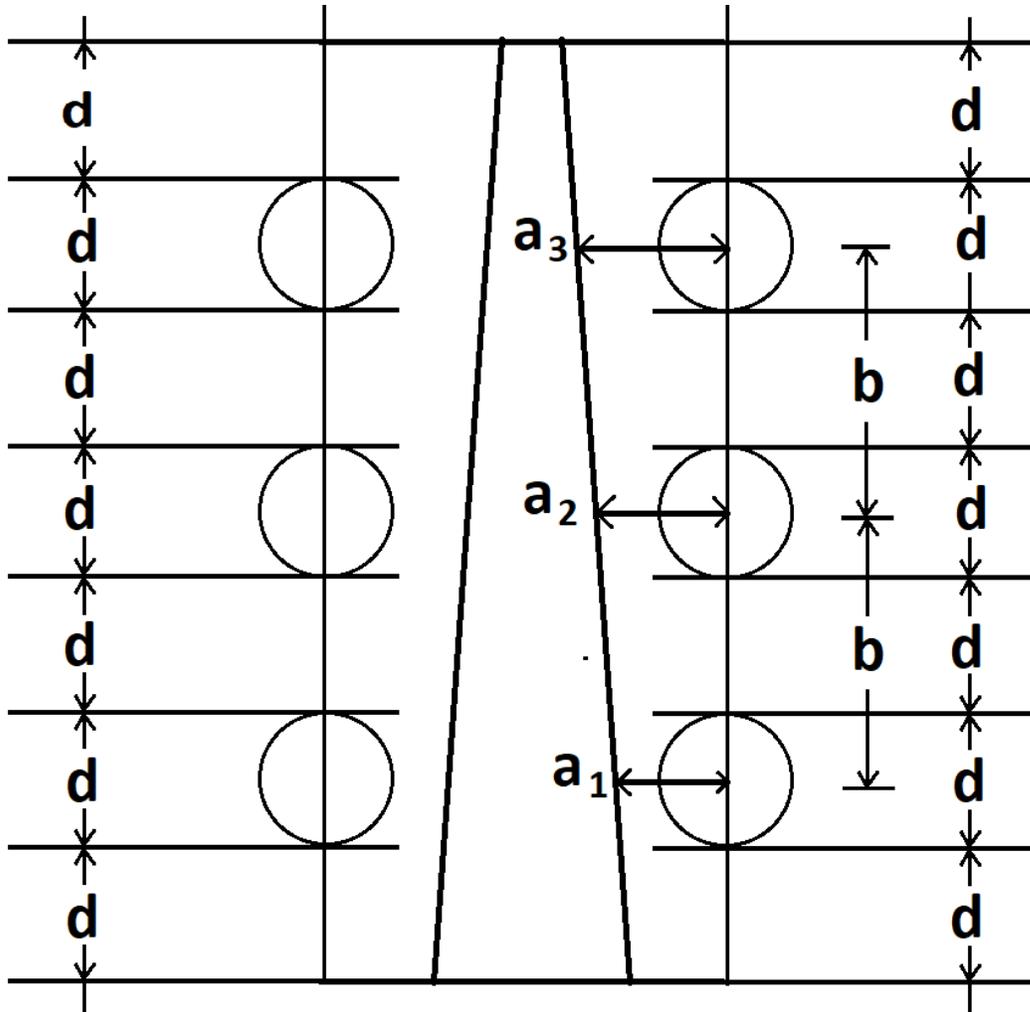


Fig. 4.66 Propuesta de enfriamiento para disminuir el ciclo de moldeo.

Donde se cumplen las siguientes condiciones:

$$d_{mazarota} = 8 \text{ mm} \quad \text{Ec. 4.80}$$

$$b_{mazarota} = 2 * d_{mazarota} = 16 \text{ mm} \quad \text{Ec. 4.81}$$

$$a_1 = 1.5 * d_{mazarota} = 12 \text{ mm} \quad \text{Ec. 4.82}$$

Las distancias  $a_2$  y  $a_3$  se ajustarán al cumplimiento de las medidas indicadas en las ecuaciones Ec. 4.80, Ec. 4.81 y Ec. 4.82.

En la Fig. 4.67 se muestra la distribución de los 32 canales del sistema de refrigeración. Cuatro canales fueron eliminados; dos del plato portamolde de la cavidad porque las dimensiones del conector rápido de la mazarota no permiten su colocación y se dio prioridad al enfriamiento de la mazarota sobre los canales de refrigeración del plato de la cavidad. Otros dos canales del plato portamolde del núcleo, también se eliminaron porque interfería con la trayectoria de los botadores.

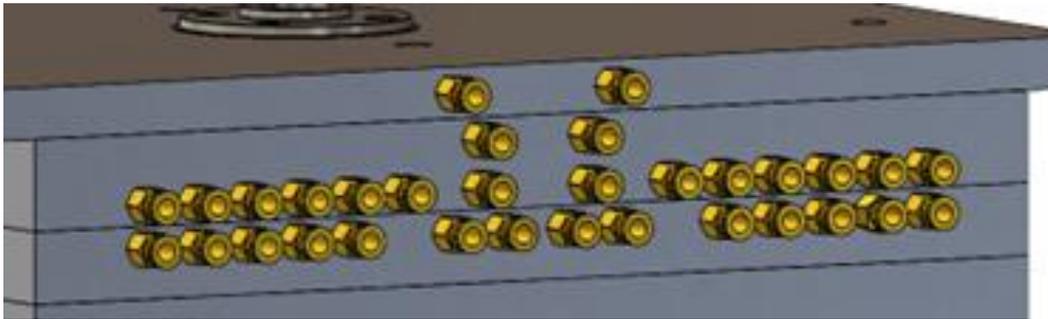


Fig. 4.67 Sistema de refrigeración del molde de inyección.

En la Fig. 4.68 se muestra el conector rápido propuesto para el molde, junto con su plano.

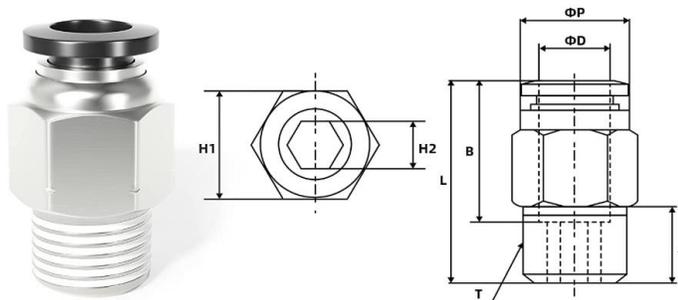


Fig. 4.68 Conector rápido para los canales de refrigeración propuestos para el molde de inyección [33], [37].

En la Tabla 4.23 se muestran las dimensiones de estos tipos de conectores rápidos. Se eligió el modelo PC 08-N1.

Tabla 4.23 Diferentes medidas de los conectores rápidos [33], [37].

Model	$\Phi D$	$\Phi P$	T	L	A	B	H1(Hex)	H2(Hex)
PC 08-N1	0.31	0.55	1/8"NPT	1.12	0.31	0.72	0.55	0.20
PC 08-N2	0.31	0.55	1/4"NPT	1.04	0.40	0.72	0.55	0.24
PC 08-N3	0.31	0.55	3/8"NPT	0.94	0.43	0.72	0.67	0.24
PC 08-N4	0.31	0.55	1/2"NPT	1.16	0.55	0.72	0.75	0.24
PC 10-N1	0.40	0.63	1/8"NPT	1.18	0.31	0.76	0.67	0.20
PC 10-N2	0.40	0.63	1/4"NPT	1.24	0.40	0.76	0.67	0.24
PC 10-N3	0.40	0.63	3/8"NPT	1.08	0.43	0.76	0.67	0.31
PC 10-N4	0.40	0.63	1/2"NPT	1.18	0.55	0.76	0.75	0.31

Units: inch

### Cálculo del flujo de agua en cada canal refrigerante

Se procede a calcular el caudal a 25°C para cada canal refrigerante de 8 mm, usando la Ec. 4.83:

$$Q = \frac{10,000 \cdot \frac{40}{127} [in] \cdot 0.90 [\text{Centistokes}]}{3,160} \text{ GPM} \quad \text{Ec.4.83}$$

$$Q = 0.8970 \text{ GPM} = 3.4 \frac{l}{\text{minuto}} = 0.0566 \frac{l}{s} = 56.6 \frac{cc}{s} \quad \text{Ec.4.84}$$

Para 32 canales se requiere un caudal total de:

$$Q_T = 32 * 0.8970 \text{ GPM} = 32 * 3.4 \frac{l}{\text{minuto}} = 32 * 0.0566 \frac{l}{s} \quad \text{Ec.4.85}$$

$$Q_T = 28.7 \text{ GPM} = 108.8 \frac{l}{\text{minuto}} = 1.8 \frac{l}{s} \quad \text{Ec.4.86}$$

### **Cálculo del diámetro madre para alimentar los canales de enfriamiento**

Usando la Ec. 4.87, se procede a calcular el diámetro madre:

$$D = \sqrt{n \cdot d^2} \quad \text{Ec. 4.87}$$

Sustituyendo los valores

$$n = 32$$

$$d = 8 \text{ mm}$$

$$D = \sqrt{32 \cdot (8 \text{ mm})^2} \quad \text{Ec. 4.88}$$

$$D = 45.3 \text{ mm} \quad \text{Ec. 4.89}$$

### **Cálculo de las toneladas de refrigeración para el molde diseñado**

Usando la Ec. 4.90, se procede a despejar las toneladas de refrigeración

$$\text{Flujo de agua de torre requerido: } F_{\text{torre}} = \frac{30 \cdot (x \text{ Ton})}{\Delta T} \text{ GPM} \quad \text{Ec. 4.90}$$

$$x = \frac{F_{\text{torre}} \cdot \Delta T}{30} \text{ Ton} \quad \text{Ec. 4.91}$$

Sustituyendo valores, donde

$$F_{\text{torre}} = 28.7 \text{ GPM}$$

$\Delta T = 5 \text{ }^\circ\text{F}$  para una operación normal

$$x = \frac{28.7 \cdot 5}{30} \text{ Ton} \quad \text{Ec. 4.92}$$

$$x \approx 4.8 \text{ Ton} \quad \text{Ec. 4.93}$$

Con base en la Tabla 3.21 se puede tener un consumo máximo del polipropileno, para alimentar al molde, de hasta 35 lbs / hr por tonelada de enfriamiento. Es decir,

$$\text{Alimentación Máx del molde}_{PP} = 35 \frac{lb}{hr \cdot Ton} * 4.8 Ton = 168 \frac{lb}{hr} \quad \text{Ec. 4.94}$$

$$\text{Alimentación Máx del molde}_{PP} = 168 \frac{lb}{hr} = 2.8 \frac{lb}{min} = 1.27 \frac{kg}{min} \quad \text{Ec. 4.95}$$

Este nivel de alimentación máximo al molde no es posible de alcanzar, por tanto, es un indicador de que la torre de enfriamiento puede proporcionar suficiente caudal para enfriar al molde con una alimentación continua de polipropileno.

#### 4.10 DISEÑO DEL CENTRADOR DE MOLDE

Para el molde que se está diseñando, se propone colocarle un centrador lateral recto tipo TSSBN 40 del catálogo MISUMI 2015 [32]. En la Fig. 4.69 se muestra el diseño de los modelos TSSBN 30 y 40.

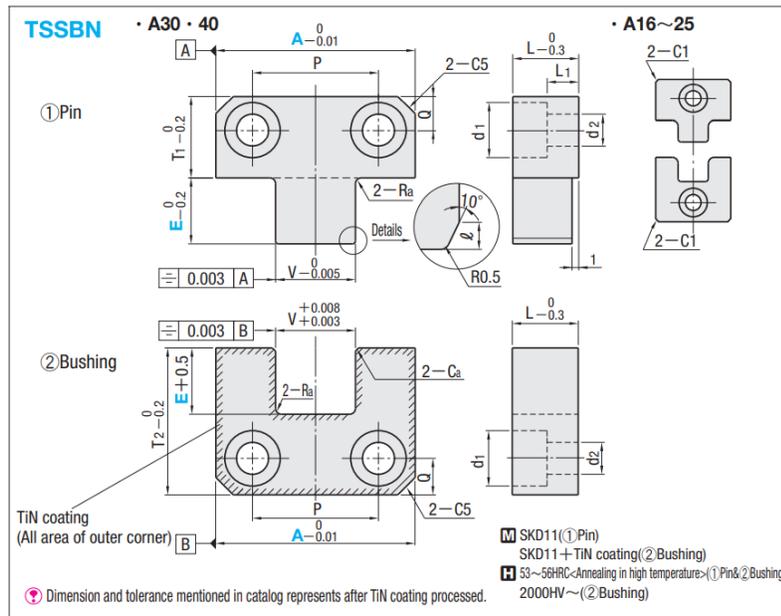


Fig. 4.69 Diseño de un centrador recto lateral de molde, modelo TSSBN de 30 y 40 mm, marca MISUMI [32].

En la Tabla 4.24 se muestra el dimensionamiento de los centradores de molde laterales rectos TSSBN de 30 y 40 mm de la Fig. 5.63.

Tabla 4.24 Dimensiones de los centradores laterales rectos de molde de la marca MISUMI [32].

V	T1	T2	ℓ	Ra	Ca	Bolt hole				Installation bolts	L	L1	Part Number		E
						P	Q	d1	d2				Type	A	
7	11	17	1	1	0.5	—	5	8	4.5	M4 bolt	8	3	TSSBN	16	6
8		20												6	
10		25												8	
12	14	22				16	6	9.5	5.5	M5 bolt	10	4		30	8
15	18	28				22	7	11	6.6	M6 bolt	13	6		40	10

En la Fig. 4.70 se muestra el centrador de molde lateral recto, modelado en 3D y ensamblado. Listo para ser incorporado al molde de inyección.

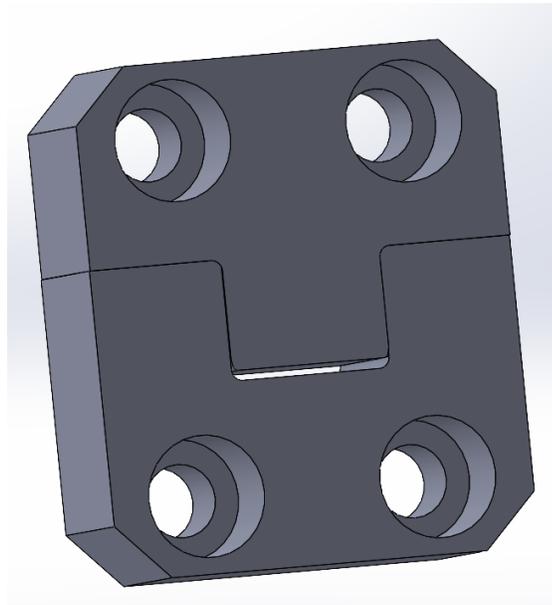


Fig. 4.70 Modelado del centrador de molde TSSBN-40.

En la siguiente sección se diseñará el cáncamo, último elemento para iniciar el ensamblaje del molde de inyección.

**4.11 CÁLCULO DEL CÁNCAMO**

Apoyándose del software especializado, CAM, se puede obtener fácilmente la masa total del molde. Ver Fig. 4.71.

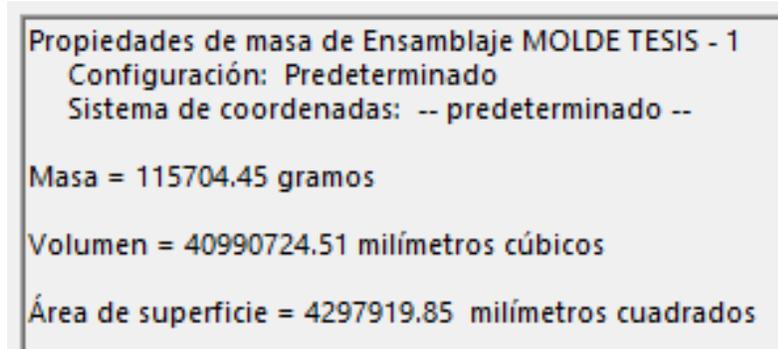


Fig. 4.71 Cálculo de la masa del molde usando CAD.

La masa del molde es de:

$$Masa\ total\ del\ molde = 115.7\ kg \quad Ec.\ 4.96$$

$$Peso\ del\ total\ del\ molde = 115.7\ kg * 9.8\ \frac{m}{s^2} \approx 1,157\ N \quad Ec.\ 4.97$$

Se propone usar el cáncamo a 45°, por tanto, usando la información de la Ec. 4.97 y los datos de la Tabla 3.22 [32]; se concluye que se necesitan dos cáncamos de M10 X 1.5. Los datos del cáncamo se muestran en la Tabla 4.25 [32] y en la Fig. 4.72 se muestra su plano, según lo propone el catálogo de SUMISI 2015 [32].

Tabla 4.25 Datos del cáncamo elegido [32].

M×P	a	b	C	D	H	ℓ	e	g	R	da	CARGA MÁXIMA PERMITIDA N {kgf}	
											A: Vertical 1Pza.	B: 45° 2 Pzas.
M10×1.5	41	25	8	20	41.5	18	4	7.7	1.2	11.2	1471 {150}	1471 {150}

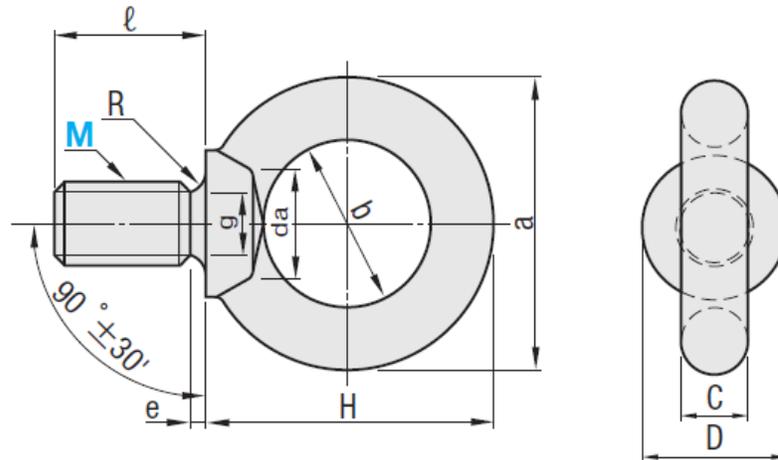


Fig. 4.72 Medidas del cáncamo elegido [32].

En la Fig. 4.73 se muestra el modelado del cáncamo con software CAD para ser ensamblado en el molde de inyección calculado.



Fig. 4.73 Modelado 3D del cáncamo seleccionado, con las dimensiones del catálogo de SUMISI 2015.

En la siguiente sección, con la información obtenida hasta este apartado; se procede a realizar el diseño del sistema estructural.

#### 4.12 DISEÑO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL ENSAMBLE DEL MOLDE

Con los resultados de los cálculos de los diseños de las diferentes secciones de esta unidad, es posible diseñar la estructura del molde de inyección de colada fría. En el anexo E, se muestran los planos. A continuación, se muestra el proceso del ensamblaje del molde de los cuchillos de mesa de plástico desechables.

En la siguiente secuencia de figuras, de la Fig. 4.74 a la Fig. 4.89, se describirá el proceso de ensamblado del diseño del molde de inyección.

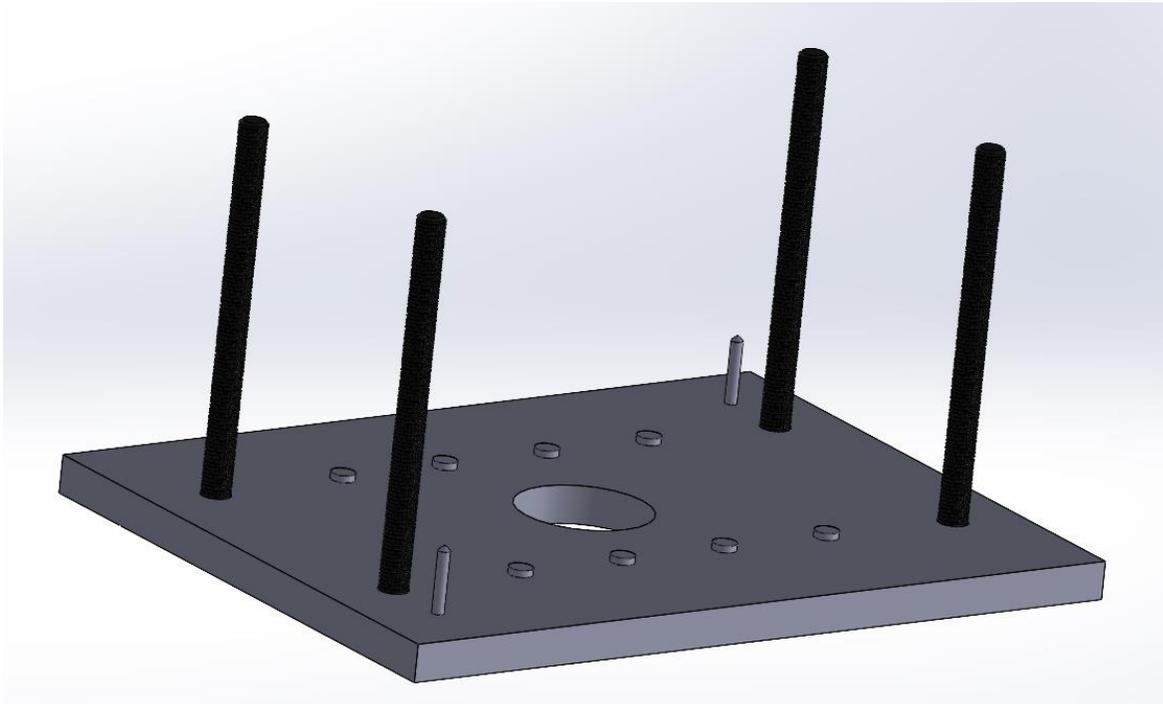


Fig. 4.74 Ensamble del plato de sujeción inferior con ocho pernos limitadores, cuatro tornillos de cabeza Allen cilíndrico y dos pernos guía.

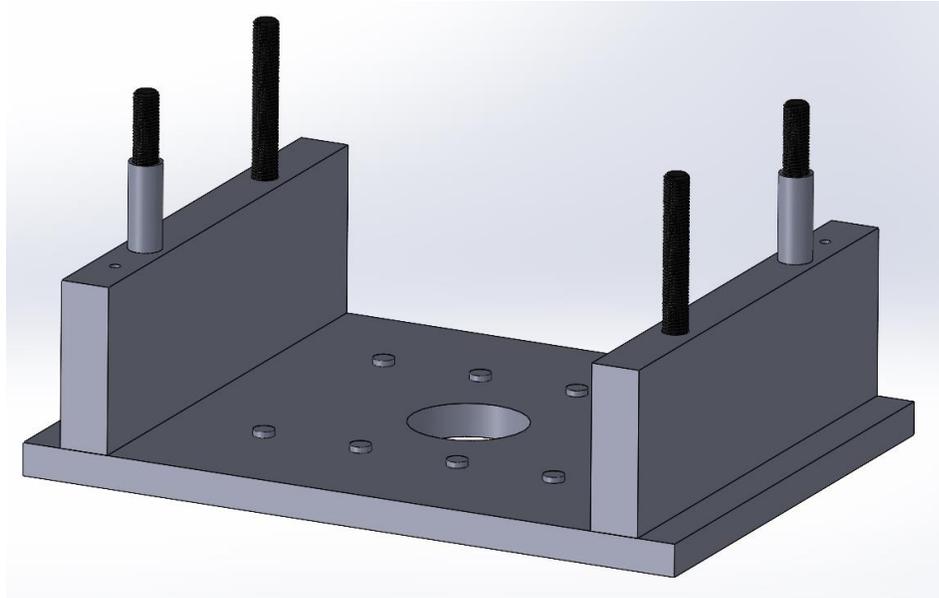


Fig. 4.75 Ensamblado de la Fig. 4.74 más dos placas paralelas con dos casquillos guía. Un casquillo guía en un solo extremo de cada placa paralela.

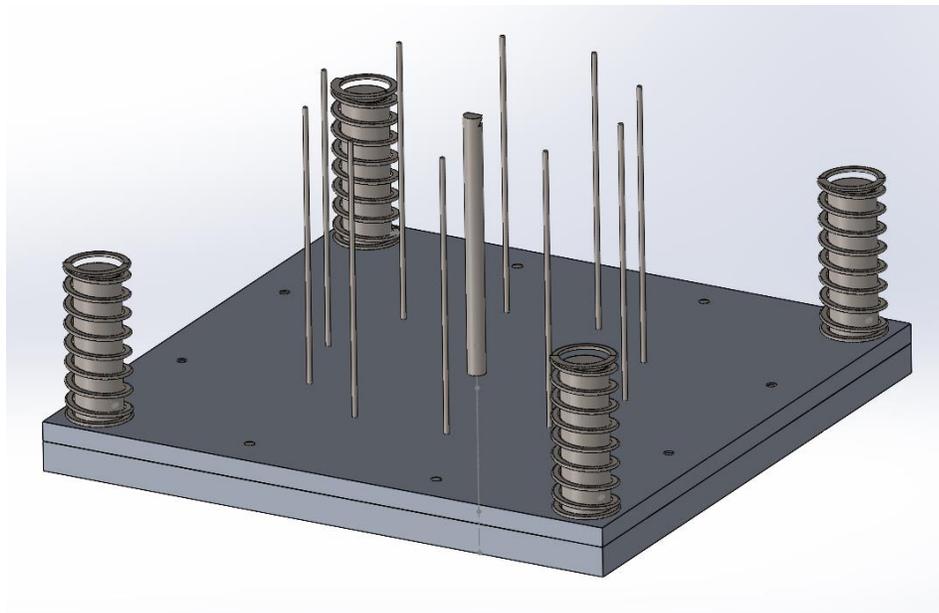


Fig. 4.76 Ensamblaje del plato expulsor retenedor con 10 pernos expulsores secundarios, el perno expulsor central con gancho de colada, cuatro pernos porta-resortes y cuatro resortes; sujetos con la placa expulsora y ocho tornillos Allen cilíndricos.

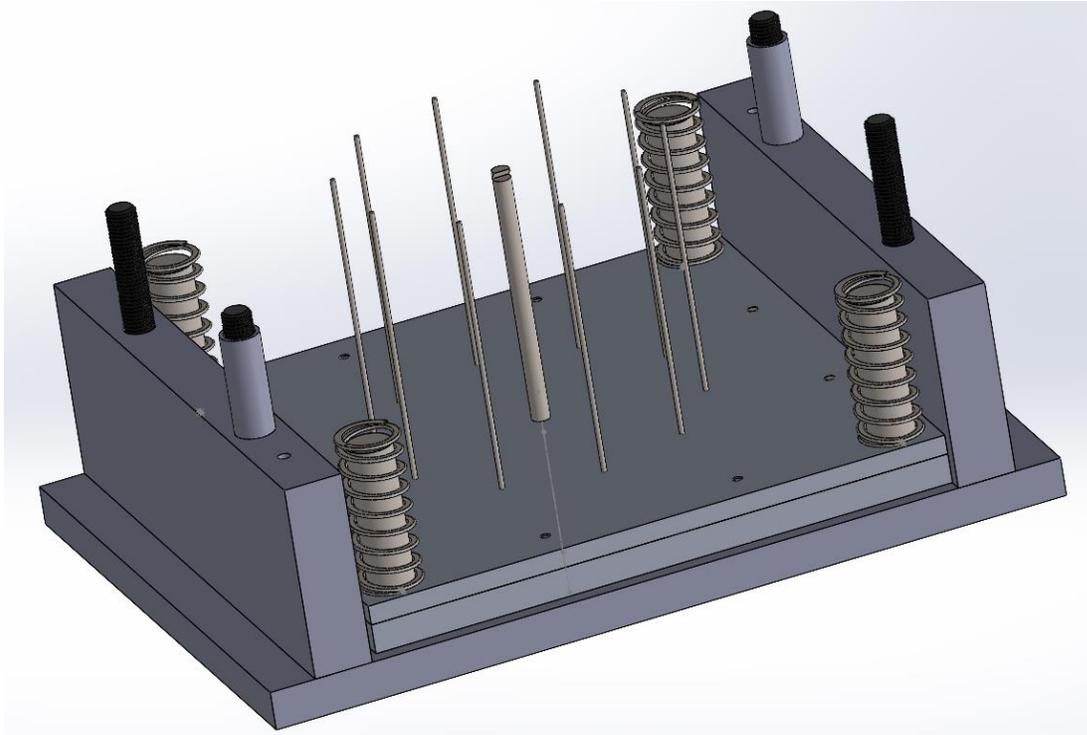


Fig. 4.77 Incorporación del ensamblaje de la Fig. 4.75 con el ensamblaje del sistema de expulsión de la Fig. 4.76.

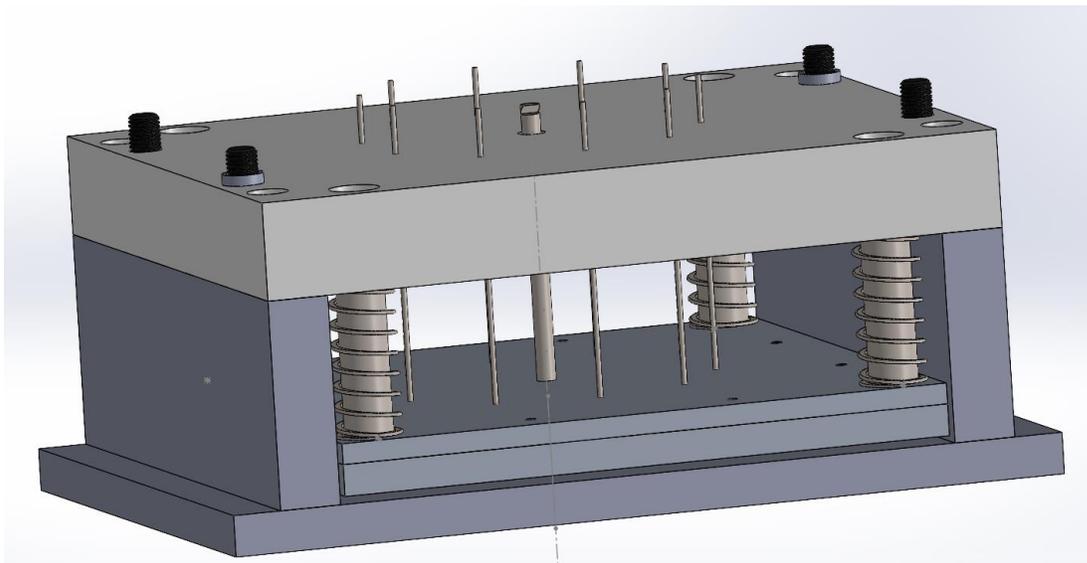


Fig. 4.78 Incorporación de la placa de soporte con el ensamblaje de la Fig. 4.77.

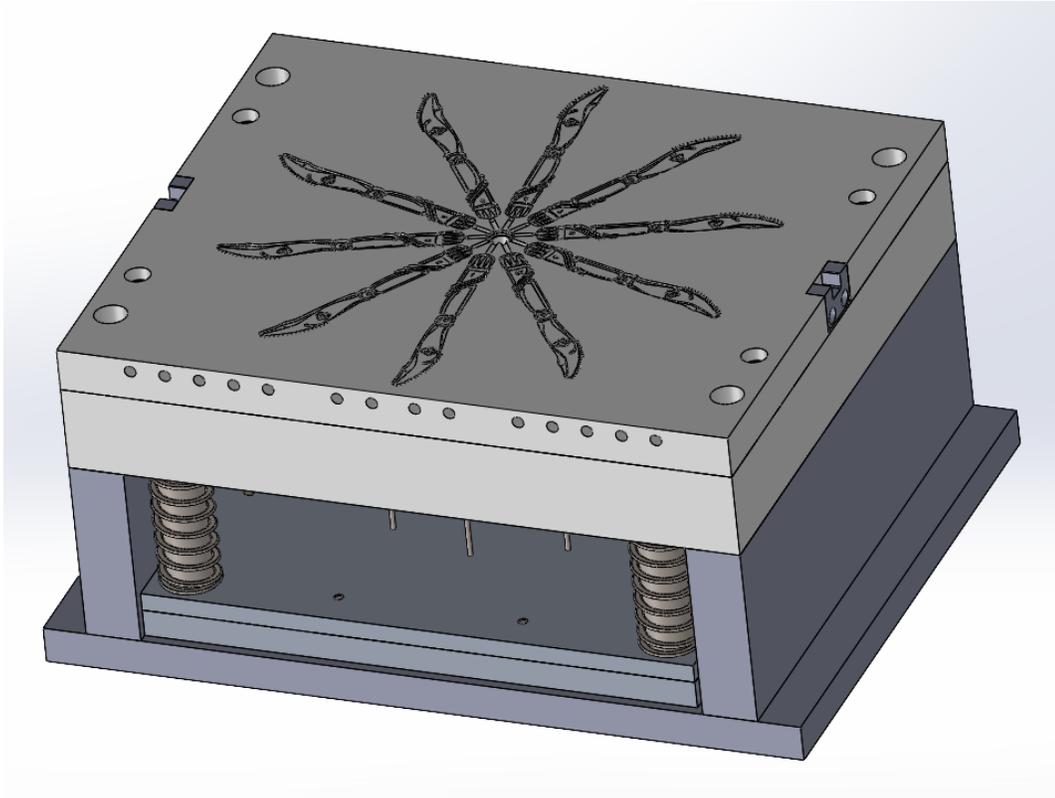


Fig. 4.79 Incorporación del plato B con el núcleo incorporado y sus dos cojinetes de los centradores del molde, con el ensamblaje de la Fig. 4.78.

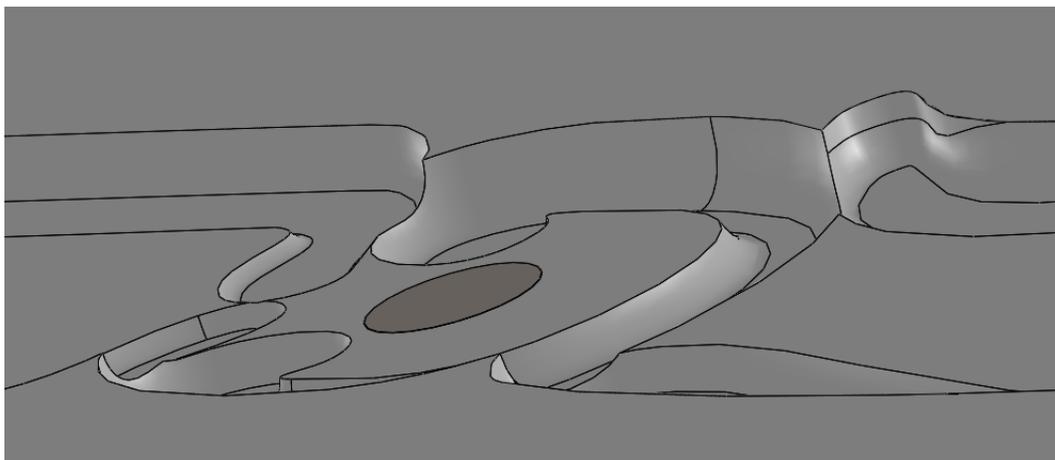


Fig. 4.80 Se muestra como la punta de los expulsores secundarios están en un solo plano con la cavidad del cuello del cuchillo de mesa.

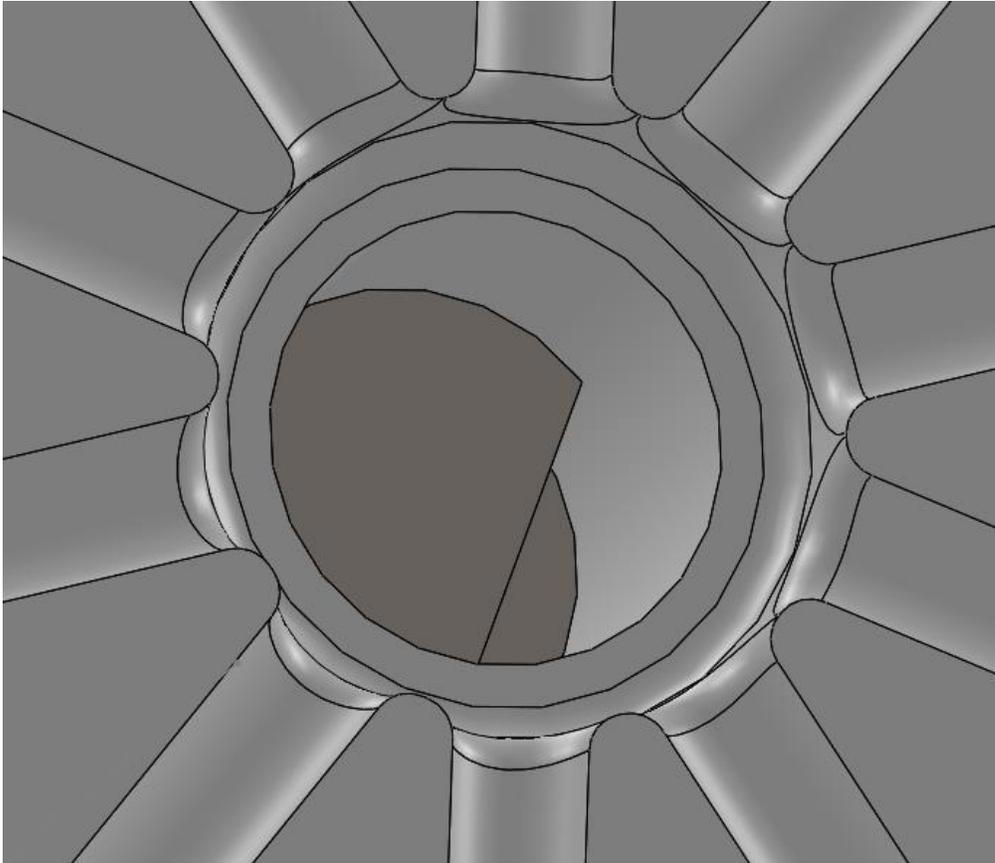


Fig. 4.81 Vista del perno expulsor central con gancho de colada y el plato retenedor del núcleo.

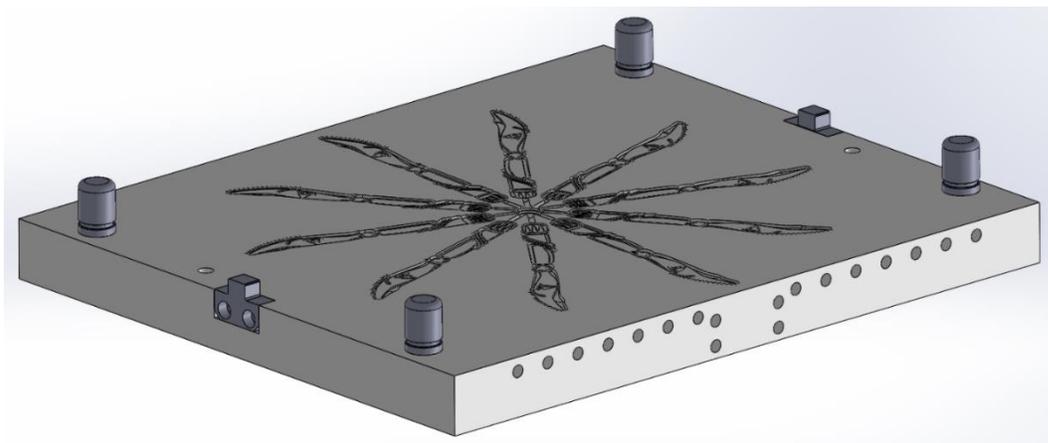


Fig. 4.82 Ensamblaje del plato A con la cavidad incorporada, con cuatro pernos guías y dos pines de dos centradores de moldes.

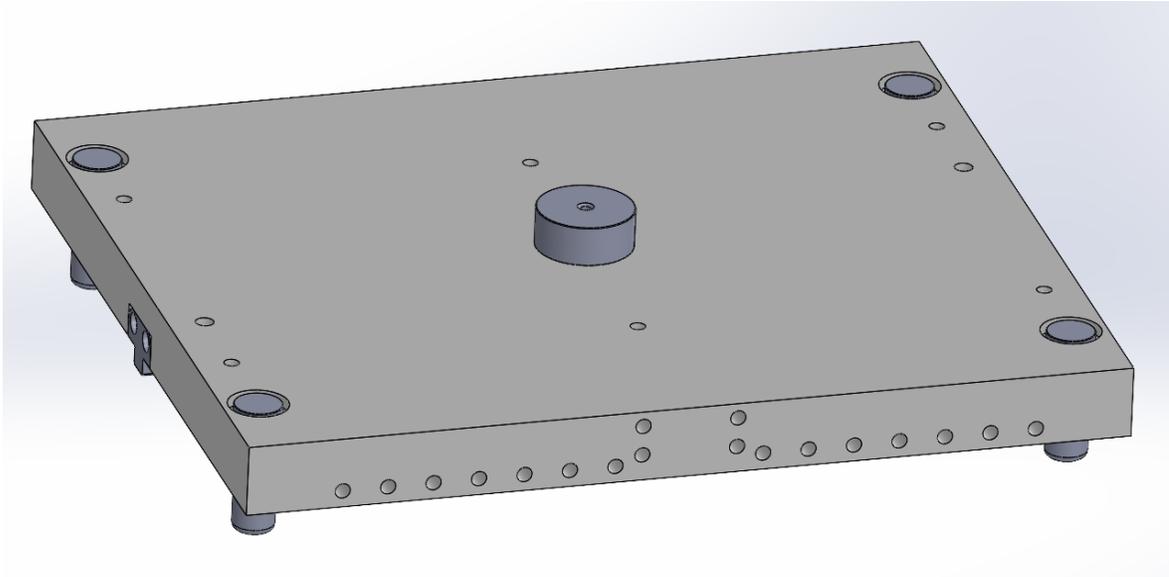


Fig. 4.83 Incorporación del bebedero en el ensamblaje de la Fig. 4.81.

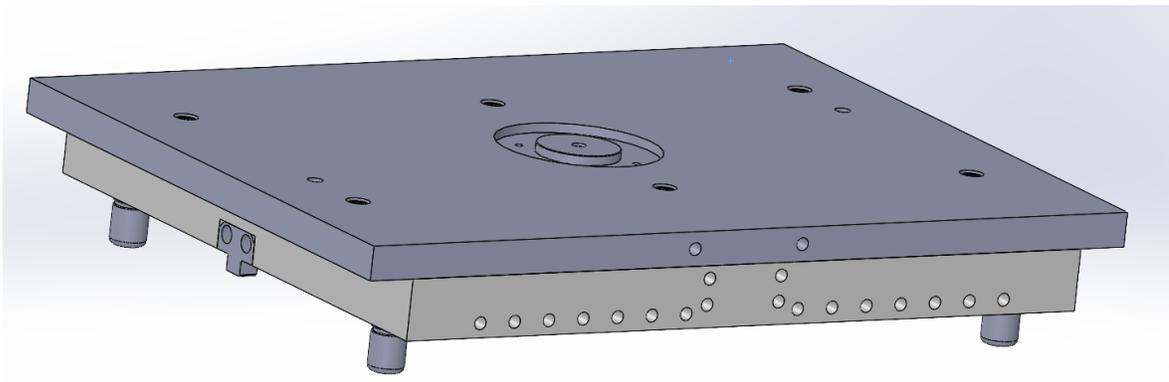


Fig. 4.84 Incorporación del plato de sujeción superior al ensamblaje de la Fig. 4.83, sujetado con seis tornillos Allen cilíndricos y dos pernos.

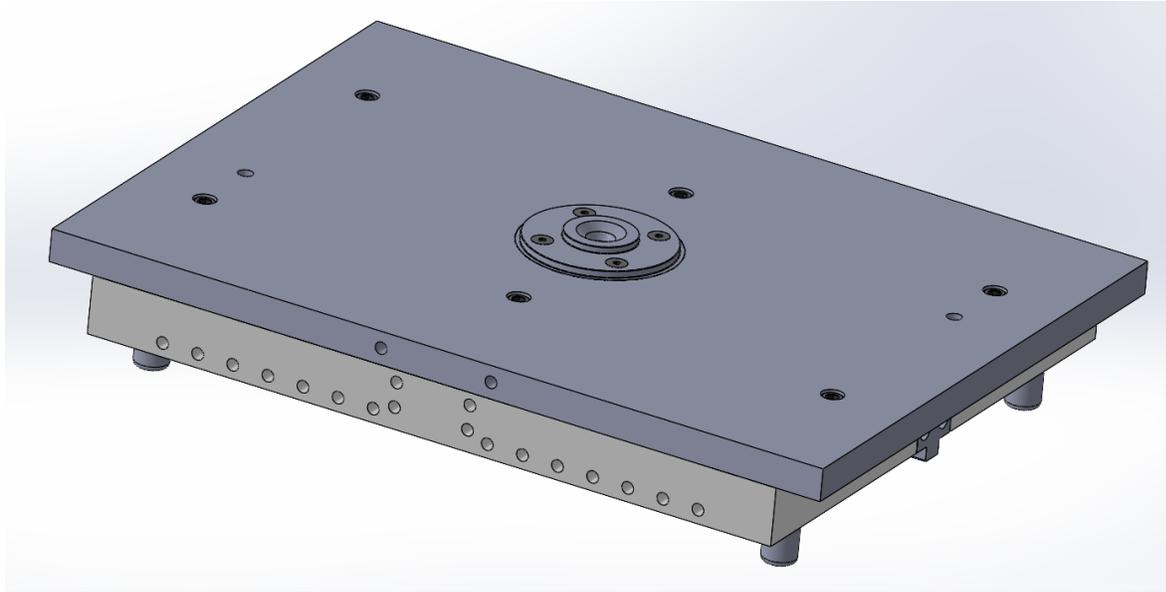


Fig. 4.85 Incorporación del anillo centrador con cuatro tornillos Allen avellanados al ensamblaje de la Fig. 4.83.

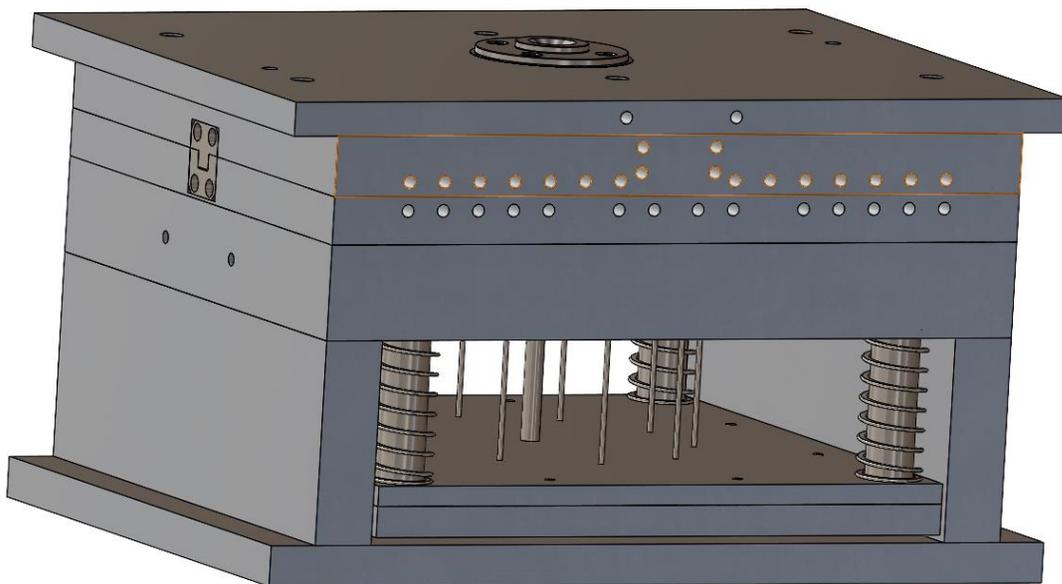


Fig. 4.86 Ensamblaje de la sección fija con la sección móvil del molde.

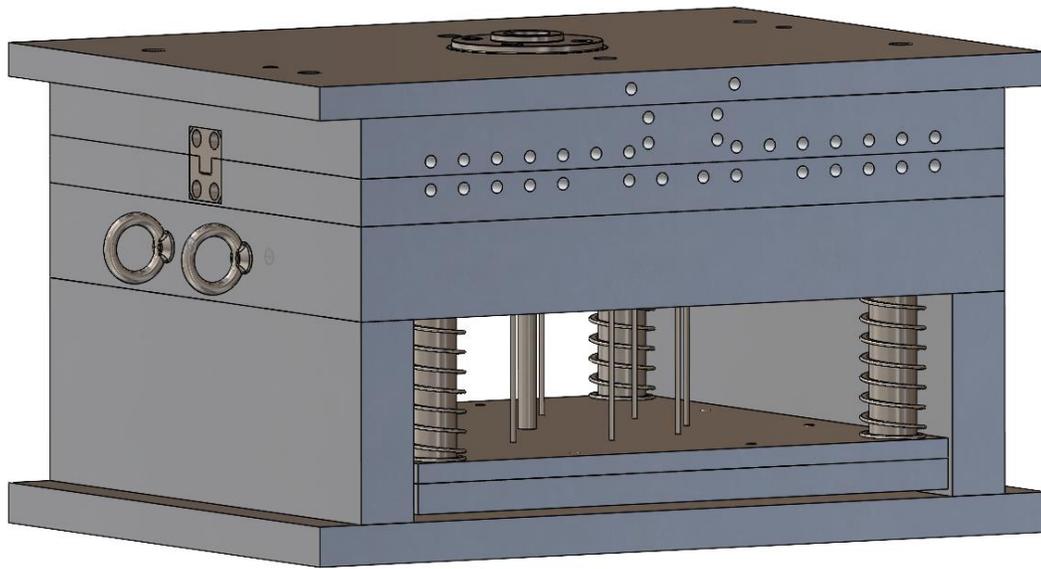


Fig. 4.87 Incorporación de dos cáncamos al molde ensamblado.

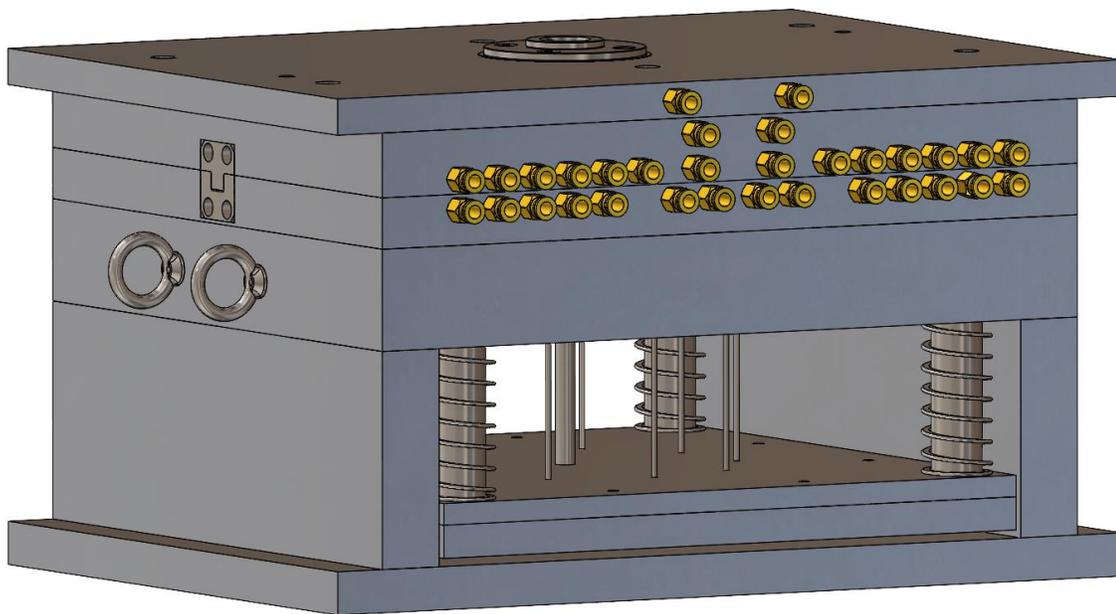


Fig. 4.88 Incorporación de los conectores rápidos al molde, obteniéndose el ensamblado completo del molde.

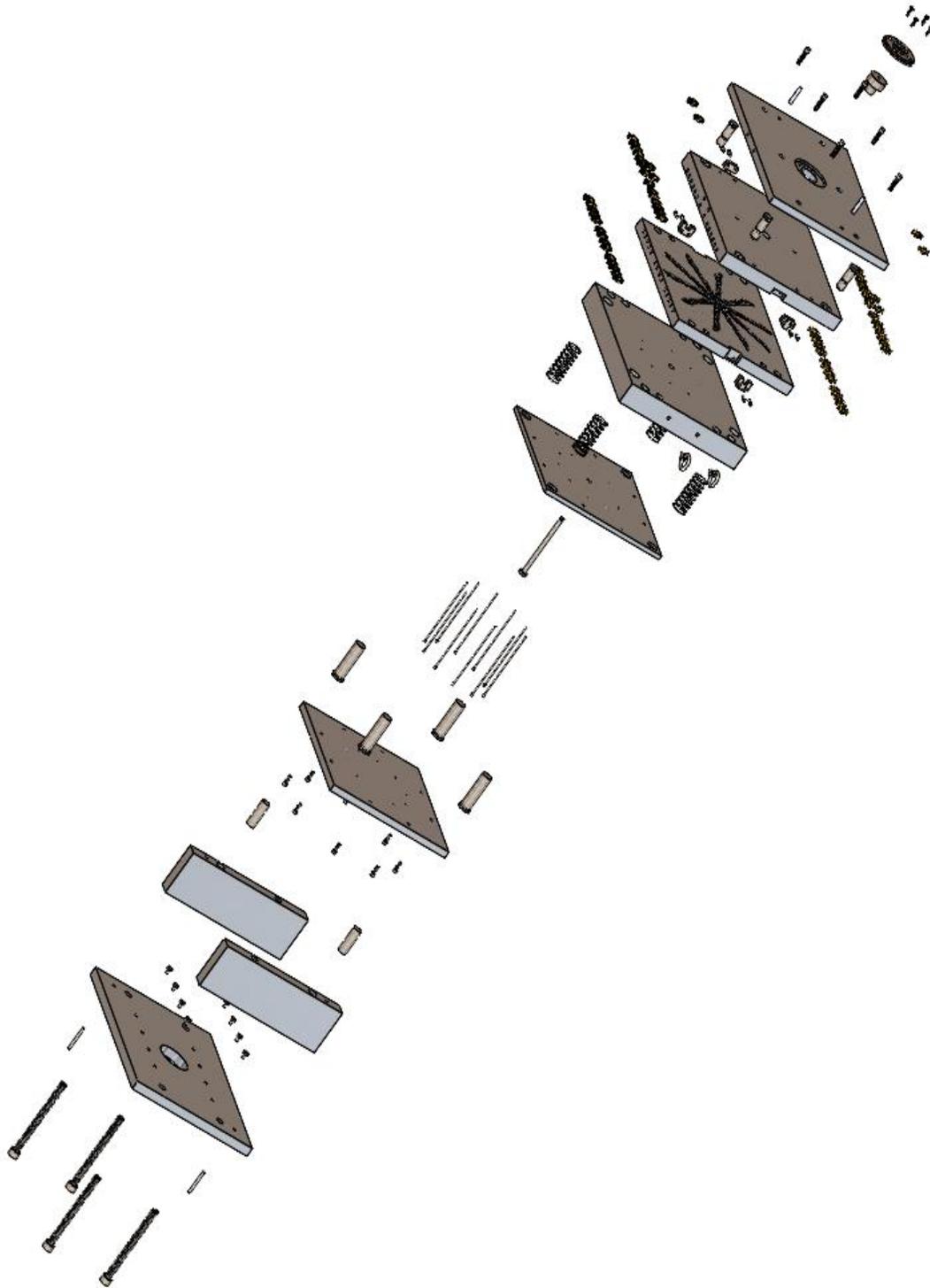


Fig. 4.89 Vista explosionada del molde de inyección.

**COTIZACIÓN**

En la Tabla 4.26 se muestra la lista de componentes del molde diseñado.

Tabla 4.26 Elementos que integran el molde diseñado.

Núm. de pieza	Cantidad	Pieza	Dimensiones orientativas
1	1	<b>Plato 1 - sujeción superior</b>	<b>527.2 x 391.00 x 21.31</b>
2	1	Bebedero	∅ 50.90 x 45.66
3	1	Cubre bebedero	∅ 101.57 x 14.69
4	4	Tornillo Allen cabeza plana	1/4" x 3/4"
5	2	Perno para el plato 1 y plato 2	∅ 9.42 x 50.80
6	6	Tornillo Allen	3/8" x 1 1/2"
7	1	<b>Plato 2 - cavidad</b>	<b>467.20 x 391.00 x 38.10</b>
8	4	Perno guía	∅ 25.40 x 69.85
9	1	<b>Plato 3 - núcleo</b>	<b>467.20 x 391.00 x 30.10</b>
10	64	Conector rápido	1/8" NPT ≈ ∅8 mm
11	2	Centrador de molde MISUMI	MiSUMi TSSBN 40-10
12	1	<b>Plato 4 - soporte</b>	<b>467.20 x 391.00 x 60.00</b>
13	2	Cáncamo marca MISUMI	MiSUMi CHI10 (M10 X 1.5)
14	2	<b>Plato 5 - paralelo</b>	<b>391.00 x 38.10 x 127.95</b>
15	2	Buje para el plato 5	∅ 25.40 x 72.70
16	1	<b>Plato 6 - sujeción inferior</b>	<b>527.2 x 391.00 x 25.40</b>
17	8	Perno con tope para plato 6	∅ 15.87 x 17.46
18	2	Perno para plato 5 y plato 6	∅ 7.94 x 69.85
19	4	Tornillo hexagonal tipo 5	3/4" x 9"
20	1	<b>Plato 7 - expulsor</b>	<b>391.00 x 384.65 x 19.48</b>
21	1	Perno expulsor principal	∅ 23.98 x 180.95
22	10	Perno expulsor secundario	∅ 6.38 x 193.04
23	4	Perno porta resorte expulsor	∅ 36.30 x 106.70
24	1	<b>Plato 8 - expulsor retenedor</b>	<b>391.00 x 384.65 x 12.70</b>
25	4	Resorte	MiSUMi SWY42-100

A partir de la información de la Tabla 4.26 es posible realizar una cotización preliminar del molde.

Se procede a realizar una cotización considerando que se va a manufacturar el molde con las medidas propuestas.

Para manufacturar el molde propuesto se necesita el 60% de una placa y el proveedor solamente vende, media o placa completa, entonces se tendrá que comprar media placa de 2.5" y media placa de 1.5" de aluminio 6061. Además, se deben comprar varias medidas de redondo y una pequeña placa en acero 4140. Ver la Tabla 4.27.

Tabla 4.27 Lista de material para manufacturar piezas del molde.

Redondo en acero 4140
1/2" x 2.5m
3/4" x 0.5m
1" x 1m
1.5" x 0.5m
2.5" x 10 cm
4" x 10 cm
Placa de acero 4140
4.5" x 2.5" x 3/4"

En la Tabla 4.28 se muestra un estimado mínimo (hacen falta las herramientas de corte, mano de obra y horas máquina CNC) para manufacturar el molde diseñado.

Tabla 4.28 Cotización de material para manufacturar el molde diseñado.

Núm. de pieza	Cantidad	Pieza	MISUMI	Precio unitario	Precio
4	4	Tornillo Allen cabeza plana		\$0.40	1.60
6	6	Tornillo Allen		\$1.10	6.60
11	2	Centrador de molde MISUMI	TSSBN40-10	\$249.27	498.54
13	2	Cáncamo marca MISUMI	CHI10	\$1.89	3.78
19	4	Tornillo Allen		\$4.50	18.00
25	4	Resorte marca MISUMI	SWY42-100	\$11.95	47.80
	1/2	Placa de aluminio 6061 de 2.5"		\$2,250.00	2,250.00
	1/2	Placa de aluminio 6061 de 1.5"		\$1,065.00	1,065.00
		Redondo 4140 varias medidas		\$500.00	500.00
				<b>Subtotal (USD)</b>	<b>4,391.32</b>
				<b>Subtotal (MXN)</b>	<b>\$87,826.40</b>
				<b>IVA</b>	<b>\$14,052.22</b>
				<b>Total (MXN)</b>	<b>\$101,878.62</b>

Para la segunda cotización se encontró una empresa con moldes estandarizados de aluminio, la empresa PCS company vende su molde más grande de aluminio con medidas 304.8mm x 406.4mm x 282.7mm (12" x 16" x 11.13"). El cual, no es útil para nuestro proyecto. Nuestro molde tiene las siguientes dimensiones 391.0mm x 527.2mm x 302.86mm (15.4" x 20.8" x 11.9"). Sin embargo, se usará esa cotización para estimar el costo. En la Fig. 4.90 se tiene la cotización en línea.

**MOLD BASE STANDARD ALUMINUM**



PCS Standard Aluminum Mold Bases are precision machined from 7075 aluminum. 23 standard frame size and plate thickness combinations are available. Aluminum mold bases have faster cycle times when compared to pre-hardened P-20 molds. Machining costs and lead-time is dramatically reduced when using an Aluminum Mold Base. Aluminum Mold Bases are made to order, please call PCS for lead time.

**Features** **Resources**

- Easy to machine, high-grade aluminum
- 3D CAD files available
- Made in the U.S.A.

Item Number	Frame Size	A Plate Thickness	B Plate Thickness	C Dimension (Rail Height)	Measurement System	CAD Files	Price (USD)	Quantity
Search	12/16	Select	Select	Select	Select			
AL-1216-29-29	12/16	2.94	2.94	3-1/2	Inch	Download	\$3,696.56	1 <span style="float: right;">ADD</span>

Rows: 1-1 / 1 Items: 10

Fig. 4.90 Cotización en línea de un molde de aluminio

En la Tabla 4.29 se muestra una estimación de un molde de aluminio estandarizado. No es posible conseguir un molde estandarizado de aluminio con las dimensiones que se necesitan, por tanto, se propone el costo del molde de aluminio a \$4,000.00 USD.

Un molde estandarizado de 15 7/8" x 23 1/2" de acero P20 cuesta \$7,996.36 USD y de acero AISI 400 cuesta \$13,165.60 USD. Un costo aproximado de \$185,515.55 MXN y de \$305,441.92 MXN, respectivamente y con IVA incluido. No se considera el costo de traslado.

Tabla 4.29 Presupuesto mínimo de un posible molde estandarizado.

Núm. de pieza	Cantidad	Pieza	MISUMI	Precio unitario	Precio
2	1	Bebedero	SBTM25-22 + GUÍA	\$192.10	192.10
3	1	Cubre bebedero	LRJS100-15-50	\$31.75	31.75
4	4	Tornillo Allen cabeza plana		\$0.40	1.60
5	2	Perno para el plato 1 y plato 2	MS10-50	\$1.88	3.76
6	6	Tornillo Allen		\$1.10	6.60
8	4	Perno guía	GPH25-70	16.38	65.52
11	2	Centrador de molde MISUMI	TSSBN40-10	\$249.27	498.54
13	2	Cáncamo marca MISUMI	CHI10	\$1.89	3.78
15	2	Buje para el plato 5	GBS20-70	\$15.84	31.68
17	8	Perno con tope para plato 6	STPH	\$5.07	40.56
18	2	Perno para plato 5 y plato 6	MS8-70	\$1.88	3.76
19	4	Tornillo Allen		\$4.50	18.00
21	1	Perno expulsor principal	EPHJE12-200	\$12.92	12.92
22	10	Perno expulsor secundario	EPHJE4-200	\$4.69	46.90
23	4	Perno porta resorte expulsor	RP8TJ30-150	\$43.44	173.76
25	4	Resorte marca MISUMI	SWY42-100	\$11.95	47.80
	1	Molde de aluminio estandarizado		\$4,000.00	4,000.00
				<b>Subtotal (USD)</b>	<b>5,179.03</b>
				<b>Subtotal (MXN)</b>	<b>\$103,580.60</b>
				<b>IVA</b>	<b>\$16,572.90</b>
				<b>Total (MXN)</b>	<b>\$120,153.50</b>

En la Tabla 4.30 se muestra el presupuesto para las piezas que se tendrían que comprar para cualquier modo de obtener el molde. Nótese que el gasto común será de \$13,370.62 MXN.

Tabla 4.30 Cotización de material fijo para el diseño del molde.

Núm. de pieza	Cantidad	Pieza	MISUMI	Precio unitario	Precio
4	4	Tornillo Allen cabeza plana		\$0.40	1.60
6	6	Tornillo Allen		\$1.10	6.60
11	2	Centrador de molde MISUMI	TSSBN40-10	\$249.27	498.54
13	2	Cáncamo marca MISUMI	CHI10	\$1.89	3.78
19	4	Tornillo Allen		\$4.50	18.00
25	4	Resorte marca MISUMI	SWY42-100	\$11.95	47.80
				<b>Subtotal (USD)</b>	<b>576.32</b>
				<b>Subtotal (MXN)</b>	<b>\$11,526.40</b>
				<b>IVA</b>	<b>\$1,844.22</b>
				<b>Total (MXN)</b>	<b>\$13,370.62</b>

En la siguiente sección se reportará el estudio de moldeo para el molde diseñado.

#### **4.13 ESTUDIO DE MOLDEO PARA EL MOLDE DEL CUCHILLO DE MESA DE PLÁSTICO DESECHABLE.**

Cuando se termina de diseñar y manufacturar un molde de inyección, es necesario indicar los parámetros iniciales con los que se comenzará a caracterizar el molde en la máquina de moldeo para liberarlo. En este caso, el estudio de moldeo servirá para simularlo.

Como se comentó, el molde se inyectará con el PP-H, Axlene 12, de la compañía INDELPRO y se usará la máquina de moldeo por inyección TEDERIC D-125.

El estudio de moldeo es un tema muy amplio y no es posible detallar cada proceso. A continuación, se muestran los resultados:

En la Tabla 4.31 se muestran las variables necesarias para realizar el estudio de secado y residencia. Este estudio indica el tiempo de secado máximo que debe aplicarse al polímero y el tiempo máximo que debe estar el polímero en el barril de la máquina de moldeo. Además, proporciona el perfil de temperatura a las cuales deben estar las bandas de calefacción. El resultado del estudio de secado se muestra en la Tabla 4.32.

Para el PP-H recién salido del paquete no necesita secado, sin embargo, si el PP-H estuviera en un ambiente húmedo, se aplicaría este resultado.

Tabla 4.31 Variables necesarias para hacer el estudio de secado y residencia.

ABREV.	PROPIEDADES DEL POLÍMERO	VAL FIJOS	UNIDADES	VARIABLES	
BD	Densidad aparente - Bulk Density	0.540	kg / l	0.540	4
MD	Densidad de fundido - Melt Density	0.755	g / cm <sup>3</sup>	0.755	5
	Morfología del polímero	SEMICRISTALINO			6
	Masa de un bulto de polímero	25	kg	25	7
	Temperatura de fusión - Melting point	170	°C	170	8
ABREV.	CONDICIONES DE PROCESAMIENTO	VAL FIJOS	UNIDADES	VARIABLES	
	Flujo de aire de secado	2.5	m <sup>3</sup> / kg	2.5	11
	Temperatura de secado	80	°C	80	12
	Mín. de horas de secado del polímero	1.0	Hra.	1.0	13
	Máx. de horas de secado del polímero	10.0	Hra.	10.0	14
	Nivel máximo de humedad	0.200	%	0.200	15
	Absorción de agua	0.020	%	0.020	16
	Tiempo de residencia mínimo en el cilindro	1	min	1	17
	Tiempo de residencia máximo en el cilindro	10	min	10	18
	Temperatura de la masa	220	°C	220	19
	Temperatura mínima de procesamiento	*	°C	*	20
	Temperatura máxima de procesamiento	*	°C	*	21
ABREV.	ESPECIFICACIONES DE LA MÁQUINA	VAL FIJOS	UNIDADES	VARIABLES	
	Diámetro del husillo	40	mm	40	24
CMC	Carrera Máxima de Carga	200	mm	200	25
ABREV.	ESPECIFICACIONES DEL MOLDE	VAL FIJOS	UNIDADES	VARIABLES	
	Masa de las piezas + colada + canales	45.40	g	45.40	27
ABREV.	PARÁMETROS DEL SECADOR	VAL FIJOS	UNIDADES	VARIABLES	
Vt	Capacidad de la tolva	92.50	l	92.50	30
ABREV.	PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN	VAL FIJOS	UNIDADES	VARIABLES	
	Tiempo de ciclo real	14.25	s	14.25	33
<b>NO EXCEDER 12 HRS. EN POLÍMEROS HIGROSCÓPICOS</b>					
<b>NO EXCEDER 6 HRS. EN POLÍMEROS SUSCEPTIBLES A LA HIDRÓLISIS</b>					

Tabla 4.32 Resultados del estudio de secado y residencia del polímero AXLENE 12.

REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA DE SECADO																													
	Tasa de flujo	21.2	l / h	9																									
	Flujo de aire seco	28.7	m <sup>3</sup> / h	10																									
	Temperatura de secado	80.0	°C	11																									
	Volumen mínimo de la tolva	21.2	litros	12																									
	Volumen máximo de la tolva	212.4	litros	13																									
	Capacidad máxima de tolva disponible	92.50	litros	14																									
	Capacidad de la tolva para un bulto de polímero	46.3	litros	15																									
MASA Y TIEMPO DE SECADO PARA INYECTAR																													
	Tiempo de secado efectivo para masa máxima de tolva disponible	4.36	Horas	17																									
	Masa máxima a secar	50.0	kg	18																									
	Tiempo de secado mínimo	1.00	Hora	20																									
	Masa máxima a secar en el tiempo mínimo de secado	11.5	kg	21																									
	Tiempo de secado efectivo para 25 kg	2.18	Horas	23																									
	Masa máxima a secar, un bulto	25.0	kg	24																									
CÁLCULO DEL TIEMPO DE RESIDENCIA																													
VD	Volumen de disparo	60.132	cm <sup>3</sup>	26																									
VMC	Volumen máximo de carga	251.327	cm <sup>3</sup>	27																									
	Tiempo de residencia calculado	2.0	min	28																									
	Perfil de temperatura sugerido	ASCENDENTE		29																									
PERFIL DE TEMPERATURA SUGERIDO																													
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>BOQUILLA</th> <th>ZONA FRONTAL</th> <th>ZONA 1</th> <th>ZONA 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>230</td> <td>220</td> <td>205</td> <td>190</td> <td></td> </tr> <tr> <td>230</td> <td>220</td> <td>220</td> <td>220</td> <td></td> </tr> <tr style="background-color: #00FF00;"> <td>230</td> <td>220</td> <td>235</td> <td>250</td> <td>ASCENDENTE</td> </tr> <tr> <td>230</td> <td>220</td> <td>240</td> <td>220</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					BOQUILLA	ZONA FRONTAL	ZONA 1	ZONA 2		230	220	205	190		230	220	220	220		230	220	235	250	ASCENDENTE	230	220	240	220	
BOQUILLA	ZONA FRONTAL	ZONA 1	ZONA 2																										
230	220	205	190																										
230	220	220	220																										
230	220	235	250	ASCENDENTE																									
230	220	240	220																										

En la Tabla 4.33 Se muestran las variables necesarias para realizar el estudio de la contrapresión y de la velocidad de carga. Este estudio se dificultó porque la hoja de datos de la máquina de moldeo no reporta la velocidad de carga en RPM ni en m/s.

Tabla 4.33 Variables necesarias para el estudio de contrapresión y velocidad de carga.

ABREV.	CONDICIONES DE PROCESAMIENTO	VAL FIJOS	UNIDADES	VARIABLES		
	Velocidad del husillo máxima	1	m / s	1.0		4
ABREV.	ESPECIFICACIONES DE LA MÁQUINA	VAL FIJOS	UNIDADES	VARIABLES		
	Velocidad de carga máxima del husillo	220	rpm	220		7
	Diámetro del husillo	40	mm	40		8
	Porcentaje máximo de la velocidad del husillo	80	%	80		9
	Porcentaje máximo de la velocidad del husillo	20	%	20		10
ABREV.	PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN	VAL FIJOS	UNIDADES	VARIABLES		
	Tiempo de ciclo real	14.3	s	14.3		12
	PROPUESTA se % de la velocidad de carga inicial		%	80		

**NO EXCEDER 12 HRS. EN POLÍMEROS HIGROSCÓPICOS**

**NO EXCEDER 6 HRS. EN POLÍMEROS SUSCEPTIBLES A LA HIDRÓLISIS**

En la Tabla 4.34 se muestran los resultados del estudio de contrapresión y velocidad de carga. En casos como este, cuando la hoja de datos no reporte la velocidad de carga, entonces el estudio debe realizarse considerándose la velocidad de carga permitida por el polímero. En la Tabla 4.34 se muestra en color magenta la consideración antes comentada. En el Laboratorio de Manufactura Avanzada, se tiene la máquina de moldeo TEDERIC D-100, y se usó su velocidad de carga de 225 RPM como un valor estimado para realizar los cálculos de la Tabla 4.34.

Tabla 4.34 Resultados del estudio de la contrapresión y la velocidad de carga.

OPTIMIZACIÓN DE LA CONTRAPRESIÓN Y VELOCIDAD DE CARGA				SI NO RPM
	Velocidad de carga máxima del husillo	225	rpm	477
Vtan	Velocidad tangencial máxima de la máquina de inyección	0.471	m/s	1.000
	Velocidad de carga máxima en porcentaje de la máquina de inyección	100	%	100
	Velocidad de carga máxima a programar	180.0	rpm	382
	Velocidad tangencial máxima a programar	0.377	m/s	0.8
	Velocidad de carga máxima en porcentaje a programar	80	%	80
	Velocidad de carga mínima a programar	45.0	rpm	
	Velocidad tangencial mínima a programar	0.094	m/s	
	Velocidad de carga mínima en porcentaje a programar	20	%	
	Velocidad de carga máxima del husillo según datos para el PP-H	1.000	m/s	1.000
INICIAL	Velocidad de carga inicial de prueba - ENGAÑOSO	180.0	rpm	382
	Velocidad tangencial de carga inicial de prueba - MEJOR OPCIÓN	0.377	m/s	0.8
	Velocidad de carga inicial de prueba en % - NO RECOMENDABLE	80	%	80
	Contrapresión (incrementar hasta 20 Bar) (contra la presión plástica)(dosificación)	5	Bar	5
	SI NO SE TIENE LA VELOCIDAD DE CARGA DEL HUSILLO EN RPM, NO SOBREPASAR	1	m / s	
	VELOCIDAD DE CARGA INICIAL EXPERIMENTAL EN RPM	180.0	rpm	382
	VELOCIDAD DE CARGA INICIAL EXPERIMENTAL EN m/s	0.377	m/s	0.8
	CONTRAPRESIÓN EXPERIMENTAL	5	bar	5
	Tiempo de ciclo	14.3	s	
	Retardo de tiempo	11.40	s	

La máquina de moldeo no debe superar la velocidad de carga de 1 m/s, de lo contrario el polímero puede sufrir degradación, se indica en el estudio una velocidad de 0.8 m/s, para evitar ese problema. Los valores de la Tabla 4.34 son los valores iniciales que se ingresarían a la máquina de moldeo. Posteriormente se haría la optimización de la velocidad de carga usando la Tabla 4.35 y la optimización de la contrapresión usando la Tabla 4.36.

Tabla 4.35 Tabla generada con la información de los valores iniciales de la Tabla 4.34 para optimizar la velocidad de carga.

PRUEBA DE OPTIMIZACIÓN DE LA VELOCIDAD DE CARGA																		
VELOCIDAD DE CARGA				CONTRAPRESIÓN			CARGA	MASA DE DISPARO (g)					RESULTADOS					
	VMH	%	RPM	m/s	Bar	MPa	kgf/cm3	s	1	2	3	4	5	Prom	Mín	Máx	RANGO	% Var
BAJA	225	20.0	45.0	0.094	5.0	0.5	5.099											
	225	26.7	60.1	0.126	5.0	0.5	5.099											
	225	33.3	74.9	0.157	5.0	0.5	5.099											
MEDIA	225	40.0	90.0	0.188	5.0	0.5	5.099											
	225	46.7	105.1	0.220	5.0	0.5	5.099											
	225	53.3	119.9	0.251	5.0	0.5	5.099											
ALTA	225	60.0	135.0	0.283	5.0	0.5	5.099											
	225	66.7	150.1	0.314	5.0	0.5	5.099											
	225	73.3	164.9	0.345	5.0	0.5	5.099											
	225	80.0	180.0	0.377	5.0	0.5	5.099											

Tabla 4.36 Tabla generada con la información de los valores iniciales de la Tabla 4.34 para optimizar la contrapresión.

PRUEBA DE OPTIMIZACIÓN DE LA CONTRAPRESIÓN																		
CONTRAPRESIÓN			MASA DE DISPARO (g)										RESULTADOS					
	Bar	MPa	kgf/cm3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Prom	Mín	Máx	RANGO	% Var
BAJA	2.5	0.25	2.549															
	5.0	0.5	5.099															
	7.5	0.75	7.648															
	10.0	1	10.198															
MEDIA	12.5	1.25	12.747															
	15.0	1.5	15.297															
	17.5	1.75	17.846															
	20.0	2	20.396															
ALTA	22.5	2.25	22.945															
	25.0	2.5	25.495															
	27.5	2.75	28.044															
	30.0	3	30.594															

En la Tabla 4.37 Se muestran las variables que se usaron para realizar es estudio de la fuerza de cierre.

Tabla 4.37 Variables usadas para realizar el estudio de la fuerza de cierre.

ABREV.	ESPECIFICACIONES DEL MOLDE	VAL FIJOS	UNIDADES	VARIABLES
	Espesor predominante de la pared de la pieza	1.5	mm	1.5
Lt = fw	Recorrido de flujo	184	mm	184
	Relación de flujo	122.7		122.7
	Tipo de pared	PARED GRUESA		
	Área proyectada para una cavidad	27.07	cm <sup>2</sup>	27.07
	Área proyectada calculada para la colada, canales y puntos de inyección	7.20	cm <sup>2</sup>	7.20
	Número de cavidades	10		10
	Área total proyectada	277.900	cm <sup>2</sup>	277.900
ABREV.	ESPECIFICACIONES DEL POLÍMERO	VAL FIJOS	UNIDADES	VARIABLES
	Escala de viscosidad	A		
	Factor de viscosidad mínimo	1.0		1.0
	Factor de viscosidad máximo	1.2		1.2
	Valor orientativo mínimo	300	Bar	300
	Valor orientativo máximo	650	Bar	650
ABREV.	ESPECIFICACIONES DE MÁQUINA DE INYECCIÓN	VAL FIJOS	UNIDADES	VARIABLES
	Fuerza de cierre - Clamping Force	1,112	kN	1,112
	Fuerza de cierre - Clamping Force	125	Tonne	125

En la Tabla 4.38 se muestran los resultados del estudio de la fuerza de cierre. En la Tabla 4.38 se muestran los valores de prensa mínima, máxima y recomendada, valores sugeridos cuando se va a adquirir una máquina para usar el molde.

Tabla 4.38 Resultado del estudio de fuerza de cierre.

FUERZA DE CIERRE - LONGITUD DE FLUJO			
	Relación de flujo (MENOR A 200:1)	123	
	Tipo de pared	PARED GRUESA	
	Presión en UNA cavidad, *** OBTENIDA DE LA GRÁFICA***	230	Bar
	Área total proyectada para una cavidad	27.79	cm <sup>2</sup>
	Presión en UNA cavidad	234.5	kgf/cm <sup>2</sup>
	Fuerza de cierre para UNA cavidad en kgf	6,518	kgf
	Fuerza de cierre para UNA cavidad en toneladas	6.5	Ton
	Fuerza de cierre total	65.2	Ton
	<b>Fuerza de cierre total con factor de seguridad</b>	<b>78.2</b>	<b>Ton</b>
	PRENSA MÍNIMA REQUERIDA	78.2	Ton
	PRENSA MÁXIMA REQUERIDA	117.3	Ton
	PRENSA RECOMENDADA	97.8	Ton
	Fuerza máxima de cierre de la máquina de inyección D-125	125.0	Ton
	Fuerza de cierre mínima a usar de la Máquina D-125	25.0	Ton
	Fuerza de cierre máxima a usar de la Máquina D-125	100.0	Ton
	Ocupación de la prensa utilizada en la Máquina D-125	62.6	%
	ÁREA PROYECTADA TOTAL	277.9	cm <sup>2</sup>

A partir de los resultados de la Tabla 4.38 se genera la Tabla 4.39, la cual sirve para optimizar la fuerza de cierre en la máquina de moldeo.

Tabla 4.39 Tabla de optimización de la fuerza de cierre.

