



TEMPUS

MDP
2021

TEMPUS

SIMPLIFICACIÓN DE PROCESOS Y TIEMPOS DE PRODUCCIÓN CONVENCIONAL DE
PIEZAS PLÁSTICAS POR INYECCIÓN PARA LA INDUSTRIA NACIONAL, MEDIANTE
EL DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LA FABRICACIÓN ADITIVA

Ing. RAÚL FRANCISCO GIRALDO AYALA

Ing. LUIS HERNANDO MARTIN MALDONADO

DIRECTOR

CAMILO A. ANGULO, Ph.D.

UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ JORGE TADEO LOZANO

FACULTAD DE ARTES Y DISEÑO

ÁREA ACADÉMICA DE DISEÑO DE PRODUCTO

MAESTRÍA EN DISEÑO DE PRODUCTO

BOGOTÁ, D.C.

2021

Declaración de autonomía

“Declaro bajo gravedad de juramento, que he escrito el presente trabajo de grado de Maestría por mi propia cuenta, y que, por lo tanto, su contenido es original. Declaro que he indicado clara y precisamente todas las fuentes directas e indirectas de información, y que este trabajo de grado de maestría no ha sido entregado a ninguna otra institución con fines de calificación o publicación”.

Declaración de exoneración de responsabilidad

“Declaro que la responsabilidad intelectual del presente trabajo es exclusivamente de su autor. La Universidad Jorge Tadeo Lozano no se hace responsable de contenidos, opiniones o ideologías expresadas total o parcialmente en él”.



Ing. RAÚL FRANCISCO GIRALDO AYALA



Ing. LUIS HERNANDO MARTIN MALDONADO

Mayo 07 de 2021

SIMPLIFICACIÓN DE PROCESOS Y TIEMPOS DE PRODUCCIÓN
CONVENCIONAL DE PIEZAS PLÁSTICAS POR INYECCIÓN PARA LA INDUSTRIA
NACIONAL, MEDIANTE EL DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LA FABRICACIÓN
ADITIVA

Ing. RAÚL FRANCISCO GIRALDO AYALA

Ing. LUIS HERNANDO MARTIN MALDONADO

DIRECTOR TRABAJO DE GRADO

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized 'C' followed by 'A.' and a horizontal line underneath.

Camilo A. Angulo, Ph.D

MAYO DE 2021

BOGOTÁ D.C.

MAESTRÍA EN DISEÑO DE PRODUCTO

CAMPOS DE DISEÑO: Diseño, sostenibilidad y tecnología.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Diseño, técnica, tecnología y gestión.

MODALIDAD MAESTRIA: Investigación aplicada.

Entendida como un proyecto de grado que genera conocimientos tecnológicos alrededor de una aplicación práctica en el sector productivo de inyección de piezas plásticas, con el objetivo de solucionar los problemas de tiempos y costos que tiene la producción convencional. Se ciñen a una metodología de simulación establecida, que garantiza coherencia en la solución del problema.

Palabras clave:

Moldes Inyección de plásticos, Manufactura aditiva, Resina fotocurable, Modelación 3D, Software Simulación.

Tabla de Contenido

| | | |
|----------|--|----|
| 1. | Introducción | 19 |
| 1.1. | Presentación del Proyecto | 19 |
| 2. | Planteamiento del Problema | 21 |
| 2.1. | Pregunta de investigación: | 22 |
| 2.2. | Objetivos | 22 |
| 2.2.1. | Objetivo general | 22 |
| 2.2.2. | Objetivos específicos | 22 |
| 2.3. | Justificación | 23 |
| 2.4. | Metodología | 25 |
| 2.5. | Límites | 28 |
| 3. | Marco Teórico..... | 29 |
| 3.1. | Desarrollo de nuevos productos | 29 |
| 3.2. | Enfoques de la tecnología | 32 |
| 3.3. | Desarrollo de moldes de inyección bajo el método convencional..... | 33 |
| 3.4. | Implementación de recursos en cuanto a los costos | 36 |
| 3.5. | Implementación de recursos en cuanto a los tiempos..... | 37 |
| 3.6. | Inyección de plásticos | 39 |
| 3.7. | Prefactibilidad de modelos y modelización..... | 41 |
| 3.8. | Modelo Diseño Industrial de Piezas Plásticas | 41 |
| 3.9. | Modelo Diseño Técnico de Piezas Plásticas | 43 |
| 3.10. | Manufactura aditiva | 46 |
| 3.11. | Resina fotocurable..... | 49 |
| 3.12. | Moldes de Inyección en Resina Fotocurable..... | 50 |
| 3.13. | Simulaciones digitales..... | 53 |
| 4. | Desarrollo del Proyecto..... | 55 |
| 4.1. | Fase para EXPLORAR | 55 |
| 4.1.1. | Caracterización de la forma en la pieza plástica..... | 55 |
| 4.2. | Fase para DEFINIR..... | 60 |
| 4.2.1. | Diseño técnico de la pieza plástica | 60 |
| 4.2.1.1. | Identificación de componentes que interactúan con las piezas | 60 |
| 4.2.1.2. | Sistema de ensamble..... | 60 |
| 4.2.1.3. | Ángulos de salida..... | 65 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| 4.2.1.4. | Líneas de partición..... | 67 |
| 4.2.1.5. | Ubicación del Punto de inyección..... | 70 |
| 4.2.1.6. | Evaluación estética de Diseño Técnico..... | 72 |
| 4.2.1.7. | Generación de planos y prototipos..... | 73 |
| 4.2.2. | Diseño Técnico de Moldes Convencionales..... | 77 |
| 4.2.2.1. | Placa fija en Moldes Convencionales | 77 |
| 4.2.2.2. | Elementos móviles en Moldes Convencionales..... | 78 |
| 4.2.2.3. | Definición puntos de inyección y Colada en Moldes Convencionales | 88 |
| 4.2.2.4. | Sistema de Guiado, Alineación y Centrado en Moldes Convencionales | 91 |
| 4.2.2.5. | Sistema de Refrigeración en Moldes Convencionales | 93 |
| 4.2.2.6. | Sistema de Expulsión en Moldes Convencionales..... | 95 |
| 4.2.2.7. | Ajuste y terminado en Moldes Convencionales..... | 98 |
| 4.2.2.8. | Tiempos Diseño y desarrollo en Moldes Convencionales | 99 |
| 4.2.2.9. | Peso Total de Moldes Convencionales | 102 |
| 4.2.2.10. | Costos de Desarrollo de Moldes Convencionales | 103 |
| 4.2.2.11. | Costos de Pieza en Moldes Convencionales..... | 103 |
| 4.2.3. | Diseño de Moldes TEMPUS en Resina Fotocurable..... | 104 |
| 4.2.3.1. | Dimensionamiento Moldes TEMPUS | 107 |
| 4.2.3.2. | Placa fija Molde TEMPUS | 109 |
| 4.2.3.3. | Elementos móviles Molde TEMPUS..... | 110 |
| 4.2.3.4. | Bloque expulsor Molde TEMPUS | 114 |
| 4.2.3.5. | Bloque de núcleos Molde TEMPUS..... | 115 |
| 4.2.3.6. | Conjunto Expulsor Molde TEMPUS | 117 |
| 4.2.3.7. | Circuito Refrigeración Molde TEMPUS | 120 |
| 4.2.3.8. | Tiempos Diseño y desarrollo Moldes en Resina – TEMPUS | 124 |
| 4.2.3.9. | Simulación Impresión de Moldes en Resina TEMPUS | 124 |
| 4.2.3.10. | Peso Total de Moldes TEMPUS | 128 |
| 4.2.3.11. | Costos de Desarrollo de Moldes TEMPUS | 128 |
| 4.2.3.12. | Costos de Pieza en Molde TEMPUS | 129 |
| 4.2.4. | Simulación CAE de Inyección | 130 |
| 4.2.4.1. | Parámetros generales de simulación | 130 |
| 4.2.4.2. | Generación de Malla CAE para Simulación de Hombrera | 131 |
| 4.2.4.3. | Generación de Malla CAE para Simulación de Tapa | 133 |
| 4.2.4.4. | Simulación de Molde Hombrera – Convencional..... | 135 |
| 4.2.4.5. | Simulación de Molde Tapa – Convencional..... | 154 |
| 4.2.4.6. | Simulación de Molde Hombrera - TEMPUS..... | 174 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 4.2.4.7. | Simulación de Molde Tapa - TEMPUS | 192 |
| 4.3. | Fase para Fabricar | 209 |
| 4.3.1. | Diseño CAD | 209 |
| 4.3.2. | Diseño Molde TEMPUS..... | 210 |
| 4.3.3. | Impresión Molde TEMPUS..... | 210 |
| 4.3.4. | Montaje de Molde TEMPUS | 211 |
| 4.3.5. | Inyección de Piezas Plásticas - TEMPUS | 211 |
| 4.3.6. | Durabilidad de Molde - TEMPUS..... | 212 |
| 5. | Análisis | 213 |
| 5.1. | Comparativo Tiempos de desarrollo de Molde Convencional Vs TEMPUS | 213 |
| 5.2. | Comparativo de Costo de Molde Convencional Vs TEMPUS..... | 214 |
| 5.3. | Comparativo de Lote de piezas Molde Convencional Vs TEMPUS..... | 215 |
| 5.4. | Comparativo de Costos de Pieza Molde Convencional Vs TEMPUS | 216 |
| 5.5. | Comparativo de Peso Total de Molde Convencional Vs TEMPUS | 217 |
| 5.6. | Comparativo del Volumen Total de Molde Convencional Vs TEMPUS..... | 218 |
| 5.7. | Comparativo de Fuerza de Cierre Molde Convencional Vs TEMPUS | 219 |
| 5.8. | Comparativo de Presión de Sostenimiento Molde Convencional Vs TEMPUS | 220 |
| 5.9. | Comparativo Tiempo de Ciclo Molde Convencional Vs TEMPUS..... | 221 |
| 5.10. | Comparativo Tiempos de Fabricación de Pieza Plástica en Molde Convencional Vs TEMPUS.. | 222 |
| 6. | Conclusiones..... | 223 |
| 7. | Referencias..... | 232 |
| 8. | Anexos | 235 |

Índice de tablas

| | |
|--|-----|
| Tabla 1 Propiedades ABS Digital | 49 |
| Tabla 2 Aceros Para Moldes de Inyección..... | 86 |
| Tabla 3 Tiempo desarrollo de molde convencional | 100 |
| Tabla 4 Peso Bruto Moldes Convencionales | 102 |
| Tabla 5 Costos desarrollo de Moldes Hombarrera y Tapa Convencionales | 103 |
| Tabla 6 Costos de Pieza Hombarrera y Tapa en Molde Convencional | 104 |
| Tabla 7 Tiempos de Diseño y Desarrollo Moldes TEMPUS | 124 |
| Tabla 8 Tiempo de Impresión Molde Hombarrera TEMPUS - Simulación | 127 |
| Tabla 9 Tiempo de Impresión Molde Tapa TEMPUS - Simulación..... | 127 |
| Tabla 10 Peso Bruto Moldes TEMPUS | 128 |
| Tabla 11 Costos desarrollo de moldes Hombarrera y Tapa TEMPUS..... | 128 |
| Tabla 12 Costos de Pieza Hombarrera y Tapa en Molde TEMPUS | 129 |
| Tabla 13 Tiempo Desarrollo de Molde Convencional Vs TEMPUS | 213 |
| Tabla 14 Costos de Molde Convencional Vs TEMPUS | 214 |
| Tabla 15 Tamaño Base de Cálculo para Pieza Plástica de Molde Convencional Vs TEMPUS | 215 |
| Tabla 16 Costos de Pieza Plástica de Molde Convencional Vs TEMPUS | 216 |
| Tabla 17 Peso Bruto Moldes Convencionales Vs TEMPUS | 217 |
| Tabla 18 Volumen Total de Molde Convencional Vs TEMPUS..... | 218 |
| Tabla 19 Fuerza de Cierre Molde Convencional Vs TEMPUS | 219 |
| Tabla 20 Presión de sostenimiento Molde Convencional Vs TEMPUS | 220 |
| Tabla 21 Tiempos de Ciclo de Inyección Molde Convencional Vs TEMPUS | 221 |
| Tabla 22 Tiempo de Fabricación de Pieza Plástica en Molde Convencional Vs TEMPUS | 222 |

Índice de figuras

| | |
|---|-----|
| Figura 1 Piezas fabricadas por inyección de plástico. | 24 |
| Figura 2 Fases del Proyecto Tempus | 27 |
| Figura 3 Fabricación aditiva en el proyecto de diseño. | 31 |
| Figura 4 Proceso Diseño de forma en desarrollo de productos..... | 32 |
| Figura 5 Corte Lateral Molde de Inyección para Tapa plástica de la Industria Cosmética. | 34 |
| Figura 6 Molde para tapa de fragancia de ocho cavidades. | 37 |
| Figura 7 Ciclo de Inyección..... | 40 |
| Figura 8 Ciclo de Inyección..... | 42 |
| Figura 9 Prefactibilidad Técnica de un Diseño Industrial | 43 |
| Figura 10 Diseño Técnico de Componente Para la Industria Cosmética..... | 44a |
| Figura 11 Especificaciones de un Componente Para la Industria Cosmética | 45 |
| Figura 12 Molde de inyección impreso en 3D - Diafragma Stratasys Objet350 | 47 |
| Figura 13 Flujo de Trabajo | 48 |
| Figura 14 Cavidades de un componente plástico..... | 50 |
| Figura 15 Molde de cuchara para helado 6 Cavidades. | 52 |
| Figura 16 Análisis de Inyección de un Componente | 54 |
| Figura 17 Bocetos a Mano Alzada. Alternativa 1 y 2..... | 55 |
| Figura 18 Brief Técnico para caracterización de forma..... | 56 |
| Figura 19 Volumetría Ruta a Desarrollar | 57 |
| Figura 20 Render Concepto 3D de Tapa y Hombrera para Fragancia..... | 57 |
| Figura 21 Geometría Final de Frasco para Fragancia..... | 60 |
| Figura 22 Ensamble Hombrera – Frasco Fragancia..... | 61 |
| Figura 23 Ensamble Tapa - Hombrera Fragancia..... | 62 |
| Figura 24 Detalle Pellizco en Hombrera y Tapa de Fragancia 1 | 63 |
| Figura 25 Detalle Pellizco en Hombrera y Tapa de Fragancia 1 | 64 |

| | |
|---|----|
| Figura 26 Alivios de Flexión en componentes Plásticos | 65 |
| Figura 27 Ángulos de salida | 66 |
| Figura 28 Análisis de desmoldeo..... | 67 |
| Figura 29 Líneas de Partición Hombrera – Tapa | 68 |
| Figura 30 Líneas de Partición Hombrera – Tapa..... | 69 |
| Figura 31 Efecto Diesel en una Pieza Plástica..... | 70 |
| Figura 32 Punto de Inyección Hombrera – Tapa..... | 71 |
| Figura 33 Comparativo Hombrera – Tapa (Idea – Diseño Técnico) | 72 |
| Figura 34 Comparativo Hombrera – Tapa (Idea – Diseño Técnico) Corte Isométrico..... | 73 |
| Figura 35 Prototipo Impreso 3D Hombrera – Tapa..... | 74 |
| Figura 36 Plano Detalles Constructivos Hombrera | 75 |
| Figura 37 Plano Detalles Constructivos Tapa..... | 76 |
| Figura 38 Parte Fija de Moldes Tapa - Hombrera | 78 |
| Figura 39 Parte móvil de Moldes Tapa - Hombrera | 79 |
| Figura 40 Moldes Tapa – Hombrera..... | 80 |
| Figura 41 Parte móvil de Moldes Tapa - Hombrera | 81 |
| Figura 42 Cavidades de Moldes Tapa - Hombrera | 82 |
| Figura 43 Mecanizados Convencionales para Manufactura de Moldes..... | 83 |
| Figura 44 Porta Moldes Estándar Tapa - Hombrera | 84 |
| Figura 45 Porta Moldes Estándar Tapa - Hombrera..... | 87 |
| Figura 46 Partes Estándar Sistema de alimentación moldes Tapa – Hombrera..... | 88 |
| Figura 47 Inserto Entrada de Inyección Cavity Moldes Tapa – Hombrera..... | 89 |
| Figura 48 Canal de Alimentación Moldes Tapa – Hombrera | 91 |
| Figura 49 Partes Estándar Sistema de Guiado para moldes Tapa – Hombrera..... | 92 |
| Figura 50 Sistema de alineación y centrado en Placas Núcleo – Cavity Moldes Tapa – Hombrera..... | 93 |
| Figura 53 Sistema de Refrigeración Moldes Tapa - Hombrera | 95 |
| Figura 51 Sistema de Elementos Móviles en Molde de Hombrera..... | 96 |

| | |
|--|-----|
| Figura 52 Sistema de Expulsor Oblicuo en Molde de Hombrera | 97 |
| Figura 54 Sistema de Expulsión Moldes Tapa - Hombrera..... | 98 |
| Figura 55 Pruebas en Máquina Inyectora de Moldes Tapa - Hombrera | 99 |
| Figura 56 Moldes de Hombrera y Tapa - TEMPUS | 105 |
| Figura 57 Ideas de Color y Forma en Tapa – Hombrera para Fragancias | 106 |
| Figura 58 Moldes de Hombrera y Tapa TEMPUS – Vista Explosionada | 107 |
| Figura 59 Dimensiones Ancho – Largo para Moldes TEMPUS | 108 |
| Figura 60 Placa Lado Fijo de Máquina Para Entrada de Inyección – Moldes TEMPUS | 109 |
| Figura 61 Diseño de Guías Elementos Móviles Molde Hombrera TEMPUS | 110 |
| Figura 62 Diseño de Elementos Móviles Molde Hombrera TEMPUS..... | 111 |
| Figura 63 Ensamble Bloque Ajuste Elementos Móviles Molde Hombrera TEMPUS | 112 |
| Figura 64 Detalle Primera Apertura para Elementos Móviles Molde Hombrera TEMPUS | 112 |
| Figura 65 Detalle Primera Apertura para Elementos Móviles Molde Hombrera TEMPUS | 113 |
| Figura 66 Bloque Expulsor Molde Tapa TEMPUS..... | 114 |
| Figura 67 Bloque Núcleo Intermedio Moldes Tapa - Hombrera TEMPUS | 115 |
| Figura 68 Bloque Núcleo Central Moldes Tapa - Hombrera TEMPUS | 116 |
| Figura 69 Conjunto Expulsor Moldes Tapa - Hombrera TEMPUS..... | 117 |
| Figura 70 Moldes Tapa - Hombrera TEMPUS..... | 118 |
| Figura 71 Explosión Molde Tapa TEMPUS..... | 119 |
| Figura 72 Explosión Molde Hombrera TEMPUS | 119 |
| Figura 73 Simulación CAE de una refrigeración convencional y una refrigeración conformada por inserto | 121 |
| Figura 74 Circuito de Refrigeración Molde Hombrera TEMPUS | 122 |
| Figura 75 Circuito de Refrigeración Molde Hombrera TEMPUS | 122 |
| Figura 76 Circuito de Refrigeración Molde Hombrera TEMPUS | 123 |
| Figura 77 Máquinas de Fabricación Aditiva en Resina Fotocurable | 125 |
| Figura 78 Figura 70. Simulación impresión de Bloque Fijo Cavidad Molde TEMPUS | 126 |
| Figura 79 Malla Paramétrica de Pieza Hombrera para Simulación CAE | 131 |

| | |
|--|-----|
| Figura 80 Densidad de Malla en tetraedros 3d de Hombrera, definida para Simulación CAE..... | 132 |
| Figura 81 Malla Paramétrica de Pieza Tapa para Simulación CAE | 133 |
| Figura 82 Densidad de Malla en tetraedros 3d de Tapa, definida para Simulación CAE..... | 134 |
| Figura 83 Molde de Hombrera convencional 4 cavidades, parametrizado para Simulación CAE | 135 |
| Figura 84 Malla de Cavidad y Colada en Molde de Hombrera - Convencional..... | 136 |
| Figura 85 Malla de cuerpo y canales de refrigeración en Molde de Hombrera - Convencional..... | 136 |
| Figura 86 Tiempo de llenado Molde de Hombrera – Convencional. Isométrico..... | 137 |
| Figura 87 Tiempo de llenado por cavidades Molde de Hombrera – Convencional. Vista Superior..... | 138 |
| Figura 88 Tiempo de llenado en cavidad 3 Molde de Hombrera – Convencional..... | 139 |
| Figura 89 Fuerza de Cierre para Molde de Hombrera – Convencional. | 140 |
| Figura 90 Presión de inyección para Molde Hombrera – Convencional. | 141 |
| Figura 91 Temperatura de plástico en la cavidad de Molde Hombrera – Convencional. Vista Isométrica Superior..... | 142 |
| Figura 92 Temperatura de plástico en la cavidad de Molde Hombrera – Convencional. Vista Isométrica Inferior | 143 |
| Figura 93 Tiempo para Expulsión de Cavidades y Colada en Molde Hombrera – Convencional..... | 144 |
| Figura 94 Tiempo para Expulsión de Colada en Molde Hombrera – Convencional. | 145 |
| Figura 95 Tiempo para Expulsión de Cavidades en Molde Hombrera – Convencional..... | 146 |
| Figura 96 Deformación de Cavidades en Molde Hombrera – Convencional. | 147 |
| Figura 97 Deformación de Cavidades en Molde Hombrera – Convencional. | 148 |
| Figura 98 Contracción Volumétrica de Cavidades en Molde Hombrera – Convencional..... | 149 |
| Figura 99 Atrapamientos de Aire en Cavidades en Molde Hombrera – Convencional. | 150 |
| Figura 100 Líneas de Flujo en Cavidades en Molde Hombrera – Convencional. | 151 |
| Figura 101 Temperatura Media de Molde Hombrera – Convencional..... | 152 |
| Figura 102 Peso de Pieza en Molde Hombrera – Convencional..... | 153 |
| Figura 103 Molde de Tapa convencional 4 cavidades, parametrizado para Simulación CAE | 154 |
| Figura 104 Malla de Cavidad y Colada en Molde de Tapa - Convencional..... | 155 |
| Figura 105 Malla de cuerpo y canales de refrigeración en Molde de Tapa - Convencional..... | 156 |
| Figura 106 Tiempo de llenado Molde de Tapa – Convencional. Isométrico..... | 157 |

| | |
|---|-----|
| Figura 107 Tiempo de llenado por cavidades Molde de Tapa – Convencional..... | 158 |
| Figura 108 Tiempo de llenado en cavidad 3 Molde de Tapa – Convencional..... | 159 |
| Figura 109 Fuerza de Cierre para Molde de Tapa – Convencional. | 160 |
| Figura 110 Presión de inyección para Molde Tapa – Convencional. | 161 |
| Figura 111 Temperatura de plástico en la cavidad de Molde Tapa – Convencional. Vista Isométrica Superior..... | 162 |
| Figura 112 Temperatura de plástico en la cavidad de Molde Tapa – Convencional. Vista Isométrica Inferior | 163 |
| Figura 113 Tiempo para Expulsión de Cavidades y Colada en Molde Tapa – Convencional..... | 164 |
| Figura 114 Tiempo para Expulsión de Colada en Molde Tapa – Convencional. | 165 |
| Figura 115 Tiempo para Expulsión de Cavidades en Molde Tapa – Convencional..... | 166 |
| Figura 116 Deformación de Cavidades en Molde Tapa – Convencional. | 167 |
| Figura 117 Deformación de Cavidades en Molde Tapa – Convencional. | 168 |
| Figura 118 Contracción Volumétrica de Cavidades en Molde Tapa – Convencional. | 169 |
| Figura 119 Atrapamientos de Aire en Cavidades en Molde Tapa – Convencional. | 170 |
| Figura 120 Líneas de Flujo en Cavidades en Molde Tapa – Convencional..... | 171 |
| Figura 121 Temperatura Media de Molde Tapa – Convencional. | 172 |
| Figura 122 Peso de Pieza en Molde Tapa – Convencional..... | 173 |
| Figura 123 Molde de Hombrera TEMPUS de 1 Cavidad, parametrizado para Simulación CAE | 174 |
| Figura 124 Malla de Cavidad y Colada en Molde de Tapa - TEMPUS | 175 |
| Figura 125 Tiempo de llenado Molde de Hombrera – TEMPUS. Isométrico. | 176 |
| Figura 126 Tiempo de llenado Molde de Hombrera – TEMPUS. Vista Principales | 177 |
| Figura 127 Tiempo de llenado Molde de Hombrera – TEMPUS. Vista Isométrica Inferior..... | 178 |
| Figura 128 Fuerza de Cierre para Molde de Hombrera – TEMPUS. | 179 |
| Figura 129 Presión de Sostenimiento para Molde Hombrera – TEMPUS. | 180 |
| Figura 130 Temperatura de plástico en la cavidad de Molde Hombrera – TEMPUS. Vista Isométrica Superior.... | 181 |
| Figura 131 Temperatura de plástico en la cavidad de Molde Hombrera – TEMPUS. Vista Isométrica Inferior | 182 |
| Figura 132 Tiempo para Expulsión de Cavidades y Colada en Molde Hombrera – TEMPUS. | 183 |
| Figura 133 Tiempo para Expulsión de Colada en Molde Hombrera – TEMPUS..... | 184 |

| | |
|--|-----|
| Figura 134 Deformación de Cavidades en Molde Hombreira – TEMPUS..... | 185 |
| Figura 135 Deformación de Cavidades en Molde Hombreira – TEMPUS..... | 186 |
| Figura 136 Contracción Volumétrica de Cavidades en Molde Hombreira – TEMPUS. | 187 |
| Figura 137 Atrapamientos de Aire en Cavidades en Molde Hombreira – TEMPUS. | 188 |
| Figura 138 Líneas de Flujo en Cavidades en Molde Hombreira – TEMPUS..... | 189 |
| Figura 139 Temperatura Media de Molde Hombreira – TEMPUS. | 190 |
| Figura 140 Peso de Pieza en Molde Hombreira – TEMPUS..... | 191 |
| Figura 141 Molde de Tapa TEMPUS de 1 Cavity, parametrizado para Simulación CAE | 192 |
| Figura 142 Malla de Cavity y Colada en Molde de Tapa - TEMPUS | 193 |
| Figura 143 Tiempo de llenado Molde de Tapa – TEMPUS. Isométrico. | 194 |
| Figura 144 Tiempo de llenado Molde de Tapa – TEMPUS. Vista Principales | 195 |
| Figura 145 Tiempo de llenado Molde de Tapa – TEMPUS. Vista Isométrica Inferior..... | 196 |
| Figura 146 Fuerza de Cierre para Molde de Tapa – TEMPUS..... | 197 |
| Figura 147 Presión de Sostenimiento para Molde Tapa – TEMPUS. | 198 |
| Figura 148 Temperatura de plástico en la cavity de Molde Tapa – TEMPUS. Vista Isométrica Superior..... | 199 |
| Figura 149 Temperatura de plástico en la cavity de Molde Tapa – TEMPUS. Vista Isométrica Inferior | 200 |
| Figura 150 Tiempo para Expulsión de Cavity y Colada en Molde Tapa – TEMPUS. | 201 |
| Figura 151 Deformación de Cavidades en Molde Tapa – TEMPUS..... | 202 |
| Figura 152 Deformación de Cavidades en Molde Tapa – TEMPUS..... | 203 |
| Figura 153 Contracción Volumétrica de Cavidades en Molde Tapa – TEMPUS. | 204 |
| Figura 154 Atrapamientos de Aire en Cavidades en Molde Tapa – TEMPUS..... | 205 |
| Figura 155 Líneas de Flujo en Cavidades en Molde Tapa – TEMPUS. | 206 |
| Figura 156 Temperatura Media de Molde Tapa – TEMPUS..... | 207 |
| Figura 157 Peso de Pieza en Molde Tapa – TEMPUS. | 208 |
| Figura 158 Tiempos y Costos Tempus vs Moldes Convencionales | 223 |
| Figura 159 TEMPUS – Moldes de inyección impresos en Resina Fotocurable | 224 |
| Figura 160 Costo y Tamaño de Lote en Tempus Vs Moldes Convencionales | 225 |

| | |
|--|-----|
| Figura 161 Diseño y Materialización de Producto | 226 |
| Figura 162 Máquinas Inyectoras | 227 |
| Figura 163 Montaje de Moldes Convencionales | 228 |
| Figura 164 TEMPUS en tus manos | 229 |
| Figura 165 Durabilidad Resina Fotocurable | 230 |
| Figura 166 Vista Brief Técnico - TEMPUS | 231 |

Tabla de Ecuaciones

| | |
|---------------------------------------|-----|
| Ecuación 1 Costo de Pieza..... | 104 |
|---------------------------------------|-----|

Tabla de Anexos

| | |
|--|-----|
| Anexo 1 Brief Técnico de Diseño | 235 |
|--|-----|

1. Introducción

1.1. Presentación del Proyecto

La industria colombiana se ve limitada cuando se enfrenta ante la necesidad de fabricar piezas plásticas por inyección en cantidades muy bajas, la fabricación convencional requiere de unos moldes muy costosos y demorados de construir con capacidad para una gran producción en serie.