HACER PRUEBA DE FUERZA DE CIERRE PROGRAMABLE		
No.	Fuerza de cierre	con/sin flash
1	78.2	sin flash
2	74.3	sin flash
3	70.4	sin flash
4	66.5	sin flash
5	62.6	con flash
6	58.7	
7	54.7	
8	50.8	
9	46.9	
10	39.1	

En la Tabla 4.40 se muestran las variables a usar para realizar el estudio de enfriamiento. En la Tabla 4.41 se muestra el resultado del cálculo del tiempo de enfriamiento.

Tabla 4.40 Variables para hacer el estudio de enfriamiento.

ABREV.	PROPIEDADES DEL POLÍMERO	VAL FIJOS	UNIDADES	VARIABLES	
	Densidad - Density (23 °C)	0.900	g / cm <sup>3</sup>	0.900	4
	Conductividad térmica - Thermal conductivity	0.220	W / (m*K)	0.220	5
	Calor específico - Specific heat capacity	1,700	J / kg*K	1,700	6
	Temperatura de deflexión bajo carga (HDT)	104	°C	104	7
	Factor de enfriamiento	3.670		3.670	8
					9
ABREV.	CONDICIONES DE PROCESAMIENTO	VAL FIJOS	UNIDADES	VARIABLES	
	Temperatura de la masa - Melt Temperature	220	°C	220	11
	Temperatura del molde (de la cavidad) - Mold temperature	60	°C	60	12
	Temperatura de desmoldeo - Demolding temperature	85.0	°C	85.0	13
					14
ABREV.	ESPECIFICACIONES DEL MOLDE	VAL FIJOS	UNIDADES	VARIABLES	
	Espesor de la pared predominante	1.50	mm	1.50	16

Tabla 4.41 Resultados del cálculo del tiempo de enfriamiento.

TIEMPO DE ENFRIAMIENTO			
	Difusividad térmica $\alpha_{\text{eff}}$ - Thermal difusivity	1.44E-07	m <sup>2</sup> /s
	<b>Tiempo de enfriamiento (tk) - Cooling Time - Calculado con ecuación</b>	<b>3.3</b>	<b>s</b>
	Constante generada por tk	1.478	
	Tiempo de enfriamiento - Calculado con FACTOR DE ENFRIAMIENTO	8.3	s

En la Tabla 4.42 se muestran las variables para calcular la energía de enfriamiento requerida para el proceso de moldeo. En la Tabla 4.43 se muestran los resultados del estudio.

Tabla 4.42 Variables usadas para calcular la energía de enfriamiento requerida y el flujo turbulento en los canales de refrigeración.

ABREV.	ESPECIFICACIONES DEL MOLDE	VAL FIJOS	UNIDADES	VARIABLES	
	Masa de una pieza	3.74	g	3.74	32
	Masa de la colada, canales de distribución y compuertas	8.00	g	8.00	33
	Número de cavidades	10		10	34
	Diámetro interno de cada ducto de enfriamiento	8.0	mm	8.0	35
	Caudal del fluido requerido por conducto del molde	0.465	LPM	0.465	36
	Temperatura del fluido refrigerante	60	°C	60	37
	Número de canales de refrigeración	32		32	38
	Número de Reynolds propuesto para calcular flujo turbulento por conducto	10,000		10,000	39
					40
ABREV.	ESPECIFICACIONES DE PROCESAMIENTO	VAL FIJOS	UNIDADES	VARIABLES	
	Temperatura de la masa	220	°C	220	41
	Temperatura de desmoldeo - Demolding temperature	85	°C	85	42
ABREV.	ESPECIFICACIONES DE PRODUCCIÓN	VAL FIJOS	UNIDADES	VARIABLES	
	Tiempo de ciclo	14.25	s	14.25	44
					45
					46
ABREV.	ESPECIFICACIONES DEL POLÍMERO	VAL FIJOS	UNIDADES	VARIABLES	
	Capacidad calorífica	2.55	kJ / kg °C	2.55	47
	Calor latente	207.00	kJ / kg	207.00	48
					49

Tabla 4.43 Resultado del estudio de energía de enfriamiento.

ENERGÍA DE ENFRIAMIENTO REQUERIDA			
Masa de la inyección total	45.40	g	
Throughput	11.468	kg/h	
Energía de enfriamiento requerida	6322	kJ/h	
Refrigeración para molde de colada fría	0.50	toneladas	
<b>Flujo de agua requerido por el CHILLER para un PROCESO CONVENSIONAL</b>	<b>9.1</b>	<b>LPM</b>	
Flujo de agua requerido por el chiller para un PROCESO RÁPIDO (ciclo < 6 segundos)	18.1	LPM	
Flujo de agua requerido por el TORRE para un PROCESO CONVENSIONAL	11.3	LPM	
Flujo de agua requerido por el chiller para un PROCESO RÁPIDO (ciclo < 6 segundos)	22.7	LPM	
CÁLCULO DEL NÚMERO DE REYNOLDS PARA UN CONDUCTO DEL MOLDE			
Flujo turbulento para cada conducto del molde	0.47	GPM	
Flujo turbulento para cada conducto del molde	1.804	LPM	
Flujo turbulento para cada conducto del molde	0.030	l/s	
<b>Flujo turbulento para cada conducto del molde</b>	<b>30.1</b>	<b>cc/s</b>	
Áres de la sección transversal de un conducto del molde	5.027E-05	m <sup>2</sup>	
Caudal del fluido	7.758E-06	m <sup>3</sup> /s	
Velocidad promedio del fluido	0.15	m/s	
Densidad del fluido del agua a la temperatura del fluido	983.13	kg/m <sup>3</sup>	
Viscosidad del fluido del agua	4.670E-04	kg/ms	
<b>Número de Reynolds</b>	<b>10,000</b>	<b>REYNOLDS</b>	
Caudal del chiller para un proceso convencional	14.9	LPM	
<b>FLUJO TURBULENTO</b>			

En la Tabla 4.44 se muestran las variables para poder hacer el estudio del movimiento del husillo y llenado de la cavidad. Este estudio determina una gran cantidad de parámetros para ingresar en la máquina de moldeo. En la Tabla 4.45 se muestran los resultados del estudio del husillo y en la Tabla 4.46 se muestran los resultados del llenado de la cavidad.

Tabla 4.44 Variables para el estudio del movimiento del husillo y llenado de la cavidad.

ABREV.	PROPIEDADES DEL POLÍMERO	VAL FIJOS	UNIDADES	VARIABLES	
MD	Densidad de fundido - Melt Density	0.755	g / cm <sup>3</sup>	0.755	4
					5
ABREV.	CONDICIONES DE PROCESAMIENTO	VAL FIJOS	UNIDADES	VARIABLES	
	Presión de inyección mínima para inyectar	800	bar_spec	800	7
	Presión de inyección máxima para inyectar	1,400	bar_spec	1,400	8
	Porcentaje de presión específica para conmutación	95.0	%	80.0	9
	Máxima velocidad de corte	100,000	s <sup>-1</sup>	100,000	10
ABREV.	ESPECIFICACIONES DE LA MÁQUINA	VAL FIJOS	UNIDADES	VARIABLES	
	Diámetro del husillo	40	mm	40	12
CMC	Carrera Máxima de Carga	200	mm	200	13
	Velocidad máxima de la máquina de inyección	91	mm / s	91	14
PMI	Presión Máxima de Inyección	168	Mpa	168	15
	Presión hidráulica máxima (Revisar)	14.0	Mpa	14.0	16
					17
ABREV.	ESPECIFICACIONES DEL MOLDE	VAL FIJOS	UNIDADES	VARIABLES	
	Masa de las piezas + colada + canales	45.40	g	45.40	19
	Espesor de la pared predominante	1.5	mm	1.50	20
	Masa de la pieza	3.74	g	3.74	21
	Diámetro de la compuerta circular	1.0	mm	1.00	22
	Profundidad de la compuerta circular (Radio de compuerta)	1.0	mm	1.00	23
	Lado de la compuerta cuadrada	1.0	mm	1.00	24
	Profundidad de la compuerta cuadrada	1.0	mm	1.00	25
	Base de la compuerta Slit (Valor mayor a la altura)	2.0	mm	2.00	26
	Altura de la compuerta Slit (Valor menor a la base)	1.0	mm	1.00	27
	Profundidad de la compuerta Slit	1.0	mm	1.00	28
					29
					30

Tabla 4.45 Resultados del estudio del movimiento del husillo.

MOVIMIENTO DEL HUSILLO				
mMC	Masa máxima de carga		189.8	g
VMC	Volumen máximo de carga		251	cm <sup>3</sup>
CMC	Carrera Máxima de Carga		200	mm
mD	Masa de disparo (masa total a inyectar, cavidades, canales y colada)(Verif. Exp.)		45.4	g
VD	Volumen de disparo		60.13	cm <sup>3</sup>
TD	<b>Tamaño de disparo (verificarlos experimentalmente)</b>		<b>47.85</b>	<b>mm</b>
OUI	Ocupación de la unidad de inyección		23.93	%
	Capacidad mínima de inyección 20%		37.95	g
	Capacidad máxima de inyección 80%		151.80	g
	Masa del cojín		4.54	g
	Volumen del cojín		6.01	cm <sup>3</sup>
	<b>Tamaño del Cojín de inyección 2,3,4%</b>		<b>4.79</b>	<b>mm</b>
	Tolerancia de cojín para pieza de precisión		0.10	mm
	Tolerancia de cojín para piezas técnicas		0.14	mm
	Tolerancia de cojín para piezas normales		0.19	mm
	Masa de la dosificación a programar		49.94	g
	Volumen de la dosificación a programar		66.15	cm <sup>3</sup>
	<b>Tamaño de dosificación de masa a programar</b>		<b>52.64</b>	<b>mm</b>
	<b>Descompresión</b>		<b>4</b>	<b>mm</b>
	<b>Inicio de la INYECCIÓN o inicio de la carga</b>		<b>56.64</b>	<b>mm</b>
	Densidad de inyección		0.702	g / cm <sup>3</sup>
	Volumen de inyección		71.2	cm <sup>3</sup>
	Volumen del 95% de la masa de disparo a la nueva densidad		61.5	cm <sup>3</sup>
	Volumen del 05% de la masa de disparo a la nueva densidad		3.2	cm <sup>3</sup>
	Tamaño de disparo del 95% de la masa de disparo a la nueva densidad		48.9	mm
	Tamaño de disparo del 5% de la masa de disparo a la nueva densidad		2.6	mm
VPT	<b>POSICIÓN DEL VPT a la nueva densidad</b>		<b>7.7</b>	<b>mm</b>
	<b>POSICIÓN DEL COJÍN a la nueva densidad</b>		<b>5.1</b>	<b>mm</b>
	<b>Velocidad de llenado a la nueva densidad</b>		<b>32.6</b>	<b>mm/s</b>
	<b>Porcentaje de velocidad inicial</b>		<b>35.8</b>	<b>%</b>

Tabla 4.46 Resultados del estudio del llenado de la cavidad.

LLENADO DE LA CAVIDAD			
	Presión específica máxima de inyección	1680	Bar_spec
	Presión máxima de inyección	1713	kgf/cm3
	Presión máxima de inyección	168	Mpa
	Presión hidráulica máxima	140	Bar
	Presión hidráulica máxima	143	kgf/cm3
	Presión hidráulica máxima	14.0	Mpa
	<b>Presión hidráulica máxima al 78.45%</b>	<b>112.0</b>	<b>kgf/cm3</b>
	<b>Presión específica máxima de inyección al 78.45%</b>	<b>1318.0</b>	<b>Bar_spec</b>
IR	Relación de intencificación	12.000	
VPT	Velocity Pressure Transfer	7.2	mm
	Velocidad máxima de la máquina de inyección	91.2	mm / s
	Velocidad inicial	33.0	mm/s
<b>i</b>	<b>Masa inyectada al 95% de la pieza, llenado con velocidad</b>	<b>43.13</b>	<b>g</b>
	<b>Masa inyectada al 5% de la pieza, llenado con sostenimiento</b>	<b>2.27</b>	<b>g</b>
	<b>Tiempo de llenado hasta el VPT o Tiempo de inyección</b>	<b>1.5</b>	<b>s</b>
	<b>Tiempo de inyección máximo (SEGURIDAD)</b>	<b>1.7</b>	<b>s</b>
	<b>Tiempo de sostenimiento</b>	<b>1.5</b>	<b>s</b>
	<b>Presión de conmutación específica</b>	<b>1,054.4</b>	<b>Bar_spec</b>
	Presión de conmutación hidráulica	89.6	kgf/cm3
	Presión límite de conmutación específica (Máquinas de lazo cerrado)	1,159.8	Bar_spec
	Presión límite de conmutación hidráulica (Máquinas de lazo cerrado)	98.6	kgf/cm3
	Volumen de disparo por cavidad	4.95	cm3
Q	Caudal por cavidad	3.30	cm3/s
<b>i</b>	<b>Shear rate en la compuerta CIRCULAR de la pieza</b>	<b>16,819</b>	<b>s<sup>-1</sup></b>
	Shear rate en la compuerta CUADRADO de la pieza	23,589	s <sup>-1</sup>
	Shear rate en la compuerta SUIT de la pieza	9,907	s <sup>-1</sup>

En la Fig. 4.91 se resume el proceso de moldeo para iniciar la caracterización del molde diseñado con el polímero AXLEN 12 de la compañía INDELPRO y con la MMI TEDERIC D-125.

En el siguiente apartado se muestra la simulación del molde diseñado.

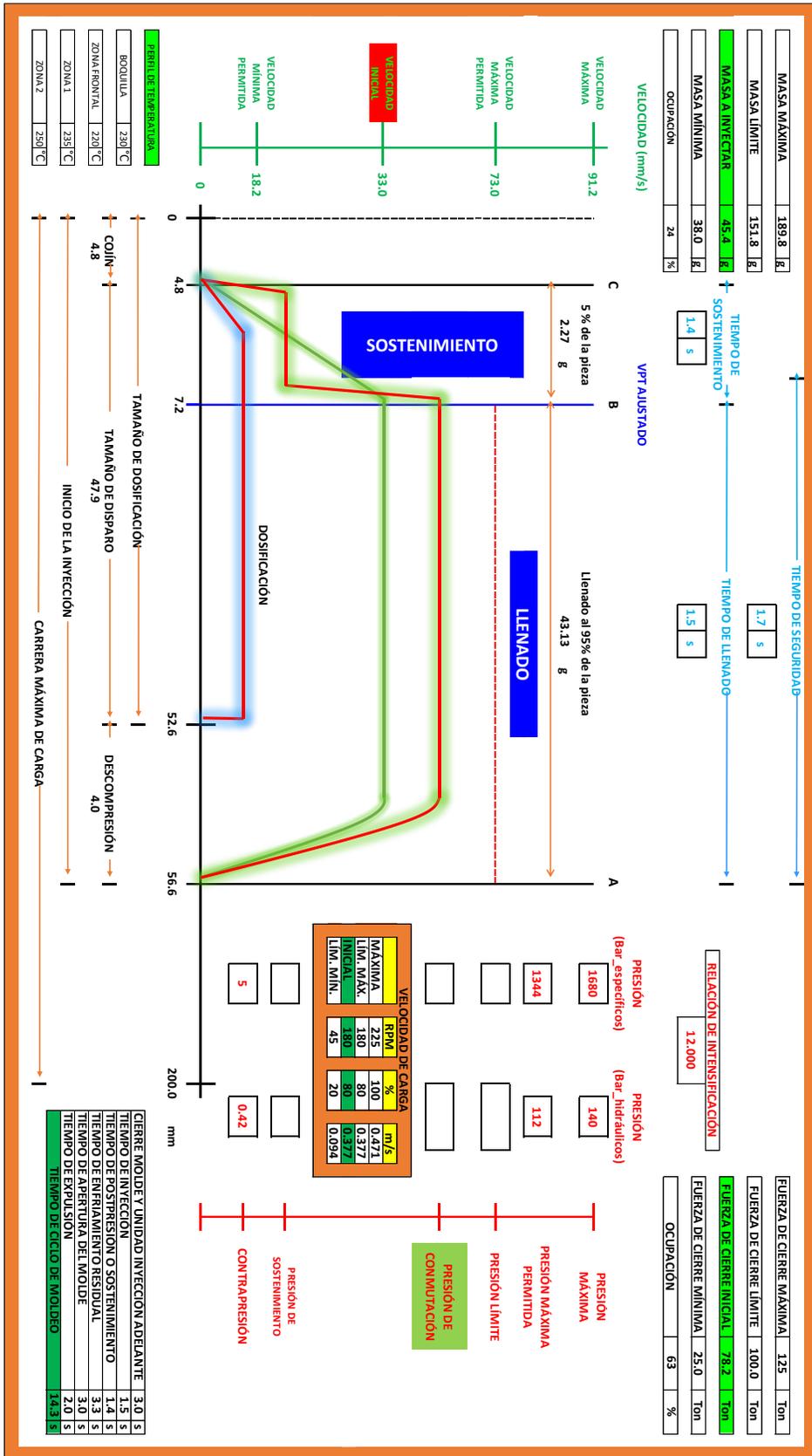


Fig. 4.91 Resumen del estudio de moldeo para el molde diseñado.

#### 4.14 SIMULACIÓN DEL MOLDE DISEÑADO CON LOS PARÁMETROS OBTENIDOS DEL ESTUDIO DE MOLDEO.

Finalmente, después de realizar un largo proceso, se tienen toda la información para simular el molde diseñado. Los parámetros solicitados por el software especializado han sido calculados durante el estudio de moldeo y se procede a ingresar la información al simulador. En la Fig. 5.89 se muestran los parámetros de entrada de la sustancia refrigerante.

En la Fig. 4.92 se muestra el modelado de la pieza antes de simular su proceso de refrigeración, llenado, empaquetado y deformación.

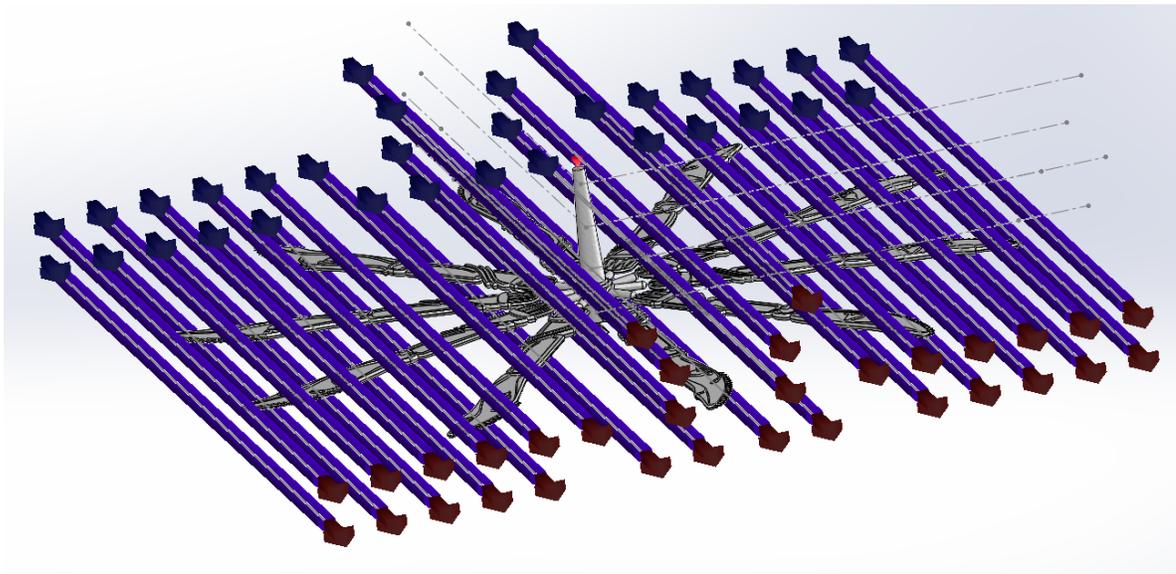


Fig. 4.92 Modelado de la pieza plástica para ser simulada en SolidWorks Plastics 2020.

En cada uno de los 32 canales de refrigeración, se ingresa el flujo y la temperatura de la sustancia refrigerante. Ver Fig. 4.92. En la Fig. 4.93 se muestra la manera de ingresar el flujo y su temperatura.

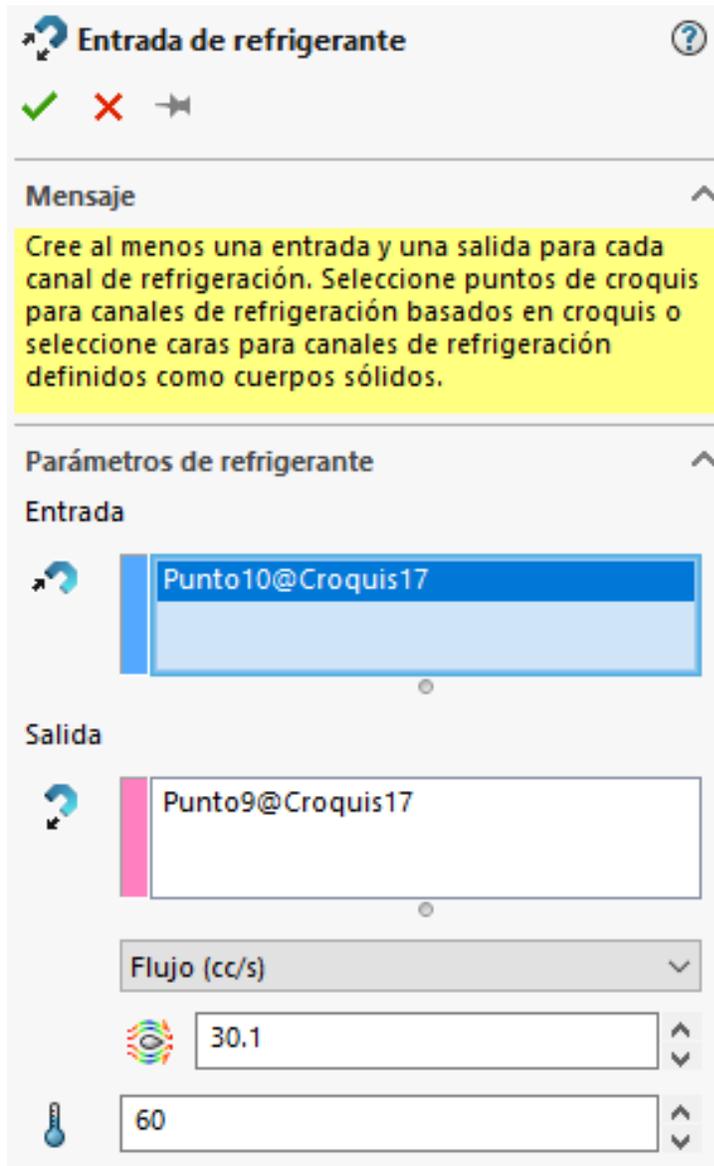


Fig. 4.93 Ingreso del flujo y temperatura del flujo en cada canal refrigerante.

En la Fig. 4.94 se muestra cómo se especifica el espesor de pared nominal de la pieza a ser inyectada. En la Fig. 4.95 se muestra con el color verde el predominio del espesor en el rango de  $1.5 \text{ mm} \pm 10\%$ .

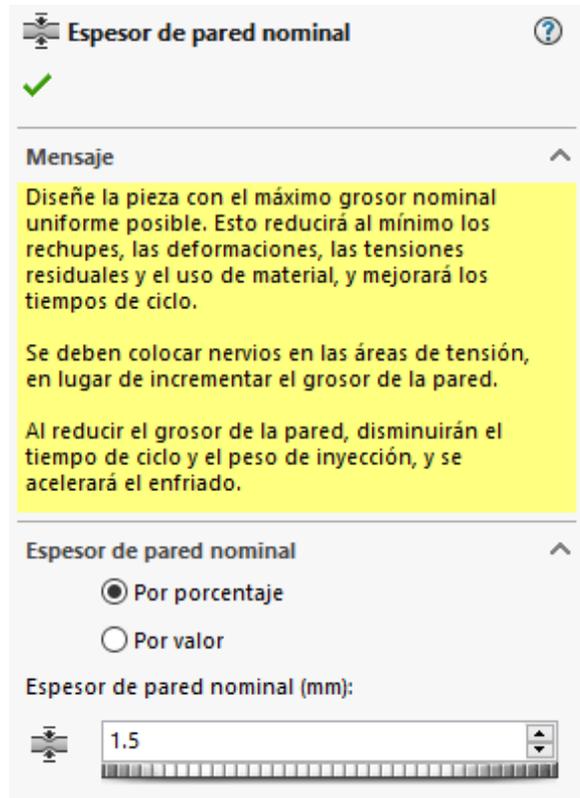


Fig. 4.94 Ingreso de pared nominal de la pieza a moldear.

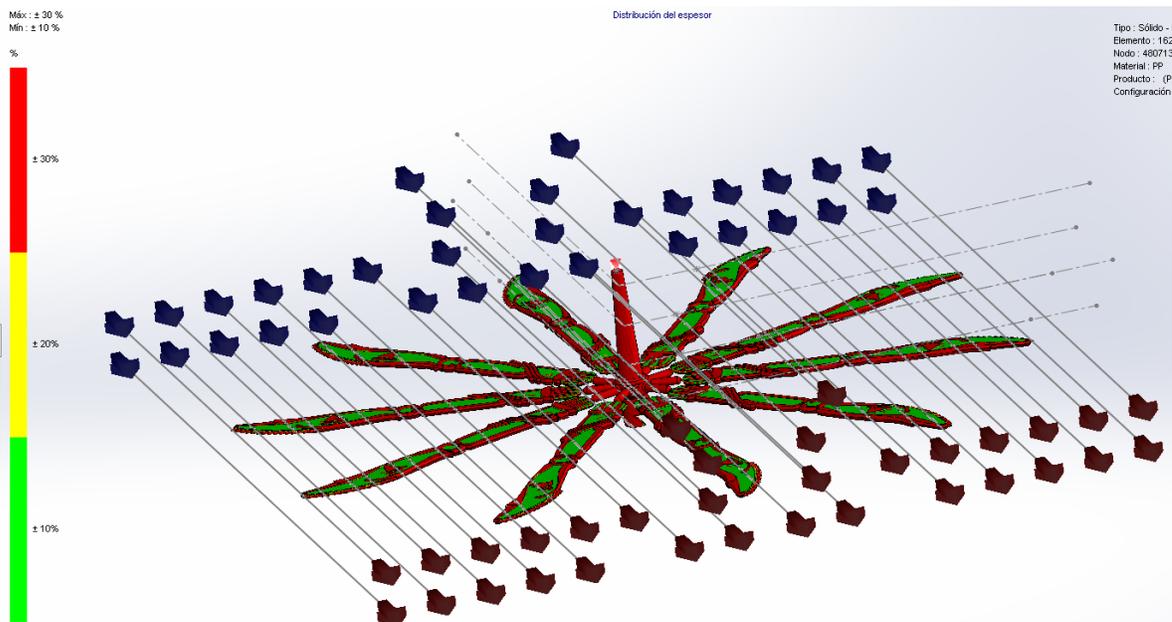
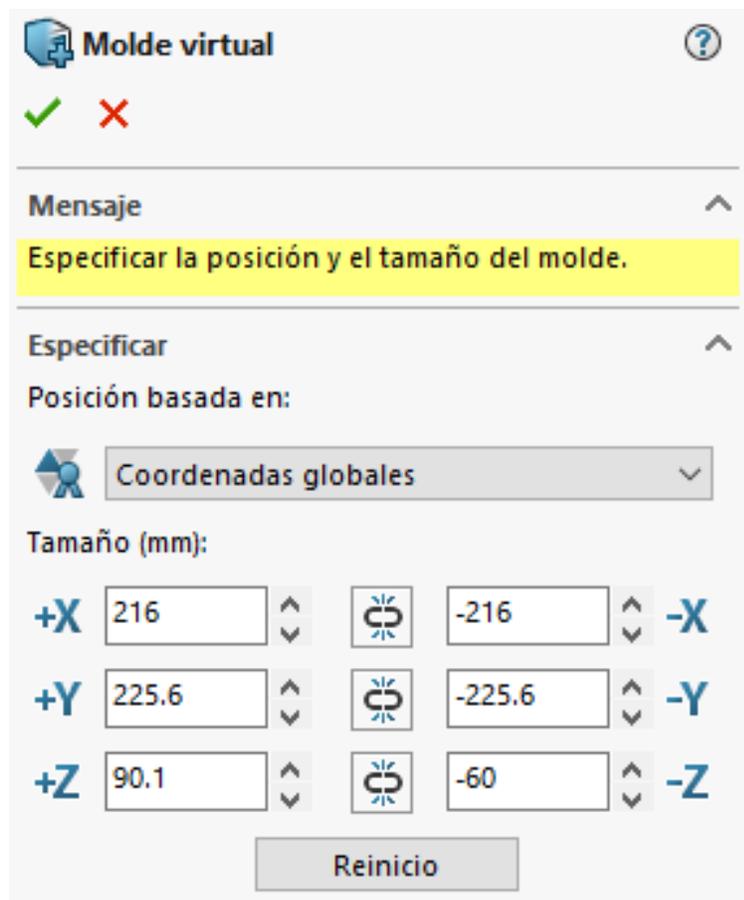


Fig. 4.95 Visualización de la pared nominal.

En la Fig. 4.96 se ingresan las dimensiones del molde, el software no permitió disminuir el valor de  $\pm X$  a 195.5, lo cual implica un ancho más grande al molde original. Las dimensiones aceptadas del molde a simular incluyen el plato portamolde, el plato porta núcleo, el plato porta cavidad y el plato de sujeción superior.



The screenshot shows a software window titled "Molde virtual" with a green checkmark and a red X icon. Below the title bar is a "Mensaje" section with a yellow highlight containing the text "Especificar la posición y el tamaño del molde." Underneath is an "Especificar" section with a dropdown menu set to "Coordenadas globales". Below this is a "Tamaño (mm):" section with three rows of input fields for dimensions. Each row has a positive and negative value, a central icon, and a negative sign. The values are: +X: 216, -X: -216; +Y: 225.6, -Y: -225.6; +Z: 90.1, -Z: -60. At the bottom is a "Reinicio" button.

Dimensión	Valor
+X	216
-X	-216
+Y	225.6
-Y	-225.6
+Z	90.1
-Z	-60

Fig. 4.96 Ingreso de las dimensiones de los platos.

En la Fig. 4.97 se muestra las dimensiones espaciales aceptadas por el simulador: del plato portamolde, el plato porta núcleo, el plato porta cavidad y el plato de sujeción superior. En la Fig. 4.98 se muestra una mejor vista de las secciones modeladas para simular.

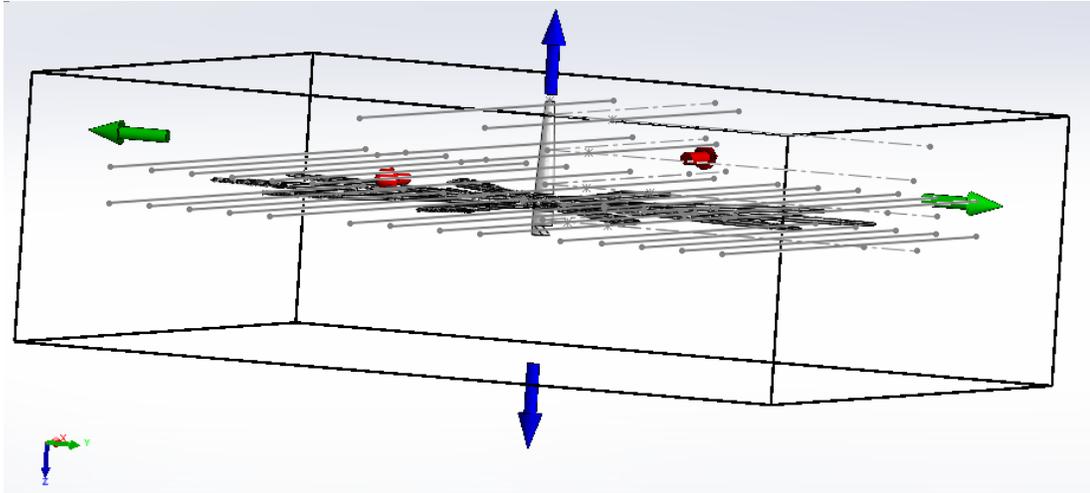


Fig. 4.97 Dimensiones virtuales aceptadas para simular del plato portamolde, el plato porta núcleo, el plato porta cavidad y el plato de sujeción superior.

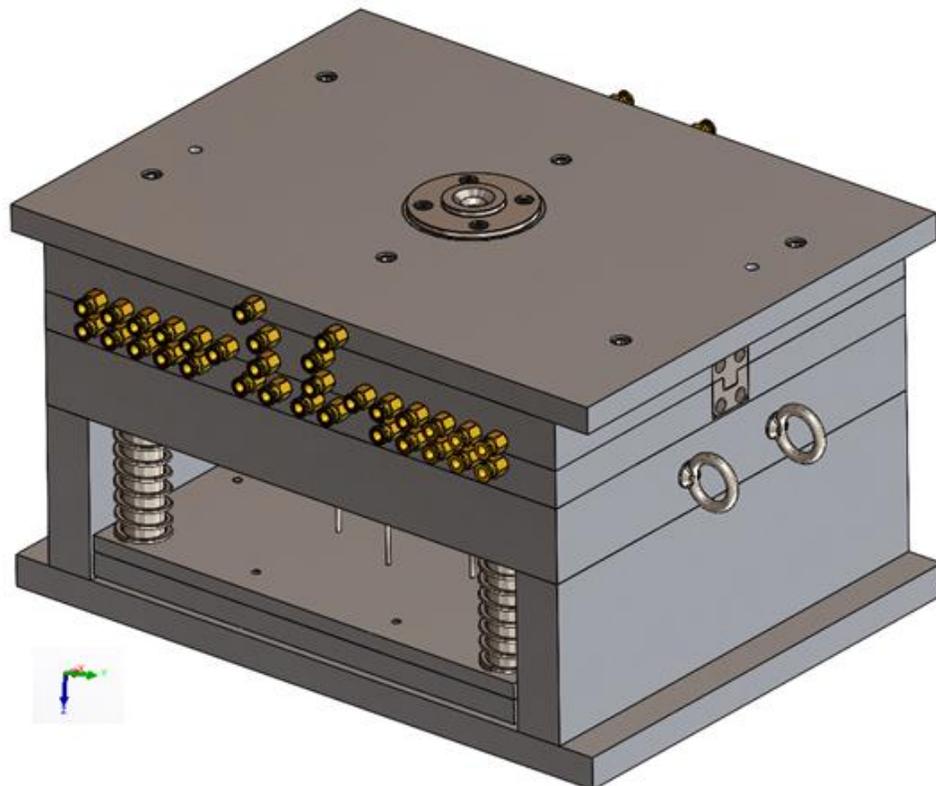


Fig. 4.98 Dimensiones del plato portamolde, el plato porta núcleo, el plato porta cavidad y el plato de sujeción superior, aceptadas para simular.

Se selecciona el polímero de la base de datos del software más parecido al polímero AXLEN 12, sin embargo, al ingresar el resto de los parámetros implica que se ingresen datos característicos del polímero AXLEN 12. Ver Fig. 4.99.

The screenshot shows the 'Base de datos de plásticos' (Plastic Database) in SolidWorks Plastics 2020. On the left, a list of polymers is shown with checkboxes. Item 60, 'PP : (P) BASF / NOVOLEN 1111 LX TA8', is selected. On the right, the material properties are displayed in a table format, categorized by 'Viscosidad', 'PVT', and 'Calor específico'. The table includes parameters such as 'Temperatura del material', 'Temperatura del molde', 'Temperatura de eyección', 'Temperatura de transición', 'Viscosidad', 'PVT', 'Densidad sólida', 'Calor específico', 'Conductividad térmica', 'Módulo elasticidad', 'Coef. Poisson', 'Coeficiente de dilatación térmica', 'Módulo de relajación de cizallamiento', 'Curado del modelo', 'Temperatura de no flujo', 'Índice de fluidez (MFR)', and '% Fibras'.

Viscosidad		PVT		Calor específico	
Coeficiente de dilatación térmica				Módulo de relajación	
<b>PP : (P) BASF / NOVOLEN 1111 LX TA8</b>					
Temperatura del material		240 °C			
Temperatura del molde		50 °C			
Temperatura de eyección		135 °C			
Temperatura de transición		150 °C			
Viscosidad : 7-Parameters Modified Cross mo		1.53e+17	263.1	0	
PVT : Modified Tait Equation		0.001202	9.13e-07		
Densidad sólida : Not Available		NULL			
Calor específico : Constant		2930 J/(Kg-K)			
Conductividad térmica : Constant		0.118 W/(m-K)			
Módulo elasticidad : Constant		1700	1700		
Coef. Poisson : Constant		0.38	0.38		
Coeficiente de dilatación térmica : Constant		9.44e-05	0.000104		
Módulo de relajación de cizallamiento : Not Av		NULL			
Curado del modelo : Not Available		NULL			
Temperatura de no flujo : Not Available		NULL			
Índice de fluidez (MFR)		12 g/10min			
% Fibras : Not Available		NULL			

Fig. 4.99 Características del polímero PP seleccionado de la base de datos de SolidWorks Plastics 2020.

En la Fig. 4.100 se muestra la sustancia refrigerante, agua a 60 °C. Se selecciona de la base de datos del software simulador.

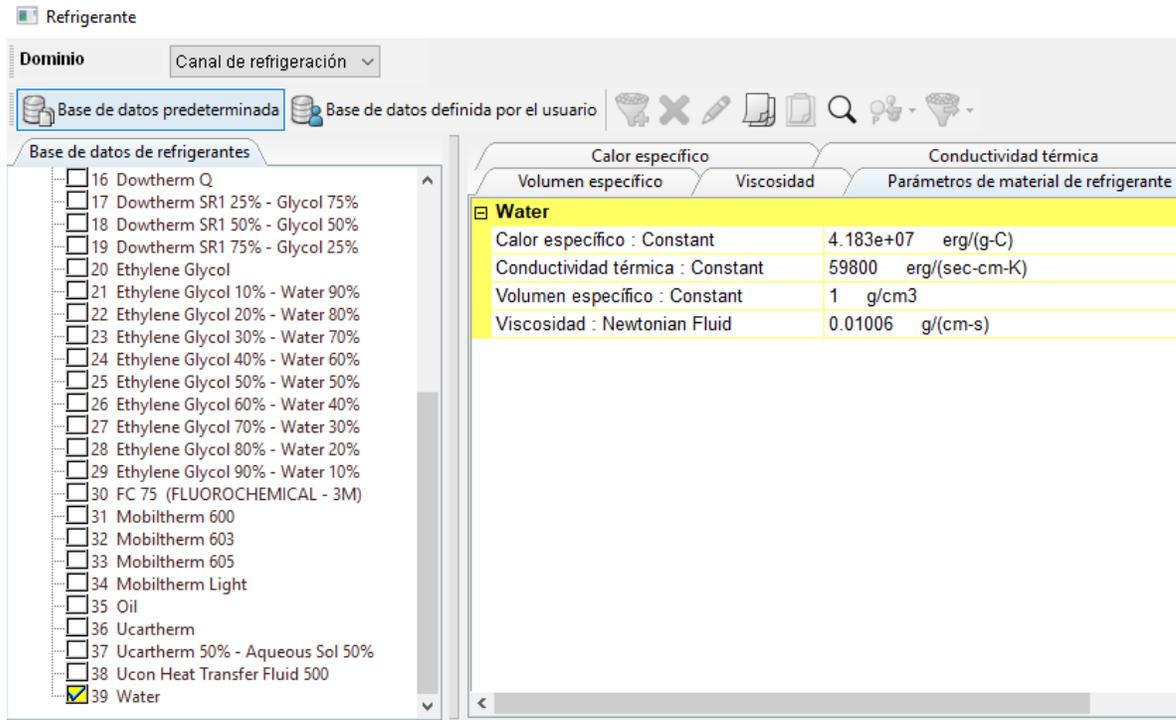


Fig. 4.100 Selección de la sustancia refrigerante, agua, de la base de datos de SolidWorks Plastics 2020.

En la Fig. 4.101 se muestra la selección de la base de datos del metal para simular los platos que retienen a la pieza por moldear.

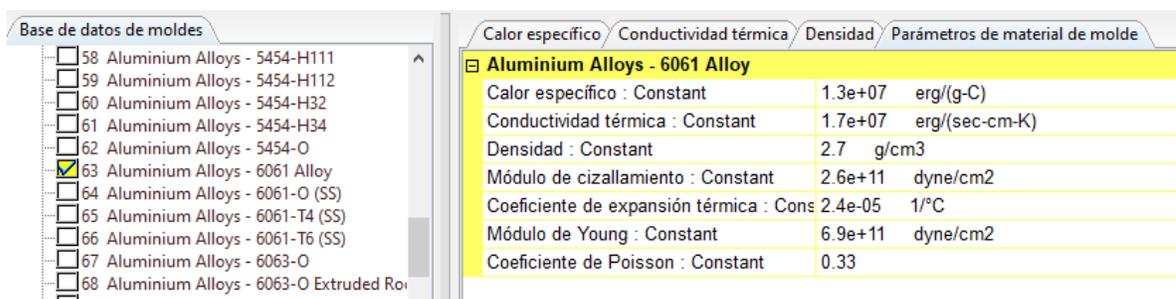


Fig. 4.101 Selección del metal del molde, aluminio aleación 6061, de la base de datos de SolidWorks Plastics 2020.

Cuando se abrió la ventana de ajustes de llenado, inicialmente se ingresó un tiempo de llenado de 1.5 s, ver Fig. 4.102. Sin embargo, cuando se hizo un ajuste del perfil de flujo, ver Fig. 4.103, el tiempo de llenado automáticamente se ajustó en la ventana de ajuste de llenado; tal como se muestra en la Fig. 4.104.

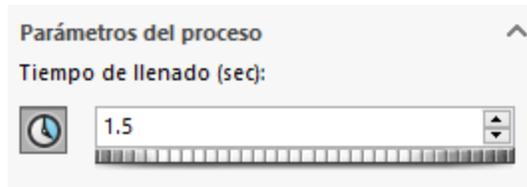


Fig. 4.102 Parámetros de llenado para simular el molde diseñado.

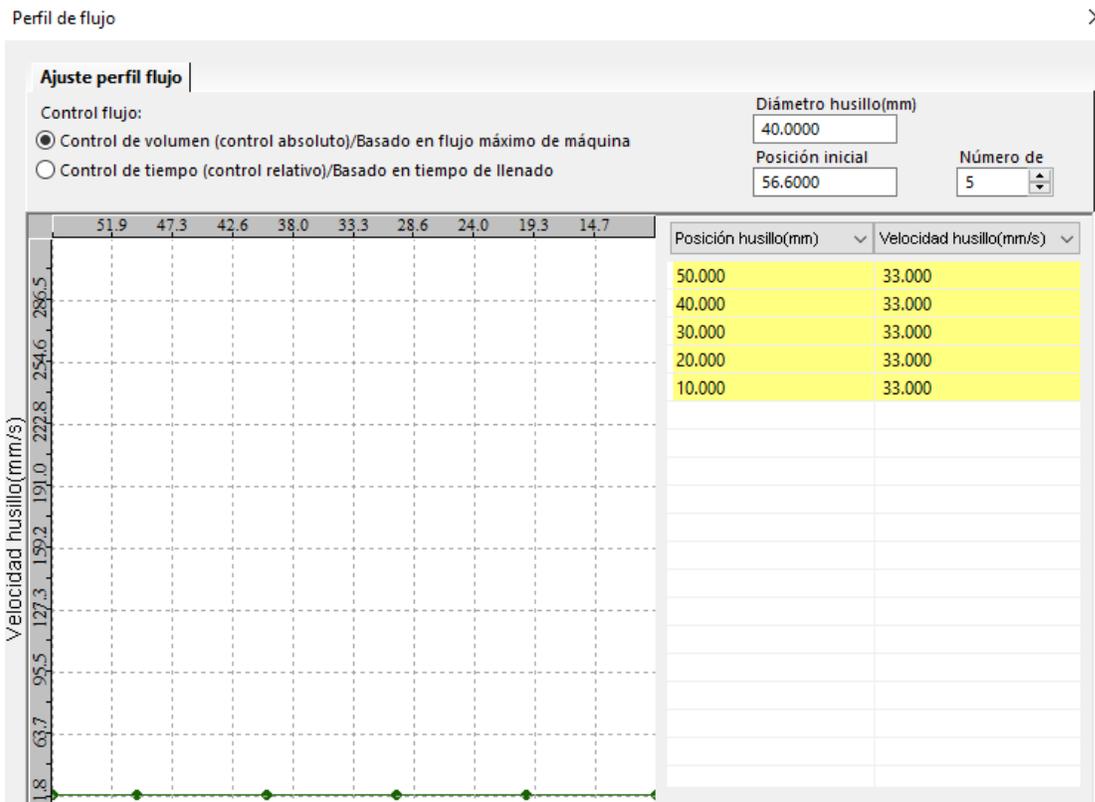


Fig. 4.103 Ingreso de las características de la máquina D-125 en el simulador.

**Ajustes de llenado**

✓ ✗

**Parámetros del proceso**

Tiempo de llenado (sec): 1.163603

Temperatura del material (°C): 220

Temperatura del molde (°C): 60

Presión máxima de inyección (MPa): 168

Límite de fuerza de cierre (Tonne): 125

**Avanzado**

Punto de cambio de flujo/empaquetado (% de volumen de llenado): 95

Criterios de temperatura para llenado incompleto (°C): 170

Control de flujo/presión de múltiples puntos de inyección: Automático

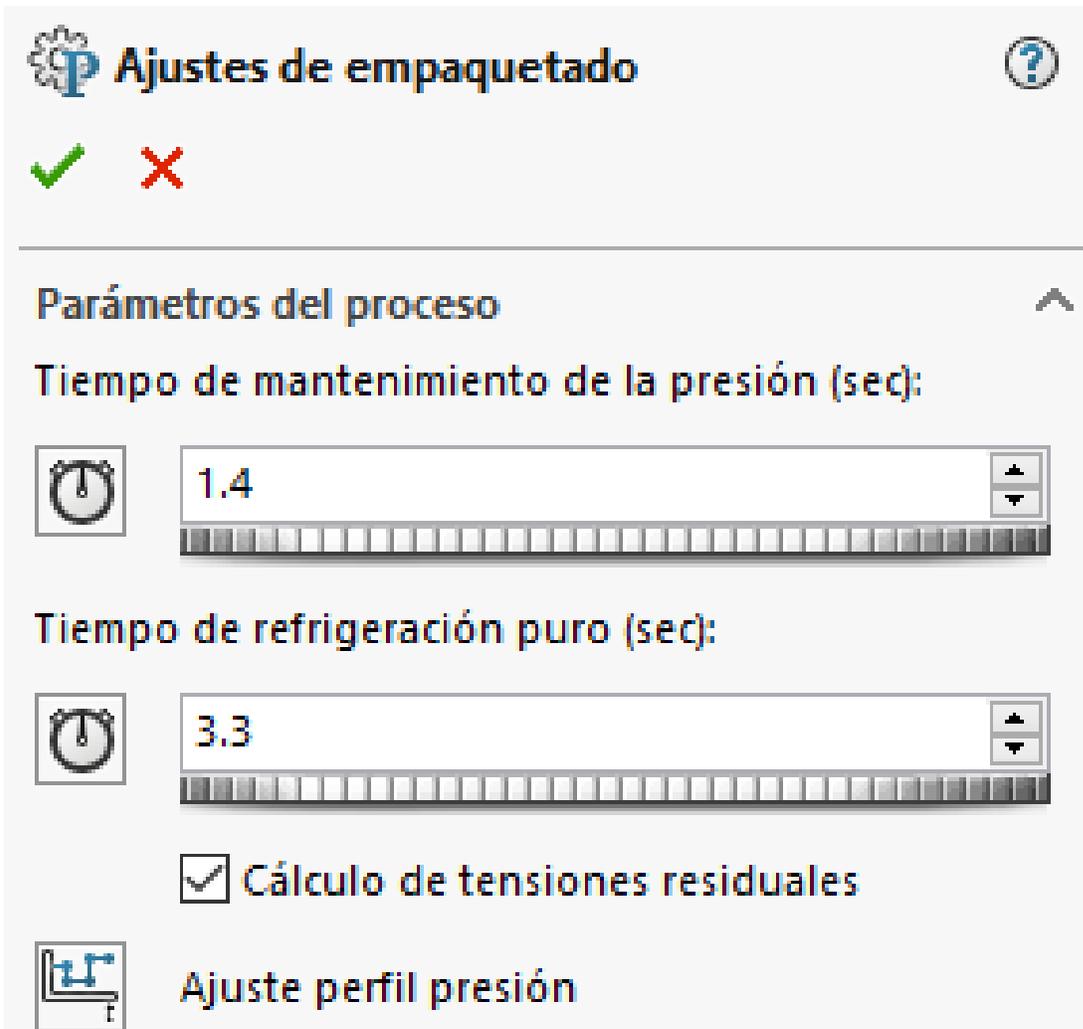
Dirección descendente de la gravedad : (Global): -Y

Ajuste de perfil de flujo

Base de datos de máquinas

Fig. 4.104 Ingreso de datos característicos de la máquina de moldeo y del proceso de empaquetamiento en la ventana de ajustes de llenado.

En la Fig. 4.105 se ingresa el tiempo de mantenimiento de la presión y del tiempo de refrigeración residual.



**Ajustes de empaquetado**

✓ ✗

**Parámetros del proceso**

Tiempo de mantenimiento de la presión (sec):

1.4

Tiempo de refrigeración puro (sec):

3.3

Cálculo de tensiones residuales

 Ajuste perfil presión

Fig. 4.105 Datos ingresados de postpresión y tiempo de refrigeración residual en la ventana de ajustes de empaquetado.

En la Fig. 4.106 se ingresa el perfil de la presión de mantenimiento, se usa al 78% y después disminuye un poco menos del 40%. En la ventana de deformación se propone una temperatura ambiente de 30 °C. Ver Fig. 4.107.

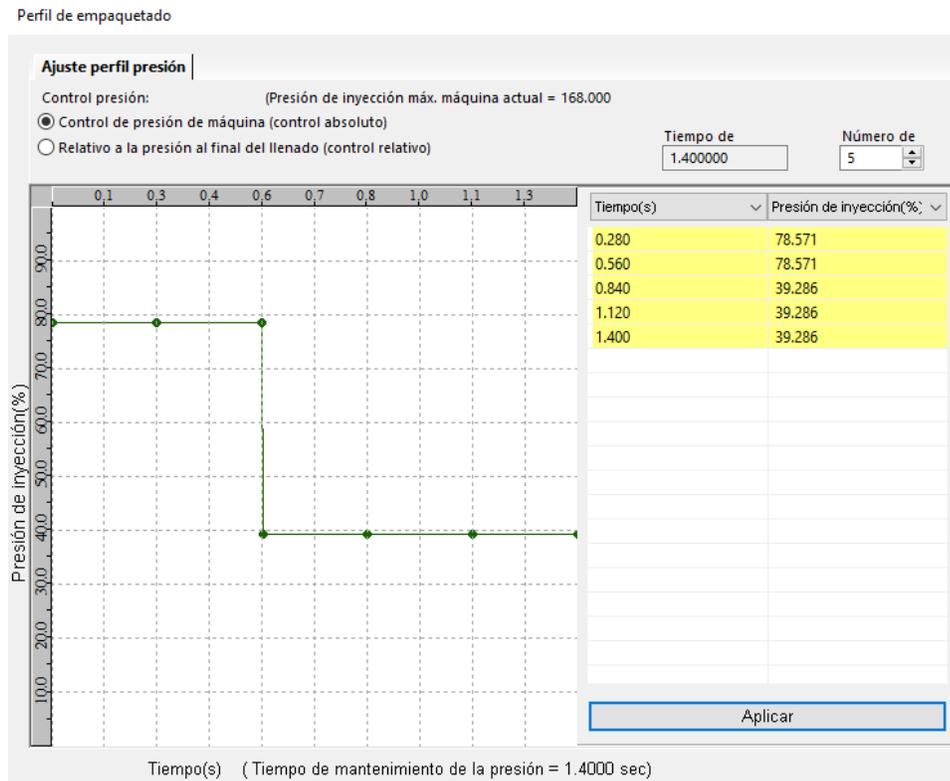


Fig. 4.106 Perfil del ajuste del perfil de presión en el tiempo calculado en el estudio de modelado.

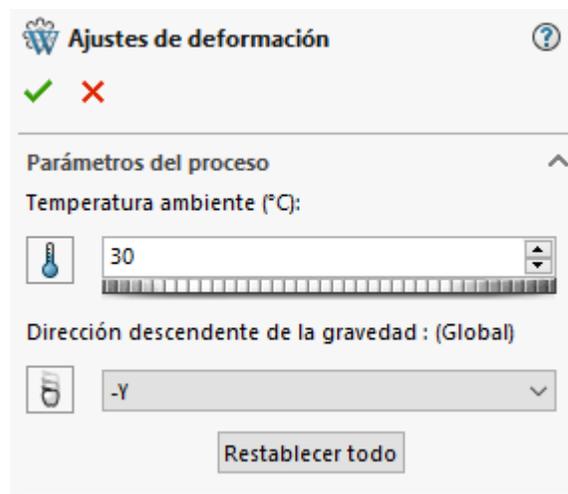


Fig. 4.107 Temperatura ambiente que encuentra la pieza plástica al ser expulsada. Dirección de la gravedad, según la colocación del molde en la máquina de moldeo.

Finalmente, en la ventana de ajustes de refrigeración se ingresan datos de la temperatura del polímero, temperatura de la sustancia refrigerante y el tiempo total de cierre, apertura y expulsión. Ver Fig. 4.108.

**Ajustes de refrigeración**

✓ ✗

**Parámetros del proceso**

Temperatura del material (°C): 220

Temperatura de Aire (°C): 30

Temperatura Min. Refrigerante (°C): 60

Flujo Medio Refrigerante (cc/s): 30.1

Tiempo de Apertura Molde (sec): 8

**Especificar parámetros de control**

Especificar control basado en: Temperatura de eyección

Unidades: °C 85

Fig. 4.108 Parámetros de refrigeración del molde.

Finalmente, se ejecuta el proceso de simulación. Ver Fig. 4.109.

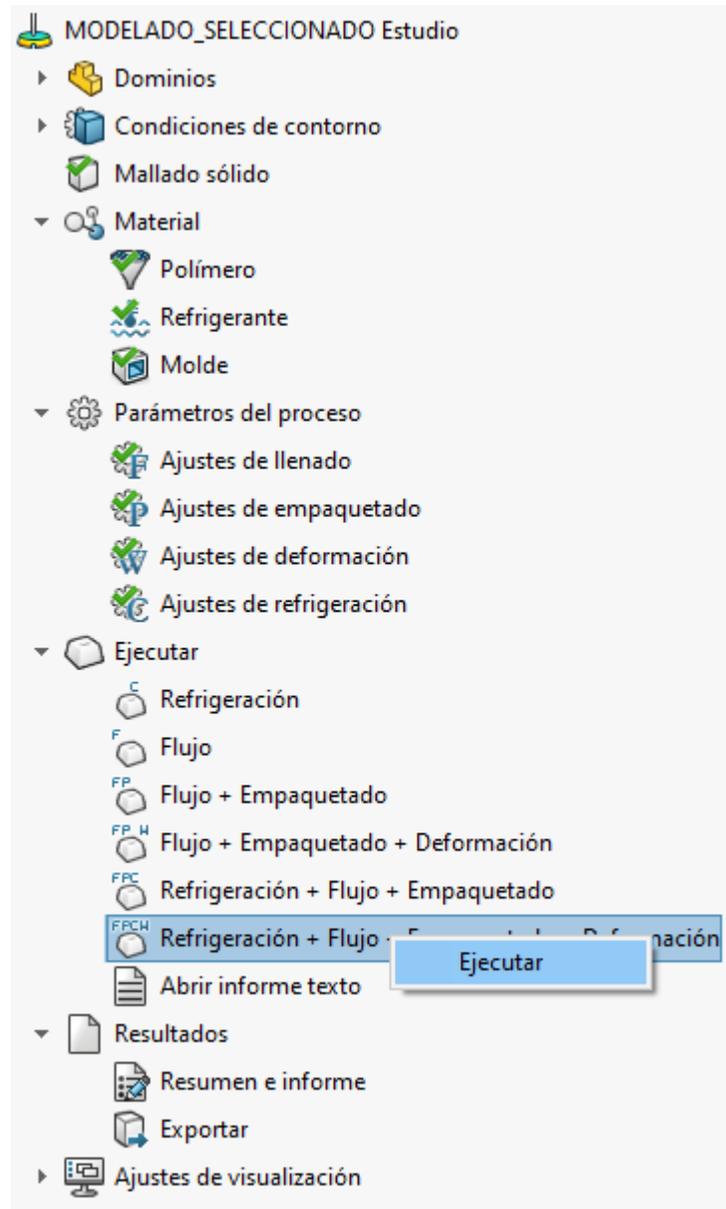


Fig. 4.109 Ejecución de la simulación de los procesos de refrigeración, flujo, empaquetado y deformación.

A continuación, se muestran los resultados de la simulación.

**RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DE LA PIEZA INYECTADA**

En la Fig. 4.110 se muestra la vista del molde donde entra el líquido refrigerante. Se observa que los canales de refrigeración mantienen la región de la pieza moldeada en los 60 °C, aproximadamente.

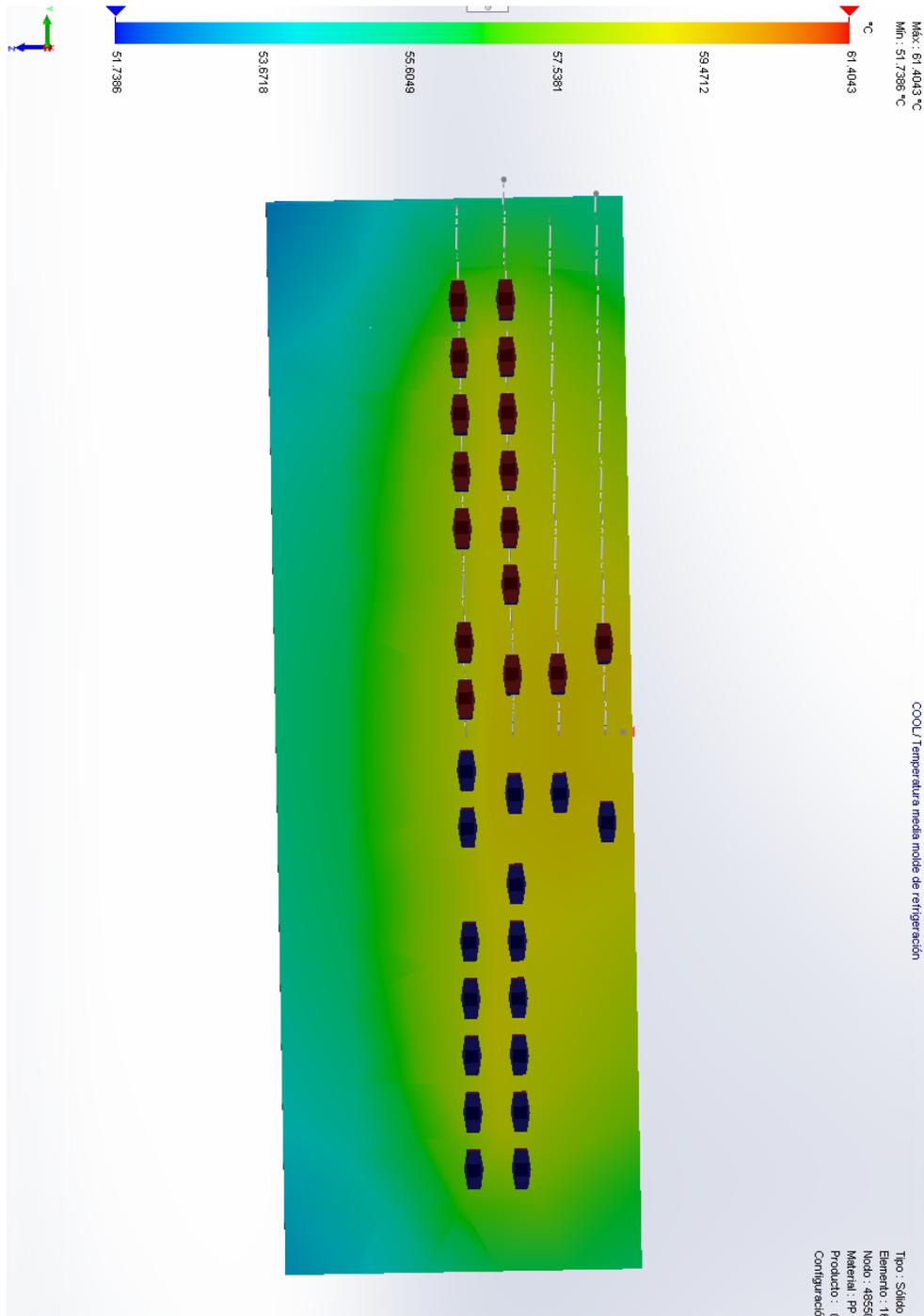


Fig. 4.110 Vista del molde de la entrada del líquido refrigerante.

En la Fig. 4.111 se muestra el perfil lateral del molde, nótese que a la entrada del molde se tiene una temperatura promedio de 56 °C y a la salida una temperatura promedio de 54°C.

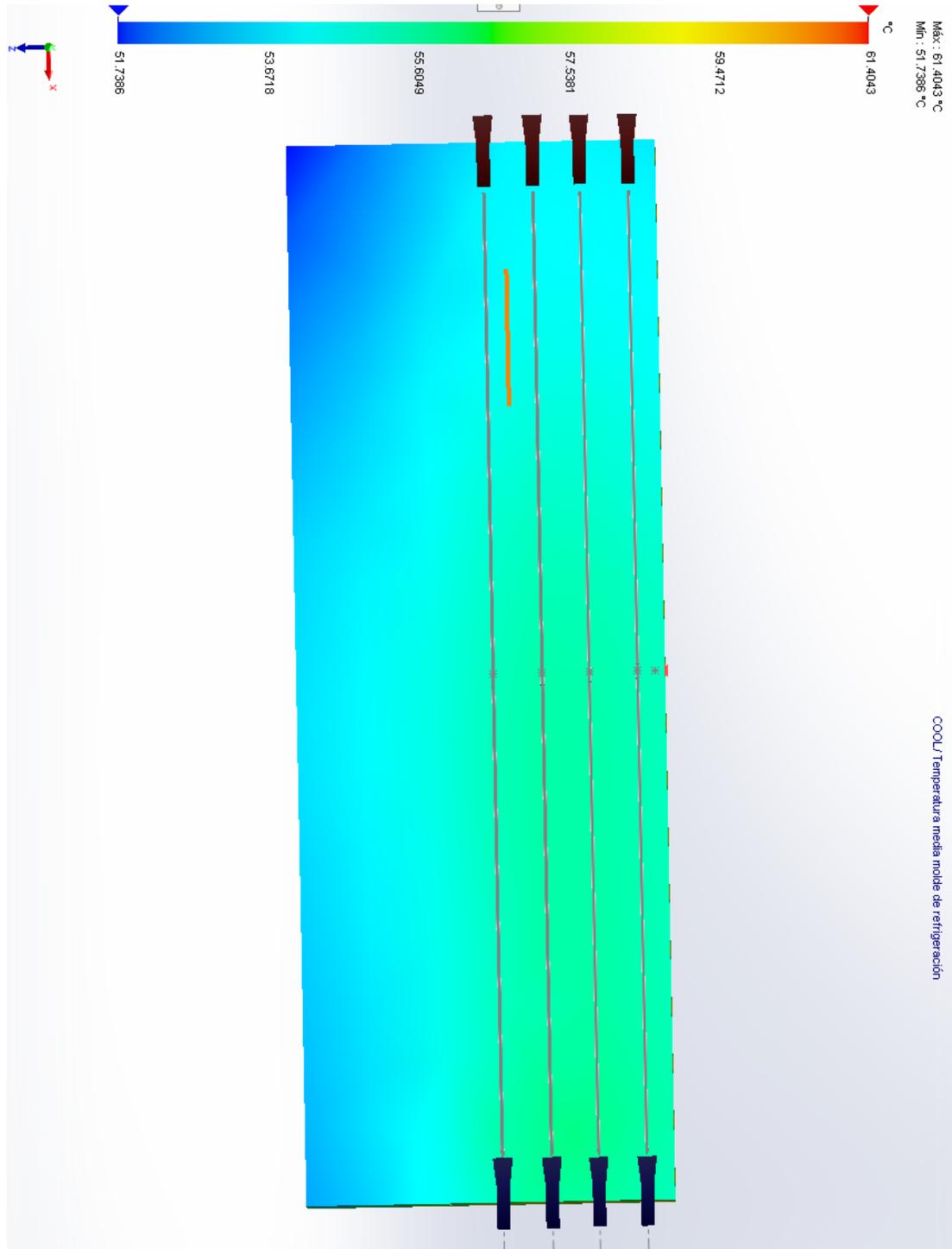


Fig. 4.111 Vista lateral del molde, entrada y salida del líquido refrigerante.

En la Fig. 4.112 se muestra la parte superior del molde, donde se observa cómo se presenta una temperatura homogénea de entrada, aproximadamente 60 °C. Se mantiene la temperatura homogénea en la parte central, pero disminuye en las partes laterales.

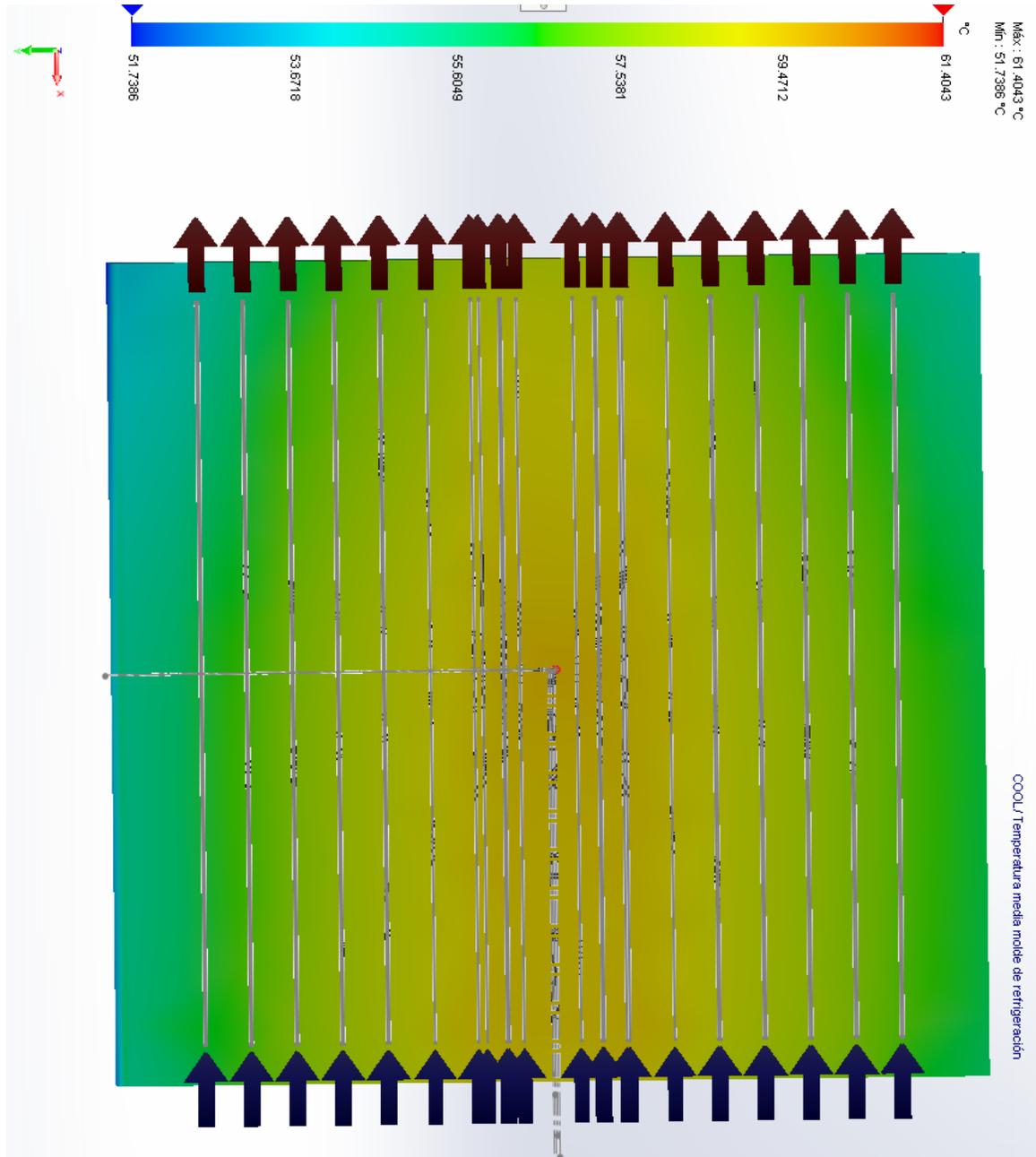


Fig. 4.112 Perfil de temperatura de la placa de sujeción superior.

En la Fig. 4.113 se puede apreciar la distribución de temperatura, comentadas de la Fig. 4.110 a la Fig. 4.112, se observa el resultado promedio después de un ciclo de moldeo.

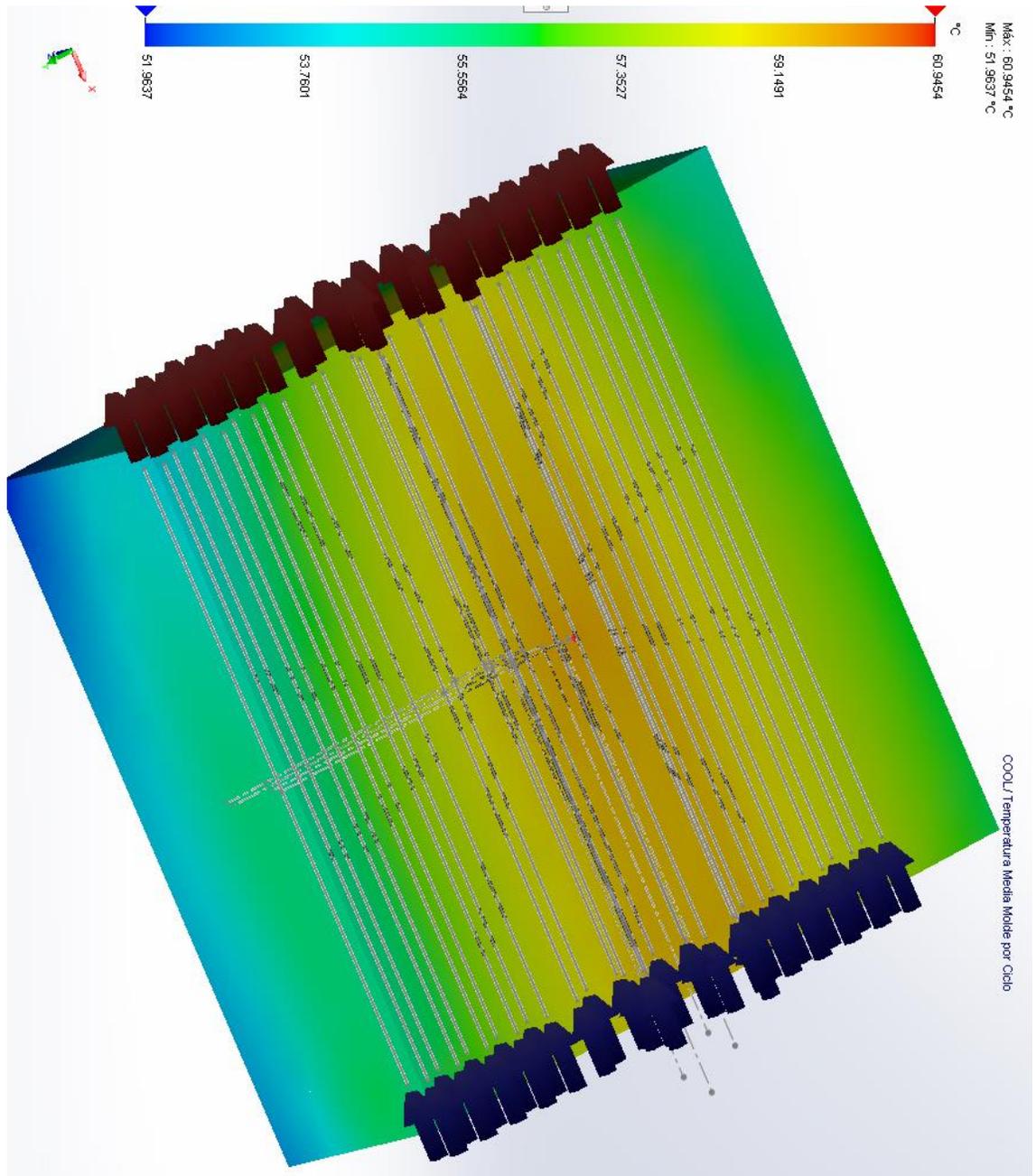


Fig. 4.113 Distribución de temperatura en el molde después de un ciclo de moldeo.

En la Fig. 4.114 se muestra el tiempo de llenado de la pieza de moldeo. Con un diámetro de 40 mm de husillo y con una velocidad de 33 mm/s se puede uno percatar que el tiempo propuesto ha sido suficiente para llenar la pieza de moldeo e, inclusive es posible disminuir el tiempo de llenado a 1.3 s.

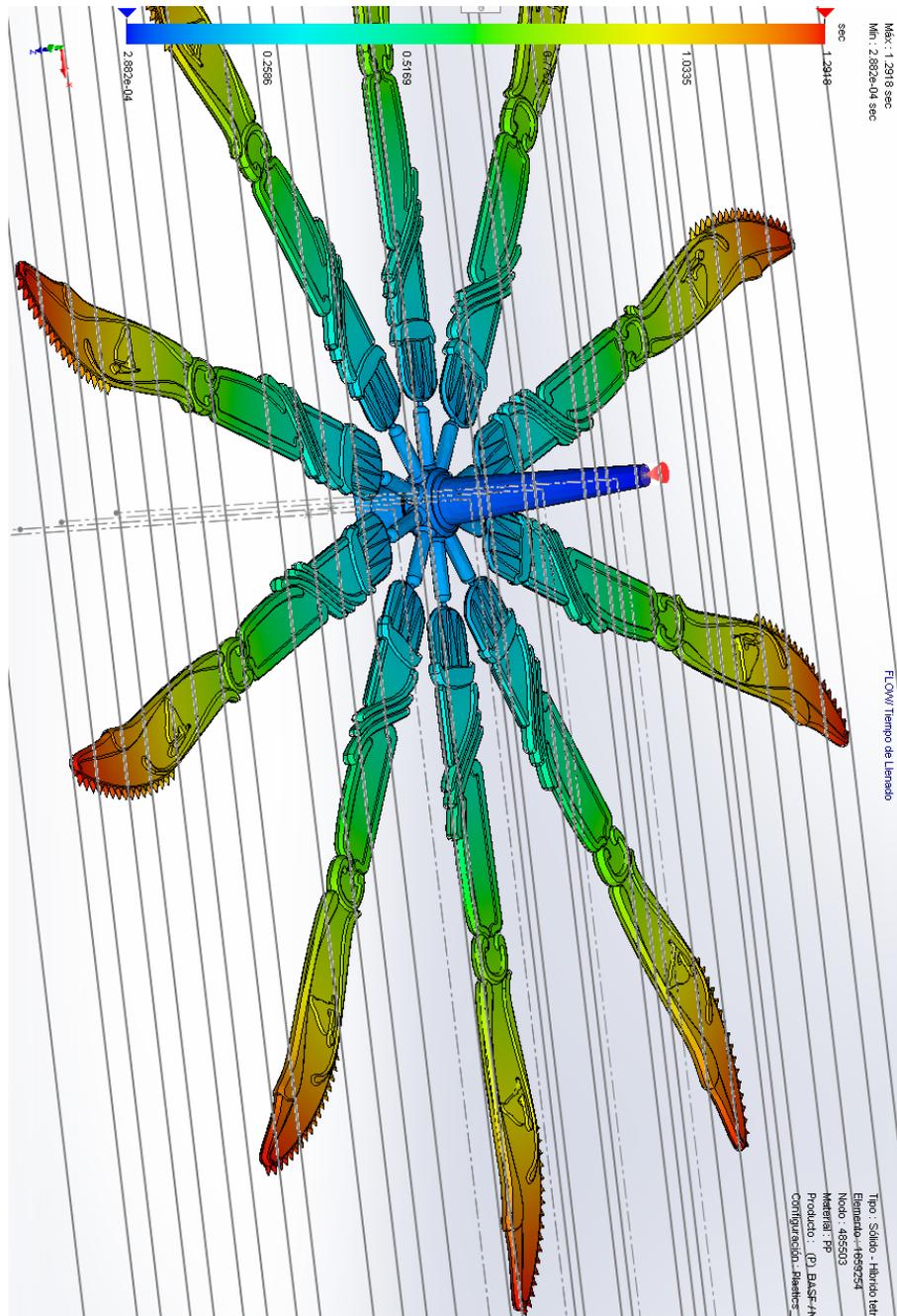


Fig. 4.114 Tiempo de llenado de la pieza moldeada.

En la Fig. 4.115 se puede observar cómo se incrementa la presión de llenado conforme se va llenando la pieza de moldeo. Al final del llenado de la pieza, la máquina de moldeo usa una presión máxima de 51.42 MPa.



Fig. 4.115 Presión al final del tiempo de llenado de la pieza de moldeo.

En la Fig. 4.116 se observar cómo la temperatura de la pieza moldeada se enfría más rápido en sus paredes y cómo se tiene alta temperatura en las puntas de los cuchillos de mesa, al final del llenado. La mazarota, la última región de llenado, tiene una temperatura de 223.3 °C.

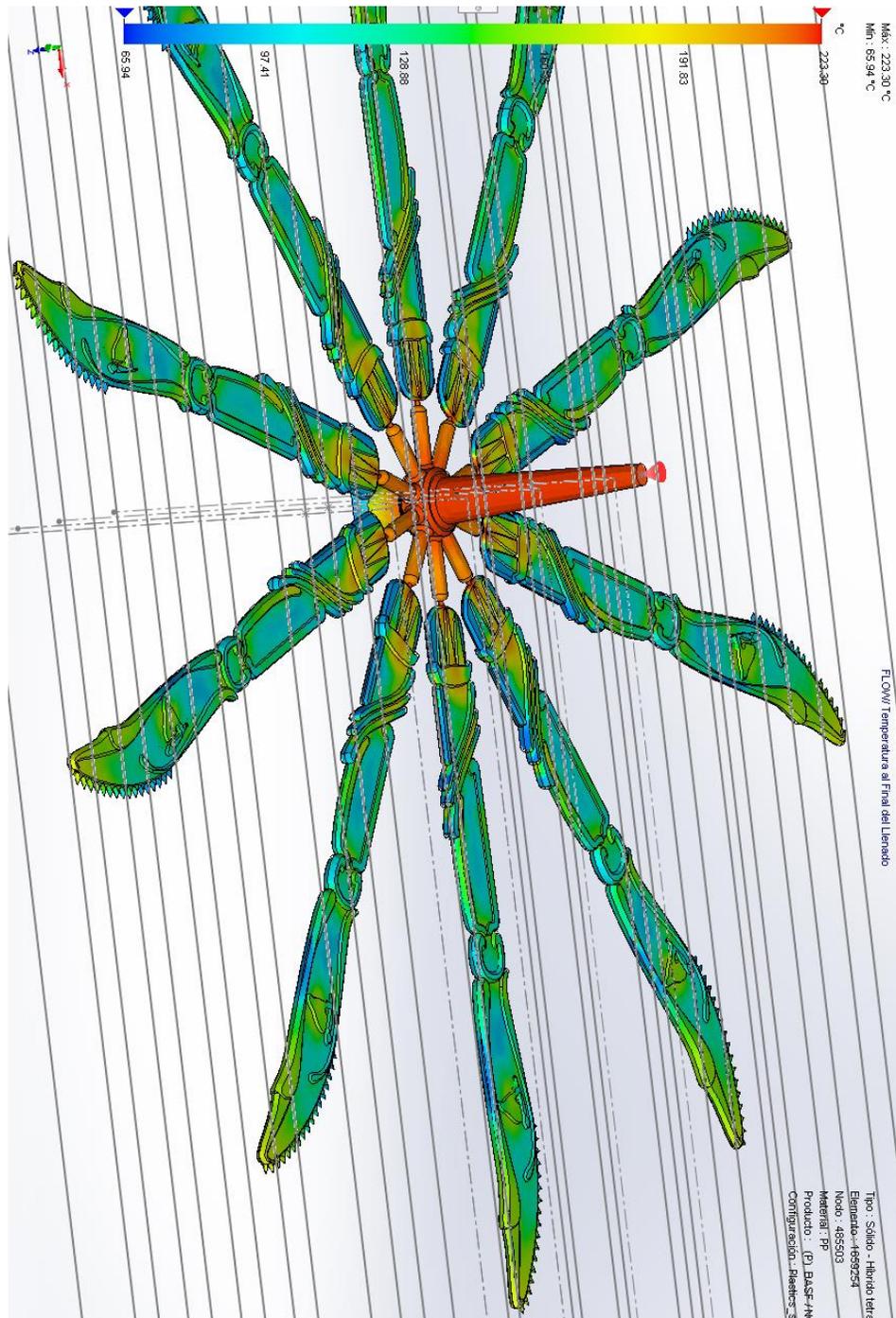


Fig. 4.116 Distribución de temperatura en la pieza de moldeo al final del tiempo de llenado.