Para poder fomentar este tipo de negocios, los nuevos desarrollos tecnológicos 4.0 permiten la posibilidad de explorar desarrollos, métodos y procedimientos desde técnicas de manipulación de objetos que buscan altos niveles de innovación conceptual y desarrollo de complejidades formales, lo que permite incorporar un factor diferencial en el mercado de producción en bajas cantidades, independizándose de los sistemas de producción con moldes de inyección convencionales.

Desde una integración de conocimientos de diseño industrial y de la ingeniería, el objetivo del presente estudio es implementar un pensamiento tecnológico 4.0 de la manufactura aditiva (Velásquez Costa, 2019), en los nuevos procesos de fabricación ágiles para bajas cantidades, reduciendo los tiempos y costos de producción, sin afectar el ciclo de inyección y la calidad de las piezas resultantes.

Entendiendo la manufactura aditiva de resina fotocurable como un dispositivo al servicio de la humanidad, que permite la materialización física de conceptos o ideas imaginarias que difícilmente podrían obtenerse por medio de la inyección de plásticos convencional, sigue siendo necesaria la participación del humano como organizador de aquellas actividades que permitan dar desarrollo a la materialización de conceptos mediante la adaptación de esta tecnología, pues requiere de técnica y tecnología para ello; sin embargo, permite en términos de diseño, satisfacer

los exigentes requisitos del usuario, al ver personificada y de manera tangente, su idea de diseño (Simondon, 2007).

Para lograrlo, el proyecto se realizó mediante un estudio de caso para fabricar un conjunto de piezas plásticas, la primera usada como tapa de fragancia y la segunda usada como hombrera de fragancia; así mismo, los autores se basan en su amplia experiencia en el sector de producción de la industria de cosméticos y sus capacidades para la modelización desde un marco digital con el manejo de un software para planos técnicos de piezas *SolidWorks* 2019 y las posibilidades que da la simulación CAE del proceso de inyección de plástico en software *Moldflow* 2019. También se apoyan en su experiencia para interpretar los datos cuantitativos arrojados por la simulación (tiempos y costos), que, desde un estudio de este caso particular, se espera permita vislumbrar una factibilidad de la propuesta de los modelos a partir de una adaptación tecnológica.

2. Planteamiento del Problema

En la industria nacional, específicamente en cuanto a la fabricación de piezas plásticas mediante el proceso de inyección se refiere, se hace necesario considerar el complejo proceso actual de diseñar y fabricar los moldes con los que se obtienen productos plásticos, estos moldes que son pensados para grandes volúmenes de producción suelen ser complejos, dispendiosos en tiempo y muy costosos y poco asequibles para la mediana y pequeña industria, principalmente porque su fabricación requiere implementar sistemas de manufactura por arranque de viruta (Millán Gómez, 2012) y mecanizado por descarga eléctrica (Camprubí Graell, 2007), indispensables para la transformación y mecanizado de metales que aseguren el buen desempeño de los mismos y su precisión, por consiguiente se diseñan con la clara intención de mantenerse funcionales por extensos periodos de tiempo y logrando amortizar el alto costo invertido en el molde.

De esta manera, además de considerar los tiempos extensos, tamaños de producción y los costos elevados que requiere la fabricación de moldes de inyección de plásticos, en especial en el momento de requerir alguna modificación posterior al diseño y fabricación del molde; obligan primero, a generar retro-procesos hacia la fase de conceptualización, con las consecuentes pérdidas económicas y de tiempos de producción, y segundo, están limitando el desarrollo de nuevos productos con piezas plásticas haciendo que dependa solo de aquella industria que tiene un capital suficiente que respalde ese nivel de inversión, dejando de lado la oportunidad de que medianos y pequeños empresarios con ideas innovadoras, para que desarrollen y materialicen sus productos con un costo menor de producción acorde a su capacidad económica y que a su vez, permita pequeños volúmenes de producción para otro tipo de necesidades, si se compara con el molde de inyección convencional fabricado en metal (Torreblanca Díaz, 2016). Ya que un tipo específico

de clientes necesita una tecnología más flexible, asequible, económica y con características de personalización, ya sea para el lanzamiento de nuevos productos, eventos con ediciones especiales, pruebas piloto u otras aplicaciones que requieren fabricación de tirajes cortos en el menor tiempo posible.

2.1. Pregunta de investigación:

¿Cómo se puede implementar el desarrollo técnico de la fabricación aditiva para facilitar los procesos y reducir costos de moldes de inyección de plásticos convencionales con cortos tirajes en la industria colombiana?

2.2. Objetivos

2.2.1. Objetivo general

Integrar conocimientos de diseño industrial e ingeniería, mediante el desarrollo tecnológico de la manufactura aditiva en nuevos procesos de fabricación ágiles para bajas cantidades, reduciendo los tiempos y costos de producción, sin afectar el ciclo de inyección y la calidad de las piezas resultantes.

2.2.2. Objetivos específicos

-Construir un *brief* Técnico desde la caracterización del concepto de diseño, para evaluar la factibilidad de las piezas por medio del proceso de Inyección.

- Explorar el Modelamiento 3D CAD y planos técnicos de pieza plástica de tapa y de hombrera de fragancia edición especial en software *SolidWorks*.

-Implementar la simulación CAE del proceso de inyección de plástico en software *Moldflow* para determinar un análisis de costos y tiempos desde la fabricación aditiva.

-Generar un comparativo entre la fabricación convencional de moldes para inyección de plásticos y la propuesta desde manufactura aditiva de resina fotocurable, en cuanto a tiempos y costos de fabricación.

2.3. Justificación

El uso de materiales plásticos para la fabricación de productos cobra cada día más relevancia en vista que permite obtener cualquier tipo de geometría y su aplicación en la industria es casi ilimitada; es posible encontrar productos plásticos para aplicaciones suaves como las cerdas de un cepillo dental o las cerdas de un cepillo de cabello para bebé, como productos de plástico aplicados a la industria estructural, como sillas, escritorios, tubería, entre otros. Por lo anterior, hoy se observa cómo el mundo se enfoca y esfuerza en encontrar soluciones sostenibles e inmediatas, que reduzcan el impacto ambiental generado por la creciente producción de objetos plásticos y buscar alternativas de materiales que permitan su reutilización para contribuir a mejorar el medio ambiente (Mulder, 2007).

Uno de los procesos más reconocidos dentro de la fabricación y transformación de plásticos, es el proceso de Inyección (Groover, 1997); puesto que ofrece piezas plásticas de mayor precisión dimensional y mayor resistencia mecánica, debido a que el proceso mediante la introducción forzada de un material plástico fundido a través de las cavidades de un molde, que luego es compactado; permite la caracterización de piezas complejas, para diferentes tipos de aplicaciones industriales. (Ver figura 1).

Figura 1

Piezas fabricadas por inyección de plástico.



Fuente: Collage propio creado desde diferentes fuentes internet

Si bien la aplicación de piezas inyectadas es casi infinita dentro de la industria, la fabricación de moldes de inyección se convierte en una gran limitante dentro de los procesos de innovación asociados a medianas y pequeñas industrias, principalmente porque los costos y tiempos que implica el desarrollo de moldes son muy altos, sumado a que los volúmenes de fabricación mínimos para compensar la inversión deben ser muy altos, requiriendo un capital elevado para cualquier iniciativa de inyección; con base en la experiencia que tienen los autores del presente documento en el diseño y fabricación de piezas plásticas, estos costos pueden variar entre los us\$10.000 hasta los us\$150.000 dólares americanos con tiempos no menores a los 150 días para su desarrollo y puesta en funcionamiento.

La presente tesis de maestría expone las ventajas y oportunidades que se evidencian en la fabricación de moldes mediante tecnologías de manufactura aditiva de resina fotocurable, permitiendo una reducción significativa en los costos y tiempos de ejecución durante la

construcción de moldes para inyección de plásticos, los cuales permiten obtener tirajes de producción cortos y a bajo costo, incluso comprobaciones estéticas que son retadas en el mercado, sin afectar el ciclo de inyección y la calidad de las piezas resultantes.

Se necesita innovar en la producción de moldes, de manera que cualquier iniciativa donde se contemple el uso de piezas plásticas en la pequeña industria Colombiana, le permita una implementación acorde al capital disponible para desarrollo de nuevos productos; es necesario desarrollar moldes de inyección que se realicen de manera rápida y a bajo costo, que permita tiempos cortos y lotes pequeños de fabricación, dando una oportunidad a la pequeña industria para invertir en su desarrollo y ofrecer productos personalizados.

2.4. Metodología

El presente trabajo de grado es de tipo Descriptivo con un enfoque Cuantitativo, puesto que no existe referencia bibliográfica robusta que evidencie la implementación de moldes de resina fotocurable en la pequeña industria colombiana. Se realiza un análisis de la situación actual para describir el proceso que sigue el técnico para la fabricación de piezas plásticas por medio de inyección y se plantea una propuesta que optimiza el proceso actual, mediante la implementación de Moldes de inyección de plásticos fabricados a través de la manufactura aditiva de resina fotocurable. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2004).

Se definieron tres fases (i) Explorar, (ii) Definir y (iii) Fabricar, para describir el proceso actual que sigue para el diseño técnico y fabricación de piezas plásticas por medio de Inyección, las cuales se describen a continuación:

i. Fase para Explorar

Centra su objetivo en reconocer y caracterizar la pieza que se desea fabricar por medio de inyección de plástico, por lo anterior, se parte de la premisa, que ya se cuenta con una forma

definida para la pieza, es decir que el diseño de concepto o forma ya fue previamente desarrollado como ejercicio de Diseño Industrial y no hace parte de este trabajo de grado.

A través de un dialogo con el cliente, se conoce la forma de la pieza que se desea fabricar, ya sea a través de una geometría física o una representación gráfica de la misma, permitiendo su caracterización preliminar a nivel dimensional, funcional y estético, así como particularidades de la misma que se desean obtener en la pieza inyectada como por ejemplo impresiones posteriores, textos en alto o bajo relieve y otras posibles consideraciones.

ii. Fase para Definir

En este momento inicia el Diseño técnico que consiste en modelar y parametrizar la pieza por medio del *Software CAD SolidWorks 2019*, incluyendo con minucia las dimensiones detalladas de la pieza y se construyen los diferentes elementos mecánicos necesarios para lograr su funcional; entre ellos se encuentran nervios o nervaduras, anillos de refuerzo, ángulos de desmoldeo, entre otros.

Una vez se define con detalle la pieza, se generan planos técnicos e inicia el diseño respectivo del molde de Inyección, el cual puede variar su complejidad dependiendo de las características de la pieza y necesidades de la misma.

Como actividad complementaria para evaluar el diseño de la pieza y molde de inyección, se usó el *Software de Simulación Computacional Autodesk Moldflow Insight 2019*, con el cual se simulo el proceso de inyección de plástico para cada una de las piezas desarrolladas con su respectivo molde de inyección, permitiendo apreciar de manera virtual los posibles defectos que se podrían obtener en la misma y evaluar si generan impacto en la funcionalidad o estética de la pieza.

Con la información obtenida de la simulación computacional, se realizó una comparación entre los resultados obtenidos al usar moldes convencionales y los Moldes TEMPUS propuestos en este trabajo de grado, entendidas como las fases del Desarrollo.

iii. Fase para Fabricar

Esta fase comprende la fabricación del molde de inyección y el proceso productivo y logístico para iniciar la producción de las piezas inyectadas, sin embargo, no se considera dentro del alcance de este proyecto y queda sujeta a su desarrollo por parte de los autores, como iniciativa de emprendimiento en una fase prospectiva (Ver figura 2).

Figura 2

Fases del Proyecto Tempus

| FASE | ALCANCE DEL PROYECTO FASES DEL DESARROLLO | | | | | | | EMPENDIMIENTO FASE PROSPECTIVA | |
|---------------------|---|---------------------|---------------------------|--|---------------------------------|--|--|--|---|
| | EXPLORAR | | | DEFINIR | | | | FABRICAR | |
| OBJETIVO | Identificar las características de la pieza a fabricar por medio de inyección de plásticos | | | Desarrollo técnico de la pieza para facilitar su fabricación y diseño de Molde | | | | Fabricación de molde en resina e inyección de piezas | |
| ETAPAS | Comprender la forma | Caracterizar el uso | Reconocer características | Parametrizar bocetos o prototipos | Modelar 3D (Molde de Inyección) | Análisis por Simulación computacional | Comparar Molde Convencional Vs Molde en Resina | Impresión de Molde en resina | - Inyección lote de piezas - Despacho y entrega |
| ACTORES | Ingeniero, Cliente y Usuario final (si aplica). | | | Ingeniero | | Ingeniero | | Ingeniero | Ingeniero, Cliente |
| HERRAMIENTAS | - Dialogo con el cliente y/o usuario - Boceto, prototipo o pieza referencial - Formulario de características preliminares | | | Software CAD | | - Software CAE - Proveedores de Moldes e Inyección de plásticos | | Impresora 3D Resina UV | - Máquina Inyectora - Molde impreso en resina UV |
| ENTREGABLES | Brief Técnico: (Boceto o Protótipo) -Forma y acabados estéticos de la pieza -Tamaño de lote (Cantidad) - Aplicación o uso de la pieza - Especificaciones preliminares de la pieza | | | - Pieza plástica modelada en 3D - Planos técnicos de pieza - Molde de Inyección modelado en 3D - Prototipo de pieza en Impresión 3D | | Tiempos y costos de fabricación (Molde y Lote de Piezas) | | Prototipo de Molde en impresión 3D | |

Fuente: Autores. 2021.

2.5. Límites

Ya que el proyecto propone abordar el estudio del desarrollo de producto desde un proceso de manufactura aditiva de resina fotocurable, para evaluar así una simulación de molde de inyección de plásticos; se tomó como referencia la experiencia de los autores en el diseño y desarrollo de piezas plásticas para envases de productos cosméticos y se ejemplifica el proceso a manera de caso de estudio, desde el desarrollo de una pieza plástica usada como tapa de fragancia y otra pieza plástica usada como hombrera de fragancia.

Para tal efecto, se propone el desarrollo de los siguientes entregables: modelamiento 3d CAD y planos técnicos de las piezas en *Software SolidWorks 2019*, simulación CAE del proceso de inyección de plástico en *Software Moldflow 2019*, análisis de tiempos y costos de producción en la fabricación de moldes para la inyección de pieza plástica usada como tapa y hombrera de fragancia, al implementar la manufactura aditiva de resinas.

3. Marco Teórico

Para la fundamentación conceptual del proyecto y la identificación de la oportunidad de diseño, se determina el siguiente marco de fundamentos conceptuales y antecedentes técnico-productivos, como los pilares que permiten entender algunos conceptos que aquí se mencionan.

3.1. Desarrollo de nuevos productos

Se pueden considerar como productos tangibles o intangibles, las ideas, bienes, servicios, lugares, organizaciones o personas, con valor específico para alguien, ya que satisfacen una necesidad, un deseo o proporcionan un beneficio, y las empresas están dispuestas a ofrecerlos o fabricarlos con la finalidad de lograr un intercambio comercial (Kirberg, 2005). Ahora, se puede considerar un producto original aquellos que tienen mejoras o modificaciones alcanzadas a través de actividades de investigación y desarrollo, que para los clientes se traducen en adiciones significativas con algún nivel de innovación en cuanto a técnica, diseño y manufactura, administración o comercialización, que interpretan las tendencias o evoluciones, rompiendo paradigmas por ejemplo en la implementación de tecnologías que años antes eran inalcanzables (Resano, 2013).

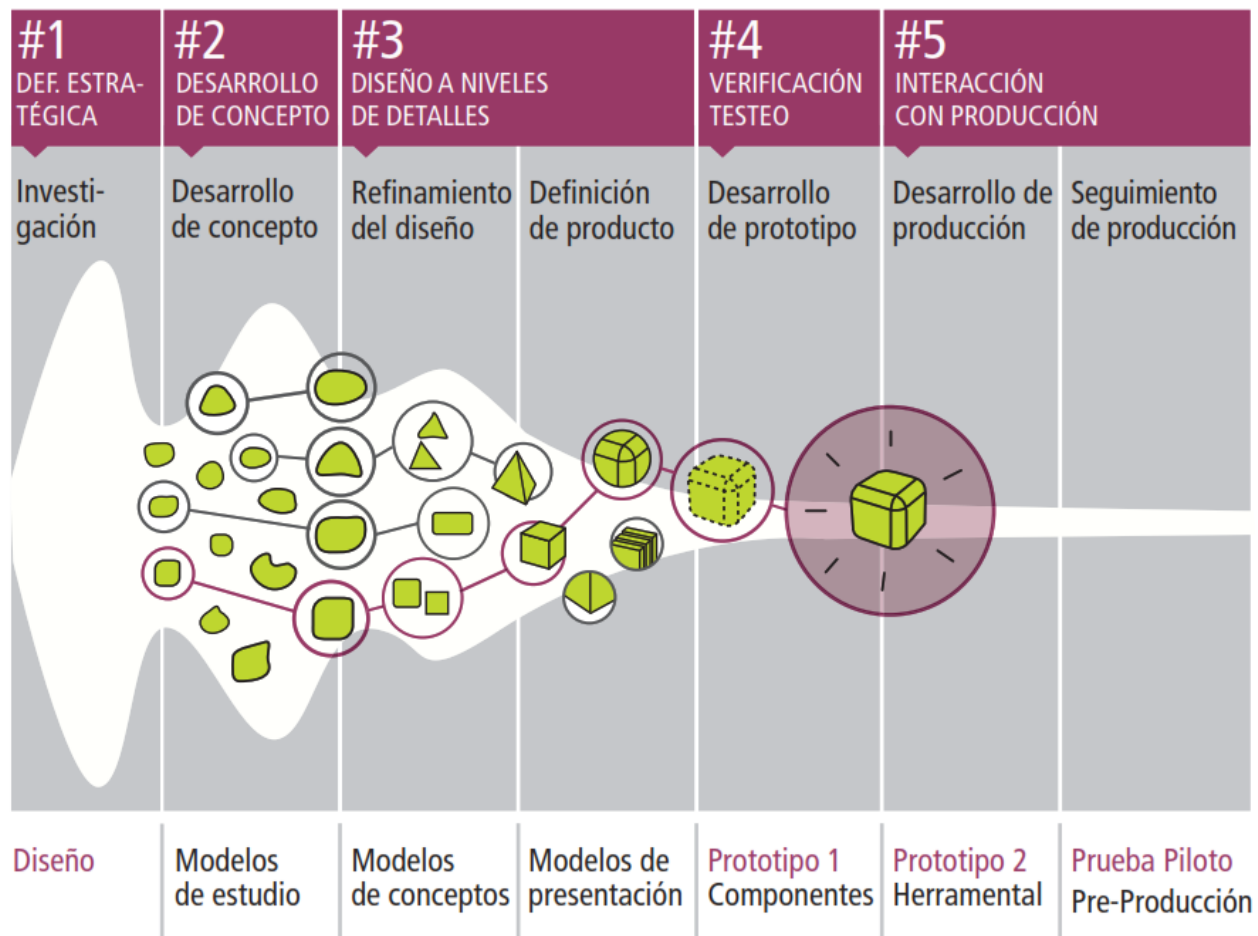
Pero en todos los casos, la creación y desarrollo son procesos que manejan matrices y metodologías que buscan hacer factible el producto para un mercado específico, con una serie de pruebas, análisis técnicos y económicos que buscan anticiparse a errores o factores que amenacen el éxito del lanzamiento del nuevo producto, desde el planteamiento de soluciones que aumentan las posibilidades de éxito (Serrano Ortega & Blázquez Ceballos, 2015). Este tipo de herramientas metodológicas permite el desempeño de la visión de cada empresa para que sean sostenibles y genere un desarrollo dinámico de productos enfatizando en la etapa de conceptualización de producto como intercambio de experiencias y conocimientos de áreas multidisciplinarias y

alineación de la función y la forma concebida después de atravesar aquellos puntos de inflexión para proponer eso que finalmente será tangible.

Desde el pensamiento particular del diseño que permite conceptualizar estos productos (Buchanan, 2001), (Krippendorff, 2007), se propone el *Ejercicio Proyectual* como unas etapas que inician con unos requerimientos desde la oportunidad y la información suministrada por un proceso de investigación (empatizar), continúa con la ideación donde se visualizan los principios formales de una imagen mental (definir), por medio de varios modos de lenguajes en función de aclarar un concepto desde una serie de toma de decisiones de configuración tanto 2D como 3D (prototipar) (Angulo, 2019), matizada con una serie de simulaciones virtuales o reales (testear). Y finalmente una etapa de producción donde un ordenamiento de acciones técnico-operativas permiten ir prototipando la idea en la medida que se reducen los aspectos generales y se llena de detalles para su fabricación (Nemcansky, et al., 2017).

Figura 3

Fabricación aditiva en el proyecto de diseño.



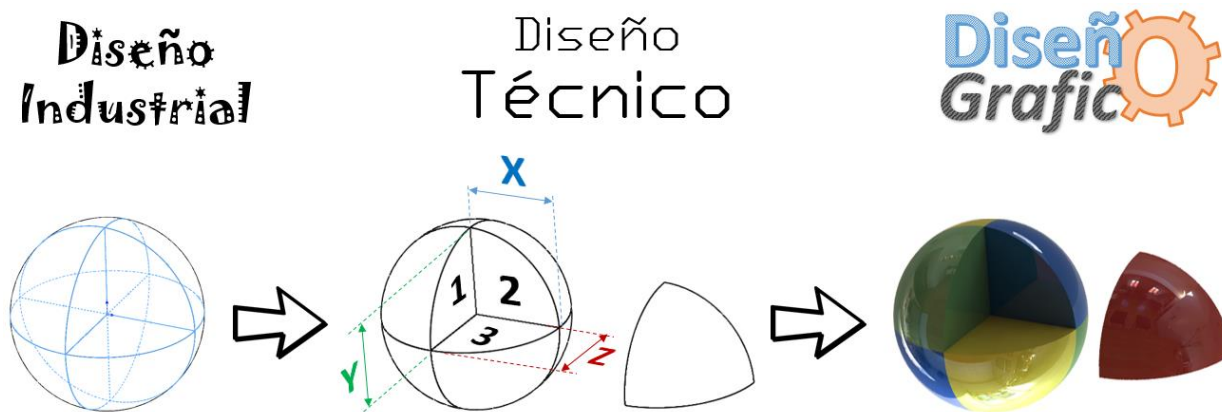
Fuente: Manual básico FDM i3D. Centro de Diseño Industrial de INT, año 2017

En específico para el interés de este trabajo, dentro del proceso conceptual de diseño de productos cosméticos implementado por los autores en las diferentes industrias donde han laborado, se utiliza la asesoría de expertos internacionales en la metodología *Desing Thinking* (Serrano Ortega & Blázquez Ceballos, 2015), y se hace un especial énfasis en la necesidad de generar geometrías que identifiquen y personifiquen los productos, formas que generen valor y que visualmente transmitan al usuario la identidad del producto, sin mencionar la función que

dentro del producto pueda tener la pieza plástica, ya sea de seguridad, de protección, de adorno o como parte de la funcionalidad.

Figura 4

Proceso Diseño de forma en desarrollo de productos.



Fuente: Autores, año 2021

3.2. Enfoques de la tecnología

Según Miguel Quintanilla (Quintanilla, 1998), las modalidades de desarrollo tecnológico está directamente relacionado con las configuraciones culturales que se presentan en un momento específico de la historia para un grupo social, lo que les brinda desde la técnica la capacidad de implementar “un conjunto habilidades y conocimientos para resolver problemas prácticos”, donde también se agrupan los métodos, procedimientos y rutinas (Osorio, 2002). Y una modalidad específica de esas técnicas son “las técnicas productivas o de transformación y manipulación de objetos concretos para producir intencionalmente otros objetos, estados de cosas y procesos”.

Ahora que, para relacionarnos con el concepto de tecnología, se presenta tres enfoques: Instrumental, cognitivo y sistémico (Osorio, 2002). El primero, el enfoque instrumental o artefactual, puede ser el más utilizado en la vida cotidiana, pero de cierta manera lo reduce a las

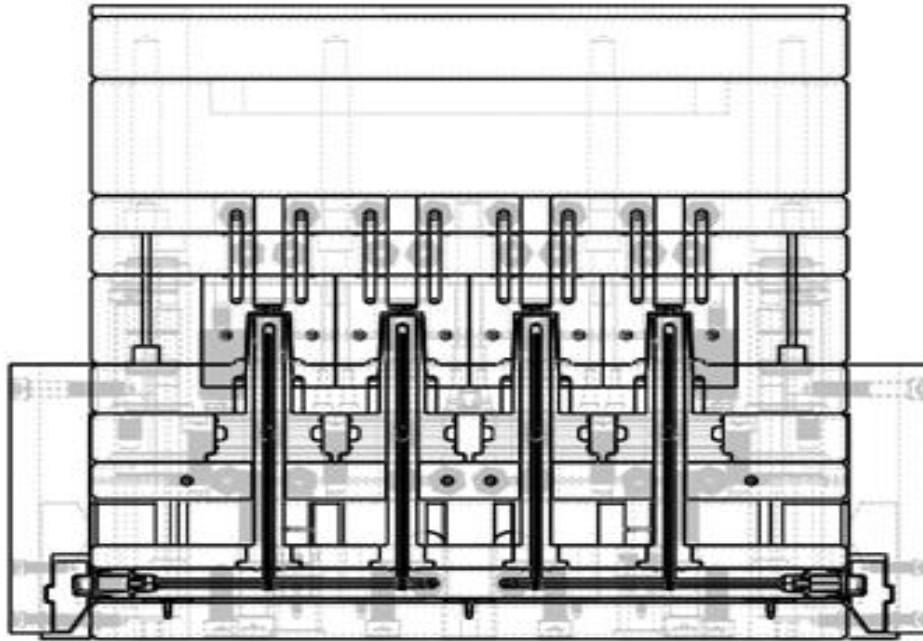
simples herramientas, como una herencia de la era de las grandes máquinas de la revolución industrial. El segundo, el enfoque cognitivo sube a un nivel fundamentado en investigación y desarrollo (Quintanilla, 1998), que incrementa su complejidad al relacionarse directamente con la automatización desde “funciones de comando, regulación, vigilancia y control de los mecanismos involucrados en un programa”, donde contrario al gigantismo del primer enfoque, propende por la miniaturización de los componentes, una rapidez extrema de los flujos, reducción de los tiempos de reacción, la precisión del comando y el uso de mínimas cantidades de energía (Séris, 1994). Por su parte el tercero, el enfoque sistémico se entiende como sistemas de acciones intencionalmente orientados a la transformación de objetos concretos, para conseguir de forma eficiente un resultado valioso (Quintanilla, 1998), en esta visión se presenta el aspecto físico, el de pensamiento, pero también el ámbito de los valores y la cultura que como unidad compleja se relaciona con los agentes involucrados, apostándole a la innovación social.

3.3. Desarrollo de moldes de inyección bajo el método convencional

Esta es una de las etapas más importantes durante el desarrollo de un proyecto que implica piezas plásticas fabricadas por inyección; ya que inciden directamente en la calidad del componente plástico y la vida útil del molde. Para ello se vuelve primordial la selección adecuada de aceros para la construcción de todas las partes que constituyen la herramienta, los aceros deben garantizar una alta resistencia al desgaste, a la corrosión y la estabilidad dimensional debido a la exposición de los cambios de temperatura en cada ciclo de producción. Se deben contemplar los tratamientos térmicos definidos para cada tipo de material ya que la fricción que se genera ciclo a ciclo durante los millones de prensadas que puede tener un molde, generan con el tiempo desgaste y deterioro, en algunos casos irreparable (Gastrow, 1990).