En la Fig. 4.117 se muestra la temperatura del frente de flujo, conforme se va llenando la pieza moldeada. Este resultado indica, que las puntas de los cuchillos de mesa, aún se mantienen por encima de la temperatura de fusión del polímero.



Fig. 4.117 Perfil de la temperatura de la pieza de molde, conforme se va llenando.

En la Fig. 4.117 se observa cómo el frente de flujo en las puntas de los cuchillos llega a una temperatura por encima de su temperatura de fusión. Al ser las puntas de los cuchillos la última sección en llenar y la mazarota lo suficientemente gruesa para que no se solidifique, se puede entender que estas dos secciones no estén solidificadas. Este resultado se puede visualizar en la Fig. 4.118. Con esta figura, se puede entender cómo es que el tiempo de enfriamiento comienza desde el llenado de la pieza y no desde el tiempo de sostenimiento.

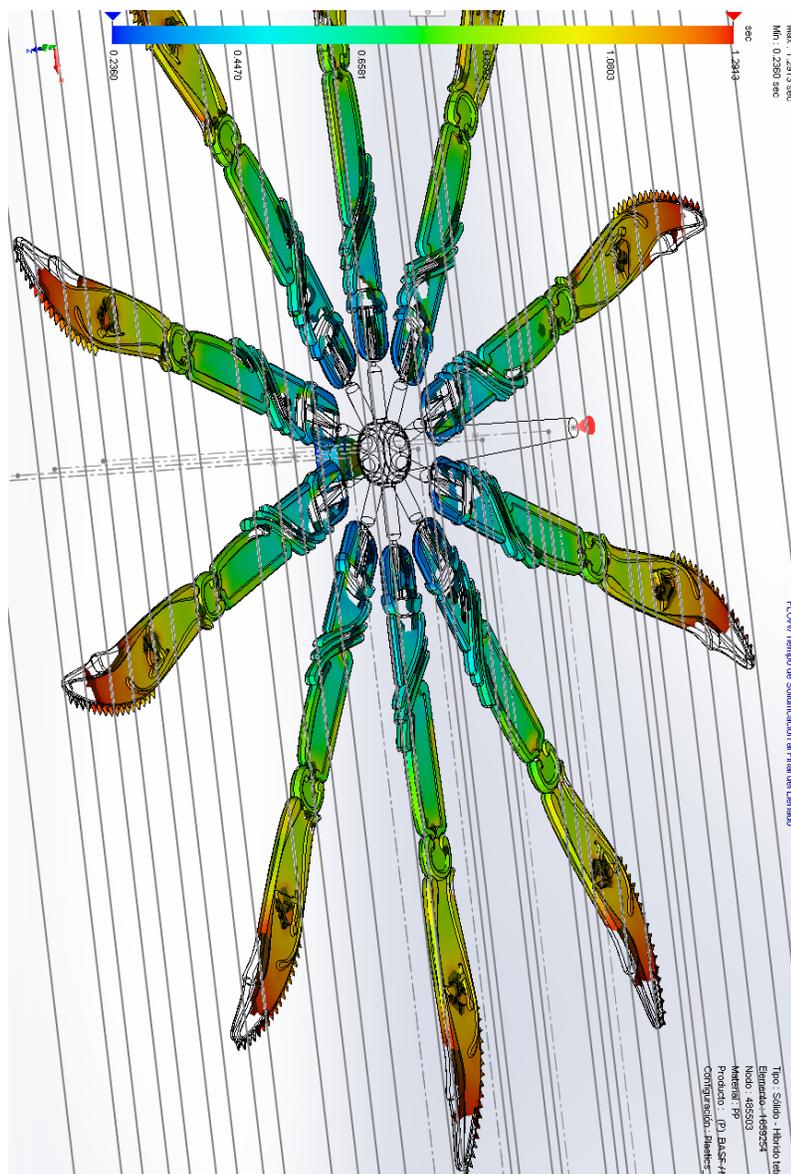


Fig. 4.118 Tiempo de solidificación al final del llenado.

En la Fig. 4.119 se muestra que, ante el tiempo de llenado propuesto, la máquina de moldeo no tiene ningún problema para inyectar la pieza a moldear. Incluso, el tiempo de llenado, fue disminuido por el simulador y no se presentan problemas de llenado.

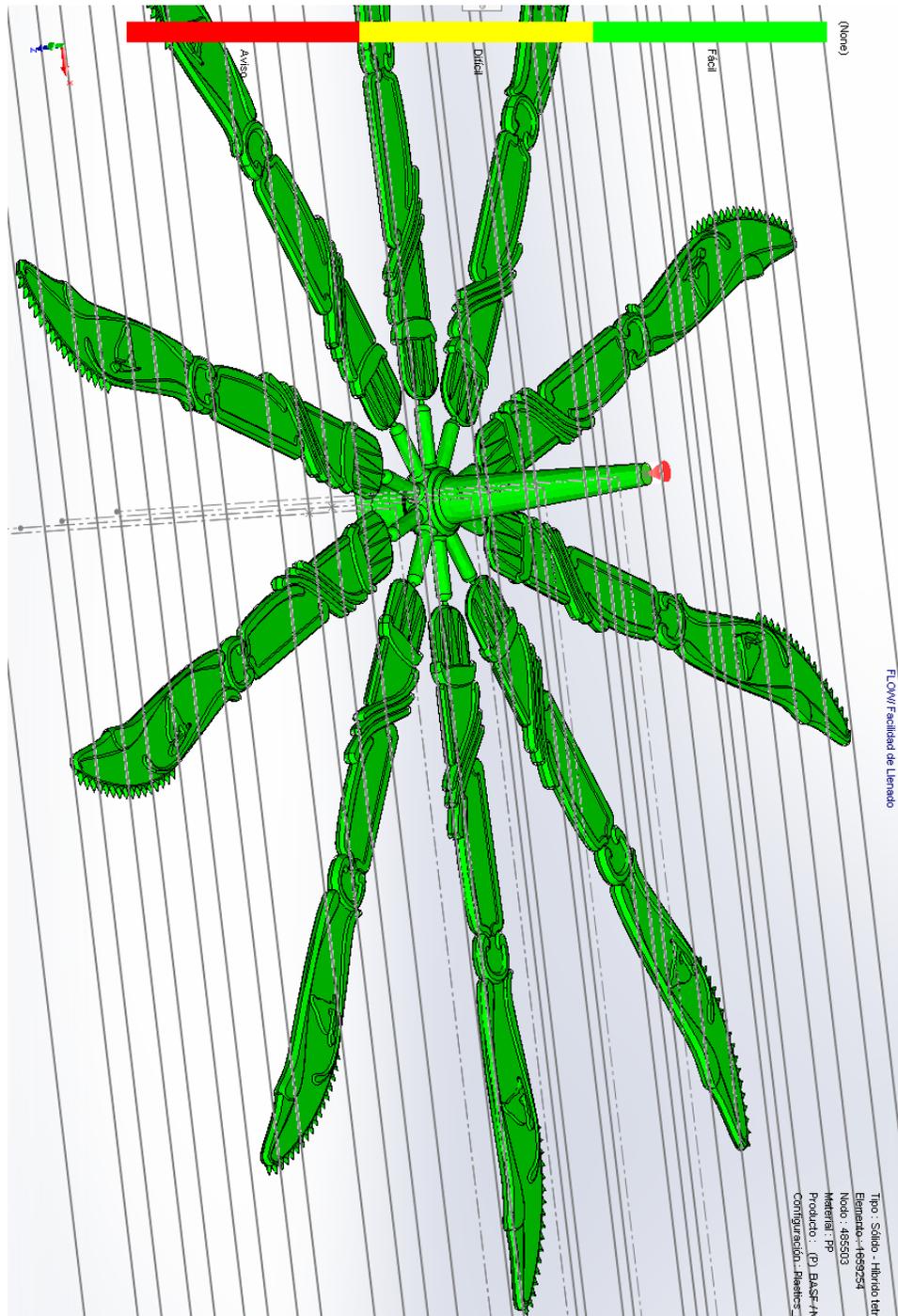


Fig. 4.119 Facilidad de llenado para la pieza a moldear.

En la Fig. 4.120 se muestran las zonas solidificadas al final del llenado de la pieza moldeada. En necesario enfatizar, que solamente están solidificadas las paredes de los cuchillos. Nótese que las compuertas y la mazarota no están solidificadas, por tanto, es posible realizar el proceso de empaquetamiento o sostenimiento.

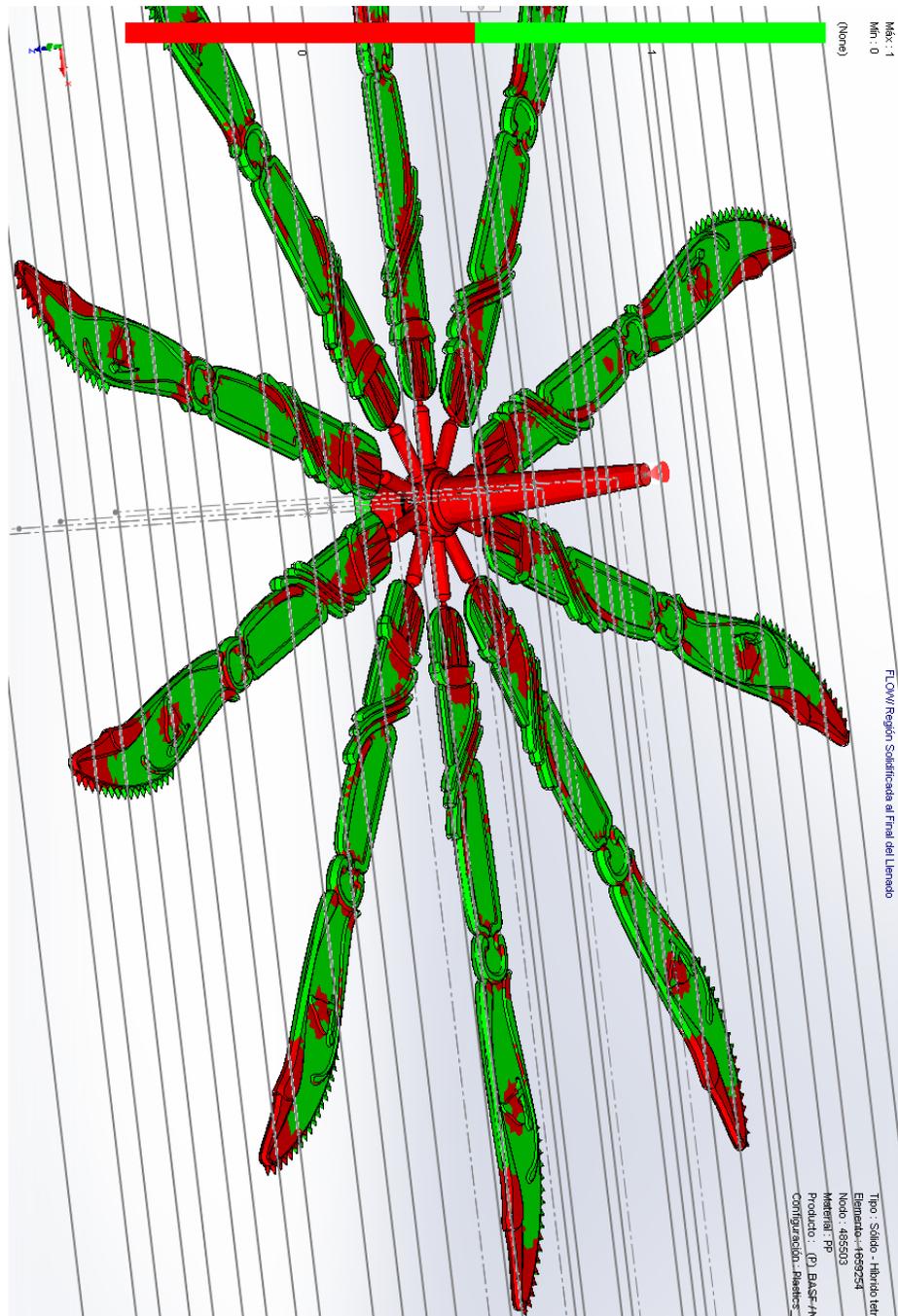


Fig. 4.120 Zonas solidificadas al final del tiempo de llenado.

Por lo que respecta al proceso de empaquetamiento, en la Fig. 4.121, se muestra la presión ocupada en cada sección de la pieza moldeada. La cual, es inferior al 80% de la máquina de moldeo. Por tanto, el resultado indica que las condiciones iniciales de uso de la presión de empaquetamiento están en el rango correcto.

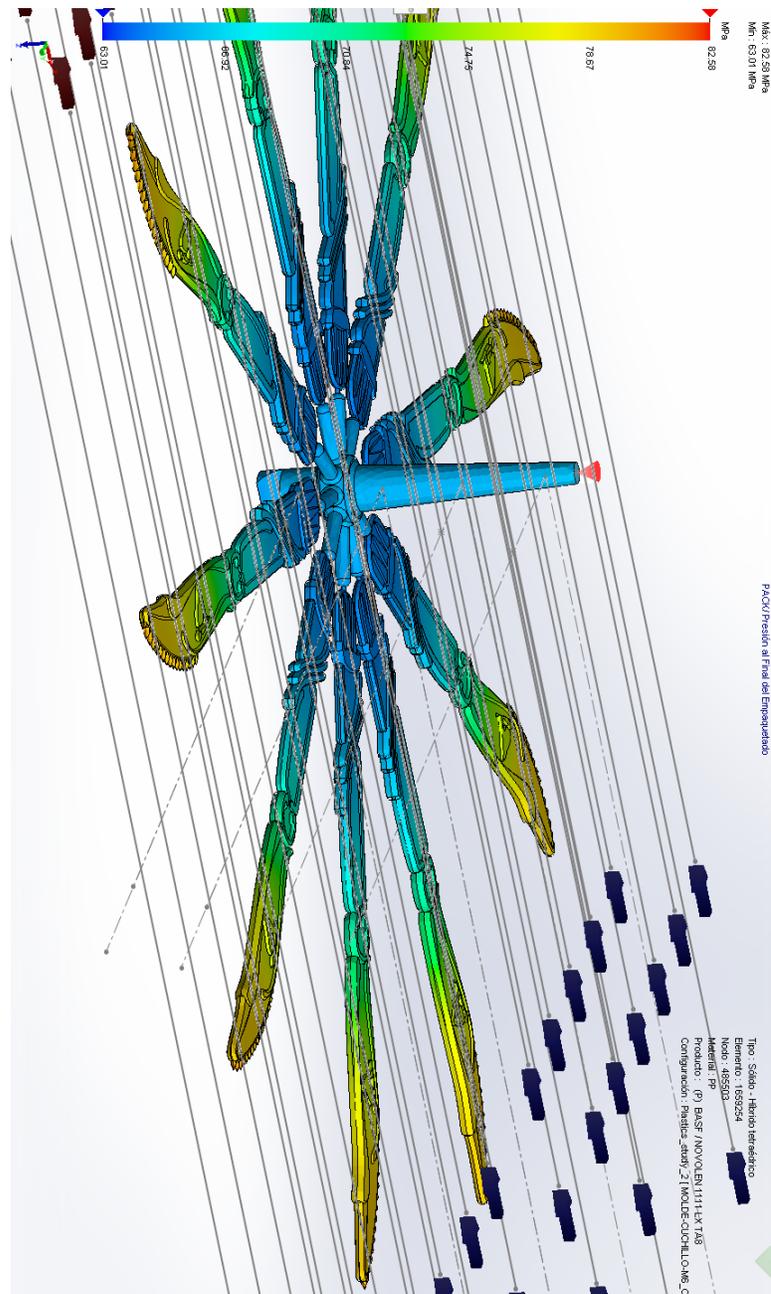


Fig. 4.121 Perfil de la presión al final del empaquetamiento de la pieza moldeada.

El tiempo de empaquetamiento propuesto fue de 1.4 s, este tiempo no es suficiente para que la pieza moldeada se solidifique. El tiempo de empaquetamiento ya es considerado como la primera parte del tiempo de enfriamiento, por eso en la Fig. 4.122 se pueden observar regiones con temperatura mayor a la temperatura de fundido, 170 °C.

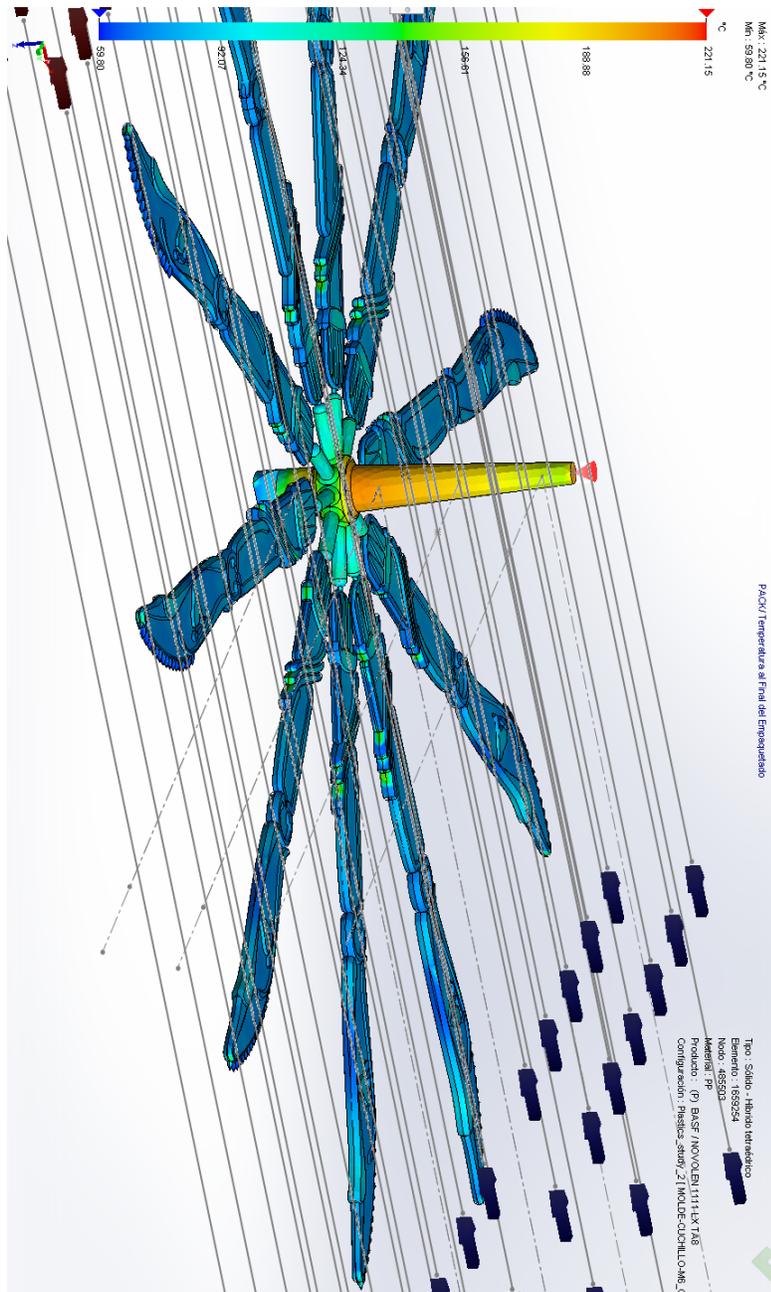


Fig. 4.122 Perfil de temperatura de la pieza moldeada al final de la etapa del sostenimiento o empaquetamiento.

En la Fig. 4.123 se puede observar cómo la contracción de la pieza moldeada está dentro de los parámetros esperados con los cuchillos de mesa, sin embargo, la mazarota tiene mayor contracción debido a que es una sección demasiado gruesa. Ese comportamiento es benéfico porque la mazarota difícilmente se adherirá al bebedero, facilitando la expulsión de la pieza moldeada.

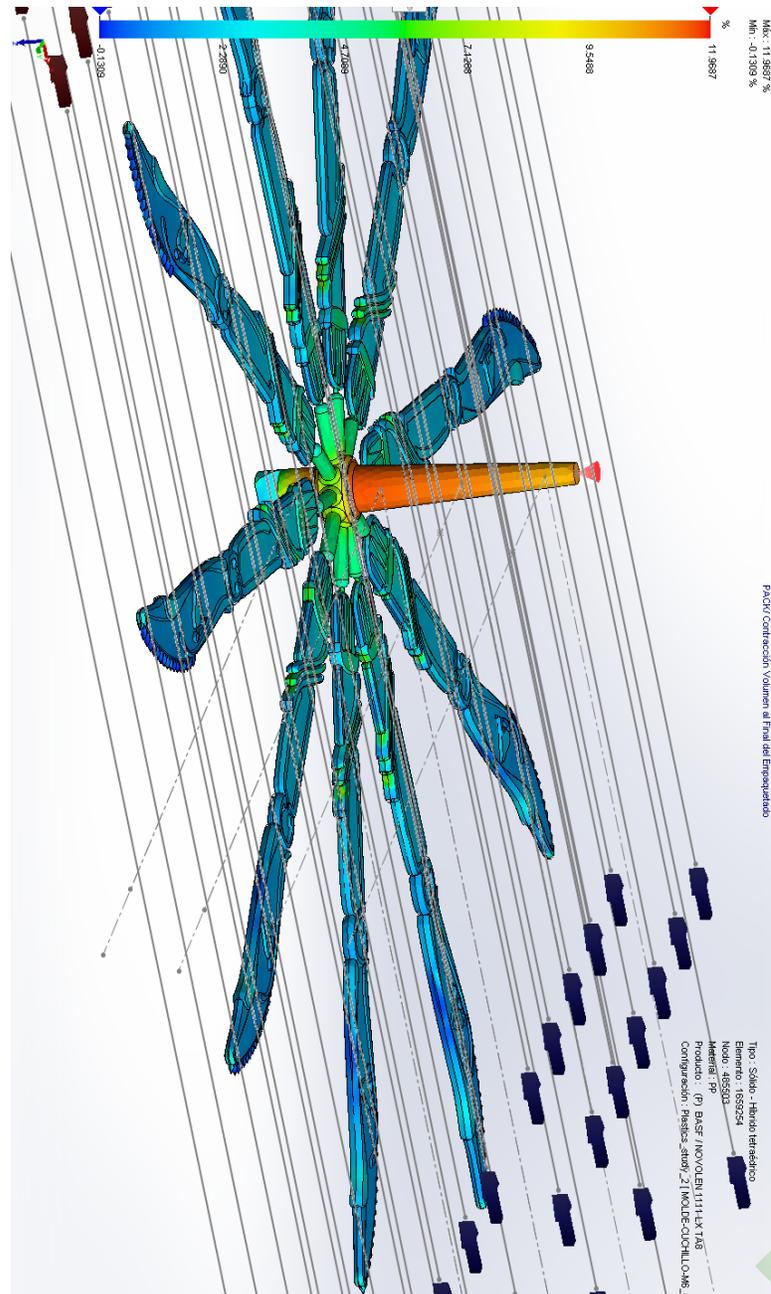


Fig. 4.123 Contracción de volumen al final del empaquetamiento.

En la Fig. 4.124 se puede observar que las compuertas ya están solidificadas al final del empaquetamiento, por tanto, el tiempo de enfriamiento residual servirá para terminar de solidificar algunas pequeñas regiones que se observan por arriba de la temperatura de expulsión, 85 °C.

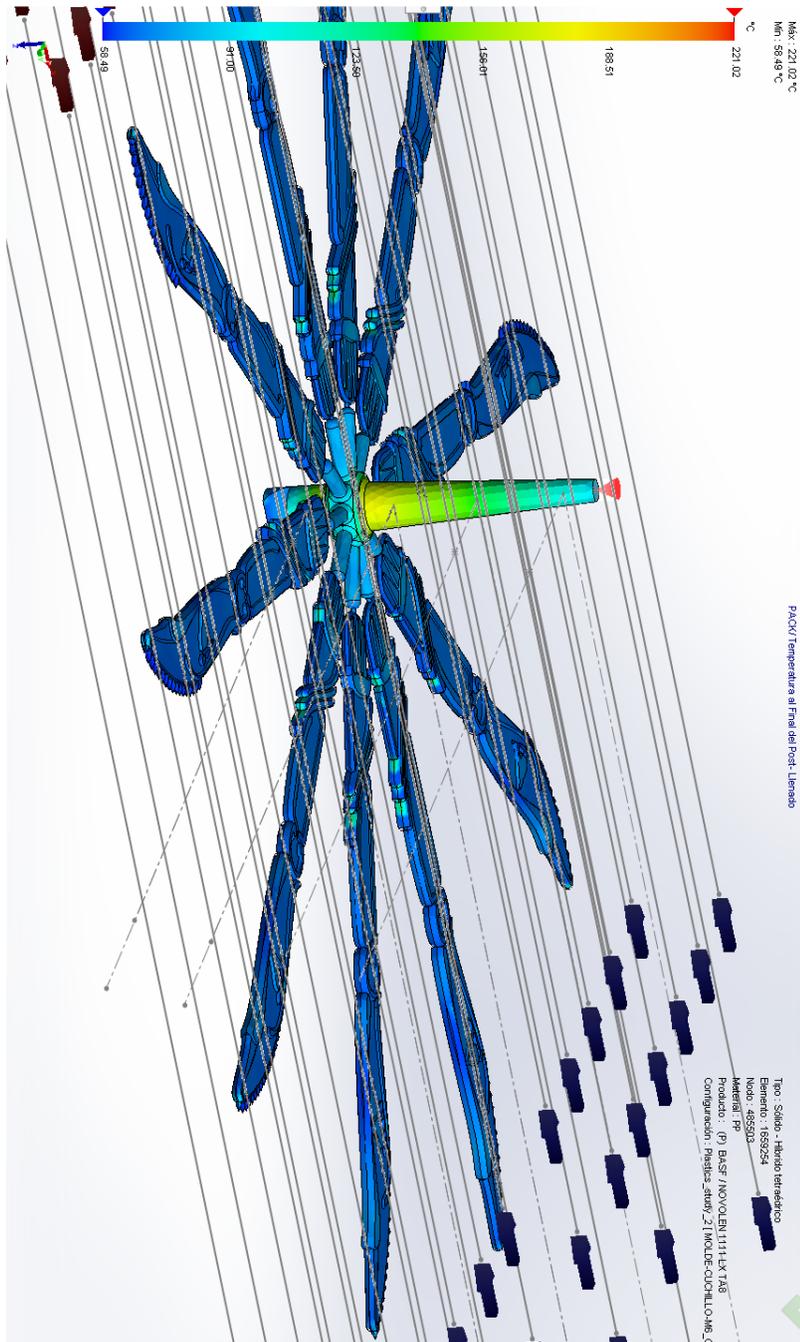


Fig. 4.124 Perfil de temperatura al final del post-llenado.

En la Fig. 4.125, se observa como la pieza tiene regiones que necesitan más de 1.4 s, del tiempo de empaquetado, para solidificar. Posteriormente se aplicará el tiempo de refrigeración residual para terminar de solidificar a la pieza moldeada.

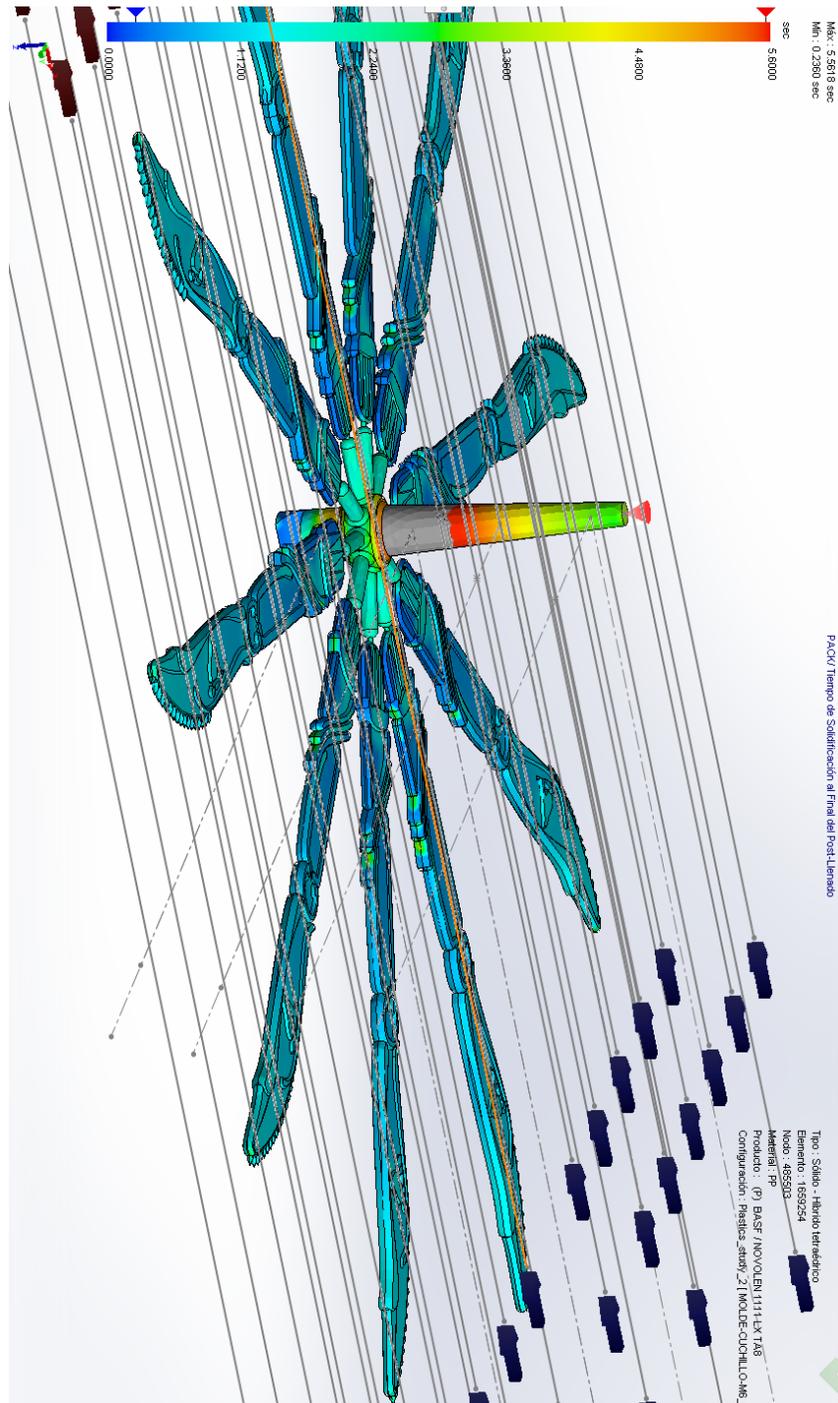


Fig. 4.125 Tiempo de solidificación al final del post-llenado.

En congruencia con la Fig. 4.124 y la Fig. 4.125, en la Fig. 4.126 se observa que la mazarota, al final del empaquetamiento, aún no se solidifica. Durante el periodo del empaquetamiento, se detecta en la simulación, que ha sido un tiempo suficiente para solidificar las compuertas de los cuchillos.

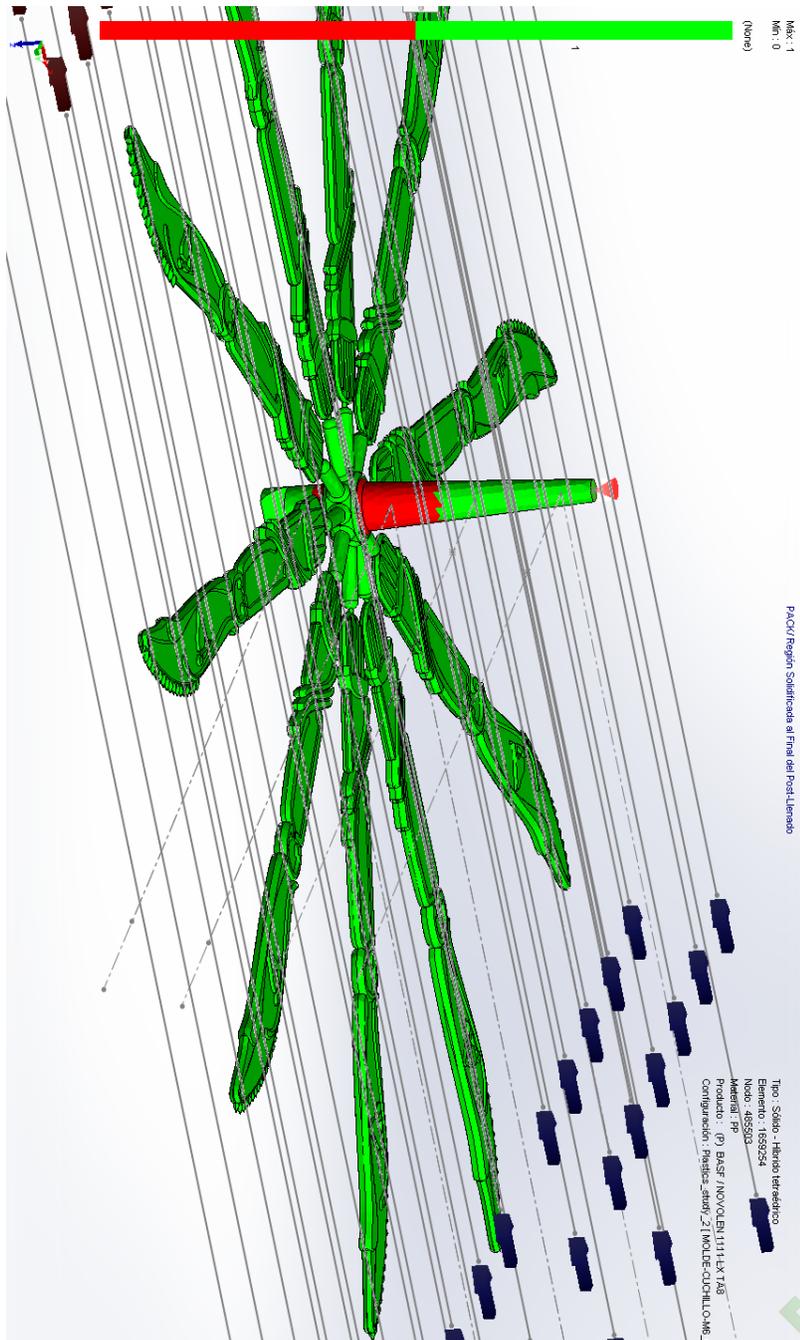


Fig. 4.126 Región solidificada al final del empaquetamiento.

Por lo que respecta al tiempo de enfriamiento residual, se propuso un tiempo de 3.3 s. En la Fig. 4.127 se puede observar que el tiempo de enfriamiento es suficiente porque las compuertas ya están solidificadas, al igual que la entrada a la mazarota. A pesar de que la mazarota necesita más tiempo para solidificar, los cuchillos ya estarán solidificados, por lo que es posible expulsar la pieza moldeada y dejar que se solidifique la mazarota fuera del molde.

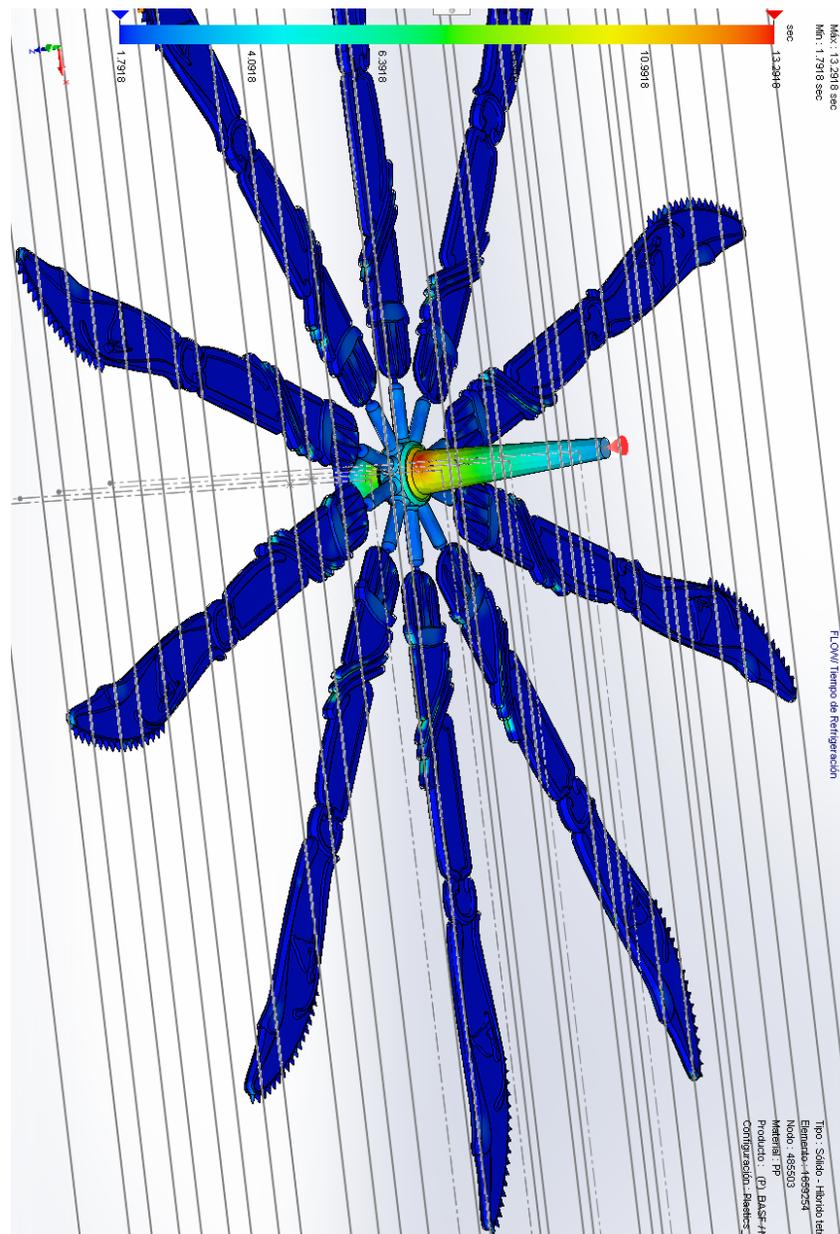


Fig. 4.127 Tiempo de refrigeración de la pieza moldeada.

En la Fig. 4.128 se puede observar cómo la pieza moldeada está solidificada completamente porque su temperatura se encuentra por debajo de su temperatura de fusión, 170 °C.

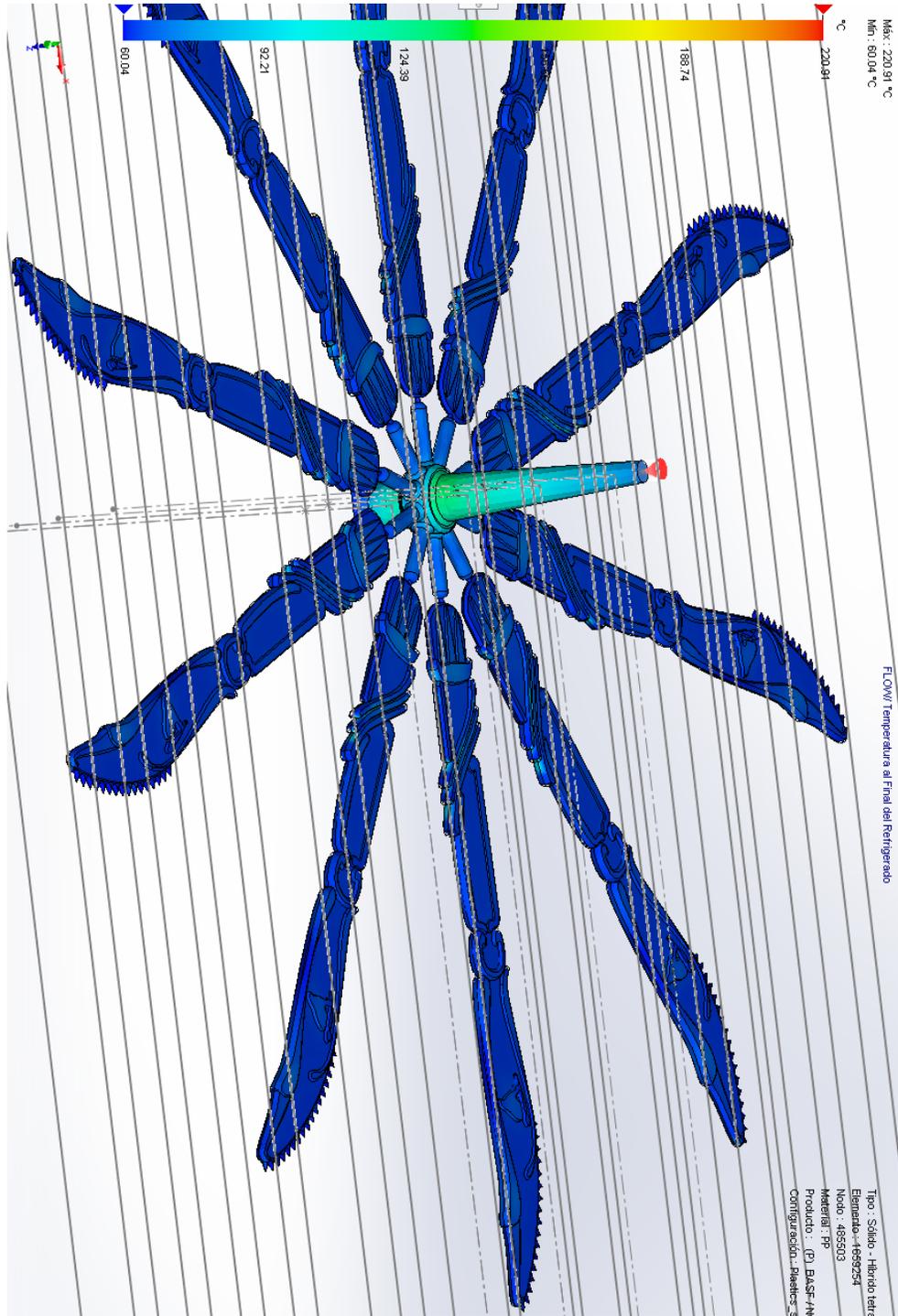


Fig. 4.128 Perfil de temperatura al final del tiempo de refrigerado.

En la Fig. 4.129 se muestran los rechupes al final del ciclo de moldeo. Los rechupes resultantes no son significativos, por tanto, no son un problema para la inyección del molde diseñado.

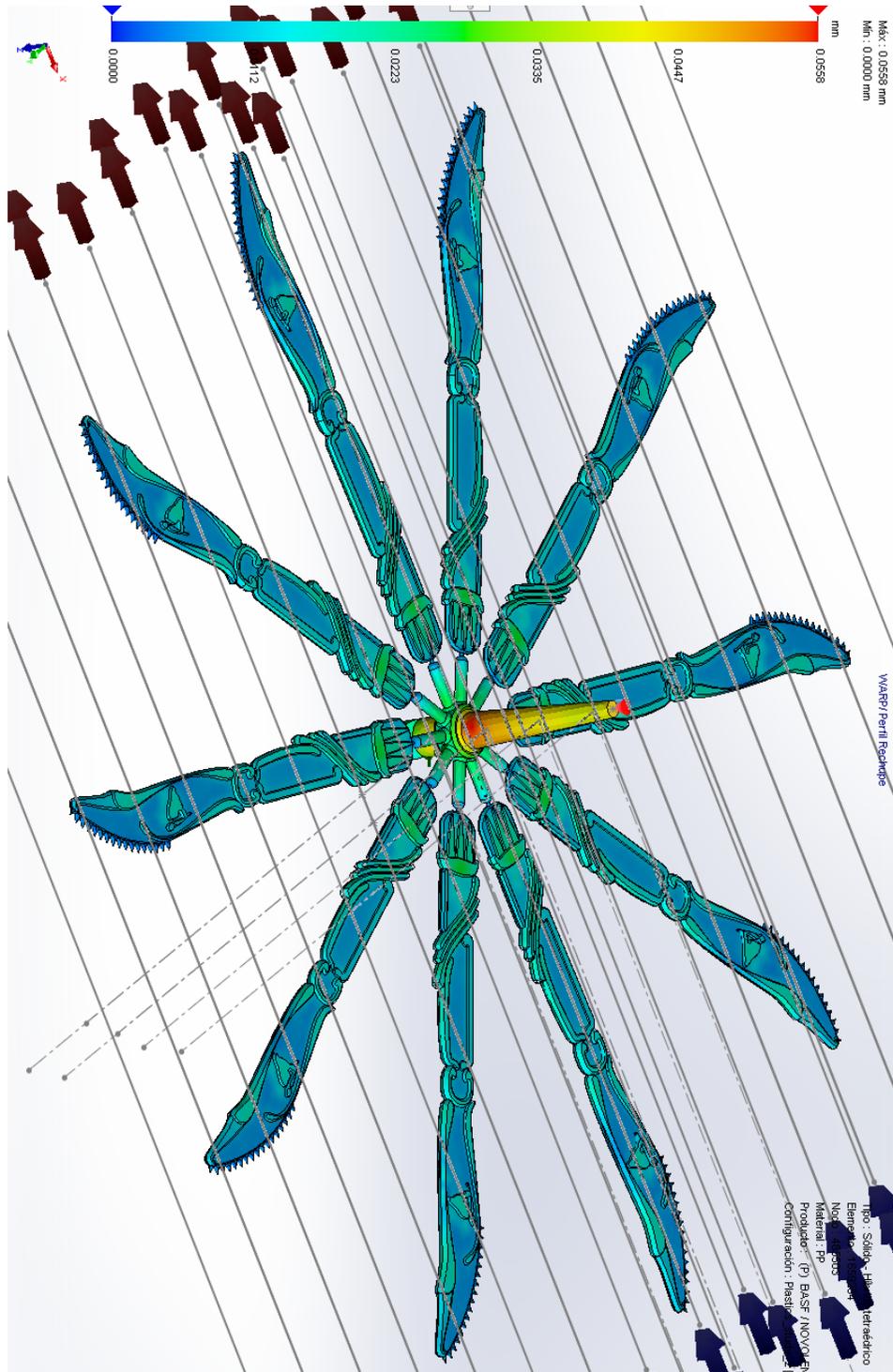


Fig. 4.129 Rechupes al final del proceso de moldeo.

En la Fig. 4.130 se puede observar una contracción total de la pieza moldeada, en donde mayor afectación se muestra es en las puntas de los cuchillos.

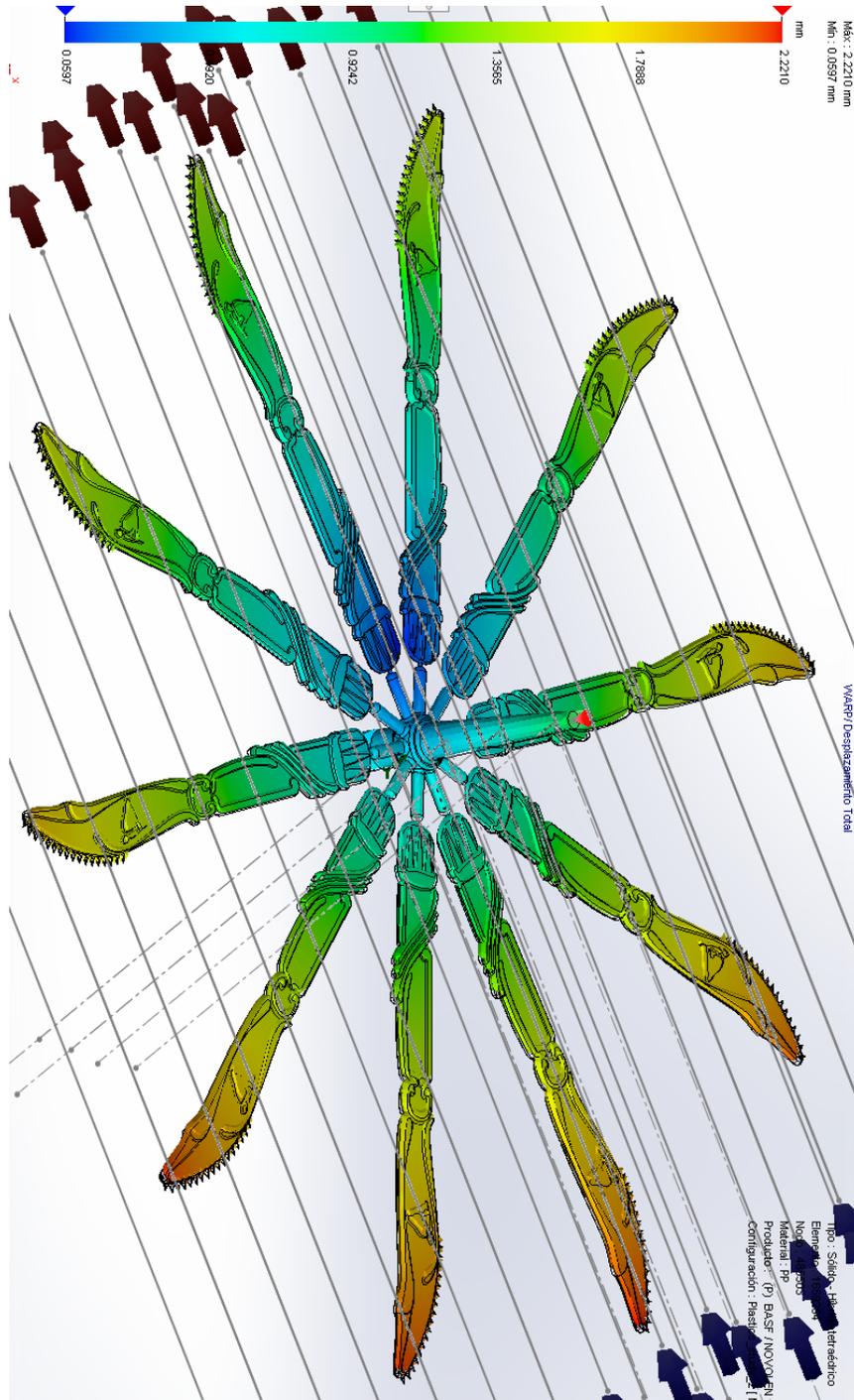


Fig. 4.130 Contracción total de la pieza moldeada al final del proceso de moldeo.

En la Fig. 4.131 se muestra una ampliación de la contracción total de los cuchillos ubicados en la dirección de los canales refrigerantes, se tiene una contracción máxima de aproximadamente 1.4 mm.

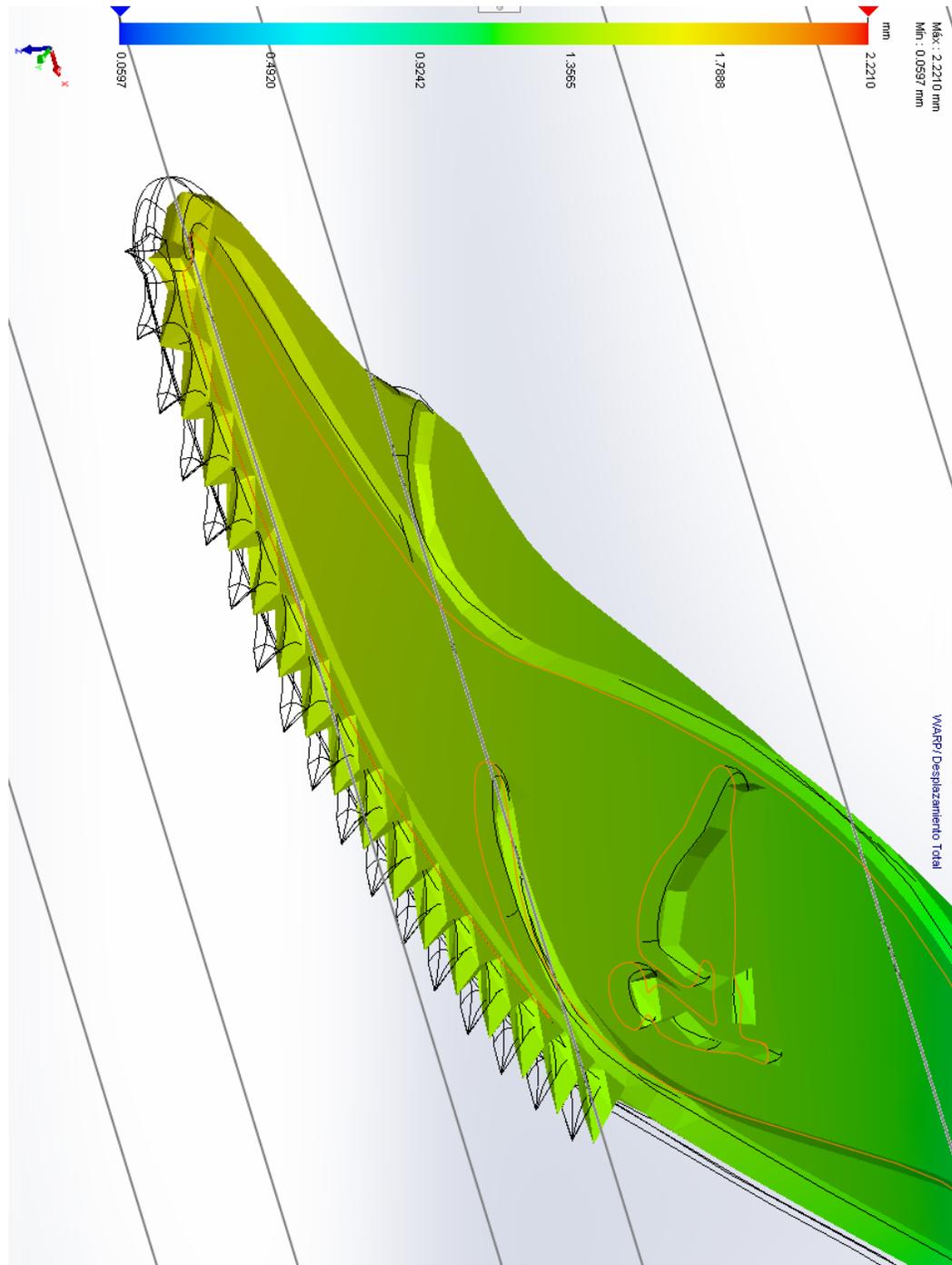


Fig. 4.131 Acercamiento de los cuchillos ubicados en la salida de los canales de refrigeración.

En la Fig. 4.132 se hace una ampliación de la contracción total de los cuchillos ubicados a la entrada de los canales de refrigeración, se puede observar que presentan una contracción máxima de 2.2 mm. Dicho problema se propone resolverlo alternando las direcciones del fluido de enfriamiento para tener una distribución más homogénea del molde.

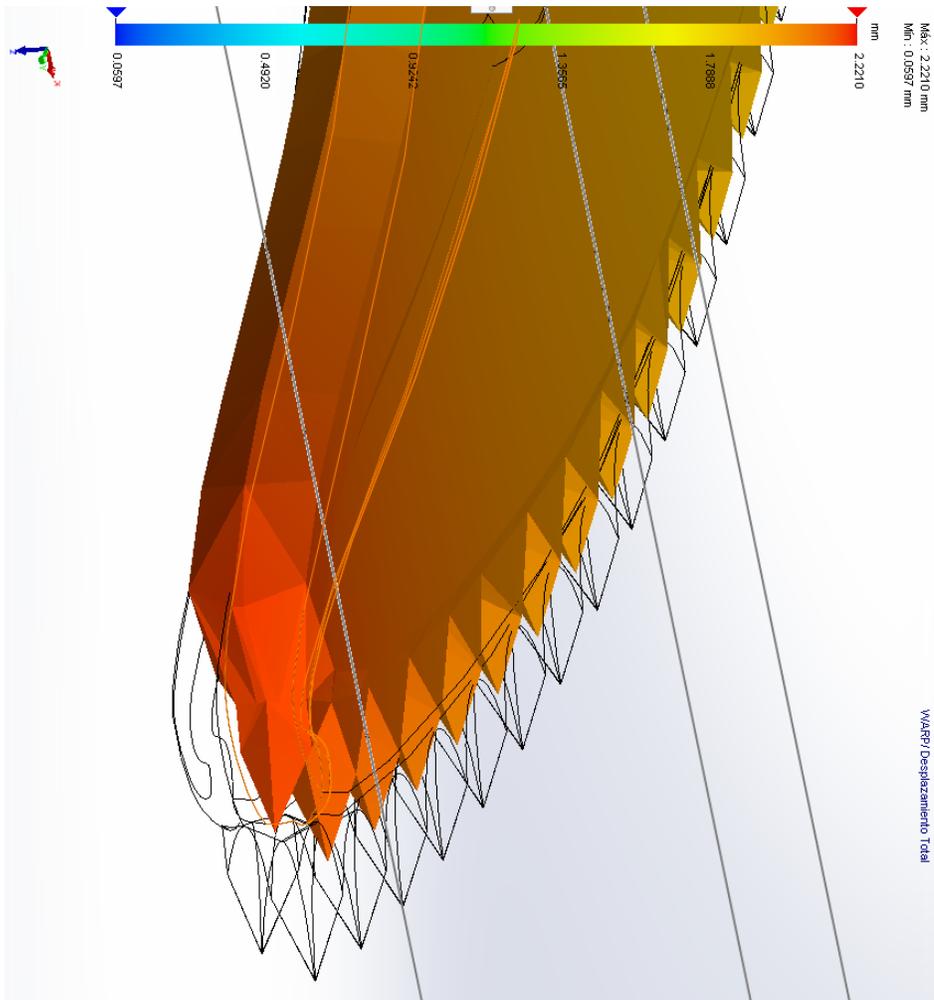


Fig. 4.132 Acercamiento de los cuchillos ubicados a la entrada de los canales de refrigeración.

En la siguiente sección se hacen los requerimientos de los periféricos necesarios para poder cumplir con las condiciones térmicas simuladas para un ciclo de moldeo.

**4.15 ESTRATEGIA DE MANUFACTURA DEL MOLDE DISEÑADO**

Una vez validado el molde, se procede a realizar la estrategia de manufactura de cada una de las piezas del molde de inyección, listadas en la Tabla 4.47.

Tabla 4.47 Lista de piezas que integran al molde de inyección diseñado.

Núm. de pieza	Cantidad	Pieza	Dimensiones orientativas	Metal propuesto
1	1	<b>Plato 1 - sujeción superior</b>	<b>527.2 x 391.00 x 21.31</b>	Aluminio 6061
2	1	Bebedero	Ø 50.90 x 45.66	SAE 4140
3	1	Cubre bebedero	Ø 101.57 x 14.69	SAE 4140
4	4	Tornillo Allen cabeza plana	1/4" x 3/4"	Adquisición comercial
5	2	Perno para el plato 1 y plato 2	Ø 9.42 x 50.80	SAE 4140
6	6	Tornillo Allen	3/8" x 1 1/2"	Adquisición comercial
7	1	<b>Plato 2 - cavidad</b>	<b>467.20 x 391.00 x 38.10</b>	Aluminio 6061
8	4	Perno guía	Ø 25.40 x 69.85	SAE 4140
9	1	<b>Plato 3 - núcleo</b>	467.20 x 391.00 x 30.10	Aluminio 6061
10	64	Conector rápido	1/8" NPT ≈ Ø8 mm	Adquisición comercial
11	2	Centrador de molde MISUMI	MISUMI TSSBN 40-10	Adquisición comercial
12	1	<b>Plato 4 - soporte</b>	<b>467.20 x 391.00 x 60.00</b>	Aluminio 6061
13	2	Cáncamo marca MISUMI	MISUMI CHI10 (M10 X 1.5)	Adquisición comercial
14	2	<b>Plato 5 - paralelo</b>	<b>391.00 x 38.10 x 127.95</b>	Aluminio 6061
15	2	Buje para el plato 5	Ø 25.40 x 72.70	SAE 4140
16	1	<b>Plato 6 - sujeción inferior</b>	<b>527.2 x 391.00 x 25.40</b>	Aluminio 6061
17	8	Perno con tope para plato 6	Ø 15.87 x 17.46	SAE 4140
18	2	Perno para plato 5 y plato 6	Ø 7.94 x 69.85	SAE 4140
19	4	Tornillo hexagonal tipo 5	3/4" x 9"	Adquisición comercial
20	1	<b>Plato 7 - expulsor</b>	<b>391.00 x 384.65 x 19.48</b>	Aluminio 6061
21	1	Perno expulsor principal	Ø 23.98 x 180.95	SAE 4140
22	10	Perno expulsor secundario	Ø 6.38 x 193.04	SAE 4140
23	4	Perno porta resorte expulsor	Ø 36.30 x 106.70	SAE 4140
24	1	<b>Plato 8 - expulsor retenedor</b>	<b>391.00 x 384.65 x 12.70</b>	Aluminio 6061
25	4	Resorte	MISUMI SWY42-100	Adquisición comercial

Tabla 4.48 Proceso de manufactura del molde de inyección, pieza 1.

ENTRADA	PROCESO DE MANUFACTURA		PIEZA PROCESADA
Materia prima	Maquinaria y herramienta	Desarrollo	Componentes
Plato 1 Sujeción superior Placa de aluminio 6061 de 1 1/2" 38.1 mm	Sierra de mano de 14" Sierra de cinta Fresadora CNC	Trazado y corte de la placa Se corta con la sierra de mano de 14" Se corta con la sierra de cinta el excedente dimensional 12.8 mm	Plato 1 Sujeción superior 
	Cortador vertical de 1/2" Cortador vertical de bola de 1/2"	Se dimensiona la altura del plato con fresa CNC a 21.3 mm Desbaste en zig-zag para dimensionar la altura a 3,760 RPM Velocidad de avance a 3,384 m/min Profundidad de corte inicial 1.0 mm Profundidad de corte posterior a 1.0 mm - 3 pasadas Acabado en paralelo	
		Se dimensiona el largo y el ancho del plato con fresa CNC Desbaste lateral para dimensionar el plato Profundidad de corte lateral inicial 1.3 mm Profundidad de corte posterior a 4.0 mm - 5 pasadas	
	Cortador vertical 3/16" Cortador vertical 3/8" Cortador vertical 5/16"	Barrenados 10,026 RPM 5,013 RPM 6,015 RPM	

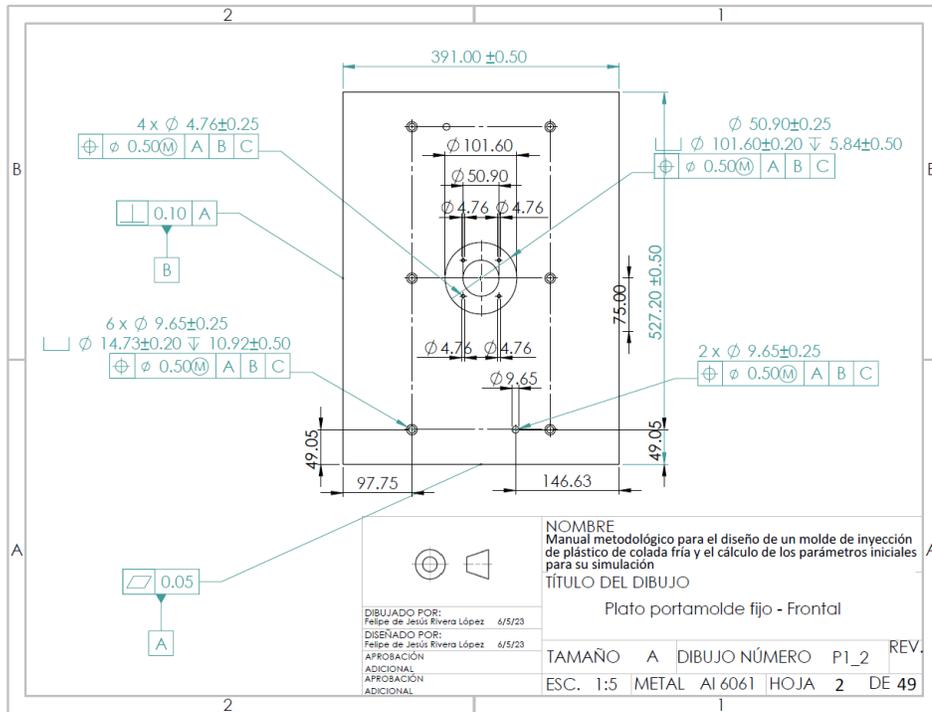


Fig. 4.133 Plano del plato 1, sujeción superior; vista frontal.

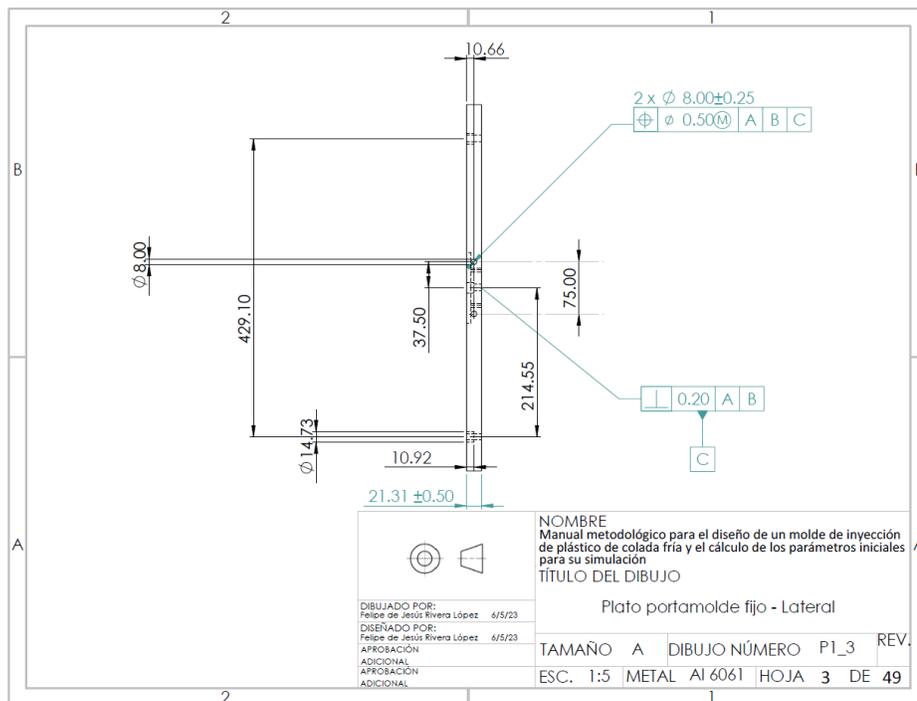


Fig. 4.134 Plano del plato 1, sujeción superior; vista lateral.

Tabla 4.49 Proceso de manufactura del molde de inyección, pieza 2.

ENTRADA	PROCESO DE MANUFACTURA		PIEZA PROCESADA
Materia prima	Maquinaria y herramienta	Desarrollo	Componentes
Bebedero	Torno convencional	Trazado	Bebedero 
Redondo acero 4140 Ø2.5" x 55 mm	Buril de metal duro	Cilindrado desbaste, superficie A Diámetro inicial = 63.5 mm Diámetro final = 51.5 mm Vel. de giro = 201 RPM Longitud 21.31 mm Profundidad total = 6 mm Profundidad de corte = 1 mm Número de pasadas = 6 Avance = 0.2 mm/rev Vel. de corte = 40 m/min	
		Cilindrado acabado, superficie A Diámetro inicial = 51.5 mm Diámetro final = 50.9 mm Vel. de giro = 321 RPM Longitud 21.31 mm Profundidad total = 0.3 mm Profundidad de corte = 0.3 mm Número de pasadas = 1 Avance = 0.1 mm/rev Vel. de corte = 52 m/min	
		Cilindrado cónico acabado, superficie A Diámetro mayor = 50.9 mm Diámetro menor = 50.8 mm Vel. de giro = 358 RPM Longitud 21.31 mm Ángulo = 0.14° Profundidad total = 0.05 mm Profundidad de corte = 0.05 mm Número de pasadas = 1 Avance = 0.05 mm/rev Vel. de corte = 57 m/min	
		Cilindrado desbaste, superficie A + B Diámetro inicial = 63.5 mm Diámetro final = 33.5 mm Vel. de giro = 201 RPM Longitud 24.35 mm Profundidad total = 15 mm Profundidad de corte = 3 mm Número de pasadas = 5 Avance = 0.2 mm/rev Vel. de corte = 40 m/min	

Tabla 4.50 Proceso de manufactura del molde de inyección, pieza 2; continuación.

		<p>Cilindrado acabado, superficie A + B</p> <p>Diámetro inicial = 33.5 mm                      Diámetro final = 31.8 mm                      Vel. de giro = 494 RPM                      Longitud 24.35 mm                      Profundidad total = 0.85 mm                      Profundidad de corte = 0.17 mm                      Número de pasadas = 5                      Avance = 0.1 mm/rev                      Vel. de corte = 52 m/min</p>	
		<p>Redondeo, superficie B</p> <p>Diámetro mayor = 31.8 mm                      Diámetro menor = 25.8 mm                      Profundidad = 3 mm                      Ancho de ranura = 3 mm                      Ancho de buril = 3 mm                      Avance = 0.1 mm/rev                      Número de pasadas = 3                      Vel. de corte = 20 m/min                      Vel. de giro = 200 RPM</p>	
		<p>Cilindrado desbaste, superficie C</p> <p>Diámetro inicial = 31.8 mm                      Diámetro final = 25.8 mm                      Vel. de giro = 400 RPM                      Longitud 24.35 mm                      Profundidad total = 3 mm                      Profundidad de corte = 1 mm                      Número de pasadas = 3                      Avance = 0.1 mm/rev                      Vel. de corte = 40 m/min</p>	
		<p>Cilindrado cónico acabado, superficie C</p> <p>Diámetro mayor = 25.8 mm                      Diámetro menor = 25.6 mm                      Vel. de giro = 57 RPM                      Longitud 24.35 mm                      Ángulo = 0.24°                      Profundidad total = 0.1 mm                      Profundidad de corte = 0.1 mm                      Número de pasadas = 1                      Avance = 0.2 mm/rev                      Vel. de corte = 44 m/min</p>	
		<p>Taladrado en D</p> <p>10,026 RPM                      7,519 RPM                      6,015 RPM</p>	
	<p>Cortador vertical 3/16"                      Cortador vertical 1/4"                      Cortador vertical 5/16"</p> <p>Rima cónica manual</p>	<p>Acabado manual del barreno cónico del bebedero</p>	

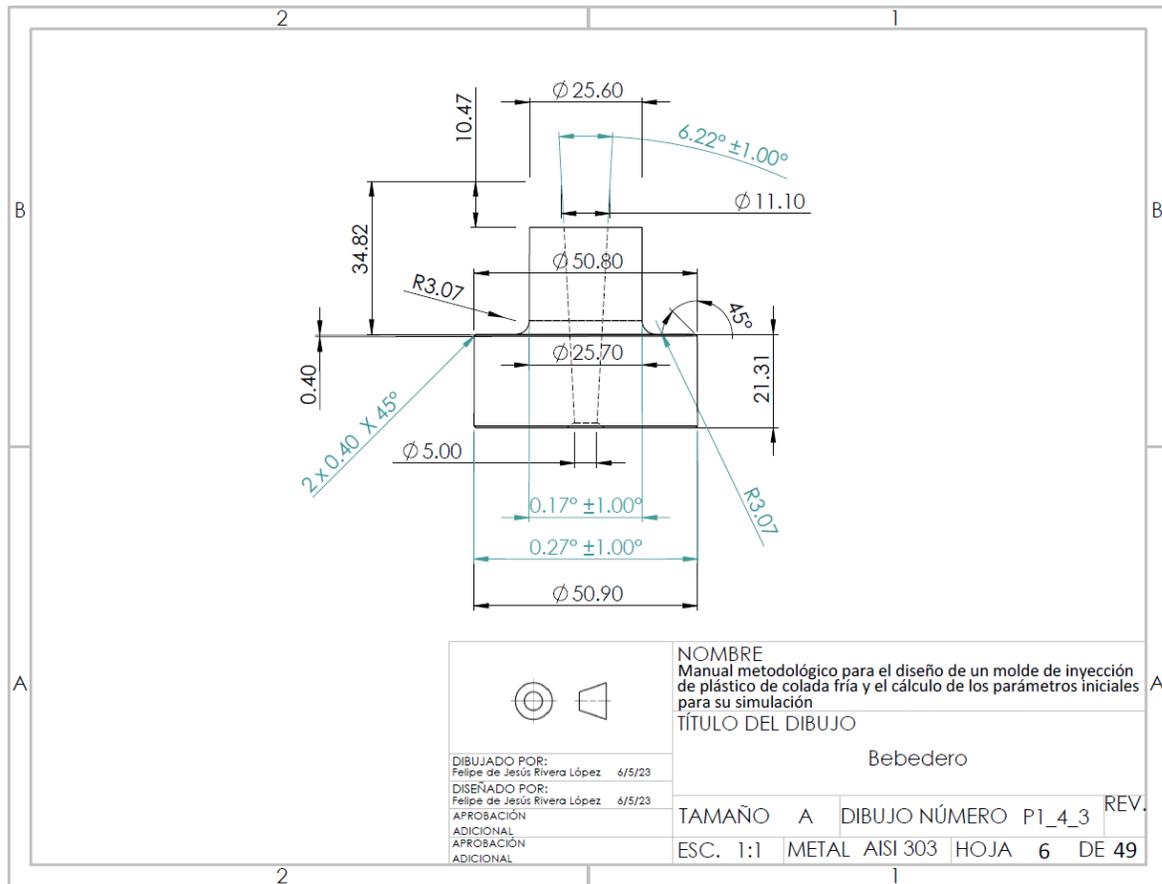


Fig. 4.135 Plano del bebedero.

Tabla 4.51 Proceso de manufactura del molde de inyección, pieza 3.

ENTRADA	PROCESO DE MANUFACTURA		PIEZA PROCESADA
Materia prima	Maquinaria y herramienta	Desarrollo	Componentes
Cubre bebedero	Fresadora CNC Cortador vertical de 1/2" Cortador vertical de bola de 1/2"	Trazado y corte de la placa  Se dimensiona la placa con fresa CNC  Desbaste en zig-zag a 3,760 RPM Velocidad de avance a 3,384 m/min Profundidad de corte lateral inicial 0.69 mm Profundidad de corte posterior a 2.0 mm - 7 pasadas Acabado en paralelo	Cubrebebedero
Placa 5/8" acero 4140 4.0" x 4.0"	Cortador vertical 1/4" Cortador vertical 3/8"	Barrenados  7,519 RPM 5,013 RPM	

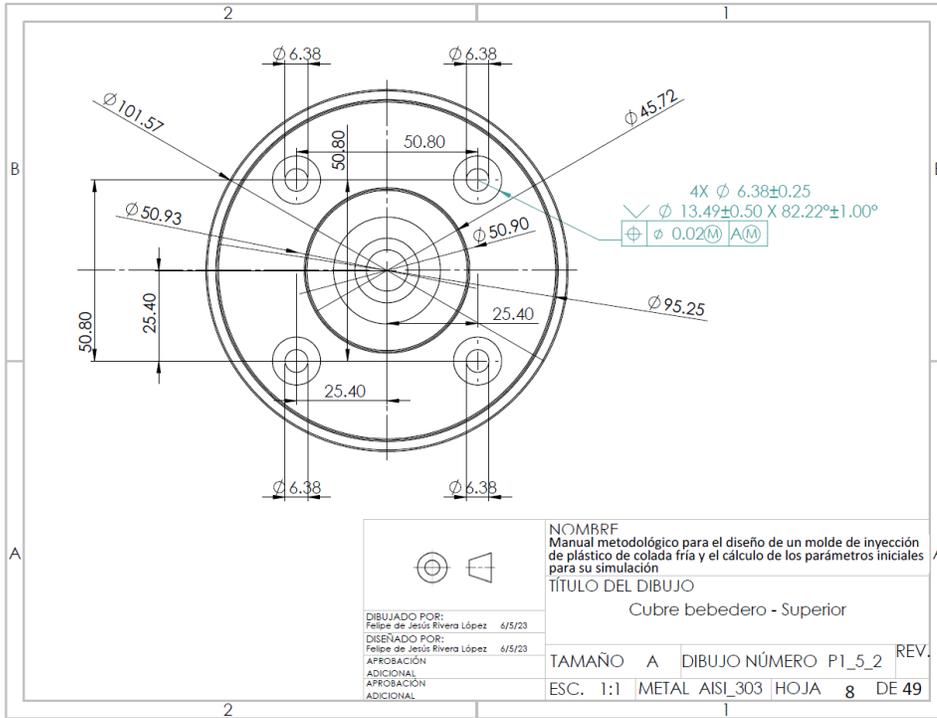


Fig. 4.136 Plano del cubre bebedero, vista superior.

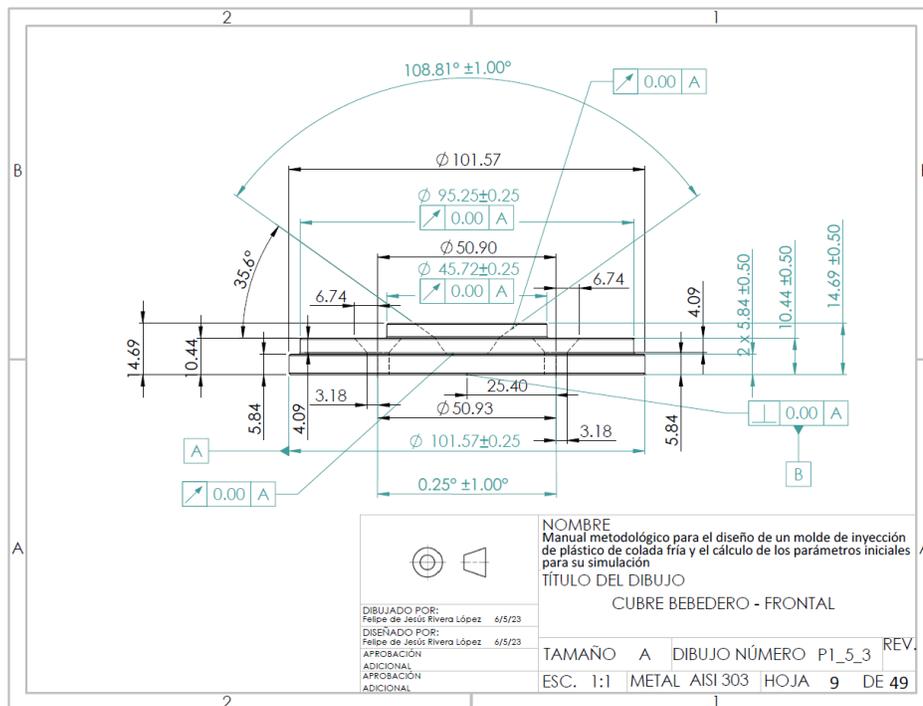
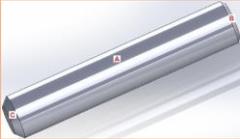


Fig. 4.137 Plano del cubre bebedero, vista frontal.

Tabla 4.52 Proceso de manufactura del molde de inyección, pieza 5.

ENTRADA	PROCESO DE MANUFACTURA		PIEZA PROCESADA
Materia prima	Maquinaria y herramienta	Desarrollo	Componentes
<p>Perno para el plato P1 y P2</p> <p>Redondo acero 4140 Ø3/4" x 127 mm</p>	<p>Torno</p> <p>Buril</p>	<p>Trazado y corte del redondo para hacer dos piezas</p> <p>Se dimensiona el perno</p> <p>Cilindrado desbaste, superficie A+B+C</p> <p>Diámetro inicial = 19.0 mm                      Diámetro final = 11.0 mm                      Vel. de giro = 670 RPM                      Longitud 50.8 mm                      Profundidad total = 4 mm                      Profundidad de corte = 1 mm                      Número de pasadas = 4                      Avance = 0.2 mm/rev                      Vel. de corte = 40 m/min</p> <p>Cilindrado acabado, superficie A+B+C</p> <p>Diámetro inicial = 11.0 mm                      Diámetro final = 9.4 mm                      Vel. de giro = 1505 RPM                      Longitud 50.8 mm                      Profundidad total = 0.8 mm                      Profundidad de corte = 0.4 mm                      Número de pasadas = 2                      Avance = 0.1 mm/rev                      Vel. de corte = 52 m/min</p> <p>Cilindrado cónico acabado, superficie B</p> <p>Diámetro mayor = 9.4 mm                      Diámetro menor = 7.8 mm                      Vel. de giro = 1,490 RPM                      Longitud 0.8 mm                      Ángulo = 45°                      Profundidad total = 0.8 mm                      Profundidad de corte = 0.8 mm                      Número de pasadas = 1                      Avance = 0.2 mm/rev                      Vel. de corte = 44 m/min</p> <p>Cilindrado cónico acabado, superficie A</p> <p>Diámetro mayor = 9.4 mm                      Diámetro menor = 6.2 mm                      Vel. de giro = 1,490 RPM                      Longitud 1.6 mm                      Ángulo = -45°                      Profundidad total = 1.6 mm                      Profundidad de corte = 1.6 mm                      Número de pasadas = 1                      Avance = 0.2 mm/rev                      Vel. de corte = 44 m/min</p>	<p>Perno para el plato P1 y P2</p> 

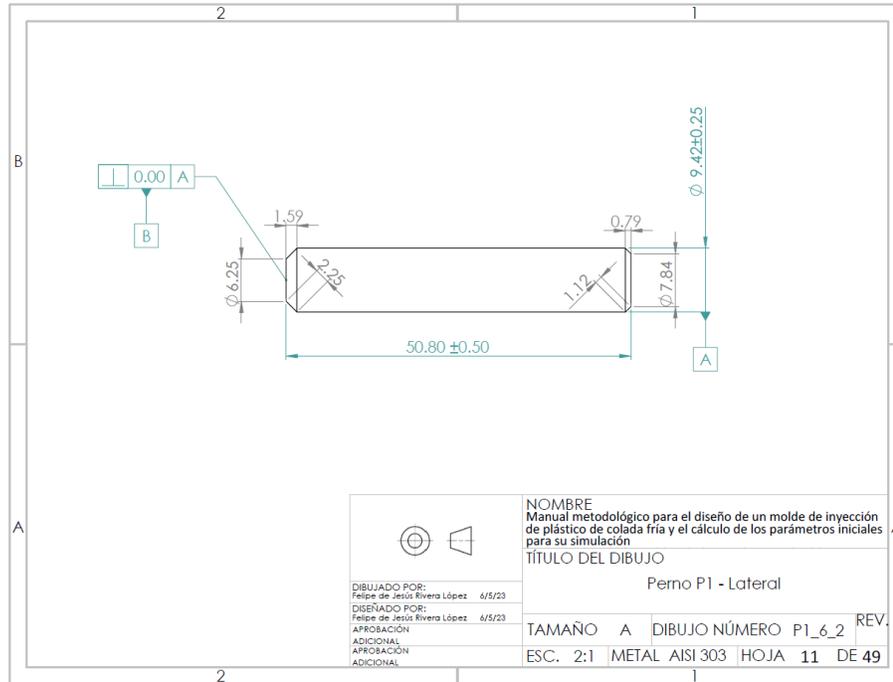


Fig. 4.138 Plano del perno del plato 1 y 2, vista lateral.

Tabla 4.53 Proceso de manufactura del molde de inyección, pieza 7.

ENTRADA	PROCESO DE MANUFACTURA		PIEZA PROCESADA
Materia prima	Maquinaria y herramienta	Desarrollo	Componentes
Plato 2	Sierra de mano de 14" Sierra de cinta Fresadora CNC Cortador vertical de 1/2" Cortador vertical de bola de 1/2"	Trazado y corte de la placa Se corta con la sierra de mano de 14" Se dimensiona el largo y ancho del plato con fresa CNC	Plato 2 Cavidad
Cavidad	Cortador vertical 3/16" Cortador vertical 5/16" Cortador vertical 3/4"	Desbaste lateral 3,760 RPM Velocidad de avance a 3,384 m/min Profundidad de corte lateral inicial 2.1mm Profundidad de corte posterior a 4.0 mm - 9 pasadas Barrenados y centradores del molde 10,026 RPM 6,015 RPM 2,516 RPM	
Placa de aluminio 6061 de 1 1/2"	Cortador Vertical miniatura Punta de bola de carburo sólido 1/32" x 3/64" x 1 7/8"	Forma del cuchillo de mesa Desbaste en zig-zag a 60,153 RPM Velocidad de avance a 54,138 m/min Profundidad de corte lateral inicial 0.15mm - 3 pasadas Profundidad de corte posterior a 0.1 mm - 10 pasadas Acabado en paralelo Pulido acabado espejo del molde de la pieza	
	Lija 320 Lija 400 Lija 600 Lija 800 Lija 1000 Lija 1000 Lija 1200 Lija 1500 Pasta blanca Pasta verde Pasta rosa	Pulido grueso Pulido ordinario Pulido fino Pulido de espejo	

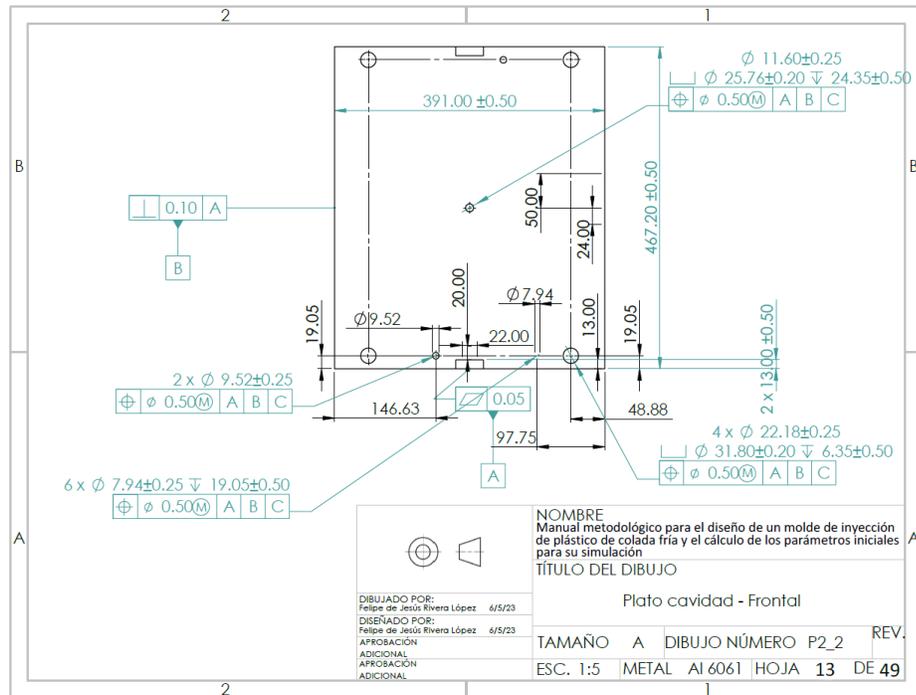


Fig. 4.139 Plano del plato 2, cavidad; vista frontal.

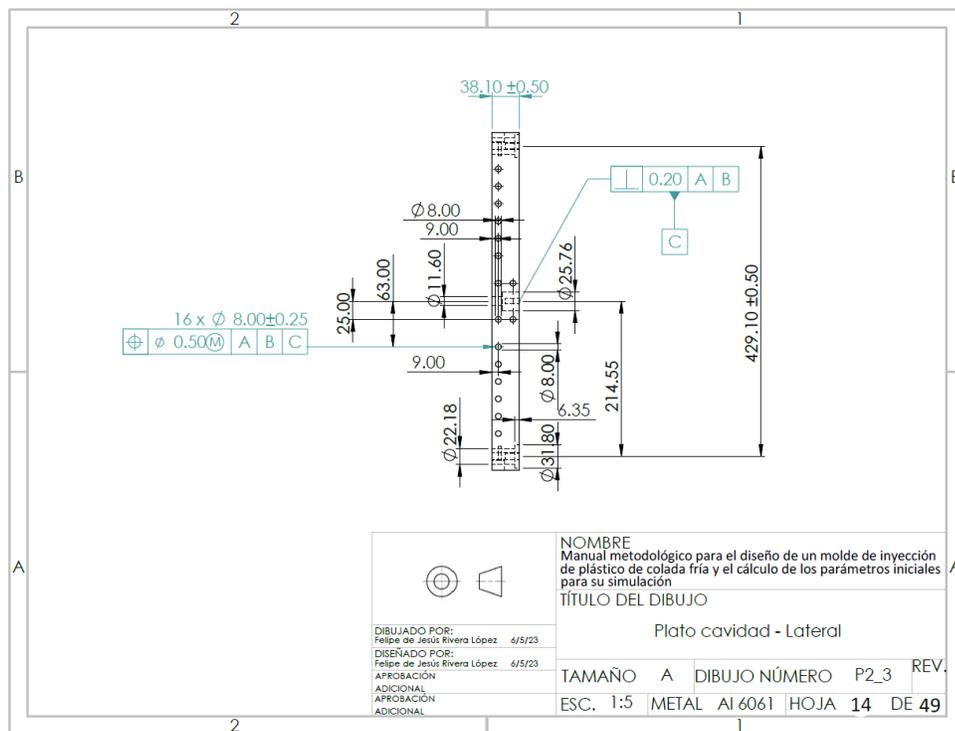
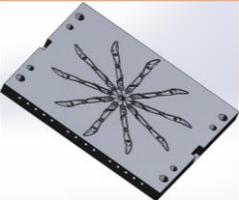
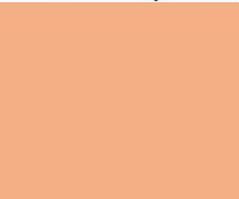


Fig. 4.140 Plano del plato 2, cavidad; vista lateral.

Tabla 4.54 Proceso de manufactura del molde de inyección, pieza 9.

Materia prima	Maquinaria y herramienta	Desarrollo	Componentes
Plato 3	Sierra de mano de 14"	Trazado y corte de la placa	Plato 3
	Fresadora CNC	Se corta con la sierra de mano de 14"	
Núcleo	Cortador vertical de 1/2"	Se dimensiona la altura del plato con fresa CNC	
	Cortador vertical de bola de 1/2"	Desbaste en zig-zag a 3,760 RPM Velocidad de avance a 3,384 m/min Profundidad de corte lateral inicial 2.1mm Profundidad de corte posterior a 3.0 mm - 2 pasadas Acabado en paralelo	
Placa de aluminio 6061 de 1 1/2"	Cortador vertical 3/16"	Se dimensiona el largo y ancho del plato con fresa CNC	
		Desbaste lateral 3,760 RPM Velocidad de avance a 3,384 m/min Profundidad de corte lateral inicial 2.1mm Profundidad de corte posterior a 4.0 mm - 9 pasadas	
Placa de aluminio 6061 de 1 1/2"	Cortador vertical 5/16"	Barrenados y centradores del molde	
	Cortador vertical 3/4"	10,026 RPM 6,015 RPM 2,516 RPM	
	Cortador Vertical miniatura	Forma del cuchillo de mesa	
	Punta de bola de carburo sólido 1/32" x 3/64" x 1 7/8"	Desbaste en zig-zag a 60,153 RPM Velocidad de avance a 54,138 m/min Profundidad de corte lateral inicial 0.15mm - 3 pasadas Profundidad de corte posterior a 0.1 mm - 10 pasadas Acabado en paralelo	
	Lija 320	Pulido grueso	
	Lija 400	Pulido ordinario	
	Lija 600	Pulido fino	
	Lija 800	Pulido de espejo	
	Lija 1000		
	Lija 1000		
Lija 1200			
Lija 1500			
Pasta blanca			
Pasta verde			
Pasta rosa			

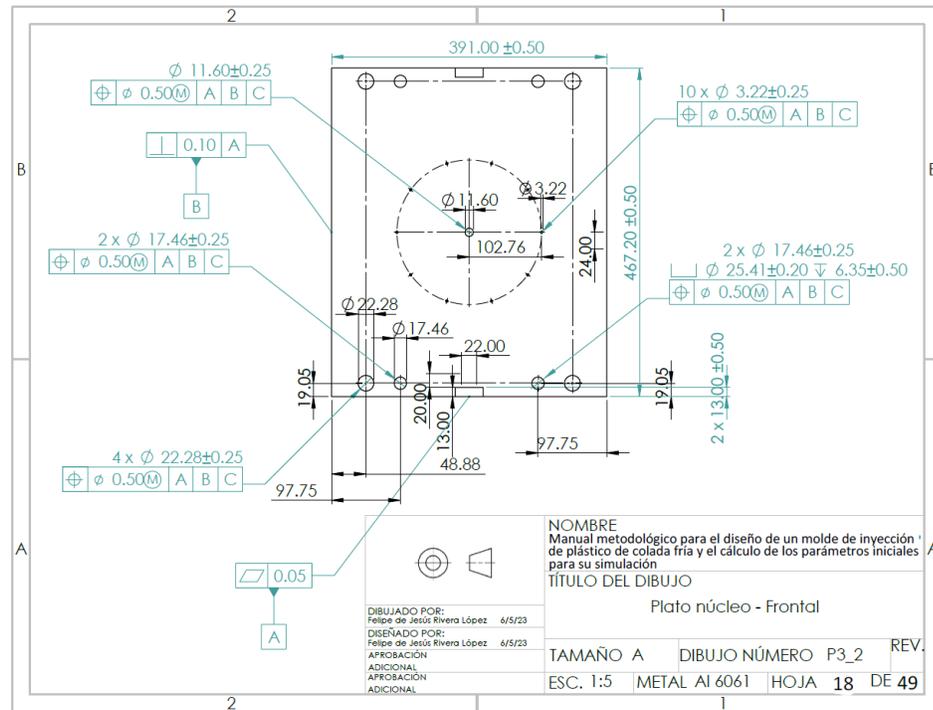


Fig. 4.141 Plano del plato 3, núcleo; vista frontal.

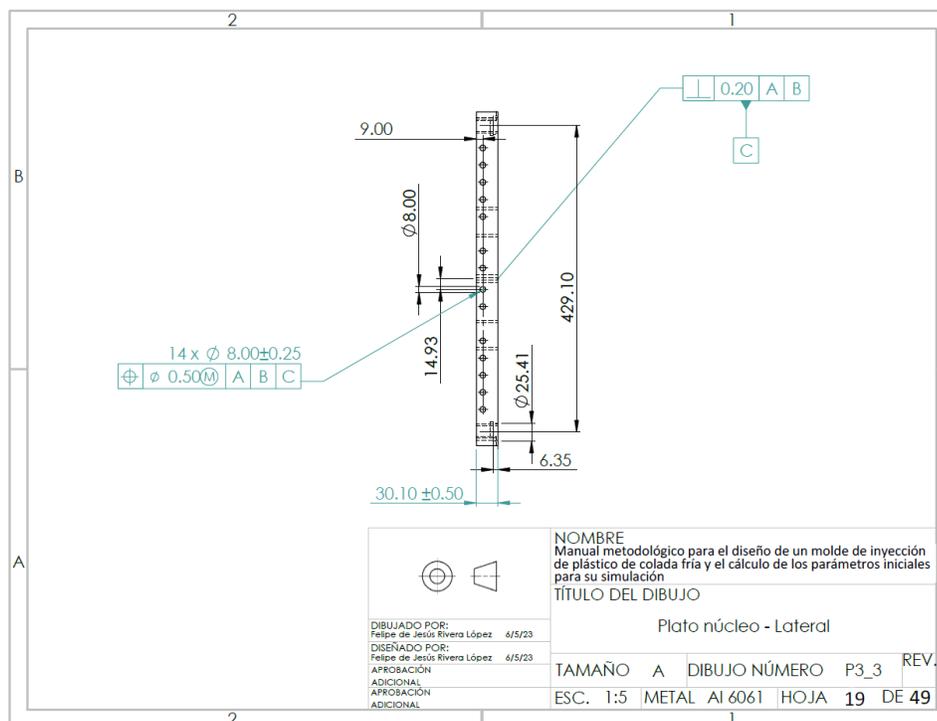
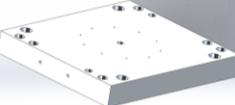


Fig. 4.142 Plano del plato 3, núcleo; vista lateral.

Tabla 4.55 Proceso de manufactura del molde de inyección, pieza 12.

ENTRADA	PROCESO DE MANUFACTURA		PIEZA PROCESADA
Materia prima	Maquinaria y herramienta	Desarrollo	Componentes
Plato 4 Soporte  Placa de aluminio 6061 de 2 1/2"	Sierra de mano de 14" Fresadora CNC Cortador vertical de 1/2" Cortador vertical de bola de 1/2"	Trazado y corte de la placa Se corta con la sierra de mano de 14" Se dimensiona la altura del plato con fresa CNC Desbaste en zig-zag a 3,760 RPM Velocidad de avance a 3,384 m/min Profundidad de corte lateral inicial 1.5 mm Profundidad de corte posterior a 2.0 mm - 1 pasada Acabado en paralelo Se dimensiona el largo y ancho del plato con fresa CNC Desbaste lateral 3,760 RPM Velocidad de avance a 3,384 m/min Profundidad de corte lateral a 4.0 mm - 15 pasadas Barrenados 15,038 RPM	Plato 4 Soporte  
	Cortador vertical 1/8" Cortador vertical 5/16" Cortador vertical 5/8" Cortador vertical 3/4" Cortador vertical 1"	6,015 RPM 3,008 RPM 2,506 RPM 1,880 RPM	

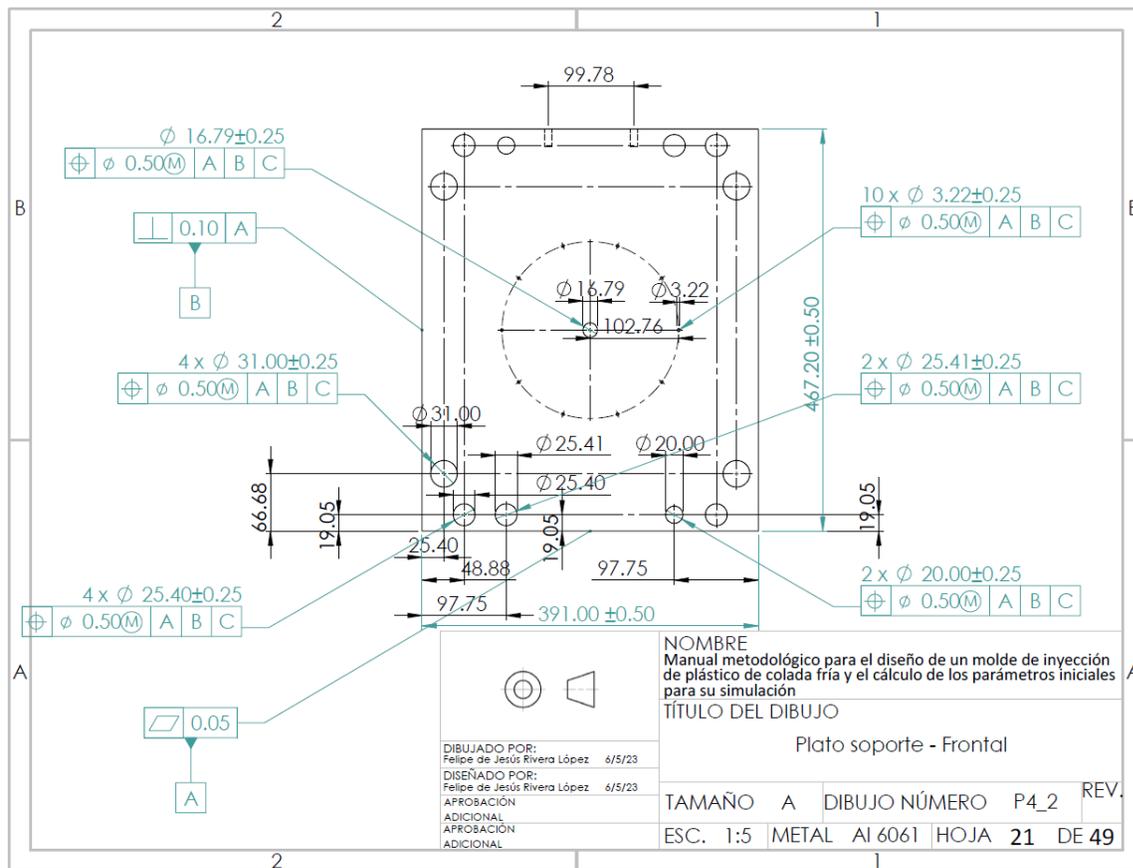


Fig. 4.143 Plano del plato 4, soporte; vista frontal.

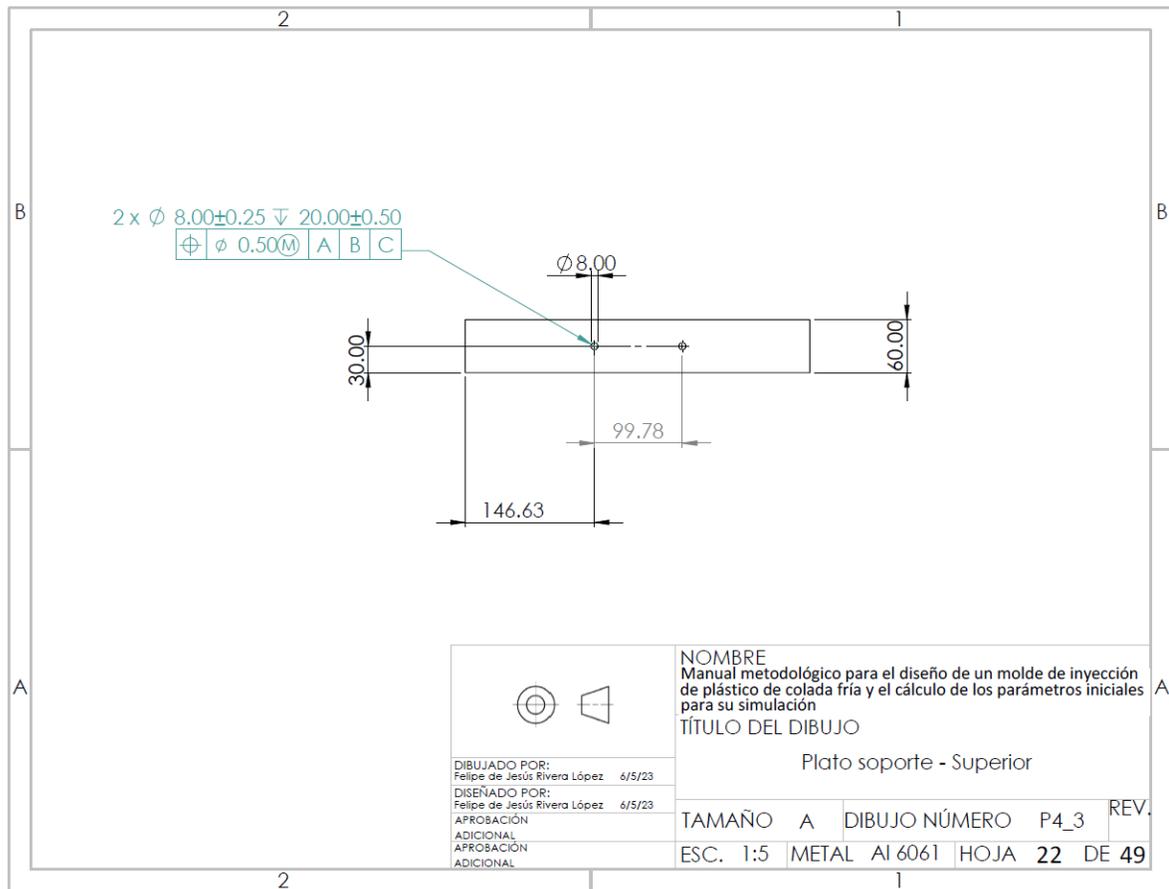


Fig. 4.144 Plano del plato 4, soporte; vista superior.

Tabla 4.56 Proceso de manufactura del molde de inyección, pieza 14.

ENTRADA	PROCESO DE MANUFACTURA		PIEZA PROCESADA
Materia prima	Maquinaria y herramienta	Desarrollo	Componentes
Plato 5 Paralelo  Placa de aluminio 6061 de 1 1/2"	Sierra de mano de 14" Fresadora CNC Cortador vertical de 1/2" Cortador vertical de bola de 1/2" Cortador vertical de bola de 1/2"  Cortador vertical 5/16" Cortador vertical 3/4" Cortador vertical 1"	Trazado y corte de la placa Se corta con la sierra de mano de 14" Se dimensiona el largo y el ancho del plato con fresa CNC  Desbaste lateral 3,760 RPM Velocidad de avance a 3,384 m/min Profundidad de corte lateral inicial 2.1 mm Profundidad de corte posterior a 4.0 mm - 9 pasadas Barrenados  6,015 RPM 2,506 RPM 1,880 RPM	Plato 5 Paralelo  

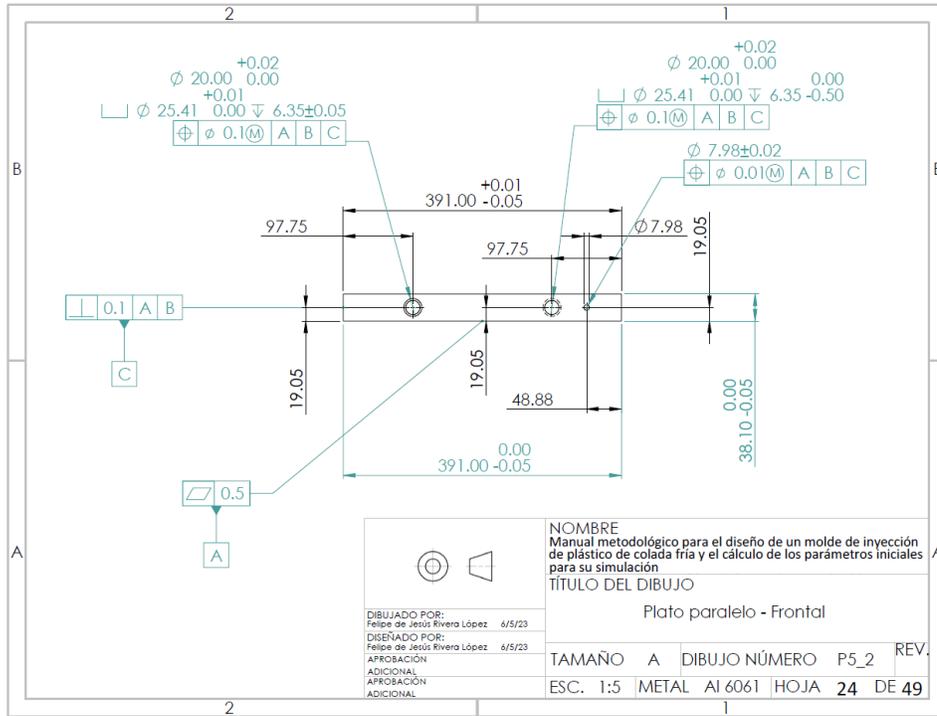


Fig. 4.145 Plano del plato 5, paralelo; vista frontal.

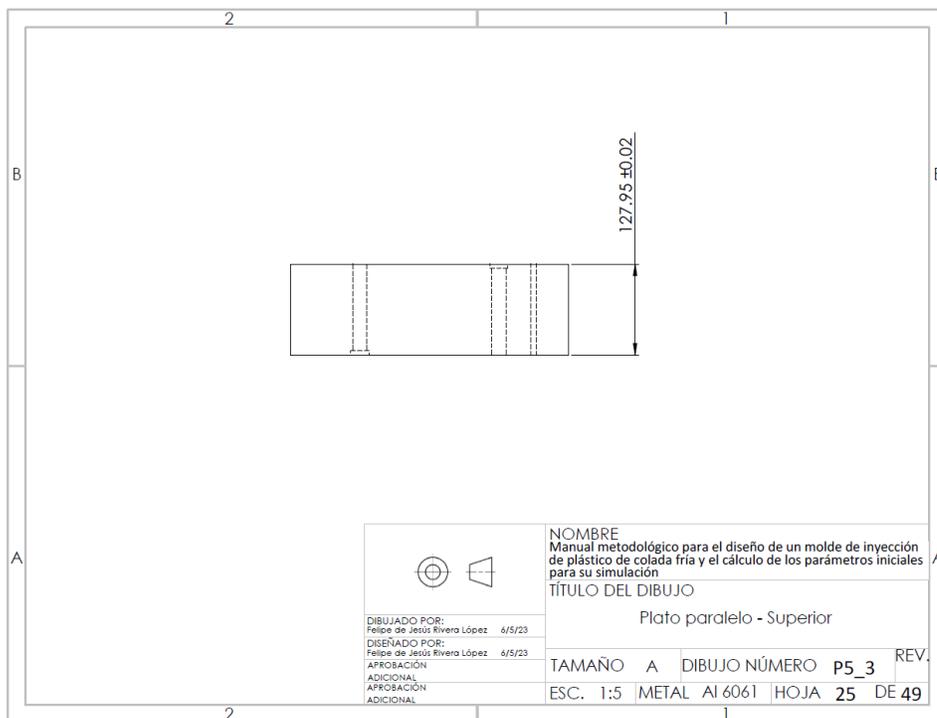


Fig. 4.146 Plano del plato 5, paralelo; vista superior.

Tabla 4.57 Proceso de manufactura del molde de inyección, pieza 15.

ENTRADA		PROCESO DE MANUFACTURA		PIEZA PROCESADA
Materia prima	Maquinaria y herramienta	Desarrollo		Componentes
Perno para el plato P5  Redondo acero 4140 $\varnothing 1\ 1/2'' \times 120\text{ mm}$	Torno Buril de metal duro para $\varnothing 20\text{ mm}$	Trazado y corte del redondo para hacer dos piezas Se dimensiona el buje Taladrado		Perno para el plato P5  
		Cilindrado desbaste, superficie A Vel. de giro = 2,314 RPM Diámetro inicial = 38.1.5 mm Diámetro final = 28.1 mm Vel. de giro = 334 RPM Longitud 72.7 mm Profundidad total = 5 mm Profundidad de corte = 1 mm Número de pasadas = 5 Avance = 0.2 mm/rev Vel. de corte = 40 m/min  Cilindrado acabado, superficie A Diámetro inicial = 28.1 mm Diámetro final = 25.4 mm Vel. de giro = 589 RPM Longitud 72.7 mm Profundidad total = 1.35 mm Profundidad de corte = 0.0.15 mm Número de pasadas = 10 Avance = 0.1 mm/rev Vel. de corte = 52 m/min		

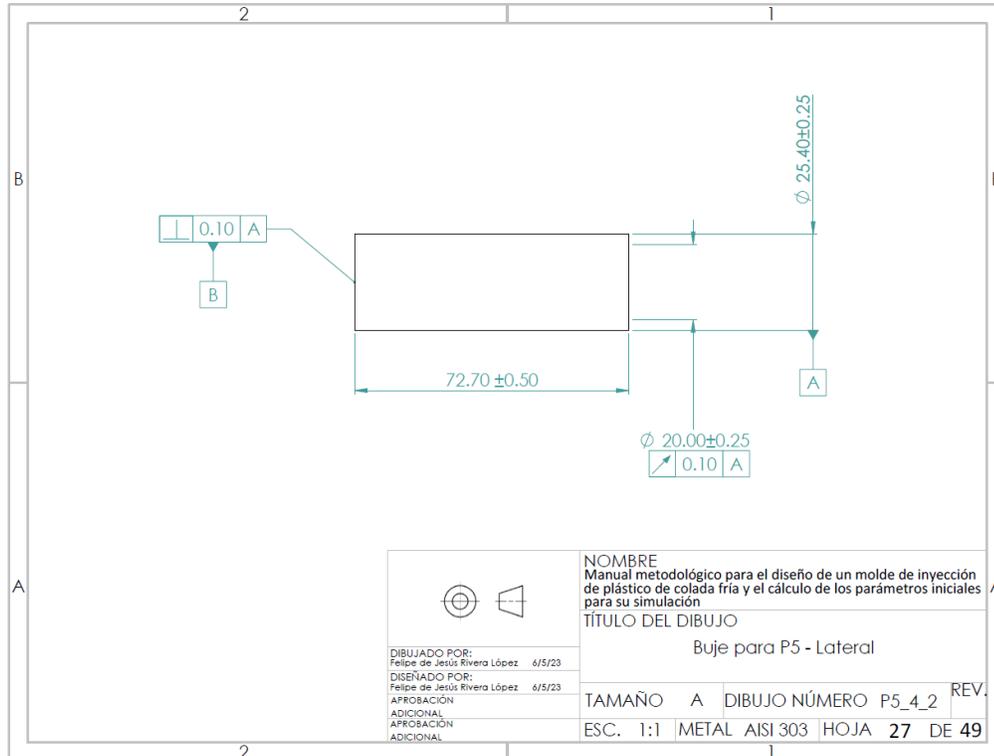


Fig. 4.147 Plano del perno para el plato 5; vista lateral.

Tabla 4.58 Proceso de manufactura del molde de inyección, pieza 16.

ENTRADA	PROCESO DE MANUFACTURA		PIEZA PROCESADA
Materia prima	Maquinaria y herramienta	Desarrollo	Componentes
Plato 6 Sujeción inferior  Placa de aluminio 6061 de 1 1/2"	Sierra de mano de 14" Fresadora CNC Cortador vertical de 1/2" Cortador vertical de bola de 1/2"      Cortador vertical 5/16" Cortador vertical 3/4" Cortador vertical 1"	Trazado y corte de la placa Se corta con la sierra de mano de 14" Se dimensiona la altura del plato con fresa CNC Desbaste en zig-zag a 3,760 RPM Velocidad de avance a 3,384 m/min Profundidad de corte inicial 0.7 mm Profundidad de corte posterior a 3.0 mm - 4 pasada Acabado en paralelo Se dimensiona el largo y ancho del plato con fresa CNC Desbaste lateral 3,760 RPM Velocidad de avance a 3,384 m/min Profundidad de corte lateral inicial a 1.4 mm - 1 pasada Profundidad de corte posterior a 3.0 mm - 8 pasadas Barrenados 6,015 RPM 2,506 RPM 1,880 RPM	Plato 6 Sujeción inferior  

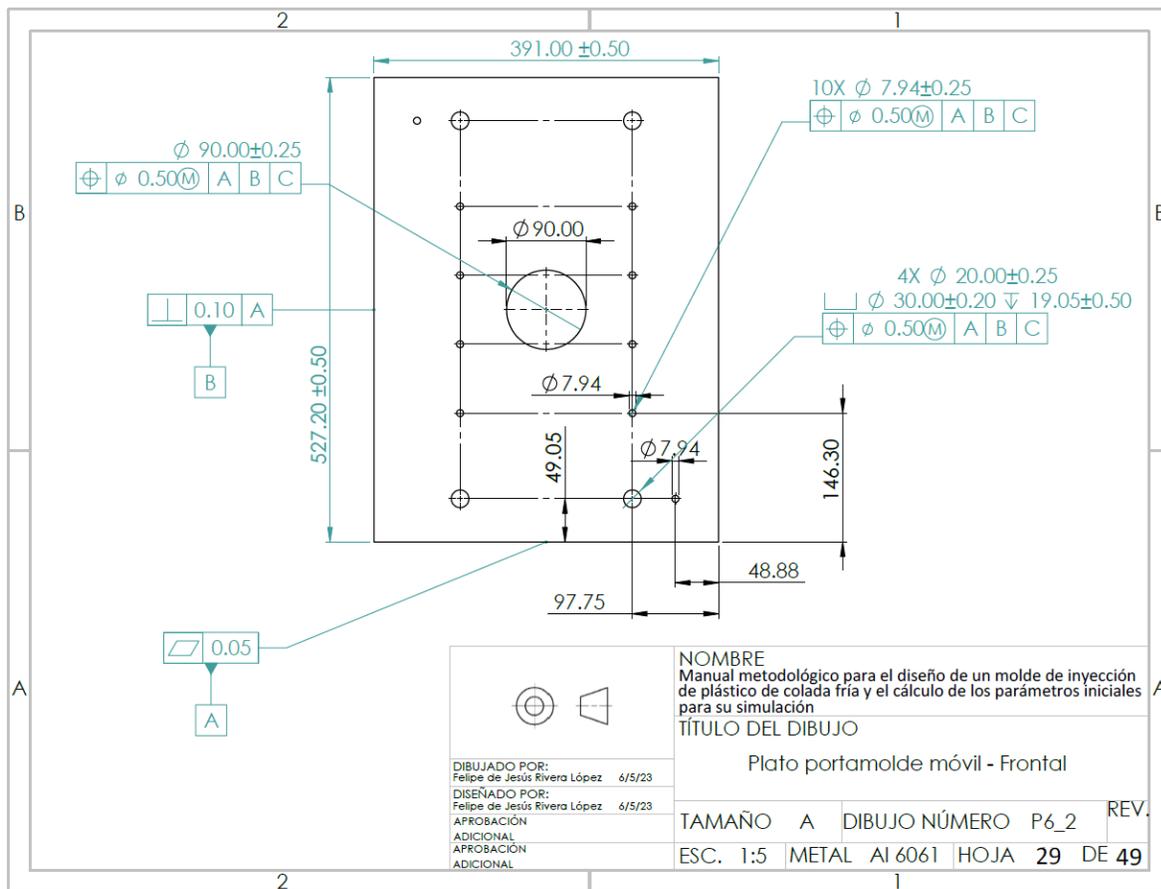


Fig. 4.148 Plano del plato 6, sujeción inferior; vista superior.

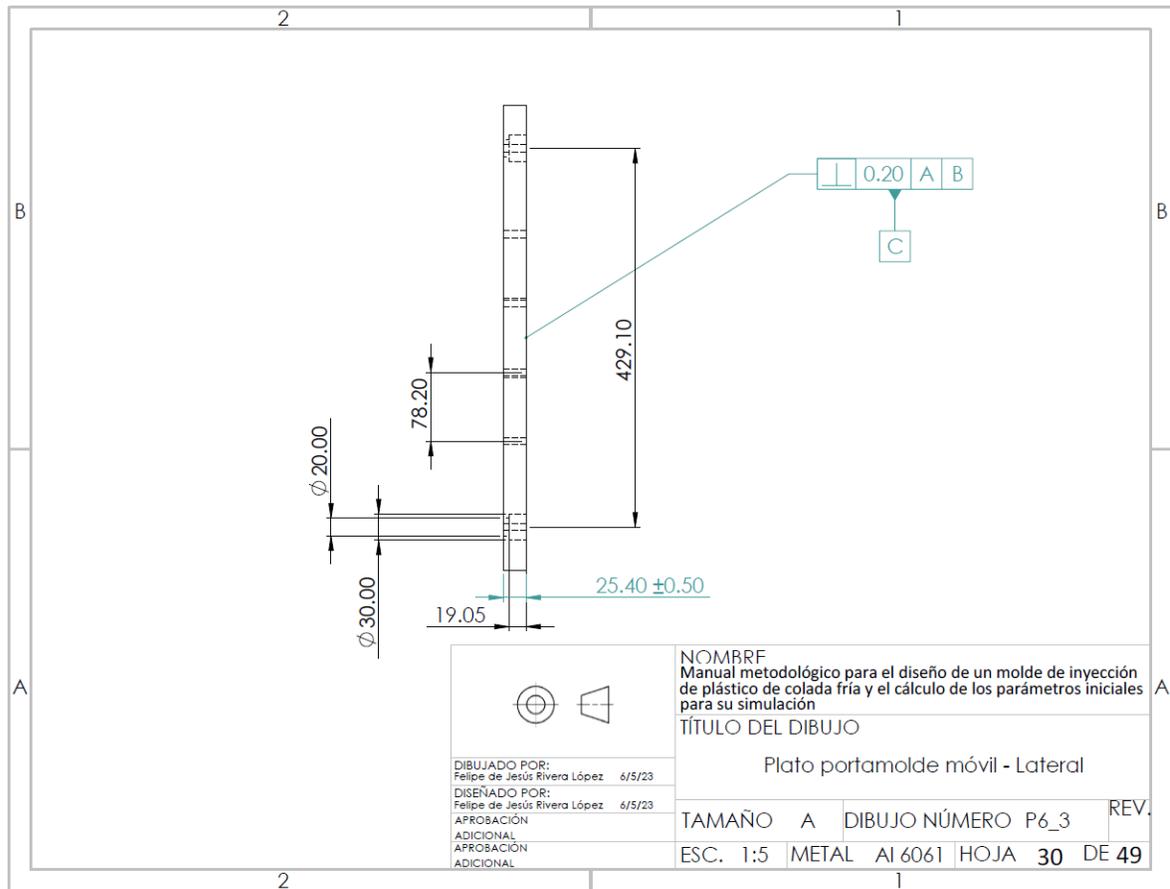
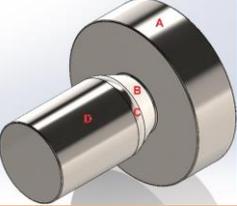


Fig. 4.149 Plano del plato 6, sujeción inferior; vista lateral.

Tabla 4.59 Proceso de manufactura del molde de inyección, pieza 17.

ENTRADA	PROCESO DE MANUFACTURA		PIEZA PROCESADA
Materia prima	Maquinaria y herramienta	Desarrollo	Componentes
Perno limitador  Redondo acero 4140 $\varnothing$ 3/4" x 23 mm	Torno convencional	Trazado	Perno limitador  
	Buril de metal duro	Cilindrado desbaste, superficie A+B+C+D Diámetro inicial = 19.05 mm Diámetro final = 17.05 mm Vel. de giro = 668 RPM Longitud 17.46 mm Profundidad total = 1 mm Profundidad de corte = 1 mm Número de pasadas = 1 Avance = 0.2 mm/rev Vel. de corte = 40 m/min	
		Cilindrado acabado, superficie A+B+C+D Diámetro inicial = 17.05 mm Diámetro final = 15.85 mm Vel. de giro = 971 RPM Longitud 17.46 mm Profundidad total = 0.6 mm Profundidad de corte = 0.15 mm Número de pasadas = 4 Avance = 0.1 mm/rev Vel. de corte = 52 m/min	
		Cilindrado desbaste, superficie B + C + D Diámetro inicial = 15.85 mm Diámetro final = 7.85 mm Vel. de giro = 803 RPM Longitud 12.7 mm Profundidad total = 4 mm Profundidad de corte = 1 mm Número de pasadas = 4 Avance = 0.2 mm/rev Vel. de corte = 40 m/min	
		Redondeo, superficie C Diámetro mayor = 7.85 mm Diámetro menor = 7.45 mm Profundidad = 0.2 mm Ancho de ranura = 1 mm Ancho de buril = 1 mm Avance = 0.1 mm/rev Número de pasadas = 1 Vel. de corte = 20 m/min Vel. de giro = 811 RPM	
		Cilindrado cónico acabado, superficie C Diámetro mayor = 7.45 mm Diámetro menor = 5.45 mm Vel. de giro = 1880 RPM Longitud 2.31 mm Ángulo = 23.4° Profundidad total = 1 mm Profundidad de corte = 0.2 mm Número de pasadas = 5 Avance = 0.2 mm/rev Vel. de corte = 44 m/min	

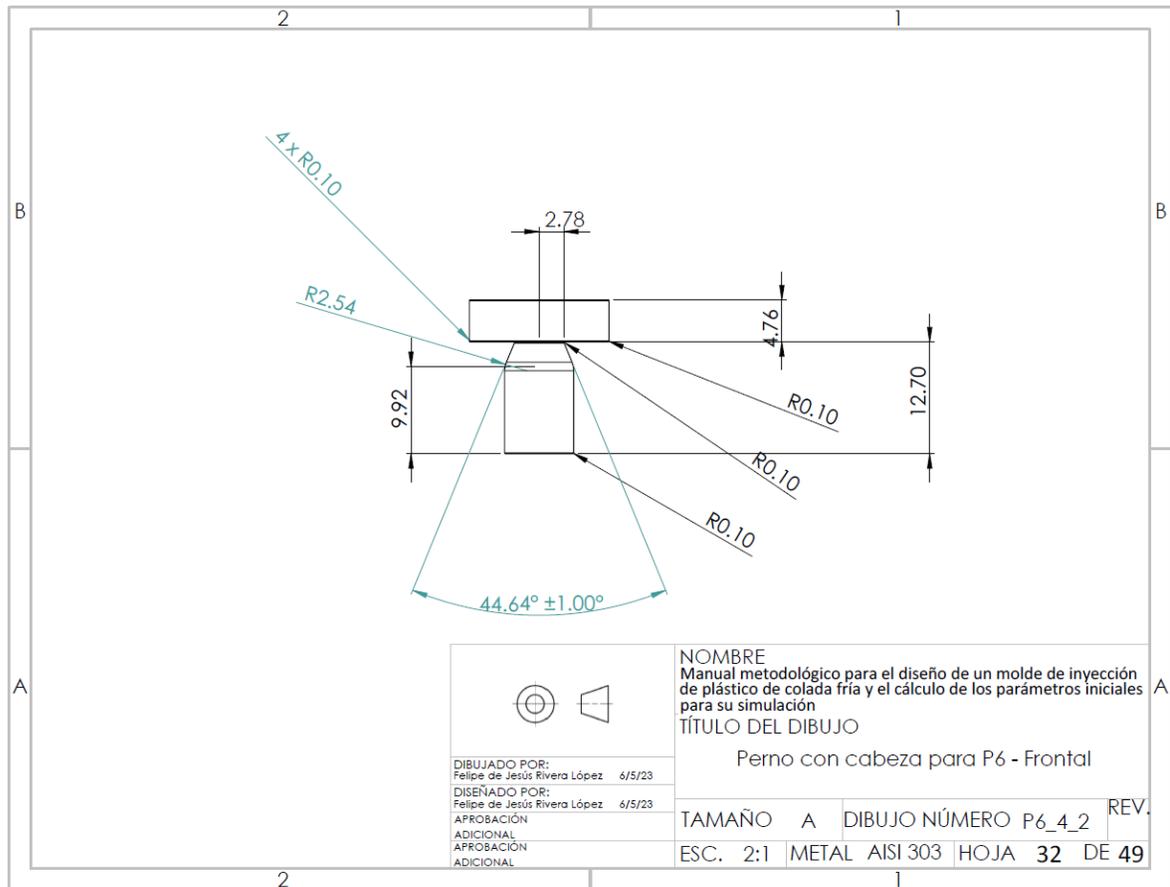


Fig. 4.150 Plano del perno limitador; vista frontal.

Tabla 4.60 Proceso de manufactura del molde de inyección, pieza 18.

ENTRADA	PROCESO DE MANUFACTURA		PIEZA PROCESADA
Materia prima	Maquinaria y herramienta	Desarrollo	Componentes
<p>Perno para el plato P5 y P6</p> <p>Redondo acero 4140 <math>\varnothing 1/2" \times 127 \text{ mm}</math></p>	<p>Torno</p> <p>Buril</p>	<p>Trazado y corte del redondo para hacer dos piezas</p> <p>Se dimensiona el perno</p> <p>Cilindrado desbaste, superficie A+B+C</p> <p>Diámetro inicial = 12.7 mm</p> <p>Diámetro final = 8.7 mm</p> <p>Vel. de giro = 1003 RPM</p> <p>Longitud 69.85 mm</p> <p>Profundidad total = 2 mm</p> <p>Profundidad de corte = 1 mm</p> <p>Número de pasadas = 2</p> <p>Avance = 0.2 mm/rev</p> <p>Vel. de corte = 40 m/min</p> <p>Cilindrado acabado, superficie A+B+C</p> <p>Diámetro inicial = 8.7 mm</p> <p>Diámetro final = 7.94 mm</p> <p>Vel. de giro = 1903 RPM</p> <p>Longitud 69.85 mm</p> <p>Profundidad total = 00.38 mm</p> <p>Profundidad de corte = 0.19 mm</p> <p>Número de pasadas = 2</p> <p>Avance = 0.1 mm/rev</p> <p>Vel. de corte = 52 m/min</p> <p>Cilindrado cónico acabado, superficie C</p> <p>Diámetro mayor = 7.94 mm</p> <p>Diámetro menor = 4.76 mm</p> <p>Vel. de giro = 1,764 RPM</p> <p>Longitud 1.58 mm</p> <p>Ángulo = 45.18°</p> <p>Profundidad total = 1.59 mm</p> <p>Profundidad de corte = 1.59 mm</p> <p>Número de pasadas = 1</p> <p>Avance = 0.2 mm/rev</p> <p>Vel. de corte = 44 m/min</p> <p>Cilindrado cónico acabado, superficie A</p> <p>Diámetro mayor = 7.94 mm</p> <p>Diámetro menor = 1.58 mm</p> <p>Vel. de giro = 1,764 RPM</p> <p>Longitud 3.18 mm</p> <p>Ángulo = -45°</p> <p>Profundidad total = 3.18 mm</p> <p>Profundidad de corte = 1.6 mm</p> <p>Número de pasadas = 2</p> <p>Avance = 0.2 mm/rev</p> <p>Vel. de corte = 44 m/min</p>	<p>Perno para el plato P5 y P6</p> 

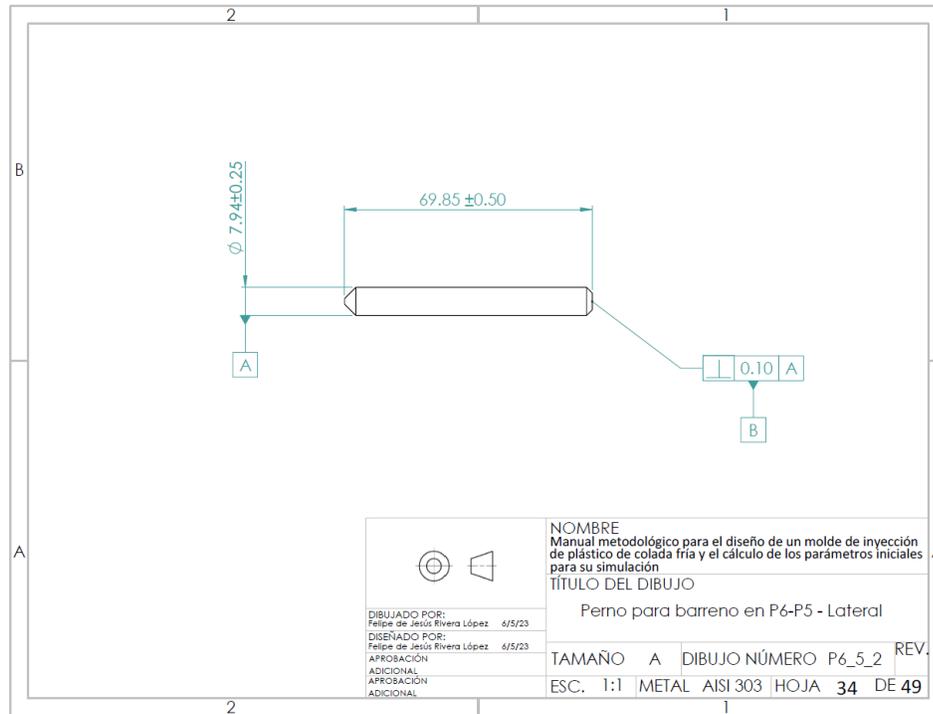


Fig. 4.151 Plano del perno para el plato 5 y 6, vista lateral.

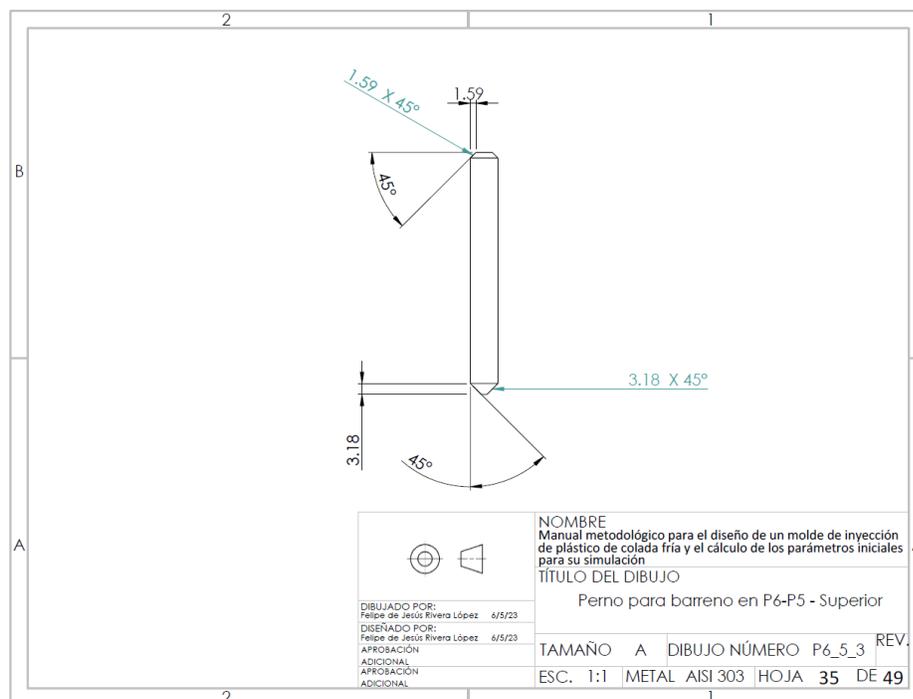
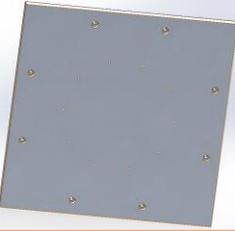


Fig. 4.152 Plano del perno para el plato 5 y 6, vista superior.

Tabla 4.61 Proceso de manufactura del molde de inyección, pieza 20.

ENTRADA		PROCESO DE MANUFACTURA		PIEZA PROCESADA
Materia prima	Maquinaria y herramienta	Desarrollo		Componentes
Plato 7 Expulso  Placa de aluminio 6061 de 1 1/2" 38.1 mm	Sierra de mano de 14" Sierra de cinta Fresadora CNC	Trazado y corte de la placa Se corta con la sierra de mano de 14" Se corta con la sierra de cinta el excedente dimensional 10.1 mm		Plato 7  Expulsor
	Cortador vertical de 1/2" Cortador vertical de bola de 1/2"	Se dimensiona la altura del plato con fresa CNC Desbaste en zig-zag para dimensionar la altura a 19.5 mm 3,760 RPM Velocidad de avance a 3,384 m/min Profundidad de corte inicial 0.6 mm Profundidad de corte posterior a 2.0 mm - 4 pasadas Acabado en paralelo		
	Cortador vertical 1/8" Cortador vertical 1/4" Cortador vertical 1/2"	Se dimensiona el largo y el ancho del plato con fresa CNC Desbaste lateral para dimensionar el plato Profundidad de corte lateral inicial 1.3 mm Profundidad de corte posterior a 4.0 mm - 5 pasadas  Barrenados  15,038 RPM 7,519 RPM 3,760 RPM		

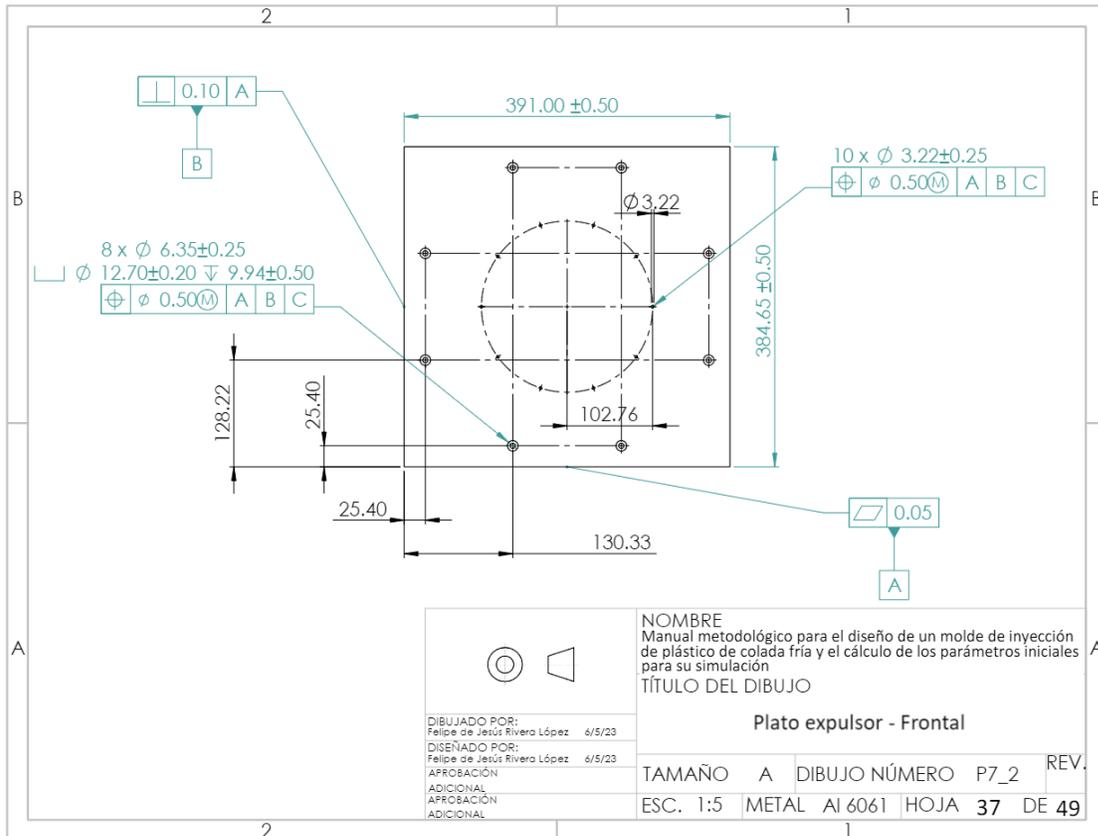


Fig. 4.153 Plano del plato 7, expulsor; vista frontal.

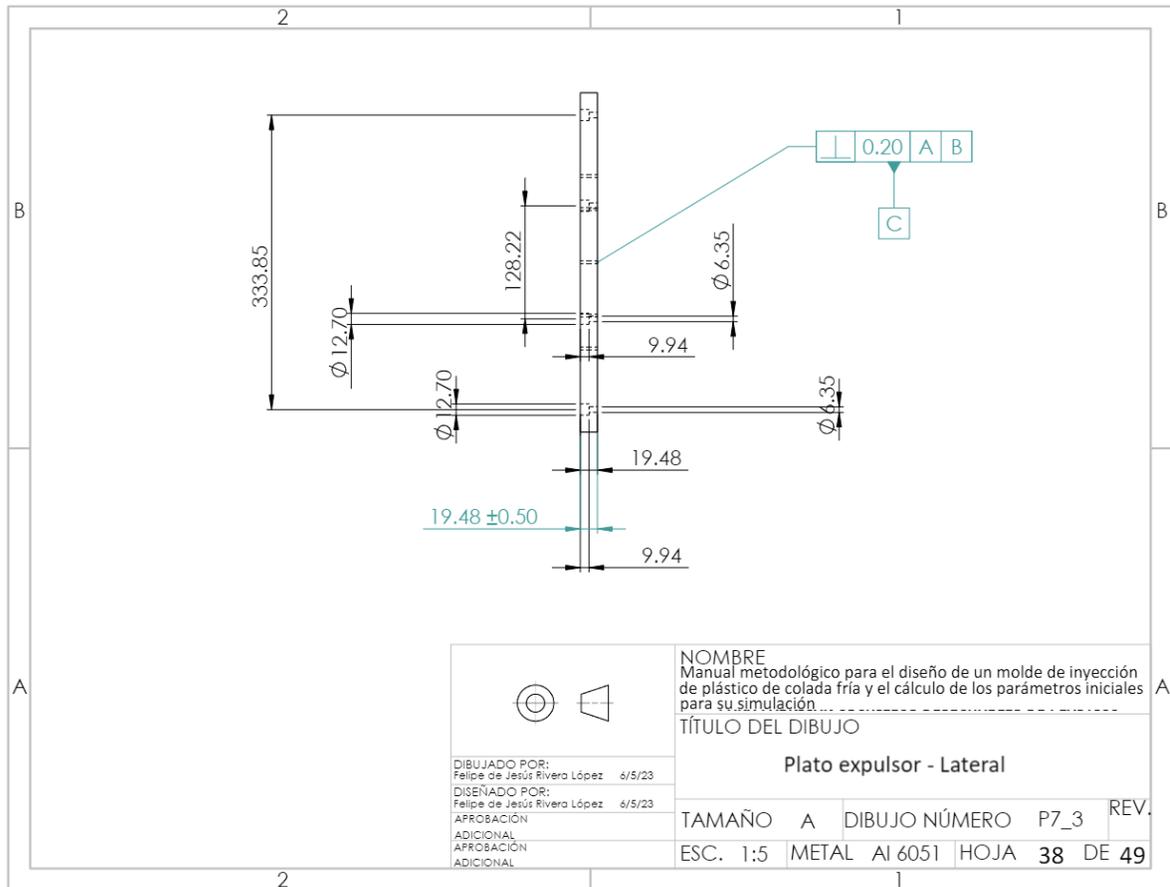


Fig. 4.154 Plano del plato 7, expulsor; vista lateral.

Tabla 4.62 Proceso de manufactura del molde de inyección, pieza 21.

ENTRADA		PROCESO DE MANUFACTURA		PIEZA PROCESADA
Materia prima	Maquinaria y herramienta	Desarrollo		Componentes
Perno expulsor principal  Redondo acero 4140 Ø1" x 251 mm	Torno Butil Fresadora Cola de milano	Trazado y corte del redondo para hacer dos piezas		Perno expulsor principal  
		Se dimensiona el perno		
		Cilindrado desbaste, superficie A+B Diámetro inicial = 25.4 mm Diámetro final = 23.98 mm Vel. de giro = 501 RPM Longitud 180.95 mm Profundidad total = 0.71 mm Profundidad de corte = 0.71 mm Número de pasadas = 1 Avance = 0.2 mm/rev Vel. de corte = 40 m/min		
		Cilindrado desbaste, superficie B Diámetro inicial = 23.98 mm Diámetro final = 11.98 mm Vel. de giro = 531 RPM Longitud 174.6 mm Profundidad total = 6.0 mm Profundidad de corte = 2.0 mm Número de pasadas = 3 Avance = 0.2 mm/rev Vel. de corte = 40 m/min		
		Cilindrado acabado, superficie B Diámetro inicial = 11.98 mm Diámetro final = 11.58 mm Vel. de giro = 1382 RPM Longitud 174.6 mm Profundidad total = 0.2 mm Profundidad de corte = 0.2 mm Número de pasadas = 1 Avance = 0.1 mm/rev Vel. de corte = 52 m/min		
		Corte C	Corte de milano	

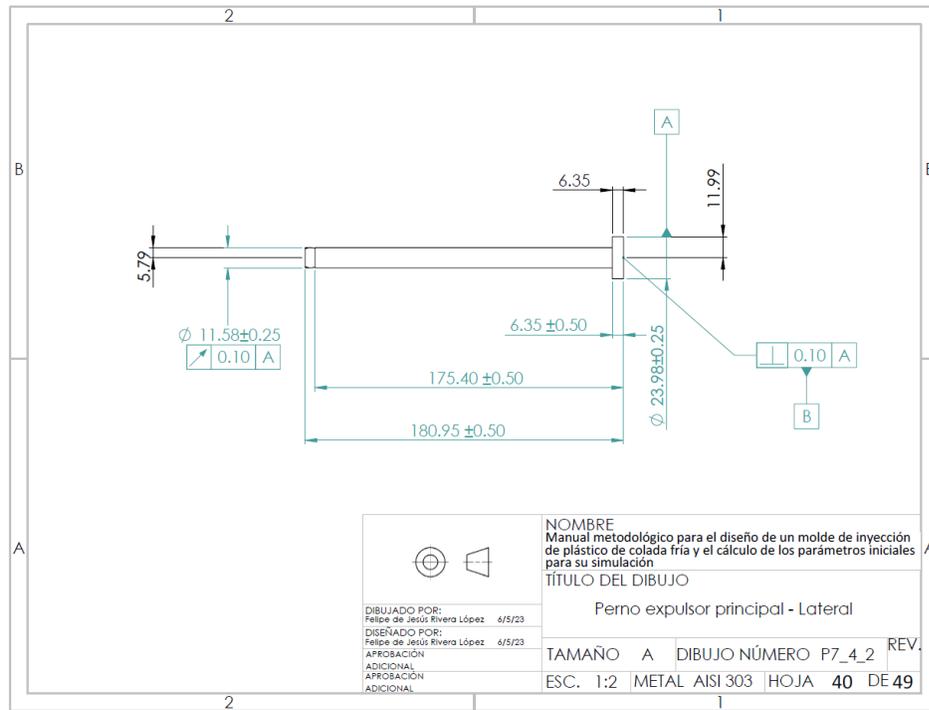


Fig. 4.155 Plano del perno expulsor principal, vista lateral.

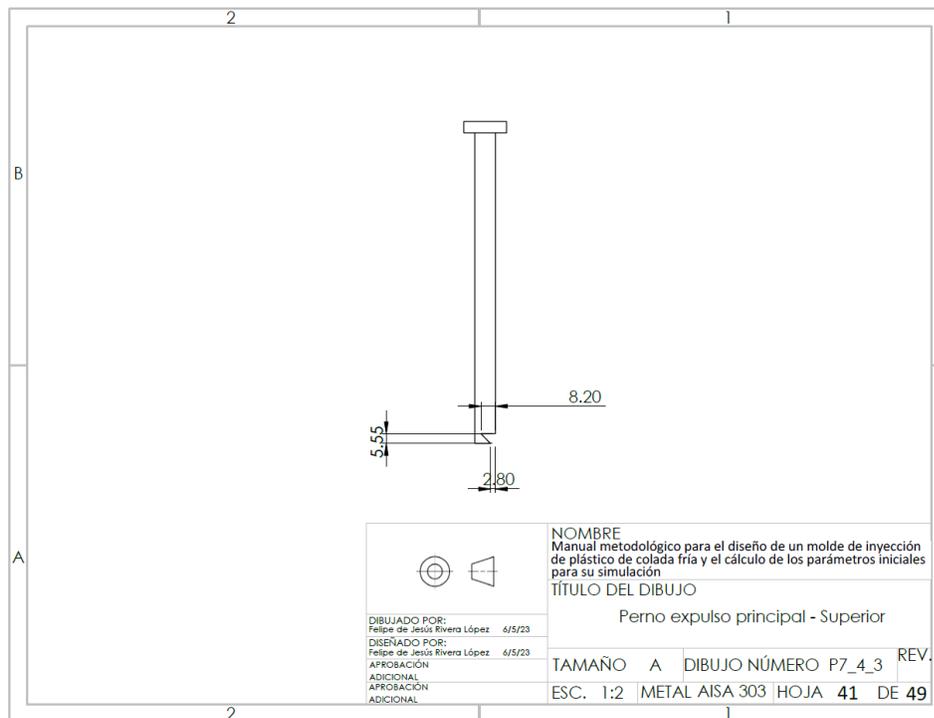


Fig. 4.156 Plano del perno expulsor principal, vista superior.

Tabla 4.63 Proceso de manufactura del molde de inyección, pieza 22.

ENTRADA	PROCESO DE MANUFACTURA		PIEZA PROCESADA
Materia prima	Maquinaria y herramienta	Desarrollo	Componentes
Perno expulsor secundario  Redondo acero 4140 Ø 1/2" x 250 mm	Torno Buril Fresadora Cola de milano	Se dimensiona el perno Cilindrado desbaste, superficie A+B  Diámetro inicial =12.7 mm Diámetro final = 6.7 mm Vel. de giro = 1003 RPM Longitud 193.04 mm Profundidad total = 3.0 mm Profundidad de corte = 1.5 mm Número de pasadas = 2 Avance = 0.2 mm/rev Vel. de corte = 40 m/min	Perno expulsor secundario  
		Cilindrado acabado, superficie A+B  Diámetro inicial = 6.7 mm Diámetro final = 6.38 mm Vel. de giro = 2430 RPM Longitud 193.04 mm Profundidad total = 0.16 mm Profundidad de corte = 0.16 mm Número de pasadas = 1 Avance = 0.1 mm/rev Vel. de corte = 52 m/min	
		Cilindrado desbaste, superficie B  Diámetro inicial =6.38 mm Diámetro final = 4.38 mm Vel. de giro = 1996 RPM Longitud 186.69 mm Profundidad total = 1.0 mm Profundidad de corte = 1.0 mm Número de pasadas = 1 Avance = 0.2 mm/rev Vel. de corte = 40 m/min	
		Cilindrado acabado, superficie B  Diámetro inicial = 4.38 mm Diámetro final = 3.2 mm Vel. de giro = 3779 RPM Longitud 186.69 mm Profundidad total = 0.59 mm Profundidad de corte = 0.59 mm Número de pasadas = 1 Avance = 0.1 mm/rev Vel. de corte = 52 m/min	

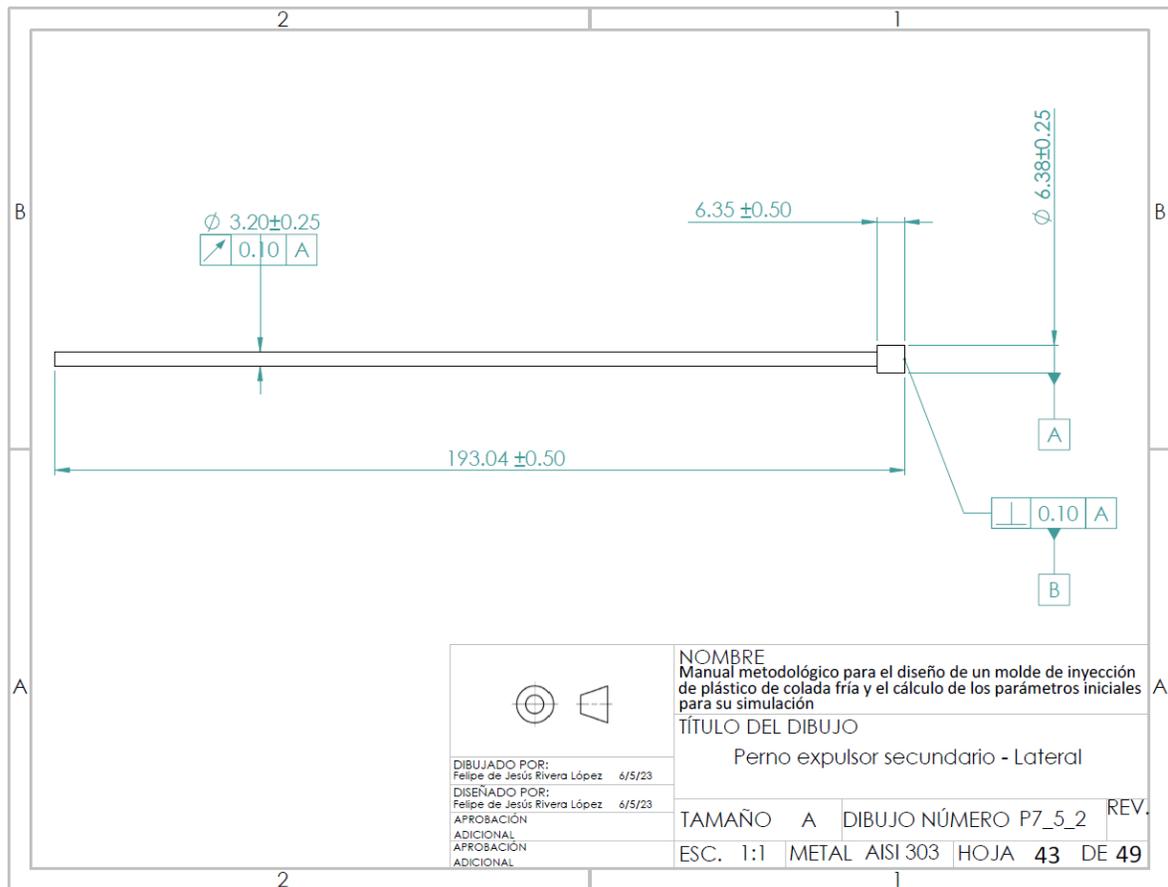


Fig. 4.157 Plano del perno expulsor secundario, vista lateral.

Tabla 4.64 Proceso de manufactura del molde de inyección, pieza 23.

ENTRADA	PROCESO DE MANUFACTURA		PIEZA PROCESADA
Materia prima	Maquinaria y herramienta	Desarrollo	Componentes
Perno porta resorte expulsador  Redondo acero 4140 Ø 1/2" x 250 mm	Torno Buril Fresadora Cola de milano	Se dimensiona el perno Cilindrado desbaste, superficie A + B + C Diámetro inicial = 38.1 mm Diámetro final = 36.3 mm Vel. de giro = 334 RPM Longitud 106.7 mm Profundidad total = 0.9 mm Profundidad de corte = 0.9 mm Número de pasadas = 1 Avance = 0.2 mm/rev Vel. de corte = 40 m/min	Perno porta resorte expulsor  
		Cilindrado desbaste, superficie B + C Diámetro inicial = 36.3 mm Diámetro final = 30.3 mm Vel. de giro = 351 RPM Longitud 100.35 mm Profundidad total = 3.0 mm Profundidad de corte = 1.0 mm Número de pasadas = 3 Avance = 0.2 mm/rev Vel. de corte = 40 m/min	
		Cilindrado acabado, superficie B + C Diámetro inicial = 30.3 mm Diámetro final = 30.0 mm Vel. de giro = 546 RPM Longitud 100.35 mm Profundidad total = 0.15 mm Profundidad de corte = 0.15 mm Número de pasadas = 1 Avance = 0.1 mm/rev Vel. de corte = 52 m/min	
		Cilindrado cónico acabado, superficie C Diámetro mayor = 30.0 mm Diámetro menor = 29.4 mm Vel. de giro = 467 RPM Longitud 1.8 mm Ángulo = 20° Profundidad total = 0.3 mm Profundidad de corte = 0.3 mm Número de pasadas = 1 Avance = 0.2 mm/rev Vel. de corte = 40 m/min	

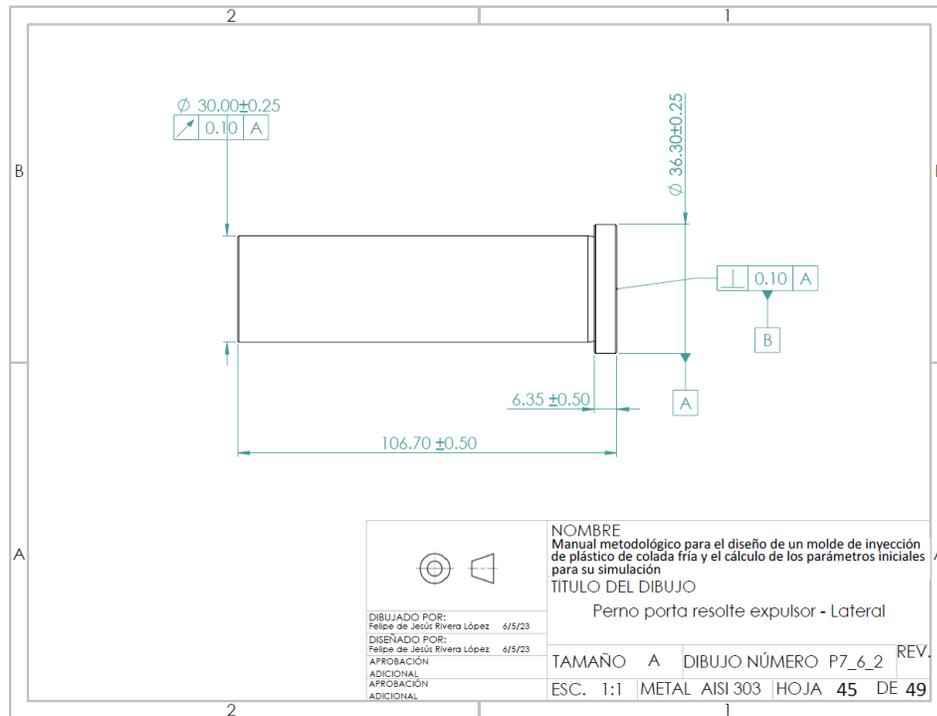


Fig. 4.158 Plano del perno porta resorte expulsor, vista lateral.

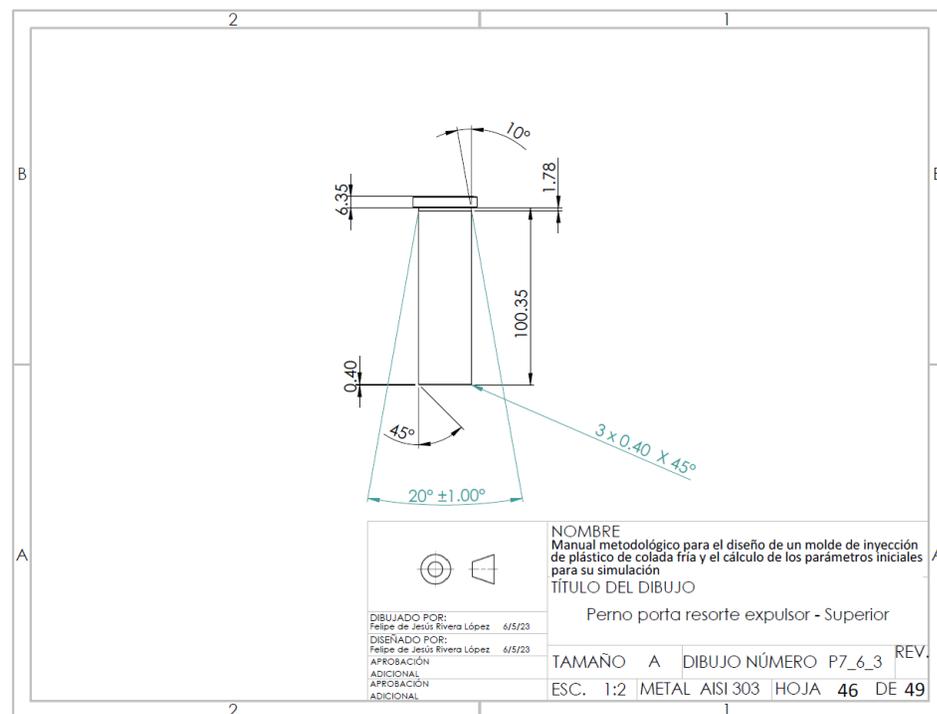


Fig. 4.159 Plano del perno porta resorte expulsor, vista superior.

Tabla 4.65 Proceso de manufactura del molde de inyección, pieza 24.

ENTRADA		PROCESO DE MANUFACTURA		PIEZA PROCESADA
Materia prima	Maquinaria y herramienta	Desarrollo		Componentes
Plato 8 Expulso retenedor	Sierra de mano de 14" Sierra de cinta Fresadora CNC  Cortador vertical de 1/2" Cortador vertical de bola de 1/2"	Trazado y corte de la placa Se corta con la sierra de mano de 14" Se corta con la sierra de cinta el excedente dimensional 20.1 mm		Plato 8  Expulso retenedor
		Se dimensiona la altura del plato con fresa CNC Desbaste en zig-zag para dimensionar la altura a 12.7 mm 3,760 RPM Velocidad de avance a 3,384 m/min Profundidad de corte inicial 0.3 mm Profundidad de corte posterior a 1.0 mm - 5 pasadas Acabado en paralelo		
Placa de aluminio 6061 de 1 1/2" 38.1 mm		Se dimensiona el largo y el ancho del plato con fresa CNC Desbaste lateral para dimensionar el plato Profundidad de corte lateral inicial 0.7 mm Profundidad de corte posterior a 3.0 mm - 4 pasadas		
	Cortador vertical 1/8" Cortador vertical 1/4" Cortador vertical 3/8" Cortador vertical 1/2" Cortador vertical 7/8" Cortador vertical 1"	Barrenados 15,038 RPM 7,519 RPM 5,013 RPM 3,760 RPM 2,148 RPM 1,880 RPM		

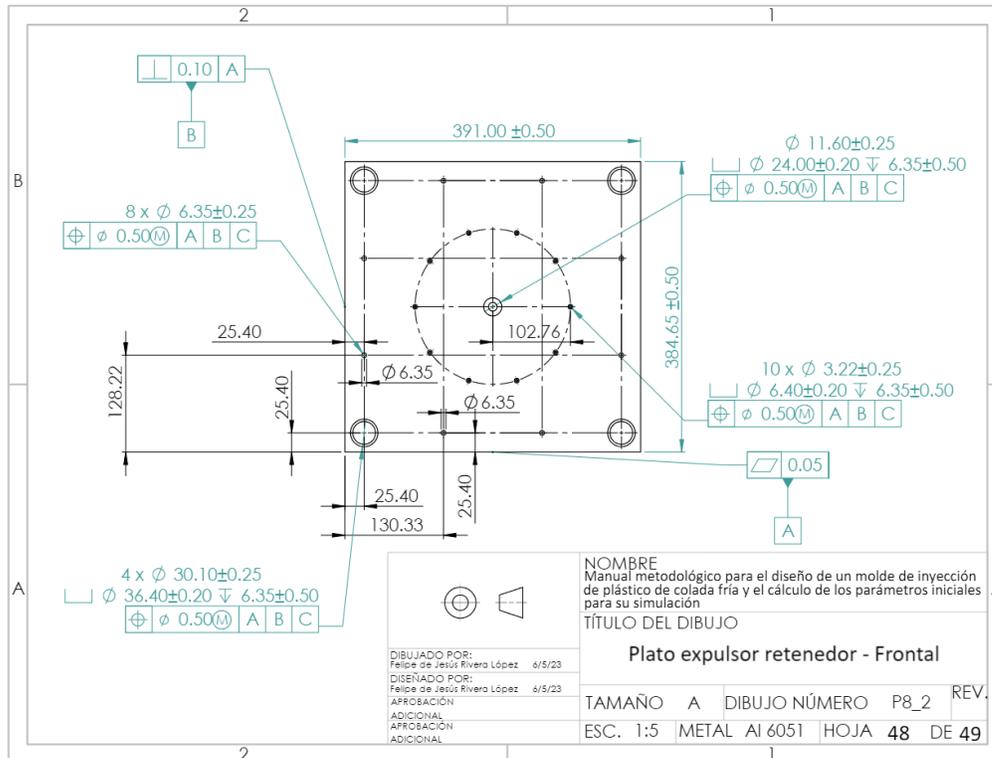


Fig. 4.160 Plano del plato 8, expulsor retenedor; vista frontal.