Figura 5

Corte Lateral Molde de Inyección para Tapa plástica de la Industria Cosmética.



Fuente: Autores, año 2017.

En la estructura del molde para inyección de termoplásticos podemos encontrar, en concordancia con lo propuesto por Gastrow (1990):

- Placas de Sujeción a máquina: Son aquellas que sujetan el molde a la placa fija de la máquina de inyección en la cual van instalados el anillo centrador y el Buje o casquillo de alimentación y su contraparte sujeta el molde en la placa móvil de la máquina de inyección al lado del sistema de expulsión.
- Placa porta cavidades: Es la encargada de alojar los insertos de la cavidad la cual formará el componente plástico, esta va unida a la placa fija lado inyección con tornillos y va guiada por medio de columnas y bujes que garantizan el desplazamiento sobre ellos.

- Placa porta machos: Generalmente en el lado de expulsión, aloja la parte inferior de los insertos de cavidad (conformación de la parte interna del componente plástico).
- Sistema de expulsión: Placa expulsora que se mantiene del lado móvil de la máquina inyectora y permite la salida del componente plástico del molde en la etapa final del ciclo de inyección.
- Placa intermedia: Es el corazón del molde y sirve de respaldo para la sujeción de los insertos machos, generalmente lleva los circuitos de refrigeración, soporta las fuerzas generadas en el proceso de inyección que proyecta el área de la cavidad.
- Placa separadora: Son aquellos bloques que forman el puente entre la placa intermedia y la placa fija lado expulsión, permiten el alojamiento de las placas expulsoras.
- Columnas guía: Son encargadas de asegurar la alineación y el centrado de las dos mitades del molde, su posición se ubica en las esquinas o bordes de las placas, estas se encuentran en constante fricción con los casquillos o bujes, a mayor vida útil del molde estos elementos deben ser reemplazados cada 250.000 ciclos de inyección y presentan algunas características como insertos o lunares de grafito que permiten auto lubricarse con el trabajo de cada ciclo.
- Unidad de inyección: Su función es garantizar el traslado del material en estado pseudoplástico hasta la cavidad.
- Cavidades: Insertos ensamblados con un ajuste fijo a las placas. Estos forman el componente plástico, el material empleado es el de mejor calidad ya que sus acabados superficiales suelen ser especiales acordes a la necesidad de la estética del producto.

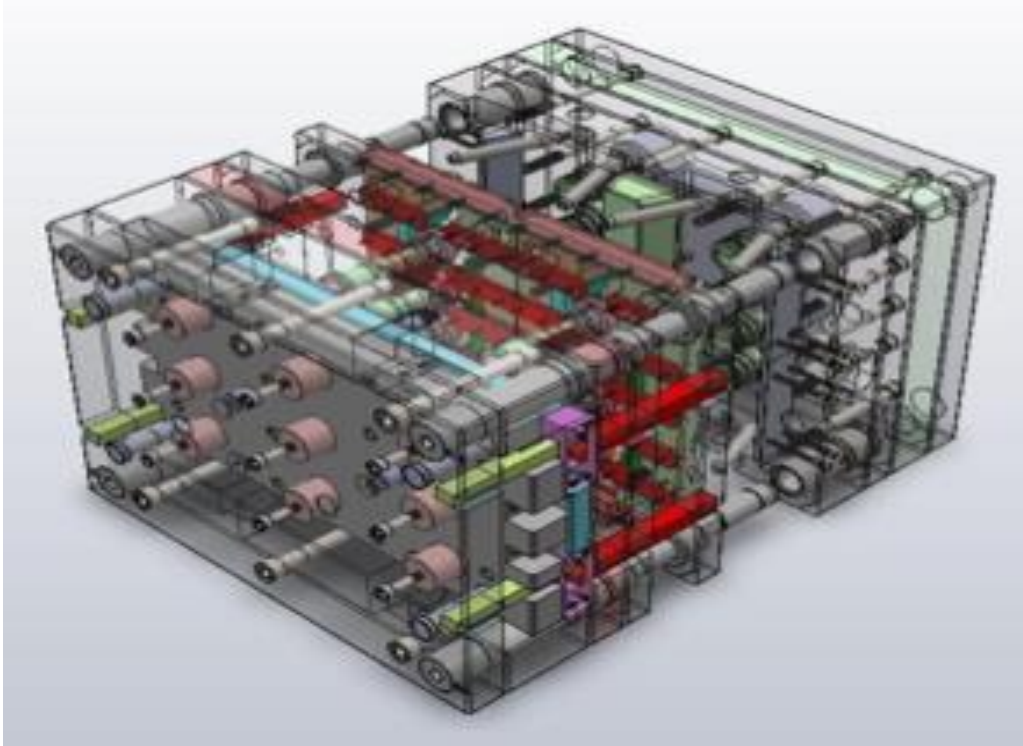
Los diferentes componentes son ensamblados con ajustes especiales que garantizan cuales componentes queden fijos unos a otros y que aquellos que requieren desplazamientos entre sí, tengan la holgura necesaria para evitar daños prematuros.

3.4. Implementación de recursos en cuanto a los costos

Por lo general, el área de la industria del plástico que se asocia con la fabricación de piezas de polímeros suele dividir el tema de los costos relacionados al proceso de inyección de plásticos, en dos principales centrales de costos: (1) Primero el costo de la pieza: la cual depende de la geometría, acabados superficiales, material, peso, dimensiones, tolerancias, unidades a fabricar y ciclo de producción. (2) Segundo el costo del molde: el cual depende de materiales, número de cavidades, complejidad de fabricación y tamaño de molde.

Figura 6

Molde para tapa de fragancia de ocho cavidades.



Fuente: I&D – Belcorp Colombia, año 2017

3.5. Implementación de recursos en cuanto a los tiempos

Para los tiempos asociados a la fabricación de piezas plásticas por medio de la inyección de plásticos, se tomará como referencia la clasificación definida por los autores, basados en la experiencia que tienen en diseño y desarrollo de productos en empresas, como son:

- **Grupo 1** - Tiempo para diseño técnico de la pieza:

Corresponde al tiempo necesario para caracterizar la pieza apoyado de un software de Diseño Asistido por Computador (*Computer-Aided Design - CAD*) tales como *SolidWorks*, *Inventor*, *Creo parametric*, *FUSION 360*, entre otros; de manera que sea factible su fabricación mediante el proceso de inyección de plásticos, incluyendo su simulación en herramientas digitales

de Análisis de Elementos Finitos (*Computer Aided Engineering – CAE*) tales como *MoldFlow*, *SigmaSoft*, *Moldex3D*, etc.; que simulan el proceso de inyección de pasticos y respaldan la definición de especificaciones técnicas como dimensiones, volúmenes, acabados superficiales, ángulos de desmoldeo, sistemas de ajuste y especificaciones funcionales como resistencia a la tracción, compresión, torque, hermeticidad, etc.

- **Grupo 2** - Tiempo para diseño de molde:

Es el tiempo definido para diseñar a detalle el molde que fabricará el componente plástico, para ello se debe considerar características tales como, cantidad de cavidades a diseñar, dimensiones generales acorde a máquina inyectora, cantidad de placas, contracción de la pieza asociado al polímero a utilizar, circuitos de refrigeración de cavidades, mecanismos de expulsión de la pieza plástica, canales de llenado del polímero hasta la cavidad, listado de explosión de materiales, todo esto utilizando herramientas digitales CAD como *SolidWorks*, *Inventor*, *Creo parametric*, *FUSION 360* y CAE como *MoldFlow* y *SigmaSoft*.

- **Grupo 3** - Tiempo para fabricación de moldes:

El tiempo necesario para la compra de materiales, programación de rutinas mediante Manufactura Asistida por Computador (*Computer-Aided Manufacturing - CAM*) para mecanizar los metales seleccionados, por medio de Control Numérico Computarizado (CNC) ya sea por arranque de viruta o mecanizado por descarga eléctrica; su posterior ajuste entre los diferentes elementos que interactúan, siguiendo los principios de ajuste metalmecánico ya sean fijos o deslizantes para garantizar su ensamble y dinámica del molde y finalizando con el número de pruebas requeridas para garantizar el inicio de producción del molde construido.

- **Grupo 4** - Tiempo para fabricación de la pieza:

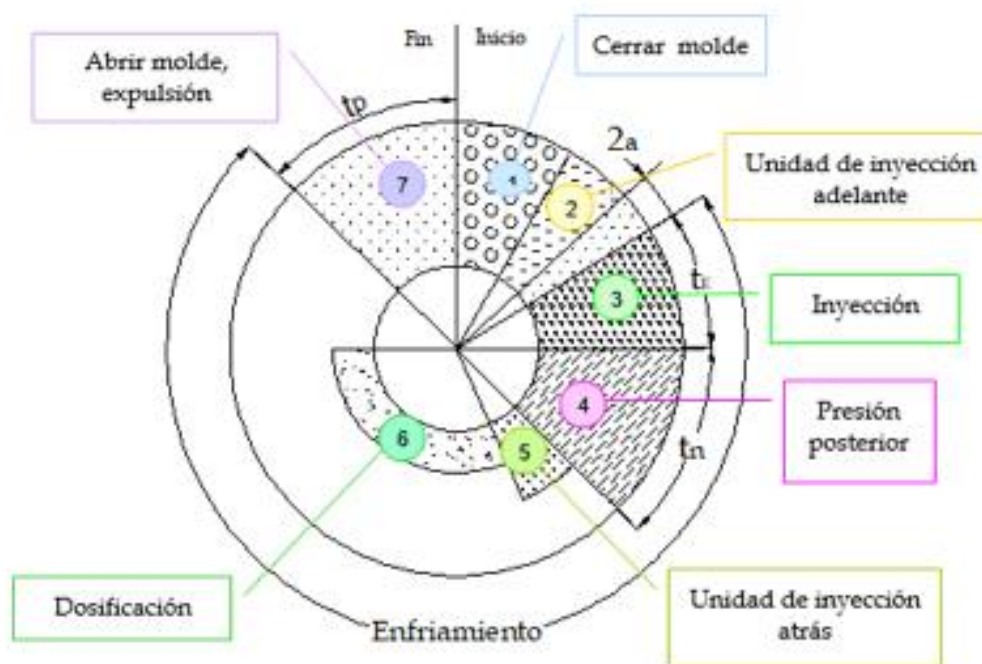
Es el tiempo necesario para realizar la inyección de las piezas de acuerdo con el volumen de producción definido, que depende de las características de máquina inyectora a usar, capacidad de proceso, características de la pieza, así como el tipo y tamaño de molde fabricado (Beltrán Rico & Marcilla Gomis, 2012).

3.6. Inyección de plásticos

El proceso de inyección se utiliza convencionalmente en la transformación de plásticos. Para el caso de la industria cosmética, los materiales termoplásticos, permiten fundir a temperaturas elevadas y conformar el componente dentro de una cavidad de molde y utilizarse, de manera que posterior a su vida útil es posible volver a aprovecharse, siempre y cuando estos no se acompañen de decorados especiales como baños galvánicos para simular su semejanza al metal. Es así como este tipo de materiales aportan a la sostenibilidad reincorporándose al ciclo productivo.

El proceso de inyección para los moldes construidos con resina fotocurable es el mismo empleado que con los moldes convencionales, para ello se cuentan con los pasos que mencionamos a continuación (Rosato, 2000):

- Avance de la unidad de inyección hasta hacer contacto con el bebedero del molde.
- Inyección de la masa plástica que se encuentra lista en la cámara anterior del cilindro.
- Presión de sostenimiento.
- Retiro de la unidad de plastificación.
- Plastificación del material.
- Refrigeración de la pieza.
- Extracción de la pieza.

Figura 7*Ciclo de Inyección*

Fuente: Injection Molding Handbook (3rd Edition) Rosato, M.G. © 2000

Aprovechando esta tecnología de inyección y en busca del uso de polipropileno grado inyección con características de alta fluidez siendo esta una forma indirecta para medir el peso molecular, este corresponde al peso en gramos de plástico que pasa por un agujero normalizado bajo un peso y temperatura determinada durante 10 minutos. Esta materia adicional a esta condición antes descrita pueda ser incorporada con nucleantes, permitiendo fabricar componentes con menor peso y que mantengan aquellas propiedades mecánicas garantizando el funcionamiento con otros componentes con los cuales tendrán interacción (ESENTTIA, Materiales de alto desempeño, para una industria más exigente, 2017).

Este tipo de materia prima permite ser reciclado y convertirse en materiales post consumo. Esenttia industria colombiana en el año 2018, produjo 439.185 toneladas de polipropileno original

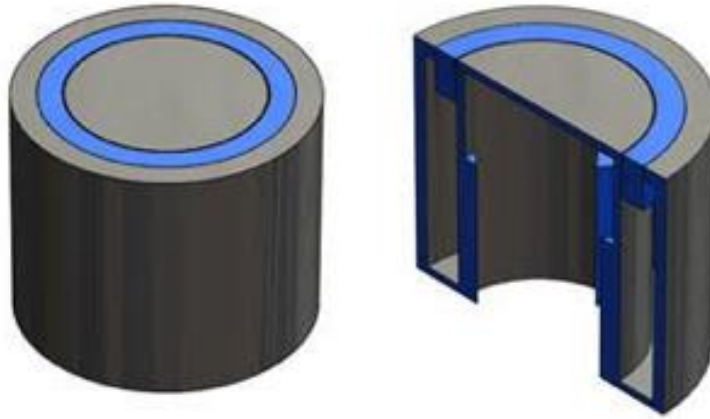
(ESENTTIA, documento maestro de sostenibilidad, 2018), siendo una cifra significativa del cual, si se lograra aprovechar al máximo incorporarse al ciclo después de la vida útil del componente inicialmente fabricado, mitigaría la emisión de huella de carbono que aporta nuestro país.

3.7. Prefactibilidad de modelos y modelización

Después de alcanzar el desarrollo de un concepto de producto en el departamento de diseño que esté acorde a los objetivos de la industria, se hace necesario realizar la factibilidad técnica de modelos de piezas del producto, las cuales interaccionan entre sí entregando una ruta estética acorde al concepto.

3.8. Modelo Diseño Industrial de Piezas Plásticas

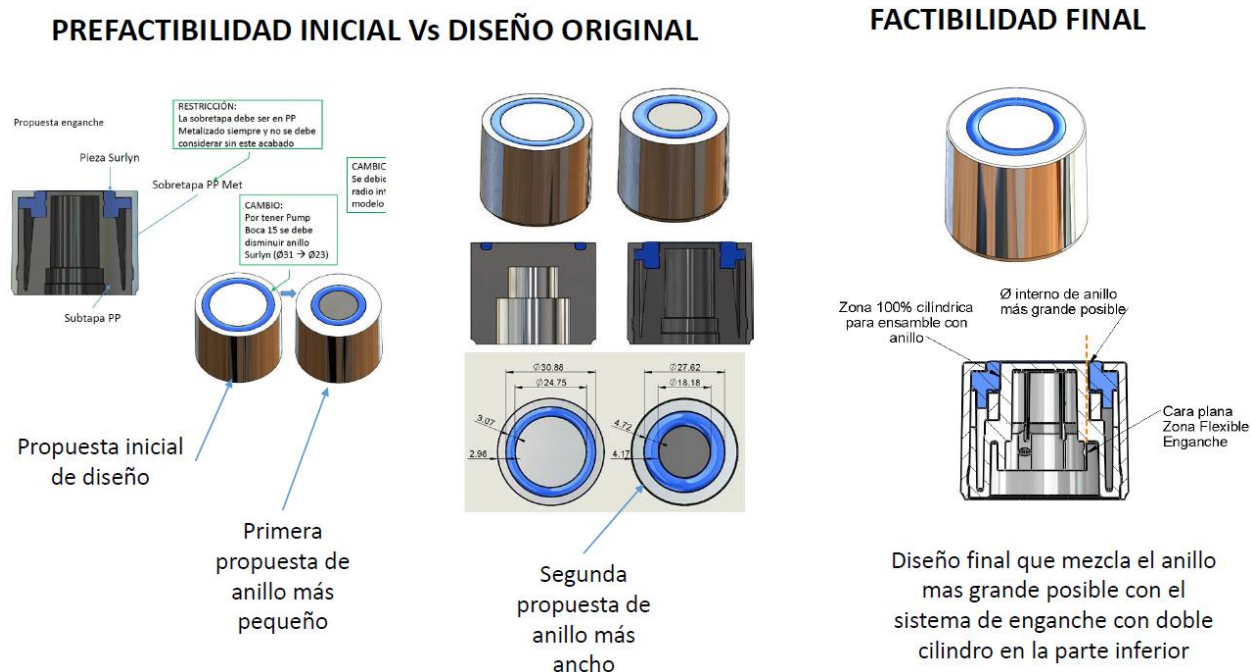
Se presenta entonces, un modelo de diseño industrial como parte fundamental en esta etapa. Los primeros pasos consisten en el análisis de los factores críticos de éxito, basado en ellos la generación de los primeros bocetos, los cuales son filtrados por el equipo de diseño industrial, quienes evalúan características de volumen y formas, para llegar a una prefactibilidad junto con el ingeniero, proceso que finalmente permite entregar a un equipo multifuncional la decisión de las posibles rutas a trabajar y las consecuentes etapas de diseño técnico, cotizaciones y desarrollo.

Figura 8*Modelo de Diseño Industrial*

Fuente: Autores, año 2018

Las actividades del departamento de diseño industrial del producto terminado se definen como:

- Elaboración de prototipos para determinar volúmenes y formas.
- Definición de la opción a diseñar técnicamente y ejecución del proyecto.
- Transcurso de Diseño industrial a Ingeniería.
- Entregables *pre* factibles y factibilidad final.

Figura 9*Prefactibilidad Técnica de un Diseño Industrial*

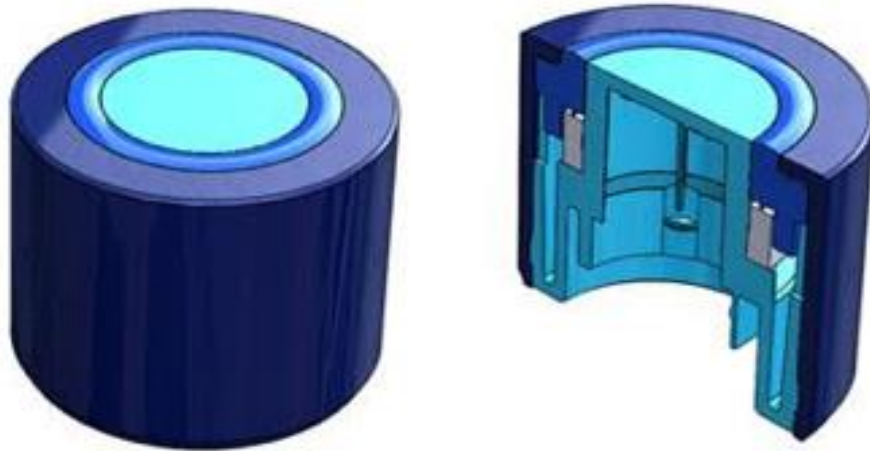
Fuente: Autores, año 2018

3.9. Modelo Diseño Técnico de Piezas Plásticas

El modelo de diseño técnico realizado por el departamento de ingeniería, tomando como modelo base el proporcionado por el diseñador industrial, tiene en cuenta factores como estructura, espesores de pared acorde al plástico a inyectar, ángulos de salida; para evitar los posibles defectos estéticos que se puedan dar para llegar a la solución técnica. Estas modelaciones realizadas en un CAD permiten evaluar la forma del molde en cuanto sus cavidades y garantizan que será un componente plástico fabricable.

Figura 10

Modelo Diseño Técnico de Componente Para la Industria Cosmética



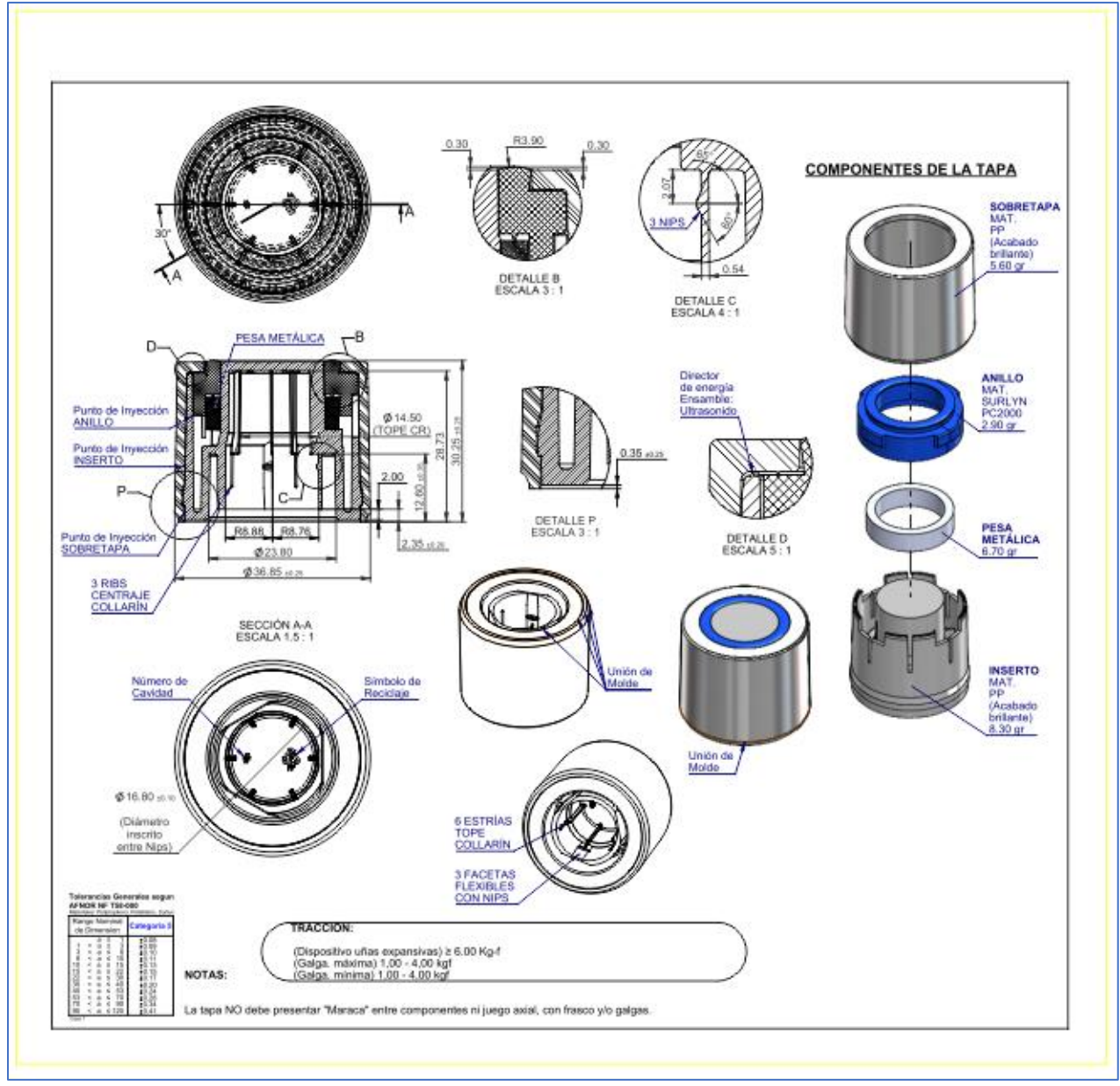
Fuente: Autores, año 2018

El diseño técnico de cada componente que interactúa en el producto terminado consiste en:

1. Elaboración del CAD, modelo 3D.
2. Simulación de llenado *MoldFlow*.
3. Definición de punto de inyección y líneas de partición.
4. Elaboración de plano 2D con las dimensiones y sus tolerancias y variables funcionales.

Figura 11

Especificaciones de un Componente Para la Industria Cosmética



Fuente: Autores, año 2018

3.10. Manufactura aditiva

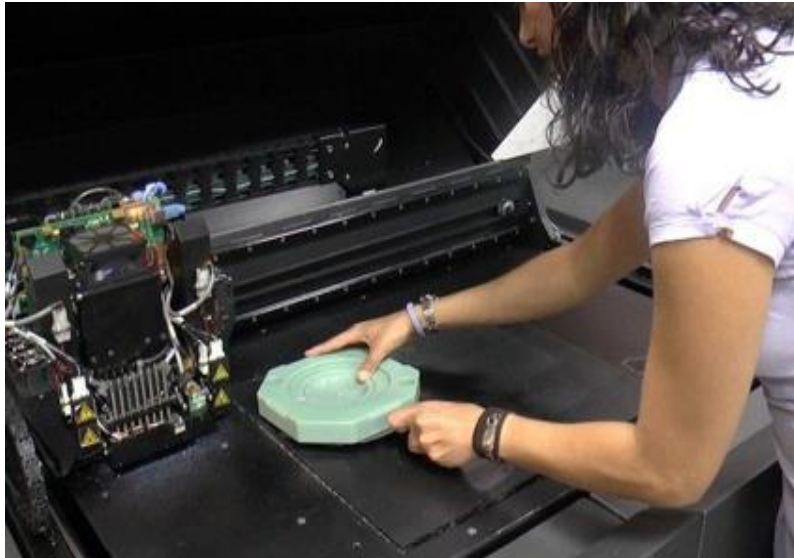
Mediante el uso de tecnología aditiva se puede lograr reducciones significativas en inversiones y costos de pieza, incluyendo una reducción en el tiempo de ejecución para llegar a contemplar físicamente los diseños conceptualizados.

La proyección de este tipo de producción diferenciada en pro de los pequeños negocios permite tener producciones a baja escala siendo más eficientes que los métodos convencionales; un lugar ideal para construir un puente entre el diseño y la producción, mediante una apuesta experimental y que brinde soluciones tangibles de menos unidades y más modelos que satisfagan las necesidades del usuario con diferentes alcances. Para ello es indispensable entender como la manufactura aditiva es una metodología de producción digitalizada cuyo objetivo consiste en fabricar componentes diseñados en un CAD, mediante la composición de capas de resinas curadas logra formar un elemento de 3 dimensiones ocupando un espacio.

Desde la creación de la primera máquina de impresión 3D en 1984 por la empresa *3D Systems Corporation*, compañía radicada en los estados unidos y patente de 1986 USPTO n° 4575330 generada por Charles W. Hull, cofundador de la compañía antes mencionada, se ha buscado al pasar de los años propagar dicha tecnología, hasta el punto de obtener una competencia y tal vez una nueva revolución con la nueva generación de impresoras 3D (www.stratasys.com, 2020). Lo que hoy podemos proyectar como moldes de bajo costo con una calidad increíble empujan innovación y encontramos soluciones con estas técnicas descritas en los objetivos de este trabajo. De aquí podemos asumir que la manufactura aditiva enfoca las energías en pro de garantizar una eficiencia en costo y tiempos al producir objetos.

Figura 12

Molde de inyección impreso en 3D - Diafragma Stratasys Objet350



Fuente: <https://www.tctmagazine.com/3d-printing-news/stratasys-3d-printed-injection-moulds-prove-super-efficient/>

Y en este proceso, es indispensable hablar de estereolitografía SLA, cuyo concepto es solidificar resina líquida mediante una radiación láser Ultravioleta generando capas hasta crear un objeto 3D. en la estereolitografía implica técnicas de litografía para la generación de estos objetos tridimensionales y de esta forma pueden formarse de manera rápida, confiable y precisa, hoy día existen empresas como STRATASYS con su tecnología Polyjet capaz de entregar objetos que permiten llenarse con polímeros a temperaturas cercanos a los 200°Celsius (www.stratasys.com, 2020).

Figura 13*Flujo de Trabajo*

Fuente: Manual básico FDM i3D. Centro de Diseño Industrial de INT, año 2017

Para estos escenarios se necesita afrontar el desafío de un desarrollo sostenible generado por la creciente producción de objetos plásticos, encontrando soluciones que reduzcan el impacto ambiental y evaluando, tanto la pertinencia de los materiales que exigen los conceptos de diseño innovadores con formas y estructuras complejas que siempre buscan diferenciarse desde la originalidad, como adaptaciones tecnológicas y de pensamiento técnico (Simondon, 2007), donde

se exploran nuevas condiciones de producción desde las condiciones de culturas locales. También tomar en cuenta el ciclo completo del producto para incluir unos procesos de reutilización que mejoren el tema de desperdicios y contribuyan al medio ambiente (Mulder, 2007).