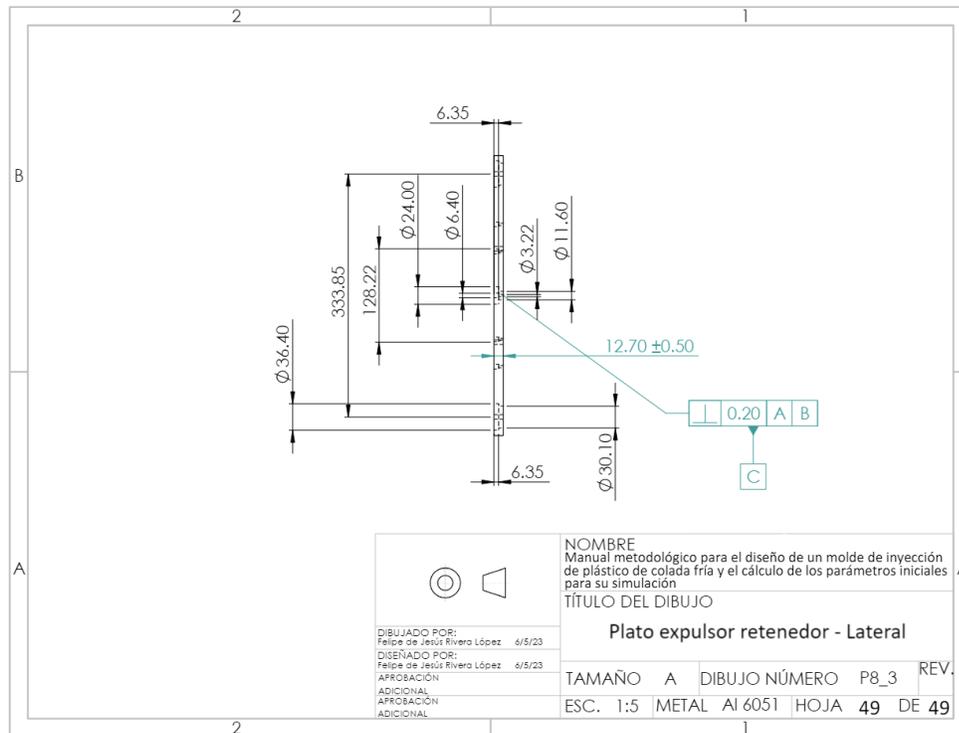


Fig. 4.161 Plano del plato 8, expulsor retenedor; vista lateral.

#### 4.16 SELECCIÓN DE LOS PERIFÉRICOS

Siendo rigorista, el polímero propuesto para inyectar, el polipropileno homopolímero AXLENE 12 de INDELPRO necesita que el molde de inyección esté calentado a 60°C para procesarlo adecuadamente y que la temperatura de la pieza moldeada sea expulsada a 85 °C, cumpliendo que la temperatura de expulsión sea menor a su temperatura de HDT, 104°C. Entonces, en principio, se necesita un sistema de control de temperatura para mantener el molde a 60°C y de esta manera cumplir el requerimiento.

Sin embargo, la pieza plástica inyectada no es un producto que necesite alta precisión en sus dimensiones, es decir, no es un producto de tipo ingenieril. Además, no se está requiriendo ningún grado de transparencia

como para mantener el molde frío en un rango de 10°C a 30°C [29]. Entonces, el polipropileno homopolímero puede ser inyectado en un rango de 20°C a 60°C. Por tanto, solamente se necesitaría una torre de enfriamiento. Es necesario enfatizar, que ante esta propuesta la pieza moldeada variaría sus dimensiones al inicio y al final de un turno de producción. Esta opción no aprobaría ningún control de calidad.

#### **4.17 CONCLUSIONES**

En este capítulo se ha desarrollado el diseño de una pieza plástica, se ha modelado en un software especializado, se ha impreso en 3D, se ha diseñado el núcleo y la cavidad de la pieza moldeada, se ha diseñado el molde completo para inyectar la pieza moldeada, se le ha hecho el estudio de moldeo y finalmente se ha simulado.

Para efectuar el diseño de la pieza plástica se tuvo que hacer un estudio ergonómico para determinar sus dimensiones. Hacer un estudio ergonómico no es fácil de desarrollar, sin embargo, se pudo observar que los alumnos de Universidad Tecnológica de la Mixteca tienen alumnos de todas las regiones del Estado de Oaxaca, por tanto, se aprovechó dicha característica y el estudio ergonómico cuenta con participantes de todas las ocho regiones del Estado.

Al concluir el estudio ergonómico, se tuvo que adquirir el hardware necesario para cumplir los requerimientos del software especializado CAD/CAM/CAE, SolidWorks 2020, incluso se sobrepasaron sus requerimientos, de lo contrario no se hubiera podido modelar la pieza a moldear, debido a que es una pieza compleja y requirió mucha memoria

de RAM. Durante el proceso de diseño del núcleo y de la cavidad, el requerimiento de memoria RAM fue mayor.

Fue necesaria la impresión de la pieza plástica modelada para seleccionar el cuchillo de mesa más viable, la impresión no se hizo con polipropileno porque las impresoras disponibles en la Universidad Tecnológica de la Mixteca no están diseñadas para usar filamento de PP-H, solamente usan filamento de PLA y ABS. En las impresoras externas al Municipio de Huajuapán, las impresiones son costosas. Por tanto, se decidió hacer la impresión en PLA y ABS. Se recomienda imprimir con filamento PLA.

Al elegir el modelado de la pieza plástica, se inició el diseño de la pieza a moldear, se decidió incluirle las compuertas, los canales de alimentación y la mazarota. Esta decisión permitió realizar una simulación más cercana a la realidad porque todo el sistema de alimentación desplegado por el simulador no es tan representativo porque se observa discontinuidades en todo el sistema. Por tal razón, se hizo el diseño de la pieza a moldear con todo su sistema de alimentación.

Para tener los parámetros de simulación, se hizo un estudio de moldeo donde se incluyen las características del polímero AXLENE 12 y de la máquina de moldeo TEDERIC D-125. Esto permitió tener todos los parámetros para simular la pieza de moldeo.

Los resultados de la simulación de la pieza moldeada en un ciclo de moldeo muestran resultados muy interesantes.

Se usó una fuerza de cierre de 57 toneladas, menos del 50% de la fuerza de cierre de la máquina de moldeo.

La presión de inyección requerida es de 52 MPa, menos del 50% de la capacidad de la presión de la máquina de moldeo.

El simulador propone un tiempo de ciclo de moldeo de 14.06 s, inferior al calculado porque la máquina de moldeo llena la pieza de moldeo más rápido al valor propuesto de 1.5 s. Sin embargo, el tiempo de mantenimiento propone subirlo de 1.4 s a 1.57 s y el tiempo de refrigeración residual disminuirlo de 3.3 s a 3.2 s, manteniendo el tiempo de refrigeración total en 4.77 s. El tiempo de apertura total del molde, incluye el tiempo de cierre, equipo de inyección hacia adelante, tiempo de apertura y tiempo de expulsión. No fue modificado por la simulación y lo mantuvo en 8 s.

La pieza moldeada no tiene rechupes significativos, por tanto, serán considerados como despreciables.

Por lo que respecta a la contracción de la pieza moldeada, se observa que tienen una contracción máxima de 2.2 mm en las puntas de los cuchillos ubicados en la entrada de los canales de refrigeración. Sin embargo, a la salida de los canales de refrigeración, las puntas de los cuchillos tienen una contracción total máxima de 1.4 mm. Para corregir dicho problema se propone alternar las entradas y salidas del flujo refrigerante, de esta manera se tendrá un molde refrigerado más homogéneo para que afecte en la misma magnitud la contracción de la pieza moldeada.

Por lo que respecta a la fabricación del molde, es preferible manufacturarlo en el Laboratorio de Manufactura Avanzada porque permite elaborar las placas a las medidas requeridas, sobraría placa para otros moldes. Sin embargo, la razón principal es porque no existen moldes normalizados de aluminio con las dimensiones requeridas. Si se tuviera que usar un molde normalizado, sería de acero, el precio se triplica.

Finalmente, después de investigar los requerimientos con el usuario final, el productor, el mayorista y de haber realizado una supervisión de los requerimientos desde el punto de vista del diseño; se toma la siguiente decisión:

- **No manufacturar el molde de inyección**

- Se ha investigado que *el cuchillo de mesa de plástico desechable es un producto con muy baja demanda.*
- El solicitante del molde no contribuirá económicamente para su fabricación, solamente prestaría la máquina de moldeo de inyección para probar el molde. Ese fue el acuerdo inicial, cuando no existía una máquina de moldeo por inyección nueva en la Universidad Tecnológica de la Mixteca.
- *La recuperación de la inversión, más de \$100,000.00 MXN en la fabricación del molde sería prácticamente irre recuperable.*
- *Para hacer la recuperación de la inversión del cuchillo, se tendría que hacer el molde del tenedor y el molde de la cuchara para poder vender el cuchillo.*

- *Cumplir con la norma para fabricar un producto con biopolímero tiene un alto costo y el mercado de la mixteca prefiere precios bajos.*

En la siguiente unidad se darán las conclusiones generales.

**4.18 REFERENCIAS**

[1]

EXTRUDESIGN. Imagen. [En línea]. Disponible en <https://extrudesign.com/wp-content/uploads/2018/04/cad-cae-cam.jpg> [Último acceso: 11/07/2023]

AZTEC MOULDINGS. *Advantages and Disadvantages of Injection Molding*. [En línea]. Imagen disponible en <https://www.avplastics.co.uk/wp-content/uploads/2013/07/plastic-injection-moulding.jpg> [Último acceso: 11/07/2023]

MAGAZINE PLÁSTICO. *Los científicos sintetizan y estudian nuevos polímeros fotocromáticos de cristal líquido*. Imagen disponible en <https://revistamp.net/inicio/wp-content/uploads/2017/10/polimeros-fotocromaticos.jpg> [Último acceso: 11/07/2023]

TRESDE. Todo sobre las máquinas CNC. [En línea]. Imagen disponible en [https://tresde.pe/wp-content/uploads/2019/04/shutterstock\\_1113785948-1080x675.jpg](https://tresde.pe/wp-content/uploads/2019/04/shutterstock_1113785948-1080x675.jpg) [Último acceso: 11/07/2023]

TALENT STREET by equipos&talento. *Los 12 hábitos de las personas más productivas en el trabajo* [En línea]. Imagen disponible en [https://www.equiposytalento.com/upload/talent\\_noticias/003/3742/habitospersonasproductivas1.jpg](https://www.equiposytalento.com/upload/talent_noticias/003/3742/habitospersonasproductivas1.jpg) [Último acceso: 11/07/2023]

TAI-MEX. *Tederic D350sv*, [En línea]. Imagen disponible en <https://taimex.com.mx/wp-content/uploads/2016/05/Tederic-D350sv-300x108.png> [Último acceso: 11/07/2023]

INGC Ingeniería y Capacitación. *Torre de refrigeración*, [En línea]. Imagen disponible en [https://www.youtube.com/watch?v=pCQr8z\\_xDI4](https://www.youtube.com/watch?v=pCQr8z_xDI4) Imagen capturada del video. [Último acceso: 11/07/2023]

Todo en Polímeros. *Proceso de moldeo*. Imagen disponible en <https://todopolimeros.files.wordpress.com/2018/11/inyeccion.png?w=300&h=159> [Último acceso: 11/07/2023]

[2] D. M. Ewalt, *No.1 The Knife*, Forbes, [En línea]. Disponible en [http://www.forbes.com/2005/08/31/technology-tools-knife\\_cx\\_de\\_0831knife.html](http://www.forbes.com/2005/08/31/technology-tools-knife_cx_de_0831knife.html) [Último acceso 11/07/2023]

[3] Aceros de Hispania. *La historia del cuchillo*, España, [En línea]. Disponible en <http://www.aceros-de-hispania.com/infer.asp?ac=12&sg=historia-cuchillos&trabajo=listar&pa=historia-cuchillos> [Último acceso 11/07/2023]

[4] Cuchillos y Navajas. *Historia del cuchillo*, Cuchillos y Navajas [En línea]. Disponible en <https://blog.cuchillosnavajas.com/historia-del-cuchillo.html> [Último acceso 12/07/2023]

[5] Redacción de Protocolo & etiqueta, *Historia del cuchillo. Su origen. Su origen. Historia. Curiosidades. Usos. Evolución*, Protocolo & etiqueta [En línea]. Disponible en [https://www.protocolo.org/miscelaneo/reportajes/historia\\_del\\_cuchillo\\_su\\_origen\\_su\\_origen\\_historia\\_curiosidades\\_usos\\_evolucion.html](https://www.protocolo.org/miscelaneo/reportajes/historia_del_cuchillo_su_origen_su_origen_historia_curiosidades_usos_evolucion.html) [Último acceso 12/07/2023]

[6] Wikipedia, *Cuchillo* [En línea]. Disponible en [https://es.wikipedia.org/wiki/Cuchillo#cite\\_note-1](https://es.wikipedia.org/wiki/Cuchillo#cite_note-1) [Último acceso 12/07/2023]

[7] ARCOS, *Partes de un cuchillo* [En línea]. Disponible en [https://www.arcos.com/es\\_ES/partes-de-un-cuchillo](https://www.arcos.com/es_ES/partes-de-un-cuchillo) [Último acceso 12/07/2023]

[8] M. Llamas, *Guías de cuchillos de cocina: Tipos que existen*, ALAMBIQUE, Madrid, España, [En línea]. Disponible en <https://www.alambique.com/blog/guias-cuchillos-cocina-tipos-n201> [Último acceso 12/07/2023]

[9] Aprende INSTITUE, *Tipos de cuchillos en la cocina y para qué sirven*, [En línea]. Disponible en <https://aprende.com/blog/gastronomia/tecnicas-culinarias/tipos-de-cuchillo/> [Último acceso 12/07/2023]

[10] NAIFUJI, *Tipos de cuchillos japoneses* [En línea]. Disponible en <https://www.naifuji.com/es/tipos-de-cuchillos-japoneses/> [Último acceso 12/07/2023]

[11] A. Snow. *Cuchillología, el infinito universo de los cuchillos*, XLSemanal, [En línea]. Disponible en <https://www.xlsemanal.com/estilo/gourmet/20180607/tipos-de-cuchillos.html> [Último acceso 12/07/2023]

[12] NICEPNG, *Partes de un cuchillo*, [En línea]. Disponible en [https://www.nicepng.com/ourpic/u2e6q8u2y3y3r5i1\\_partes-de-un-cuchillo-bowie-knife/](https://www.nicepng.com/ourpic/u2e6q8u2y3y3r5i1_partes-de-un-cuchillo-bowie-knife/) [Último acceso 12/07/2023]

[13] Cuchillos y Navajas, *Partes del cuchillo* [En línea]. Disponible en <http://www.cuchillosnavajas.com/blog/partes-del-cuchillo.html> [Último acceso 12/07/2023]

[14] Protocolo y Etiqueta, *Correcta utilización de los cubiertos*. El uso de los cubiertos [En línea]. Disponible en <https://www.protocolo.org/social/la-mesa/correcta-utilizacion-de-los-cubiertos-el-cubierto-en-la-mano-uso-de-los-cubiertos.html> [Último acceso 12/07/2023]

[15] Wikipedia, *Cuchillo de mesa* [En línea]. Disponible en [https://es.wikipedia.org/wiki/Cuchillo\\_de\\_mesa](https://es.wikipedia.org/wiki/Cuchillo_de_mesa) [Último acceso 12/07/2023]

[16] En clave de niños, *¿Por qué usamos cubiertos en la mesa?*, 30/09/2009, [En línea]. Disponible en <https://sinalefa2.wordpress.com/2009/09/30/por-qu-usamos-cubiertos-en-la-mesa/> [Último acceso 12/07/2023]

[17] wikiHow, *Cómo usar un cuchillo*, [En línea]. Disponible en <http://es.wikihow.com/usar-un-cuchillo> [Último acceso 12/07/2023]

[18] Sea Studios Foundation, *Guía Inteligente sobre Plásticos*, [En línea]. Disponible en <http://www->

tc.pbs.org/strangedays/pdf/StrangeDaysSmartPlasticsGuideSpanish.pdf  
[Último acceso 12/07/2023]

[19] Richardson & Lokensgard, *Procesos de moldeo*, Industria del Plástico, Thomson, 2007.

[20] AliExpress, China fábrica de moldeo diseño procesamiento de plástico de moldeo cuchillo cuchillo de la fábrica de moldeo 36 cavidades de moldeo cuchillo, [En línea]. Disponible en <http://www.aliexpress.com/item-img/china-molding-factory-design-processing-plastic-knife-molding-knife-molding-factory-36cavities-knife-molding/1832419346.html#>

[21] N. Kano. *Life Cycle and Creation of Attractive Quality*. SEMANTIC SCHOLAR, University of Tokio, Corpus ID: 221969347, [En línea]. Disponible en <https://www.semanticscholar.org/paper/Life-Cycle-and-Creation-of-Attractive-Quality-Kano/488788f1b49e92ee9ffb3bae6164c24374e1b2e4> [Último acceso 12/07/2023]

[22] C.P.M. Govers. *What and how about quality function deployment (QFD)*. ELSEVIER, International Journal of Production Economics. Vol. 46-47, pp 575-585, diciembre de 1996.

[23] E. Sauerwein, F. Bailom, K. Matzler, H. H. Hinterhuber. *The Kano model: How to delight your customers*. Department of Management, University of Innsbruck. Preprints Volume I of the IX. International Working Seminar on Production Economics, Innsbruck/Igls/Austria, pp. 313-327, february 19-23-1996.

[24] A. A. Cabrales, *Método para el diseño conceptual mecánico basado en la trazabilidad de los requerimientos funcionales*. Centro de Mecanización Agropecuaria, Facultad de Ciencias Técnicas, Universidad Agraria de la Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez", Moyabeque, 2016, [En línea]. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/312490440\\_Metodo\\_para\\_el\\_diseno\\_conceptual\\_mecanico\\_basado\\_en\\_la\\_trazabilidad\\_de\\_los\\_requerimientos\\_funcionales\\_Tesis\\_presentada\\_en\\_opcion\\_al\\_grado\\_cientifico\\_de\\_Doctor\\_en\\_Ciencias\\_Tecnicas\\_Agropecuarias](https://www.researchgate.net/publication/312490440_Metodo_para_el_diseno_conceptual_mecanico_basado_en_la_trazabilidad_de_los_requerimientos_funcionales_Tesis_presentada_en_opcion_al_grado_cientifico_de_Doctor_en_Ciencias_Tecnicas_Agropecuarias) [Último acceso 12/07/2023]

[25] E. Yacuzzi y F. Martín. *Aplicación del método de Kano en el diseño de un producto farmacéutico*. Universidad del CEMA y Aventis Pharma, [En línea]. Disponible en <https://ucema.edu.ar/publicaciones/download/documentos/224.pdf> [Último acceso 12/07/2023]

[26] G. Rodríguez-Mge. *Manual de diseño industrial* 3ª Ed., México: Ediciones Gili.

[27] Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. *Guía del Usuario de Diseños Industriales*. Dirección de División de Patentes. Secretaría de Economía. pp 6-7.

[28] Cámara de diputados. *Ley federal de protección a la propiedad industrial*. [En línea]. Disponible en [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFPPI\\_010720.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFPPI_010720.pdf) [Último acceso 12/07/2023]

[29] Instituto Mexicano del Plástico Industrial. *Enciclopedia del PLÁSTICOS SIGLO XXI*, Tomo I, pp-331. CDMX: Centro empresarial del plástico, septiembre de 2017.

[30] AraWorks. *Requisitos del sistema para SOLIDWORKS*. Consultado el 08/06/2022. Disponible en <https://araworks.es/requisitos-solidworks/> [Último acceso 12/07/2023]

[31] A. Gutiérrez-García. *Solidworks Simulations Plastics*. Udemy. Curso en línea disponible en la plataforma de Udemy.

[32] MiSUMi México. *Standard Components for Plastic Mold. 2015*. MiSUMi Corporation, [En línea]. Disponible en <https://mx.misumi-ec.com/en/us/CatalogRequest.html> [Último acceso 12/07/2023]

[33] Tailonz Pneumatic – *Rosca NPT (rosca americana de tubos) macho, recta, para conectar accesorios, de cobre chapado en níquel PC*. [En línea]. Disponible en <https://www.amazon.com/-/es/Tailonz-Pneumatic-americana-conectar-accesorios/dp/B08S335G7C?th=1> [Último acceso 12/07/2023]

[34] K.T. Ulrich, S.T. Eppinger. *Diseño y desarrollo de productos*. Quinta edición. McGraw Hill, 2013.

[35] D.O. Kazmer. *Injection Mold Design Engineering*, 2nd edition. Munich: Hanser, 2016.

[36] The American Society of Mechanical Engineers. *Dimensioning and Tolerancing. ASME Y14.5M-1994*. Dokumen.tips, [En línea]. Disponible en

<https://dokumen.tips/documents/dimensionado-y-tolerado-asme-y145m-1994.html?page=3> [Último acceso 12/07/2023]

[37] COMIND INDUSTRIES. *Medidas roscas npt.* USA, [En línea]. Disponible en <https://www.comind.cl/recursos-tecnicos/medidas-roscas-npt/> [Último acceso 11/07/2023]

[38] Travers Tool. Catálogo 2023, [En línea]. Disponible en <https://catalogo.travers.com.mx/catalogo/?page=180> [Último acceso 12/07/2023]

# **CAPÍTULO V**

## **CONCLUSIONES GENERALES**



### **5.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS**

El Laboratorio de Manufactura de Tecnología Avanzada tenía una máquina de moldeo por inyección Kawaguchi JEKS-120. Era una máquina que necesitaba mantenimiento y el costo para iniciar operaciones era estimado en aproximadamente \$ 150,000.00. Por tanto, se hizo una búsqueda en la región mixteca para localizar a un empresario que pudiera facilitar una máquina de moldeo por inyección para diseñar y manufacturar un molde de inyección a la medida de su máquina. La empresa Plastimaxc fue la única empresa con disposición para diseñarle un molde y facilitó los planos de dos máquinas de moldeo por inyección para iniciar el diseño. Su condición, el costo para manufacturar el molde sería pagado por el interesado. Se aceptó y se inició el proceso de diseño.

El diseño del cuchillo de mesa de plástico desechable se inicia con un estudio antropométrico de la mano, a los entrevistados se les mide: la estatura, su peso, estatura sentado, la longitud total de la mano, la longitud de la palma, la longitud del dedo anular, la longitud del dedo medio, la longitud del dedo índice, la longitud del dedo pulgar, el ancho de la mano, el ancho de la palma, el grosor de la mano y el grosor de la mano usando un cuchillo de mesa. Para realizar el estudio antropométrico, se calculó el tamaño de la muestra y se entrevistaron participantes de las ocho regiones del Estado de Oaxaca: La Cañada, La Costa, El Istmo, La Mixteca, El Papaloapan, La Sierra Norte, La Sierra Sur y Valles Centrales. Finalmente, se evalúan los datos y se obtienen las medidas percentiles del estudio antropométrico.

Se hizo una recopilación de 14 cuchillos de mesa desechables de plástico en Huajuapán de León, Tehuacán Pue., Puebla Pue. y la ciudad de Oaxaca. Se entrevistaron a usuarios finales, a intermediarios y al fabricante, Plastimaxc. Una vez recabados los requerimientos se aplicaron diferentes técnicas de Ingeniería Concurrente para obtener el diseño del nuevo cuchillo de mesa de plástico desechable.

Uno de los resultados del estudio exploratorio del mercado de los productos de plástico desechable, fue desalentador. El mercado de los cuchillos de plástico desechable era prácticamente nulo. Encontramos un intermediario que no había podido vender ni una caja de cuchillos de mesa desechables durante más de un año. La única manera de comercializar los cuchillos era vendiendo el juego de cuchara, tenedor y cuchillo.

Se tomó la decisión de continuar con el diseño del nuevo producto pero no manufacturarlo, el riesgo de financiar un molde de inyección de un producto que solamente se puede vender en conjunto con otros dos, no es viable. El riesgo es muy alto porque se está en un proceso de aprendizaje.

De lo antes mencionado, la presente tesis justifica el motivo de desarrollar solamente el diseño del nuevo producto, el diseño de su molde de inyección, el proceso de manufactura del molde y sus parámetros iniciales para el proceso de liberación del molde en su respectiva máquina de moldeo por inyección.

Durante el desarrollo del presente trabajo se le hizo notar al finado rector de la UTM, Dr. Seara Vázquez, la necesidad de adquirir una máquina de

moldeo por inyección y su beneficio para diferentes carreras de la universidad. Es así como, gracias a su gestión, se adquiere la donación de una máquina de moldeo por inyección TEDERIC D-100, una tolva secadora, una torre de enfriamiento y un molino para polímeros.

Con la adquisición de la nueva máquina de moldeo por inyección, TEDERIC D-100, se refuerza la decisión de solamente concluir el presente documento con el diseño completo del nuevo producto de la pieza plástica, el diseño de su molde, el proceso de manufactura del molde, así como el cálculo de los parámetros iniciales para su liberación.

En la universidad se han diseñado moldes de inyección de manera empírica, pero nunca con fundamentos ingenieriles, por tal motivo, el presente trabajo mantiene la importancia de desarrollarlo y concluirlo con las limitaciones antes comentadas.

## 5.2 CONCLUSIONES GENERALES

El diseño del cuchillo de mesa de plástico desechable, el diseño de su molde, describir el proceso de manufactura del molde y calcular los parámetros iniciales para la liberación del molde, implica una gama extensa de conocimientos. El prescindir de alguno de ellos tiene como consecuencia obtener un producto final defectuoso.

El presente trabajo permitió “asomarse” a las grandes áreas del conocimiento necesarias para poder concluir el presente documento: dibujo técnico, software especializada CAD, CAM, CAE e impresión 3D; fundamentos y comportamiento de los polímeros para inyección y sus aditivos; fundamentos para el diseño de una pieza plástica y sus aspectos legales para registrarla; detalles del proceso de manufactura para determinar si es posible el proceso de fabricación de un molde; determinar el tipo de máquina de moldeo necesaria para iniciar un proyecto de producción o adaptarse a la máquina disponible; saber determinar los periféricos necesarios para obtener productos con la calidad especificada, conocer el proceso de moldeo y diseño de experimentos para resolver cualquier problema que se presente en el cálculo de parámetros iniciales y liberación de un molde; finalmente saber sobre los requerimientos de producción del empresario para que con toda la información antes descrita, se logre no solo un buen diseño de molde de inyección sino también cumpla con la producción que necesita una empresa.

Durante el proceso de diseño de la pieza plástica se hizo uso del método Kano, la casa de la calidad y la ingeniería de valor, lo que permite tener las bases para la modificación de productos ya existentes o el diseño de nuevos productos.

Con la conclusión del presente documento se cumple el objetivo de diseñar un nuevo producto de plástico, el diseño de su molde de inyección de colada fría, describir el proceso de manufactura del molde y el cálculo de los parámetros para iniciar su liberación. Es decir, el diseño completo de un molde de inyección de colada fría.

### **5.3 TRABAJO FUTURO**

Una vez adquiridos los fundamentos para el diseño y liberación de un molde de inyección, se procederá a diseñar un nuevo producto factible de comercializar para poder recuperar el costo de la fabricación de un molde de inyección.

Se continuará trabajando para cumplir con los dos objetivos faltantes en este trabajo de tesis: manufacturar un molde y producir con calidad en la máquina de moldeo por inyección, TEDERIC D100.

# **REFERENCIAS**

## REFERENCIAS

---

### CAPÍTULO I

[1] Plastics Europe Association of Plastics Manufacturers, "Plastics-the Facts 2014/2015 An analysis of European plastics production, demand and waste data". *Plastics Europe*, 2015. [En línea]. Disponible en <https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/10/2014-Plastics-the-facts.pdf>. [Último acceso: 05/07/2023].

[2] Plastics Europe Association of Plastics Manufacturers, "Plastics-the Facts 2010 An analysis of European plastics production, demand and waste data". *Plastics Europe*, 2011. [En línea]. Disponible en <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2010/>. <https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/10/2010-Plastics-the-facts.pdf>. [Último acceso: 05/07/2023].

[3] L. Castro-Puig, "Los plásticos en el ámbito mundial". *Clúster de Plástico Dominicano*, 02 de junio de 2011 [En línea]. Disponible en <https://airdplastico.wordpress.com/2011/06/02/los-plasticos-en-el-ambito-mundial/> [Último acceso: 05/07/2023].

[4] G. Azzone, P. Borzzatta, D. Ferrari y P. Savona, "Excellence of the plastics supply chain in relaunching manufacturing in Italy and Europe". *Plastics Europe*, The European House, Italia, 2013 [En línea]. Disponible en <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/the-excellence-of-the-plastics-supply-chain-in-relaunching-manufacturing-in-italy-and-europe/>. <https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/10/2014-Ambrosetti-Study-Plastics-in-Manufacturing.pdf> [Último acceso: 05/07/2023].

## REFERENCIAS

---

[5] Planetaméxico, "Inyector Plástico en Oaxaca de Juárez". Anuncios clasificados Planeta México [En línea], Disponible en <http://www.planetamexico.com.mx/inyector-plastico-F120CC90212D6> [Último acceso: 05/07/2023].

[6] Instituto Nacional de Estadística y Geografía, "Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera EMIM SCIAN 2007. Resumen anual". INEGI, ISBN 978-607-739-360-3, México, 2014 [En línea]. Disponible en <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825066697> [Último acceso: 05/07/2023].

[7] D. Higa. "La industria del plástico en México está en crisis y es el país que más importa a nivel mundial". Bolsamanía, 23 de julio de 2015. [En línea]. Disponible en <https://www.bolsamania.com/mexico/noticias/empresas/la-industria-del-plastico-en-mexico-esta-en-crisis-y-es-el-pais-que-mas-importa-a-nivel-mundial--809813.html> [Último acceso: 06/07/2023]

[8] V. González, "Industria del plástico cerrará 2014 con crecimiento", Manufactura, 18/11/2014 [En línea]. Disponible en <https://manufactura.mx/industria/2014/11/18/industria-del-plastico-cerrara-2014-con-crecimiento> [Último acceso: 06/07/2023]

[9] A. López, "Petroprecios impactan a industria de plásticos". El Diario mx, 13/03/2016 [En línea]. Disponible en [https://diario.mx/Economia/2016-03-13\\_cd878918/petroprecios-impactan-a-industria-de-plasticos/](https://diario.mx/Economia/2016-03-13_cd878918/petroprecios-impactan-a-industria-de-plasticos/) [Último acceso: 06/07/2023]

## REFERENCIAS

---

[10] E. de la Tijera Coeto, "2015: otro buen año para la industria del plástico en México", *Plastics Technology MÉXICO* 19/01/2016 [En línea]. Disponible en <https://www.pt-mexico.com/articulos/2015-otro-buen-ao-para-la-industria-del-plstico-en-mxico> [Último acceso: 06/07/2023]

[11] N. González, "Industria del plástico invertirá dos mil mdd en 2015", *DINERO EN IMAGEN*, 12/11/2014 [En línea]. Disponible en <http://www.dineroenimagen.com/2014-11-12/46219> [Último acceso: 06/07/2023]

[12] A. Sánchez, "Importaciones pegan a la industria mexicana del plástico" *EL FINANCIERO*, 02/06/2014 [En línea]. Disponible en <http://www.elfinanciero.com.mx/empresas/importaciones-pegan-a-la-industria-mexicana-del-plastico.html> [Último acceso: 06/07/2023]

[13] K.T. Ulrich y S.D. Eppinger, *Diseño y desarrollo de productos*, 5ª ed. México: McGraw-Hill Education, 2013.

[14] Mariano, "Polipropileno", *Tecnología de los plásticos*, Argentina, 02/06/ [En línea]. Disponible en <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2011/06/polipropileno.html> [Último acceso: 06/07/2023]

[15] XanaNatura "¿Es peligroso el plástico? Ftalatos o ésteres de ftalato (plastificantes) y otros componentes", *Esclavos del siglo XXI*, 03/2011 [En línea]. Disponible en <http://xananatura.blogspot.mx/2011/03/es-peligroso-el-plastico-ftalatos-o.html> [Último acceso: 06/07/2023]

## REFERENCIAS

---

[16] S. Rodríguez "Materiales plásticos destinados al contacto con alimentos ¿Se consideran seguros?", TSI Life Science, 18/04/2022 [En línea]. Disponible en <https://tecnosolucionescr.net/blog/601-materiales-plasticos-destinados-al-contacto-con-alimentos-se-consideran-seguros#:~:text=Los%20envases%20pl%C3%A1sticos%20alimentarios%20son,as%C3%AD%20como%20del%20medio%20ambiente.> [Último acceso: 06/07/2023]

[17] N. Priego-Mendoza, "EL USO DE ITENSILIOS Y MATERIALES DE PLÁSTICO EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA", IDEA FSI FOOD SAFETY INNOVATION, México, 08/2012 [En línea] Disponible en <http://www.ideafoodsafetyinnovation.com/news/2012/08/index.html> [Último acceso: 06/07/2023].

## CAPÍTULO II

[1] J.L. Melo, *Ergonomía aplicada a las herramientas – 01º parte*. estrucplan, 09/08/2002 [En línea]. Disponible en <https://estrucplan.com.ar/ergonomia-aplicada-a-las-herramientas-01o-parte/> [Último acceso: 06/07/2023]

[2] T. Birzer, Kevolve Product Manager. *3 Minute Product Manager: Kano Model*. 08/01/2014. [Video en línea]. Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=iuOrEIBVQX4> [Último acceso: 06/07/2023]

[3] E. Yacuzzi y F. Martín, *Aplicación del método Kano en el diseño de un producto farmacéutico*, Serie Documentos de Trabajo del Área de Negocios,

## REFERENCIAS

---

Universidad del Centro de Estudios Macroeconómicos de Argentina (UCEMA) [En línea]. Documento disponible en <http://www.ucema.edu.ar/publicaciones/download/documentos/224.pdf> [Último acceso: 06/07/2023]

[4] M.P.Groover, *Fundamentos de manufactura moderna*, 3ra Edición. México: McGraw Hill, 2007, pp 949.

[5] G. G. Ferrer, *Investigación comercial*, 3ª. Edición. Madrid: Universidad Rey Juan Carlos, 2013, pp 19-22.

[6] P. Kottler, *Dirección de marketing*, 8ª. Edición. México: Prentice Hall, 1995.

[7] M. Meyerson, *Marketing de Guerrillas: ESPIONAJE*, Marketineros, 2006 [En línea]. Disponible en <http://www.marketineros.com/guerrilla-espionaje.htm> [Último acceso: 06/07/2023]

[8] A Carbajal, *iiSe roban el logo del IMSS!!*, Un mundo mejor para todos, 28/02/2008 [En línea]. Disponible en <http://diginauta.blogspot.mx/2008/02/se-roban-el-logo-del-imss.html> [Último acceso: 06/07/2023]

[9] J. D. Salinas, *QFD DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN CALIDAD PASO A PASO El Desarrollo del Producto*. Santiago de Chile, 2015.

[10] R. Rachwan, I. Abotaleb y M, Elfazouli, *The Influence of Value Engineering and Sustainability considerations on the Project Value*. Procedia Environmental

## REFERENCIAS

---

Sciences Vol. 34, p. 431-438, 2016. [Último acceso: 06/07/2023] Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.04.038>

[11] L. D. Miles, *Techniques of Value Analysis and Engineering*, 3rd ed. Kindle Edition, 2015.

[12] SAVE International The Value Society, *About Value Engineering* 2006.

[13] SAVE International The Value Society, *VALUE STANDARD and BODY OF KNOWLEDGE*, 06/2007 Washington State Department of Transportation [En línea] Disponible en <https://wsdot.wa.gov/sites/default/files/2021-10/WhatIsValueEngineering.pdf> [Último acceso: 07/07/2023]

[14] SAVE International The Value Society, *VALUE METHODOLOGY STANDARD*, 03/2015. [En línea] Disponible en [https://cdn.ymaws.com/www.value-eng.org/resource/collection/5691B39A-F10F-480A-885F-B44AAB59F2E7/VM\\_STANDARD\\_MAR-2015.pdf](https://cdn.ymaws.com/www.value-eng.org/resource/collection/5691B39A-F10F-480A-885F-B44AAB59F2E7/VM_STANDARD_MAR-2015.pdf) [Último acceso: 07/07/2023]

## CAPÍTULO III

[1] D. O. Kazmer, *Injection Mold Design Engineering*. Cincinnati, Ohio, USA: Ed. Hanser Gardner Publications, 2007, pp 3.

## REFERENCIAS

---

[2] EXTRUDESIGN. Imagen. [En línea]. Disponible en <https://extrudesign.com/wp-content/uploads/2018/04/cad-cae-cam.jpg> [Último acceso: 11/07/2023]

[3] AZTEC MOULDINGS. *Advantages and Disadvantages of Injection Molding*. [En línea]. Imagen disponible en <https://www.avplastics.co.uk/wp-content/uploads/2013/07/plastic-injection-moulding.jpg> [Último acceso: 11/07/2023]

[4] MAGAZINE PLÁSTICO. *Los científicos sintetizan y estudian nuevos polímeros fotocromáticos de cristal líquido*. Imagen disponible en <https://revistamp.net/inicio/wp-content/uploads/2017/10/polimeros-fotocromaticos.jpg> [Último acceso: 11/07/2023]

[5] TRESDE. Todo sobre las máquinas CNC. [En línea]. Imagen disponible en [https://tresde.pe/wp-content/uploads/2019/04/shutterstock\\_1113785948-1080x675.jpg](https://tresde.pe/wp-content/uploads/2019/04/shutterstock_1113785948-1080x675.jpg) [Último acceso: 11/07/2023]

[6] TALENT STREET by equipos&talento. *Los 12 hábitos de las personas más productivas en el trabajo* [En línea]. Imagen disponible en [https://www.equiposytalento.com/upload/talent\\_noticias/003/3742/habitospersonasproductivas1.jpg](https://www.equiposytalento.com/upload/talent_noticias/003/3742/habitospersonasproductivas1.jpg) [Último acceso: 11/07/2023]

[7] TAI-MEX. *Tederic D350sv*, [En línea]. Imagen disponible en <https://taimex.com.mx/wp-content/uploads/2016/05/Tederic-D350sv-300x108.png> [Último acceso: 11/07/2023]

## REFERENCIAS

---

[8] INGC Ingeniería y Capacitación. *Torre de refrigeración*, [En línea]. Imagen disponible en [https://www.youtube.com/watch?v=pCQr8z\\_xDI4](https://www.youtube.com/watch?v=pCQr8z_xDI4) Imagen capturada del video. [Último acceso: 11/07/2023]

[9] Todo en Polímeros. *Proceso de moldeo*. Imagen disponible en <https://todopolimeros.files.wordpress.com/2018/11/inyeccion.png?w=300&h=159> [Último acceso: 11/07/2023]

[10] M. Beltrán, A. Marcilla. *Tecnología de Polímeros. Tema 1 Estructura y propiedades de los polímeros*. Repositorio Institucional de la Universidad de Alicante, [En línea]. Disponible en [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/16883/1/Tema\\_1.\\_Estructura\\_y\\_propiedades\\_de\\_los\\_polimeros.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/16883/1/Tema_1._Estructura_y_propiedades_de_los_polimeros.pdf) [Último acceso: 10/07/2023]

[11] eden AGUA PURA. Los 7 plásticos presentes en tu día a día. 30/05/2019 [En línea] Disponible en <https://edenagua.com/los-7-tipos-de-plasticos-presentes-en-nuestro-dia-a-dia/> [Último acceso: 10/07/2023]

[12] Halliday, Resnick y J. Walker. *Fundamentals of PHYSICS, extended*. 11th edition. Wiley, 2018, pp 386.

[13] Aníbal. *Fluidos (parte 1: FLUIDOS REALES = VISCOSIDAD) Biofísica CBC*. Youtube, Física En Segundos (por Aníbal), 07/05/2019, [En línea]. Disponible en [https://www.youtube.com/watch?v=7a7g1KXruOc&list=PLLD5I32oBLVIPRY2dSUiM7YoU\\_PIT6HW7](https://www.youtube.com/watch?v=7a7g1KXruOc&list=PLLD5I32oBLVIPRY2dSUiM7YoU_PIT6HW7) [Último acceso: 10/07/2023]

## REFERENCIAS

---

[14] Serene For Her. *Serene Palo Santo*. Emiratos Árabes Unidos, [En línea]. Disponible en <https://sereneforher.com/products/serene-palo-santo> [Último acceso: 10/07/2023]

[15] J. R. Lerma-Valero. *Método de estudio de la cizalla o "shear rate" en las entradas*. Canales sectoriales Interempresas, Departamento técnico de Biesterfeld Ibérica 12/06/2017. Disponible en <https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/187593-Metodo-de-estudio-de-la-cizalla-o-'shear-rate'-en-las-entradas.html> [Último acceso: 10/07/2023]

[16] MEXPOLÍMEROS. *Fluidez MFI*. Polímeros termoplásticos, elastanos y aditivos. León, Guanajuato, [En línea]. Disponible en <https://www.mexpolimeros.com/fluidez-mfi.html> [Último acceso: 10/07/2023]

[17] Wikipedia. *Índice de fluidez*. Disponible en [https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%8Dndice\\_de\\_fluidez](https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%8Dndice_de_fluidez) [Último acceso: 10/07/2023]

[18] J. S. Ramírez-Navas. *Introducción a la reología de los alimentos*. searchGate, Revista ReCiTeIA, Universidad del Valle, Cali, Colombia, 01/06/2006. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/259620275\\_Introduccion\\_a\\_la\\_Reologia\\_de\\_Alimentos](https://www.researchgate.net/publication/259620275_Introduccion_a_la_Reologia_de_Alimentos) [Último acceso: 10/07/2023]

[19] REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. *Definición de la palabra biodegradable*. Diccionario de la lengua española. Edición del Tricentenario. Actualización 2020. [En línea]. Disponible en <https://dle.rae.es/biodegradable> [Último acceso: 10/07/2023]

## REFERENCIAS

---

[20] REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. *Definición de la palabra degradar*. Diccionario de la lengua española. Edición del Tricentenario. Actualización 2020, [En línea]. Disponible en <https://dle.rae.es/degradar?m=form> [Último acceso: 10/07/2023]

[21] European Bioplastics, *What are bioplastics?*. FACT SHEET European Bioplastics, Berlin: octubre 2022, [En línea]. Disponible [https://docs.european-bioplastics.org/publications/fs/EuBP\\_FS\\_What\\_are\\_bioplastics.pdf](https://docs.european-bioplastics.org/publications/fs/EuBP_FS_What_are_bioplastics.pdf) [Último acceso: 10/07/2023]

[22] CENTRAL CERO. *MITOS Y REALIDADES SOBRE BIOPOLÍMEROS. BIODEGRADABLE, COMPOSTABLE Y OXODEGRADABLES*. Disponible en <https://centralcero.com/blogs/news/mitos-y-realidades-sobre-biopolimeros-biodegradable-compostable-y-oxodegradables> [Último acceso: 10/07/2023]

[23] J. Clavellina-Reyes, G. Mayen-Rodríguez, M. A. Negrete-González, E. Perdigón-Andrade, E. Vargas-Galán. *DISEÑO Y MANUFACTURA DE UN MOLDE DE INYECCIÓN PARA UNA ASIDERA DE AUTOMÓVIL*, Tesina para obtener el título de Ingeniero en Sistemas Automotrices, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Unidad Ticomán, Instituto Politécnico Nacional, México D.F., 2013 Disponible en <https://docplayer.es/15910818-Instituto-politecnico-nacional.html> [Último acceso: 07/07/2023]

[24] REBOND. *What are the five common pitfalls in plastic injection molding ?*, 10/05/2018, [En línea]. Disponible en <https://www.rebondtech.com/what-are-the-five-common-pitfalls-in-plastic-injection-molding/> [Último acceso: 07/07/2023]

## REFERENCIAS

---

[25] Fundació ASCAMM Centre Tecnològic, *Introducción a la tecnología de los moldes*, 11/2010. [En línea]. Disponible en: <https://cupdf.com/document/ascam-introduccion-a-la-tecnologia-de-los-moldes.html?page=4> [Último acceso: 07/07/2023]

[26] D. M. Bryce; *Plastic Injection Molding*, Volume II: Fundamentals of Injection Molding series. Dearborn, Michigan: Ed. Society of Manufacturing Engineers, 1997, pp 267.

[27] REBOND, *A Correct Surface Finish Can Make Injection Molded Product Stand Out in a Crowd*, 05/08/2017. Disponible en <https://www.rebondtech.com/a-correct-surface-finish-can-make-your-product-stand-out-in-a-crowd/> [Último acceso: 07/07/2023]

[28] ABIS Tooling & Molding, *Normas de acabado de molde SPI*, China 18/072016. Disponible en <http://www.abismoldengineering.com/info/spi-mold-finish-standards-1229357.html> [Último acceso: 07/07/2023]

[29] SPI SURFACE FINISH Plastics and Metal Standard Scale, *TECHNOLOGY*, China, 2008. Disponible en <http://www.spifinish.com/technology/> [Último acceso: 07/07/2023]

[30] ALLIANCE SPECIALTIES AND LASER SALES, *MOLD POLISHING AND FINISHING*, Wauconda Illinois. Disponible en <https://alliancelasersales.com/moldpolishing/> [Último acceso: 07/07/2023]

[31] R. A. Malloy. *Plastic Part Design for Injection Molding, An Introduction*. 2<sup>nd</sup> Edition. Ed. Hanser, Hanser Publishers, Munich-Cincinnati. 2010, pp. 90-91.

## REFERENCIAS

---

[32] D. O. Kazmer, *Injection Mold Design Engineering*. Cincinnati, Ohio, USA: Ed. Hanser Gardner Publications, 2007, pp 38.

[33] N. López, *Manual del curso de diseño de partes plásticas*. Capacitación en plásticos, Edición 2015, pp 31-36.

[34] PROTO LABS Manufacturing Accelerated. *5 formas de utilizar el ángulo de inclinación para mejorar la moldeabilidad de su pieza*. Le Bourget du Lac Cedex. Disponible en <https://www.protolabs.es/recursos/sugerencias-de-diseno/5-formas-de-utilizar-el-angulo-de-inclinacion-para-mejorar-la-moldeabilidad-de-su-pieza/> [Último acceso: 07/07/2023]

[35] PROTO LABS Manufacturing Accelerated, *5 maneras de dominar geometrías complejas en piezas moldeadas por inyección*, Le Bourget du Lac Cedex. Disponible en <https://www.protolabs.es/recursos/sugerencias-de-diseno/5-maneras-de-dominar-geometrias-complejas-en-piezas-moldeadas-por-inyeccion/#> [Último acceso: 07/07/2023]

[36] PROTO LABS Manufacturing Accelerated, *Planificación de líneas de partición en moldeo por inyección* [En línea]. Disponible en <https://www.protolabs.es/recursos/sugerencias-de-diseno/leer-entre-lineas/?addsearch=I%C3%ADneas%20de%20partici%C3%B3n> [Último acceso: 10/07/2023]

[37] G. Breiland, *Gate Selection Tips*, 2/1/2012. MoldMaking TECHNOLOGY, [En línea]. Disponible en <https://www.moldmakingtechnology.com/articles/gate-selection-tips> [Último acceso: 10/07/2023]

## REFERENCIAS

---

[38] FUJI BAKELITE CO.LTD., Weldless Molding. [En línea]. Disponible en <https://www.fujibake.com/english/technology/weldless.html> [Último acceso: 10/07/2023]

[39] D. M. Bryce; *Plastic Injection Molding*, Volume II: Fundamentals of Injection Molding series. Dearborn, Michigan: Ed. Society of Manufacturing Engineers, 1997, pp 270.

[40] A. J. Sánchez-Ledesma. *Metodología para el diseño de moldes de inyección de plástico de colada caliente*. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Sistemas de Manufactura, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Estado de México. Atizapán de Zaragoza, Edo. de México; agosto de 2001, [En línea]. Disponible en <https://repositorio.tec.mx/handle/11285/628419> [Último acceso 11/07/2023]

[41] P. Unger. *Gastrow Injection Molds 130 Proven Desings*. 4th Ed. Munich: Ed. HANSER, 2006.

[42] Instituto Mexicano del Plástico Industrial. *Enciclopedia del plástico*. Tomo 3, México pp 306.

[43] G. Palián y J. Ramírez-Roncal. *DISEÑO DE MOLDES DE INYECCIÓN: Aspectos fundamentales para el diseño y fabricación*. Curso en línea, CENTRO PERUANO DEL PLÁSTICO, CPPLAST. Lima-Perú. Noviembre de 2020.

[44] A. Pérez-Hedo. *Introducción a la tecnología de los moldes*. FUNDACIÓN ASCAMM. CENTRE TECNOLÓGIC, 26/06/2015 [En línea]. Disponible en

## REFERENCIAS

---

<https://cupdf.com/document/ascam-introduccion-a-la-tecnologia-de-los-moldes.html?page=3> [Último acceso 11/07/2023]

[45] D. Gutiérrez-García y C. A. Oñate-Longoni. *Sistema de inyección con colada caliente aplicado en la industria del plástico como herramienta de competitividad*. Tesis para obtener el título de Ingeniero Industrial. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca de Soto, Hidalgo, abril de 2006, [En línea]. Disponible en <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/176/Sistema%20de%20inyeccion%20con%20colada%20caliente.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Último acceso 11/07/2023]

[46] G. Menges, W. Michaeli y P. Mohren. *How to Make Injection Molds*, 3th Ed. Munich: Ed. HANSER, 2001.

[47] Menges y Mohren. *Moldes para inyección de plástico*. 3ª Ed. México: Ediciones G. Gili, S.A. Ed. Calypso, México, 1983.

[48] TEDERIC. User's Manual. Automatic Plastic Injection Molding Machine. Model D100. Series No. D1010 – 0418.

[49] J. Ramírez-Roncal. *Webinar Aproximación del tiempo de ciclo*. Centro Peruano del plástico (CPPLAS), 14 de junio de 2020, [En línea]. Disponible en <https://www.facebook.com/cpplast/videos/2656719904585700> [Último acceso: 11/07/2023]

[50] D. O. Kazmer. *Injection Mold Design Engineering*. 2nd Ed. Munich: Hanser, 2016.

## REFERENCIAS

---

[51] J. P. Beaumont. *Runner and Gating Design Handbook*, 3rd Edition. Munich: Ed. HANSER, 2019.

[52] DSM Engineering Plastics. *Design Guide. Performance And Value With Engineering Plastics*. USA, 2005.

[53] H. Pruner y W. Nesch. *Understanding Injection Molds*. Munich: HANSER, 2013.

[54] R. Dangel. *Injection Molds for Beginners*. 2nd Ed. Munich: HANSER, 2020.

[55] D. M. Bryce. *Plastic Injection Molding mold design and construction fundamentals*. Volume III: Fundamentals of Injection Molding Series. Published by the Society of Manufacturing Engineering. Dearborn, Michigan, 1998.

[56] S. Kulkarni. *Robust Process Development and Scientific Molding Theory and Practice*, 2nd Edition. Munich: HANSER, 2017.

[57] Ambiente Plástico Formación. *Notas técnicas. Sistema de expulsión de un molde de inyección*, [En línea]. Disponible en <https://plastico.com.mx/uncategorized/sistema-de-expulsion-de-un-molde-de-inyeccion/> [Último acceso 11/07/2023]

[58] J.L. Leiva-Chacón, J.P. Torres-Gualpa. (2007). *Caracterización y reciclado por extrusión del EVA de desecho ETIL VINIL ACETATO*. Repositorio Dspace. Capítulo 4. Tesis para obtener el título de Ingeniero Mecánico. Facultad de Ingeniería Mecánica. ESPE. Sede Sangolquí. Universidad de las Fuerzas Armadas, 2010, [En línea]. Disponible en :

## REFERENCIAS

---

<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/776?show=full> [Último acceso 11/07/2023]

[59] J. R. Lerma. *Temperatura de molde (V)*. Canales sectoriales, interempresas-Plástico. Departamento técnico de Biesterfeld Ibérica, 22/10/2018, [En línea]. Disponible en [https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/227098-Temperatura-de-molde-\(V\).html](https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/227098-Temperatura-de-molde-(V).html) [Último acceso 11/07/2023]

[60] MiSUMi. *Standard Components for Plastic Mold*. MiSUMi Corporation, 2015.

[61] J. Fattori. *Regreso a lo básico en venteo de moldes*. Plastics Technology MÉXICO, 01/01/2019, [En línea]. Disponible en <https://www.pt-mexico.com/articulos/regreso-a-lo-basico-en-venteo-de-moldes-parte-1> [Último acceso 11/07/2023]

[62] H. Rees y B. Catoen. *Selecting Injection Molds Weighing Cost vs Productivity*. Munich: HANSER, 2006.

[63] J. Fattori. *Dónde y cómo ventilar los moldes de inyección*. Plastics Technology MÉXICO, 01/12/2019, [En línea]. Disponible en <https://www.pt-mexico.com/columnas/donde-y-como-ventilar-los-moldes-de-inyeccion> [Último acceso 11/07/2023]

[64] Polímeros termoplásticos, elastómeros y aditivos. *Guía de inyección de polipropileno*. Mexpolimeros, [En línea]. Disponible en <https://www.mexpolimeros.com/gu%C3%ADa%20de%20inyecci%C3%B3n%20de%20polipropileno.html> [Último acceso 11/07/2023]

## REFERENCIAS

---

[65] H. Dilán. *Moldeo Universal*<sup>TM</sup>. Puerto Rico: HDI, 2002.

[66] M. J. Gordon Jr. *Total Quality Process Control for Injection Molding*. Second Edition. USA: Wiley, 2010.

### CAPÍTULO IV

[1]

EXTRUDESIGN. Imagen. [En línea]. Disponible en <https://extrudesign.com/wp-content/uploads/2018/04/cad-cae-cam.jpg> [Último acceso: 11/07/2023]

AZTEC MOULDINGS. *Advantages and Disadvantages of Injection Molding*. [En línea]. Imagen disponible en <https://www.avplastics.co.uk/wp-content/uploads/2013/07/plastic-injection-moulding.jpg> [Último acceso: 11/07/2023]

MAGAZINE PLÁSTICO. *Los científicos sintetizan y estudian nuevos polímeros fotocromáticos de cristal líquido*. Imagen disponible en <https://revistamp.net/inicio/wp-content/uploads/2017/10/polimeros-fotocromaticos.jpg> [Último acceso: 11/07/2023]

TRESDE. Todo sobre las máquinas CNC. [En línea]. Imagen disponible en [https://tresde.pe/wp-content/uploads/2019/04/shutterstock\\_1113785948-1080x675.jpg](https://tresde.pe/wp-content/uploads/2019/04/shutterstock_1113785948-1080x675.jpg) [Último acceso: 11/07/2023]

## REFERENCIAS

---

TALENT STREET by equipos&talento. *Los 12 hábitos de las personas más productivas en el trabajo* [En línea]. Imagen disponible en

[https://www.equiposytalento.com/upload/talent\\_noticias/003/3742/habitospersonasproductivas1.jpg](https://www.equiposytalento.com/upload/talent_noticias/003/3742/habitospersonasproductivas1.jpg) [Último acceso: 11/07/2023]

TAI-MEX. *Tederic D350sv*, [En línea]. Imagen disponible en <https://taimex.com.mx/wp-content/uploads/2016/05/Tederic-D350sv-300x108.png> [Último acceso: 11/07/2023]

INGC Ingeniería y Capacitación. *Torre de refrigeración*, [En línea]. Imagen disponible en [https://www.youtube.com/watch?v=pCQr8z\\_xDI4](https://www.youtube.com/watch?v=pCQr8z_xDI4) Imagen capturada del video. [Último acceso: 11/07/2023]

Todo en Polímeros. *Proceso de moldeo*. Imagen disponible en <https://todopolimeros.files.wordpress.com/2018/11/inyeccion.png?w=300&h=159> [Último acceso: 11/07/2023]

[2] D. M. Ewalt, *No.1 The Knife*, Forbes, [En línea]. Disponible en [http://www.forbes.com/2005/08/31/technology-tools-knife\\_cx\\_de\\_0831knife.html](http://www.forbes.com/2005/08/31/technology-tools-knife_cx_de_0831knife.html) [Último acceso 11/07/2023]

[3] Aceros de Hispania. *La historia del cuchillo*, España, [En línea]. Disponible en <http://www.aceros-de-hispania.com/infer.asp?ac=12&sg=historia-cuchillos&trabajo=listar&pa=historia-cuchillos> [Último acceso 11/07/2023]

## REFERENCIAS

---

[4] Cuchillos y Navajas. *Historia del cuchillo*, Cuchillos y Navajas [En línea]. Disponible en <https://blog.cuchillosnavajas.com/historia-del-cuchillo.html> [Último acceso 12/07/2023]

[5] Redacción de Protocolo & etiqueta, *Historia del cuchillo. Su origen. Su origen. Historia. Curiosidades. Usos. Evolución*, Protocolo & etiqueta [En línea]. Disponible en [https://www.protocolo.org/miscelaneo/reportajes/historia\\_del\\_cuchillo\\_su\\_origen\\_su\\_origen\\_historia\\_curiosidades\\_usos\\_evolucion.html](https://www.protocolo.org/miscelaneo/reportajes/historia_del_cuchillo_su_origen_su_origen_historia_curiosidades_usos_evolucion.html) [Último acceso 12/07/2023]

[6] Wikipedia, *Cuchillo* [En línea]. Disponible en [https://es.wikipedia.org/wiki/Cuchillo#cite\\_note-1](https://es.wikipedia.org/wiki/Cuchillo#cite_note-1) [Último acceso 12/07/2023]

[7] ARCOS, *Partes de un cuchillo* [En línea]. Disponible en [https://www.arcos.com/es\\_ES/partes-de-un-cuchillo](https://www.arcos.com/es_ES/partes-de-un-cuchillo) [Último acceso 12/07/2023]

[8] M. Llamas, *Guías de cuchillos de cocina: Tipos que existen*, ALAMBIQUE, Madrid, España, [En línea]. Disponible en <https://www.alambique.com/blog/guias-cuchillos-cocina-tipos-n201> [Último acceso 12/07/2023]

[9] Aprende INSTITUE, *Tipos de cuchillos en la cocina y para qué sirven* [En línea]. Disponible en <https://aprende.com/blog/gastronomia/tecnicas-culinarias/tipos-de-cuchillo/> [Último acceso 12/07/2023]

## REFERENCIAS

---

[10] NAIFUJI, *Tipos de cuchillos japoneses* [En línea]. Disponible en <https://www.naifuji.com/es/tipos-de-cuchillos-japoneses/> [Último acceso 12/07/2023]

[11] A. Snow. *Cuchillología, el infinito universo de los cuchillos*, XLSemanal, [En línea]. Disponible en <https://www.xlsemanal.com/estilo/gourmet/20180607/tipos-de-cuchillos.html> [Último acceso 12/07/2023]

[12] NICEPNG, *Partes de un cuchillo*, [En línea]. Disponible en [https://www.nicepng.com/ourpic/u2e6q8u2y3y3r5i1\\_partes-de-un-cuchillo-bowie-knife/](https://www.nicepng.com/ourpic/u2e6q8u2y3y3r5i1_partes-de-un-cuchillo-bowie-knife/) [Último acceso 12/07/2023]

[13] Cuchillos y Navajas, *Partes del cuchillo* [En línea]. Disponible en <http://www.cuchillosnavajas.com/blog/partes-del-cuchillo.html> [Último acceso 12/07/2023]

[14] Protocolo y Etiqueta, *Correcta utilización de los cubiertos. El uso de los cubiertos* [En línea]. Disponible en <https://www.protocolo.org/social/la-mesa/correcta-utilizacion-de-los-cubiertos-el-cubierto-en-la-mano-uso-de-los-cubiertos.html> [Último acceso 12/07/2023]

[15] Wikipedia, *Cuchillo de mesa* [En línea]. Disponible en [https://es.wikipedia.org/wiki/Cuchillo\\_de\\_mesa](https://es.wikipedia.org/wiki/Cuchillo_de_mesa) [Último acceso 12/07/2023]

## REFERENCIAS

---

[16] En clave de niños, *¿Por qué usamos cubiertos en la mesa?*, 30/09/2009, [En línea]. Disponible en <https://sinalefa2.wordpress.com/2009/09/30/por-qu-usamos-cubiertos-en-la-mesa/> [Último acceso 12/07/2023]

[17] wikiHow, *Cómo usar un cuchillo*, [En línea]. Disponible en <http://es.wikihow.com/usar-un-cuchillo> [Último acceso 12/07/2023]

[18] Sea Studios Foundation, *Guía Inteligente sobre Plásticos*, [En línea]. Disponible en <http://www-tc.pbs.org/strangedays/pdf/StrangeDaysSmartPlasticsGuideSpanish.pdf> [Último acceso 12/07/2023]

[19] Richardson & Lokensgard, *Procesos de moldeo*, Industria del Plástico, Thomson, 2007.

[20] AliExpress, China fábrica de moldeo diseño procesamiento de plástico de moldeo cuchillo cuchillo de la fábrica de moldeo 36 cavidades de moldeo cuchillo, [En línea]. Disponible en <http://www.aliexpress.com/item-img/china-molding-factory-design-processing-plastic-knife-molding-knife-molding-factory-36cavities-knife-molding/1832419346.html#>

[21] N. Kano. *Life Cycle and Creation of Attractive Quality*. SEMANTIC SCHOLAR, University of Tokio, Corpus ID: 221969347, [En línea]. Disponible en <https://www.semanticscholar.org/paper/Life-Cycle-and-Creation-of-Attractive-Quality-Kano/488788f1b49e92ee9ffb3bae6164c24374e1b2e4> [Último acceso 12/07/2023]

## REFERENCIAS

---

[22] C.P.M. Govers. *What and how about quality function deployment (QFD)*. ELSEVIER, International Journal of Production Economics. Vol. 46-47, pp 575-585, diciembre de 1996.

[23] E. Sauerwein, F. Bailom, K. Matzler, H. H. Hinterhuber. *The Kano model: How to delight your customers*. Department of Management, University of Innsbruck. Preprints Volume I of the IX. International Working Seminar on Production Economics, Innsbruck/Igls/Austria, pp. 313-327, february 19-23-1996.

[24] A. A. Cabrales, *Método para el diseño conceptual mecánico basado en la trazabilidad de los requerimientos funcionales*. Centro de Mecanización Agropecuaria, Facultad de Ciencias Técnicas, Universidad Agraria de la Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez", Moyabeque, 2016, [En línea]. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/312490440\\_Metodo\\_para\\_el\\_diseno\\_conceptual\\_mecanico\\_basado\\_en\\_la\\_trazabilidad\\_de\\_los\\_requerimientos\\_funcionales\\_Tesis\\_presentada\\_en\\_opcion\\_al\\_grado\\_cientifico\\_de\\_Doctor\\_en\\_Ciencias\\_Tecnicas\\_Agropecuarias](https://www.researchgate.net/publication/312490440_Metodo_para_el_diseno_conceptual_mecanico_basado_en_la_trazabilidad_de_los_requerimientos_funcionales_Tesis_presentada_en_opcion_al_grado_cientifico_de_Doctor_en_Ciencias_Tecnicas_Agropecuarias) [Último acceso 12/07/2023]

[25] E. Yacuzzi y F. Martín. *Aplicación del método de Kano en el diseño de un producto farmacéutico*. Universidad del CEMA y Aventis Pharma, [En línea]. Disponible en <https://ucema.edu.ar/publicaciones/download/documentos/224.pdf> [Último acceso 12/07/2023]

[26] G. Rodríguez-Mge. *Manual de diseño industrial* 3ª Ed., México: Ediciones Gili.

## REFERENCIAS

---

[27] Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. *Guía del Usuario de Diseños Industriales*. Dirección de División de Patentes. Secretaría de Economía. pp 6-7.

[28] Cámara de diputados. *Ley federal de protección a la propiedad industrial*. [En línea]. Disponible en [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFPPI\\_010720.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFPPI_010720.pdf) [Último acceso 12/07/2023]

[29] Instituto Mexicano del Plástico Industrial. *Enciclopedia del PLÁSTICOS SIGLO XXI*, Tomo I, pp-331. CDMX: Centro empresarial del plástico, septiembre de 2017.

[30] AraWorks. *Requisitos del sistema para SOLIDWORKS*. Consultado el 08/06/2022. Disponible en <https://araworks.es/requisitos-solidworks/> [Último acceso 12/07/2023]

[31] A. Gutiérrez-García. *Solidworks Simulations Plastics*. Udemy. Curso en línea disponible en la plataforma de Udemy.

[32] MiSUMi México. *Standard Components for Plastic Mold. 2015*. MiSUMi Corporation, [En línea]. Disponible en <https://mx.misumi-ec.com/en/us/CatalogRequest.html> [Último acceso 12/07/2023]

[33] Tailonz Pneumatic – *Rosca NPT (rosca americana de tubos) macho, recta, para conectar accesorios, de cobre chapado en níquel PC*. [En línea]. Disponible en <https://www.amazon.com/-/es/Tailonz-Pneumatic-americana-conectar-accesorios/dp/B08S335G7C?th=1> [Último acceso 12/07/2023]

## REFERENCIAS

---

[34] K.T. Ulrich, S.T. Eppinger. *Diseño y desarrollo de productos*. Quinta edición. McGraw Hill, 2013.

[35] D.O. Kazmer. *Injection Mold Design Engineering*, 2nd edition. Munich: Hanser, 2016.

[36] The American Society of Mechanical Engineers. *Dimensioning and Tolerancing. ASME Y14.5M-1994*. Dokumen.tips, [En línea]. Disponible en <https://dokumen.tips/documents/dimensionado-y-tolerado-asme-y145m-1994.html?page=3> [Último acceso 12/07/2023]

[37] COMIND INDUSTRIES. *Medidas roscas npt. USA*, [En línea]. Disponible en <https://www.comind.cl/recursos-tecnicos/medidas-roscas-npt/> [Último acceso 11/07/2023]

[38] Travers Tool. Catálogo 2023, [En línea]. Disponible en <https://catalogo.travers.com.mx/catalogo/?page=180> [Último acceso 12/07/2023]

## APÉNDICE A

[1] Carpeta Regional Mixteca Información Estadística y Geográfica Básica [online]. Disponible en: [http://ceiegoaxaca.gob.mx//sitio/Info/Info\\_Geografia/carpeta\\_regionale\\_s/carp\\_mixteca.pdf](http://ceiegoaxaca.gob.mx//sitio/Info/Info_Geografia/carpeta_regionale_s/carp_mixteca.pdf) Fecha de consulta 11/junio/2015

## REFERENCIAS

---

[2] G. J. Craig y D. Baucum, "Desarrollo psicológico" [online], Ed. Pearson, Novena edición, Pág. 349, México, 2009. Disponible en: <http://es.slideshare.net/danielorozcocastellon/libro-del-desarrollo-psicologico>. Fecha de consulta 12/06/2015.

[3] D. E. Papalia, S. W. Olds y R.D. Feldman, "Desarrollo humano" [online], Ed. McGraw-Hill, Undécima edición, Pág. 358, Impreso en China, 2010. Disponible en: [http://es.slideshare.net/cinthiairaira/desarrollo-humano-papalia?qid=db86ca9a-ff8e-46f6-8de3-d240275aeb12&v=default&b=&from\\_search=2](http://es.slideshare.net/cinthiairaira/desarrollo-humano-papalia?qid=db86ca9a-ff8e-46f6-8de3-d240275aeb12&v=default&b=&from_search=2)

[4] S. Martínez-Vela, Cap. 2 Planteamiento de una investigación de mercados, "Innovación en la investigación de mercador", Ed. Alfaomega,

[5] CIEDD Centro de Información Estadística y Documental para el desarrollo [online] Disponible en: [http://www.ciedd.oaxaca.gob.mx/sp/?page\\_id=4431](http://www.ciedd.oaxaca.gob.mx/sp/?page_id=4431) Fecha de consulta 11/junio/2015

[6] Encuesta Intercensal 2015 INSTITUTO NACIONAL DE GEOGRAFÍA Y ESTADÍSTICA.

<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/default.aspx?c=33725&s=est>

[7] INSTITUTO NACIONAL DE GEOGRAFÍA Y ESTADÍSTICA. Disponible en: [www3.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/LeerArchivo.aspx?ct=52528&c=33725&s=est&f=1](http://www3.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/LeerArchivo.aspx?ct=52528&c=33725&s=est&f=1) Fecha de consulta 24 de junio de 2016

REFERENCIAS

---

# APÉNDICES



# APÉNDICE A

## CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA ANTROPOMÉTRICA

La mano de la población infantil no es considerada para formar parte de la población del Estudio Antropométrico porque el cuchillo de plástico desechable que se desea manufacturar es para personas adultas.

La población adolescente, es un caso especial, se encuentran en un periodo de rápido crecimiento óseo y muscular que inicia en las niñas a los diez años y medio y en los niños a los doce años y medio, aproximadamente [2]. Las niñas alcanzan por lo general su estatura máxima a los quince y los niños a los diecisiete años [3].

La población que se encuentra en la juventud o adultez temprana, así como la población que se encuentra en la Madurez o adultez media se caracteriza por que sus dimensiones corporales han llegado a sus dimensiones definitivas. La edad que comprende la juventud comprende de los 18-21 a los 40 años y la madurez de los 40 a los 60-65 años, por tal razón el rango de edad de nuestra población de estudio debe estar comprendida de los 18 a los 60 años de edad.

El Comité Estatal de Información Estadística y Geografía de Oaxaca (CEIEG Oaxaca) reporta en la Carpeta de la Región Mixteca una población de 465,991 habitantes [1] y [5]. La Carpeta de la Mixteca de la CEIEG muestra de manera estratificada su población por edades, en la Fig. A-1 se detalla la información.

## APÉNDICES

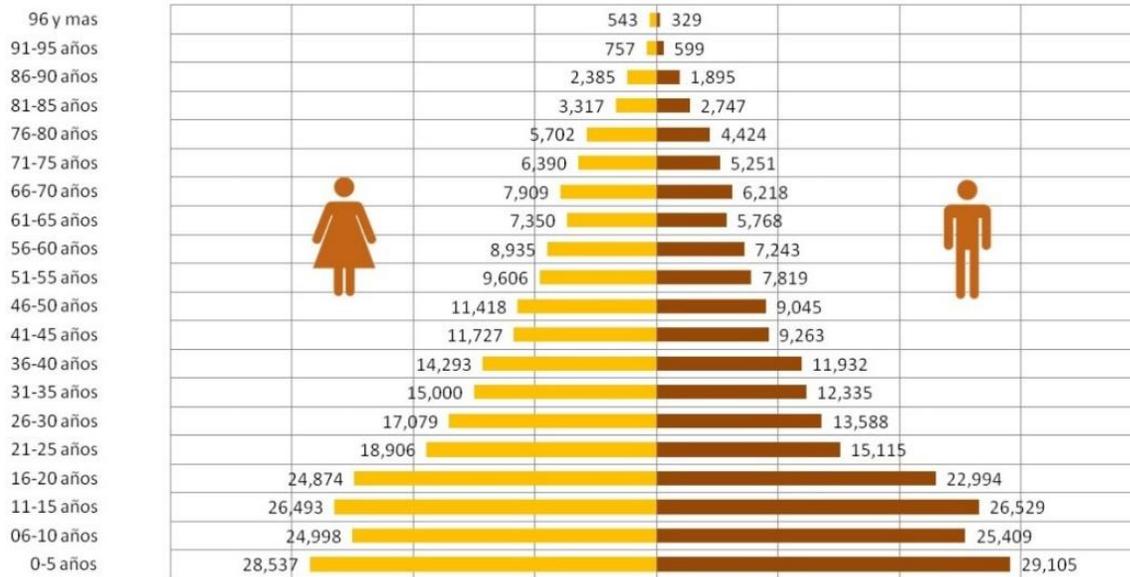


Fig. A-1 Rangos de edad y sexo de la población de la Región Mixteca [1].

Haciendo un conteo de la población de la Región Mixteca útil para el estudio antropométrico se encuentra que es de 106,964 mujeres y de 86,340 hombres que nos dan un total de 193,304 habitantes. Sin embargo, después de una plática con el Gerente de Plastimaxc, nos comentó que sus productos son vendidos con mayorista en la ciudad de Oaxaca, quienes distribuyen sus productos por todo el Estado de Oaxaca.

De lo antes mencionado, se consultó la población que tiene el Estado de Oaxaca según el censo del INEGI 2015 [6]. El censo reporta una población de 3 967 889 habitantes. La población del Estado de Oaxaca es la décima población a nivel nacional, con un total de 2 079 211 hombres y con 1 888 678 mujeres. Para nuestro estudio y por la manera estratificada, grupos de edades de 5 años, en que muestra sus resultados el INEGI; se calculará el tamaño de la muestra para edades de 20 a 59 años de edad.

## APÉNDICES

El censo de 2015 para el Estado de Oaxaca entrega los siguientes datos, ver Fig. A-2, respecto a la población que nos interesa para calcular el tamaño de nuestra muestra [7].

Edad	Hombres	Mujeres	Total
20 - 24	179473	159320	338793
25 - 29	152914	127978	280892
30 - 34	150465	125072	275537
35 - 39	142383	117973	260356
40 - 44	129935	112606	242541
45 - 49	111504	92239	203743
50 - 54	104206	88561	192767
55 - 59	85479	72799	158278
	1056359	896548	1952907

Fig. A-2 Población del Estado de Oaxaca, según censo de 2015 [1].

La población de estudio es igual a 1 952 907 habitantes, lo que es mayor a 100,000 elementos de estudio. De lo anterior nuestro universo es considerado como infinito y para calcular el tamaño de la muestra se usa la ecuación de universos infinitos [804]

$$n = \frac{2 \sigma p q}{e^2} ,$$

Donde

n → Tamaño de la muestra

σ → Grado de confianza

p → Probabilidad de que ocurra a favor el evento estudiado

q → Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado

e → Nivel de estimación

## APÉNDICES

---

Los valores que se estiman para obtener el tamaño de la muestra son:

Grado de confianza del 95% =>  $\sigma = 1.96$ .

p=50% en el peor de los casos

q=50% en el peor de los casos

e=7%

Se obtiene un tamaño de la muestra igual a

$$n = 200$$

### REFERENCIAS

[1] Carpeta Regional Mixteca Información Estadística y Geográfica Básica [online]. Disponible en: [http://ceiegoaxaca.gob.mx//sitio/Info/Info\\_Geografia/carpeta\\_regionale\\_s/carp\\_mixteca.pdf](http://ceiegoaxaca.gob.mx//sitio/Info/Info_Geografia/carpeta_regionale_s/carp_mixteca.pdf) Fecha de consulta 11/junio/2015

[2] G. J. Craig y D. Baucum, "Desarrollo psicológico" [online], Ed. Pearson, Novena edición, Pág. 349, México, 2009. Disponible en: <http://es.slideshare.net/danielorozcocastellon/libro-del-desarrollo-psicologico>. Fecha de consulta 12/06/2015.

[3] D. E. Papalia, S. W. Olds y R.D. Feldman, "Desarrollo humano" [online], Ed. McGraw-Hill, Undécima edición, Pág. 358, Impreso en China, 2010. Disponible en: [http://es.slideshare.net/cinthiairaira/desarrollo-humano-papalia?qid=db86ca9a-ff8e-46f6-8de3-d240275aeb12&v=default&b=&from\\_search=2](http://es.slideshare.net/cinthiairaira/desarrollo-humano-papalia?qid=db86ca9a-ff8e-46f6-8de3-d240275aeb12&v=default&b=&from_search=2)

## APÉNDICES

---

[4] S. Martínez-Vela, Cap. 2 Planteamiento de una investigación de mercados, "Innovación en la investigación de mercador", Ed. Alfaomega,

[5] CIEDD Centro de Información Estadística y Documental para el desarrollo [online] Disponible en: [http://www.ciedd.oaxaca.gob.mx/sp/?page\\_id=4431](http://www.ciedd.oaxaca.gob.mx/sp/?page_id=4431) Fecha de consulta 11/junio/2015

[6] Encuesta Intercensal 2015 INSTITUTO NACIONAL DE GEOGRAFÍA Y ESTADÍSTICA.

<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/default.aspx?c=33725&s=est>

[7] INSTITUTO NACIONAL DE GEOGRAFÍA Y ESTADÍSTICA. Disponible en: [www3.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/LeerArchivo.aspx?ct=52528&c=33725&s=est&f=1](http://www3.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/LeerArchivo.aspx?ct=52528&c=33725&s=est&f=1) Fecha de consulta 24 de junio de 2016



## APÉNDICE B

# Análisis del cuchillo de mesa de plástico desechable desde un punto de vista del diseño industrial

- **Requerimientos de uso**
  - Ergonomía y antropometría
    - Requerimiento cubierto por el apartado 5.2.1 y por el apartado 5.2.3.1
  - Seguridad
    - El cuchillo de mesa debe ser redondeado en la punta. Es una característica intrínseca de la pieza, pero debe evitarse la colocación de puntas en el resto del cuchillo de mesa.
  - Practicidad
    - Elemento cubierto al ser un producto desechable
  - Mantenimiento
    - No aplica, el producto es desechable
  - Reparación
    - No aplica el producto es desechable
  - Percepción
    - Que sea filoso y robusto
  - Transportación
    - No aplica, el fabricante tiene el problema resuelto
  - Manipulación
    - No requiere ningún cuidado especial
  - Conveniencia
    - Requisito cubierto por ser un producto desechable

- **Requerimientos de función**

- Mecanismos
  - No aplica
- Confiabilidad
  - Se busca que el producto sea confiable a partir de su percepción, un producto filoso, robusto y de longitud ergonómica. Requerimiento cubierto.
- Versatilidad
  - No aplica por ser un producto de un solo uso y desechable
- Resistencia
  - Es suficiente que la pieza plástica tengo un grosor en la hoja de más de un milímetro para que soporte la fuerza de un usuario.
- Acabado
  - Elemento cubierto al haberse solicitado una greca mixteca.

- **Requerimientos estructurales**

- Centro de gravedad
  - No es crítico determinar el centro de masa del producto.
- Número de componentes
  - Debe ser una sola pieza.
- Carcasa
  - No aplica
- Estructura
  - No aplica
- Resistencia
  - Debe soportar la fuerza del usuario
- Durabilidad
  - El producto es de un solo uso y desechable.

- **Requerimientos técnico-productivos**

- Mano de obra
  - Diseño y trabajo realizado por el autor
- Escala de producción
  - Se determina en un apartado más adelante de este capítulo.
- Normas nacionales e internacionales
  - Los plásticos de un solo uso que están en contacto con alimentos de consumo humano deben ser elaborados con PP, HDPE y LDPE; o con biopolímeros, por no ser tóxicos ninguno de esos dos tipos de polímeros.
- Estandarización
  - No aplica
- Prefabricación
  - No aplica
- Ahorro de materiales y procesos
  - Analizar la longitud de la colada fría en el molde, este punto se analizará en un apartado más adelante.
  - El peso de la pieza plástica debe ser el mínimo suficiente para su función.
- Línea de producción
  - No aplica
- Materias primas
  - Se analizará en un apartado más adelante
- Tolerancias
  - El cuchillo de mesa de plástico desechable no es un producto de uso ingenieril, sino más bien de tipo commodity, las tolerancias no son relevantes. Sin embargo, se tendrá especial cuidado en el diseño de la pieza al considerar el índice de contracción del polímero en el apartado del diseño del molde de inyección.