3.11. Resina fotocurable

Dentro de las posibles alternativas de resina encontramos una creada por la empresa *Stratasys* llamada ABS Digital la cual ofrece alta resistencia mecánica para el trabajo deseado en la inyección de plásticos.

Esta resina permite simular plásticos como el ABS combinado con una resistencia a altas temperaturas y resistencia mecánica.

Tabla 1

Propiedades ABS Digital

| Mechanical Properties | Test Method | Value |
|--|-------------|--|
| Tensile Strength | D-638-03 | 55 – 60 MPa (8,000 – 8,700 psi) |
| Elongation at Break | D-638-05 | 25 – 40% |
| Modulus of Elasticity | D-638-04 | 2,600 – 3,000 MPa (375,000 – 435,000 psi) |
| Flexural Strength | D-790-03 | 65 – 75 MPa (9,500 – 11,000 psi) |
| Flexural Modulus | D-790-04 | 1,700 – 2,200 MPa (245,000 – 320,000 psi) |
| HDT, oC @ 0.45MPa | D-648-06 | 58 – 68 °C (136 – 154 °F) |
| HDT, oC @ 0.45MPa after thermal post treatment procedure A | D-648-06 | 82 – 90 °C (180 – 194 °F) |
| HDT, oC @ 0.45MPa after thermal post treatment procedure B | D-648-06 | 92 – 95 °C (198 – 203 °F) |
| HDT, oC @ 1.82MPa | D-648-07 | 51 – 55 °C (124 – 131 °F) |
| Izod Notched Impact | D-256-06 | 90 – 115 J/m (1.69 – 2.15 ft lb/in) |
| Tg | DMA, E» | 47 – 53 °C |

| (117 – 127 °F) | | |
|---------------------|-----------|------------------|
| Shore Hardness (D) | Scale D | 85 – 87 Scale D |
| Rockwell Hardness | Scale M | 67 – 69 Scale M |
| Polymerized Density | ASTM D792 | 1.17 – 1.18 g/cm |

Fuente: <https://www.stratasys.com/materials/search/digital-abs-plus>

3.12. Moldes de Inyección en Resina Fotocurable

Si bien, la manufactura aditiva y la inyección de plásticos se han destacado por ser tecnologías de fabricación rivales, en Colombia actualmente, podemos observar que una se ha vuelto complemento de la otra, es así como mediante la manufactura aditiva es posible crear moldes con el uso de resina fotocurable ofreciendo un acabado superficial aceptables para lograr el moldeo de componentes plásticos.

Figura 14

Cavidades de un componente plástico



Fuente: <https://www.cati.com/blog/2015/06/stratasys-polyjet-3d-printed-injection-molds-a-series/>

A continuación, las características principales de los moldes:

- Diseño de la cavidad.

- Generación de la cavidad mediante sustracción del componente plástico teniendo en cuenta el factor de contracción acorde al polímero a inyectar.
- Generación de líneas de partición.
- Generación de capilar, entrada de material fundido para la conformación del componente plástico.
- Generación de los circuitos de refrigeración entradas y salidas.
- Generación de sistema de expulsión.
- Obtención de los archivos STL.

Con una resolución definida para garantizar los detalles deseados en la inyección del componente plástico. Son llamados STL por que provienen de (*Standard Triangle Language*), es un formato de CAD que define geometría de objetos en 3D, este fue creado por la empresa 3D Systems cuyo fin era el de utilizarse para el prototipado rápido, es un formato de transmisión de datos aproximando las geometrías de un modelo a triángulos, la ventaja de este tipo de archivo es que casi la totalidad de software CAD pueden generar este tipo de formato, en geometrías complejas con alta cantidad de radios o superficies curvas será necesario adicionar resolución al momento de guardar el documento como STL, esto permitirá tener mayor cantidad de triángulos (Engineers, 2004).

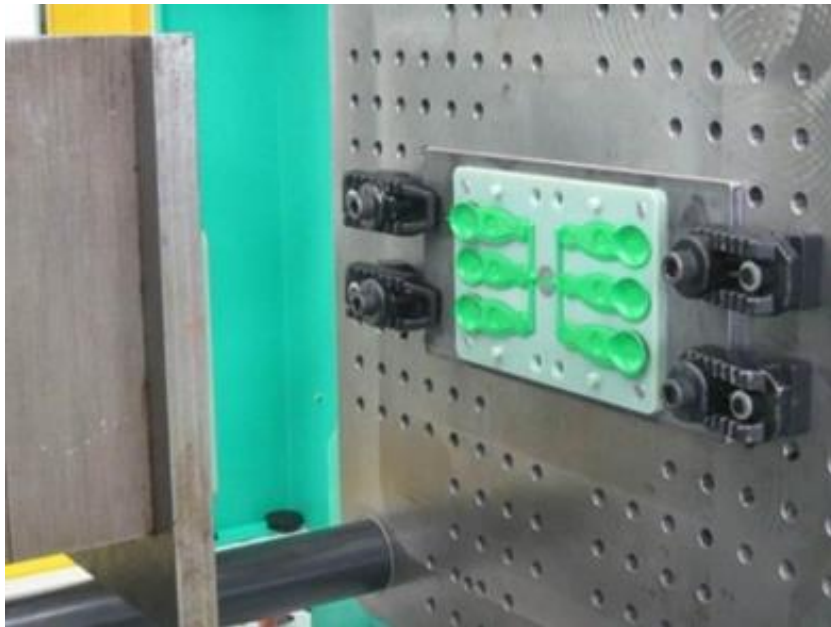
- Impresión de las partes que componen el conjunto cavidad.

Este tipo de resina fotocurable permite inyectar termoplásticos como polietileno, polipropileno, ABS en una unidad o máquina inyectar convencional, sin embargo, mientras el molde va realizando sus ciclos de inyección su vida útil disminuye considerablemente comparado con los moldes fabricados convencionalmente. En la actualidad es posible usar máquinas de inyección de 80 toneladas de cierre como especificación máxima y en dimensiones máximas de

cavidad de 254 milímetros. Siempre y cuando el diseño de la cavidad garantice un circuito diseñado para permitir una temperatura idónea, se podrán extraer cerca de 100 unidades de componentes plásticos (www.stratasys.com, 2020).

Figura 15

Molde de cuchara para helado 6 Cavidades.



Fuente: <http://blog.stratasys.com/2013/04/08/3d-printing-offers-a-giant-step-for-short-run-injection-molds/>

Este ejemplo de la ilustración anterior permite entregar una producción de 600 unidades de cucharas para helado fabricadas en polipropileno el cual su punto de fusión está cerca de los 220°C definitivamente impactando positivamente los tiempos y costos de fabricación vs los métodos convencionales.

- Si se tiene una porta molde con alojamientos para dichos insertos impresos, ajustar mediante amarres el conjunto cavidad a cada una de las partes del molde, Lado móvil zona de

expulsión y lado fijo siendo la zona de llenado, caso que no se tenga amarrar las cavidades a las placas de la máquina inyectora.

- Realizar la inyección de componentes plásticos.

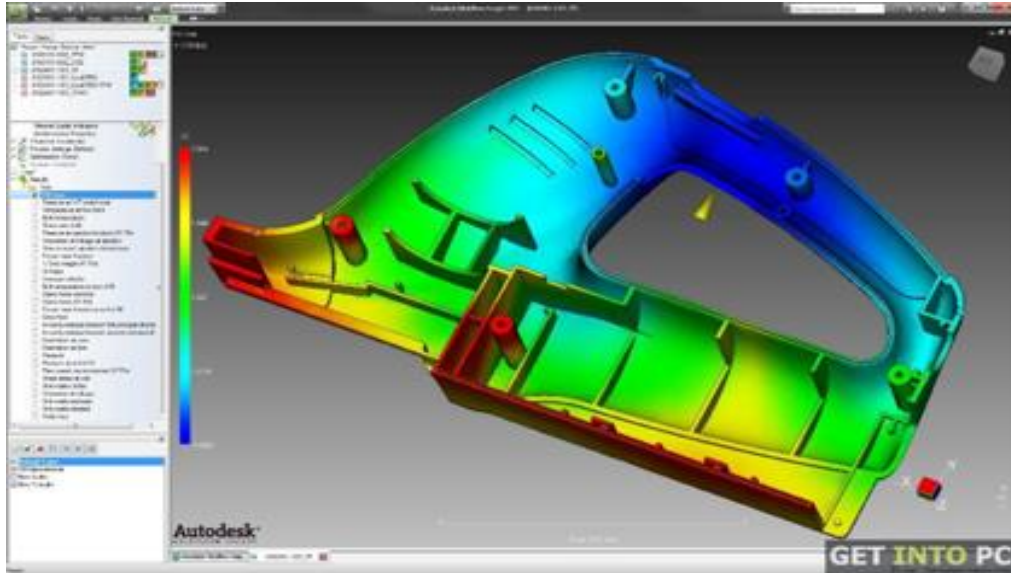
3.13. Simulaciones digitales

Con el fin de entregar la factibilidad integral de piezas y moldes, se simula la inyección de un componente evaluando los posibles tiempos de fabricación de la pieza y defectos debido al diseño y al proceso de transformación plástica (Shoemaker, 2006), a través de un software especializado de simulación computacional (CAE) como lo es *Autodesk Moldflow Insight 2019*; logrando así:

- Prepara la geometría a analizar
- Pre-proceso de la malla 3D
- Ubicación de puntos de inyección
- Simulación de llenado de termoplásticos (plástico utilizado en componentes para el sector cosmético)
- Evaluación del comportamiento del proceso de moldeo
- Detección de defectos
- Simulación y localización de zonas de refrigeración
- Evaluación de tiempos de ciclo.

Figura 16

Análisis de Inyección de un Componente



Fuente: <https://getintopc.com/software/simulators/autodesk-simulation-moldflow-adviser-ultimate-2014-free-download/>

4. Desarrollo del Proyecto

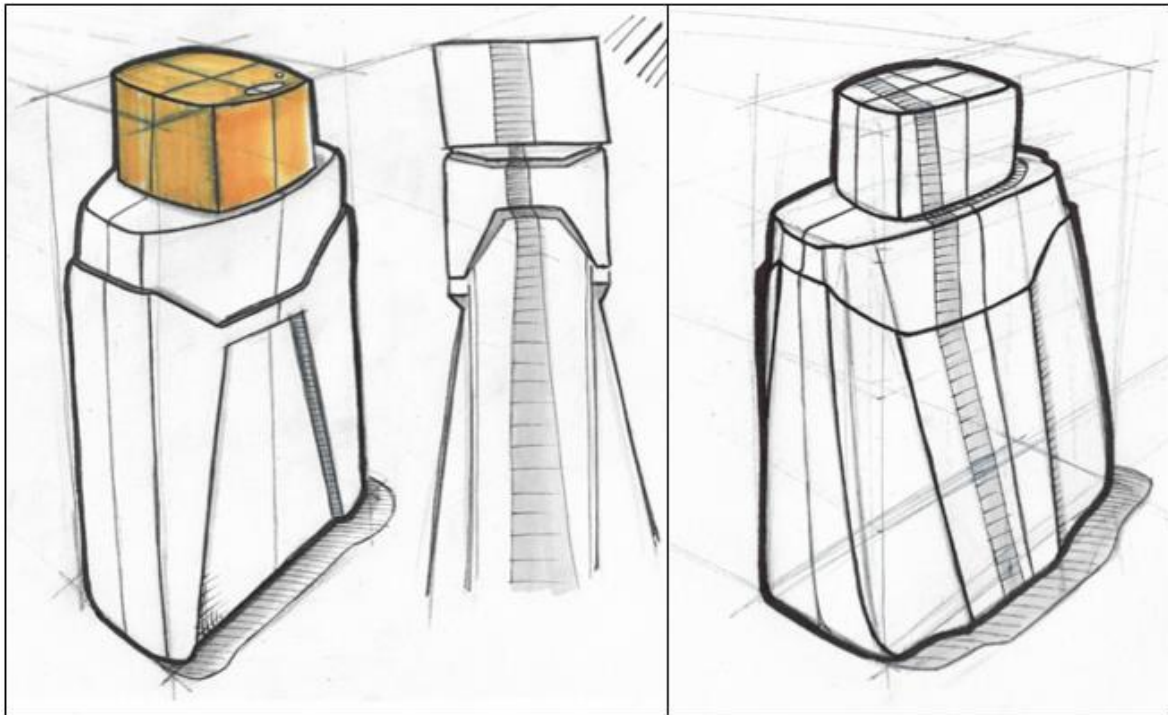
4.1. Fase para EXPLORAR

4.1.1. Caracterización de la forma en la pieza plástica

Una vez se tiene la propuesta del cliente el cual puede ser un departamento de diseño, diseñador, ingeniero, administrador, etc. Se alinean aquellos atributos y características que serán relevantes en el diseño y desarrollo del componente, así como las fechas estimadas para tener las unidades requeridas que satisfagan la necesidad.

Figura 17

Bocetos a Mano Alzada. Alternativa 1 y 2



Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2020

La caracterización comprende factores como:


- Volumen de los modelos, los cuales garantizaran el peso del componente.
- Material a usar durante la inyección de la pieza.

- Dimensiones para ajustes con Frascos – Hombreira – Tapa – Válvula.
- Acabado superficial requerido
- Especificaciones funcionales.
- Proceso de ensamble entre componentes.
- Sustancias que se utilizara en el producto.
- Tipo de cadena de abastecimiento del producto hacia el usuario final.

De estos bocetos iniciales y con ayuda del formulario *Brief Técnico* (Anexo 1) generado para reunir la información necesaria de diseño, se procede a recrear un modelo 3D el cual será una de la propuesta a presentar.

Figura 18

Brief Técnico para caracterización de forma.



Nombre de Proyecto

Fecha

Numero

Imágenes de Referencia: *Incluya las imágenes necesarias para comunicar los detalles de la pieza.*

Dimensiones generales de la Pieza

Largo (mm) _____

Alto (mm) _____

Fondo (mm) _____

Peso aproximado (gr) _____

Uso principal de la pieza *(Seleccione los que apliquen)*

Decorativo

Funcional

Seguridad

Envase o Empaque

Cual es la función principal de la Pieza? Ej. Cuchara para uso en niños

Requerimientos funcionales de la Pieza

Hermeticidad

Traccion

Compresion

Resistencia Quimica

Resistencia a la Luz

Resistencia a la Temperatura

Resistencia al Impacto

Estetica de la Pieza

Acabado superficial Liso

Acabado superficial Brillante

Acabado superficial Mate

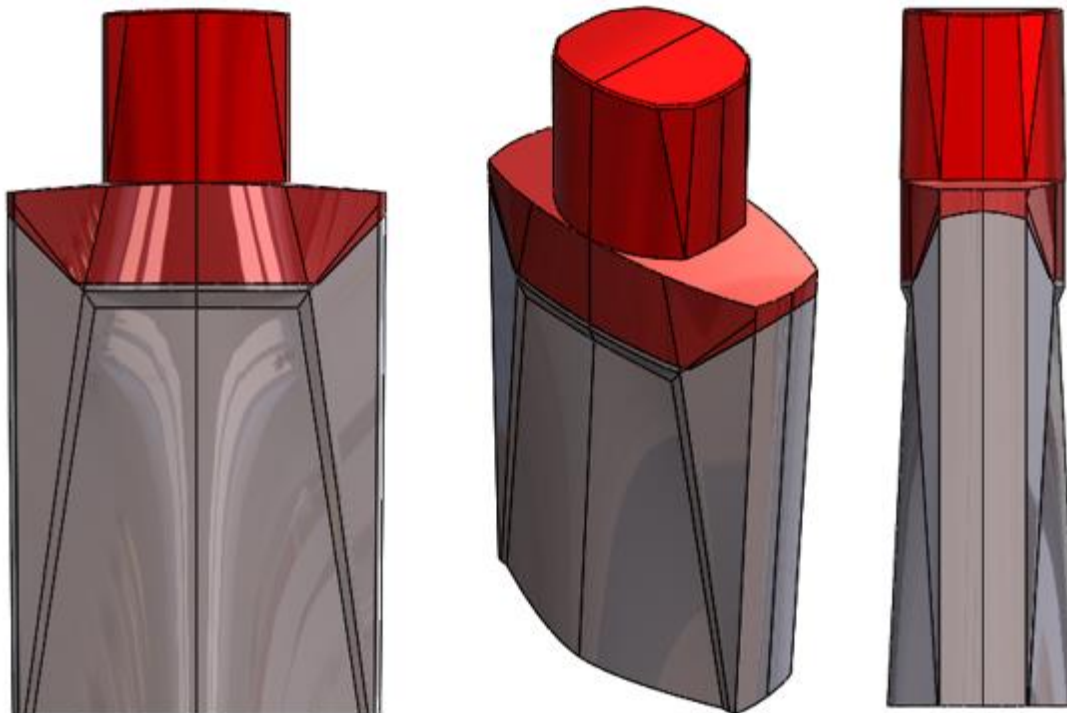
Acabado superficial arenado

Acabado superficial con textura personalizada

Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

Figura 19

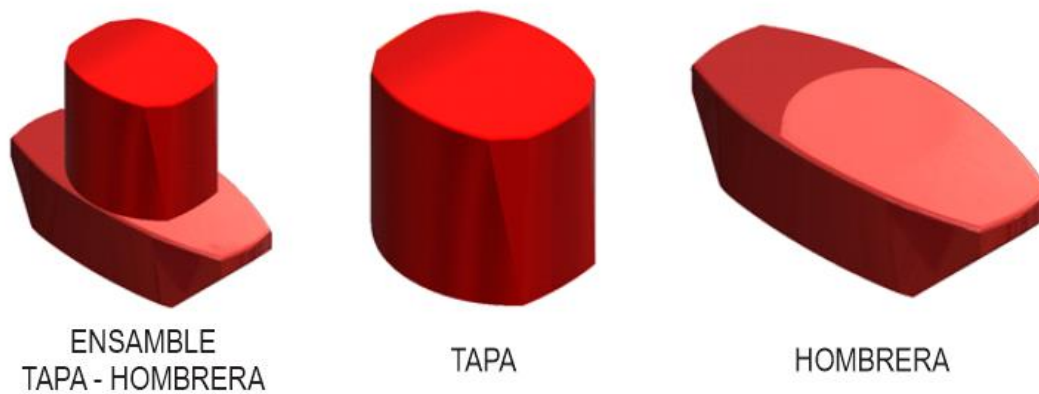
Volumetría Ruta a Desarrollar



Fuente: I&D – Belcorp Colombia, año 2018

Figura 20

Render Concepto 3D de Tapa y Hombrera para Fragancia



ENSAMBLE
TAPA - HOMBRERA

TAPA

HOMBRERA

Fuente: I&D – Belcorp Colombia, año 2018

La tapa es un componente importante en una fragancia, ofrece seguridad ante la posible activación de la válvula en un producto, en interacción con la hombrera la cual es un componente que brinda una mayor percepción de valor en una fragancia, después de su ensamble con el frasco de vidrio y la válvula, se mantendrá fija durante la etapa funcional del producto permitiendo que la tapa ensamble y desensamble en cada uso.

Ya entendido el proyecto a diseñar y desarrollar, se plantean consideraciones técnicas acorde a la caracterización, dentro de las cuales se logrará materializar los componentes funcionales en su etapa de manufactura y de usabilidad.

- Consideraciones de manufactura y de usabilidad:
 - Espesores de pared que permitan una inyección adecuada del plástico sin generar deformaciones o rechupes una vez el componente ha culminado su contracción.
 - Acabado superficial que tendrá el componente y definición de ángulos para desmoldeo durante su manufactura.
 - Líneas de partición que permiten extraer la pieza del molde de inyección, estas en lo posible afectando su estética en lo mínimo.
 - Ubicación del punto de inyección para garantizar el llenado de la pieza.
 - Propiedades mecánicas como la resistencia que deberá tener la hombrera al ser sometida a la carga axial de ensamble con el frasco. Así mismo deberá garantizar un ensamble permanente con el frasco durante la vida útil del Producto.
 - Tracción vertical para retirar la Hombrera del frasco mayor a 6.0 kilogramos fuerza.

- Tracción vertical para retirar la tapa de la hombrera entre 1.0 y 4.0 kilogramos fuerza.
- Una vez se tienen aquellas características funcionales se puede dar paso a diseñar técnicamente la pieza plástica.

4.2. Fase para DEFINIR

4.2.1. *Diseño técnico de la pieza plástica*

4.2.1.1. *Identificación de componentes que interactúan con las piezas*

Para los diseños de hombrera y tapa, es necesario contar con los componentes que tendrán interacción (Frasco de vidrio – Válvula) y con los cuales harán parte de garantizar la funcionalidad de la fragancia. Algunos aspectos fundamentales serán el ensamble de la hombrera con la férula de la válvula y el posicionamiento de esta alojada en el hombro del frasco.

Figura 21

Geometría Final de Frasco para Fragancia



Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

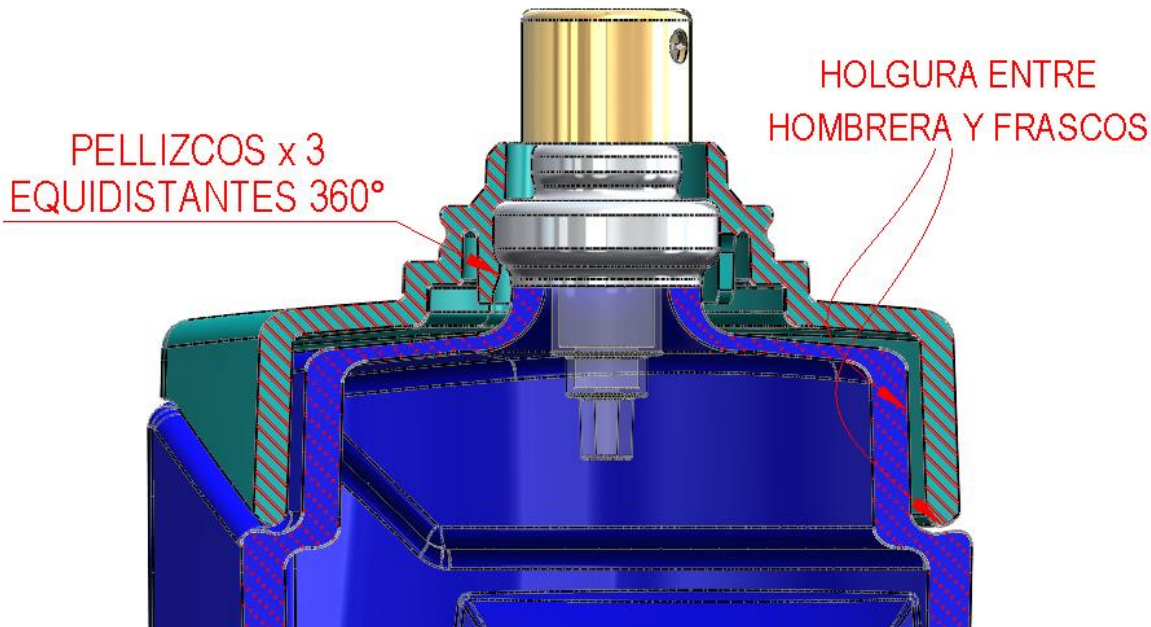
4.2.1.2. *Sistema de ensamble*

El ensamble de la hombrera se realiza mediante interferencias causadas entre el grabado de la férula una vez ha sido ensamblado al frasco de vidrio y los tres puntos salientes de material

denominados pellizcos diseñados en la hombrera – cilindro interno, estos puntos de pellizco presentan una interferencia de 0.45 milímetros con la válvula, de esta forma se garantiza una fuerza de desensamble superior a 6.0 kilogramos fuerza. En ningún caso el componente plástico tendrá interferencias con el hombro del frasco, ya que ambos tendrán tolerancias definidas por el proceso de manufactura de cada uno.

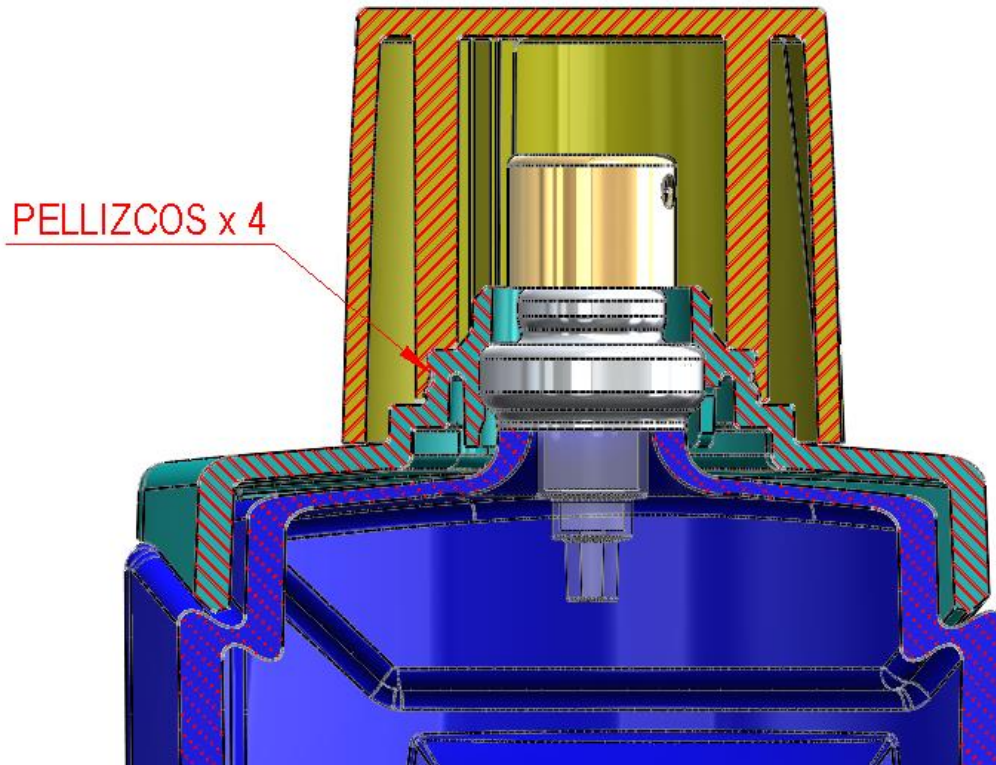
Figura 22

Ensamble Hombrera – Frasco Fragancia



Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

Para garantizar la funcionalidad de la tapa, también se diseñan 4 pellizcos con una interferencia dada de 0.20 milímetros con la zona superior de la hombrera cilindro externo, su diferencia radica en una menor interferencia para lograr disminuir su tracción y de esta manera garantizar que durante su uso permitirá desensamblarse la tapa de la hombrera manteniendo esta última siempre en su posición.

Figura 23*Ensamble Tapa - Hombrera Fragancia*

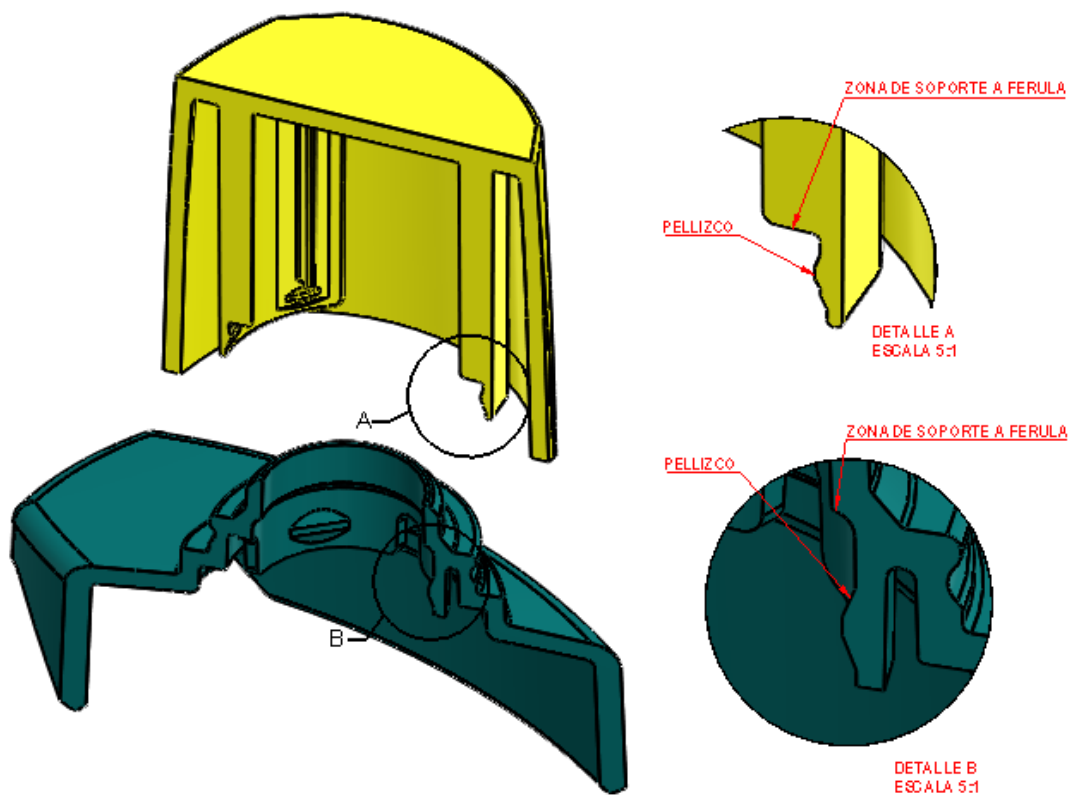
Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

Estas interferencias diseñadas para garantizar la funcionalidad del producto se pueden formar en el molde de inyección considerando que las paredes externas que contienen los pellizcos estén liberadas de la zona de cavidad, estos pellizcos son llamados contrasalidas en los moldes de inyección y con el objetivo de mitigar deformaciones significativas se suele incluir elementos móviles que permiten un desmoldeo libre. Los pellizcos de la tapa al tener una interferencia menor de 0.30 milímetros no es requerido este tipo de elementos y su expulsión es forzada o comúnmente llamado expulsión por arranche, esto ha sido evaluado en múltiples ensayos a lo largo de los años en diferentes proyectos desarrollados por los autores, para el caso de la hombrera a medida que el número de cavidades aumenta la salida negativa en el molde requerirá mayor fuerza de expulsión

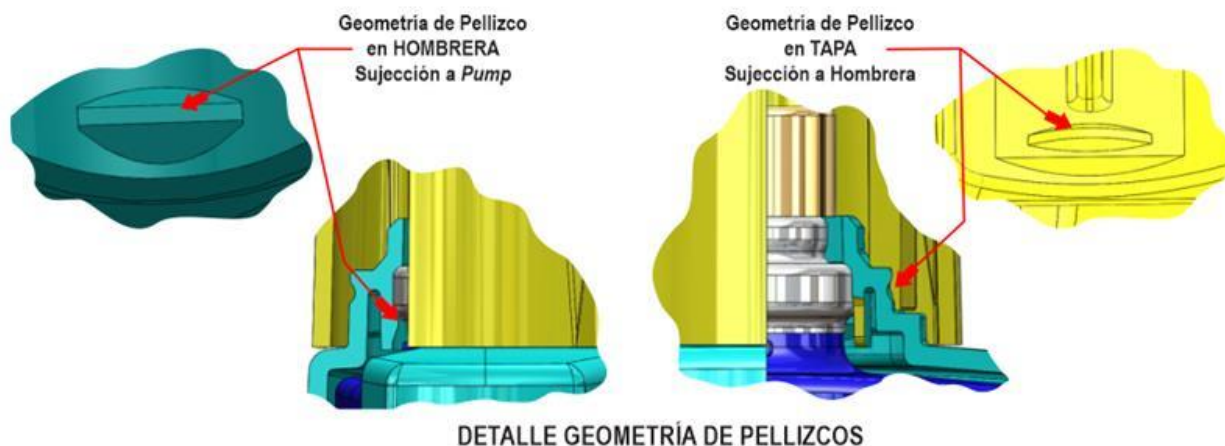
y por ende generara deformaciones significativas si se realiza únicamente por expulsión forzada al extraer la pieza, aquí es necesario considerar dentro de los requerimientos del molde elementos móviles para garantizar un desmoldeo natural que mantenga las geometrías diseñadas en la pieza plástica. En moldes de 1 y 2 cavidades tales como moldes piloto no se realizan este tipo de inclusión de elementos móviles para desmoldar los 3 pellizcos de la hombrera, comparado con un molde de 4 cavidades en adelante en donde la experiencia de los proyectos desarrollados obliga a mantener estos elementos móviles para garantizar su geometría.

Figura 24

Detalle Pellizco en Hombrera y Tapa de Fragancia 1

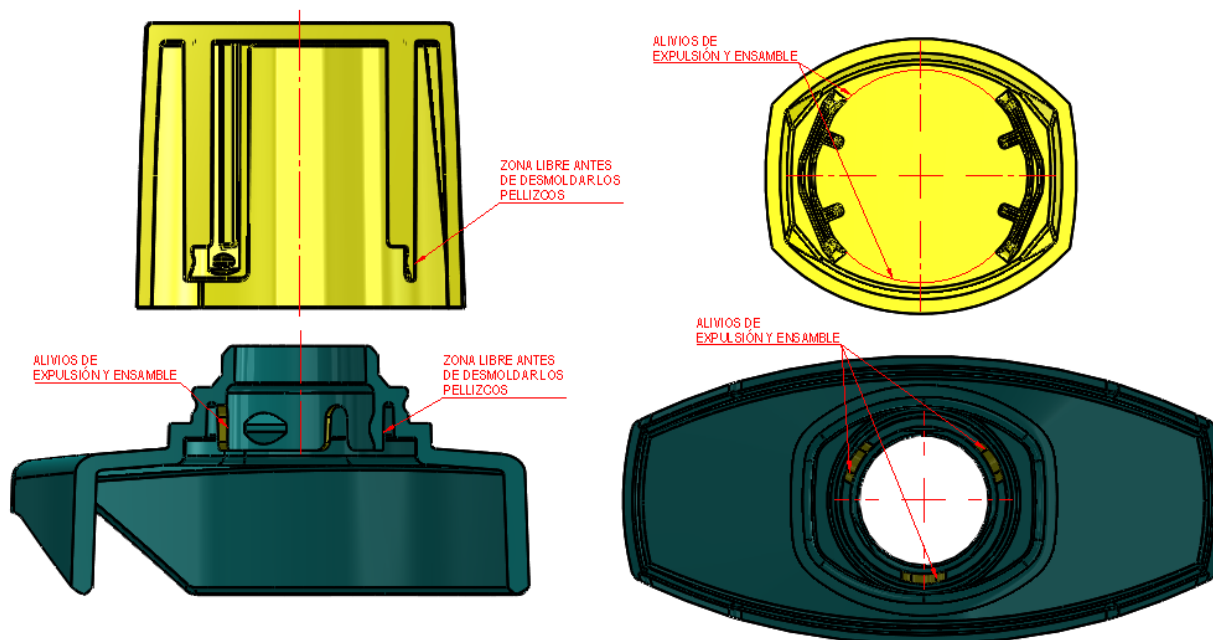


Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

Figura 25*Detalle Pellizco en Hombreira y Tapa de Fragancia 1*

Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

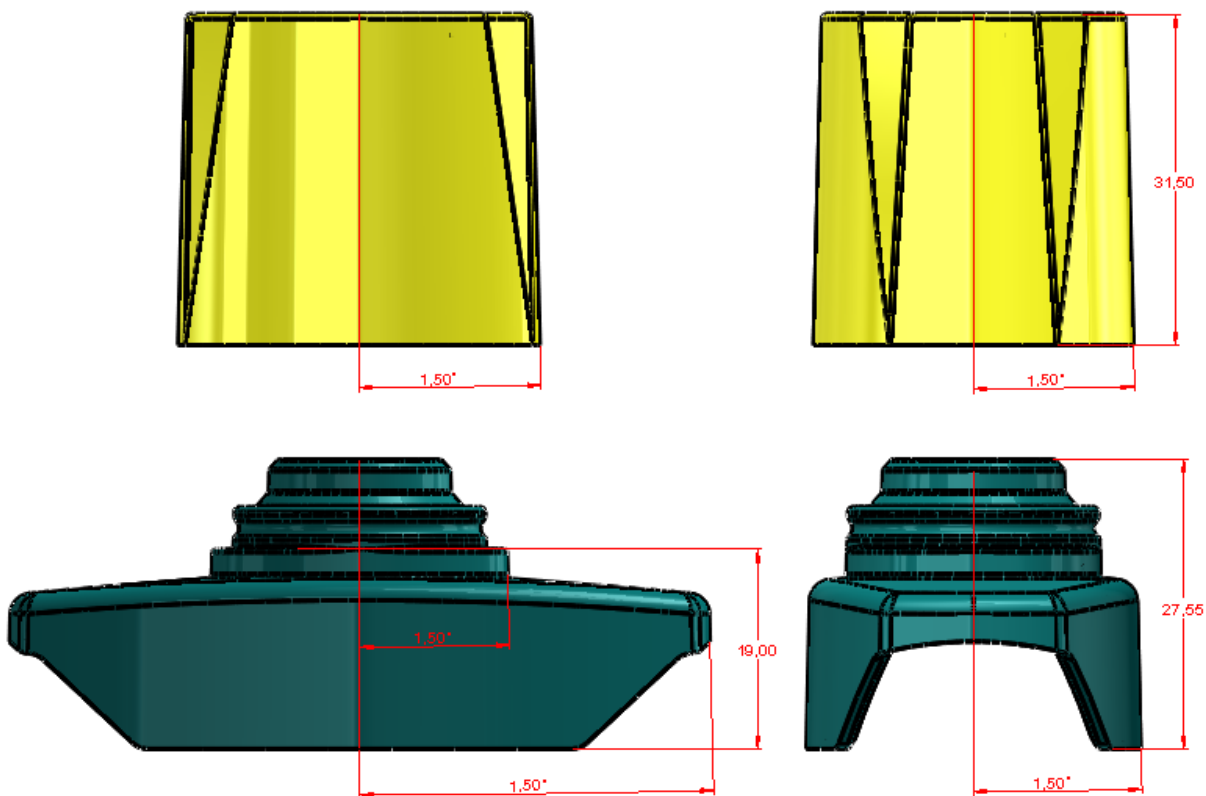
Estos dos componentes plásticos presentan por diseño en los cilindros que contienen los pellizcos, alivios los cuales permiten que al extraer la pieza en la fase de expulsión la geometría no sufra deformación, estos alivios suelen ser ranuras como en el caso de la hombreira que ofrece flexionar el cilindro tanto al expulsar la pieza del molde; así también al momento en que ingresa al frasco poderse ensamblar sin generar un sobre esfuerzo que pueda llegar a fracturar el cilindro. Para el caso de la tapa presenta un cilindro seccionado ya que por las dimensiones externas del concepto no es posible realizar un cilindro completo y sus alivios tipos ranuras, no obstante, este diseño sigue siendo funcional tanto para las tracciones que se deben mantener como para la flexión que debe tener la pieza al momento de salir de la zona de cavidad.

Figura 26*Alivios de Flexión en componentes Plásticos*

Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

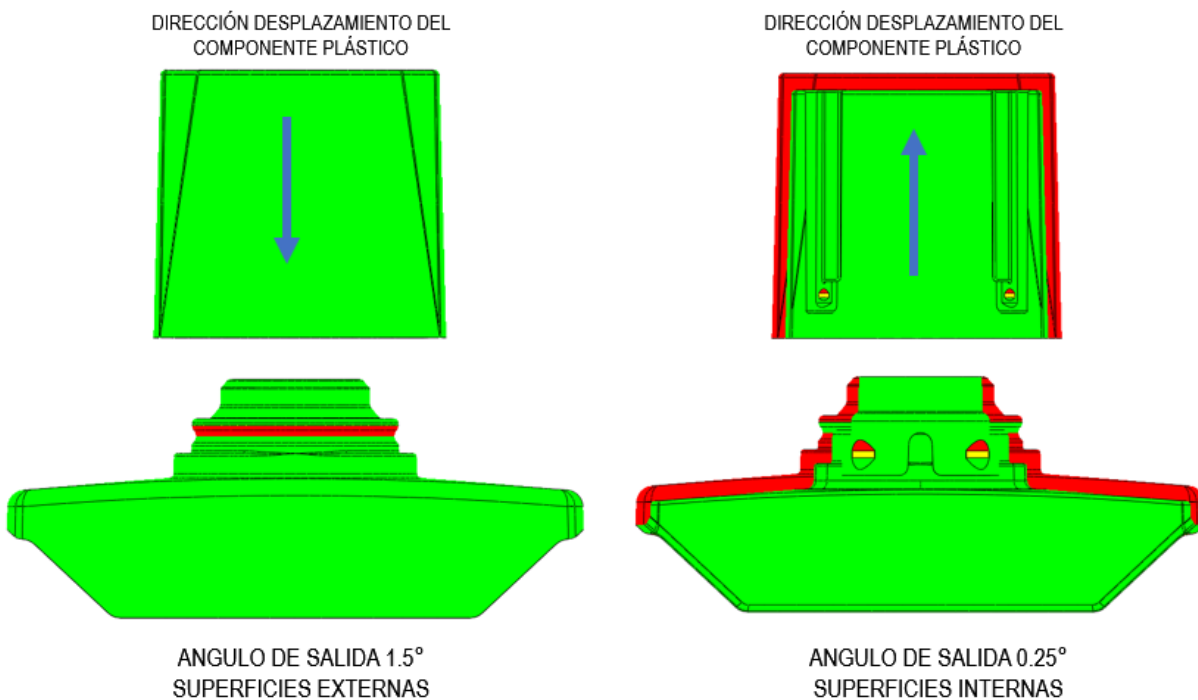
4.2.1.3. Ángulos de salida

Los ángulos de salida son fundamentales en el diseño de piezas plásticas, ya que estos permiten una fácil extracción de la pieza desde las cavidades del molde, estos ángulos deben aplicarse a todas las superficies verticales del componente las cuales se encontrarán en forma paralela al desplazamiento que tendrán las placas del molde durante su ciclo de producción. Los ángulos recomendados para superficies brillantes en caras externas están en el orden de 1° a 2° con el objetivo de brindar una liberación de la cavidad sin complicaciones, es posible contar con ángulos menores a estos, sin embargo, el pulido y brillo del núcleo debe darse en la misma dirección de salida de la pieza.

Figura 27*Ángulos de salida*

Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

Las superficies internas pueden llegar a mantener los mismos grados de inclinación sin embargo el acabado superficial no requiere tener el mismo detalle ya que su estética no se ve afectada de cara al usuario, esto ayudara a disminuir los tiempos de fabricación del molde. Con la ayuda del *software SolidWorks* se puede mostrar las caras que tendrán ángulos negativos o inferiores a los requeridos por el proceso, de esta forma se podrá realizar el ajuste en el *software* antes de ir al diseño de molde.

Figura 28*Análisis de desmoldeo*

Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

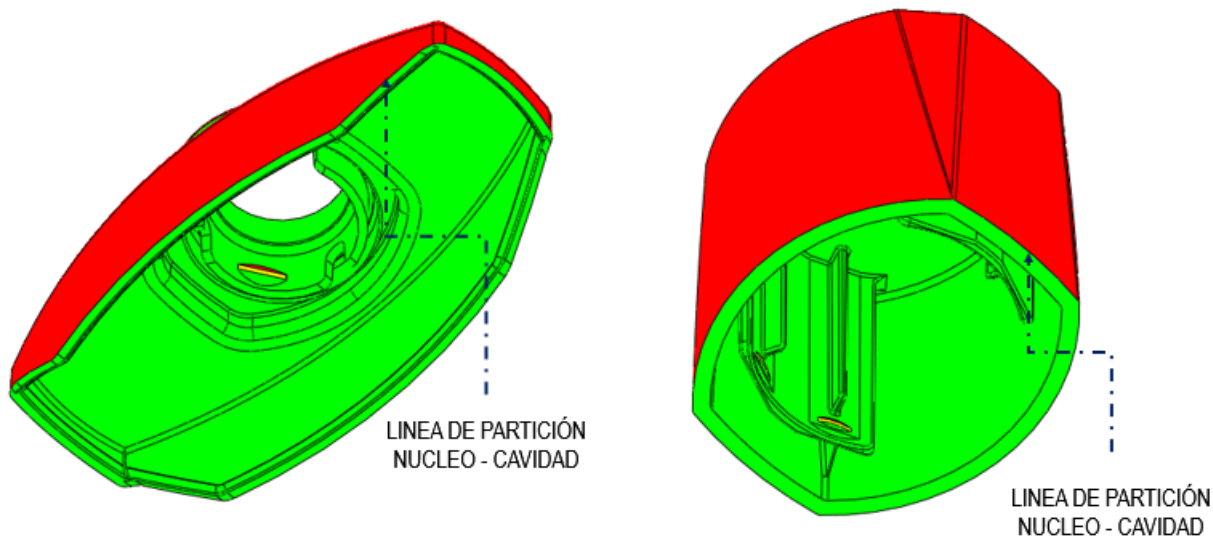
4.2.1.4. Líneas de partición

Una vez analizados los modelos se deben definir las líneas de partición que tendrá cada pieza, estas divisiones permitirán al molde abrir el conjunto cavidad y expulsar el componente, generalmente las superficies externas hasta el borde de la pieza estarán formadas por la cavidad del lado fijo de la máquina, allí es donde se tendrá el canal de alimentación desde el cañón de máquina hacia cada conjunto cavidad. Las superficies interiores hasta el borde de la pieza estarán formadas por el núcleo cavidad el cual estará en el lado móvil de la máquina. A medida que la complejidad de los componentes es mayor, más complejidad será su definición de líneas de

partición, *SolidWorks* y otros programas CAD permiten simplificar la generación de líneas de partición, gracias a los análisis de ángulos de salida.

Figura 29

Líneas de Partición Hombreira – Tapa



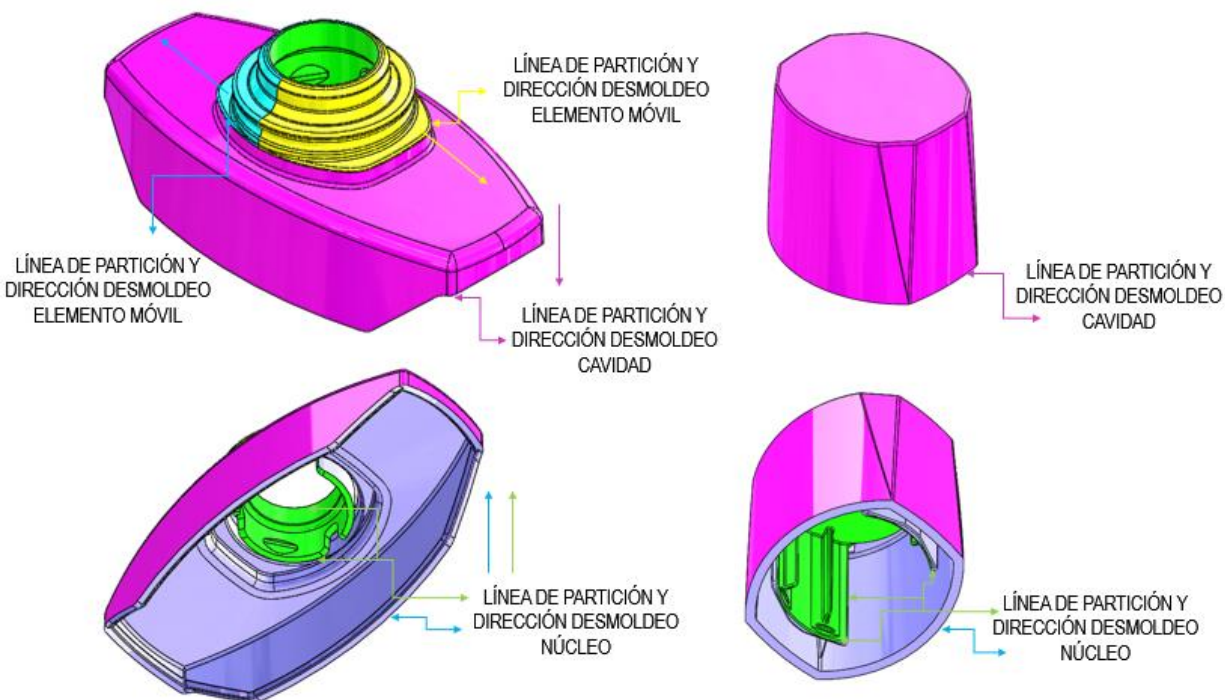
Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

Las líneas de partición mostradas en la figura anterior son las mostradas por el software, no obstante, al dejar estas como únicas podrían llegar a impedir el correcto desmoldeo del componente plástico, ya que no sería posible desmoldar las caras con ángulos negativos al no permitir una flexión del plástico. A su vez la manufactura de las cavidades del molde tendría una complejidad mayor que en ocasiones sería imposible su manufactura con las tecnologías actuales de fabricación. Acorde a la experiencia de los equipos de ingeniería, constructores de moldes y equipos de producción recomiendan descomponer las cavidades en un mayor número de elementos también en caso de un futuro requerirse cambiar partes de cavidad por afectaciones que puedan

generarse durante su producción, sin implicaciones de tiempos prolongados de paradas de molde con las partes de cavidad de repuesto que convencionalmente se hacen en su etapa de desarrollo.

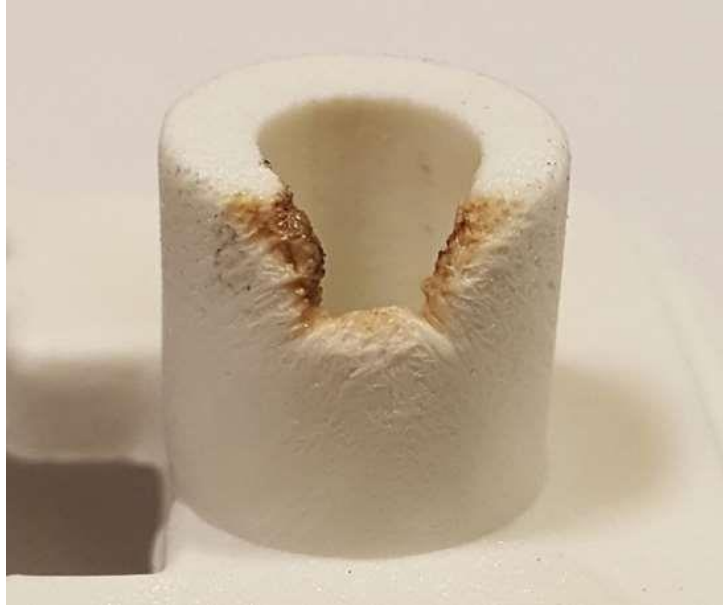
Figura 30

Líneas de Partición Hombreira – Tapa



Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

Si no se contemplaran este tipo de líneas de partición podríamos encontrar en la etapa de producción otros defectos significativos que afectarían el desempeño funcional y estético de la pieza, tales como el efecto *Diesel* en donde generalmente la pieza no logra completar su llenado dado por el aire que queda atrapado y no logra escapar o no alcanza a dirigirse hacia las salidas de aire que se han diseñado en las cavidades. Durante el proceso se opta por aumentar la temperatura de fusión del material plástico para permitir un mejor recorrido, sin embargo, este no logra compensar el defecto, ocasionando la autoignición del plástico generando finalmente las quemaduras de este material.

Figura 31*Efecto Diesel en una Pieza Plástica*

Fuente: <https://www.pt-mexico.com/articulos/regreso-a-lo-basico-en-venteo-de-moldes-parte-1>, 2019.

4.2.1.5. Ubicación del Punto de inyección

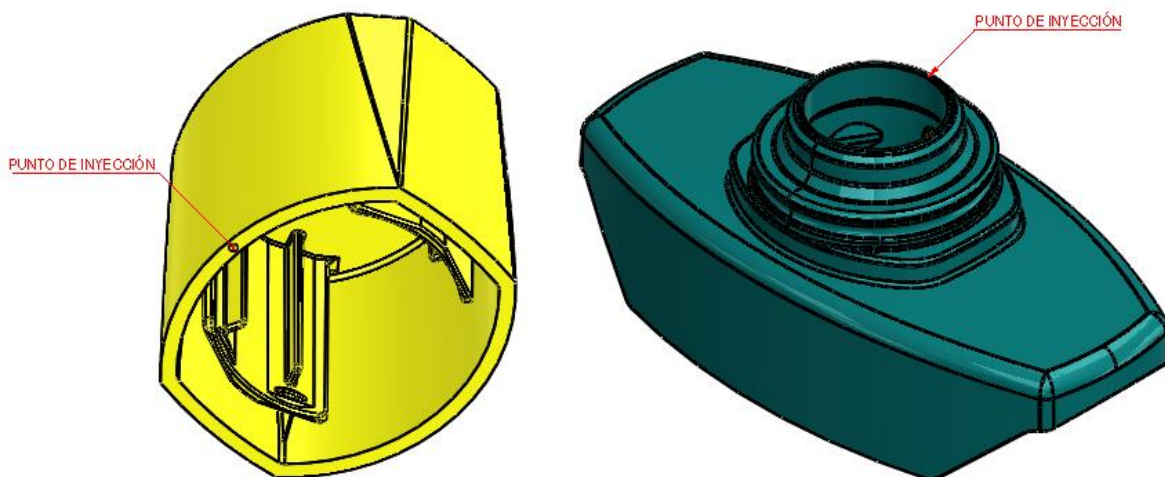
El punto de inyección que tendrá cada componente convencionalmente se define de acuerdo al “*expertise*” del equipo de ingeniería y constructores de moldes. Es una definición importante en los componentes plásticos ya que de allí se puede desprender el éxito en la producción mitigando defectos estéticos y funcionales. La posición en la que entra el polímero para moldear lo mejor posible la pieza permitirá llenar de manera balanceada el volumen de la cavidad hasta la zona más lejana. En los últimos años los equipos se apoyan cuando el componente presenta desafíos en geometría de alta significancia mediante los softwares de ingeniería asistida como el caso de *Moldflow*. Este permite sugerir los puntos de ubicación idóneos en el componente plástico, puede que un solo punto no sea suficiente, lo que para algunos casos requerirá más, a medida que el molde tenga que construirse con varios puntos de inyección su complejidad también

será mayor y su costo de fabricación. Un punto de inyección idóneo busca tener el correcto llenado de la cavidad, garantizar el menor tiempo de ciclo, entregar un componente con la menor cantidad de defectos estéticos y entregar al proceso de inyección el menor porcentaje de merma.

El punto de inyección de la hombrera optimo en tiempo, calidad y costo será en la zona superior. La arista que forma parte del agujero por donde entrara el actuador de la válvula, de esta forma quedara oculto. Para el caso de la tapa tendrá un punto de inyección submarino, el cual nos permite eliminar una tercera placa en el molde y se tendrá una separación automática de la pieza al iniciar la etapa de expulsión.

Figura 32

Punto de Inyección Hombrera – Tapa



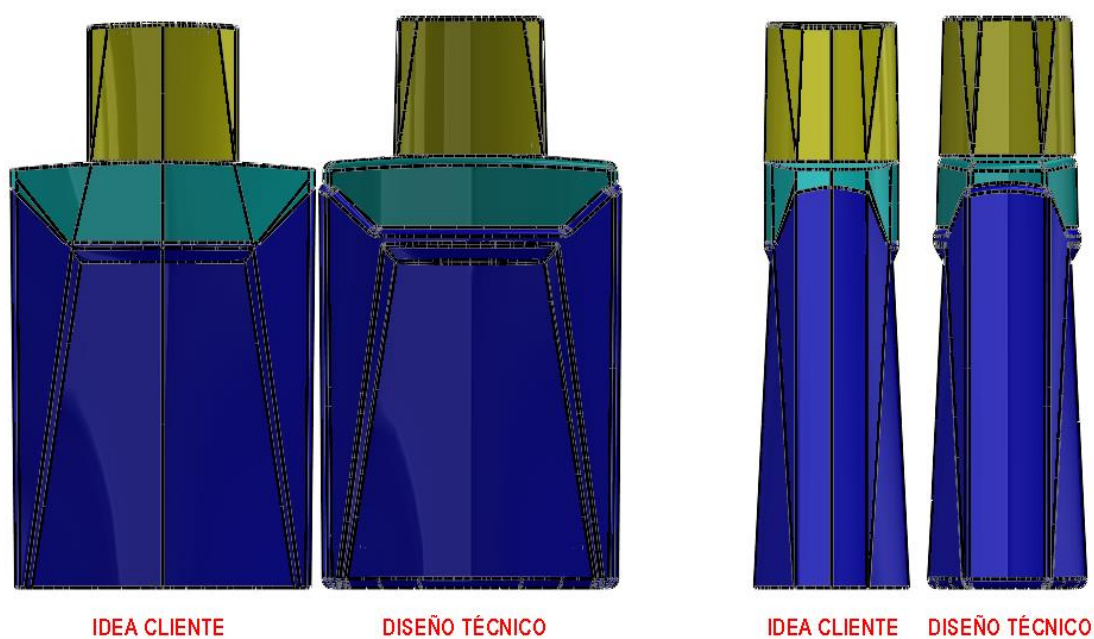
Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

4.2.1.6. Evaluación estética de Diseño Técnico

Una vez definido el diseño técnico se compara con la idea, diseño industrial, modelos del cliente para mostrar las diferencias que buscan garantizar la funcionalidad y mitigar cambios estéticos significativos.