## APÉNDICES

---

- Control de calidad
  - No son determinantes al ser un producto commodity y desechable.
- Proceso productivo
  - Conocer el proceso de moldeo es determinante para poder hacer un buen diseño de molde de inyección y de la pieza plástica.
- Empaque y/o envase
  - No aplica, el empaque está resuelto por el fabricante.
- Embalaje
  - No aplica, el embalaje está resuelto por el fabricante.
- Estiba
  - No aplica, el embalaje está resuelto por el fabricante.
- **Costos**
  - El cuchillo de mesa de plástico desechable es un producto complementario, ya que generalmente se vende el producto junto con una cuchara y un tenedor. Los estudios de costos tienen el carácter de confidencial, por tanto, no se tiene acceso a la información. Sin embargo, al momento en que indica el fabricante que su pieza plástica debe tener un peso específico, la información sobre el costo de producción está implícita.
- **Requerimientos económicos o de mercado**
  - Oferta
    - Es una pieza plástica que los mayoristas, en la mayoría de los casos prefieren no vender.
  - Demanda
    - En comparación al tenedor y a la cuchara, el cuchillo es el producto con muy baja demanda.
  - Precio
    - Al no tener disponibles los costos no es posible hacer una estimación del precio por pieza.

## APÉNDICES

---

- Ganancia
  - El peso de la pieza plástica debe ser el mínimo suficiente, para que sea económicamente redituable.
- Medios de distribución
  - No necesita medios especiales para distribuir el producto, con vehículos de carga ligeros es suficiente para distribuir el producto.
- Canales de distribución
  - El fabricante utilizará los canales de distribución que usa para el resto de sus productos.
- Empaque
  - Es suficiente empaquetar el producto en bolsas de plástico para su venta al menudeo.
- Ciclo de vida
  - De un solo uso. Desechable.
- Competencia
  - Hay mucha competencia en el sector de los cubiertos de plástico desechables, pero como se comentó la demanda es baja para los cuchillos de mesa de plástico desechables.
- Centros de distribución
  - El producto se coloca en tiendas de autoservicio, tiendas de abarrotes y misceláneas.
- **Requerimientos formales**
  - Unidad
    - El diseño debe mantener simplicidad
  - Equilibrio
    - El diseño debe mantener sencillez y simetría
  - Estilo
    - Debe incluir una greca mixteca
  - Color
  - Originalidad
    - Debe ser inédita para poder registrarse ante el IMPI

- Superficie
  - Lisa en hoja y mango
  
- **Requerimientos de identificación**
  - Impresión
  - Ubicación
  - Percepción
  
- **Requerimientos legales**
  - Patentes
    - Solamente se puede registrar ante el IMPI el diseño del mango.
  - Normas, analizada en la sección 4.4
    - Ley para la prevención y gestión integral de los residuos sólidos (Estado de Oaxaca)
    - NMX-E-267
    - Decreto por el que se adicionan las fracciones IV bis, VIII bis, XXIII bis, XVI bis, XXVI ter, XVI quater al artículo 3 y una fracción XI bis al artículo 6; asimismo, se reforman las fracciones VI del artículo 3, XI del artículo 6 y XI bis del artículo 25, todas en la ley de residuos sólidos del distrito federal

Los requerimientos escritos con letras verdes son requerimientos que se cumplen en los requisitos solicitados por el fabricante, el intermediario y el usuario final. El requerimiento escrito con letras rojas, fueron puntos que no se habían considerado en el análisis y posteriormente se incorporaron para su estudio.

## APÉNDICE C

### Decreto número 629

**Decreto número 629**

**Aprobado por la LXIV legislatura el 10 de abril de 2019**

**Publicado en el periódico oficial número 25**

**Sexta sección del 22 de junio de 2019**

**Artículo único.-** Se **REFORMA** el primer párrafo del artículo 4º; el segundo párrafo del artículo 68; el artículo 99 y la fracción I del artículo 107 y se **ADICIONA** una fracción XXIX al artículo 8º, recorriéndose la subsecuente pasando a ser la fracción XXX; los párrafos segundo y tercero al artículo 28; el artículo 68 bis; y las fracciones XI y XII al artículo 98; de la **Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos**.

#### **TRANSITORIOS**

**PRIMERO.-** El presente Decreto entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Oaxaca.

**SEGUNDO.-** Las autoridades municipales en un plazo que no deberá de exceder de seis meses, deberán establecer en sus reglamentos las correspondiente sanciones para quienes no cumplan con las disposiciones previstas en el presente Decreto.

## APÉNDICES

---

La Secretaría de Medio Ambiente, Energías y Desarrollo Sustentable del Estado de Oaxaca dispondrá de un lapso de un año posteriores a la entrada en vigor de este Decreto, para **promover mediante campañas de difusión las prohibiciones a las que se refiere el artículo 99 de la Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos, la no utilización de popotes de plástico, y bolsas plásticas desechables; así como impulsar el uso de reusables, biodegradables y compostables.**

**TERCERO.-** Los establecimientos comerciales y mercantiles dispondrán de un lapso de un año posterior a la entrada en vigor del presente Decreto, para terminar su inventario de bolsas plásticas desechables y popotes de plástico; así como para elaborar el plan de sustitución de los mismos.

**CUARTO.-** Las microempresas y pequeñas empresas que comercialicen directamente al consumidor final productos con los envases o embalajes previstos en las fracciones XI y XII del artículo 98 contarán, para el cumplimiento de esas obligaciones, con un período de gracia de un año contado a partir de la publicación del presente Decreto.

**QUINTO.-** Las medianas y grandes empresas que comercialicen directamente al consumidor final, así como las empresas de cualquier tamaño que distribuyan antes de su venta al consumidor final productos con los envases o embalajes previstos en las fracciones XI y XII del artículo 98 de la presente Ley, contarán, para el cumplimiento de esas obligaciones, con una prórroga de seis meses.

**SEXTO.-** Transcurridos dichos términos, en caso de incumplimiento, serán sancionados de acuerdo al Título Noveno de la Ley para Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos.

## APÉNDICES

---

**SÉPTIMO.-** Se derogan todas las disposiciones que se opongan al presente Decreto.

**OCTAVO.-** Las dependencias y entidades de los tres Poderes que conforman el Gobierno del Estado de Oaxaca, los gobiernos municipales, así como los órganos autónomos del Estado, para el cumplimiento del artículo 68 Bis, lo harán al entrar en vigor el presente Decreto.

**NOVENO.-** Publíquese en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Oaxaca.

### **Título segundo**

#### **De las competencias**

##### **Capítulo I**

#### **Atribuciones del Estado, de los municipios y de las autoridades comunitarias**

##### **Artículo 8**

Las facultades del Estado son las siguientes:

##### **Fracción XXIX**

Prevenir, controlar y eliminar la contaminación generada por el uso de popotes y bolsas de uso único de material polietileno de baja densidad, polietileno lineal, polietileno de alta densidad, polipropileno, polímero de plástico y cualquier otro de sus derivados, que se entreguen a título gratuito, de manera onerosa o con motivo de cualquier acto comercial;

# APÉNDICES

---

## Título tercero

### De la clasificación de los residuos y su inventario

#### Capítulo I

#### Clasificación de residuos sólidos urbanos y de manejo especial

##### Artículo 15

Los **residuos de manejo especial** se clasifican como se indica a continuación:

##### Apartado X

Los neumáticos usados, muebles, enseres domésticos usados en gran volumen, **envases plásticos y todo tipo de materiales de lenta degradación.**

## Título cuarto

### Instrumentos de prevención y gestión integral de los residuos

#### Capítulo II

#### De los planes de manejo

##### Artículo 28

**Están obligados a formular y ejecutar planes de manejo,** los medianos y grandes generadores, **productores,** importadores, exportadores y distribuidores de **productos que al desecharse se convierten en** residuos sólidos urbanos, y generadores de **residuos de manejo especial,** **de conformidad con las Normas Oficiales Mexicanas y las Normas Ambientales Estatales.**

## APÉNDICES

---

Los responsables de la elaboración y distribución de productos o empaques que eventualmente constituyan residuos están obligados a incentivar a sus clientes a llevar mercancías en bolsas, redes, canastas, cajas u otros recipientes que puedan volver a ser utilizados y contar, fuera de sus establecimientos, con depósitos para colocar las bolsas, empaques u otros residuos.

Participar en el diseño e instrumentación de programas para reducir la generación de residuos, aprovechar su valor y darles un manejo ambientalmente adecuado, así como incentivar a los clientes a reciclar sus productos mediante el canje de artículos promocionales.

### **Título quinto**

#### **De la prevención y gestión integral de residuos sólidos urbanos**

#### **Capítulo IV**

#### **De la valorización y composteo de los residuos sólidos urbanos**

#### **Sección I**

#### **Del reciclaje**

#### **Artículo 68**

Las dependencias y entidades de los Gobiernos estatal y municipales, así como los órganos autónomos, establecerán en sus oficinas y dependencias sistemas de manejo ambiental, los cuales tendrán por objeto prevenir y minimizar la generación de residuos sólidos urbanos, su manejo responsable y su reutilización y reciclaje.

## APÉNDICES

---

En sus procesos de adquisiciones de bienes y servicios, dichas dependencias, entidades y órganos autónomos optarán por productos amigables con el ambiente. La Secretaría del Medio Ambiente, Energías y Desarrollo Sustentable vigilará el cumplimiento de ello.

### **Artículo 68 bis**

Las dependencias y entidades de los tres Poderes que conforman el Gobierno del Estado de Oaxaca, los gobiernos municipales, así como los órganos autónomos del Estado tienen prohibido adquirir, usar o distribuir productos en envases o embalajes de un solo uso elaborados con tereftalato de polietileno, poliestireno expandido o polietileno, salvo que sean destinados a fines médicos o para la atención humanitaria.

### **Título séptimo**

#### **Responsabilidad sobre contaminación y remediación de sitios**

#### **Capítulo II**

#### **De las prohibiciones**

### **Artículo 98**

#### **Fracción XI**

Vender, distribuir o emplear envases de un solo uso elaborados con tereftalato de polietileno, (**PET**), destinados al agua u otras bebidas, salvo que sean destinados para fines educativos o para la atención humanitaria, y;

#### **Fracción XII**

## APÉNDICES

---

Vender, distribuir o usar envases, embalajes u otros productos de un solo uso elaborados con poliestireno expandido (**EPS**).

### **Artículo 99**

Para la protección del Estado y sus habitantes queda prohibido el obsequio, venta o entrega al consumidor final de bolsas de plástico y uso de popotes que sean elaboradas con polietileno de baja densidad, polietileno lineal, polietileno de alta densidad, polipropileno, polímero de plástico y cualquier otro de sus derivados, en supermercados, tiendas de autoservicio o conveniencia, mercados, comercios de giros diversos y en general cualquier tipo de unidad comercial.

Quedan exentas de la restricción del párrafo anterior aquellas bolsas que hayan sido producidas incorporando un porcentaje mínimo de treinta por ciento (30%) de material reciclado y que la fabricación de dichas bolsas de plástico sea con materiales y procesos de tecnología que permitan su ágil degradación acorde a la norma NMX-E-267 o las que la sustituyan.

### **Título noveno**

#### **Infracciones y sanciones**

#### **Capítulo I**

#### **De las infracciones**

### **Artículo 107**

Son infracciones a lo establecido en esta Ley:

### **Fracción I**

Realizar cualquiera de las conductas prohibidas enunciadas en los artículos 68 Bis, 92, 98 y 99, o incumplir lo previsto en el artículo 68 de esta Ley;

Se marcan los textos en verde y azul para identificar y localizar las diferentes secciones relacionadas con los productos de plástico desechable.

## **APÉNDICE D**

**DECRETO POR EL QUE SE ADICIONAN LAS FRACCIONES IV BIS, VIII BIS, XXIII BIS, XXVI BIS, XXVI TER, XXVI QUATER AL ARTÍCULO 3 Y UNA FRACCIÓN XI BIS AL ARTÍCULO 6; ASÍ MISMO, SE REFORMAN LAS FRACCIONES VI DEL ARTÍCULO 3, XI DEL ARTÍCULO 6 Y XI BIS DEL ARTÍCULO 25, TODAS EN LA LEY DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL DISTRITO FEDERAL**

25 de junio de 2019

GACETA OFICIAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO

**DRA. CLAUDIA SHEINBAUM PARDO**, Jefa de Gobierno de la Ciudad de México, a sus habitantes sabed.

Que el H. Congreso de la Ciudad de México I Legislatura, se ha servido dirigirme el siguiente:

### **D E C R E T O**

### **CONGRESO DE LA CIUDAD DE MÉXICO**

### **I LEGISLATURA**

**EL CONGRESO DE LA CIUDAD DE MÉXICO, DECRETA:**

## APÉNDICES

---

**SE ADICIONAN LAS FRACCIONES IV BIS, VIII BIS, XXIII BIS, XXVI BIS, XXVI TER, XXVI QUATER AL ARTÍCULO 3 Y UNA FRACCIÓN XI BIS AL ARTÍCULO 6; ASIMISMO, SE REFORMAN LAS FRACCIONES VI DEL ARTÍCULO 3, XI DEL ARTÍCULO 6 Y XI BIS DEL ARTÍCULO 25, TODAS EN LA LEY DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL DISTRITO FEDERAL. PARA QUEDAR COMO SIGUE:**

### DECRETO

**ÚNICO:** Se adicionan las fracciones IV BIS, VIII BIS, XXIII BIS, XXVI BIS, XXVI TER, XXVI QUATER al artículo 3 y una fracción XI BIS al artículo 6; asimismo, se reforman las fracciones VI del artículo 3, XI del artículo 6 y XI BIS del artículo 25, todas en la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal. Para quedar como sigue:

### LEY DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL DISTRITO FEDERAL

**Artículo 3.-** Para los efectos de la presente Ley se entiende por:

I. a VI. (...)

**IV BIS. Biodegradable:** Material que es capaz de descomponerse en dióxido de carbono, metano, agua, componentes inorgánicos o biomasa, como resultado de la acción de microorganismos;

**VI. Biopolímero:** Es un polímero de origen natural que puede ser sintetizado por microorganismos u obtenido de fuentes animales o plantas. Son básicamente generados de recursos renovables tales como el Ácido Poliláctico (PLA) y el Polihidroxialcanoato (PHA) de forma enunciativa, más no limitativa, y por regla general son fácilmente biodegradables y compostables, pero pueden no serlo;

(...)

## APÉNDICES

---

**VIII BIS. Compostable:** Material susceptible a biodegradarse como mínimo al 90 por ciento en 6 meses, si es sometido a un ambiente rico de dióxido de carbono o en contacto con materiales orgánicos, al cabo de 3 meses la masa del material debe estar constituida como mínimo por el 90% de fragmentos de dimensiones inferiores a 2 milímetros;

(...)

**XXIII BIS. Microplásticos.** Fragmentos de plástico de tamaño inferior a 5 milímetros;

(...)

**XXVI BIS. Plástico.** Material fabricado a partir de una amplia gama de polímeros orgánicos, fósiles y no fósiles, tales como el tereftalato de polietileno (PET), el polipropileno (PP), el polietileno de baja densidad (PEBD), el polietileno de alta densidad (PEAD), el poliestireno (PS), poliestireno expandido (PSE), el policloruro de vinilo (PVC) y policarbonato que pueden moldearse mientras es suave y luego volverse a su forma rígida o ligeramente rígida e incluso elástica;

(...)

**XXVI TER. Plásticos degradables:** Materiales plásticos a los que se incluyen aditivos catalizadores que propician su descomposición en múltiples etapas. Incluye los plásticos oxodegradables, fotodegradables, hidrodegradables y termodegradables, de manera enunciativa más no limitativa;

**XXVI QUATER. Productos plásticos de un solo uso:** Productos que se fabrican total o parcialmente a partir de plástico y que no están concebidos para lograr, dentro de su vida útil, múltiples rotaciones al ser devueltos al productor para su recarga o ser reutilizados para el mismo propósito con que fueron concebidos, tales como bolsas, tenedores, cuchillos, cucharas, palitos mezcladores, platos, popotes o pajitas, bastoncillos para hisopos de algodón, globos y varillas para globos, vasos y sus tapas, charolas para transportar

## APÉNDICES

---

alimentos, aplicadores de tampones, fabricados total o parcialmente de plásticos, de manera enunciativa más no limitativa;

(...)

**Artículo 6.-** Corresponde a la Secretaría el ejercicio de las siguientes facultades:

(...)

**XI.** Establecer los criterios, lineamientos y normas ambientales para la Ciudad de México referentes a la producción y el consumo sustentable de plásticos, los cuales deberán atender a las características específicas requeridas para cada producto y sujetarse a lineamientos técnicos y científicos, basados en un proceso de análisis de las tecnologías vigentes; éstos deberán emitirse considerando la opinión de los productores y distribuidores.

Dichos criterios, lineamientos y normas ambientales para la Ciudad de México deberán garantizar la disminución de los impactos ambientales asociados a la extracción de materiales, transformación, manufactura, distribución, uso y destino de estos plásticos, promoviendo el uso de materias primas provenientes de productos reciclados post consumo y de recursos naturales renovables, para que una vez terminada la vida útil de estos, sus residuos se incorporen en los procesos productivos para su reciclaje y reutilización, minimizando su disposición final.

**XI BIS.** Establecer precios de garantía a cargo de los fabricantes, distribuidores y comercializadores de productos elaborados con plásticos, para promover su reciclaje una vez que se convierten en residuos;

**Artículo 25.** Queda prohibido por cualquier motivo:

(...)

## APÉNDICES

---

**XI BIS.** La comercialización, distribución y entrega de bolsas de plástico al consumidor, en los puntos de venta de bienes o productos, excepto si son compostables. Se excluyen, las bolsas de plástico necesarias por razones de higiene o que prevengan el desperdicio de alimentos siempre y cuando no existan alternativas compostables.

La comercialización, distribución y entrega de tenedores, cuchillos, cucharas, palitos mezcladores, platos, popotes o pajitas, bastoncillos para hisopos de algodón, globos y varillas para globos, vasos y sus tapas, charolas para transportar alimentos, aplicadores de tampones, fabricados total o parcialmente de plásticos, diseñados para su desecho después de un solo uso, excepto los que sean compostables.

Queda excluida la comercialización, distribución y entrega de popotes para asistencia médica.

La comercialización, distribución y entrega de productos que contengan microplásticos añadidos intencionalmente.

La comercialización, distribución y entrega de cápsulas de café de un solo uso fabricadas con materiales plásticos de bajo potencial de aprovechamiento.

### TRANSITORIOS

**Primero.** El presente decreto entrará en vigor al día siguiente de su publicación en la Gaceta Oficial del Gobierno de la Ciudad de México.

## APÉNDICES

---

**Segundo.** Dentro de los doce meses siguientes a la publicación del presente Decreto, la Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México, realizará la actualización y armonización de la normatividad aplicable en materia de Residuos Sólidos en la Ciudad de México, así como de los criterios de producción y consumo sustentable de los productos plásticos biodegradables y de los compostables.

Asimismo, dentro de los 180 días siguientes a la publicación del presente decreto, la Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México iniciará la elaboración de la Norma Ambiental para la producción y consumo sustentable de los productos plásticos biodegradables y de los compostables.

**Tercero.** Las modificaciones al Artículo 25 fracción XI BIS surtirán efecto de acuerdo al siguiente calendario.

La prohibición de:

La comercialización, distribución y entrega de bolsas de plástico al consumidor, en los puntos de venta de bienes o productos, excepto si son compostables. Se excluyen, las bolsas de plástico necesarias por razones de higiene o que prevengan el desperdicio de alimentos siempre y cuando no existan alternativas de plástico compostable, a partir de 2020.

La comercialización, distribución y entrega de tenedores, cuchillos, cucharas, palitos mezcladores, platos, popotes o pajitas, bastoncillos para hisopos de algodón, globos y varillas para globos, vasos y sus tapas, charolas para transportar alimentos, aplicadores de tampones, fabricados total o parcialmente

## APÉNDICES

---

de plásticos, diseñados para su desecho después de un solo uso, excepto los que sean compostables, a partir del 1 de enero de 2021.

La comercialización, distribución y entrega de productos que contengan microplásticos añadidos intencionalmente, a partir del 1 enero de 2021.

La comercialización, distribución y entrega de cápsulas de café de un solo uso fabricadas con materiales plásticos de bajo potencial de aprovechamiento, a partir del 1 enero de 2021.

**Cuarto.** A partir de la publicación del presente Decreto, la Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México iniciará, promoverá e implementará programas de cultura ambiental y concientización dirigidos a la ciudadanía sobre el impacto negativo del abuso en el consumo de los plásticos de un solo uso, y las alternativas que existen para evitarlo, incluyendo su reutilización y reciclaje. Para tal efecto el Congreso de la Ciudad de México, deberá considerar en el Presupuesto de Egresos una partida suficiente para llevar a cabo dichas acciones.

**Quinto.** La Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación de la Ciudad de México deberá instrumentar dentro de los 180 días posteriores a la publicación del presente decreto, un programa de asesoramiento a los productores de plástico de un solo uso, a efecto de que realicen una reconversión tecnológica, en la que se desarrollen alternativas de plásticos compostables. Para tal efecto se deberá prever en el Presupuesto de Egresos una partida suficiente para llevar a cabo dichas acciones.

## APÉNDICES

---

**Sexto.-** Se derogan todas aquellas disposiciones que contravengan el contenido del presente decreto.

Palacio Legislativo del Congreso de la Ciudad de México, a los nueve días del mes de mayo del año dos mil diecinueve.- **POR LA MESA DIRECTIVA.- DIPUTADO JOSÉ DE JESÚS MARTÍN DEL CAMPO CASTAÑEDA, PRESIDENTE.- DIPUTADA ISABELA ROSALES HERRERA, SECRETARIA.- DIPUTADA ANA PATRICIA BAEZ GUERRERO, SECRETARIA.-** (Firma)

Con fundamento en lo dispuesto por los artículos 122, Apartado A, fracción III, de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; 32 apartado C, numeral 1, inciso a) de la Constitución Política de la Ciudad de México; 2, 3, fracciones XVII y XVIII, 7, 10 fracción II, 12 y 21 párrafo primero de la Ley Orgánica del Poder Ejecutivo y de la Administración Pública de la Ciudad de México; para su debida publicación y observancia, expido el presente Decreto Promulgatorio en la Residencia Oficial de la Jefatura de Gobierno de la Ciudad de México, a los veinte días del mes de mayo del año dos mil diecinueve.- **LA JEFA DE GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MÉXICO, DRA. CLAUDIA SHEINBAUM PARDO.- FIRMA.- LA SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE, MARINA ROBLES GARCÍA.- FIRMA.**

Se marcan los textos en verde y azul para identificar y localizar las diferentes secciones relacionadas con los productos de plástico desechable.

# APÉNDICE E

## Norma NMX-E-267

### DECLARATORIA de vigencia de la Norma Mexicana NMX-E-267-CNCP-2016.

**Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Economía.- Subsecretaría de Competitividad y Normatividad.- Dirección General de Normas.**

DECLARATORIA DE VIGENCIA DE LA NORMA MEXICANA NMX-E-267-CNCP-2016, INDUSTRIA DEL PLÁSTICO-PLÁSTICOS BIOBASADOS-MTODOS DE PRUEBA.

La Secretaría de Economía, por conducto de la Dirección General de Normas, con fundamento en lo dispuesto por los artículos 34, fracciones II, XIII y XXXIII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 3, fracción X, 51-A, 54 y 66, fracción V de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 45 y 46 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y 22, fracciones I, IX, XII y XXV del Reglamento Interior de la Secretaría de Economía y habiéndose satisfecho el procedimiento previsto por la ley de la materia para estos efectos, expide la Declaratoria de Vigencia de la Norma Mexicana que se enlista a continuación, misma que ha sido elaborada, aprobada y publicada como Proyecto de Norma Mexicana bajo la responsabilidad del Organismo Nacional de Normalización denominado Centro de Normalización y Certificación de Productos, A.C., lo que se hace del conocimiento de los productores, distribuidores, consumidores y del público en general.

El texto completo de la Norma Mexicana que se indica puede ser adquirido en la sede de dicho organismo ubicado en Blvd. Toluca número 40-A, Colonia San Andrés Atoto, Naucalpan de Juárez, código postal 53500, Estado de México, o consultado gratuitamente en la biblioteca de la Dirección General de Normas de la Secretaría de Economía, ubicada en Avenida Puente de Tecamachalco número 6, Colonia Lomas de Tecamachalco, Sección Fuentes, Naucalpan de Juárez, código postal 53950, Estado de México.

La Norma Mexicana NMX-E-267-CNCP-2016 entrará en vigor 60 días naturales después de la publicación de esta Declaratoria de Vigencia en el Diario Oficial de la Federación. SINEC-20170119105538267.

CLAVE O CDIGO	TTULO DE LA NORMA MEXICANA
NMX-E-267-CNCP-2016	INDUSTRIA DEL PLÁSTICO-PLÁSTICOS BIOBASADOS-MTODOS DE PRUEBA.
<b>Objetivo y campo de aplicación</b>	
<p>La presente Norma Mexicana establece dos métodos de prueba para determinar el contenido biobasado en resinas y productos plásticos.</p> <p>Es aplicable para todas las resinas y productos plásticos biobasados que pueden ser incinerados en presencia de oxígeno para producir CO2 gaseoso y que se fabriquen, comercialicen y distribuyan en Territorio Nacional.</p> <p>Las especificaciones de seguridad y requerimientos asociados con la radioactividad, preparación de las muestras, y operación de los instrumentos no son incluidos en los métodos de prueba. Es responsabilidad del usuario de estos métodos establecer las prácticas de seguridad y salud apropiadas.</p> <p>Estos métodos de prueba no abordan impacto ambiental, desempeño del producto y funcionalidad, determinación del origen geográfico o asignación de cantidades de carbono biobasado necesarias para el cumplimiento de las regulaciones nacionales.</p>	
<b>Concordancia con Normas Internacionales</b>	

## APÉNDICES

---

Esta Norma Mexicana no es equivalente (NEQ) con las Normas Internacionales ISO 16620-1:2015 *Plastics-Biobased content-Part 1: General principles*, Primera edición 2015-04, ISO 16620-2:2015 *Plastics-Biobased content-Part 2: Determination of biobased carbon content*. Primera edición 2015-04, e ISO 16620-3 *Plastics-Biobased content-Part 3: Determination of biobased synthetic polymer content*, Primera edición 2015-04, debido a las variables metodológicas y tecnológicas actuales

### Bibliografía

Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-2002, *Sistema General de Unidades de Medida*, fecha de publicación en el Diario Oficial de la Federación el 27 de noviembre de 2002.

ISO 16620-1:2015 *Plastics-Biobased content-Part 1: General principles*. Primera Edición 2015-04.

ISO 16620-2:2015 *Plastics-Biobased content-Part 2: Determination of biobased carbon content*. Primera Edición 2015-04.

ISO 16620-3: 2015 *Plastics-Biobased content-Part 3: Determination of biobased synthetic polymer content*. Primera Edición 2015-04.

ASTM D6866-12 *Standard Test Methods for Determining the Biobased Content of Natural Range Materials Using Radiocarbon and Isotope Ratio Mass Spectrometry Analysis*, PA, 2012.

EN 16640 *Biobased Products-Determination of the biobased carbon content of products using the radiocarbon method*

EN 16785 *Biobased Products-Determination of the bio-based content using the radiocarbon analysis and elemental analysis. (More biobased content standards are in the pipe-line)*

Stuiver M. y H.A. Polach, *Discussion reporting of <sup>14</sup>C data*. Radiocarbon, Vol. 19, Nr 3, 1977, pp 355-363.

Quarta G, Calcagnile L, Giffoni M, Braione E, D'Elia M., *Determination of the biobased content in plastics by radiocarbon*. Radiocarbon, Vol. 55, Nr 2â3, 2013, pp 1834â1844.

Ciudad de México, a 19 de enero de 2017.- El Director General de Normas y Secretariado Técnico de la Comisión Nacional de Normalización, **Alberto Ulises Esteban Marina**.- Rúbrica.

# **ANEXOS**



# ANEXO A

## CÉDULA ANTROPOMÉTRICA DE LA MANO

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA  
 MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA AVANZADA DE MANUFACTURA

### ESTUDIO ANTROPOMÉTRICO DE LA MANO

**PERFIL DE USUARIO**

Clave asignada

Nombre : \_\_\_\_\_

Ocupación : \_\_\_\_\_

Indique relación con la UTM Ninguna

Estudiante

Trabajador UTM

Carrera: \_\_\_\_\_ Grupo: \_\_\_\_\_

Área de trabajo : \_\_\_\_\_

**Región de Oaxaca de nacimiento**

**Usuario**

**Padre**

**Madre**

Cañada

Costa

Istmo

Mixteca

Papaloapan

Sierra Norte

Sierra Sur

Valles centrales

Otro Estado

¿Cuál? \_\_\_\_\_

Cañada

Costa

Istmo

Mixteca

Papaloapan

Sierra Norte

Sierra Sur

Valles centrales

Otro Estado

¿Cuál? \_\_\_\_\_

Cañada

Costa

Istmo

Mixteca

Papaloapan

Sierra Norte

Sierra Sur

Valles centrales

Otro Estado

¿Cuál? \_\_\_\_\_

Sexo Masculino

Femenino

Edad 18 - 21

31 - 35

46 - 50

61 - 65

22 - 25

36 - 40

51 - 55

Mayor de 65

26 - 30

41 - 45

56 - 60

## ANEXOS

---

El usuario es :

Diestro

Surdo

Ambidiestro

**NOTA:** Si el usuario es diestro entonces medir la mano derecha  
Si el usuario es zurdo entonces medir la mano izquierda  
Si el usuario es ambidiestro entonces medir las dos manos

### MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS

Estatura

Peso

Estatura sentado

Longitud total de la mano

Longitud de la palma

Longitud del dedo anular

Longitud del dedo medio

Longitud del dedo índice

Longitud del dedo pulgar

Ancho de la mano

Ancho de la palma

Grosor de la mano

Grosor mano usando cuchillo

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## ANEXO B

## RESULTADOS DEL ESTUDIO ANTROPOMÉTRICO DE LA MANO

LUGAR DONDE SE MIDió	CLAVE	NOMBRE	OCUPACIÓN	USUARIO REGIÓN DE NACIMIENTO	PAPÁ REGIÓN DE NACIMIENTO	MAMÁ REGIÓN DE NACIMIENTO
UTM	1	Gutiérrez Vargas Yerilda	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	2	Carrasco López Rosaura	Estudiante	Valles Centrales	Sierra Norte	Sierra Norte
UTM	3	López Valeriano José Roberto	Estudiante	Valles Centrales	Sierra Sur	Valles Centrales
UTM	4	Hernández Sánchez Alan Iñigo	Estudiante	Sierra Sur	Sierra Sur	Sierra Sur
UTM	5	Orozco Vázquez Yara	Estudiante	Istmo	Istmo	Istmo
UTM	6	Bravo Hernández Itzamar	Estudiante	Cañada	Cañada	Mixteca
UTM	7	Juárez Hernández Alberto Israel	Estudiante	Costa	Costa	Costa
UTM	8	Ramírez García Jonathan	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Valles Centrales
UTM	9	Carreño Rojas Abdiel	Estudiante	Costa	Papaloapan	Costa
UTM	10	Pérez Ojeda Pablo Antonio	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Mixteca
UTM	11	García Beteta Eliezer	Estudiante	Sierra Norte	Valles Centrales	Sierra Norte
UTM	12	Cruz López David	Estudiante	Sierra Norte	Sierra Norte	Sierra Norte
UTM	13	Avendaño Gómez Oliver	Estudiante	Sierra Norte	Sierra Norte	Sierra Norte
UTM	14	Cabrera Gómez Alex Irving Nestor	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Valles Centrales
UTM	15	Castro Hernández Alicia Monserrath	Estudiante	Sierra Sur	Sierra Sur	Sierra Sur
UTM	16	Chávez Bautista Marita	Estudiante	Valles Centrales	Mixteca	Valles Centrales
UTM	17	Sánchez López Bianca Biani	Estudiante	Istmo	Istmo	Istmo
UTM	18	Jiménez Rodríguez José Alberto	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Valles Centrales
UTM	19	López Carazo Edgar Orlando	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Papaloapan
UTM	20	Martínez Cruz Zenón Belarmino	Estudiante	Sierra Norte	Sierra Norte	Sierra Norte
UTM	21	Cruz Bolaños Mauricio	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	22	Acevedo Morano Alicia	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	23	Olivera Aguilar Patricio	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Valles Centrales
UTM	24	Vasquez Reyes Gerardo	Estudiante	Mixteca	Valles Centrales	Mixteca
UTM	25	Rodríguez Ojeda Sabinne	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Valles Centrales
UTM	26	Aguilar Zárate Mario	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	27	López Hernández Yolanda	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Valles Centrales
UTM	28	García Cruz Arisandy	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	29	Oran Palacios Emmanuel	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	30	Martínez Colmillo Humberto	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Istmo
UTM	31	Torres Duarte Gerzahin	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Valles Centrales
UTM	32	Méndez López Ali Fernando	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Valles Centrales
UTM	33	Rodríguez Hernández Emmanuel	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Valles Centrales
UTM	34	Llanos Salazar Nayely	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	35	Hernández Solano Itzel	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	36	Hernández Cruz Alexei Felix	Estudiante	Valles Centrales	Costa	Mixteca
UTM	37	Basurto Camacho Fidel	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	38	Muñoz Marín Alejandro	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	39	Avendaño Manzano Bernardo	Estudiante	Mixteca	Valles Centrales	Mixteca
UTM	40	López Martínez Arioc Darío	Estudiante	Valles Centrales	Mixteca	Mixteca
UTM	41	Martínez Mendiola Kevin de Jesús	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Mixteca
UTM	42	Loyola Martínez Lorena	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	43	Castro Mantiel Aide	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	44	Hernández Herrera Marco Antonio	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	45	Torralba González Miguel Ángel	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	46	González Morán Erik	Estudiante	Istmo	Mixteca	Istmo
UTM	47	García Hernández Miguel Ángel	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	48	Pedro Santos Ulises	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	49	López Pérez Pedro César	Estudiante	Valles Centrales	Mixteca	Mixteca
UTM	50	García Martínez Aldo Crecencio	Estudiante	Sierra Norte	Sierra Norte	Sierra Norte
UTM	51	Santiago Altamirano Uriel Iván	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Valles Centrales
UTM	52	Meléndez Juárez Kevin	Estudiante	Mixteca	Istmo	Mixteca

## ANEXOS

CLAVE	SEXO	GRUPO DE EDAD	MANO QUE USA EL CONSUMIDOR	ESTATURA	PESO	ESTATURA SENTADO	LONGITUD TOTAL DE LA MANO	LONGITUD DE LA PALMA
1	Femenino	22-25	Derecha	1600	72.7	1310	171	97
2	Femenino	22-25	Derecha	1500	49.7	1200	166	96
3	Masculino	18-21	Derecha	1620	59.8	1280	185	103
4	Masculino	18-21	Derecha	1800	72.0	1380	188	108
5	Femenino	18-21	Derecha	1560	40.5	1220	166	94
6	Femenino	18-21	Derecha	1600	55.0	1230	167	95
7	Masculino	18-21	Derecha	1680	56.6	1310	192	105
8	Masculino	18-21	Derecha	1720	80.3	1330	192	110
9	Masculino	18-21	Derecha	1700	68.0	1290	188	107
10	Masculino	18-21	Derecha	1580	65.1	1260	164	93
11	Masculino	18-21	Derecha	1620	62.0	1280	180	103
12	Masculino	18-21	Derecha	1680	83.1	1280	176	100
13	Masculino	22-25	Derecha	1660	68.8	1300	180	100
14	Masculino	22-25	Derecha	1750	68.0	1360	192	112
15	Femenino	18-21	Derecha	1580	66.5	1320	185	106
16	Femenino	22-25	Derecha	1620	62.1	1290	180	100
17	Femenino	22-25	Derecha	1610	84.9	1300	177	97
18	Masculino	22-25	Derecha	1600	71.0	1290	174	112
19	Masculino	22-25	Derecha	1590	70.8	1260	175	115
20	Masculino	22-25	Derecha	1610	71.3	1310	178	114
21	Masculino	18-21	Derecha	1750	74.8	1280	185	105
22	Femenino	18-21	Derecha	1480	51.2	1180	161	94
23	Masculino	18-21	Derecha	1620	53.4	1240	181	103
24	Masculino	18-21	Derecha	1770	75.3	1300	192	110
25	Femenino	18-21	Derecha	1560	70.0	1260	172	96
26	Masculino	22-25	Derecha	1680	75.7	1290	180	100
27	Femenino	18-21	Derecha	1570	70.5	1250	164	90
28	Femenino	18-21	Derecha	1520	54.6	1220	160	92
29	Masculino	18-21	Derecha	1590	69.0	1210	175	101
30	Masculino	18-21	Derecha	1600	63.8	1220	178	98
31	Masculino	18-21	Derecha	1690	74.7	1310	193	111
32	Masculino	18-21	Derecha	1710	69.2	1300	181	103
33	Masculino	18-21	Derecha	1630	60.5	1270	186	105
34	Femenino	18-21	Derecha	1540	63.2	1220	172	97
35	Femenino	18-21	Derecha	1510	68.2	1230	164	94
36	Masculino	18-21	Derecha	1820	92.9	1350	195	110
37	Masculino	18-21	Derecha	1580	55.0	1210	173	100
38	Masculino	18-21	Derecha	1690	60.0	1300	189	108
39	Masculino	18-21	Derecha	1600	77.0	1250	175	98
40	Masculino	18-21	Derecha	1610	59.0	1260	168	97
41	Masculino	22-25	Derecha	1790	64.2	1300	181	104
42	Femenino	18-21	Derecha	1560	49.5	1200	167	93
43	Femenino	22-25	Derecha	1540	55.9	1240	170	100
44	Masculino	22-25	Derecha	1720	76.1	1260	192	110
45	Masculino	18-21	Derecha	1740	62.3	1320	184	105
46	Masculino	22-25	Derecha	1620	69.5	1250	179	103
47	Masculino	18-21	Derecha	1680	60.8	1250	174	100
48	Masculino	22-25	Derecha	1570	57.2	1220	170	95
49	Masculino	22-25	Derecha	1780	93.9	1330	205	115
50	Masculino	18-21	Derecha	1660	68.4	1280	190	105
51	Masculino	18-21	Ambidiestro	1670	73.0	1300	182	103
52	Masculino	18-21	Derecha	1760	70.2	1360	181	102

## ANEXOS

CLAVE	LONGITUD DEL DEDO ANULAR	LONGITUD DEL DEDO MEDIO	LONGITUD DEL DEDO ÍNDICE	LONGITUD DEL DEDO PULGAR	ANCHO DE LA MANO	ANCHO DE LA PALMA	GROSOR DE LA MANO	GROSOR DE LA MANO USANDO EL CUCHILLO
1	70	76	66	59	92	83	40	56
2	65	70	60	60	83	75	45	50
3	77	81	68	62	100	90	47	56
4	74	81	70	67	108	92	45	62
5	69	74	65	62	83	70	42	47
6	69	74	65	55	88	78	45	50
7	81	85	70	60	97	85	55	56
8	74	82	70	68	105	92	48	58
9	75	79	68	65	100	84	47	55
10	69	73	60	54	94	86	45	55
11	71	77	63	67	95	85	55	62
12	70	76	70	62	100	87	44	60
13	75	79	69	62	103	92	40	53
14	75	79	67	59	93	85	53	55
15	70	76	69	63	95	81	37	52
16	76	82	72	56	89	77	35	44
17	74	79	69	58	102	84	38	50
18	69	74	67	58	93	82	52	59
19	68	71	61	53	113	92	56	62
20	70	71	61	59	93	85	50	58
21	77	81	68	66	103	94	55	58
22	65	70	62	51	87	78	42	50
23	72	78	71	60	104	88	42	54
24	79	85	78	74	112	95	38	58
25	71	74	68	64	97	79	38	50
26	76	76	64	59	100	90	50	60
27	65	71	60	57	100	84	40	50
28	64	65	60	53	84	70	39	42
29	71	78	68	67	107	90	48	54
30	72	78	68	62	98	84	44	58
31	77	81	70	63	100	88	44	56
32	69	78	70	62	100	88	47	56
33	79	82	70	65	100	88	45	54
34	71	75	65	60	94	83	39	55
35	65	69	61	56	89	76	38	49
36	79	85	73	75	112	97	55	59
37	67	72	63	60	97	82	46	50
38	76	80	67	63	97	87	47	54
39	72	87	77	65	93	87	48	60
40	67	72	62	56	88	77	43	52
41	77	80	73	69	100	92	43	55
42	66	72	65	54	83	74	47	51
43	66	70	60	56	90	76	38	48
44	77	84	73	66	105	87	48	54
45	74	79	70	63	97	79	45	54
46	70	76	67	60	100	83	49	51
47	71	74	65	61	96	84	46	57
48	69	74	65	65	97	84	46	54
49	83	92	80	72	115	98	50	65
50	79	84	72	66	100	86	44	53
51	71	80	70	59	103	87	48	61
52	78	83	70	62	100	89	50	55

## ANEXOS

LUGAR DONDE SE MIDIÓ	CLAVE	NOMBRE	OCUPACIÓN	USUARIO REGIÓN DE NACIMIENTO	PAPÁ REGIÓN DE NACIMIENTO	MAMÁ REGIÓN DE NACIMIENTO
UTM	53	Encarnación Victorino Alejandro	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	54	Ramírez Robles Graciela	Estudiante	Sierra Norte	Sierra Norte	Sierra Norte
UTM	55	Méndez Huerta Edgar	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	56	Bautista Cruz Cristina	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	57	Aguilar López Carlos	Estudiante	Sierra Sur	Sierra Sur	Sierra Sur
UTM	58	García Gutierrez Marlen Citlali	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	59	Ortiz Sánchez Luis Ángel	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	60	Martínez Robles Liz Vela	Estudiante	Sierra Norte	Sierra Norte	Sierra Norte
UTM	61	Arreola Mota Walfred Emmanuel	Estudiante	Valles Centrales	Istmo	Valles Centrales
UTM	62	Cosijoeza Melchor Nolasco	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Valles Centrales
UTM	63	García González Gabriel	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	64	Olea Ávila Diana	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	65	Espinoza Ramos Josué Roberto	Estudiante	Valles Centrales	Istmo	Papaloapan
UTM	66	Mendez Contreras Uziel	Estudiante	Mixteca	Valles Centrales	Mixteca
UTM	67	Martínez Ramírez Citlalli Saray	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	68	Hernández Montellano Carlos	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Istmo
UTM	69	Cruz Bernardino Luis Ángel	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Valles Centrales
UTM	70	Miguel Sánchez Itzel Mariela	Estudiante	Valles Centrales	Mixteca	Valles Centrales
UTM	71	Cruz Monjaraz Marco Antonio	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	72	Martínez Flores Farith Eliézer	Estudiante	Sierra Norte	Sierra Norte	Valles Centrales
UTM	73	Montes Velasco Aquetzaly	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	74	De Jesús Peralta Erick Felipe	Estudiante	Sierra Norte	Sierra Norte	Sierra Norte
UTM	75	Acevedo Herrera Andrés Eduardo	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	76	Zaragoza Espinoza Mario	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Valles Centrales
UTM	77	Díaz Hernández Rita	Estudiante	Sierra Norte	Sierra Norte	Sierra Norte
UTM	78	Ceballos Solano Alicia	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	79	Cortés Jiménez Pedro Ismael	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	80	Cortés López Luis Fernando	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Valles Centrales
UTM	81	García García Andrea Catalina	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Costa
UTM	82	Martínez Pacheco Clemente	Estudiante	Sierra Norte	Sierra Norte	Sierra Norte
UTM	83	Quevedo Velásquez José Luis	Estudiante	Istmo	Istmo	Istmo
UTM	84	Bello Ramírez Bianca Citlalli	Estudiante	Istmo	Istmo	Istmo
UTM	85	Vásquez Cruz Yanet de los Ángeles	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	86	Reyes Hernández Nabí	Estudiante	Costa	Costa	Sierra sur
UTM	87	Martínez Luna Diego	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	88	Pérez López Nancy	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Valles Centrales
UTM	89	Ojeda Castellanos César Jonathan	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Valles Centrales
UTM	90	De la Cruz López Luis Fernando	Estudiante	Costa	Costa	Costa
UTM	91	Hernández Peña Karen	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	92	Michaca Martínez Ángel Iván	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	93	Ortiz Salazar Alejandro Francisco	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	94	Pérez Hernández José Luis	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Valles Centrales
UTM	95	Ojeda Martínez Eduardo Irán	Estudiante	Valles Centrales	Sierra Sur	Sierra Sur
UTM	96	López Cruz Cristian Ulises	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Valles Centrales
UTM	97	Marcial Ruiz Yezhel Enrique	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Valles Centrales
UTM	98	Cruz Rivera Jesús Esteban	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Valles Centrales
UTM	99	García Peñafort Brian Alejandro	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Valles Centrales
UTM	100	Patiño Ramírez Yair Bladimir	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Mixteca
UTM	101	Hilarto Sánchez Viviana Maritza	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Valles Centrales
UTM	102	Herrera Ramírez Felipe Ángel	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	103	López Martínez José Elías	Estudiante	Valles Centrales	Mixteca	Mixteca
UTM	104	Zárate Romero Samuel	Estudiante	Sierra Sur	Sierra Sur	Sierra Sur

## ANEXOS

CLAVE	SEXO	GRUPO DE EDAD	MANO QUE USA EL CONSUMIDOR	ESTATURA	PESO	ESTATURA SENTADO	LONGITUD TOTAL DE LA MANO	LONGITUD DE LA PALMA
53	Masculino	22-25	Derecha	1680	72.0	1340	183	103
54	Femenino	22-25	Derecha	1480	61.5	1210	165	98
55	Masculino	18-21	Derecha	1750	70.9	1330	193	107
56	Femenino	22-25	Derecha	1680	73.1	1300	178	100
57	Masculino	22-25	Derecha	1680	71.5	1300	174	100
58	Femenino	18-21	Derecha	1600	52.5	1210	173	97
59	Masculino	22-25	Derecha	1760	96.6	1360	196	110
60	Femenino	18-21	Derecha	1600	52.4	1340	167	97
61	Masculino	18-21	Derecha	1680	83.2	1320	178	105
62	Masculino	18-21	Derecha	1680	73.4	1300	193	112
63	Masculino	18-21	Derecha	1650	73.4	1320	174	98
64	Femenino	18-21	Derecha	1640	59.0	1250	174	96
65	Masculino	18-21	Ambidiestro	1710	66.0	1360	194	108
66	Masculino	18-21	Derecha	1780	72.3	1430	194	111
67	Femenino	18-21	Derecha	1720	62.0	1250	179	101
68	Masculino	18-21	Derecha	1710	65.6	1350	188	110
69	Masculino	22-25	Derecha	1720	60.3	1350	188	110
70	Femenino	18-21	Derecha	1650	51.0	1300	178	102
71	Masculino	22-25	Derecha	1600	98.1	1290	169	100
72	Masculino	22-25	Derecha	1690	71.9	1310	183	100
73	Femenino	18-21	Derecha	1500	49.5	1230	162	90
74	Masculino	18-21	Derecha	1640	60.8	1300	175	101
75	Masculino	18-21	Derecha	1650	77.2	1300	179	100
76	Masculino	36-40	Derecha	1720	95.2	1320	175	104
77	Femenino	22-25	Derecha	1540	47.0	1280	172	98
78	Femenino	22-25	Derecha	1560	60.3	1220	166	92
79	Masculino	22-25	Derecha	1600	60.3	1360	183	108
80	Masculino	18-21	Derecha	1580	56.0	1280	174	100
81	Femenino	18-21	Derecha	1500	62.0	1220	164	97
82	Masculino	22-25	Derecha	1540	58.0	1240	168	97
83	Masculino	18-21	Izquierda	1730	56.7	1380	182	107
84	Femenino	18-21	Derecha	1530	45.0	1260	167	96
85	Femenino	22-25	Derecha	1610	68.0	1280	173	94
86	Masculino	18-21	Derecha	1680	60.9	1320	193	109
87	Masculino	18-21	Derecha	1780	74.4	1380	195	110
88	Femenino	18-21	Derecha	1530	48.5	1230	167	97
89	Masculino	18-21	Derecha	1670	53.3	1290	175	98
90	Masculino	18-21	Derecha	1730	56.0	1360	178	100
91	Femenino	18-21	Derecha	1560	56.0	1240	163	94
92	Masculino	18-21	Derecha	1710	85.6	1300	185	105
93	Masculino	18-21	Derecha	1700	73.0	1290	188	110
94	Masculino	18-21	Derecha	1750	73.0	1350	201	117
95	Masculino	18-21	Izquierda	1700	72.0	1360	181	100
96	Masculino	22-25	Derecha	1670	80.9	1320	183	107
97	Masculino	22-25	Derecha	1600	69.8	1300	180	100
98	Masculino	18-21	Derecha	1700	73.5	1300	184	107
99	Masculino	18-21	Derecha	1720	55.0	1330	174	99
100	Masculino	18-21	Derecha	1740	68.4	1350	190	110
101	Femenino	18-21	Derecha	1550	63.3	1290	164	90
102	Masculino	22-25	Derecha	1540	76.0	1280	165	95
103	Masculino	18-21	Derecha	1670	64.5	1300	174	103
104	Masculino	18-21	Derecha	1760	68.0	1340	189	112

## ANEXOS

CLAVE	LONGITUD DEL DEDO ANULAR	LONGITUD DEL DEDO MEDIO	LONGITUD DEL DEDO ÍNDICE	LONGITUD DEL DEDO PULGAR	ANCHO DE LA MANO	ANCHO DE LA PALMA	GROSOR DE LA MANO	GROSOR DE LA MANO USANDO EL CUCHILLO
53	70	81	72	68	106	88	46	57
54	65	65	62	56	90	78	39	50
55	78	82	71	63	104	85	54	58
56	73	79	70	63	100	82	48	57
57	73	75	67	66	105	88	49	61
58	75	77	66	60	90	79	39	55
59	80	88	70	60	103	85	45	50
60	67	73	63	56	95	80	45	50
61	68	73	61	60	95	87	45	50
62	77	82	71	65	112	98	47	57
63	72	76	67	65	100	88	47	54
64	73	78	67	62	95	79	38	50
65	79	85	76	65	103	89	45	56
66	76	83	76	64	98	84	43	58
67	73	78	69	65	86	76	37	51
68	75	79	68	60	96	80	39	50
69	77	80	71	67	97	82	44	52
70	72	78	70	58	97	79	38	57
71	67	72	62	60	96	85	48	57
72	77	84	75	58	105	85	44	56
73	67	73	61	57	88	78	40	48
74	68	76	65	62	103	87	44	54
75	75	79	70	62	101	84	47	55
76	67	74	67	67	105	97	47	62
77	75	74	66	59	84	74	44	50
78	68	75	67	60	90	76	43	52
79	67	75	62	60	100	86	46	48
80	70	75	66	61	100	90	40	48
81	64	67	61	57	90	78	36	48
82	69	72	64	59	100	88	48	56
83	72	78	69	61	105	90	40	45
84	69	73	66	60	94	76	34	45
85	71	79	69	59	89	83	40	54
86	79	85	74	87	103	88	37	49
87	80	86	77	63	98	88	49	55
88	65	73	63	60	85	74	35	45
89	72	75	67	62	95	80	37	48
90	73	79	67	59	100	85	40	51
91	65	70	60	56	82	76	38	48
92	75	80	70	63	100	86	55	62
93	73	78	70	64	104	90	50	62
94	82	84	75	74	115	95	38	60
95	72	79	71	65	105	93	50	55
96	70	75	66	60	100	85	45	59
97	74	79	68	63	97	88	44	58
98	73	80	70	66	48	83	45	61
99	72	76	62	54	88	80	44	52
100	77	80	69	68	100	85	48	58
101	67	73	66	59	85	75	40	45
102	65	71	63	59	100	89	39	56
103	69	74	61	56	96	86	38	55
104	75	78	72	65	98	90	45	57

## ANEXOS

LUGAR DONDE SE MIDIÓ	CLAVE	NOMBRE	OCUPACIÓN	USUARIO REGIÓN DE NACIMIENTO	PAPÁ REGIÓN DE NACIMIENTO	MAMÁ REGIÓN DE NACIMIENTO
UTM	105	Morales Pérez Osvaldo	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Valles Centrales
UTM	106	Villanueva Hernández Eduardo Arturo	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Valles Centrales
UTM	107	Hernández Ledesma Gil	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Mixteca
UTM	108	Martínez Mendoza Rolando	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Valles Centrales
UTM	109	Castillo Castillo Adrián Santiago	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	110	Santiago Avendaño Cristian	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	111	Mejía Antonio Valeriano	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Valles Centrales
UTM	112	Cisneros Guemes Jenny	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	113	Ramírez Ramírez José Alberto	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	114	Jiménez Benito Jorge	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	115	Claudio Méndez González	Estudiante	Istmo	Istmo	Istmo
UTM	116	Bautista Galán Mayra	Estudiante	Costa	Costa	Costa
UTM	117	Camacho Huesca Lucero Angélica	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	118	García González Andrea	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Costa
UTM	119	Sánchez Méndez Iris Yetsemani	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	120	Pacheco Velasco Silva	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Valles Centrales
UTM	121	Durán Arango Alejandra Mayra	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	122	Ortega Guzmán Fidel	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	123	López López Joel	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Valles Centrales
UTM	124	Bautista Miguel Celina Isabel	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	125	Trujillo Monterrosa Rocío de los Ángeles	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	126	García Flores Cristian	Estudiante	Cañada	Cañada	Cañada
UTM	127	González Martínez Itzel Azucena	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	128	García Zenón Luis Ángel	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Valles Centrales
UTM	129	Huerta Martínez Carlos	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	130	García Pacho Jorge Simei	Estudiante	Istmo	Istmo	Istmo
UTM	131	Bedolla Martínez Vicente	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	132	Castillo González Daniel Bernardo	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	133	López López Luis Fernando	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	134	Sosa Ramírez Martín	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	135	González Rosado Saúl	Estudiante	Valles Centrales	Istmo	Istmo
UTM	136	Hernández Salvador Sheila	Estudiante	Valles Centrales	Sierra Sur	Sierra Sur
UTM	137	Hernández García Sergio	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Valles Centrales
UTM	138	Quijada Sarabia Neftali	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	139	Reyes Amengol Alejandro Nestor	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Valles Centrales
UTM	140	Lallos Hernández Jonathan Isai	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	141	Mejía Antonio José Lamberto	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Valles Centrales
UTM	142	Venegas Torres Alejandra	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Valles Centrales
UTM	143	Mireles López Jessica del Carmen	Estudiante	Mixteca	Sierra Norte	Valles Centrales
UTM	144	Rojas Pérez Eliseo	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Costa
UTM	145	Sánchez Quintana Gilberto	Estudiante	Papaloapan	Veracruz	Papaloapan
UTM	146	Cruz Hernández Mayra Monserrat	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Valles Centrales
UTM	147	Matías Pacheco Alejandro Daniel	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Valles Centrales
UTM	148	López López Orlando Rubén	Estudiante	Valles Centrales	Sierra Sur	Valles Centrales
UTM	149	Laredo De la Paz Neri	Estudiante	Costa	Costa	Costa
UTM	150	Ochoa Ruiz José Juan	Estudiante	Valles Centrales	Costa	Valles Centrales
UTM	151	Guzmán Gómez Alejandra	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	152	Sánchez Lázaro Carolina	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Valles Centrales
UTM	153	Gaspar Basald Mónica Sagún	Estudiante	Valles Centrales	Costa	Sierra Sur
UTM	154	García Sánchez Miriam Handehui	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Costa
UTM	155	Vásquez Martínez Raúl	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Valles Centrales
UTM	156	Jarquín Jarquín Guadalupe	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca

## ANEXOS

CLAVE	SEXO	GRUPO DE EDAD	MANO QUE USA EL CONSUMIDOR	ESTATURA	PESO	ESTATURA SENTADO	LONGITUD TOTAL DE LA MANO	LONGITUD DE LA PALMA
105	Masculino	22-25	Derecha	1700	73.0	1340	182	108
106	Masculino	18-21	Derecha	1650	70.0	1310	166	99
107	Masculino	22-25	Derecha	1800	122.5	1400	189	119
108	Masculino	18-21	Derecha	1670	89.0	1330	181	102
109	Masculino	18-21	Derecha	1680	63.6	1300	184	107
110	Masculino	22-25	Derecha	1630	63.4	1270	176	101
111	Masculino	22-25	Derecha	1580	62.3	1280	175	104
112	Femenino	18-21	Derecha	1660	44.2	1280	185	107
113	Masculino	22-25	Derecha	1730	88.1	1370	180	107
114	Masculino	22-25	Derecha	1750	85.5	1350	182	104
115	Masculino	22-25	Derecha	1780	67.2	1380	186	110
116	Femenino	22-25	Derecha	1620	64.2	1310	167	96
117	Femenino	22-25	Derecha	1600	52.9	1300	162	96
118	Femenino	22-25	Derecha	1560	61.3	1250	167	98
119	Femenino	22-25	Derecha	1590	64.0	1220	176	98
120	Femenino	22-25	Derecha	1520	65.5	1250	170	98
121	Femenino	22-25	Derecha	1600	52.6	1230	179	105
122	Masculino	22-25	Derecha	1720	80.1	1320	182	103
123	Masculino	18-21	Derecha	1590	61.3	1240	180	103
124	Femenino	22-25	Derecha	1480	53.0	1240	158	90
125	Femenino	22-25	Derecha	1560	52.4	1260	173	96
126	Masculino	22-25	Derecha	1740	68.0	1320	182	100
127	Femenino	22-25	Derecha	1570	50.1	1200	158	92
128	Masculino	22-25	Derecha	1800	79.0	1360	199	103
129	Masculino	18-21	Derecha	1600	62.7	1260	174	99
130	Masculino	18-21	Derecha	1620	66.2	1290	180	108
131	Masculino	18-21	Derecha	1600	59.2	1310	175	98
132	Masculino	18-21	Derecha	1640	53.0	1280	174	103
133	Masculino	18-21	Derecha	1720	64.0	1320	187	109
134	Masculino	18-21	Derecha	1630	72.0	1300	178	103
135	Masculino	18-21	Derecha	1650	74.0	1320	179	110
136	Femenino	22-25	Derecha	1480	55.6	1240	157	93
137	Masculino	18-21	Derecha	1600	58.2	1230	179	103
138	Masculino	18-21	Derecha	1640	93.5	1300	183	108
139	Masculino	18-21	Derecha	1620	80.9	1270	188	112
140	Masculino	22-25	Derecha	1720	81.3	1330	177	100
141	Masculino	18-21	Derecha	1660	59.0	1330	180	105
142	Femenino	18-21	Derecha	1600	73.0	1270	180	104
143	Femenino	18-21	Derecha	1630	66.6	1320	182	107
144	Masculino	18-21	Derecha	1800	37.7	1390	194	109
145	Masculino	22-25	Derecha	1650	74.8	1300	182	104
146	Femenino	22-25	Derecha	1620	61.0	1280	172	99
147	Masculino	18-21	Derecha	1710	65.0	1290	188	108
148	Masculino	18-21	Ambidiestro	1640	57.0	1300	168	93
149	Masculino	18-21	Derecha	1680	70.3	1330	186	108
150	Masculino	18-21	Derecha	1720	76.9	1320	191	110
151	Femenino	22-25	Derecha	1540	68.5	1290	163	95
152	Femenino	18-21	Derecha	1600	59.6	1290	170	99
153	Femenino	18-21	Derecha	1680	67.9	1310	175	98
154	Femenino	18-21	Derecha	1570	59.5	1300	171	98
155	Masculino	18-21	Derecha	1680	55.1	1330	188	110
156	Masculino	22-25	Derecha	1700	64.0	1300	182	102

## ANEXOS

CLAVE	LONGITUD DEL DEDO ANULAR	LONGITUD DEL DEDO MEDIO	LONGITUD DEL DEDO ÍNDICE	LONGITUD DEL DEDO PULGAR	ANCHO DE LA MANO	ANCHO DE LA PALMA	GROSOR DE LA MANO	GROSOR DE LA MANO USANDO EL CUCHILLO
105	68	75	63	55	100	92	47	58
106	61	69	60	52	100	88	45	58
107	73	76	70	72	110	96	45	63
108	73	76	67	56	104	93	38	60
109	75	77	68	65	97	86	45	57
110	70	75	65	62	95	85	47	58
111	69	72	62	60	98	89	45	56
112	73	77	70	61	85	73	34	44
113	72	77	64	68	98	94	48	55
114	70	77	68	62	102	88	57	62
115	74	81	67	58	102	88	44	55
116	66	72	64	67	94	80	45	52
117	67	69	60	56	85	74	35	46
118	62	69	60	55	85	79	38	49
119	75	78	70	64	97	87	41	52
120	69	74	64	56	91	86	40	51
121	70	76	68	63	90	78	39	46
122	76	83	73	69	104	88	47	59
123	76	78	64	62	100	88	47	56
124	65	69	62	54	85	76	44	49
125	72	76	68	61	89	76	38	44
126	73	82	71	62	100	87	40	52
127	61	70	61	55	80	77	45	47
128	84	90	80	70	97	89	48	52
129	70	74	62	60	90	80	45	56
130	69	74	66	63	96	85	43	51
131	73	76	63	57	97	88	44	55
132	67	71	63	58	95	80	44	52
133	75	77	67	58	95	89	44	49
134	69	77	63	60	98	88	47	52
135	66	68	62	58	103	90	53	55
136	62	62	60	53	88	75	39	48
137	70	78	67	64	98	84	44	52
138	72	76	68	64	108	94	54	64
139	70	78	70	60	98	87	45	55
140	76	77	67	53	94	86	50	46
141	69	74	64	62	97	86	45	52
142	70	78	68	54	90	84	38	45
143	74	79	66	64	95	84	45	50
144	78	85	74	67	117	105	50	68
145	68	78	65	59	95	84	44	52
146	70	74	63	56	86	78	43	52
147	75	80	70	62	98	85	44	54
148	70	75	61	55	91	84	41	51
149	77	79	68	57	105	90	45	52
150	78	82	74	65	100	88	47	52
151	62	67	60	56	90	82	38	50
152	68	70	62	55	88	80	38	54
153	69	76	66	59	88	78	38	48
154	70	74	65	60	94	80	39	48
155	75	78	68	64	100	85	40	46
156	73	78	67	62	103	87	50	56

## ANEXOS

UTM	157	Ibañez Álvarez Olga	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	158	González Ríos Leilany del Carmen	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Valles Centrales
UTM	159	Cruz Martínez Ángel David	Estudiante	Valles Centrales	Mixteca	Mixteca
UTM	160	Soriano Arias Diana	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	161	Belén Cruz Flor De Liz	Estudiante	Valles Centrales	Sierra Norte	Sierra Norte
UTM	162	Herrera López Fernando	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	163	Rivera Bautista Gabriela	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	164	López López Irving	Estudiante	Costa	Costa	Costa
UTM	165	Gracida León Laura Susana	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	166	García Brena Deysy	Estudiante	Sierra Sur	Sierra Sur	Sierra Sur
UTM	167	Bautista García Omar	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	168	Cruz Morales Pedro	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Valles Centrales
UTM	169	Mendoza López Juan Aldahir	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Valles Centrales
UTM	170	Caballero López Jesús Manuel	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	171	Sánchez Guzmán Eliz	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	172	Torres León Esteban	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	173	Mora Velasco Rogelio	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	174	Hernández Carrera Rosa Flor	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	175	Franco López Genifer	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	176	Hernández Sandoval José Eduardo	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	177	Vargas Sánchez José Daniel	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	178	Salazar Salazar Gabriela	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	179	Méndez Rosas Ana Eli	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	180	Herrera Santiago Laura Araceli	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Valles Centrales
UTM	181	Colores Guzmán Lizbeth	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	182	Hernández Hernández María del Carmen	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Valles Centrales
UTM	183	Racine Reyes Vicente Cristóbal	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	184	Reyes López Hovalia	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	185	López Fructuoso Graciela	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Valles Centrales
UTM	186	Prudente López Marcos	Estudiante	Costa	Costa	Costa
UTM	187	Navarro Zárate José de Jesús	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Valles Centrales
UTM	188	Velásquez Chávez Olín Adriana	Estudiante	Valles Centrales	Sierra Norte	Sierra Norte
UTM	189	Leyva Hernández Salvador	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	190	Morales Albino Jessica	Estudiante	Istmo	Istmo	Istmo
UTM	191	Martínez Ramírez Jacqueline	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	192	Hernández Guzmán William Edgardo	Estudiante	Sierra Sur	Sierra Sur	Sierra Sur
UTM	193	Zurita Jiménez Daniela	Estudiante	Costa	Costa	Costa
UTM	194	Ortiz Carreño Cristian	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Valles Centrales
UTM	195	Palma Silva Mayra	Estudiante	Valles Centrales	Mixteca	Costa
UTM	196	Cruz Cinco Sonia	Estudiante	Valles Centrales	Sierra Norte	Istmo
UTM	197	Sumano Cruz Diego Daniel	Estudiante	Valles Centrales	Valles Centrales	Valles Centrales
UTM	198	Mujica León Natalia	Estudiante	Costa	Costa	Costa
UTM	199	Morales Cruz Sleather	Estudiante	Mixteca	Mixteca	Mixteca
UTM	200	Güendolain Pérez Abner Eli	Estudiante	Valles Centrales	Sierra Sur	Valles Centrales

## ANEXOS

CLAVE	SEXO	GRUPO DE EDAD	MANO QUE USA EL CONSUMIDOR	ESTATURA	PESO	ESTATURA SENTADO	LONGITUD TOTAL DE LA MANO	LONGITUD DE LA PALMA
157	Femenino	22-25	Derecha	1550	55.0	1200	180	100
158	Femenino	18-21	Derecha	1580	46.2	1260	170	97
159	Masculino	22-25	Derecha	1680	86.0	1300	184	103
160	Femenino	18-21	Derecha	1590	69.1	1240	166	99
161	Femenino	22-25	Derecha	1540	56.9	1230	173	100
162	Masculino	18-21	Derecha	1620	60.0	1290	175	98
163	Femenino	18-21	Derecha	1640	49.7	1310	177	104
164	Masculino	18-21	Derecha	1650	60.0	1290	171	97
165	Femenino	18-21	Derecha	1450	53.2	1210	154	87
166	Femenino	18-21	Derecha	1520	46.4	1260	167	96
167	Masculino	18-21	Derecha	1730	80.0	1340	182	103
168	Masculino	18-21	Derecha	1600	67.2	1310	171	100
169	Masculino	18-21	Derecha	1690	64.1	1330	184	105
170	Masculino	22-25	Derecha	1560	58.0	1240	168	97
171	Masculino	22-25	Derecha	1620	60.0	1280	175	102
172	Masculino	22-25	Derecha	1680	60.7	1310	181	103
173	Masculino	18-21	Derecha	1580	55.1	1230	181	103
174	Femenino	18-21	Derecha	1560	64.0	1240	175	98
175	Femenino	18-21	Derecha	1520	53.0	1260	158	94
176	Femenino	18-21	Derecha	1720	59.0	1320	185	107
177	Masculino	22-25	Derecha	1700	70.4	1330	175	100
178	Femenino	22-25	Derecha	1500	45.0	1280	146	82
179	Femenino	22-25	Derecha	1550	54.0	1260	172	98
180	Femenino	22-25	Derecha	1540	60.0	1220	169	95
181	Femenino	22-25	Derecha	1540	64.9	1270	168	98
182	Femenino	22-25	Derecha	1540	45.2	1260	162	92
183	Masculino	18-21	Derecha	1620	57.9	1270	175	100
184	Femenino	18-21	Derecha	1480	43.0	1230	167	95
185	Femenino	22-25	Derecha	1620	54.9	1240	174	104
186	Masculino	18-21	Derecha	1740	80.0	1330	177	100
187	Masculino	18-21	Derecha	1680	59.2	1300	190	105
188	Femenino	18-21	Izquierda	1530	47.5	1240	168	98
189	Masculino	18-21	Derecha	1690	52.2	1290	180	106
190	Femenino	18-21	Derecha	1590	65.0	1290	172	100
191	Femenino	22-25	Derecha	1500	44.5	1220	161	93
192	Masculino	18-21	Derecha	1600	60.0	1270	178	102
193	Femenino	18-21	Derecha	1540	54.8	1260	169	100
194	Masculino	18-21	Derecha	1580	55.3	1260	172	100
195	Femenino	22-25	Derecha	1600	60.0	1280	167	95
196	Femenino	18-21	Derecha	1570	54.0	1220	170	98
197	Masculino	18-21	Derecha	1680	71.0	1300	184	106
198	Femenino	18-21	Derecha	1600	61.8	1210	179	102
199	Masculino	18-21	Derecha	1620	64.0	1300	177	105
200	Masculino	18-21	Ambidiestro	1760	81.0	1350	188	111

## ANEXOS

CLAVE	LONGITUD DEL DEDO ANULAR	LONGITUD DEL DEDO MEDIO	LONGITUD DEL DEDO ÍNDICE	LONGITUD DEL DEDO PULGAR	ANCHO DE LA MANO	ANCHO DE LA PALMA	GROSOR DE LA MANO	GROSOR DE LA MANO USANDO EL CUCHILLO
157	73	79	71	59	80	75	36	49
158	68	74	62	56	85	73	35	50
159	77	82	69	65	98	95	58	62
160	65	69	61	55	95	80	43	51
161	70	74	65	55	86	78	37	48
162	73	75	64	53	92	82	43	54
163	69	74	64	64	88	76	43	46
164	70	75	65	57	91	84	43	48
165	60	65	55	47	78	73	38	47
166	68	70	60	55	83	73	40	46
167	72	79	67	59	103	90	57	58
168	70	73	60	57	97	86	44	52
169	73	78	69	60	96	90	47	57
170	67	71	61	60	100	87	47	57
171	69	73	64	58	97	82	48	57
172	72	78	67	65	87	78	40	45
173	78	79	70	65	103	85	47	54
174	71	76	68	58	88	82	45	51
175	62	67	57	52	82	77	40	50
176	75	79	68	62	86	77	45	53
177	72	75	66	56	92	84	45	55
178	61	66	58	52	76	70	38	48
179	69	74	67	57	87	80	45	50
180	72	74	64	53	85	80	44	53
181	66	69	62	58	86	75	46	54
182	64	68	59	53	89	76	36	46
183	70	76	67	61	98	82	42	55
184	70	76	67	58	85	70	32	49
185	68	73	64	58	88	78	45	50
186	72	77	65	61	108	90	45	61
187	82	86	74	64	111	94	56	57
188	67	72	66	59	86	73	38	47
189	70	75	75	58	93	80	38	54
190	69	71	65	67	89	77	40	56
191	67	69	69	57	82	70	38	49
192	72	76	68	58	100	91	50	59
193	65	69	60	53	88	77	40	50
194	63	73	64	62	109	90	43	57
195	72	73	61	54	90	80	44	52
196	67	71	62	56	89	76	45	49
197	71	77	68	64	100	88	53	58
198	70	77	69	57	97	84	40	51
199	71	73	63	57	103	93	55	57
200	72	79	67	64	105	88	48	57

## ANEXO C

## Características de los cuchillos de plástico desechable de la competencia.

CARACTERÍSTICAS / MARCA	INIX	ARIES	GREAT VALUE	SORIANA
Peso (g)	2.37 +/- 0.05	2.95 +/- 0.05	3.05 +/- 0.05	3.10 +/- 0.05
Longitud total del cuchillo (mm)	162 +/- 1	163 +/- 1	157 +/- 1	177 +/- 1
Longitud de hoja (mm)	68 +/- 1	74 +/- 1	80 +/- 1	89 +/- 1
Longitud de mango (mm)	94 +/- 1	89 +/- 1	77 +/- 1	88 +/- 1
Ancho de hoja al inicio de filo (mm)	16.01 +/- 0.05	13.58 +/- 0.05	15.05 +/- 0.05	16.36 +/- 0.05
Ancho máximo de hoja (mm)	17.76 +/- 0.05	15.83 +/- 0.05	17.81 +/- 0.05	16.91 +/- 0.05
Distancia de punta a lugar ancho máximo (mm)	39.69 +/- 0.05	40.79 +/- 0.05	51.96 +/- 0.05	54.47 +/- 0.05
Ancho de hoja al final del filo (mm)	4.45 +/- 0.05	4.41 +/- 0.05	8.82 +/- 0.05	9.56 +/- 0.05
Distancia del último diente a la punta (mm)	1.50 +/- 0.05	2.69 +/- 0.05	4.59 +/- 0.05	7.05 +/- 0.05
Distancia del lomo de hoja a la punta (mm)	1.50 +/- 0.05	13.94 +/- 0.05	74.18 +/- 0.05	73.18 +/- 0.05
Grosor punta de mesa (mm)	0.88 +/- 0.03	1.22 +/- 0.03	1.26 +/- 0.03	0.95 +/- 0.03
Grosor intermedio de mesa (mm)	0.87 +/- 0.03	1.21 +/- 0.03	1.27 +/- 0.03	1.42 +/- 0.03
Grosor inicio de mesa (mm)	0.88 +/- 0.03	1.19 +/- 0.03	2.02 +/- 0.03	0.95 +/- 0.03
Grosor de mesa en línea de bisel (mm)	0.88 +/- 0.03	1.21 +/- 0.03	1.14 +/- 0.03	0.91 +/- 0.03
Ancho de bisel (mm)	1.61 +/- 0.03	2.08 +/- 0.03	2.98 +/- 0.03	6.46 +/- 0.03
Grosor de mesa en el lomo de la hoja (mm)	0.88 +/- 0.03	1.21 +/- 0.03	1.79 +/- 0.03	2.24 +/- 0.03
Grosor inicio de mango (mm)	0.64 +/- 0.03	1.12/1.52 +/- 0.03	1.51 +/- 0.03	1.07 +/- 0.03
Grosor a la mitad del mango (mm)	0.65 +/- 0.03	1.15/1.52 +/- 0.03	1.46 +/- 0.03	1.58 +/- 0.03
Grosor al final del mango (mm)	0.66 +/- 0.03	1.22/1.52 +/- 0.03	1.48 +/- 0.03	1.44 +/- 0.03
Ancho máximo del mango (mm)	11.5 +/- 0.03	12.00 +/- 0.03	12.90 +/- 0.03	13.65 +/- 0.03
Ancho lomo de hoja en punta (mm)	1.94 +/- 0.05	1.84 +/- 0.05	1.40 +/- 0.05	1.42 +/- 0.05
Ancho lomo de hoja a mitad de mesa (mm)	3.24 +/- 0.05	2.66 +/- 0.05	1.81 +/- 0.05	2.22 +/- 0.05
Ancho lomo de hoja en cuello (mm)	4.40 +/- 0.05	3.33 +/- 0.05	3.12 +/- 0.05	2.35 +/- 0.05
Forma del lomo de la hoja	Rectangular	Rectangular	Sin lomo	Sin lomo
Ancho lomo de mango a mitad de mango (mm)	4.14 +/- 0.05	3.33 +/- 0.05	2.70 +/- 0.05	2.27 +/- 0.05
Ancho lomo de mango al final de mango (mm)	3.81 +/- 0.05	3.32 +/- 0.05	2.34 +/- 0.05	1.48 +/- 0.05
Forma del lomo del mango	Rectangular	Rectangular	Circular	Circular
Grosor lomo de hoja en punta (mm)	0.85 +/- 0.03	0.65 +/- 0.03	0.00 +/- 0.03	0.00 +/- 0.03
Grosor lomo de hoja a mitad de mesa (mm)	1.23 +/- 0.03	1.32 +/- 0.03	0.00 +/- 0.03	0.00 +/- 0.03
Grosor lomo de hoja en cuello (mm)	1.17 +/- 0.03	1.58 +/- 0.03	3.12 +/- 0.03	1.96 +/- 0.03
Grosor lomo de mango a mitad de mango (mm)	1.22 +/- 0.03	1.30 +/- 0.03	2.71 +/- 0.03	2.22 +/- 0.03
Grosor lomo de mango al final de mango (mm)	0.84 +/- 0.03	1.32 +/- 0.03	2.27 +/- 0.03	2.35 +/- 0.03
Ancho de cuello (mm)	10.34 +/- 0.05	9.23 +/- 0.05	9.13 +/- 0.05	9.89 +/- 0.05
Costilla en el cuello	Si	Si	Si	Desplazada 3.2
Grosor de la costilla en el cuello	Recaso a lomo hoja	Recaso a lomo hoja	2.85 +/- 0.03	Recaso a lomo hoja
Profundidad del diente del filo (mm)	0.78 +/- 0.03	0.46 +/- 0.03	1.00 +/- 0.03	0.76 +/- 0.03
Largo de diente del filo (mm)	1.11 +/- 0.03	1.00 +/- 0.03	1.95 +/- 0.03	3.05 +/- 0.03
Ancho del diente del filo (mm)	0.82 +/- 0.03	0.72 +/- 0.03	0.61 +/- 0.03	0.65 +/- 0.03
Espacio entre dientes	0.00 +/- 0.03	0.56 +/- 0.03	0.00 +/- 0.03	0.00 +/- 0.03
Forma del diente	Triangular	Rectangular	Triangular	Semicircular
Ancho recaso junto a cuello (mm)	4.45 +/- 0.05	3.34 +/- 0.05	3.15 +/- 0.05	2.34 +/- 0.05
Ancho recaso junto a filo (mm)	1.15 +/- 0.05	3.05 +/- 0.05	1.81 +/- 0.05	0.68 +/- 0.05
Distancia de recaso a filo (mm)	0.00 +/- 0.05	0.00 +/- 0.05	9.23 +/- 0.05	12.47 +/- 0.05
Grosor recaso junto a cuello (mm)	1.32 +/- 0.05	1.62 +/- 0.05	2.55 +/- 0.05	3.14 +/- 0.05
Grosor recaso junto a filo (mm)	0.96 +/- 0.05	1.22 +/- 0.05	2.07 +/- 0.05	1.19 +/- 0.05
Lugar del (alto / bajo) relieve de la marca	(alto) Final mango	(alto) Final mango	No tiene	No tiene
Forma ergonómica (Lomo Hoja / Mango)	No / No	Si / Si	Si / Si	Si / Si
Código de material de manufactura	No	No	No	No
Número de cuchillo del molde	Si	Si	Si	No
Material del cuchillo	PP	PS	PS	PS
Detalles en el mango	Costillas en extremos	Rejilla alto relieve	Ninguno	Costilla pescado
Detalles en la mesa	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Línea bisel undido

## ANEXOS

CARACTERÍSTICAS / MARCA	HOLLIDAY	KSERO	WOW	CHINET
Peso (g)	3.13 +/- 0.05	3.35 +/- 0.05	3.68 +/- 0.05	3.73 +/- 0.05
Longitud total del cuchillo (mm)	161 +/- 1	169 +/- 1	190 +/- 1	172 +/- 1
Longitud de hoja (mm)	60 +/- 1	87 +/- 1	83 +/- 1	75 +/- 1
Longitud de mango (mm)	101 +/- 1	82 +/- 1	107 +/- 1	97 +/- 1
Ancho de hoja al inicio de filo (mm)	15.12 +/- 0.05	16.31 +/- 0.05	17.09 +/- 0.05	13.05 +/- 0.05
Ancho máximo de hoja (mm)	17.74 +/- 0.05	17.25 +/- 0.05	18.45 +/- 0.05	19.64 +/- 0.05
Distancia de punta a lugar ancho máximo (mm)	39.44 +/- 0.05	52.87 +/- 0.05	51.13 +/- 0.05	46.55 +/- 0.05
Ancho de hoja al final del filo (mm)	5.72 +/- 0.05	8.33 +/- 0.05	4.72 +/- 0.05	9.25 +/- 0.05
Distancia del último diente a la punta (mm)	2.51 +/- 0.05	4.73 +/- 0.05	1.84 +/- 0.05	5.51 +/- 0.05
Distancia del lomo de hoja a la punta (mm)	59.72 +/- 0.05	2.39 +/- 0.05	1.06 +/- 0.05	3.83 +/- 0.05
Grosor punta de mesa (mm)	1.00 +/- 0.03	1.07 +/- 0.03	1.26 +/- 0.03	0.97 +/- 0.03
Grosor intermedio de mesa (mm)	1.21 +/- 0.03	1.69 +/- 0.03	1.29 +/- 0.03	1.21 +/- 0.03
Grosor inicio de mesa (mm)	1.48 +/- 0.03	1.68 +/- 0.03	1.29 +/- 0.03	1.65 +/- 0.03
Grosor de mesa en línea de bisel (mm)	0.98 +/- 0.03	0.87 +/- 0.03	1.17 +/- 0.03	1.03 +/- 0.03
Ancho de bisel (mm)	1.64 +/- 0.03	4.22 +/- 0.03	2.81 +/- 0.03	1.92 +/- 0.03
Grosor de mesa en el lomo de la hoja (mm)	1.47 +/- 0.03	1.87 +/- 0.03	1.41 +/- 0.03	1.47 +/- 0.03
Grosor inicio de mango (mm)	1.26/1.53 +/- 0.03	1.23 +/- 0.03	0.93 +/- 0.03	1.10 +/- 0.03
Grosor a la mitad del mango (mm)	1.22/1.51 +/- 0.03	1.22 +/- 0.03	0.92 +/- 0.03	1.13 +/- 0.03
Grosor al final del mango (mm)	1.36/1.52 +/- 0.03	1.27 +/- 0.03	0.89 +/- 0.03	1.12 +/- 0.03
Ancho máximo del mango (mm)	11.85 +/- 0.03	13.40 +/- 0.03	13.70 +/- 0.03	13.70 +/- 0.03
Ancho lomo de hoja en punta (mm)	1.17 +/- 0.05	1.58 +/- 0.05	1.51 +/- 0.05	1.23 +/- 0.05
Ancho lomo de hoja a mitad de mesa (mm)	3.03 +/- 0.05	2.12 +/- 0.05	4.89 +/- 0.05	3.28 +/- 0.05
Ancho lomo de hoja en cuello (mm)	4.02 +/- 0.05	2.83 +/- 0.05	6.91 +/- 0.05	9.72 +/- 0.05
Forma del lomo de la hoja	Rectangular	Circular desvanecido	Rectangular	Rectangular
Ancho lomo de mango a mitad de mango (mm)	3.81 +/- 0.05	2.85 +/- 0.05	6.08 +/- 0.05	3.19 +/- 0.05
Ancho lomo de mango al final de mango (mm)	3.39 +/- 0.05	2.41 +/- 0.05	4.06 +/- 0.05	3.03 +/- 0.05
Forma del lomo del mango	Rectangular	Circular	Rectangular	Rectangular
Grosor lomo de hoja en punta (mm)	0.71 +/- 0.03	2.35 +/- 0.03	1.57 +/- 0.03	1.05 +/- 0.03
Grosor lomo de hoja a mitad de mesa (mm)	1.16 +/- 0.03	2.97 +/- 0.03	1.52 +/- 0.03	2.23 +/- 0.03
Grosor lomo de hoja en cuello (mm)	1.37 +/- 0.03	2.77 +/- 0.03	1.51 +/- 0.03	2.01 +/- 0.03
Grosor lomo de mango a mitad de mango (mm)	1.38 +/- 0.03	2.99 +/- 0.03	1.54 +/- 0.03	2.10 +/- 0.03
Grosor lomo de mango al final de mango (mm)	1.38 +/- 0.03	2.62 +/- 0.03	1.43 +/- 0.03	1.78 +/- 0.03
Ancho de cuello (mm)	8.37 +/- 0.05	9.69/9.79 +/- 0.05	8.49 +/- 0.05	9.96 +/- 0.05
Costilla en el cuello	Desplazada 6.65	Si	Si	Si
Grosor de la costilla en el cuello	Recaso a lomo hoja	2.53 +/- 0.03	Recaso a lomo hoja	1.45 +/- 0.03
Profundidad del diente del filo (mm)	0.70 +/- 0.03	0.72 +/- 0.03	1.18 +/- 0.03	0.76 +/- 0.03
Largo de diente del filo (mm)	0.73 +/- 0.03	2.56 +/- 0.03	1.81 +/- 0.03	2.71 +/- 0.03
Ancho del diente del filo (mm)	0.68 +/- 0.03	0.41 +/- 0.03	0.59 +/- 0.03	0.57 +/- 0.03
Espacio entre dientes	0.71 +/- 0.03	0.00 +/- 0.03	0.00 +/- 0.03	0.00 +/- 0.03
Forma del diente	Rectangular	Elipse inclinada	Sierra	Elipse inclinada
Ancho recaso junto a cuello (mm)	3.88 +/- 0.05	2.76 +/- 0.05	6.79 +/- 0.05	2.49 +/- 0.05
Ancho recaso junto a filo (mm)	1.73 +/- 0.05	1.03 +/- 0.05	1.48 +/- 0.05	1.46 +/- 0.05
Distancia de recaso a filo (mm)	0.00 +/- 0.05	8.16 +/- 0.05	0.00 +/- 0.05	2.34 +/- 0.05
Grosor recaso junto a cuello (mm)	1.32 +/- 0.05	3.48 +/- 0.05	1.65 +/- 0.05	1.64 +/- 0.05
Grosor recaso junto a filo (mm)	1.08 +/- 0.05	1.65 +/- 0.05	1.45 +/- 0.05	0.55 +/- 0.05
Lugar del (alto / bajo) relieve de la marca	No tiene	No tiene	(alto) Final mango	(alto) Final mango
Forma ergonómica (Lomo Hoja / Mango)	No / Si	Si / Si	No / Si	Si / Si
Código de material de manufactura	No	No	No	Si
Número de cuchillo del molde	Si	No	No	Si
Material del cuchillo	PS	PP y PS	PP y PS	PP
Detalles en el mango	Rejilla alto relieve	Ninguno	Rejilla alto relieve	Ninguno
Detalles en la mesa	Ninguno	Bisel y filo marcados	Bisel ambos lados	Filo en medio

# ANEXOS

CARACTERÍSTICAS / MARCA	CHUP'S	CLASSY	SOLO	TRISTAR
Peso (g)	3.90 +/- 0.05	4.02 +/- 0.05	5.46 +/- 0.05	5.51 +/- 0.05
Longitud total del cuchillo (mm)	177 +/- 1	176 +/- 1	177 +/- 1	200 +/- 1
Longitud de hoja (mm)	73 +/- 1	73 +/- 1	74 +/- 1	90 +/- 1
Longitud de mango (mm)	104 +/- 1	103 +/- 1	103 +/- 1	110 +/- 1
Ancho de hoja al inicio de filo (mm)	15.37 +/- 0.05	13.87 +/- 0.05	14.80 +/- 0.05	16.00 +/- 0.05
Ancho máximo de hoja (mm)	18.35 +/- 0.05	18.19 +/- 0.05	18.42 +/- 0.05	17.52 +/- 0.05
Distancia de punta a lugar ancho máximo (mm)	53.10 +/- 0.05	51.36 +/- 0.05	46.78 +/- 0.05	36.92 +/- 0.05
Ancho de hoja al final del filo (mm)	8.76 +/- 0.05	9.12 +/- 0.05	5.97 +/- 0.05	7.70 +/- 0.05
Distancia del último diente a la punta (mm)	4.71 +/- 0.05	5.46 +/- 0.05	1.63 +/- 0.05	4.53 +/- 0.05
Distancia del lomo de hoja a la punta (mm)	No tiene	No tiene	6.73 +/- 0.05	6.61 +/- 0.05
Grosor punta de mesa (mm)	0.78 +/- 0.03	1.38 +/- 0.03	1.62 +/- 0.03	1.51 +/- 0.03
Grosor intermedio de mesa (mm)	1.31 +/- 0.03	1.49 +/- 0.03	1.94 +/- 0.03	1.68 +/- 0.03
Grosor inicio de mesa (mm)	1.40 +/- 0.03	1.41 +/- 0.03	1.74 +/- 0.03	2.18 +/- 0.03
Grosor de mesa en línea de bisel (mm)	No tiene	1.11 +/- 0.03	1.62 +/- 0.03	1.64 +/- 0.03
Ancho de bisel (mm)	No tiene	2.41 +/- 0.03	1.62 +/- 0.03	1.61 +/- 0.03
Grosor de mesa en el lomo de la hoja (mm)	1.83 +/- 0.03	1.84 +/- 0.03	2.59 +/- 0.03	1.76 +/- 0.03
Grosor inicio de mango (mm)	1.35 +/- 0.03	0.93 +/- 0.03	2.16 +/- 0.03	1.94 +/- 0.03
Grosor a la mitad del mango (mm)	1.34 +/- 0.03	1.21 +/- 0.03	2.17 +/- 0.03	3.20 +/- 0.03
Grosor al final del mango (mm)	1.42 +/- 0.03	1.15 +/- 0.03	2.16 +/- 0.03	3.86 +/- 0.03
Ancho máximo del mango (mm)	13.20 +/- 0.03	14.10 +/- 0.03	15.00 +/- 0.03	18.00 +/- 0.03
Ancho lomo de hoja en punta (mm)	1.14 +/- 0.05	1.41 +/- 0.05	1.92 +/- 0.05	1.78 +/- 0.05
Ancho lomo de hoja a mitad de mesa (mm)	1.75 +/- 0.05	1.78 +/- 0.05	3.47 +/- 0.05	2.24 +/- 0.05
Ancho lomo de hoja en cuello (mm)	2.29 +/- 0.05	1.87 +/- 0.05	3.53 +/- 0.05	3.17 +/- 0.05
Forma del lomo de la hoja	No tiene	No tiene	Rectangular	Rectangular
Ancho lomo de mango a mitad de mango (mm)	5.28 +/- 0.05	4.39 +/- 0.05	3.53 +/- 0.05	No tiene
Ancho lomo de mango al final de mango (mm)	4.90 +/- 0.05	4.45 +/- 0.05	3.74 +/- 0.05	No tiene
Forma del lomo del mango	Rectangular	Rectangular	Rectangular	lateado / Estilizado
Grosor lomo de hoja en punta (mm)	No tiene	No tiene	1.57 +/- 0.03	0.35 +/- 0.03
Grosor lomo de hoja a mitad de mesa (mm)	No tiene	No tiene	1.63 +/- 0.03	0.89 +/- 0.03
Grosor lomo de hoja en cuello (mm)	No tiene	No tiene	1.58 +/- 0.03	1.24 +/- 0.03
Grosor lomo de mango a mitad de mango (mm)	1.77 +/- 0.03	2.15 +/- 0.03	1.59 +/- 0.03	1.16 +/- 0.03
Grosor lomo de mango al final de mango (mm)	1.72 +/- 0.03	2.10 +/- 0.03	1.57 +/- 0.03	0.76 +/- 0.03
Ancho de cuello (mm)	9.02 +/- 0.05	10.26 +/- 0.05	11.82 +/- 0.05	13.72 +/- 0.05
Costilla en el cuello	Desplazada 9.85	Desplazada 1.90	Si	Si
Grosor de la costilla en el cuello	1.67 +/- 0.03	Igual lomo mango	o a lomo 3.59	0.64 +/- 0.03
Profundidad del diente del filo (mm)	0.82 +/- 0.03	1.35 +/- 0.03	0.64 +/- 0.03	1.61 +/- 0.03
Largo de diente del filo (mm)	1.25 +/- 0.03	2.90 +/- 0.03	0.76 +/- 0.03	1.96 +/- 0.03
Ancho del diente del filo (mm)	0.41 +/- 0.03	0.52 +/- 0.03	0.54 +/- 0.03	0.54 +/- 0.03
Espacio entre dientes	0.00 +/- 0.03	0.00 +/- 0.03	0.78 +/- 0.03	0.00 +/- 0.03
Forma del diente	Triangular	Triangular	Rectangular	Triangular
Ancho recaso junto a cuello (mm)	No tiene	No tiene	3.49 +/- 0.05	No tiene
Ancho recaso junto a filo (mm)	No tiene	No tiene	3.45 +/- 0.05	No tiene
Distancia de recaso a filo (mm)	No tiene	No tiene	1.59 +/- 0.05	3.65 +/- 0.05
Grosor recaso junto a cuello (mm)	No tiene	No tiene	3.09 +/- 0.05	No tiene
Grosor recaso junto a filo (mm)	No tiene	No tiene	1.43 +/- 0.05	No tiene
Lugar del (alto / bajo) relieve de la marca	(alto) Final mango	(alto) Inicio hoja	(alto) Cuello	(alto) Cuello
Forma ergonómica (Lomo Hoja / Mango)	No / Si	No / Si	No / Si	Si / Si
Código de material de manufactura	No	No	No	Si
Número de cuchillo del molde	Si	No	Si	No
Material del cuchillo	PS	PS	PP y PS	PS
Detalles en el mango	Ninguno	Tipo lima	Tipo lima horiz	lateado / Estilizado
Detalles en la mesa	Ninguno	Bisel ambos lados	Ninguno	Plateado

## ANEXOS

CARACTERÍSTICAS / MARCA	CUT CRISTAL	SELECTO
Peso (g)	6.47 +/- 0.05	5.09 +/- 0.05
Longitud total del cuchillo (mm)	197 +/- 1	199 +/- 1
Longitud de hoja (mm)	88 +/- 1	87 +/- 1
Longitud de mango (mm)	109 +/- 1	112 +/- 1
Ancho de hoja al inicio de filo (mm)	19.29 +/- 0.05	17.03 +/- 0.05
Ancho máximo de hoja (mm)	19.74 +/- 0.05	20.44 +/- 0.05
Distancia de punta a lugar ancho máximo (mm)	44.57 +/- 0.05	44.58 +/- 0.05
Ancho de hoja al final del filo (mm)	5.29 +/- 0.05	4.54 +/- 0.05
Distancia del último diente a la punta (mm)	0.67 +/- 0.05	2.33 +/- 0.05
Distancia del lomo de hoja a la punta (mm)	7.31 +/- 0.05	0 +/- 0.05
Grosor punta de mesa (mm)	1.85 +/- 0.03	1.35 +/- 0.03
Grosor intermedio de mesa (mm)	2.41 +/- 0.03	1.32 +/- 0.03
Grosor inicio de mesa (mm)	2.57 +/- 0.03	1.29 +/- 0.03
Grosor de mesa en línea de bisel (mm)	2.18 +/- 0.03	1.31 +/- 0.03
Ancho de bisel (mm)	3.05 +/- 0.03	1.2 +/- 0.03
Grosor de mesa en el lomo de la hoja (mm)	2.26 +/- 0.03	1.56 +/- 0.03
Grosor inicio de mango (mm)	2.07 +/- 0.03	1.14 +/- 0.03
Grosor a la mitad del mango (mm)	2.05 +/- 0.03	1.12 +/- 0.03
Grosor al final del mango (mm)	2.05 +/- 0.03	1.11 +/- 0.03
Ancho máximo del mango (mm)	16.10 +/- 0.03	16.00 +/- 0.03
Ancho lomo de hoja en punta (mm)	2.50 +/- 0.05	1.48 +/- 0.05
Ancho lomo de hoja a mitad de mesa (mm)	2.65 +/- 0.05	2.12 +/- 0.05
Ancho lomo de hoja en cuello (mm)	4.46 +/- 0.05	3.45 +/- 0.05
Forma del lomo de la hoja	Rectangular	Rectangular/Degradado
Ancho lomo de mango a mitad de mango (mm)	3.35 +/- 0.05	3.47 +/- 0.05
Ancho lomo de mango al final de mango (mm)	2.83 +/- 0.05	3.49 +/- 0.05
Forma del lomo del mango	Rectangular	Rectangular
Grosor lomo de hoja en punta (mm)	1.85 +/- 0.03	1.52 +/- 0.03
Grosor lomo de hoja a mitad de mesa (mm)	1.81 +/- 0.03	2.32 +/- 0.03
Grosor lomo de hoja en cuello (mm)	1.84 +/- 0.03	2.95 +/- 0.03
Grosor lomo de mango a mitad de mango (mm)	2.82 +/- 0.03	2.58 +/- 0.03
Grosor lomo de mango al final de mango (mm)	2.33 +/- 0.03	2.42 +/- 0.03
Ancho de cuello (mm)	13.24 +/- 0.05	13.73 +/- 0.05
Costilla en el cuello	Si	Si
Grosor de la costilla en el cuello	3.32 +/- 0.03	Degradada 3.97 +/- 0.03
Profundidad del diente del filo (mm)	0.99 +/- 0.03	1.2 +/- 0.03
Largo de diente del filo (mm)	1.02 +/- 0.03	1.82 +/- 0.03
Ancho del diente del filo (mm)	0.85 +/- 0.03	0.46 +/- 0.03
Espacio entre dientes	0.70 +/- 0.03	0 +/- 0.03
Forma del diente	Parabólico	Triangular
Ancho recaso junto a cuello (mm)	4.43 +/- 0.05	3.47 +/- 0.05
Ancho recaso junto a filo (mm)	3.59 +/- 0.05	1.71 +/- 0.05
Distancia de recaso a filo (mm)	2.57 +/- 0.05	0 +/- 0.05
Grosor recaso junto a cuello (mm)	4.15 +/- 0.05	Degradado 3.05 +/- 0.05
Grosor recaso junto a filo (mm)	1.61 +/- 0.05	1.45 +/- 0.05
Lugar del (alto / bajo) relieve de la marca	No tiene	No tiene
Forma ergonómica (Lomo Hoja / Mango)	Si / Si	Si / No
Código de material de manufactura	No	No
Número de cuchillo del molde	Si	Si
Material del cuchillo	PS transparente	PS recubierto plateado
Detalles en el mango	calado, ondulado, registrado en IMPI	Bicel degradado hacia el centro
Detalles en la mesa	Ninguno	

## ANEXO D

## ENCUESTA PARA DISEÑAR UN CUCHILLO

Nombre: \_\_\_\_\_

La presente encuesta tiene como objetivo recabar información para desarrollar el diseño de un cuchillo de plástico desechable.

No	Pregunta		Pregunta
1 a	<p>Cuando descubre que el material plástico de los cuchillos desechables no es tóxico ¿cómo se siente?</p> 	1 b	<p>Cuando descubre que el material plástico de los cubiertos desechables es tóxico ¿cómo se siente?</p> 
2 a	<p>Cuando ve la clave de reciclaje grabada en el cuchillo de plástico ¿cómo se siente?</p> 	2 b	<p>Cuando no ve la clave de reciclaje grabada en el cuchillo de plástico ¿cómo se siente?</p> 
3 a	<p>Cuando ve grabado el número de pieza sobre el cuchillo ¿cómo se siente?</p> 	3 b	<p>Cuando no ve grabado el número de pieza sobre el cuchillo ¿cómo se siente?</p> 
4 a	<p>Cuando ve grabada la marca del producto sobre el cuchillo ¿cómo se siente?</p> 	4 b	<p>Cuando no ve grabada la marca del producto sobre el cuchillo ¿cómo se siente?</p> 

## ANEXOS

5 a	<p>Cuando ve una greca de la cultura Mixteca en el mango del cuchillo de plástico. ¿Cómo se siente?</p> <p></p>	5 b	<p>Cuando no ve una greca de la cultura Mixteca en el mango del cuchillo de plástico. ¿Cómo se siente?</p> <p></p>
6 a	<p>Cuando tiene un cuchillo de plástico desechable estilizado ¿cómo se siente?</p> <p></p>	6 b	<p>Cuando tiene un cuchillo de plástico desechable no estilizado ¿cómo se siente?</p> <p></p>
7 a	<p>Cuando tiene un cuchillo de plástico desechable mucho más grande que su mano ¿cómo se siente?</p> <p></p>	7 b	<p>Cuando tiene un cuchillo de plástico desechable no mucho más grande que su mano ¿cómo se siente?</p> <p></p>
8 a	<p>Cuando tiene un cuchillo de plástico desechable mucho más pequeño que su mano ¿cómo se siente?</p> <p></p>	8 b	<p>Cuando tiene un cuchillo de plástico desechable no mucho más pequeño que su mano ¿cómo se siente?</p> <p></p>
9 a	<p>Cuando tiene un cuchillo de plástico desechable de hoja ancha ¿cómo se siente?</p> <p></p>	9 b	<p>Cuando tiene un cuchillo de plástico desechable de hoja angosta ¿cómo se siente?</p> <p></p>
10 a	<p>Cuando tiene un cuchillo de plástico desechable de hoja estilizada ¿cómo se siente?</p> <p></p>	10 b	<p>Cuando tiene un cuchillo de plástico desechable de hoja no tan estilizada ¿cómo se siente?</p> <p></p>

## ANEXOS

11 a	<p>Cuando tiene un cuchillo de plástico desechable y no se dobla al usarlo ¿cómo se siente?</p> <p>😊 😊 😐 😞 😓</p>	11 b	<p>Cuando tiene un cuchillo de plástico desechable y se dobla al usarlo ¿cómo se siente?</p> <p>😊 😊 😐 😞 😓</p>
12 a	<p>Cuando tiene un cuchillo de plástico desechable y tiene filo de sierra ¿cómo se siente?</p> <p>😊 😊 😐 😞 😓</p>	12 b	<p>Cuando tiene un cuchillo de plástico desechable y no tiene filo de sierra ¿cómo se siente?</p> <p>😊 😊 😐 😞 😓</p>
13 a	<p>Cuando tiene un cuchillo de plástico desechable de dientes de sierra gruesos ¿cómo se siente?</p> <p>😊 😊 😐 😞 😓</p>	13 b	<p>Cuando tiene un cuchillo de plástico desechable de dientes de sierra no gruesos ¿cómo se siente?</p> <p>😊 😊 😐 😞 😓</p>
14 a	<p>Cuando tiene un cuchillo de plástico desechable de dientes de sierra delgados ¿cómo se siente?</p> <p>😊 😊 😐 😞 😓</p>	14 b	<p>Cuando tiene un cuchillo de plástico desechable de dientes de sierra no delgados ¿cómo se siente?</p> <p>😊 😊 😐 😞 😓</p>
15 a	<p>Cuando tiene un cuchillo de plástico desechable de color blanco ¿cómo se siente?</p> <p>😊 😊 😐 😞 😓</p>	15 b	<p>Cuando tiene un cuchillo de plástico desechable que no sea blanco ¿cómo se siente?</p> <p>😊 😊 😐 😞 😓</p>
16 a	<p>Cuando tiene un cuchillo de plástico desechable que tiene un diseño temático. ¿cómo se siente?</p> <p>😊 😊 😐 😞 😓</p>	16 b	<p>Cuando tiene un cuchillo de plástico desechable que no tiene un diseño temático. ¿cómo se siente?</p> <p>😊 😊 😐 😞 😓</p>

ANEXOS

**MARQUE CON UN CÍRCULO EL NÚMERO QUE MEJOR REFLEJE SU OPINIÓN SOBRE EL NIVEL DE IMPORTANCIA DE LA PREGUNTA.**

	Nada Importante	Algo Importante	Importante	Muy Importante	En extremo Importante					
	<<=====>>									
1.- ¿Qué tan importante es que el material plástico de los cuchillos desechables no sea tóxico?	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
2.- ¿Qué tan importante es que la clave de reciclaje del plástico esté grabada en el cuchillo?	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
3.- ¿Qué tan importante es que el cuchillo desechable tenga grabado el número de pieza?	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
4.- ¿Qué tan importante es que el cuchillo tenga grabada la marca del producto?	1	2	3	4	5	6	7	8	9	

## ANEXOS

<p>5.- ¿Qué tan importante es que el cuchillo desechable tenga una greca mixteca en el mango?</p>	<p style="text-align: center;">1      2      3      4      5      6      7      8      9</p>
<p>6.- ¿Qué tan importante es que el cuchillo de plástico desechable sea estilizado?</p>	<p style="text-align: center;">1      2      3      4      5      6      7      8      9</p>
<p>7.- ¿Qué tan importante es que un cuchillo de plástico desechable sea más grande que su mano?</p>	<p style="text-align: center;">1      2      3      4      5      6      7      8      9</p>
<p>8.- ¿Qué tan importante es que un cuchillo de plástico desechable sea mucho más pequeño que su mano?</p>	<p style="text-align: center;">1      2      3      4      5      6      7      8      9</p>
<p>9.- ¿Qué tan importante es que un cuchillo de plástico desechable tenga hoja ancha?</p>	<p style="text-align: center;">1      2      3      4      5      6      7      8      9</p>

## ANEXOS

---

10.- ¿Qué tan importante es que un cuchillo de plástico desechable de hoja estilizada?	1	2	3	4	5	6	7	8	9
11.- ¿Qué tan importante es que un cuchillo de plástico desechable no se doble al usarlo?	1	2	3	4	5	6	7	8	9
12.- ¿Qué tan importante es que un cuchillo de plástico desechable tenga filo de sierra?	1	2	3	4	5	6	7	8	9
13.- ¿Qué tan importante es que un cuchillo de plástico desechable tenga dientes de sierra gruesos?	1	2	3	4	5	6	7	8	9

## ANEXOS

---

14.- ¿Qué tan importante es que un cuchillo de plástico desechable tenga dientes de sierra delgados?	1	2	3	4	5	6	7	8	9
15.- ¿Qué tan importante es que un cuchillo de plástico desechable sea de color blanco?	1	2	3	4	5	6	7	8	9
16.- ¿Qué tan importante es que un cuchillo de plástico desechable tenga un diseño temático?	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Le agradezco su atención al presente  
cuestionario



**ANEXO E**

**Planos del molde de inyección del cuchillo  
de mesa de plástico desechable.**

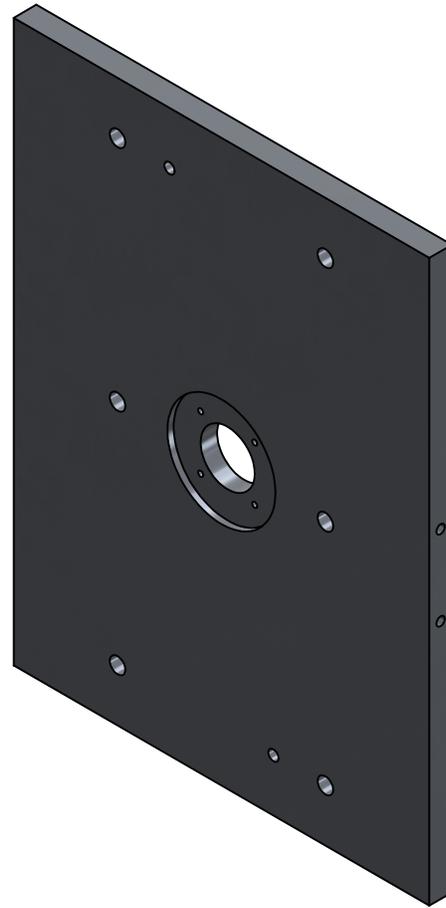


2

1

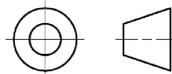
B

B



A

A



**NOMBRE**

Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

**TÍTULO DEL DIBUJO**

Plato portamolde fijo - Isométrico

DIBUJADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

DISEÑADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

APROBACIÓN  
ADICIONAL  
APROBACIÓN  
ADICIONAL

TAMAÑO	A	DIBUJO NÚMERO	P1_1	REV.
--------	---	---------------	------	------

ESC.	1:5	METAL	Al 6061	HOJA	1	DE	49
------	-----	-------	---------	------	---	----	----

2

1

2

1

391.00 ±0.50

4 x  $\phi$  4.76 ±0.25

$\phi$  0.50 (M) A B C

$\phi$  50.90 ±0.25

$\phi$  101.60 ±0.20  $\nabla$  5.84 ±0.50

0.10 A

B

6 x  $\phi$  9.65 ±0.25

$\phi$  14.73 ±0.20  $\nabla$  10.92 ±0.50

$\phi$  0.50 (M) A B C

2 x  $\phi$  9.65 ±0.25

$\phi$  0.50 (M) A B C

75.00  
527.20 ±0.50

49.05

97.75

146.63

49.05

B

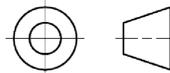
B

A

A

0.05

A



DIBUJADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

DISEÑADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

APROBACIÓN  
ADICIONAL  
APROBACIÓN  
ADICIONAL

NOMBRE

Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

TÍTULO DEL DIBUJO

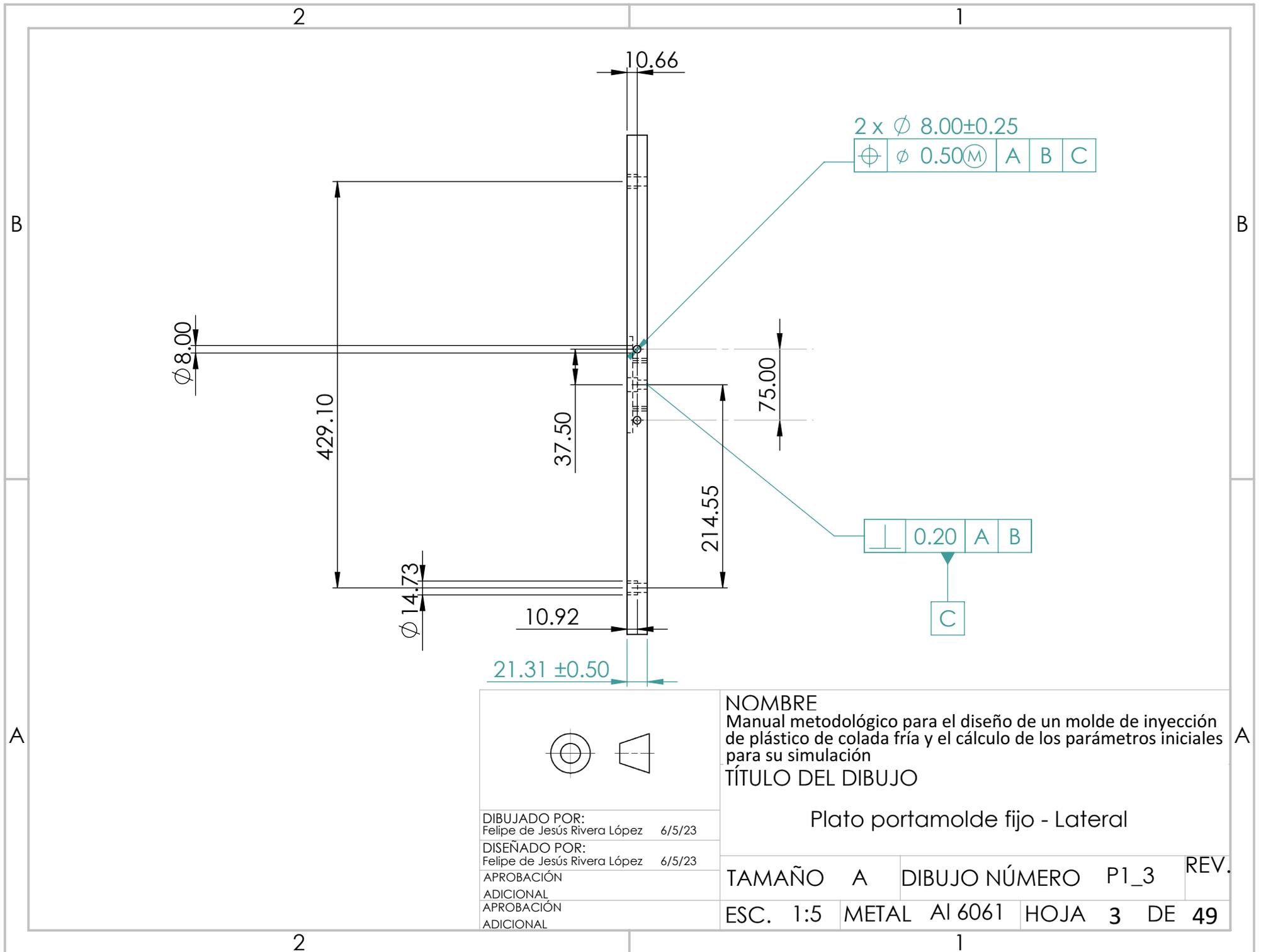
Plato portamolde fijo - Frontal

TAMAÑO A DIBUJO NÚMERO P1\_2 REV.

ESC. 1:5 METAL AI 6061 HOJA 2 DE 49

2

1



DIBUJADO POR: Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23	
DISEÑADO POR: Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23	
APROBACIÓN ADICIONAL APROBACIÓN ADICIONAL	

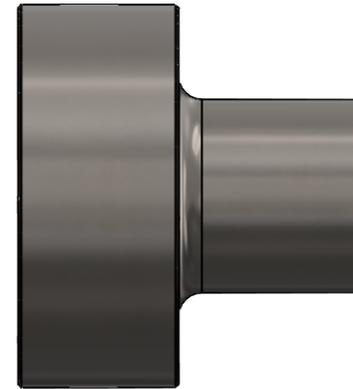
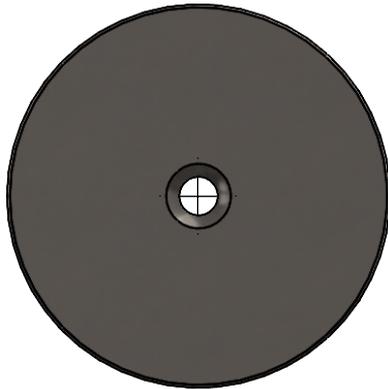
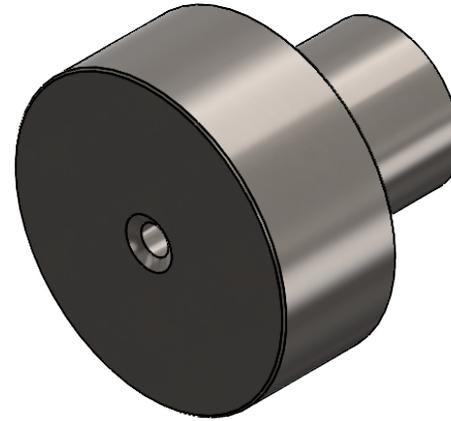
NOMBRE  
 Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación  
 TÍTULO DEL DIBUJO

Plato portamolde fijo - Lateral

TAMAÑO	A	DIBUJO NÚMERO	P1_3	REV.
ESC.	1:5	METAL	Al 6061	HOJA 3 DE 49

2

1



B

B

A

A



**NOMBRE**

Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

**TÍTULO DEL DIBUJO**

Bebedero - Frontal

DIBUJADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

DISEÑADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

APROBACIÓN  
ADICIONAL  
APROBACIÓN  
ADICIONAL

TAMAÑO	A	DIBUJO NÚMERO	P1_4_1	REV.
--------	---	---------------	--------	------

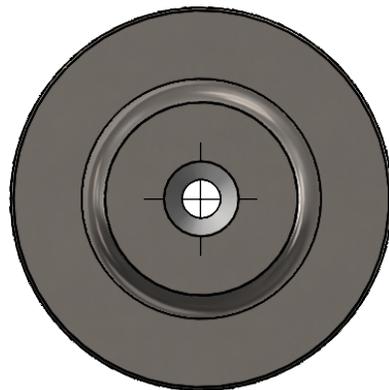
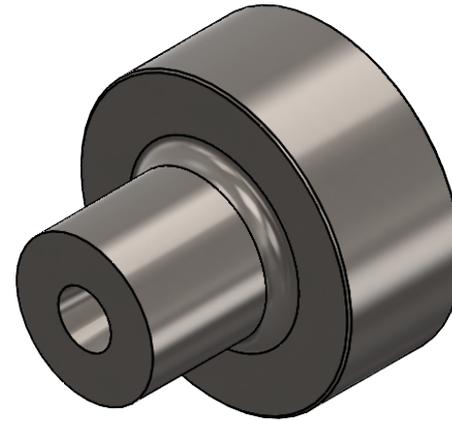
ESC.	1:1	METAL	AI3 303	HOJA	4	DE	49
------	-----	-------	---------	------	---	----	----

2

1

2

1

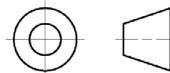


B

B

A

A



DIBUJADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

DISEÑADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

APROBACIÓN  
ADICIONAL  
APROBACIÓN  
ADICIONAL

NOMBRE

Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

TÍTULO DEL DIBUJO

Bebedero - Posterior

TAMAÑO

DIBUJO NÚMERO P1\_4\_2

REV.

ESC. 1:1

METAL AISI 303

HOJA 5

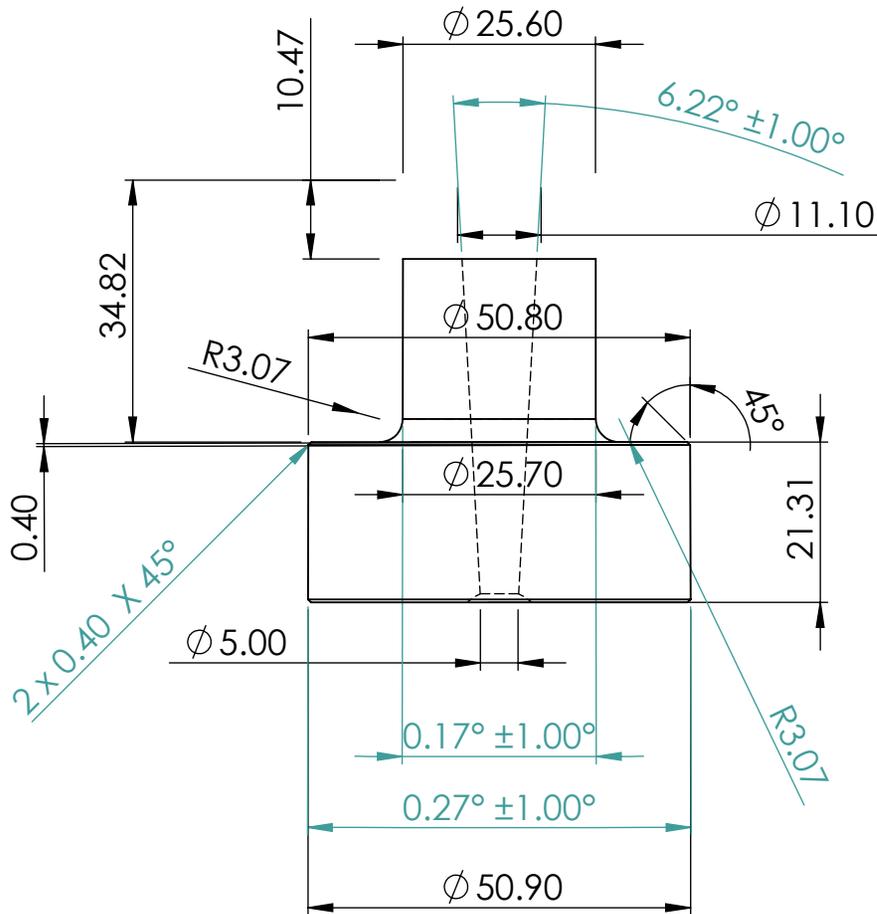
DE 49

2

1

2

1

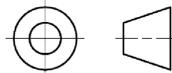


B

B

A

A



DIBUJADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

DISEÑADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

APROBACIÓN  
ADICIONAL  
APROBACIÓN  
ADICIONAL

NOMBRE

Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

TÍTULO DEL DIBUJO

Bebedero

TAMAÑO

A

DIBUJO NÚMERO P1\_4\_3

REV.

ESC. 1:1

METAL AISI 303

HOJA 6

DE 49

2

1

2

1

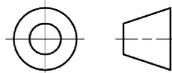
B

B



A

A



**NOMBRE**

Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

**TÍTULO DEL DIBUJO**

Cubre bebedero - Isométrica

DIBUJADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

DISEÑADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

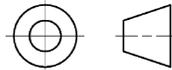
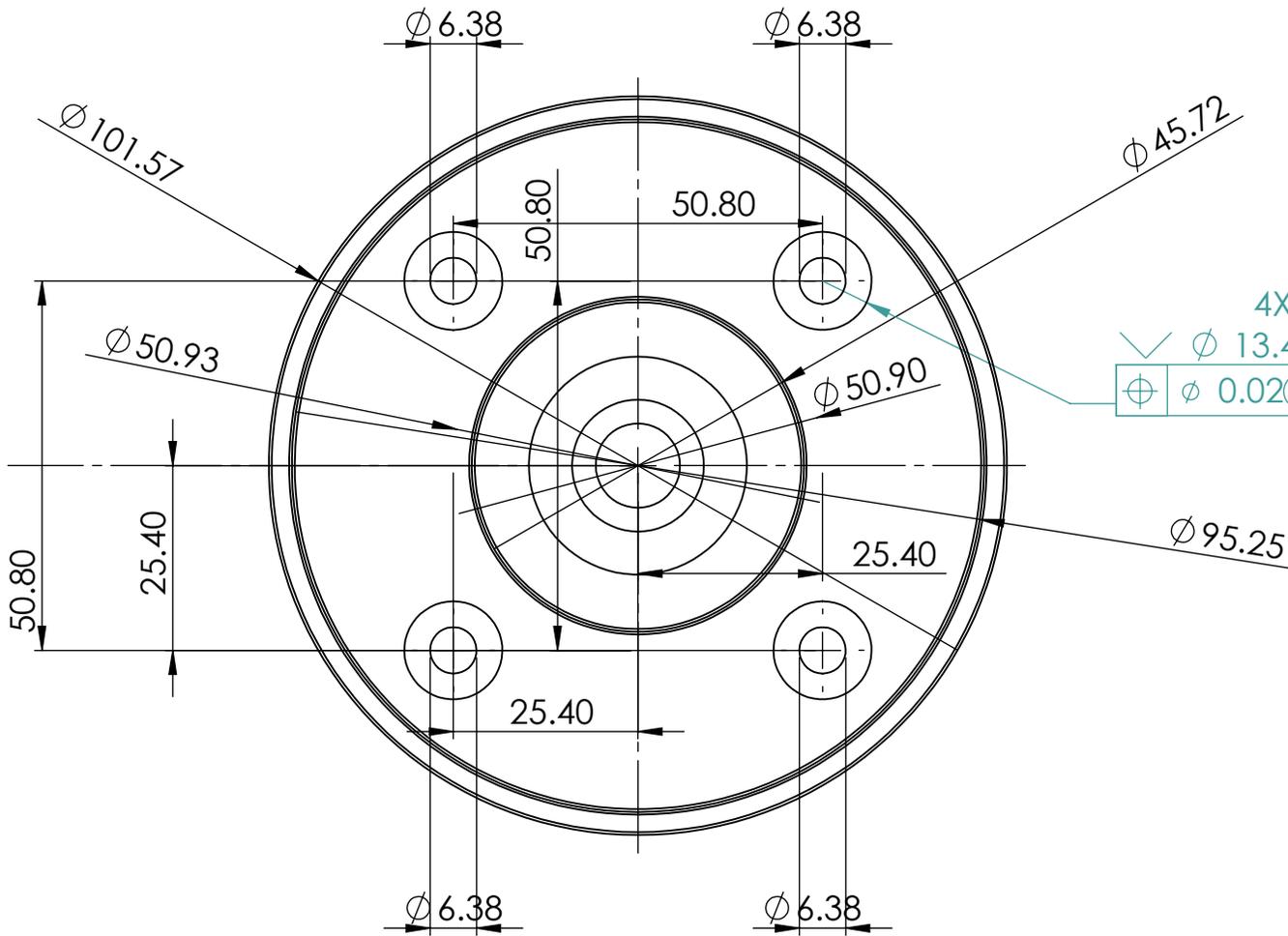
APROBACIÓN  
ADICIONAL  
APROBACIÓN  
ADICIONAL

TAMAÑO	A	DIBUJO NÚMERO	P1_5_1	REV.
--------	---	---------------	--------	------

ESC.	1:1	METAL	AIISI 303	HOJA	7	DE	49
------	-----	-------	-----------	------	---	----	----

2

1



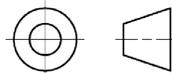
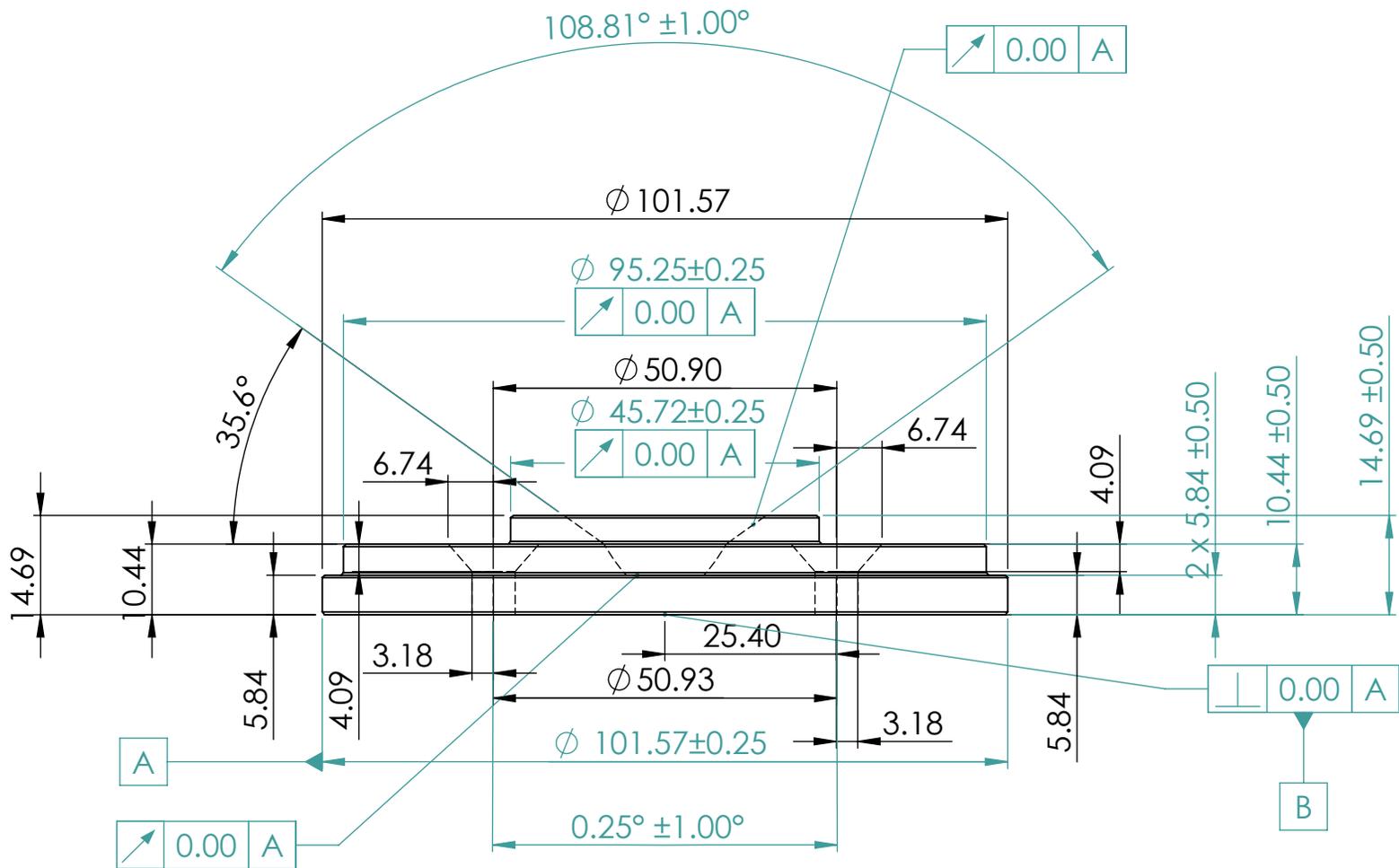
DIBUJADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23  
DISEÑADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23  
APROBACIÓN  
ADICIONAL  
APROBACIÓN  
ADICIONAL

NOMBRE  
Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

TÍTULO DEL DIBUJO

Cubre bebedero - Superior

TAMAÑO	A	DIBUJO NÚMERO	P1_5_2	REV.
ESC.	1:1	METAL	AI31_303	HOJA 8 DE 49



NOMBRE  
Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

TÍTULO DEL DIBUJO

CUBRE BEBEDERO - FRONTAL

DIBUJADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

DISEÑADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

APROBACIÓN  
ADICIONAL  
APROBACIÓN  
ADICIONAL

TAMAÑO A DIBUJO NÚMERO P1\_5\_3 REV.

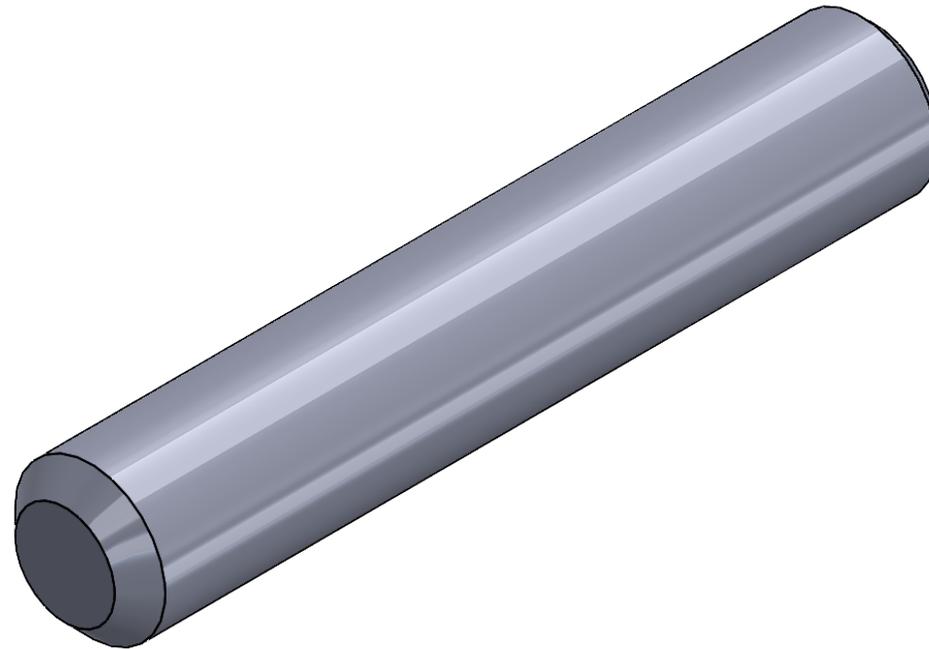
ESC. 1:1 METAL AISI 303 HOJA 9 DE 49

2

1

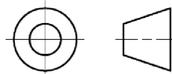
B

B



A

A



**NOMBRE**

Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

**TÍTULO DEL DIBUJO**

Perno para P1 - Isométrica

DIBUJADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

DISEÑADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

APROBACIÓN  
ADICIONAL  
APROBACIÓN  
ADICIONAL

TAMAÑO	A	DIBUJO NÚMERO	P1_6_1	REV.
--------	---	---------------	--------	------

ESC.	3:1	METAL	AI SI 303	HOJA	10	DE	49
------	-----	-------	-----------	------	----	----	----

2

1

2

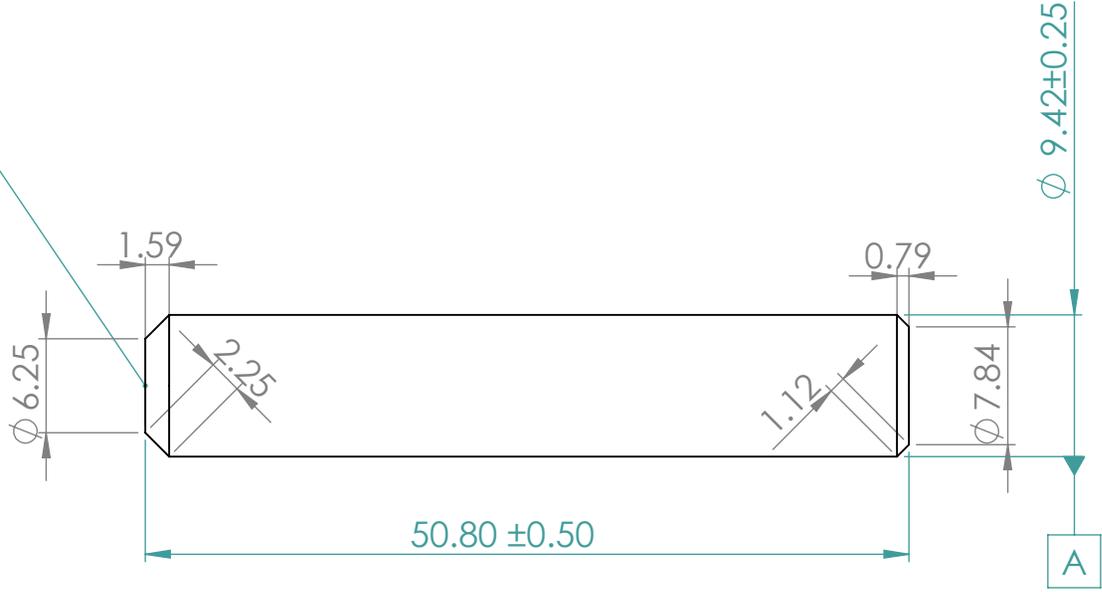
1

B

B

0.00 A

B



$\phi$  9.42±0.25

1.59

0.79

$\phi$  6.25

2.25

1.12

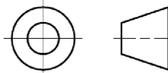
$\phi$  7.84

50.80 ± 0.50

A

A

A



**NOMBRE**  
Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

**TÍTULO DEL DIBUJO**

Perno P1 - Lateral

DIBUJADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

DISEÑADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

APROBACIÓN  
ADICIONAL  
APROBACIÓN  
ADICIONAL

TAMAÑO A DIBUJO NÚMERO P1\_6\_2 REV.

ESC. 2:1 METAL AISI 303 HOJA 11 DE 49

2

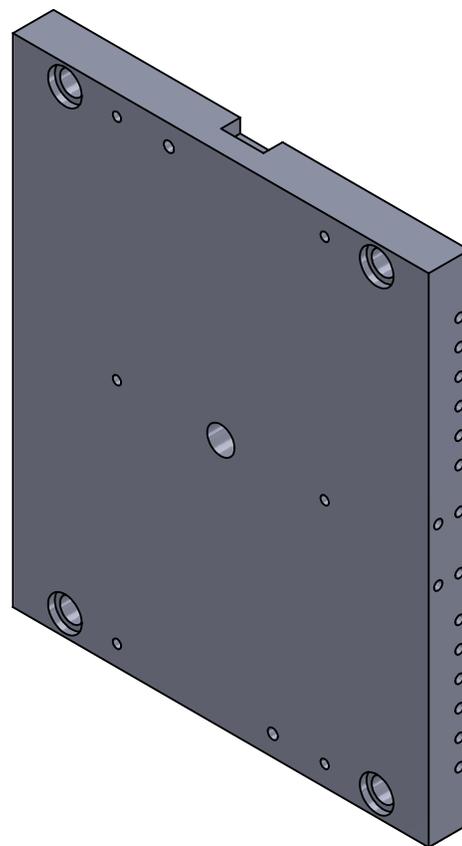
1

2

1

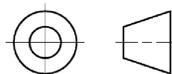
B

B



A

A



DIBUJADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

DISEÑADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

APROBACIÓN  
ADICIONAL  
APROBACIÓN  
ADICIONAL

NOMBRE

Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

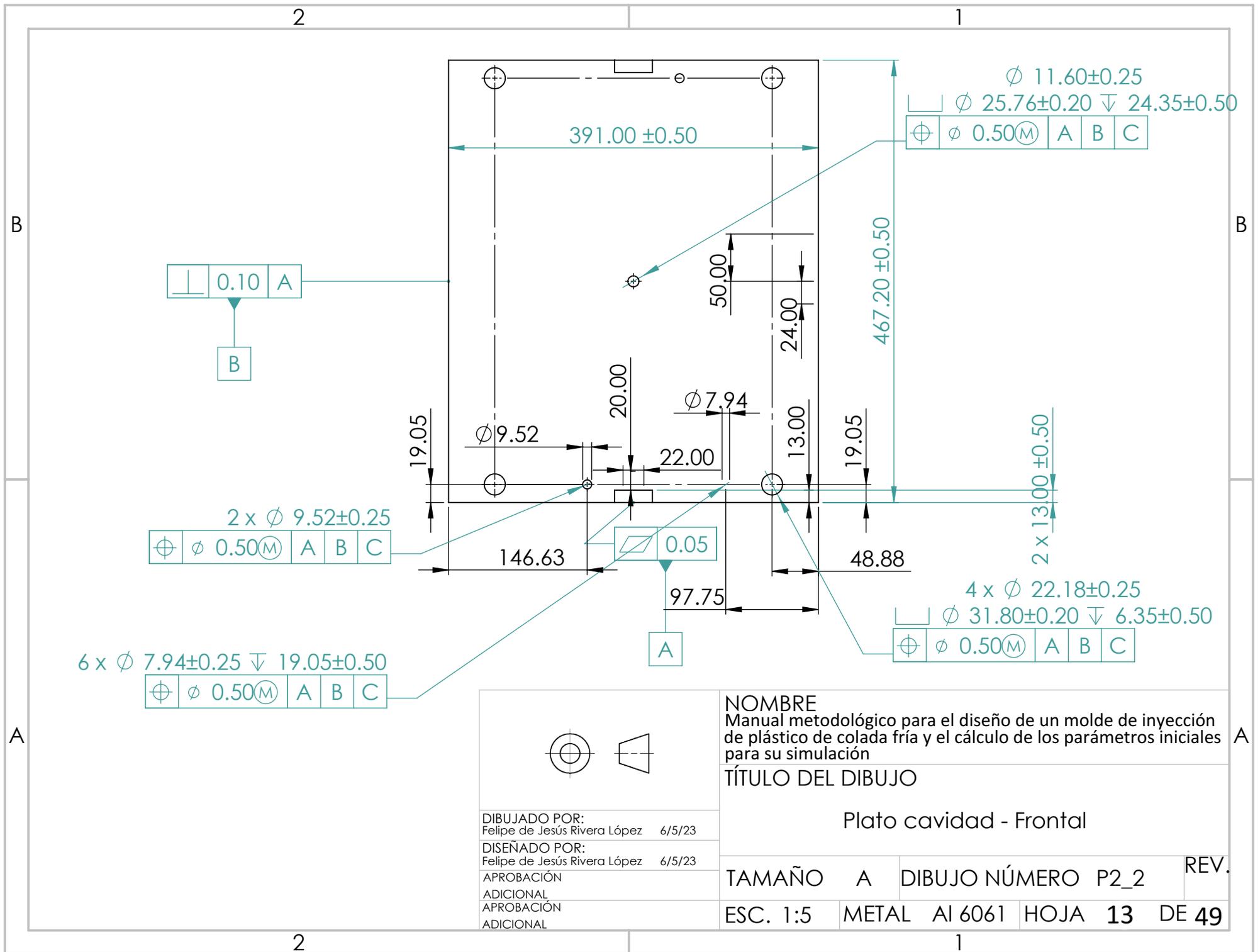
TÍTULO DEL DIBUJO

Plato cavidad - Posterior Isométrico

TAMAÑO	A	DIBUJO NÚMERO	P2_1	REV.
ESC.	1:5	METAL	Al 6061	HOJA 12 DE 49

2

1

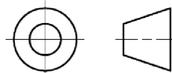
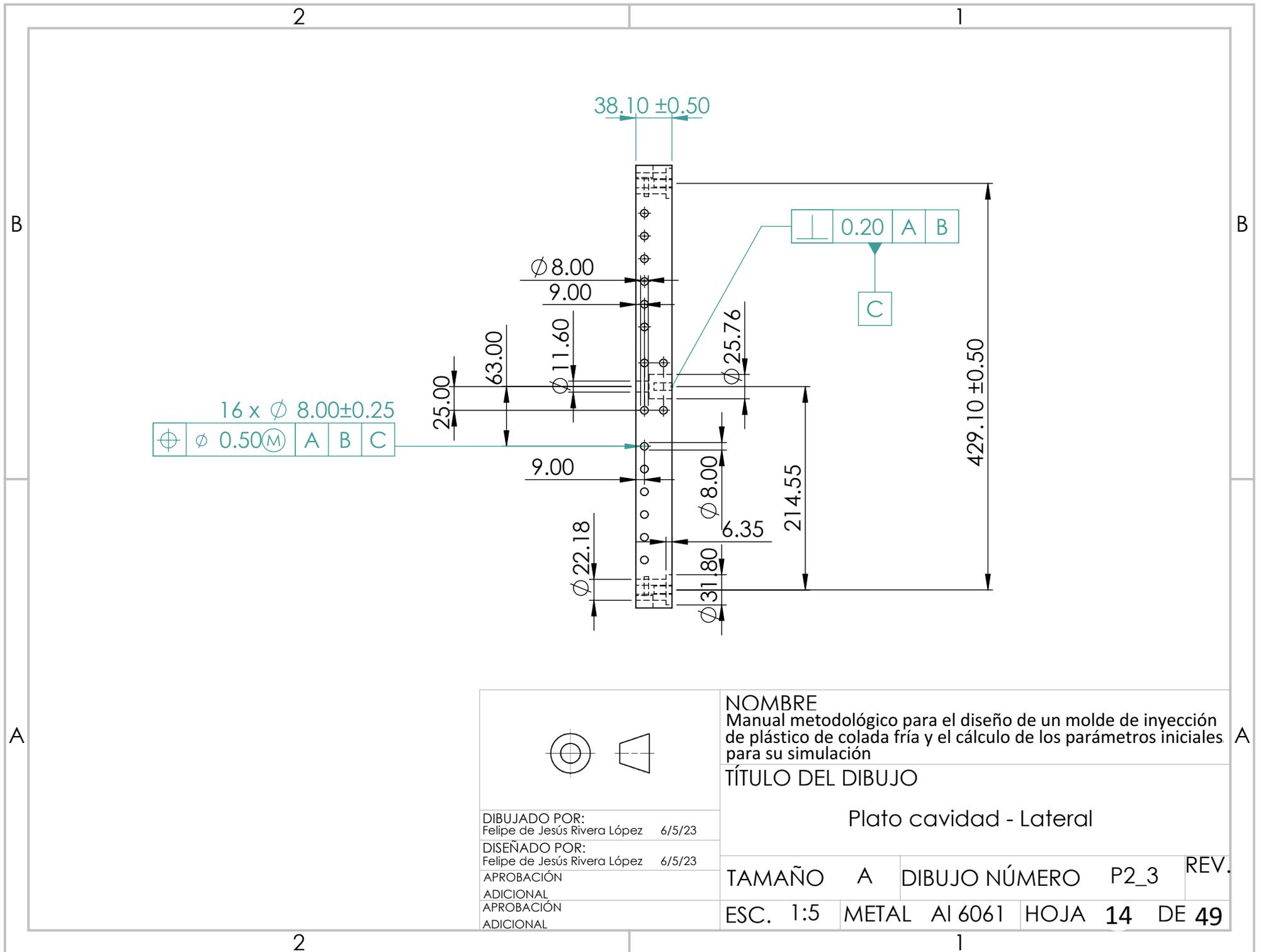


**NOMBRE**  
 Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

**TÍTULO DEL DIBUJO**

Plato cavidad - Frontal

TAMAÑO	A	DIBUJO NÚMERO	P2_2	REV.
ESC. 1:5	METAL	AI 6061	HOJA 13	DE 49



DIBUJADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23  
DISEÑADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23  
APROBACIÓN  
ADICIONAL  
APROBACIÓN  
ADICIONAL

NOMBRE  
Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

TÍTULO DEL DIBUJO

Plato cavidad - Lateral

TAMAÑO	A	DIBUJO NÚMERO	P2_3	REV.
ESC.	1:5	METAL	Al 6061	HOJA 14 DE 49

2

1

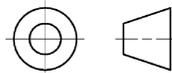
B

B



A

A



**NOMBRE**

Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

**TÍTULO DEL DIBUJO**

Perno guía - Isométrica

DIBUJADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

DISEÑADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

APROBACIÓN  
ADICIONAL  
APROBACIÓN  
ADICIONAL

TAMAÑO A DIBUJO NÚMERO P2\_4\_1 REV.

ESC. 1:1 METAL AISI 303 HOJA 15 DE 49

2

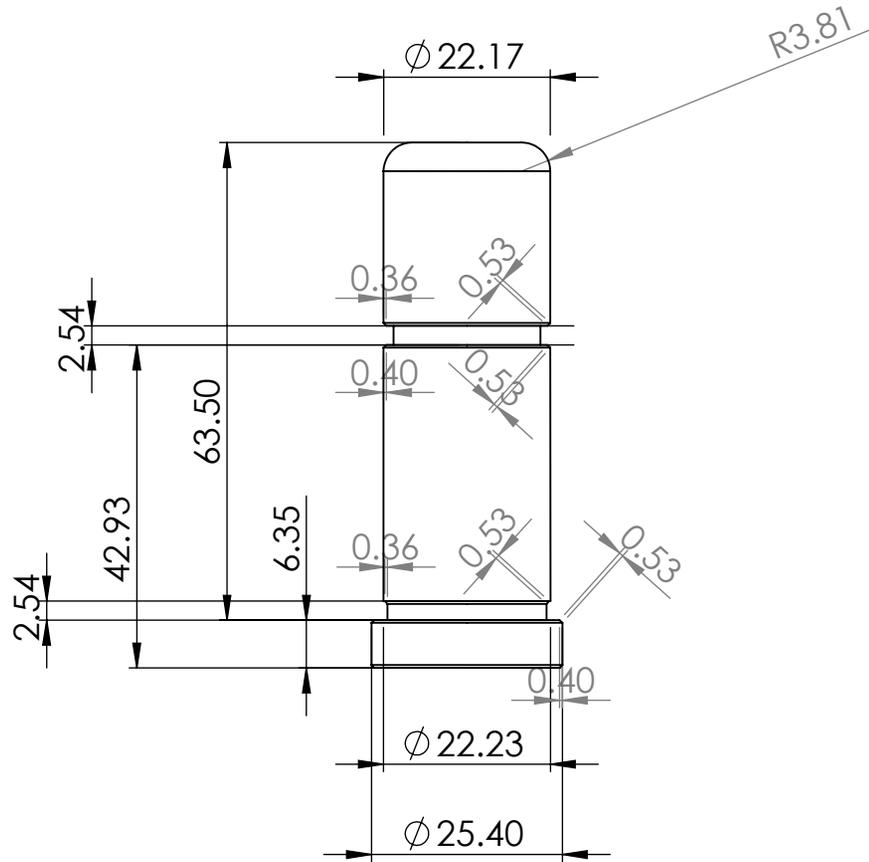
1

2

1

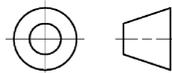
B

B



A

A



**NOMBRE**

Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

**TÍTULO DEL DIBUJO**

Perno guía - Frontal

DIBUJADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

DISEÑADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

APROBACIÓN  
ADICIONAL  
APROBACIÓN  
ADICIONAL

TAMAÑO A DIBUJO NÚMERO P2\_4\_2 REV.

ESC. 1:1 METAL AISI 303 HOJA 16 DE 49

2

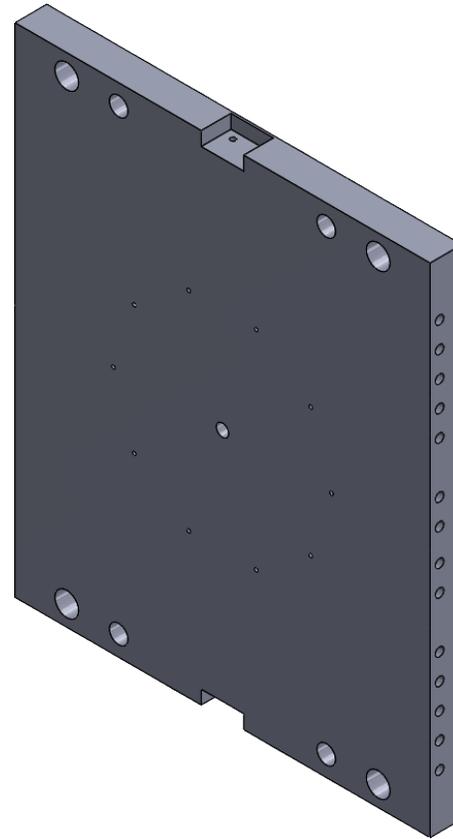
1

2

1

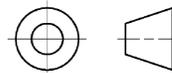
B

B



A

A



**NOMBRE**

Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

**TÍTULO DEL DIBUJO**

PLATO DEL NÚCLEO - ISOMÉTRICO

DIBUJADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

DISEÑADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

APROBACIÓN

ADICIONAL

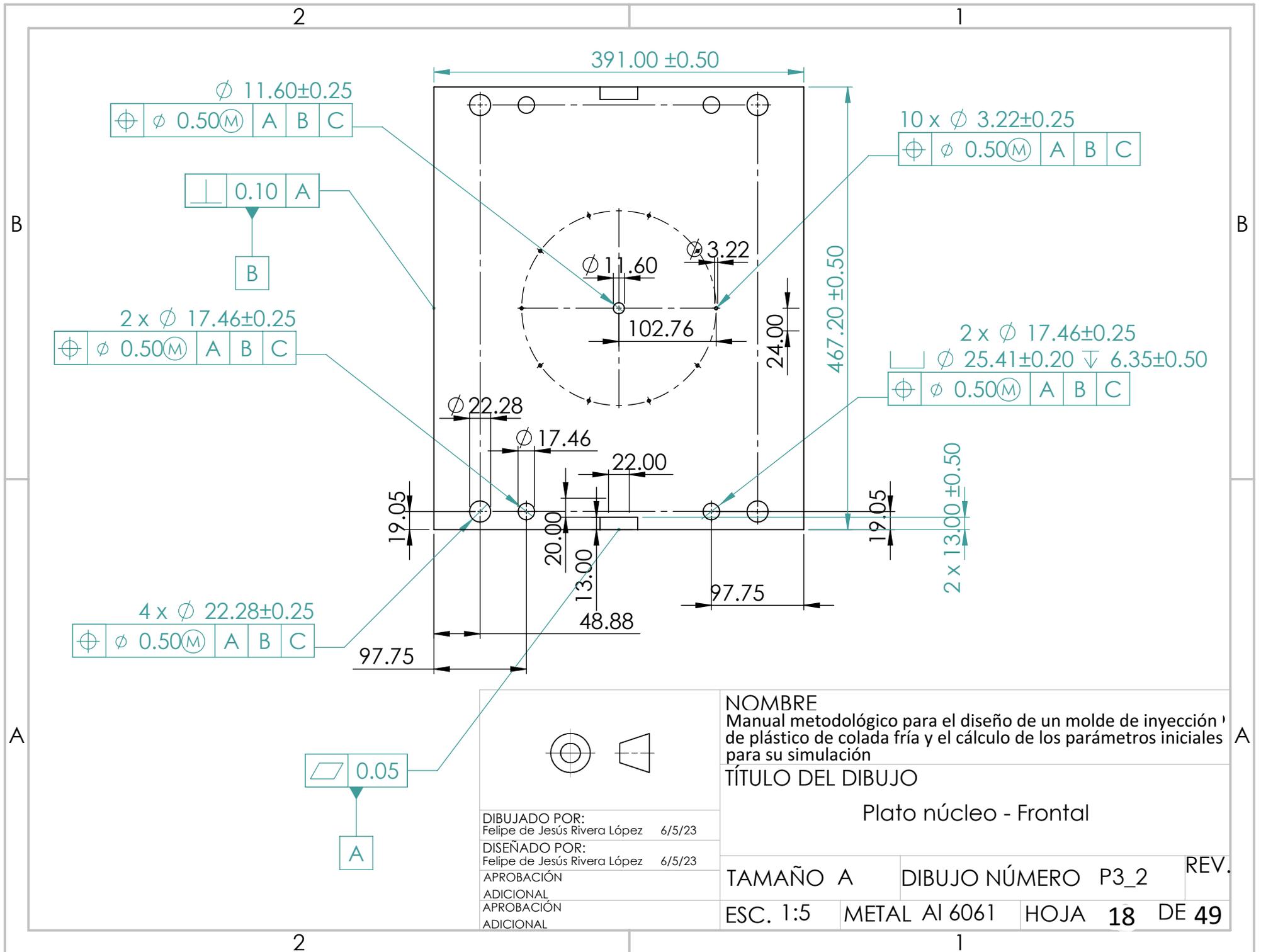
ADICIONAL

TAMAÑO	A	DIBUJO NÚMERO	P3_1	REV.
--------	---	---------------	------	------

ESC. 1:5	METAL AI 6061	HOJA	17	DE	49
----------	---------------	------	----	----	----

2

1



$\phi 11.60 \pm 0.25$   
 $\oplus \phi 0.50 (M) \quad A \quad B \quad C$

$\perp 0.10 \quad A$   
 B

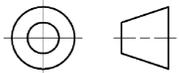
$2 \times \phi 17.46 \pm 0.25$   
 $\oplus \phi 0.50 (M) \quad A \quad B \quad C$

$10 \times \phi 3.22 \pm 0.25$   
 $\oplus \phi 0.50 (M) \quad A \quad B \quad C$

$2 \times \phi 17.46 \pm 0.25$   
 $\phi 25.41 \pm 0.20 \quad \nabla 6.35 \pm 0.50$   
 $\oplus \phi 0.50 (M) \quad A \quad B \quad C$

$4 \times \phi 22.28 \pm 0.25$   
 $\oplus \phi 0.50 (M) \quad A \quad B \quad C$

$\square 0.05$   
 A



DIBUJADO POR:  
 Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23  
 DISEÑADO POR:  
 Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23  
 APROBACIÓN  
 ADICIONAL  
 APROBACIÓN  
 ADICIONAL

NOMBRE  
 Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección ' de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

TÍTULO DEL DIBUJO

Plato núcleo - Frontal

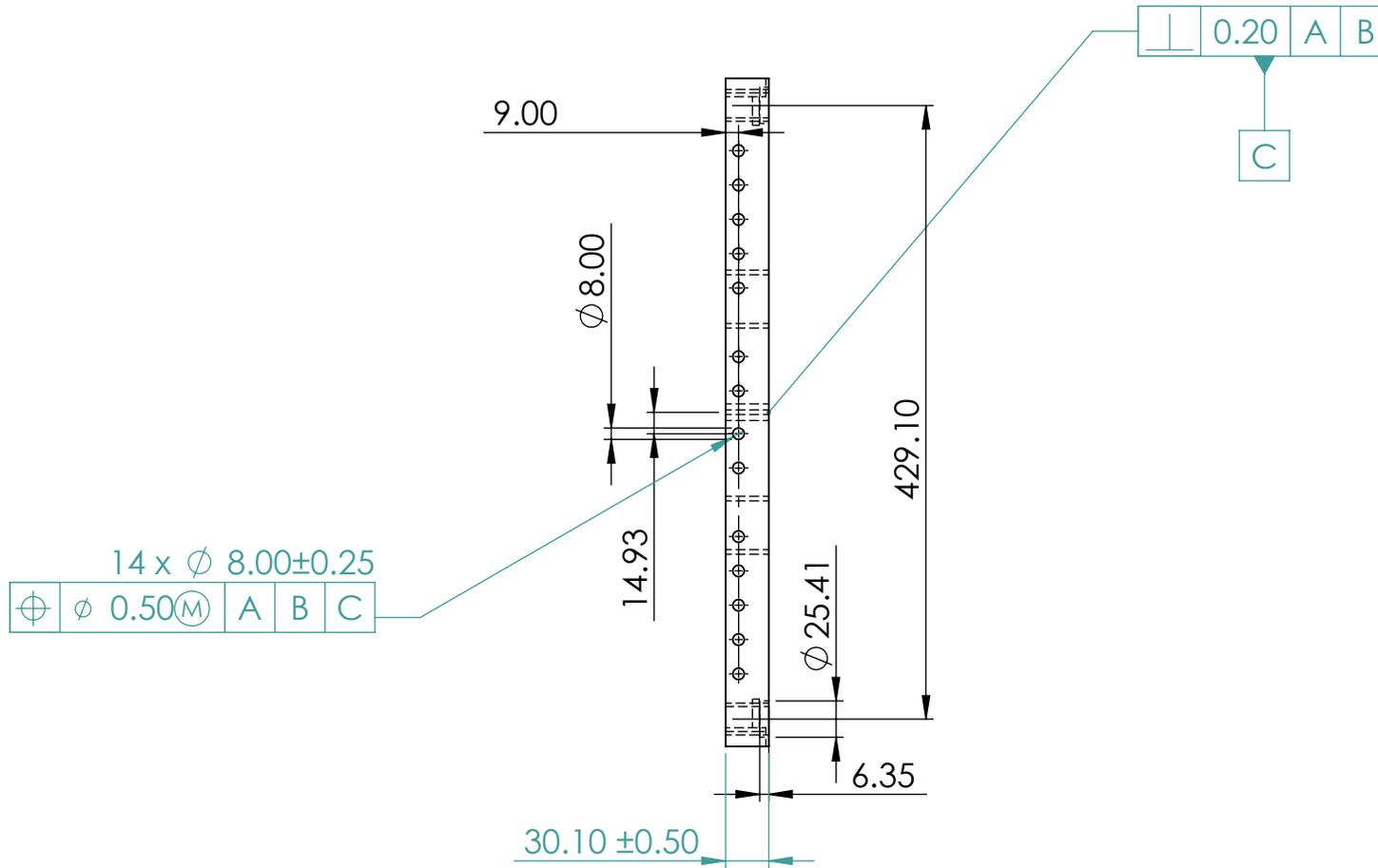
TAMAÑO A	DIBUJO NÚMERO P3_2	REV.
ESC. 1:5	METAL Al 6061	HOJA 18 DE 49

2

1

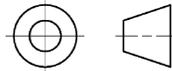
B

B



A

A



NOMBRE  
Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

TÍTULO DEL DIBUJO

Plato núcleo - Lateral

DIBUJADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

DISEÑADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

APROBACIÓN  
ADICIONAL  
APROBACIÓN  
ADICIONAL

TAMAÑO	A	DIBUJO NÚMERO	P3_3	REV.
ESC.	1:5	METAL	AI 6061	HOJA 19 DE 49

2

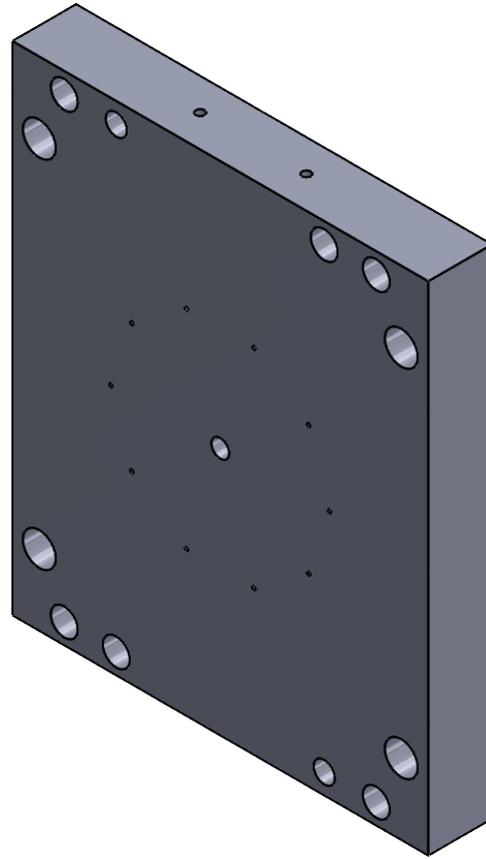
1

2

1

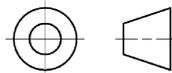
B

B



A

A



**NOMBRE**

Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

**TÍTULO DEL DIBUJO**

Plato soporte - Isométrica

DIBUJADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

DISEÑADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

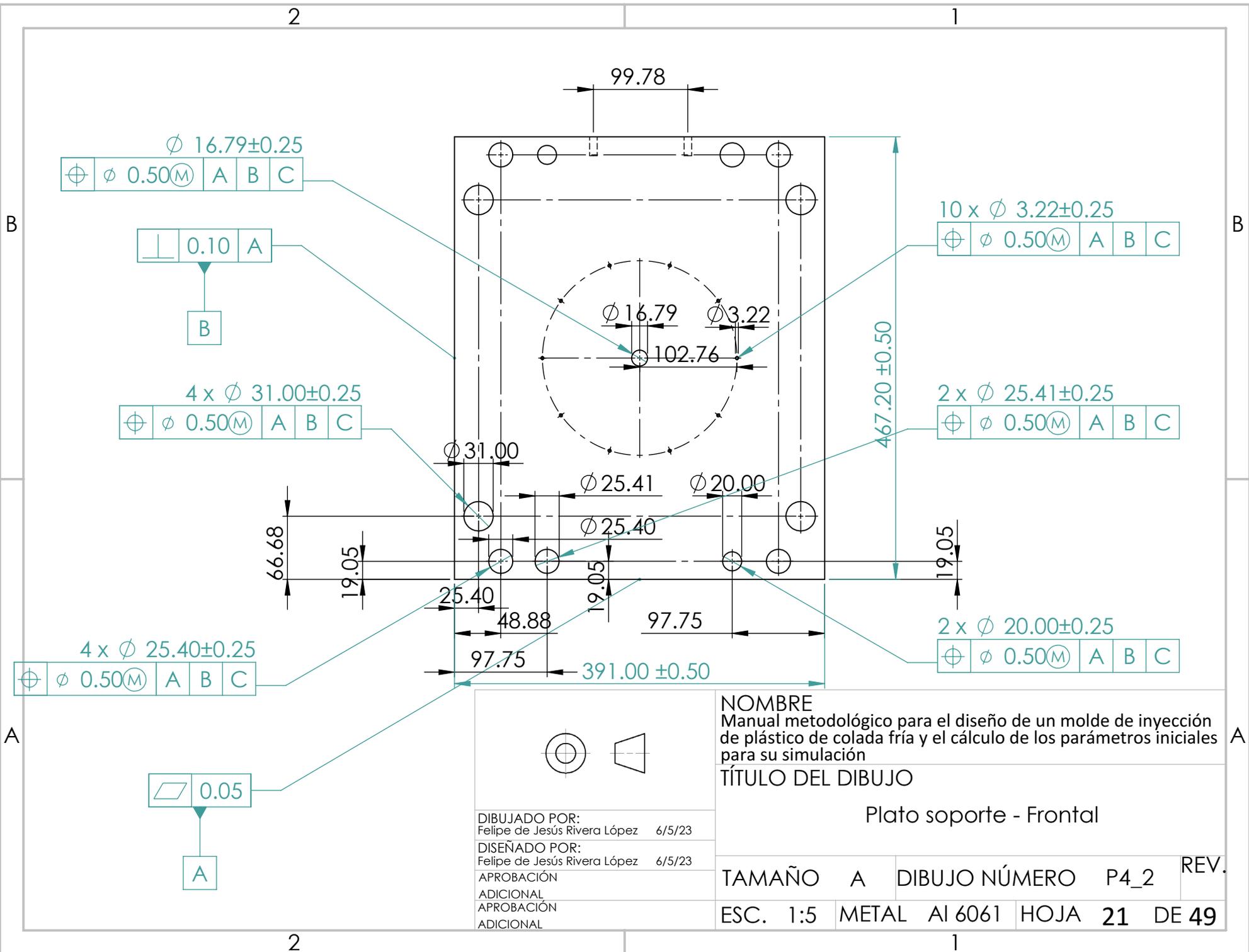
APROBACIÓN  
ADICIONAL  
APROBACIÓN  
ADICIONAL