Figura 33

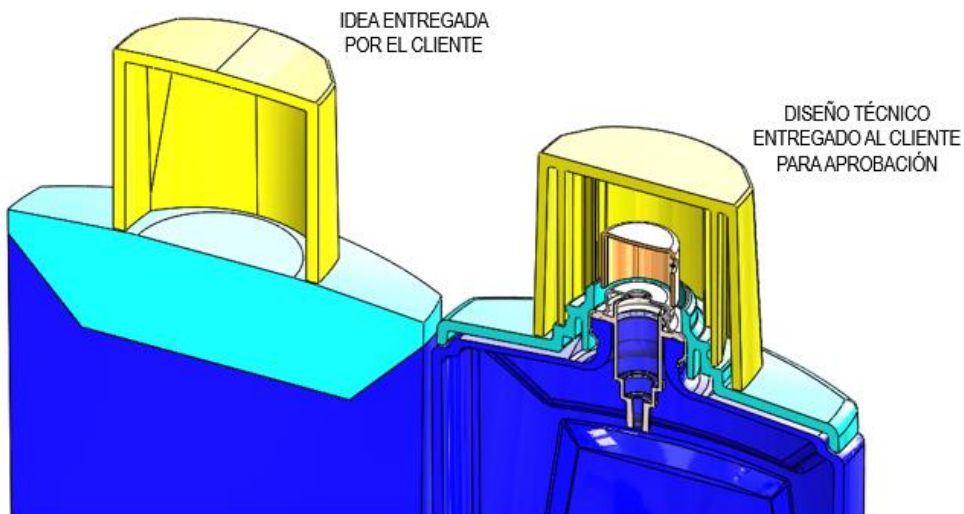
Comparativo Hombreira – Tapa (Idea – Diseño Técnico)



Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

Figura 34

Comparativo Hombrera – Tapa (Idea – Diseño Técnico) Corte Isométrico



Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

4.2.1.7. Generación de planos y prototipos

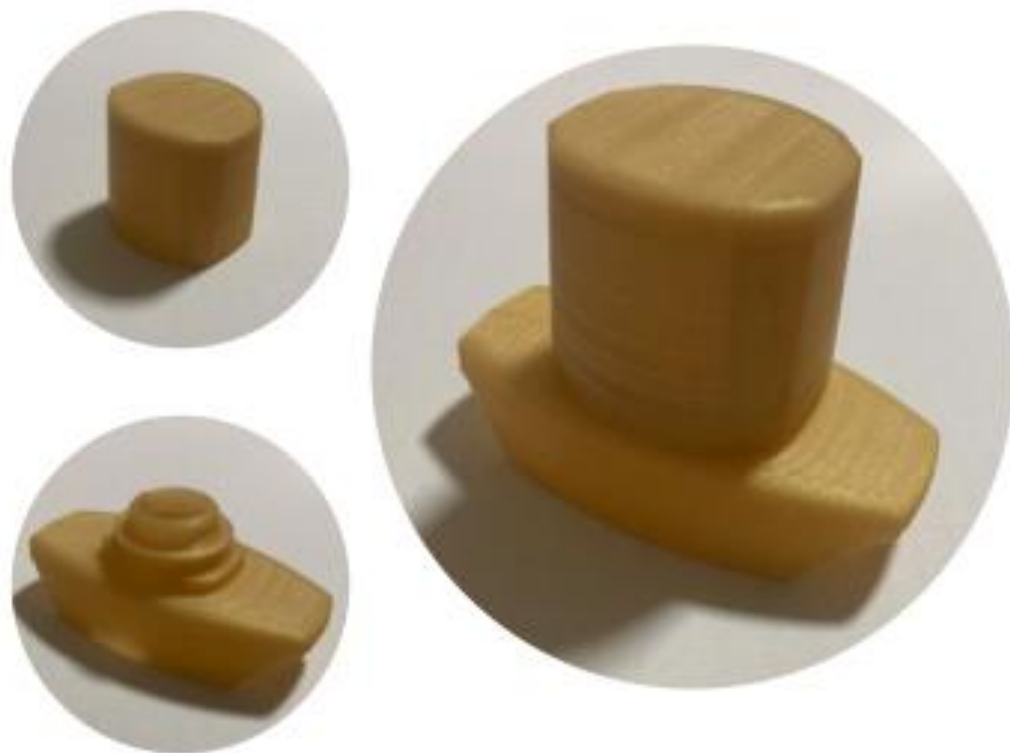
Con el fin de formalizar la aceptación del cliente frente al diseño técnico se generan planos de detalle constructivo con dimensiones y especificaciones, adicional a ello se busca entregar toda la información posible tales como la ubicación del punto de inyección, líneas de partición, tolerancias posibles que se deberán aceptar una vez el molde inicie su etapa productiva, material en que será manufacturado el componente plástico, peso objetivo.

Con los planos se adiciona un prototipo realizado mediante impresión 3D para que el cliente pueda observar físicamente el componente del cual se dispone a hacer diseño y construcción del molde para poder obtener la producción.

Una vez este es aceptado por el cliente, la siguiente fase es realizar el diseño de Molde y su construcción.

Figura 35

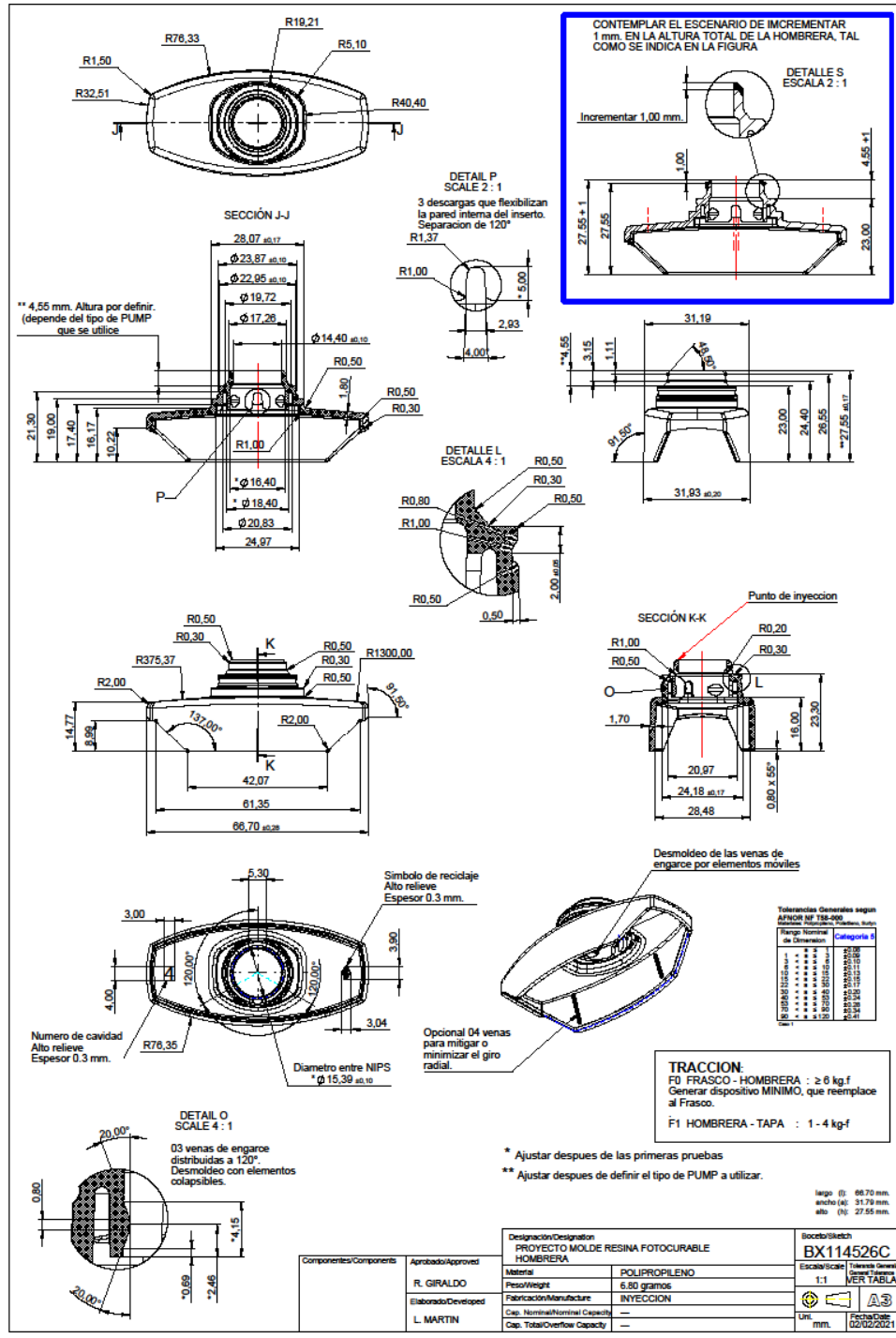
Prototipo Impreso 3D Hombreira – Tapa



Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

Figura 36

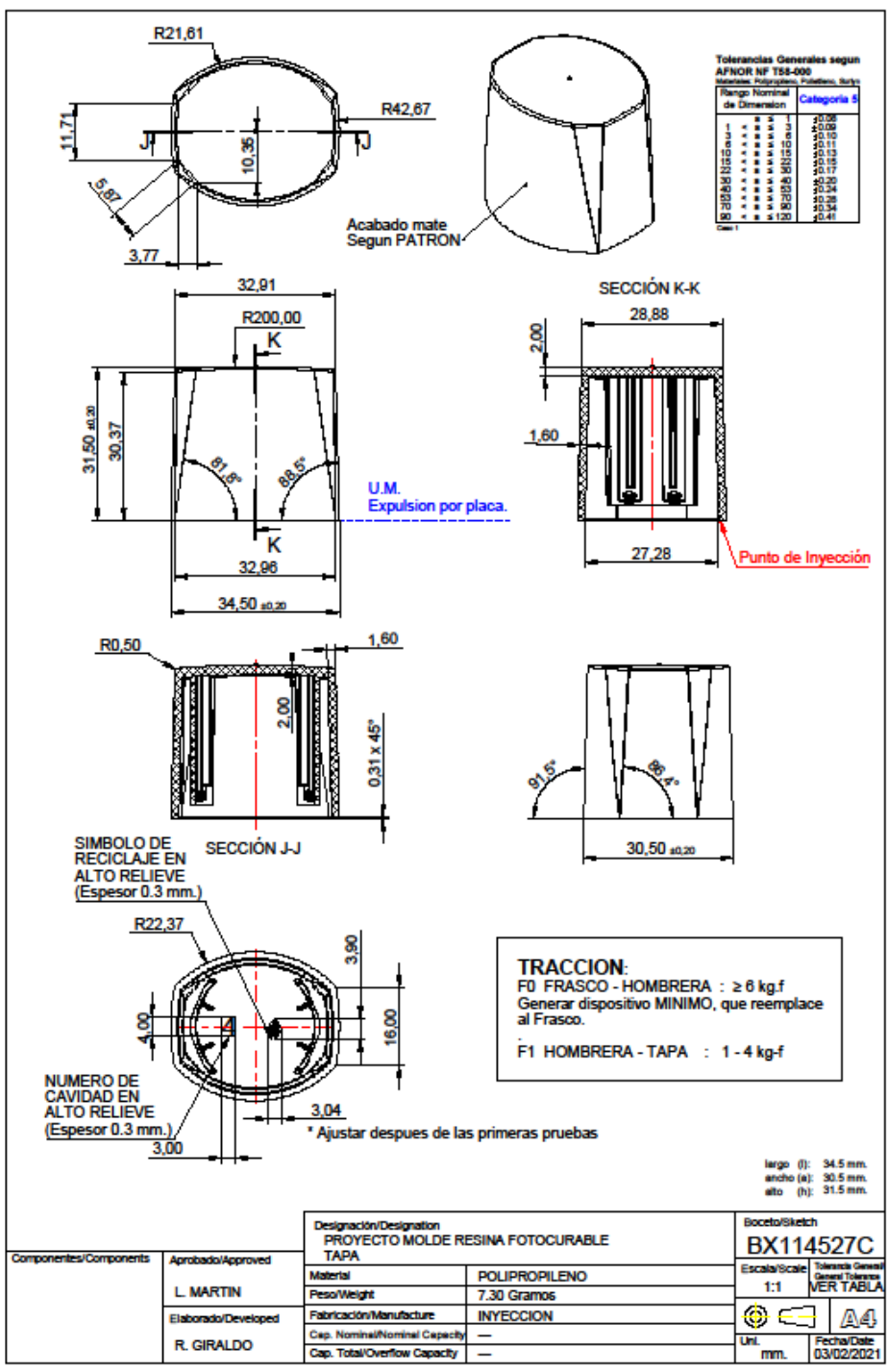
Plano Detalles Constructivos Hombrera



Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

Figura 37

Plano Detalles Constructivos Tapa



Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

4.2.2. Diseño Técnico de Moldes Convencionales

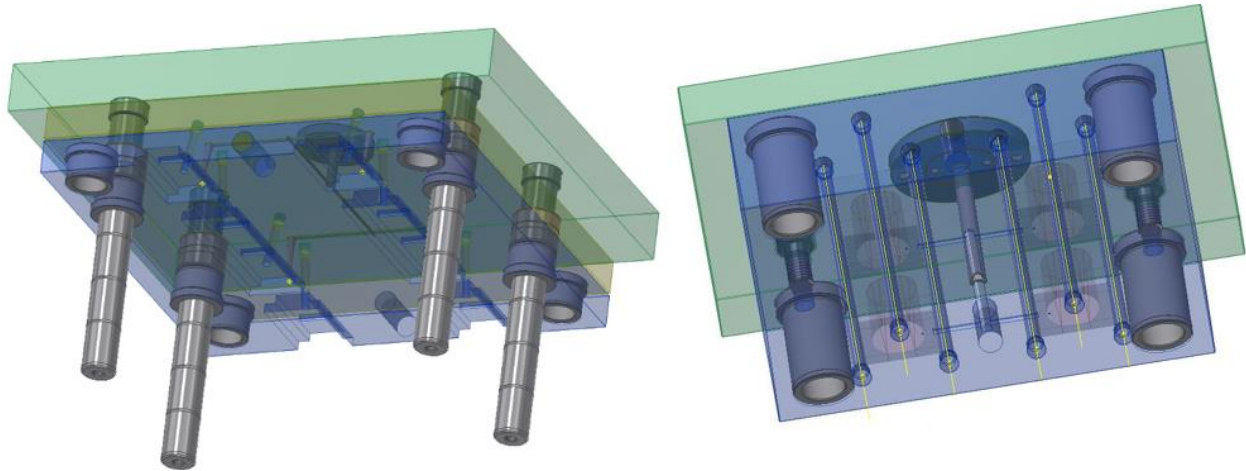
Uno de los objetivos es contar con un componente plástico de bajo costo, esto traducido en moldes convencionales requiere que el número de cavidades balancee la ecuación, entre mayor sea el número de cavidades más productivo será por ciclo de inyección y menor el costo de pieza extraída por ciclo.

4.2.2.1. Placa fija en Moldes Convencionales

Los moldes de inyección generalmente presentan dos partes principales las cuales se diferencian de la zona donde han sido amarradas, el lado fijo que corresponde a la zona de inyección, esta se brida en la máquina inyectora garantizando se posicione a la zona media de la altura del cañón de inyección. El lado móvil siendo la parte del molde que expulsará las piezas plásticas estará bridada en la placa de la máquina inyectora la cual tendrá un desplazamiento lineal con el fin de abrir y cerrar el molde en cada ciclo, que a su vez es también llamado lado móvil de máquina. Los casos de moldes de tapa y hombrera tendrán una tipología bastante usada en la industria de manufactura de moldes, en donde para el lado fijo de máquina se amarra una placa y las siguientes contendrán las cavidades que formarán la geometría externa de los componentes a inyectar en caso que los componentes tengan contrasalidas en su geometría externa, se proyectará una placa intermedia que mantendrá guías inclinadas para desplazar aquellos elementos móviles; llamados patines que permiten el desmoldeo de estos ángulos negativos como el caso de la hombrera.

Figura 38

Parte Fija de Moldes Tapa - Hombreira



Molde Hombreira

Molde Tapa

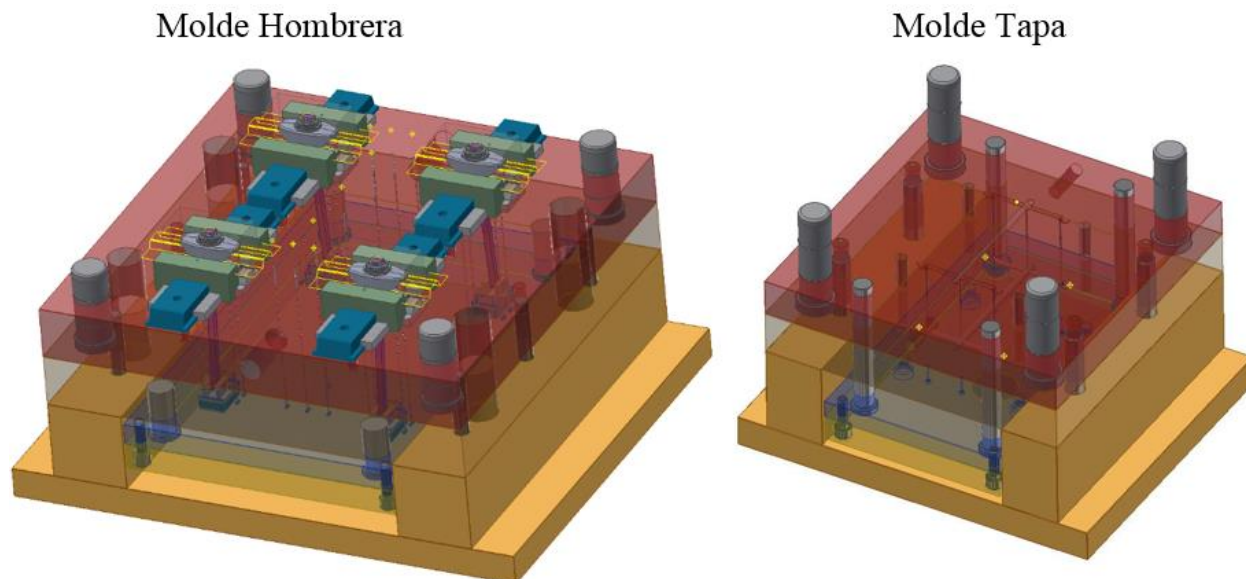
Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

4.2.2.2. Elementos móviles en Moldes Convencionales

La parte móvil del molde presenta un grado de complejidad mayor, este se encuentra conformado por los núcleos de la cavidad los cuales forman la geometría interna de las piezas plásticas, adicional a ello contarán con los paquetes expulsores los cuales generan la extracción de estas.

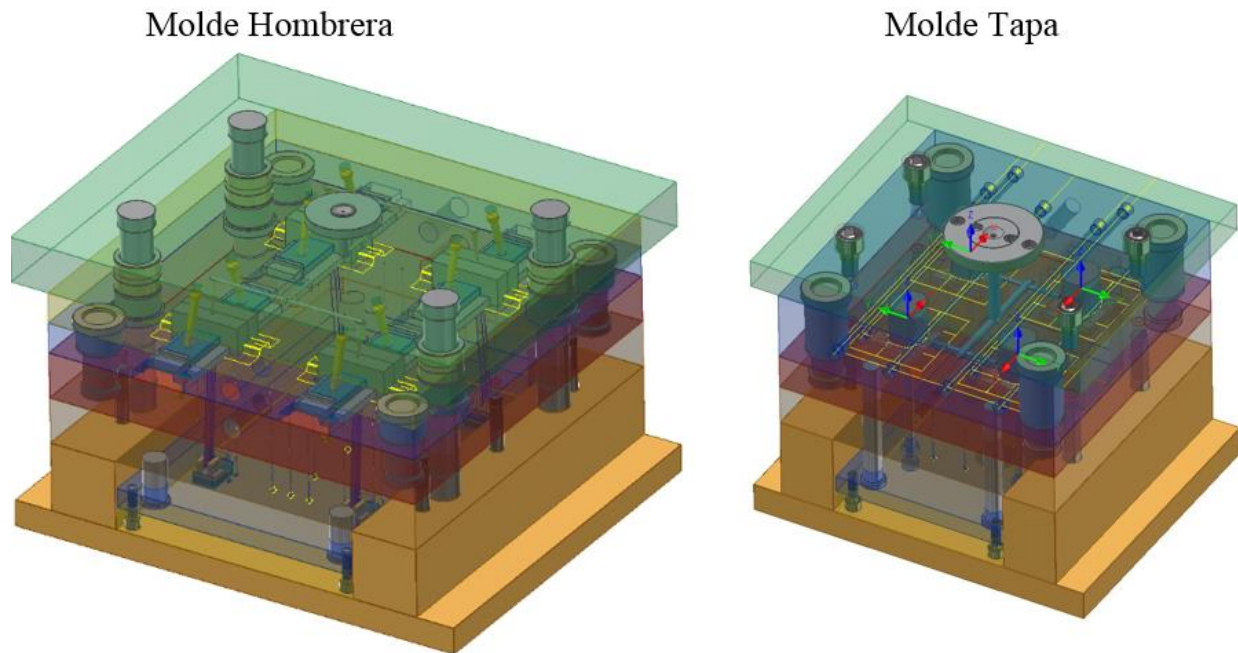
Figura 39

Parte móvil de Moldes Tapa - Hombreira



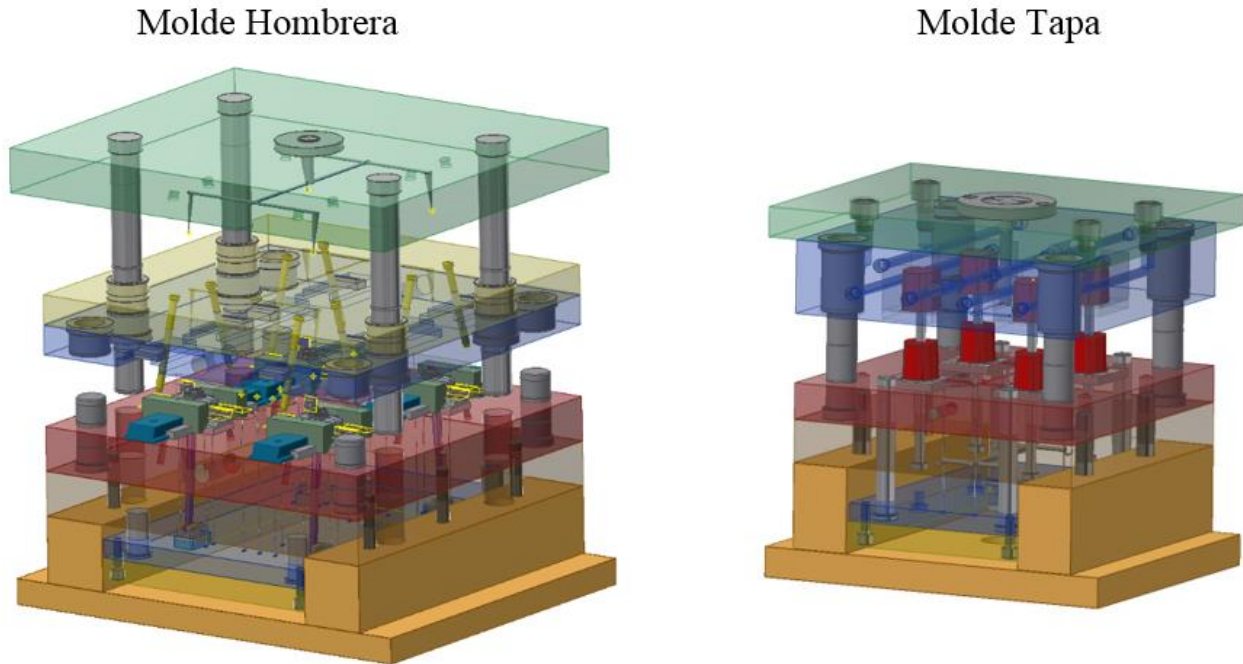
Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

Las dimensiones de largo y ancho de placa se han estimado con base en las máquinas de inyección que suelen trabajar componentes de estos tamaños, así como la disposición de las 4 cavidades con el fin de garantizar los circuitos de refrigeración, sistema de guiado para el desplazamiento de las placas, el balanceo óptimo de llenado y los desplazamientos de los elementos móviles.

Figura 40*Moldes Tapa – Hombreira*

Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

Los espesores de las diferentes placas que conforman el portamolde pueden tener variaciones, sin embargo, se busca tener el espesor óptimo de cara a la altura de los componentes plásticos y el conjunto de cavidad y núcleo. Los materiales de estos portamoldes se trabajarán acorde al estándar manejado a nivel mundial.

Figura 41*Parte móvil de Moldes Tapa - Hombrera***Fuente:** Elaboración propia, Colombia, año 2021

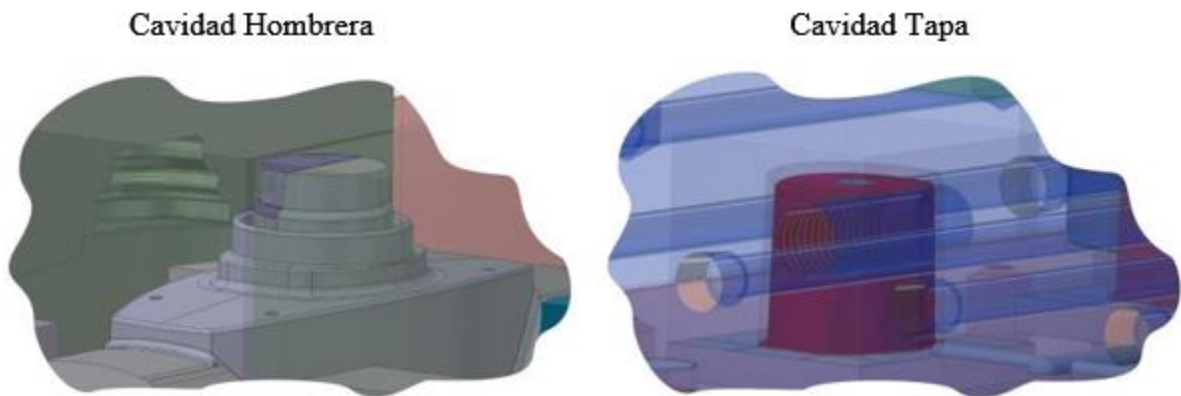
El diseño del molde inicia entregando al componente plástico un factor de contracción y esto es debido a que durante la etapa de refrigeración una vez la pieza termina su ciclo de inyección e inicia el proceso de solidificación se genera un cambio de volumen generando así una disminución de tamaño, casos como hombrera y tapa que se inyectaran en polipropileno tendrá un factor de contracción de 1.5%.

El diseño técnico de la pieza permitió en su momento definir las líneas de partición correctas y estas son aquellas aristas que facilitaran conformarán el conjunto núcleo cavidad del molde, con ayuda del asistente de *SolidWorks* se generaran el conjunto mediante la herramienta cavidad. Aquí es fundamental contar con la pieza que ya cuenta con el factor de contracción y un

modelo que será definido como base de molde la cual contendrá todas las superficies de la pieza a moldear. Una vez se ha generado la cavidad, seguido a ello se utilizan las líneas de partición las cuales se encuentran en los bordes de la pieza plástica, estas se utilizan para crear las superficies de partición que permitirán el corte y dividir el núcleo y la cavidad.