TAMAÑO	A	DIBUJO NÚMERO	P4_1	REV.
--------	---	---------------	------	------

ESC.	1:5	METAL	Al 6061	HOJA	20	DE	49
------	-----	-------	---------	------	----	----	----

2

1



NOMBRE  
Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

TÍTULO DEL DIBUJO

Plato soporte - Frontal

DIBUJADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23  
DISEÑADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23  
APROBACIÓN  
ADICIONAL  
APROBACIÓN  
ADICIONAL

TAMAÑO	A	DIBUJO NÚMERO	P4_2	REV.
ESC.	1:5	METAL	AI 6061	HOJA 21 DE 49

2

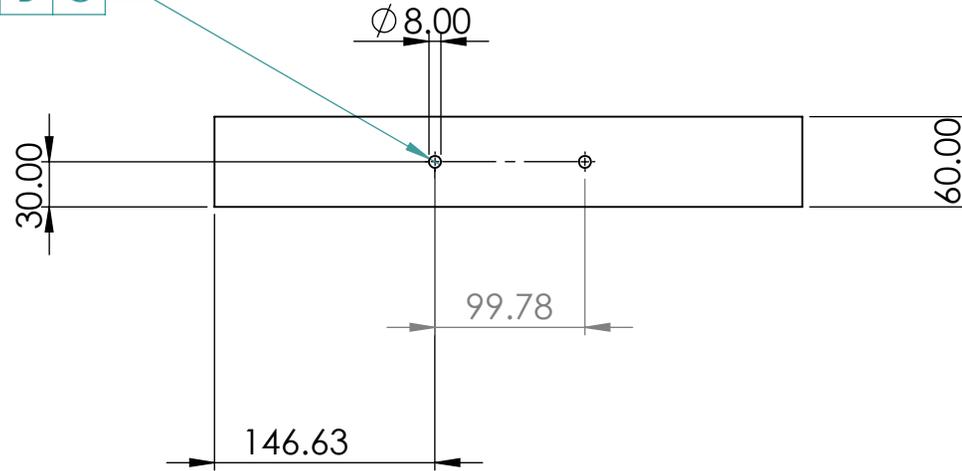
1

B

B

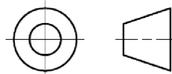
2 x  $\phi$  8.00 $\pm$ 0.25  $\nabla$  20.00 $\pm$ 0.50

$\oplus$	$\phi$ 0.50	(M)	A	B	C
----------	-------------	-----	---	---	---



A

A



NOMBRE

Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

TÍTULO DEL DIBUJO

Plato soporte - Superior

DIBUJADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

DISEÑADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

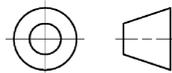
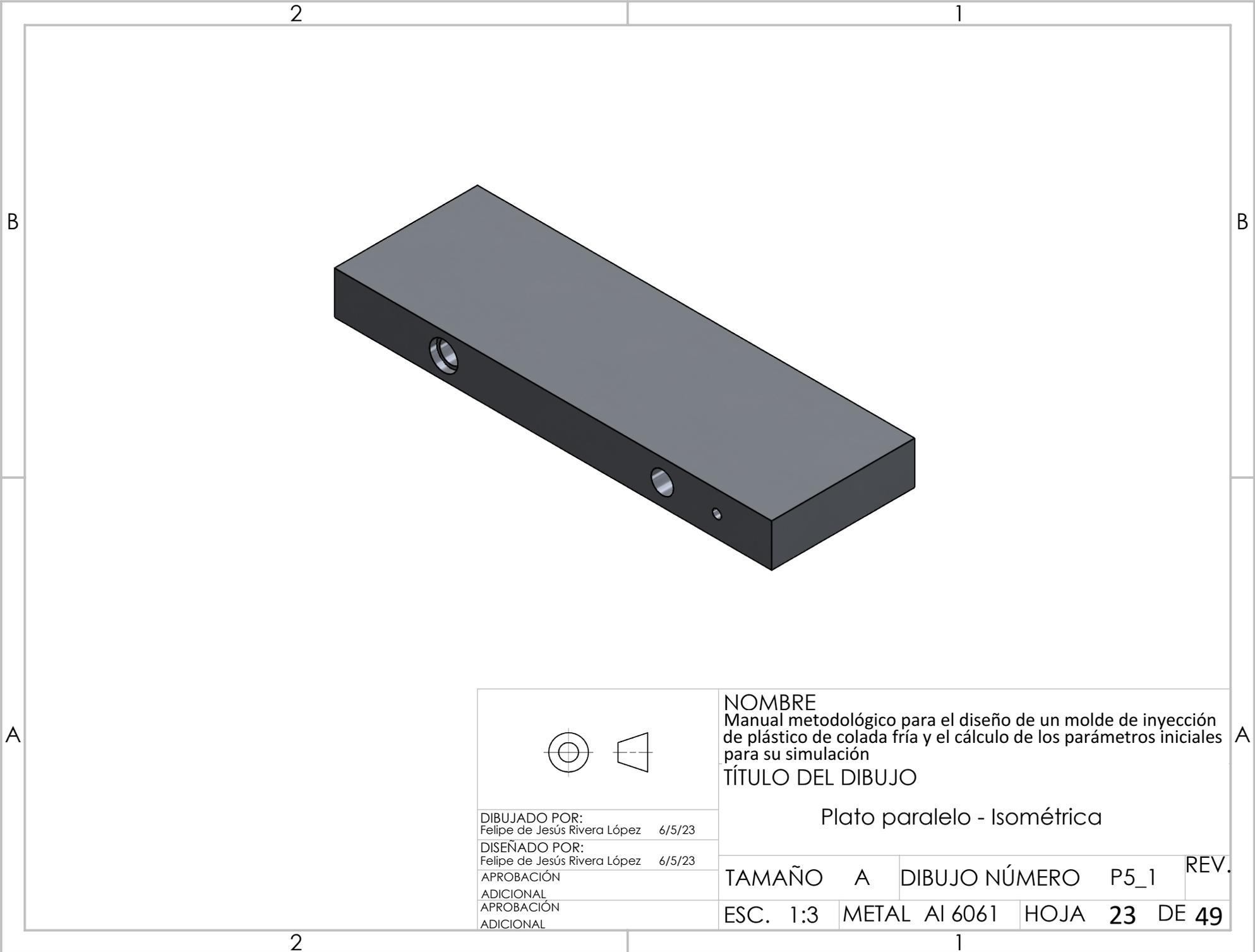
APROBACIÓN  
ADICIONAL  
APROBACIÓN  
ADICIONAL

TAMAÑO	A	DIBUJO NÚMERO	P4_3	REV.
--------	---	---------------	------	------

ESC.	1:5	METAL	Al 6061	HOJA	22	DE	49
------	-----	-------	---------	------	----	----	----

2

1



DIBUJADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

DISEÑADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

APROBACIÓN  
ADICIONAL  
APROBACIÓN  
ADICIONAL

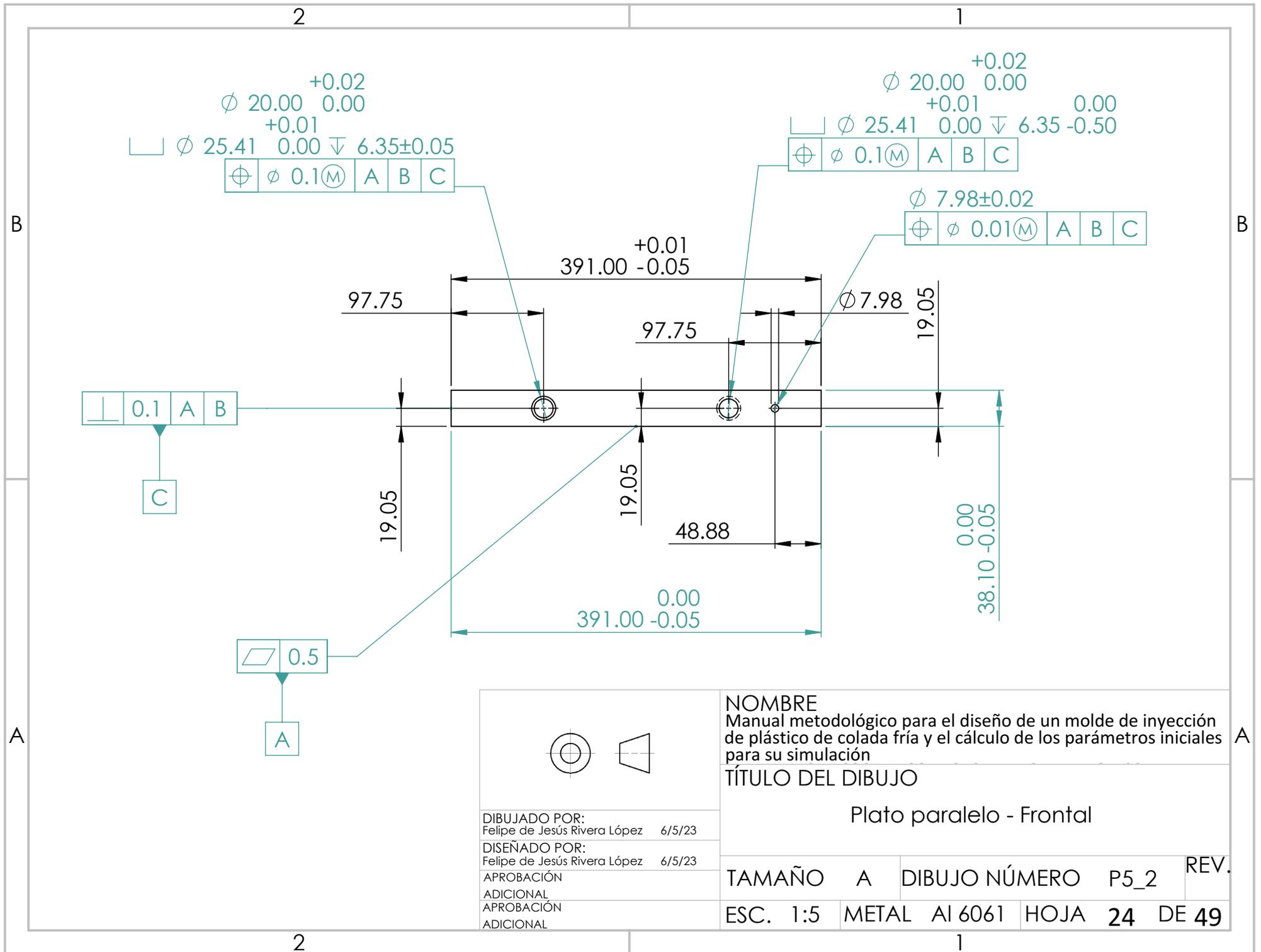
**NOMBRE**

Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

**TÍTULO DEL DIBUJO**

Plato paralelo - Isométrica

TAMAÑO	A	DIBUJO NÚMERO	P5_1	REV.
ESC.	1:3	METAL	AI 6061	HOJA 23 DE 49



$\perp$   $\phi$  20.00  $\begin{matrix} +0.02 \\ 0.00 \end{matrix}$   
 $\perp$   $\phi$  25.41  $\begin{matrix} +0.01 \\ 0.00 \end{matrix}$   $\nabla$  6.35  $\pm 0.05$   
 $\oplus$   $\phi$  0.1 (M) A B C

$\phi$  20.00  $\begin{matrix} +0.02 \\ 0.00 \end{matrix}$   
 $\perp$   $\phi$  25.41  $\begin{matrix} +0.01 \\ 0.00 \end{matrix}$   $\nabla$  6.35  $\begin{matrix} 0.00 \\ -0.50 \end{matrix}$   
 $\oplus$   $\phi$  0.1 (M) A B C

$\phi$  7.98  $\pm 0.02$   
 $\oplus$   $\phi$  0.01 (M) A B C

$\perp$  0.1 A B  
 C

$\nabla$  0.5  
 A

DIBUJADO POR:  
 Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23  
 DISEÑADO POR:  
 Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23  
 APROBACIÓN  
 ADICIONAL  
 APROBACIÓN  
 ADICIONAL

**NOMBRE**  
 Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación  
**TÍTULO DEL DIBUJO**  
 Plato paralelo - Frontal  
**TAMAÑO** A **DIBUJO NÚMERO** P5\_2 **REV.**  
**ESC.** 1:5 **METAL** Al 6061 **HOJA** 24 **DE** 49

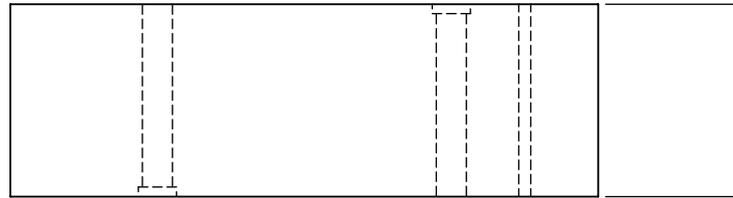
2

1

B

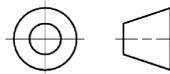
B

127.95 ±0.02



A

A



**NOMBRE**

Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

**TÍTULO DEL DIBUJO**

Plato paralelo - Superior

DIBUJADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

DISEÑADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

APROBACIÓN  
ADICIONAL  
APROBACIÓN  
ADICIONAL

TAMAÑO A

DIBUJO NÚMERO P5\_3

REV.

ESC. 1:5

METAL Al 6061

HOJA 25 DE 49

2

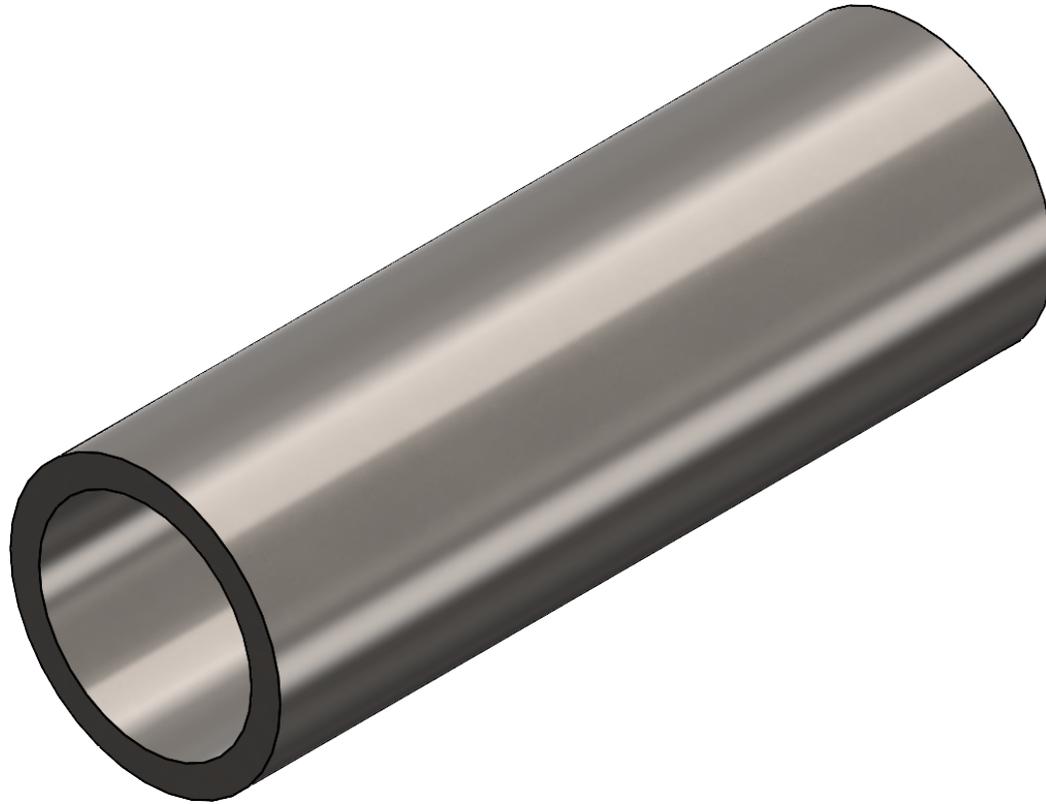
1

2

1

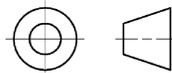
B

B



A

A



**NOMBRE**

Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

**TÍTULO DEL DIBUJO**

Buje para P5 - Isométrica

DIBUJADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

DISEÑADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

APROBACIÓN  
ADICIONAL  
APROBACIÓN  
ADICIONAL

TAMAÑO	A	DIBUJO NÚMERO	P5_4_1	REV.
--------	---	---------------	--------	------

ESC.	2:1	METAL	AI SI 303	HOJA	26	DE	49
------	-----	-------	-----------	------	----	----	----

2

1

2

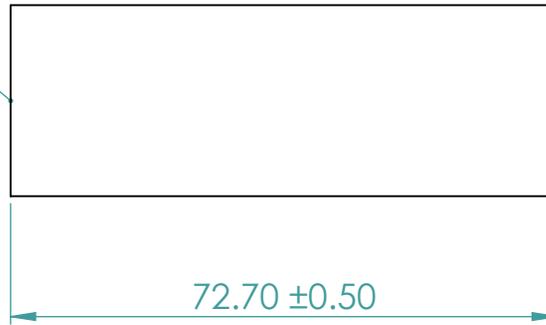
1

B

B

0.10 A

B



$72.70 \pm 0.50$

$\phi 25.40 \pm 0.25$

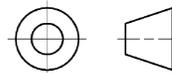
A

$\phi 20.00 \pm 0.25$

0.10 A

A

A



NOMBRE

Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

TÍTULO DEL DIBUJO

Buje para P5 - Lateral

DIBUJADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

DISEÑADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

APROBACIÓN  
ADICIONAL  
APROBACIÓN  
ADICIONAL

TAMAÑO A DIBUJO NÚMERO P5\_4\_2 REV.

ESC. 1:1 METAL AISI 303 HOJA 27 DE 49

2

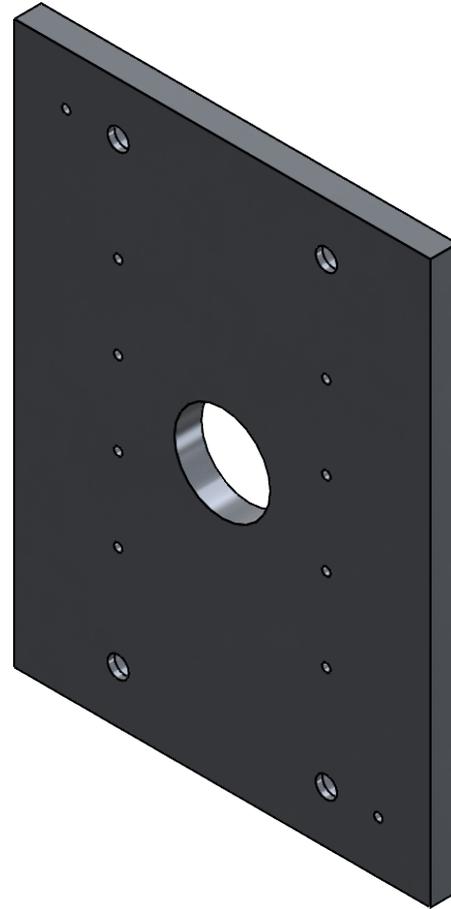
1

2

1

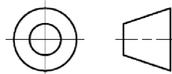
B

B



A

A



**NOMBRE**

Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

**TÍTULO DEL DIBUJO**

Plato soporte móvil - Isométrico

DIBUJADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

DISEÑADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

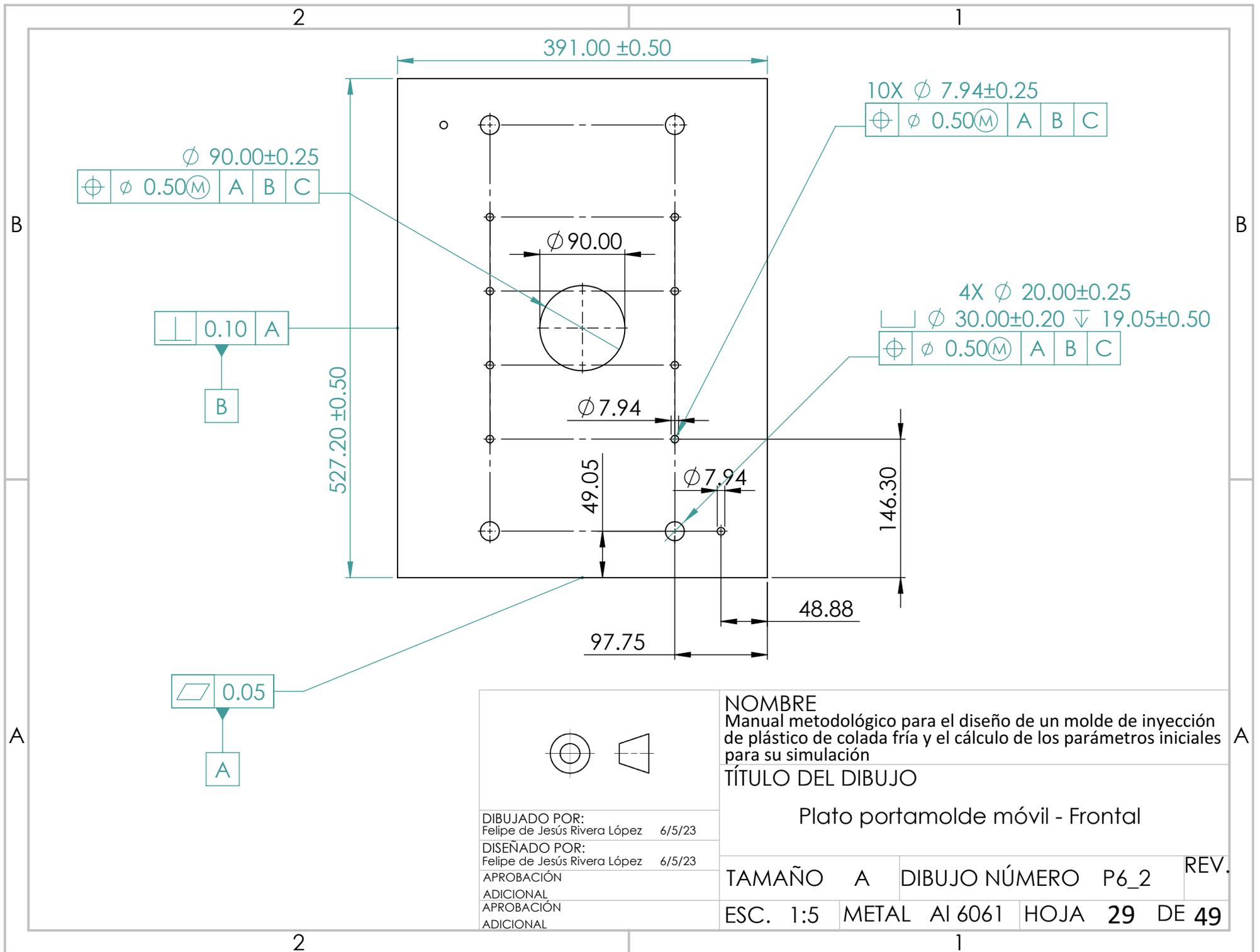
APROBACIÓN  
ADICIONAL  
APROBACIÓN  
ADICIONAL

TAMAÑO	A	DIBUJO NÚMERO	P6_1	REV.
--------	---	---------------	------	------

ESC. 1:5	METAL	AI 6061	HOJA 28	DE 49
----------	-------	---------	---------	-------

2

1



DIBUJADO POR:  
 Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23  
 DISEÑADO POR:  
 Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23  
 APROBACIÓN  
 ADICIONAL  
 APROBACIÓN  
 ADICIONAL

**NOMBRE**  
 Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación  
**TÍTULO DEL DIBUJO**

Plato portamolde móvil - Frontal

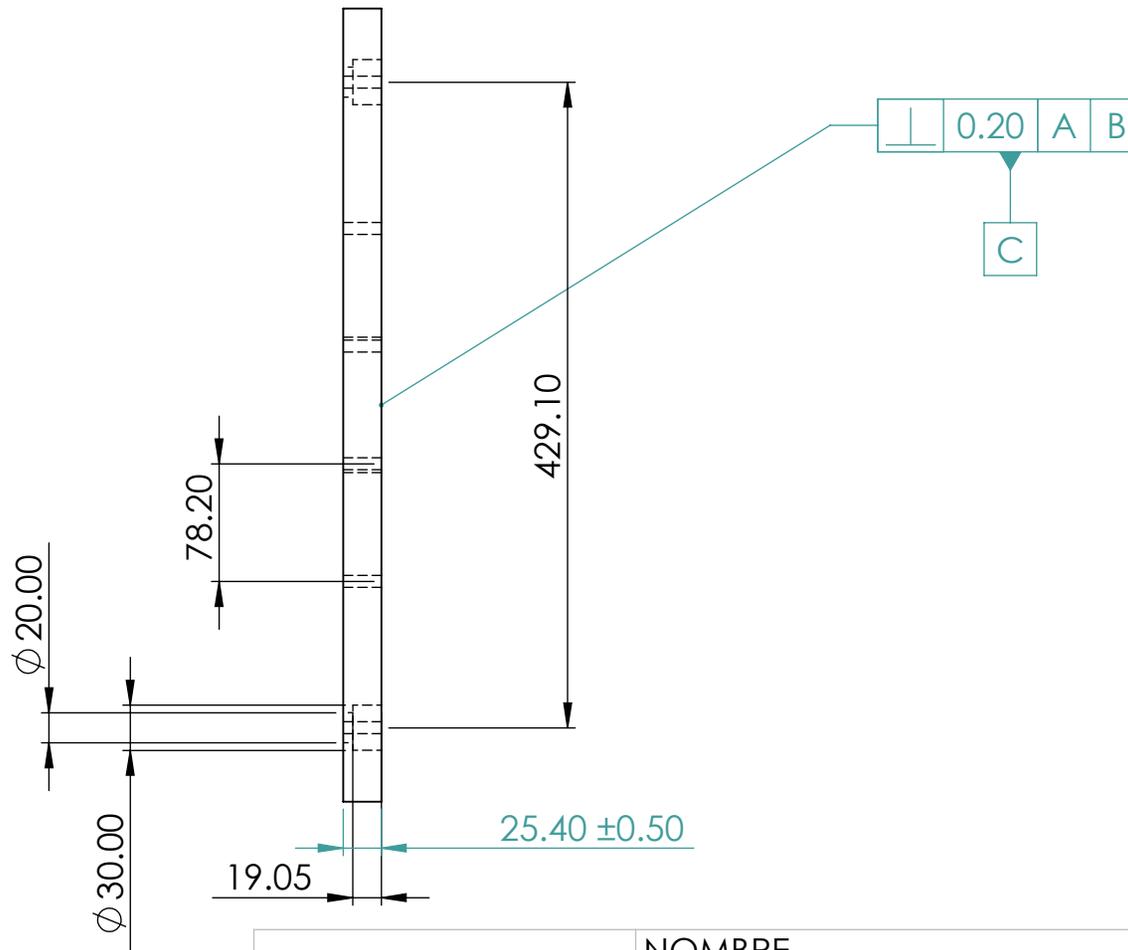
TAMAÑO	A	DIBUJO NÚMERO	P6_2	REV.
ESC.	1:5	METAL	AI 6061	HOJA 29 DE 49

2

1

B

B



A

A



DIBUJADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

DISEÑADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

APROBACIÓN  
ADICIONAL  
APROBACIÓN  
ADICIONAL

NOMBRE  
Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

TÍTULO DEL DIBUJO

Plato portamolde móvil - Lateral

TAMAÑO	A	DIBUJO NÚMERO	P6_3	REV.
ESC.	1:5	METAL	AI 6061	HOJA 30 DE 49

2

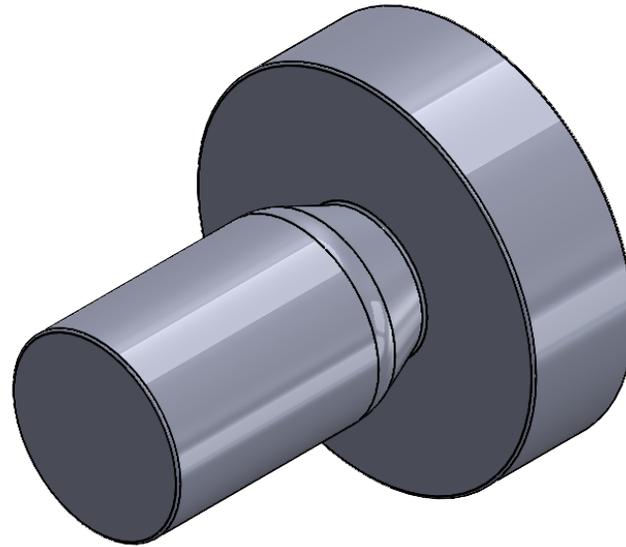
1

2

1

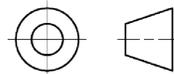
B

B



A

A



**NOMBRE**

Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

**TÍTULO DEL DIBUJO**

Perno con cabeza para P6 - Isométrica

DIBUJADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

DISEÑADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

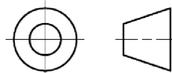
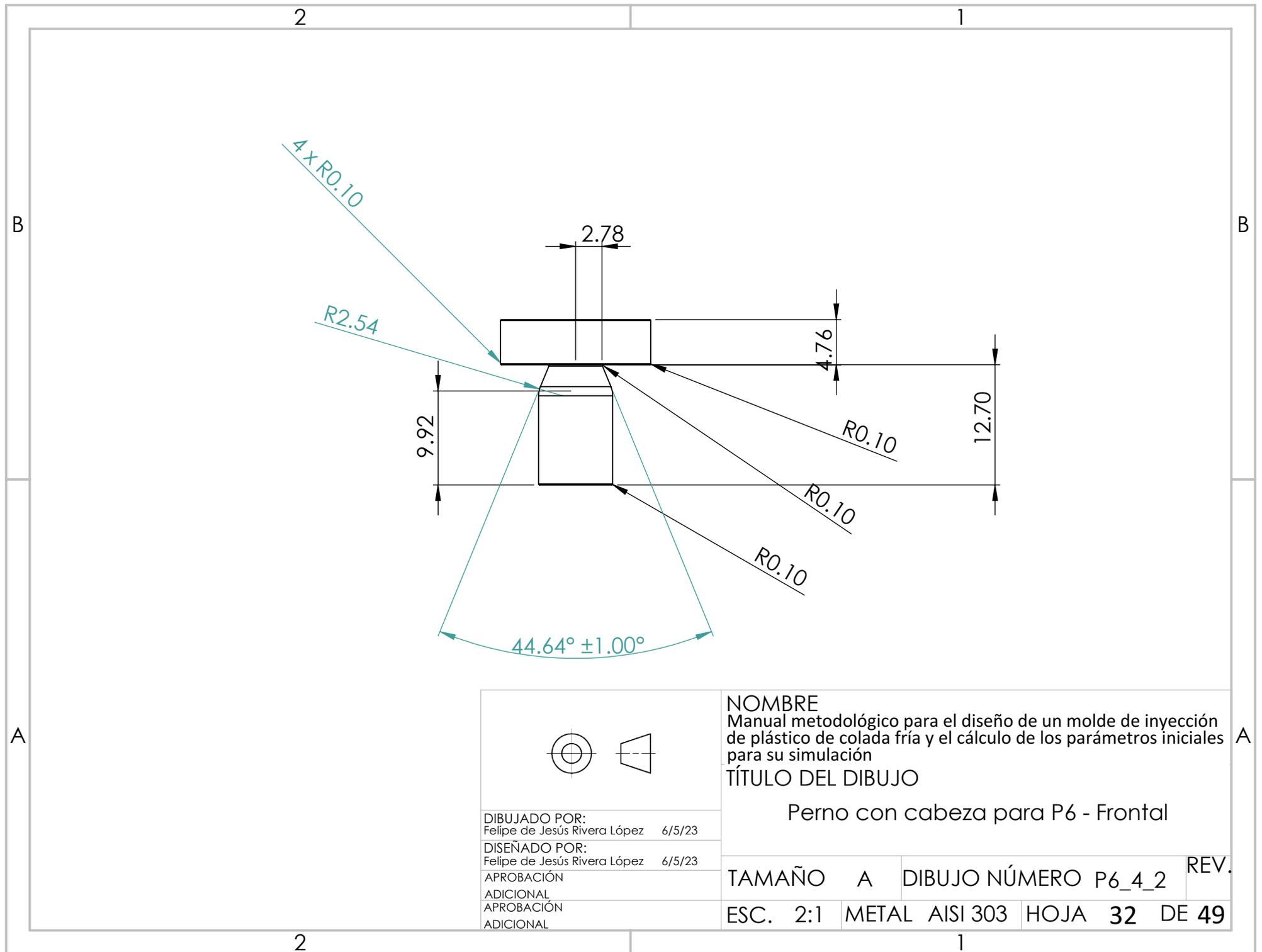
APROBACIÓN  
ADICIONAL  
APROBACIÓN  
ADICIONAL

TAMAÑO	A	DIBUJO NÚMERO	P6_4_1	REV.
--------	---	---------------	--------	------

ESC.	4:1	METAL	AI SI 303	HOJA	31	DE	49
------	-----	-------	-----------	------	----	----	----

2

1



DIBUJADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

DISEÑADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

APROBACIÓN  
ADICIONAL  
APROBACIÓN  
ADICIONAL

NOMBRE  
Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

TÍTULO DEL DIBUJO

Perno con cabeza para P6 - Frontal

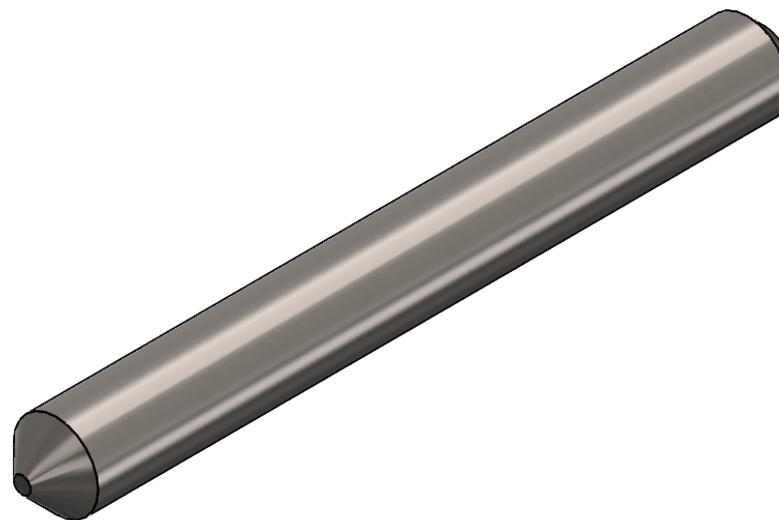
TAMAÑO	A	DIBUJO NÚMERO	P6_4_2	REV.
ESC.	2:1	METAL	AI SI 303	HOJA 32 DE 49

2

1

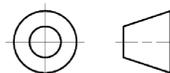
B

B



A

A



**NOMBRE**

Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

**TÍTULO DEL DIBUJO**

Perno para barreno en P6-P5 - Isométrica

DIBUJADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

DISEÑADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

APROBACIÓN  
ADICIONAL  
APROBACIÓN  
ADICIONAL

TAMAÑO	A	DIBUJO NÚMERO	P6_5_1	REV.
--------	---	---------------	--------	------

ESC.	2:1	METAL	AI SI 303	HOJA	33	DE	49
------	-----	-------	-----------	------	----	----	----

2

1

2

1

B

B

$\phi 7.94 \pm 0.25$

$69.85 \pm 0.50$

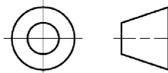
A

$\perp$  0.10 A

B

A

A



**NOMBRE**  
Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

**TÍTULO DEL DIBUJO**

Perno para barreno en P6-P5 - Lateral

DIBUJADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

DISEÑADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

APROBACIÓN  
ADICIONAL  
APROBACIÓN  
ADICIONAL

TAMAÑO A DIBUJO NÚMERO P6\_5\_2 REV.

ESC. 1:1 METAL AISI 303 HOJA 34 DE 49

2

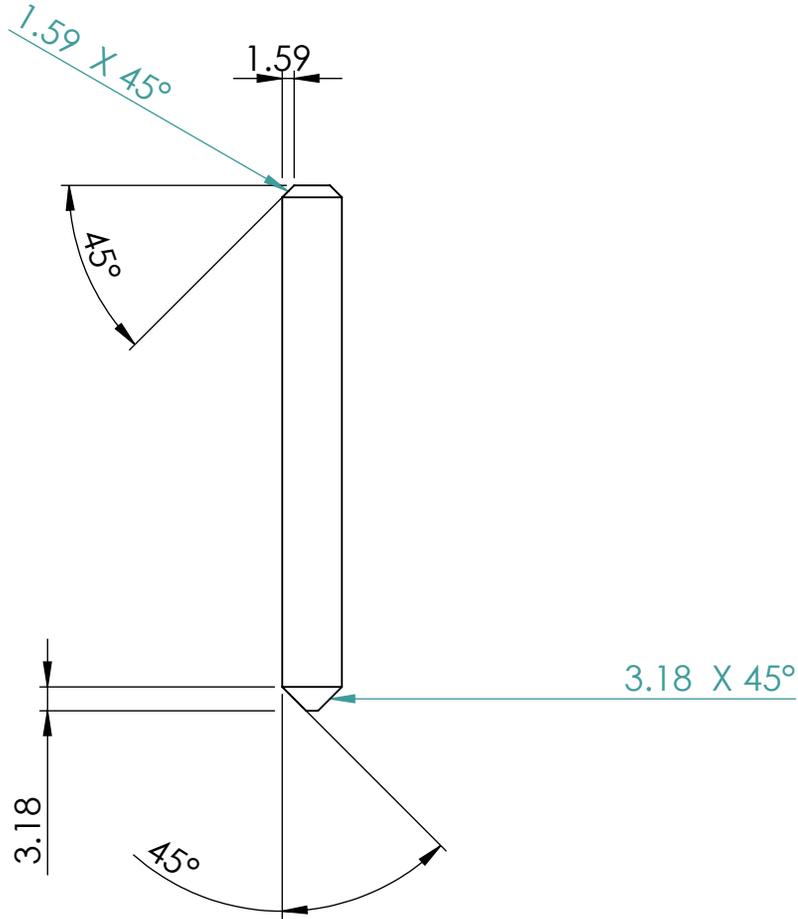
1

2

1

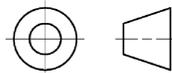
B

B



A

A



**NOMBRE**

Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

**TÍTULO DEL DIBUJO**

Perno para barreno en P6-P5 - Superior

DIBUJADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

DISEÑADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

APROBACIÓN  
ADICIONAL  
APROBACIÓN  
ADICIONAL

TAMAÑO A DIBUJO NÚMERO P6\_5\_3 REV.

ESC. 1:1 METAL AISI 303 HOJA 35 DE 49

2

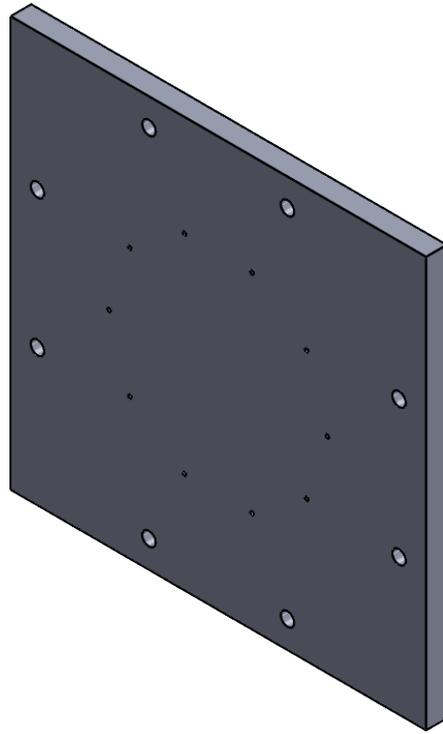
1

2

1

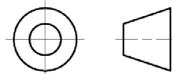
B

B



A

A



**NOMBRE**

Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

**TÍTULO DEL DIBUJO**

**Plato expulsor - Frontal**

DIBUJADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

DISEÑADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

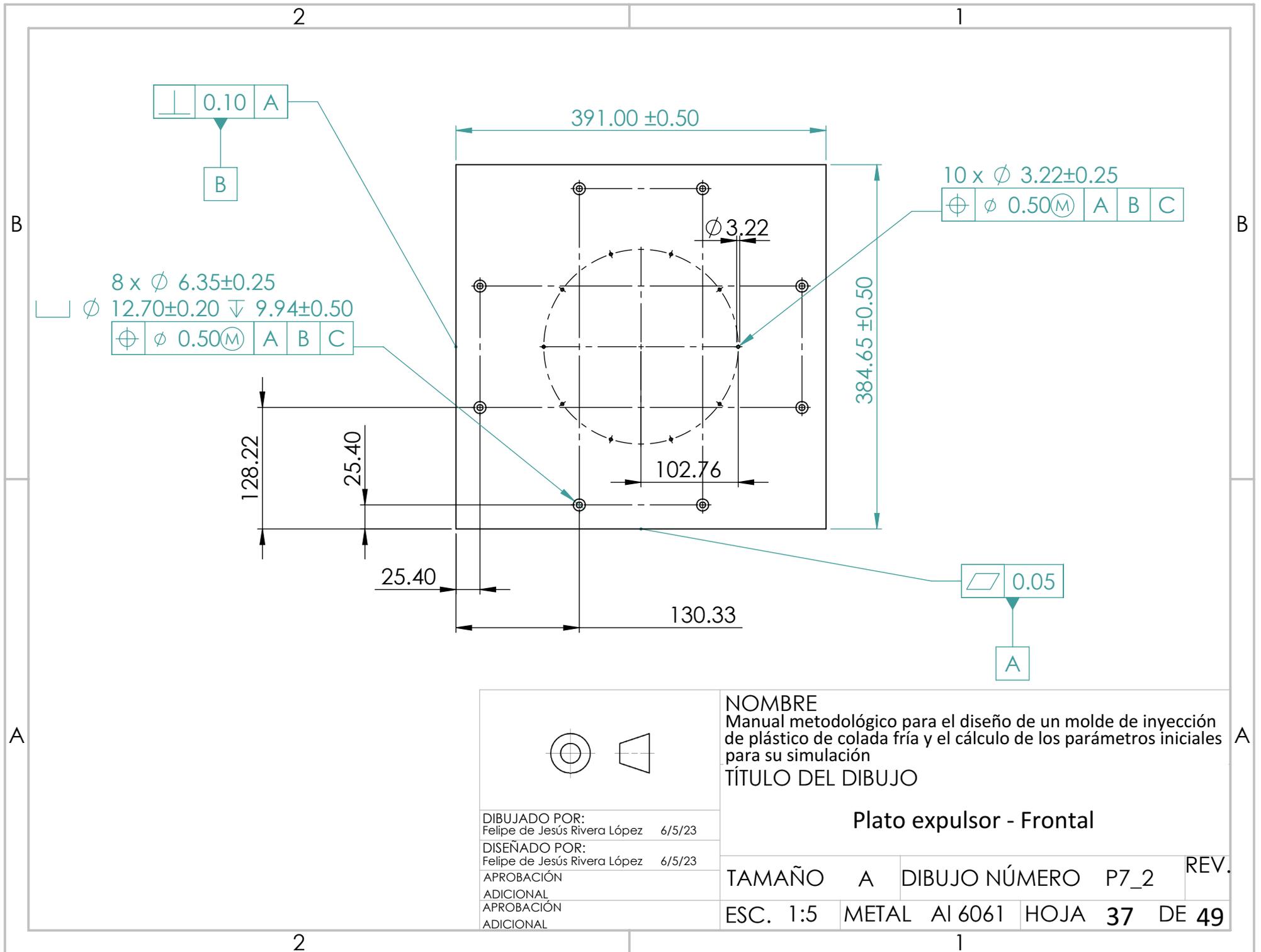
APROBACIÓN  
ADICIONAL  
APROBACIÓN  
ADICIONAL

TAMAÑO	A	DIBUJO NÚMERO	P7_1	REV.
--------	---	---------------	------	------

ESC. 1:5	METAL	AI 6051	HOJA 36	DE 49
----------	-------	---------	---------	-------

2

1



**NOMBRE**  
Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

**TÍTULO DEL DIBUJO**

**Plato expulsor - Frontal**

DIBUJADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

DISEÑADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

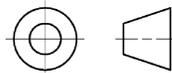
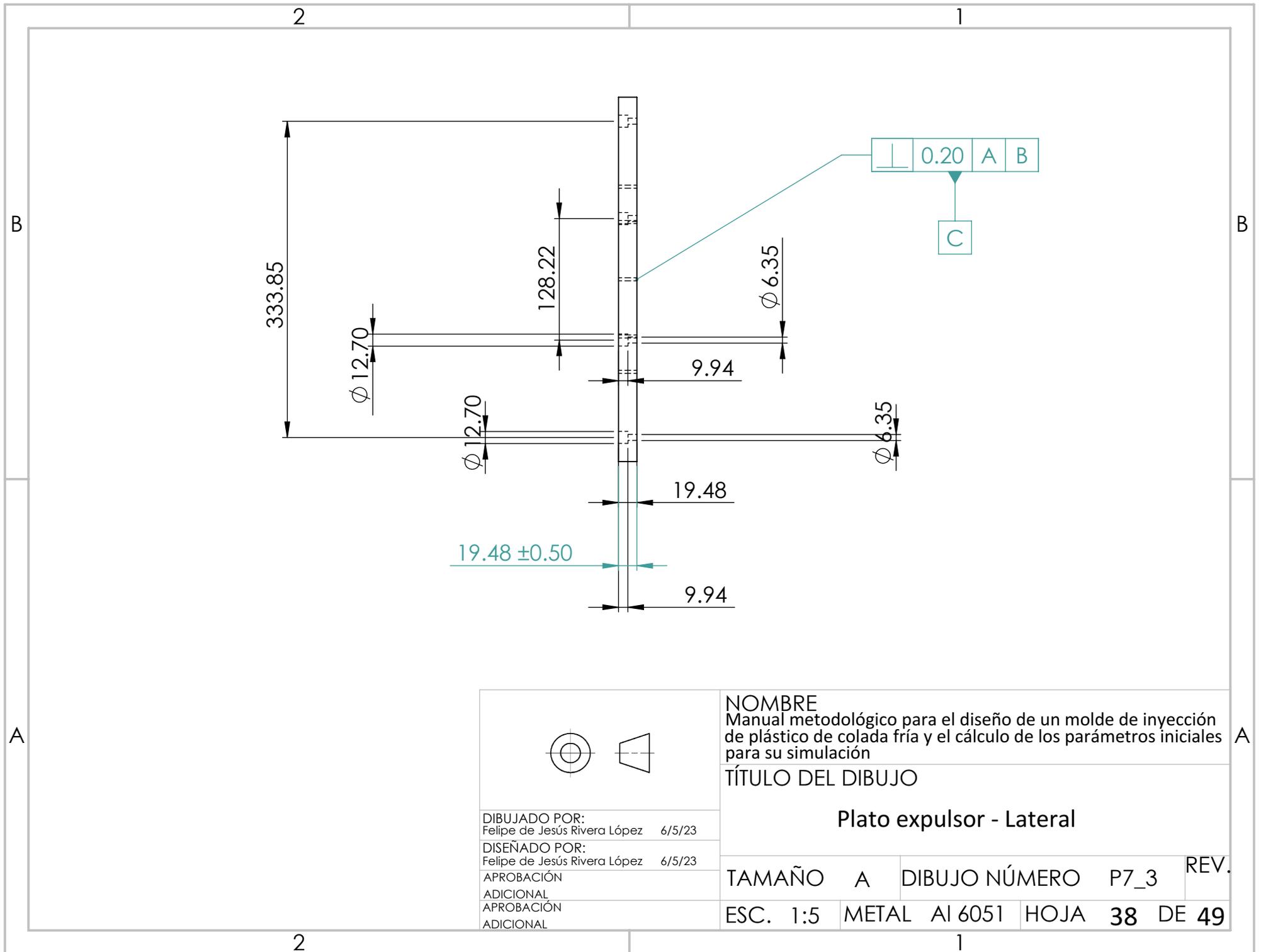
APROBACIÓN

ADICIONAL

APROBACIÓN

ADICIONAL

TAMAÑO	A	DIBUJO NÚMERO	P7_2	REV.
ESC. 1:5	METAL	AI 6061	HOJA 37	DE 49



DIBUJADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

DISEÑADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

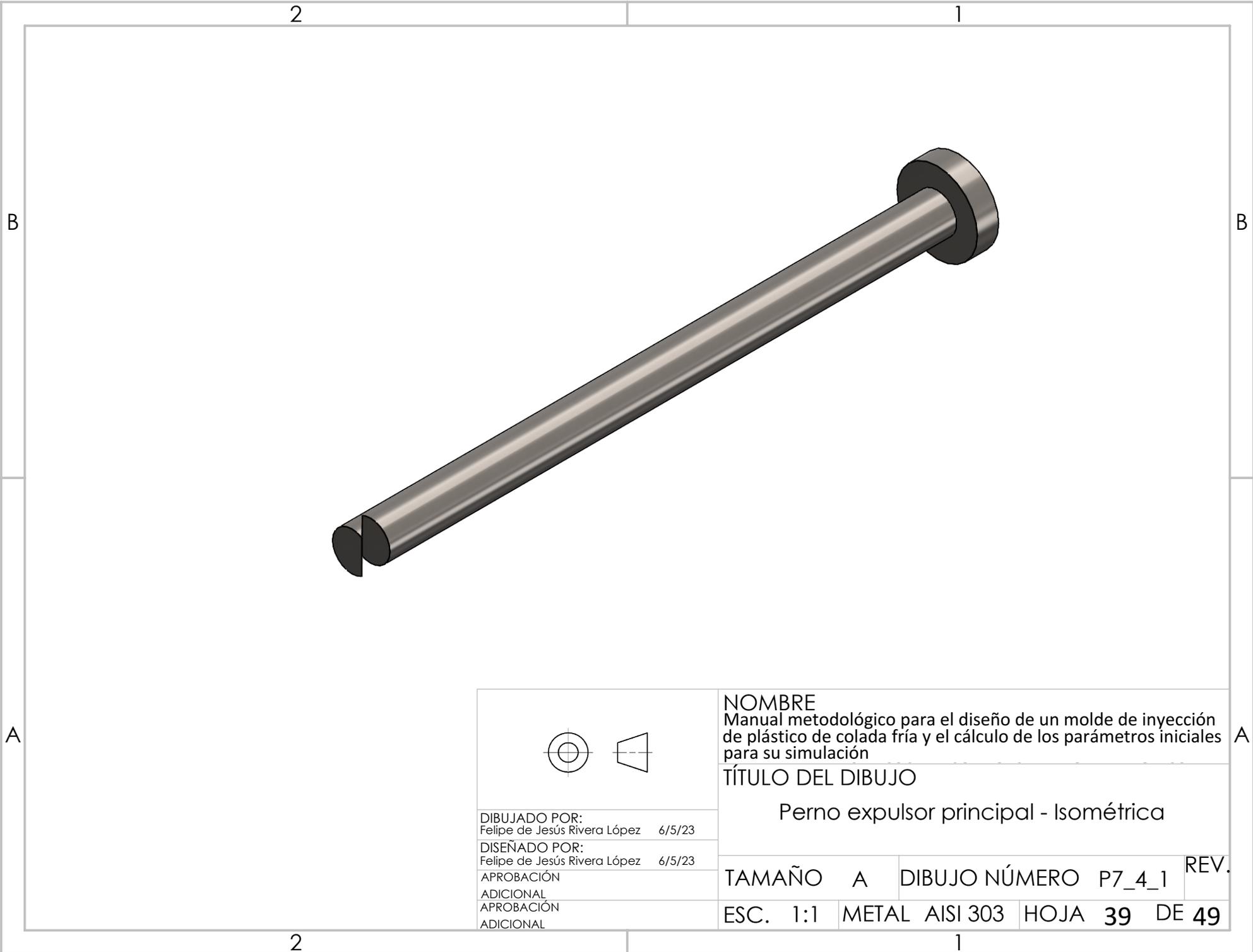
APROBACIÓN  
ADICIONAL  
APROBACIÓN  
ADICIONAL

NOMBRE  
Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

TÍTULO DEL DIBUJO

Plato expulsor - Lateral

TAMAÑO	A	DIBUJO NÚMERO	P7_3	REV.
ESC.	1:5	METAL	AI 6051	HOJA 38 DE 49



DIBUJADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

DISEÑADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

APROBACIÓN  
ADICIONAL  
APROBACIÓN  
ADICIONAL

**NOMBRE**

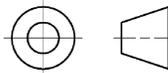
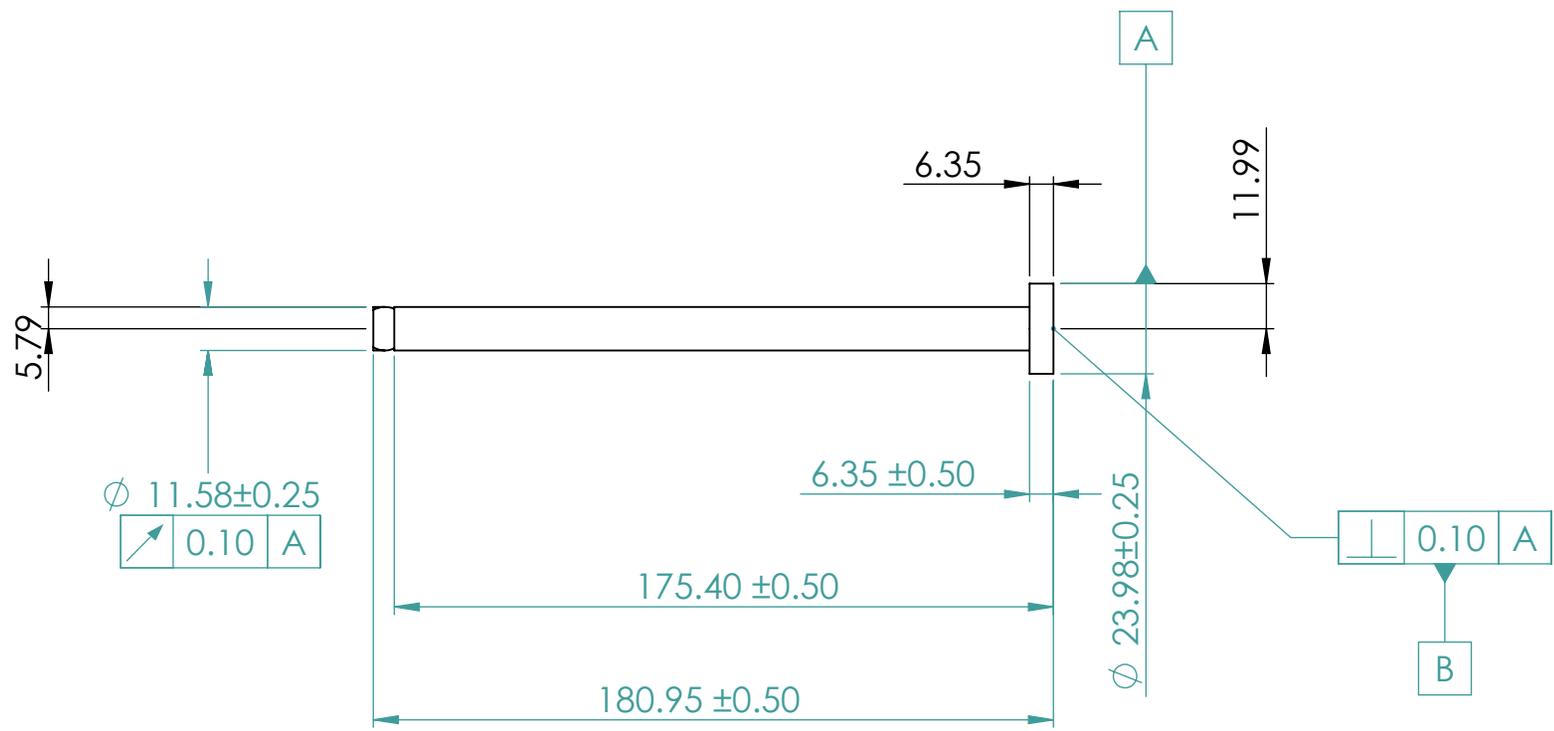
Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

**TÍTULO DEL DIBUJO**

Perno expulsor principal - Isométrica

TAMAÑO	A	DIBUJO NÚMERO	P7_4_1	REV.
--------	---	---------------	--------	------

ESC.	1:1	METAL	AI SI 303	HOJA	39	DE	49
------	-----	-------	-----------	------	----	----	----



DIBUJADO POR:  
 Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23  
 DISEÑADO POR:  
 Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23  
 APROBACIÓN  
 ADICIONAL  
 APROBACIÓN  
 ADICIONAL

**NOMBRE**  
 Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

**TÍTULO DEL DIBUJO**

Perno expulsor principal - Lateral

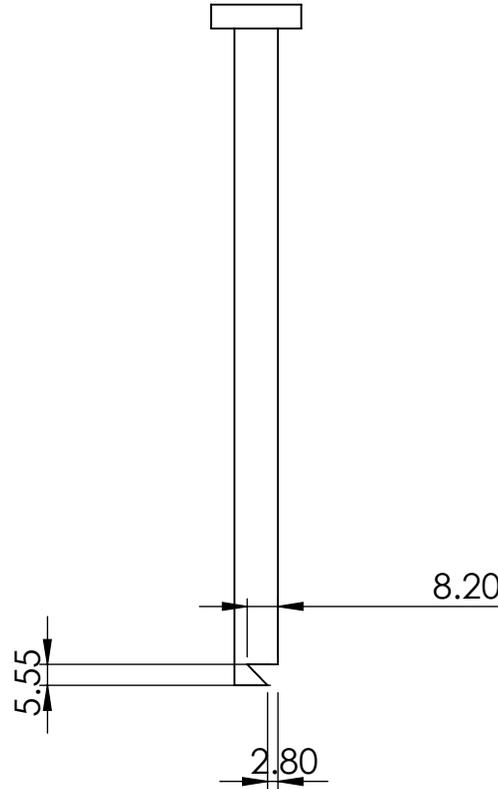
TAMAÑO	A	DIBUJO NÚMERO	P7_4_2	REV.
ESC.	1:2	METAL	AIISI 303	HOJA 40 DE 49

2

1

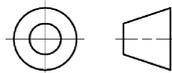
B

B



A

A



NOMBRE

Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

TÍTULO DEL DIBUJO

Perno expulsor principal - Superior

DIBUJADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

DISEÑADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

APROBACIÓN  
ADICIONAL  
APROBACIÓN  
ADICIONAL

TAMAÑO A DIBUJO NÚMERO P7\_4\_3 REV.

ESC. 1:2 METAL AISA 303 HOJA 41 DE 49

2

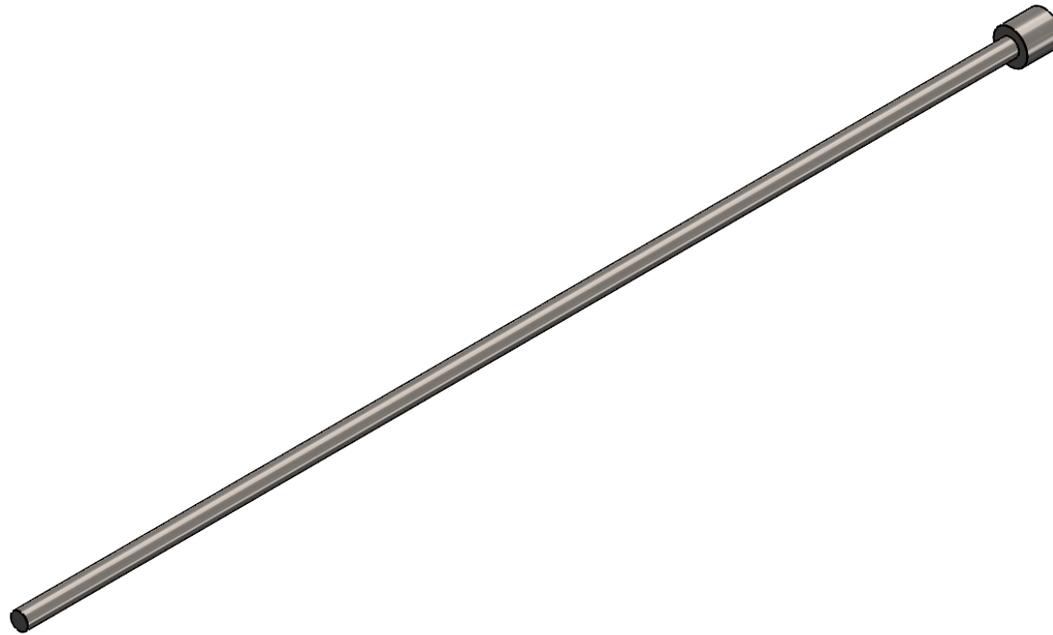
1

2

1

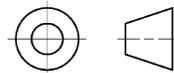
B

B



A

A



**NOMBRE**

Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

**TÍTULO DEL DIBUJO**

Perno expulsor secundario - Isométrica

DIBUJADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

DISEÑADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

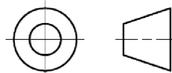
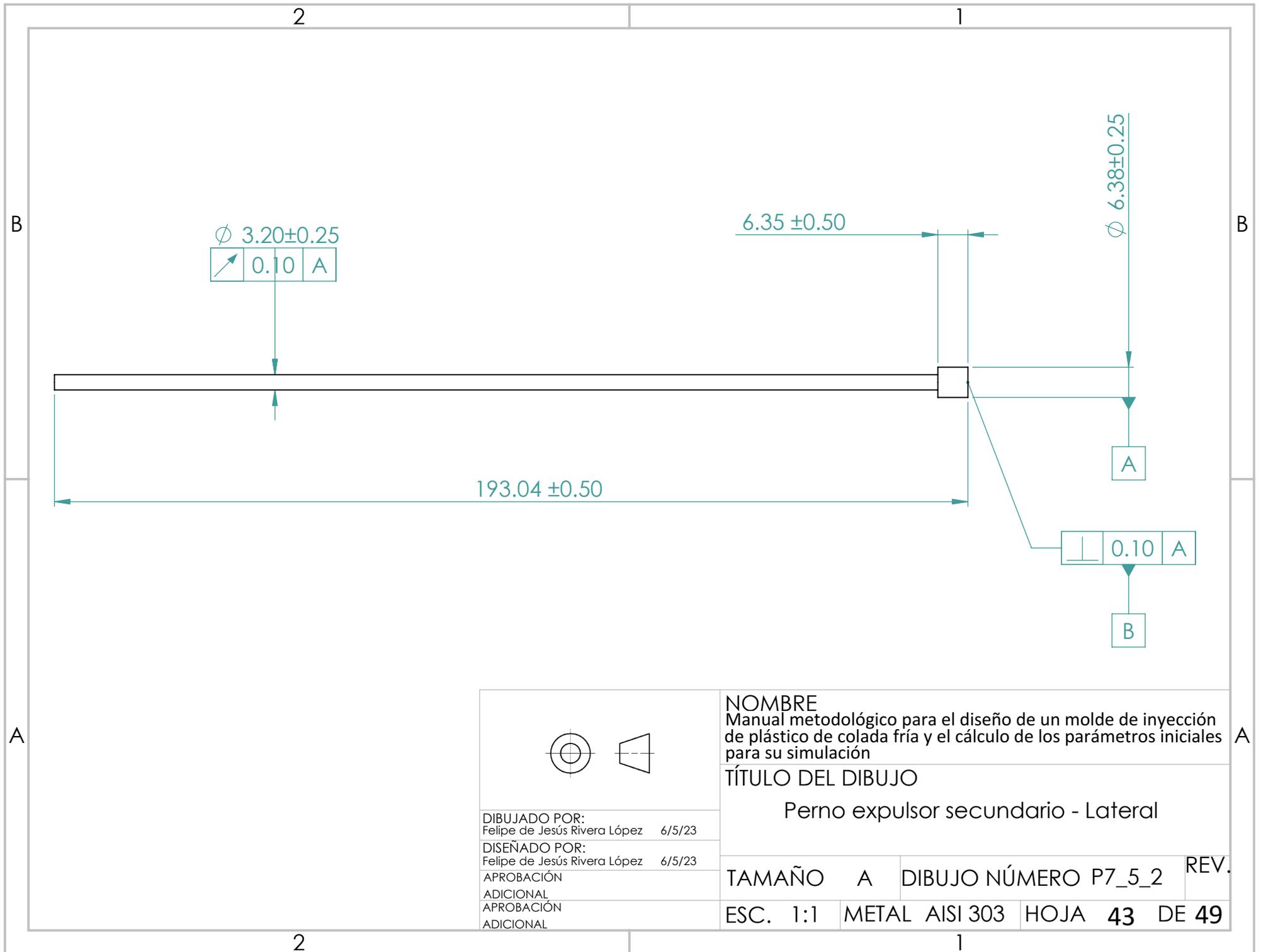
APROBACIÓN  
ADICIONAL  
APROBACIÓN  
ADICIONAL

TAMAÑO	A	DIBUJO NÚMERO	P7_5_1	REV.
--------	---	---------------	--------	------

ESC.	1:1	METAL	AIISI 303	HOJA	42	DE	49
------	-----	-------	-----------	------	----	----	----

2

1



DIBUJADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

DISEÑADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

APROBACIÓN  
ADICIONAL  
APROBACIÓN  
ADICIONAL

NOMBRE  
Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

TÍTULO DEL DIBUJO  
Perno expulsor secundario - Lateral

TAMAÑO	A	DIBUJO NÚMERO	P7_5_2	REV.
ESC.	1:1	METAL	AI SI 303	HOJA 43 DE 49

2

1

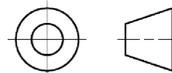
B

B



A

A



**NOMBRE**

Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

**TÍTULO DEL DIBUJO**

Perno porta resorte expulsor - Isométrica

DIBUJADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

DISEÑADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

APROBACIÓN  
ADICIONAL  
APROBACIÓN  
ADICIONAL

TAMAÑO	A	DIBUJO NÚMERO	P7_6_1	REV.
--------	---	---------------	--------	------

ESC.	1:1	METAL AISA 303	HOJA	44	DE	49
------	-----	----------------	------	----	----	----

2

1

2

1

B

B

$\phi 30.00 \pm 0.25$   
0.10 A

$\phi 36.30 \pm 0.25$

0.10 A

B

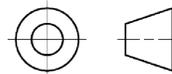
$6.35 \pm 0.50$

A

$106.70 \pm 0.50$

A

A



**NOMBRE**

Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

**TÍTULO DEL DIBUJO**

Perno porta resorte expulsor - Lateral

DIBUJADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

DISEÑADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

APROBACIÓN  
ADICIONAL  
APROBACIÓN  
ADICIONAL

TAMAÑO A DIBUJO NÚMERO P7\_6\_2 REV.

ESC. 1:1 METAL AISI 303 HOJA 45 DE 49

2

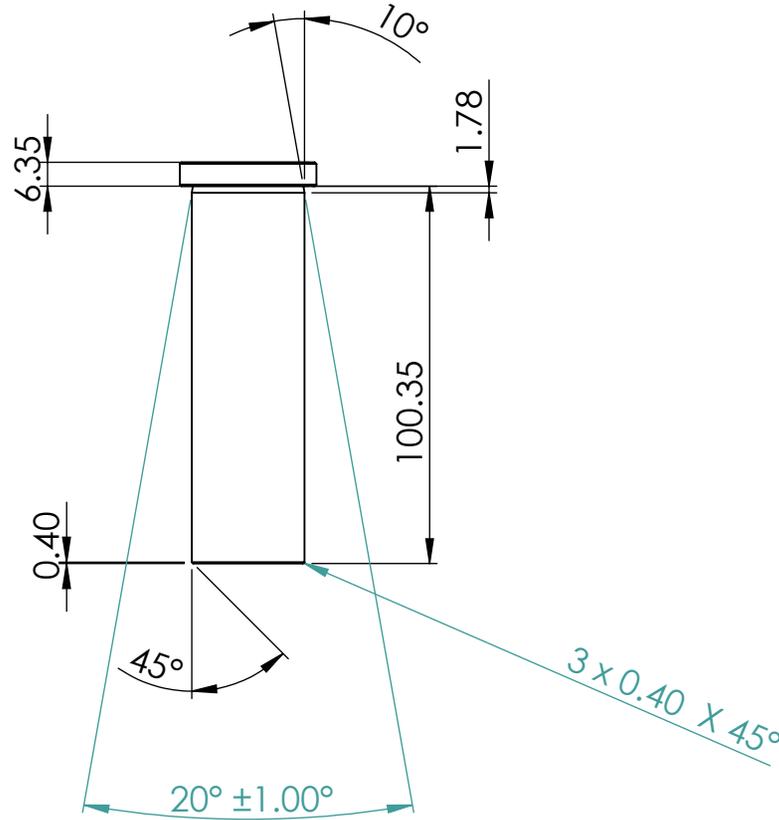
1

2

1

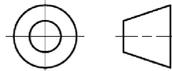
B

B



A

A



NOMBRE

Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

TÍTULO DEL DIBUJO

Perno porta resorte expulsor - Superior

DIBUJADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23DISEÑADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23APROBACIÓN  
ADICIONAL  
APROBACIÓN  
ADICIONAL

TAMAÑO A DIBUJO NÚMERO P7\_6\_3 REV.

ESC. 1:2 METAL AISI 303 HOJA 46 DE 49

2

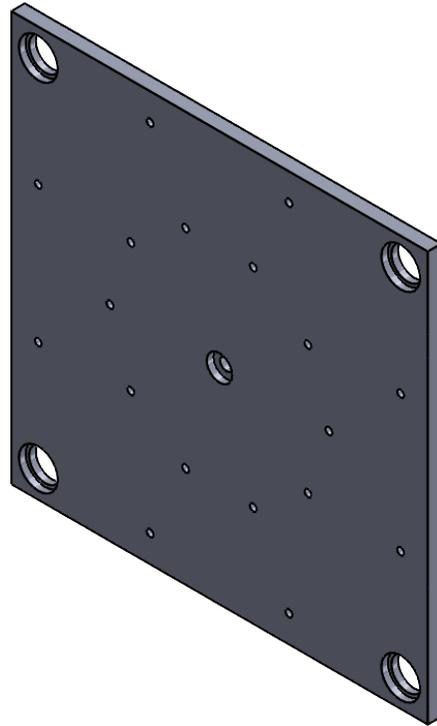
1

2

1

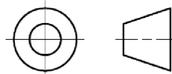
B

B



A

A



**NOMBRE**

Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

**TÍTULO DEL DIBUJO**

**Plato expulsor retenedor - Isométrico**

DIBUJADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

DISEÑADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23

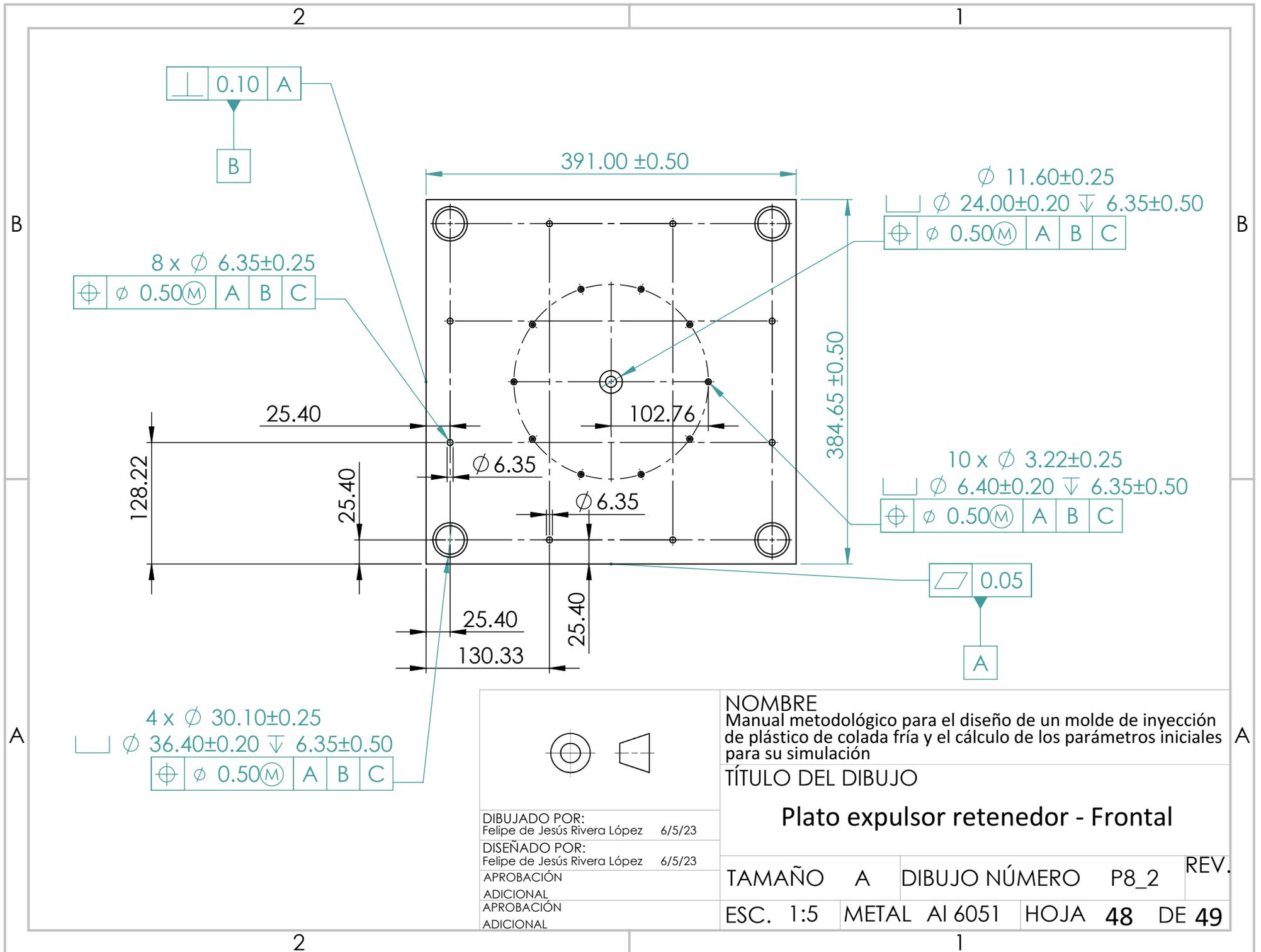
APROBACIÓN  
ADICIONAL  
APROBACIÓN  
ADICIONAL

TAMAÑO	A	DIBUJO NÚMERO	P8_1	REV.
--------	---	---------------	------	------

ESC. 1:5	METAL	AI 6051	HOJA 47	DE 49
----------	-------	---------	---------	-------

2

1

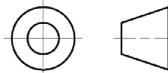
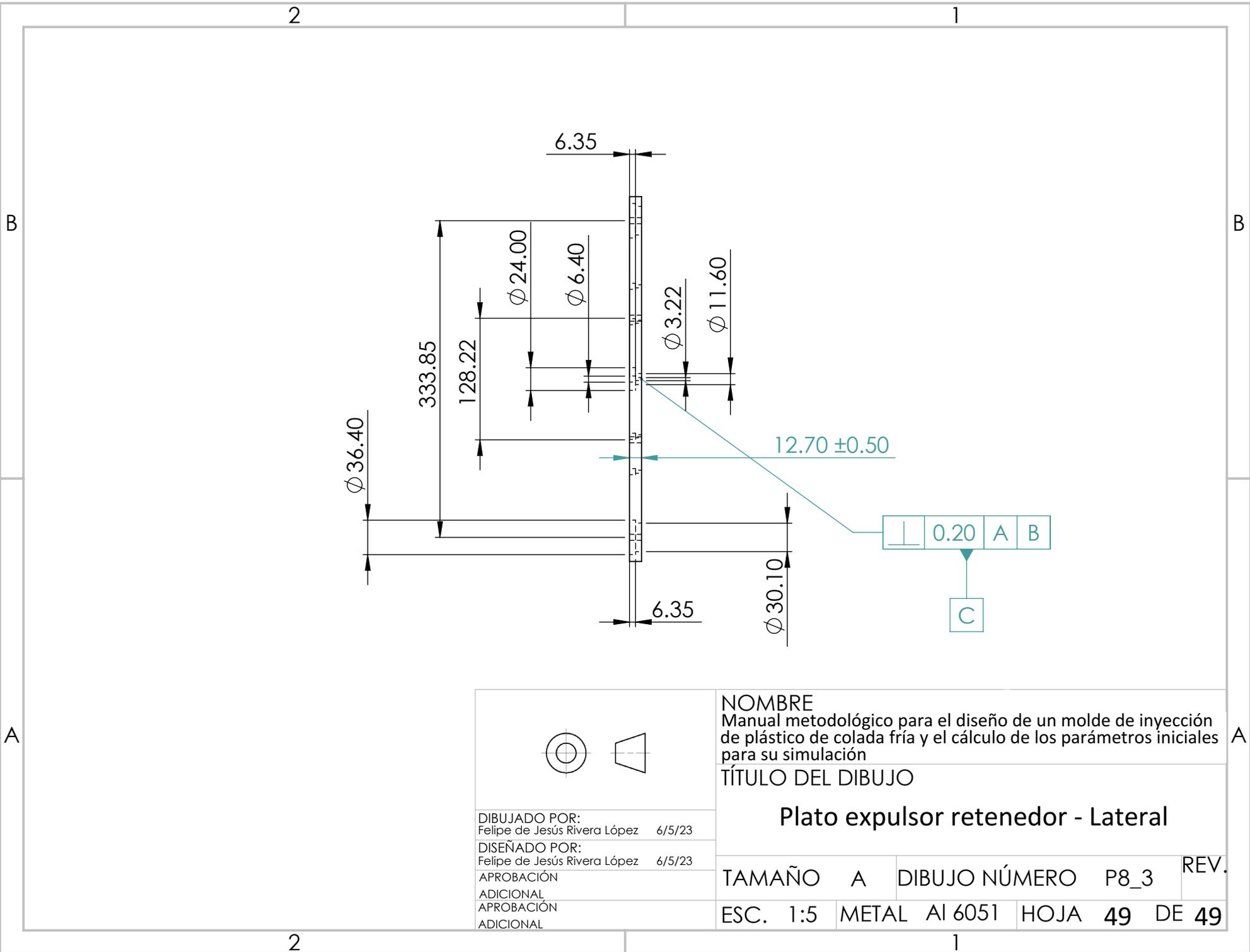


DIBUJADO POR:  
 Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23  
 DISEÑADO POR:  
 Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23  
 APROBACIÓN  
 ADICIONAL  
 APROBACIÓN  
 ADICIONAL

**NOMBRE**  
 Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

**TÍTULO DEL DIBUJO**  
**Plato expulsor retenedor - Frontal**

TAMAÑO	A	DIBUJO NÚMERO	P8_2	REV.
ESC.	1:5	METAL	AI 6051	HOJA 48 DE 49



**NOMBRE**  
Manual metodológico para el diseño de un molde de inyección de plástico de colada fría y el cálculo de los parámetros iniciales para su simulación

**TÍTULO DEL DIBUJO**

**Plato expulsor retenedor - Lateral**

DIBUJADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23  
DISEÑADO POR:  
Felipe de Jesús Rivera López 6/5/23  
APROBACIÓN  
ADICIONAL  
APROBACIÓN  
ADICIONAL

TAMAÑO	A	DIBUJO NÚMERO	P8_3	REV.
ESC.	1:5	METAL	Al 6051	HOJA 49 DE 49