Figura 42

Cavidades de Moldes Tapa - Hombrera

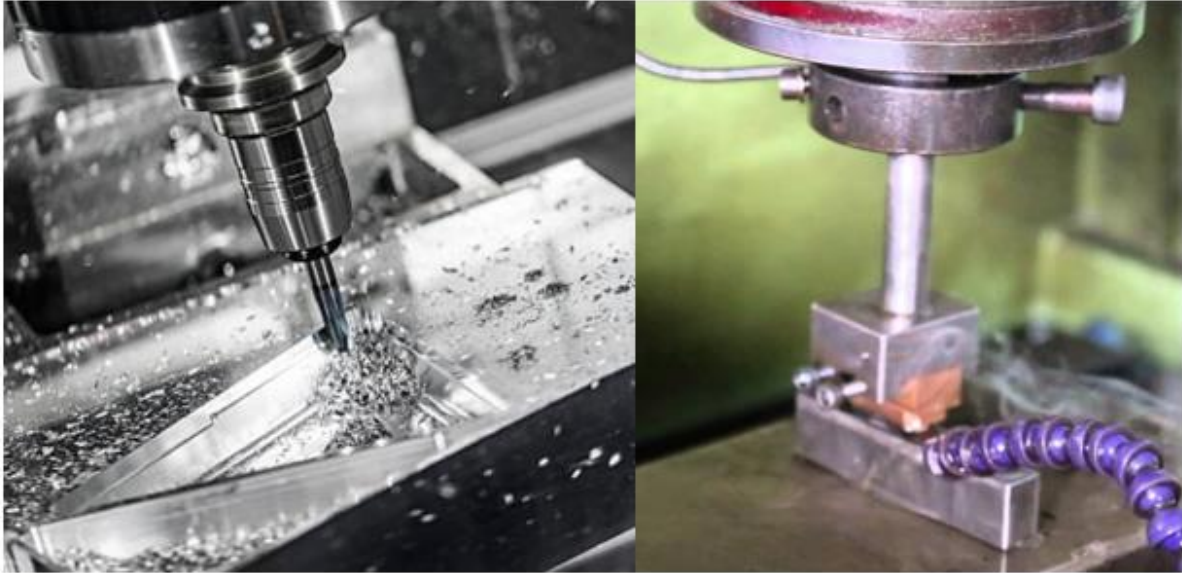


Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

La manufactura de estas cavidades suele utilizar los métodos convencionales de mecanizado siendo estos los de arranque de viruta y mecanizado por descarga eléctrica. Los aceros utilizados tienen características para trabajo en caliente, esto permite que se mecanicen las cavidades a un nivel de desbaste, se traten térmicamente para ofrecer una mayor dureza y posterior a ello se finaliza la cavidad, entregando los acabados superficiales que tendrán relacionados al acabado superficial de la pieza plástica.

Figura 43

Mecanizados Convencionales para Manufactura de Moldes



Mecanizado por
arranque de viruta

Mecanizado por
descarga eléctrica

Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

Después de tener la cavidad completa se procede a distribuir de forma equidistante las cavidades considerando los espacios de recorrido para los canales de alimentación como de refrigeración. Basados en esto y las dimensiones de moldes que pueden utilizar las plantas de inyección que fabrican este tipo de componentes, se compran los aceros necesarios para construir el portamolde y demás componentes. Hoy día algunos constructores optan por importar un portamolde con elementos normalizados los cuales pueden ser de empresas como *Hasco*, *DME*, *Meusburger* que para nuestro caso utilizaremos portamoldes estándar de esta empresa Austriaca que cuenta con más de 50 años de experiencia en mecanizados y fabricación moldes y troqueles

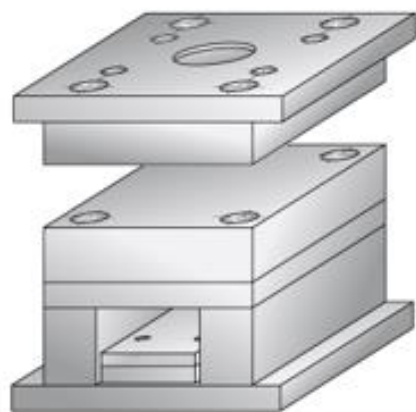
estándar. Al contar con la posibilidad de implementar este tipo de elementos en el país permite garantizar la precisión de cada una de las piezas que el portamolde está involucrando y así ofrecer los ciclos de garantía que un molde de este tipo requiere para compensar el costo de molde y las unidades en el costo de pieza plástica.

Meusburger líder en el mercado mundial de elementos normalizados de alta precisión, tiene una aplicación online que ofrece seleccionar portamolde estándar ya encolumnados facilitando a los fabricantes del molde en su construcción.

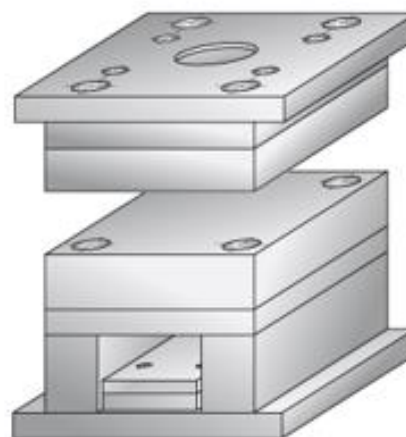
Figura 44

Porta Moldes Estándar Tapa - Hombreira

meusburger



PORTA MOLDE ESTANDAR
TAPA



PORTA MOLDE ESTANDAR
HOMBRERA

Fuente:

https://ecom.meusburger.com/fpl_menu/index.asp?rnd=&emos_sid=AXh0YIt3*GAzJIKDrFJ*SvHhpYRZR
Yer&emos_vid=AXh0YIt3*GAzJIKDrFJ*SvHhpYRZR, 2021.

Algunos materiales en la construcción de moldes se utilizan a nivel mundial y están normalizados basados en una nomenclatura y composición. El instituto americano del hierro y el acero y la sociedad de ingenieros automotrices permite identificar con facilidad los tipos de aceros más comunes utilizados en la industria de moldes para inyección de plástico.

En la tabla número 2 se encuentran algunos aceros que se comercializan en el mercado mundial y de los cuales se utilizan para la manufactura de los diferentes elementos ya sean estandarizados o que el constructor de moldes decida fabricarlos en su taller. Este tipo de materiales debido a sus características permite recibir tratamientos térmicos los cuales brindan características mecánicas mejoradas para que la pieza tenga una mayor vida útil y así mismo evitar deformaciones o daños irreparables debido a la fricción que estos aceros ejercen en los diferentes movimientos realizados en el molde, durante su apertura y cierre para generar cada ciclo de inyección.

Tabla 2*Aceros Para Moldes de Inyección*

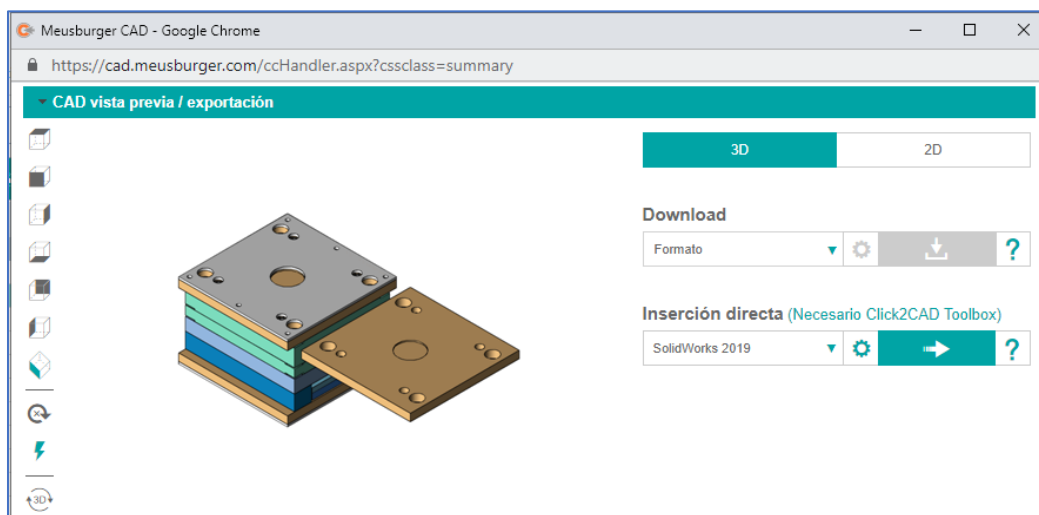
| TIPO DE ACERO | APLICACIONES RECOMENDADAS |
|---|---|
| AISI 1045 - Acero al carbono - Dureza RC 20 - 26 | <ul style="list-style-type: none"> • Placas de portamolde para amarre a máquina • Placas de portamolde que no incluye circuitos de refrigeración. |
| AISI P20 / WNr 1.2738 - Acero aleado al cromo, Níquel, Molibdeno. | <ul style="list-style-type: none"> • Placas de portamolde con circuitos de refrigeración. |
| 1.2316 - Acero inoxidable - Resistente a la corrosión - Excelente polichabilidad | <ul style="list-style-type: none"> • Placas de portamolde porta cavidades. • Placas de portamolde con canal de inyección. |
| AISI /SAE 4340 - Alta ductilidad - Alta tenacidad - Resistente a la fatiga - Dureza RC 57 – 62 | <ul style="list-style-type: none"> • Sistema de encolumnado (guiado de molde). |
| AISI /SAE H13 - Resistente a altas temperaturas - Alta tenacidad - Excelentes propiedades de pulido - Dureza RC 38 – 53 | <ul style="list-style-type: none"> • Cavidades. |
| AISI D2 - Alto carbono - Alto cromo - Acero de herramienta - Trabajo en frío - Temple en aire - Dureza RC 54 - 62 | <ul style="list-style-type: none"> • Machos deslizantes. • Elevadores. |

Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

Una vez seleccionado el tipo de portamolde, tamaño y espesores de placa es posible realizar la transferencia CAD el cual brinda la posibilidad de llevarlo a diferentes tipos de software como en nuestro caso *SolidWorks*.

Figura 45

Porta Moldes Estándar Tapa - Hombreira



Fuente: <https://cad.meusburger.com/ccHandler.aspx?cssclass=summary>, año 2021

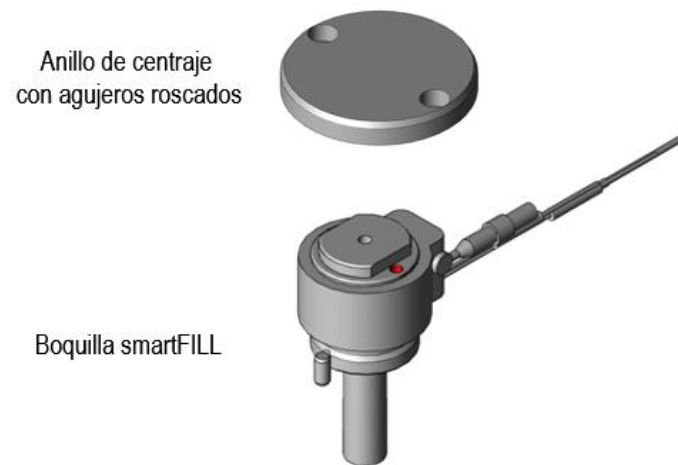
Los talleres constructores de moldes a nivel mundial hoy día tienen la posibilidad de importar tanto portamoldes como aquellos accesorios necesarios para completar la fabricación del molde y que este ofrezca la garantía para el cliente, que convencionalmente está definido entre 500.000 hasta 1'000.000 de cierres de molde.

Dentro de aquellos accesorios, una pieza inicial que se debe incorporar al molde es el disco de centrado, este será el contacto con el cañón de la máquina, y sostendrá la boquilla de llenado inteligente que mantiene el volumen que contiene esta boquilla en estadoseudoplástico y así hace más eficiente el llenado hacia la zona central del canal frío. Esta boquilla internamente posee una resistencia la cual conecta con un controlador de temperatura de la máquina inyectora,

así podrá capturar los datos de temperatura y parametrizar los grados necesarios manteniendo el plástico en el estado necesario para que no se degrade y para que no se solidifique.

Figura 46

Partes Estándar Sistema de alimentación moldes Tapa – Hombrera



Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

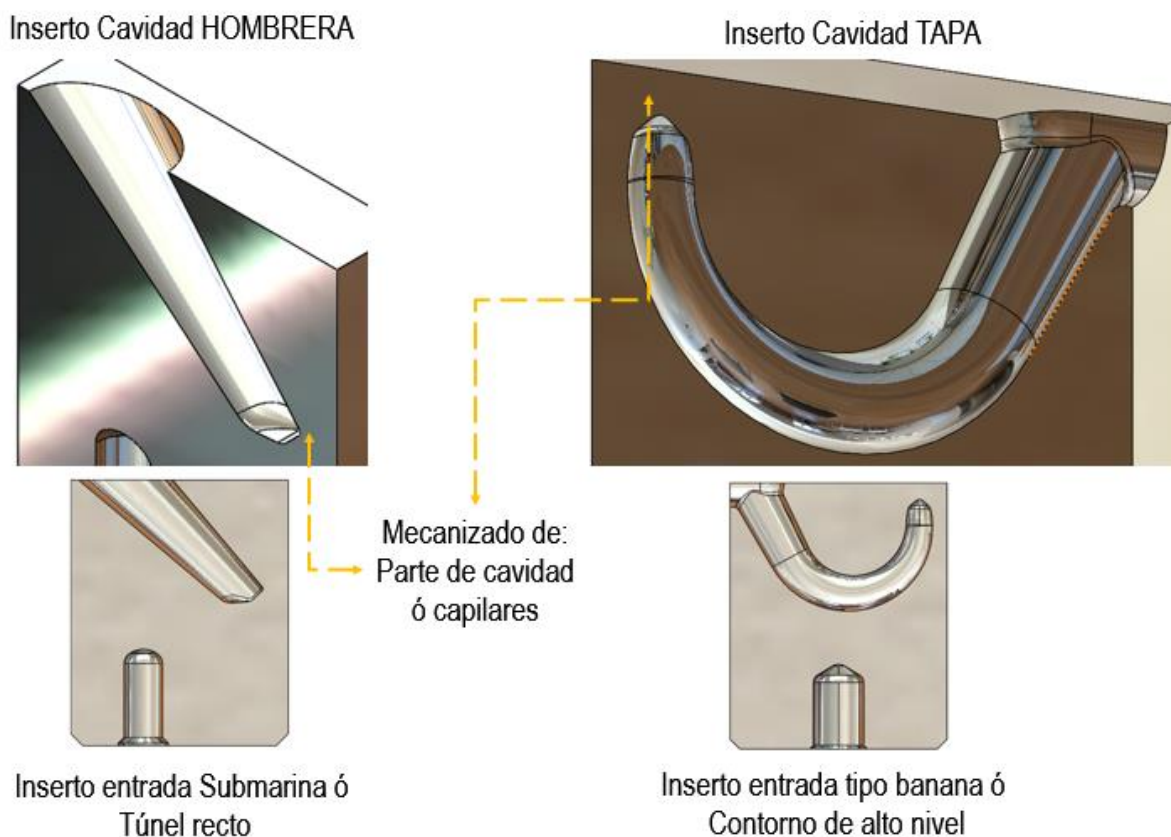
4.2.2.3. Definición puntos de inyección y Colada en Moldes Convencionales

Los puntos de inyección son fabricados mediante insertos en aceros que pueden obtener durezas medidas en *Rockwell C* aproximados a 54HRC (*Rockwell C Hardness*) unidad de medida para verificar la dureza de los aceros. Estos insertos permiten un comportamiento de llenado equilibrado para este tipo de moldes que contienen más de una cavidad, sin embargo, los diámetros de entrada y el canal de alimentación deberá tener dimensiones con tolerancias cercanas a centésimas de milímetro para mitigar el desbalanceo entre cavidades. El molde de la hombrera tendrá una inyección tipo submarina o túnel recto, la cual permite hacer la inyección en el borde superior del cilindro interno, allí se alojará el actuador de la válvula, en cambio el

molde de la tapa contará con una entrada de inyección tipo banana o contorno de alto nivel para alojar el punto de inyección en la cara inferior.

Figura 47

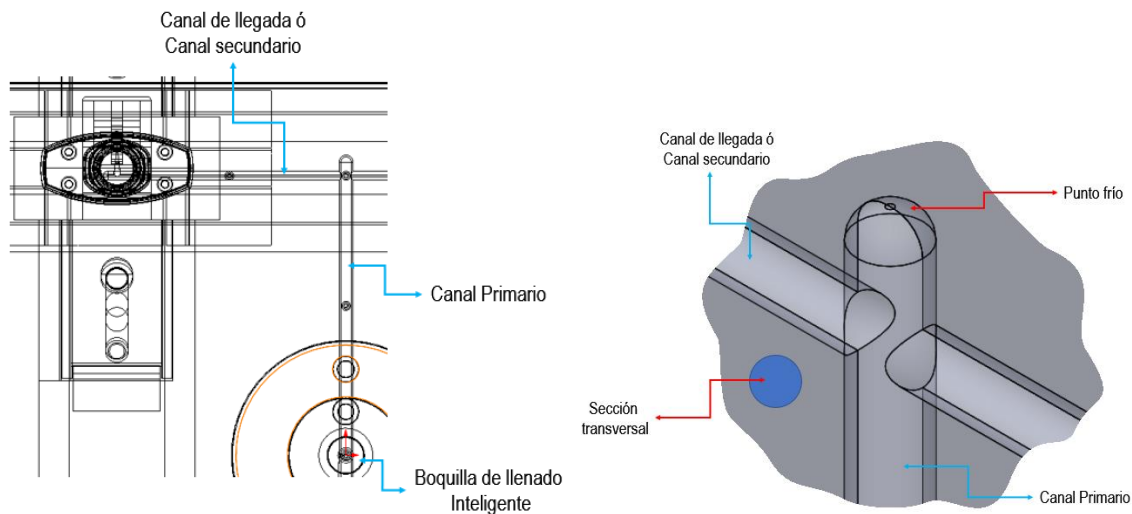
Inserto Entrada de Inyección Cavidad Moldes Tapa – Hombreira



Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

Con el fin de lograr unir los puntos de inyección de cada cavidad con la zona central de la placa donde se aloja la boquilla de llenado inteligente; se debe mecanizar el canal de alimentación. Acorde a la disposición de las 4 cavidades tanto en tapa como en hombreira contara con un canal primario y 2 canales secundarios, en moldes de inyección con múltiples cavidades es fundamental que el llenado sea equilibrado, es decir que las 4 cavidades del molde llenen en

su totalidad simultáneamente. La forma convencional es trabajando distancias iguales desde cada cavidad hasta el centro de la boquilla. La sección transversal de estos canales es circular, siendo este el más óptimo para el llenado y más complejo en el mecanizado, por lo tanto, debe ser mecanizado mediante control numérico computarizado para garantizar el ajuste entre el mecanizado dado en las dos placas que lo contienen. El diámetro de la sección del canal de llegada hacia el punto de inyección se calcula basados en la suma del máximo espesor del producto y 1.5 milímetros, el siguiente canal de alimentación será calculado con la suma del resultado anterior y 1.0 milímetros, así sucesivamente hasta llegar a la entrada de la boquilla de llenado inteligente, para los moldes diseñados, se tendrán dos canales, el canal de llegada llamado canal secundario y el canal primario. El canal primario que entrega el flujo de la inyección a los canales secundarios debe tener por diseño un alojamiento para el material plástico que en su recorriendo va adelante; llamado punto frío, este presenta un diferencial de temperatura que va restringiendo su desplazamiento a medida que avanza, por lo tanto, al tener el alojamiento del punto frío este se queda retenido allí y el material más caliente avanza a los canales secundarios.

Figura 48*Canal de Alimentación Moldes Tapa – Hombreira*

Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

4.2.2.4. Sistema de Guiado, Alineación y Centrado en Moldes Convencionales

Los sistemas de guiado en el molde también pueden ser elementos estandarizados que son posibles conseguir con esta empresa Austriaca, estos se fabrican en aceros bonificados alusión a aceros que entregan tratados previamente con temple y revenido entregando una dureza previa cercana a los 32 HRC que le brinda propiedades mecánicas resistentes a la fatiga. Estos elementos pueden tener una vida útil cercana a los 250.000 cierres de molde. Para aumentar su eficiencia, *Meusburger* aplica recubrimientos DLC (*Diamond – Like – Carbon*) este acabado carbono tipo diamante brinda un aumento en su dureza y resistencia al desgaste, más cuando estos elementos serán sometidos a un deslizamiento continuo. Dentro de los sistemas de guiado, también están considerados aquellas guías para elementos móviles, en el caso del molde de la hombrera se utilizan guías inclinadas para dar apertura y dar cierre a estos que formaran la parte superior del cilindro de la corona, en donde se sujetara la tapa.

Figura 49

Partes Estándar Sistema de Guiado para moldes Tapa – Hombreira

Columna-guía con centrador,
sin ranuras de lubricación, con recubrimiento DLC



Casquillo guía

Guía inclinada con cabeza inclinada



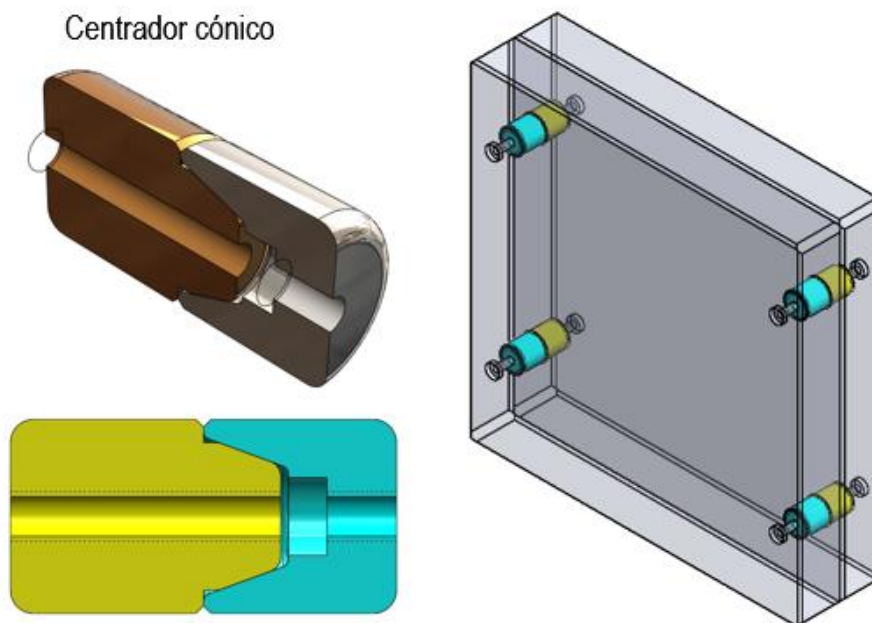
Alojamiento para guía inclinada

Fuente: https://ecom.meusburger.com/e_menu_gruppen/index.asp, año 2021

Debido a que los moldes contienen 4 cavidades se incluyen sistemas de alineación y centrado entre placas del conjunto núcleo y cavidad, estos elementos mantienen la alineación del conjunto evitando que se tengan descentramientos causados por holguras en el sistema de guiado principal del molde. El diseño más utilizado es el mostrado en la figura, un ajuste entre conos.

Figura 50

Sistema de alineación y centrado en Placas Núcleo – Cavity Moldes Tapa – Hombreira



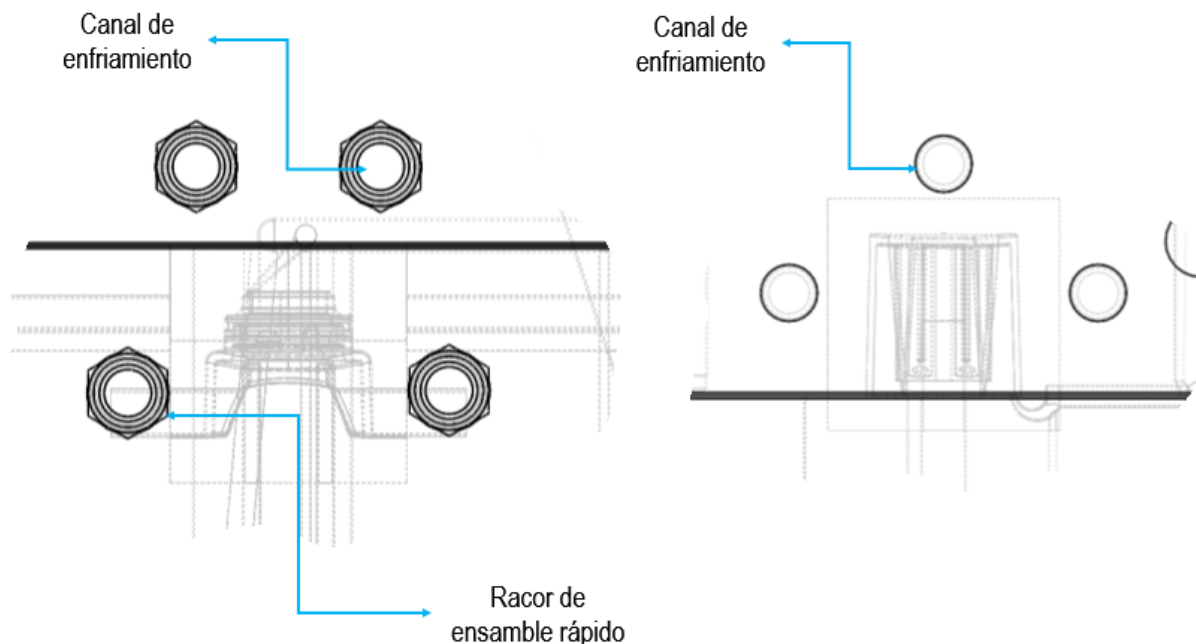
Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

4.2.2.5. Sistema de Refrigeración en Moldes Convencionales

Una vez el molde de inyección inicia su etapa de producción, en la fase de configuración de proceso se hace necesario aumentar la temperatura del molde, este para que no genere un choque térmico entre la temperatura de la cavidad y el plástico fundido que viaja por los canales de alimentación y finalmente llega a la cavidad, a medida que el molde realiza los ciclos por transferencia térmica el molde presenta un aumento de temperatura y este a su vez debe iniciar un balance térmico para lograr la expulsión del componente plástico, los circuitos de refrigeración juegan aquí un papel primordial, permiten que se realice este balance de temperatura en el molde, logrando que dentro de los circuitos entre y salga fluido constantemente, haciendo eficiente el proceso de inyección. La recomendación de los

transformadores de plástico es tener un circuito de refrigeración de manera independiente para cada cavidad, de esta forma la temperatura de cada circuito tendrá un mínimo diferencial térmico y las contracciones del componente plástico será similar en el 100% de las cavidades, esto sin embargo requiere que los periféricos de la máquina inyectora que entregan el fluido para los circuitos de refrigeración distribuya a menos cantidad de máquinas, implicando mayor inversión por las empresas de transformación plástica. Es por esto que la refrigeración se da por cada dos cavidades convencionalmente, logrando así balancear la refrigeración en los moldes vs la cantidad de periféricos.

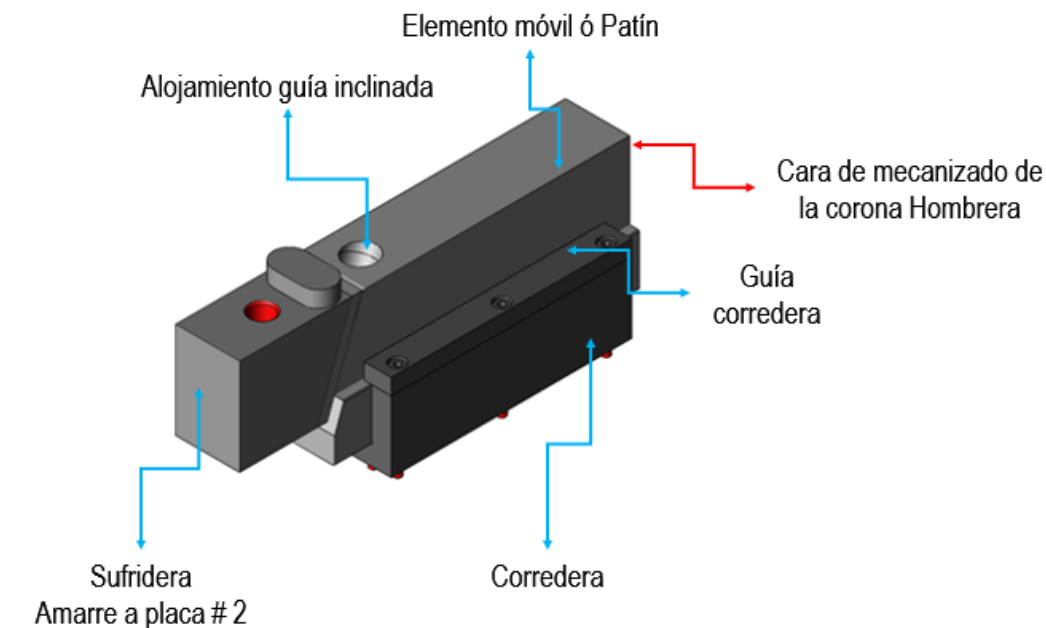
Por las caras laterales de las placas se realizan taladros que pasan cerca de la pared de la cavidad, una recomendación convencionalmente utilizada es colocar los canales de refrigeración a una distancia entre dos y tres veces el diámetro del taladro, a menor distancia de la pared de la cavidad, menor será la temperatura, sin embargo, la distribución en la totalidad de la superficie será menos eficiente. A medida que las cavidades son más grandes, se sugieren emplear materiales con mayor conductividad térmica para disminuir la temperatura de la cavidad, no obstante, el costo de molde será mayor y la vida útil de las piezas fabricadas en estos materiales será menor. Cada entrada y salida del circuito de refrigeración contará con racores de ensamble rápido, es un tipo de acople que brinda la posibilidad de ensamblar y desensamblar de manera ágil las mangueras que conducen el fluido de refrigeración.

Figura 51*Sistema de Refrigeración Moldes Tapa - Hombrera*

Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

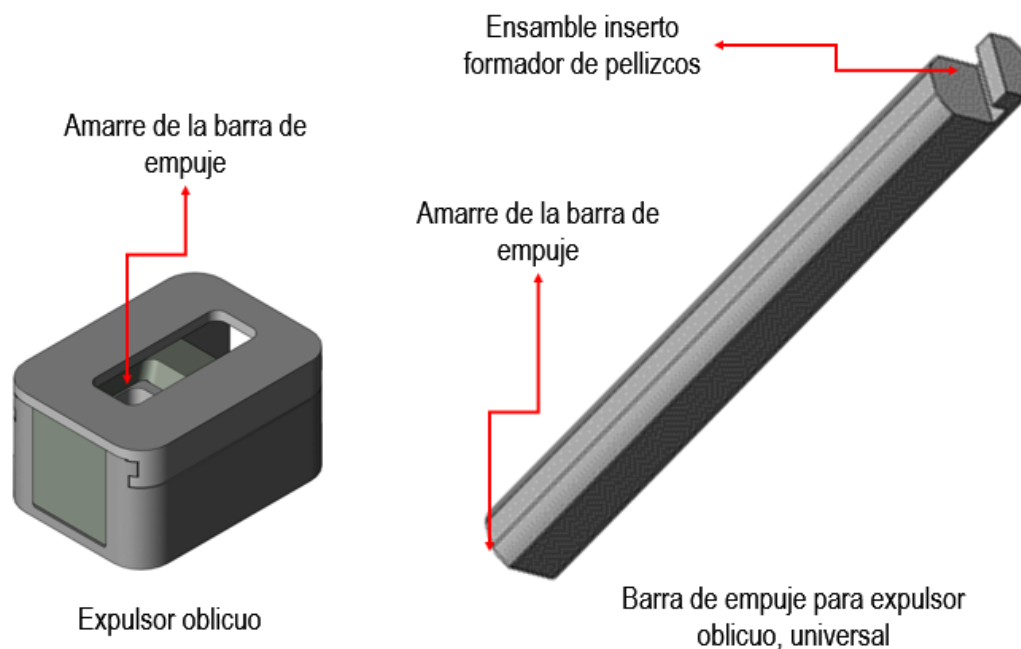
4.2.2.6. Sistema de Expulsión en Moldes Convencionales

Para formar ángulos negativos – contrasalidas que no puedan ser extraídas por expulsión natural, se deben considerar elementos móviles, para el caso de la hombrera se requiere dos tipos de elementos móviles, la zona de cavidad tendrá que albergar un conjunto de elementos que desmolden la geometría superior externa de la hombrera, estos serán desplazados mediante guías inclinadas que durante la apertura del molde permitirán liberar la zona sin que esta sufra deformaciones.

Figura 52*Sistema de Elementos Móviles en Molde de Hombreira*

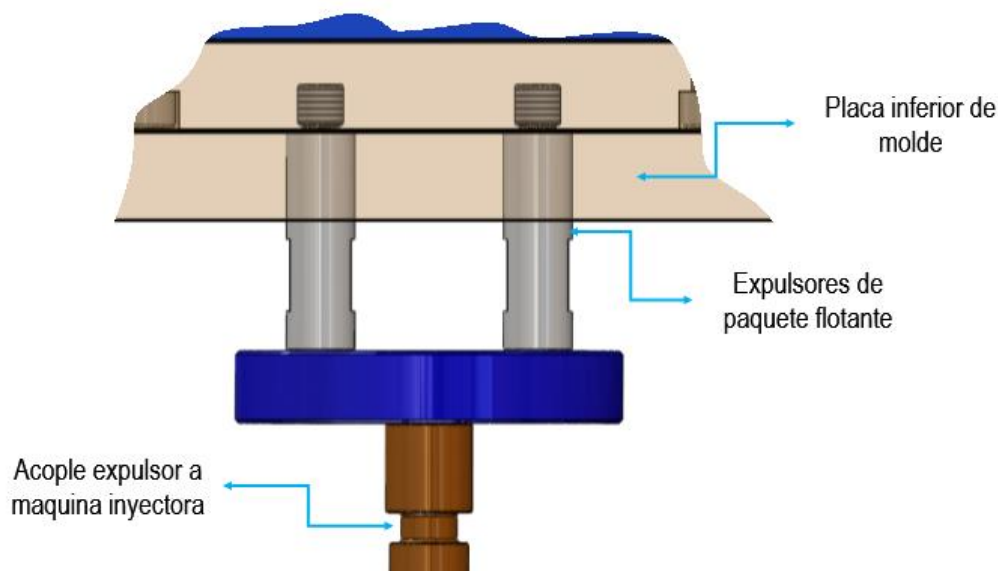
Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

La geometría interna en la hombrera debido a las 4 cavidades, requiere que al menos uno o dos de los 3 pellizcos que cuenta este componente plástico sea liberado mediante un elemento móvil llamado expulsor oblicuo, llamado así debido a que su desplazamiento está comprendido entre el sentido de apertura del molde y las caras de sujeción del molde a la máquina, este tipo de expulsores se incluye en el paquete de placas flotantes del molde, cuenta con un pin que sostiene la barra de empuje y a su vez le brinda la posibilidad de giro convirtiendo este en un movimiento lineal hacia la zona de desmolde de los pellizcos. Así el componente plástico no sufre mayor deformación en los pellizcos al momento de ser extraída.

Figura 53*Sistema de Expulsor Oblicuo en Molde de Hombreira*

Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

Finalmente, para garantizar la extracción del componente plástico una vez ha cumplido su ciclo de llenado, empaquetado y refrigeración un mecanismo anclado a la parte móvil de la máquina inyectora inicia su trabajo, el sistema de expulsión. Los moldes de tapa y hombrera cuentan con un paquete de placas unidas por tornillos los cuales contienen los expulsores cilíndricos que harán la función de empujar tanto la colada fría como los 4 componentes plásticos que salen de cada ciclo. Este paquete se desplazará con la carrera necesaria para que el componente recorra la longitud del núcleo quedando libre completamente.

Figura 54*Sistema de Expulsión Moldes Tapa - Hombreira*

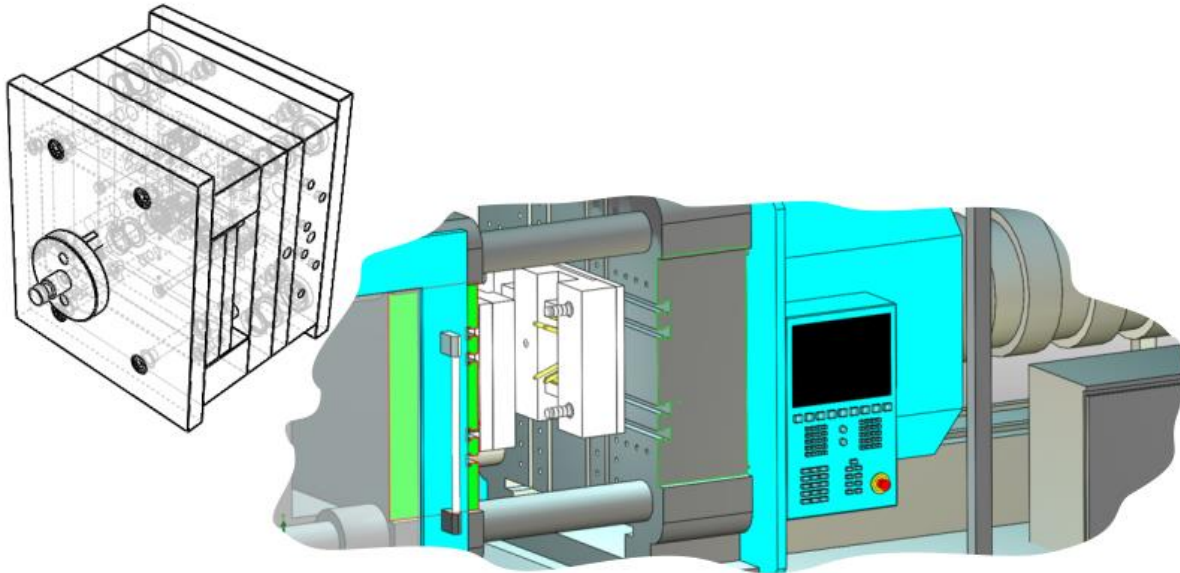
Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

4.2.2.7. Ajuste y terminado en Moldes Convencionales

Los diferentes mecanismos, accesorios estandarizados y piezas mecanizadas conforman el molde de inyección, todo lo mencionado se ajustará pieza a pieza por un experto matricero del taller constructor de moldes según las especificaciones entregadas por el diseño técnico del molde. Una vez ajustado este molde tendrá su primer montaje en máquina inyectora para validar sus movimientos, apertura y cierre, si este presenta buen comportamiento iniciará una etapa de inyección de plástico para entender sus ajustes post primera prueba. El tiempo de ajustes estimado por los talleres constructores está dado entre 30 y 45 días calendario. Una vez se terminan todos los ajustes estos moldes podrán iniciar su vida productiva.

Figura 55

Pruebas en Máquina Inyectora de Moldes Tapa - Hombrera



Nota: Elaboración propia, Colombia, año 2021

4.2.2.8. Tiempos Diseño y desarrollo en Moldes Convencionales

A continuación, se describen los tiempos necesarios para el diseño y construcción de los moldes Convencionales de Hombrera y Tapa, basándose en la experiencia de los autores en el desarrollo de moldes con proveedores locales colombianos. Se expone un solo escenario de tiempos que aplica para ambas referencias ya que los tiempos de desarrollo para cada molde es el mismo tiempo indicado en la tabla.

Tabla 3*Tiempo desarrollo de molde convencional*

| Desarrollo Molde Convencional | Días hábiles | mar 6/04/21 | vie 5/11/21 |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|
| Recepción de archivos 3D y 2D componente plástico | 1d | mar 6/04/21 | mar 6/04/21 |
| Revisión de archivos | 2d | mié 7/04/21 | jue 8/04/21 |
| Pre-diseño de molde (solicitud de materiales) | 5d | vie 9/04/21 | jue 15/04/21 |
| Diseño de molde | 19d | vie 16/04/21 | mié 12/05/21 |
| Fabricación de molde | 69d | jue 13/05/21 | mar 31/08/21 |
| Mecanizado de portamolde agujeros sistema de guiado | 2d | jue 13/05/21 | vie 14/05/21 |
| Mecanizado de sistema de guiado y ajuste a portamolde | 2d | mar 18/05/21 | mié 19/05/21 |
| Perforaciones para circuitos de refrigeración | 2d | jue 20/05/21 | vie 21/05/21 |
| Desbaste de cavidades | 10d | lun 24/05/21 | vie 4/06/21 |
| Tratamiento térmico de cavidades (externo) | 5d | mar 8/06/21 | mar 15/06/21 |
| Mecanizado cavidades <i>post</i> tratamiento térmico | 10d | mié 16/06/21 | mié 30/06/21 |
| Electro erosionado desbaste cavidad - núcleo | 8d | jue 1/07/21 | mar 13/07/21 |
| Electro erosionado acabado cavidad núcleo | 10d | mié 14/07/21 | vie 30/07/21 |
| Pulido de cavidades y núcleos | 12d | lun 2/08/21 | mié 18/08/21 |
| Mecanizado de canal de alimentación | 1d | jue 19/08/21 | jue 19/08/21 |
| Pulido de canal de alimentación | 1d | vie 20/08/21 | vie 20/08/21 |
| Ensamble portamolde | 2d | lun 23/08/21 | mar 24/08/21 |
| Ensamble postizos cavidad a portamolde | 3d | mié 25/08/21 | vie 27/08/21 |

| | | | |
|---|----|--------------|--------------|
| Ajuste molde para prueba 1 T1 | 1d | mar 31/08/21 | mar 31/08/21 |
| Primera prueba de molde T1 | 1d | mié 1/09/21 | mié 1/09/21 |
| Ajustes de molde Post-Primera prueba | 7d | jue 2/09/21 | vie 10/09/21 |
| Segunda prueba de molde T2 | 1d | lun 13/09/21 | lun 13/09/21 |
| Pruebas funcionales de componente plástico | 2d | mar 14/09/21 | mié 15/09/21 |
| Ajustes de molde Post-Segunda prueba | 7d | jue 16/09/21 | vie 24/09/21 |
| Tercera prueba de molde T3 | 1d | lun 27/09/21 | lun 27/09/21 |
| Pruebas funcionales y dimensionales | 2d | mar 28/09/21 | mié 29/09/21 |
| Prueba piloto de inyección color aprobado | 1d | jue 30/09/21 | jue 30/09/21 |
| Aprobación de moldes para inicio a producción | 3d | vie 1/10/21 | mar 5/10/21 |
| TOTAL | | 182 d | |

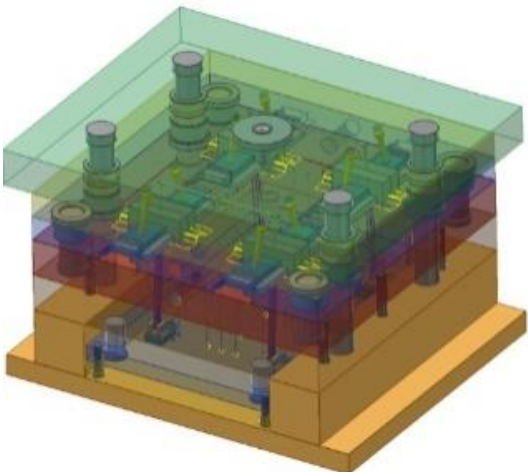
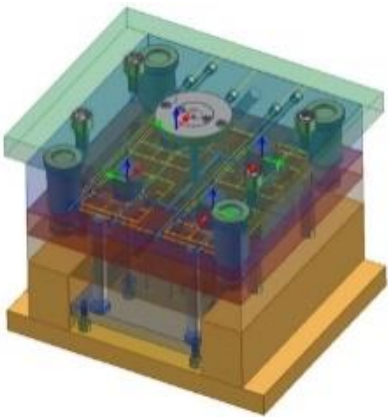
Nota: Elaboración propia, Colombia, año 2021

4.2.2.9. *Peso Total de Moldes Convencionales*

Teniendo en cuenta que los moldes convencionales de Tapa y Hombrera, se diseñaron para 4 cavidades cada uno; el peso bruto de cada molde se indica a continuación:

Tabla 4

Peso Bruto Moldes Convencionales

| <p>Molde Hombrera Convencional</p> | <p>Molde Tapa Convencional</p> |
|--|---|
|  |  |
| <p>735.41 Kg</p> | <p>181.22 Kg</p> |

Nota: Elaboración propia, Colombia, año 2021

4.2.2.10. Costos de Desarrollo de Moldes Convencionales

A continuación, se indica los costos asociados a al diseño y construcción de los moldes de Hombreira y Tapa Convencionales, basándose en la experiencia que los autores tienen con el desarrollo de moldes de inyección con proveedores Locales Colombianos.

Tabla 5

Costos desarrollo de Moldes Hombreira y Tapa Convencionales

| | HOMBRERA MOLDE CONVENCIONAL | TAPA MOLDE CONVENCIONAL |
|--------------|------------------------------------|--------------------------------|
| Materiales | \$ 50.821.575 | \$ 447.962.425 |
| Mano de Obra | \$ 58.081.800 | \$ 454.814.200 |
| Indirectos | \$ 7.260.225 | \$ 6.851.775 |
| Utilidad | \$ 29.040.900 | \$ 427.407.100 |
| TOTAL | \$ 145.204.500 | \$ 137.035.500 |

Nota: Elaboración propia, Colombia, año 2021

4.2.2.11. Costos de Pieza en Moldes Convencionales

Para el cálculo del costo de la pieza obtenida por medio de inyección en moldes tradicionales, se consideraron los siguientes apartados, basados en la experiencia de los autores:

- **Costo de Molde:** Indicados en la Tabla 5.
- **Costos de producción y fabricación:** 70 % del costo de molde.
- **Tamaño de lote:** Cantidad de piezas a fabricar, de acuerdo a lote referencial de la industria actual.

El cálculo se realiza con la siguiente formula:

Ecuación 1

Costo de Pieza

$$\text{Costo de Pieza} = \frac{\text{Costo de molde} + \text{Costos Fabricacion y produccion}}{\text{Tamaño de Lote}} \quad (1)$$

Tabla 6

Costos de Pieza Hombreira y Tapa en Molde Convencional

| | Molde de Hombreira Convencional | Molde de Tapa Convencional |
|---|--|-----------------------------------|
| Costo de Molde | \$ 145.204.500,00 | \$ 137.035.500,00 |
| Costo de Fabricación y Producción (70% costo de molde) | \$ 101.643.150,00 | \$ 95.924.850,00 |
| Tamaño de Lote | 250.000 | 250.000 |
| Costo de Pieza | \$ 987,39 | \$ 931,84 |

4.2.3. Diseño de Moldes TEMPUS en Resina Fotocurable

La siguiente propuesta busca potenciar la manufactura de moldes mediante la fabricación aditiva de moldes en resina fotocurable, no existe casi nada que estas máquinas de manufactura aditiva no puedan construir y de allí nace la posibilidad de apropiar esta tecnología eliminando aquellas limitaciones que se pueden dar en la fabricación convencional de moldes.

Cuando se tiene una idea sobre algún producto o componente que se desea diseñar se tiene muy cerca programas de diseño en donde logra conceptualizar estas ideas, se llega hasta el punto de materializarlas en un prototipo mediante la impresión 3D, no obstante llegar a materializar un lote de unidades funcionales en los materiales plásticos finales y tal vez con los decorados que se

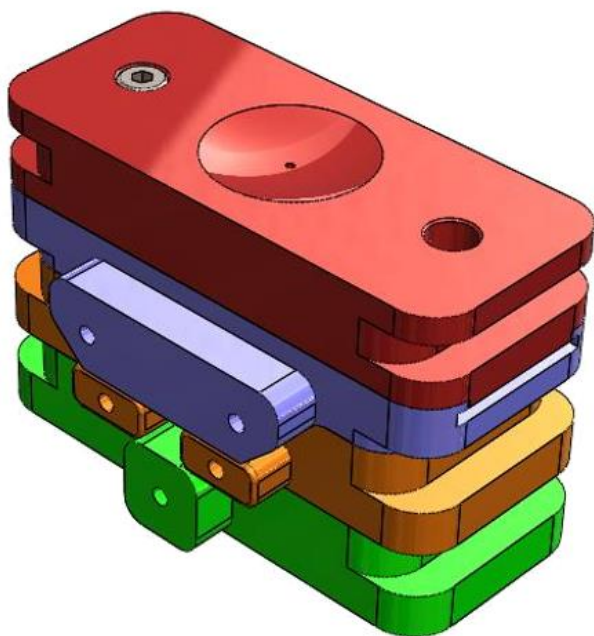
desea, se encuentra una barrera ya que el retorno de inversión hace que se tenga que producir lotes significativos en unidades para compensar los costos.

TEMPUS, es una propuesta de Molde para Inyección de plásticos fabricados por manufactura aditiva en resina fotocurable y pensados para la producción de pequeños tirajes de piezas, sin sacrificar la calidad de la pieza en comparación de una fabricación en moldes convencionales. Con un bajo costo de inversión y bajo costo de fabricación, en cuestión de días o semanas en vez de meses, Tempus permite que se pueda adaptar a los cambios que requiere el mercado y obtener la pieza deseada en proceso de inyección.

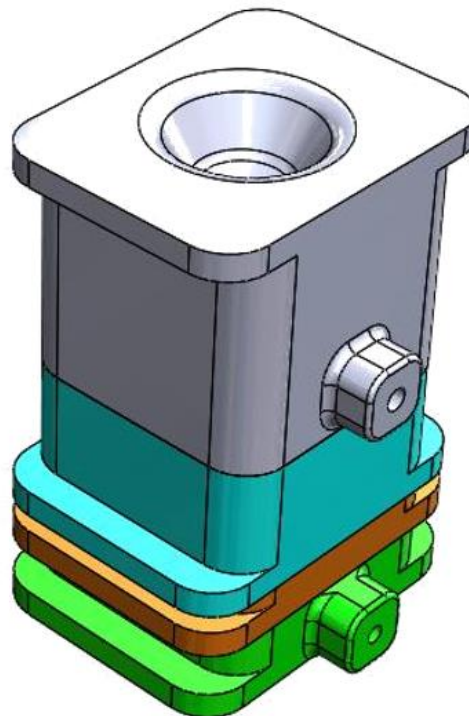
Figura 56

Moldes de Hombreira y Tapa - TEMPUS

Molde de Hombreira
TEMPUS



Molde de Tapa
TEMPUS



Nota: Elaboración propia, Colombia, año 2021

TEMPUS da la posibilidad de lanzar al mercado unidades de componentes plásticos que podrían tener una iteración en el diseño brindando exclusividad al cliente, agregar un elemento diferenciador hace que el producto personalizado se vuelva más atractivo ya que podemos demostrar al cliente el conocimiento que se tiene sobre él y la diferenciación que se busca sobre el resto, el consumo masivo.

Una gran empresa también desearía poner a prueba sus diseños con diversidad de colores y algunos pequeños cambios que mediante un estudio de mercado pueda definir la opción a desarrollar, para ello recurre a prototipos, sin embargo estos suelen tener diferencias frente a como el producto se fabricara masivamente y se verá en el mercado, TEMPUS es una solución de bajo costo que puede entregar este requerimiento con más cercanía al producto final y que sus productos sean los que el usuario evaluara para tomar un resultado más eficiente frente a esta batería de estudios.

Figura 57

Ideas de Color y Forma en Tapa – Hombrea para Fragancias



Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

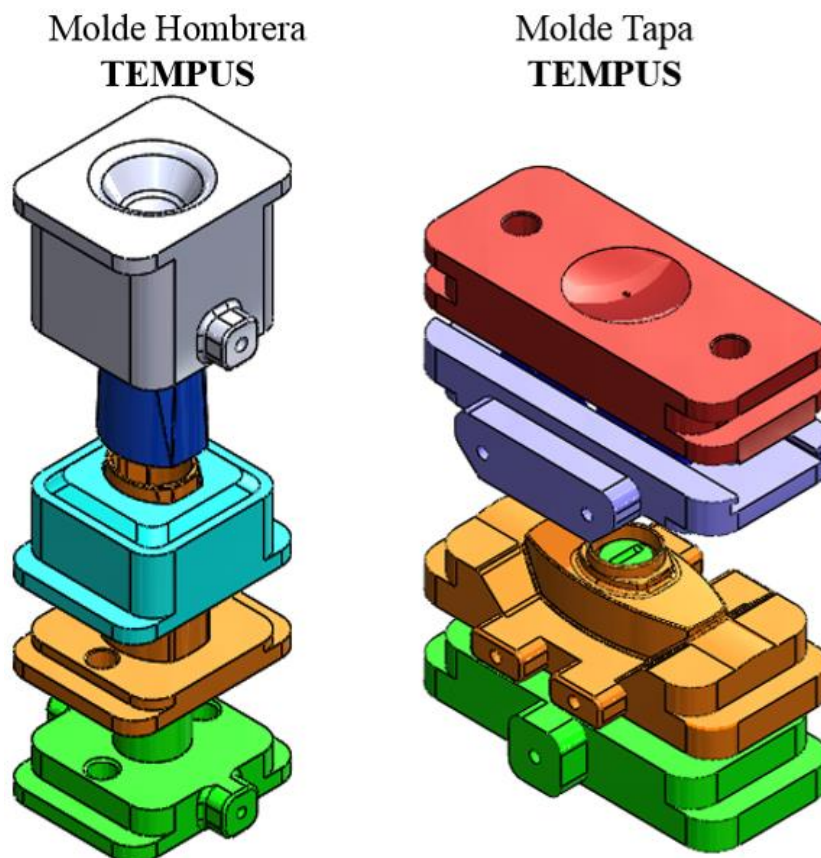
TEMPUS está diseñado para producir lotes de bajo volumen, entre 10 y 150 unidades; en tiempos de respuesta cortos y con un presupuesto que satisfaga la necesidad de dichas unidades.

4.2.3.1. Dimensionamiento Moldes TEMPUS

Una vez se cuenta con el diseño técnico del componente plástico y se conocen las líneas de partición se procede a diseñar lo que será TEMPUS, una cantidad de bloques en menor tamaño que el molde convencional conformaran la entrada de inyección de material, cavidad del molde, sistema de refrigeración y de expulsión.

Figura 58

Moldes de Hombrera y Tapa TEMPUS – Vista Explosionada

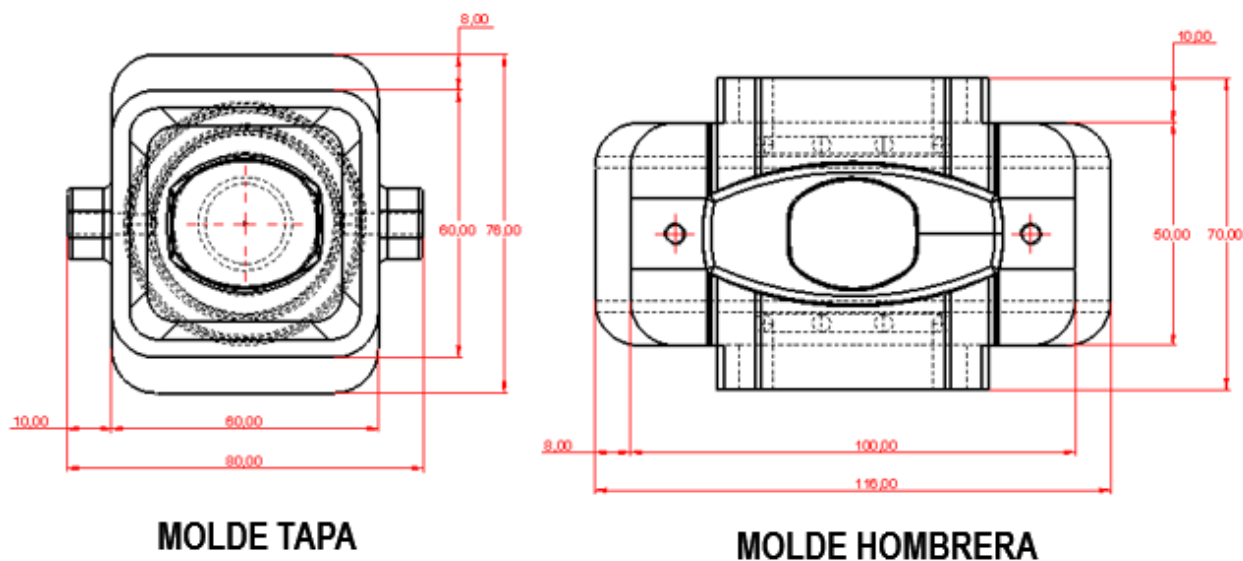


Nota: Elaboración propia, Colombia, año 2021

Debido a que el material plástico a utilizar será polipropileno el mismo concebido en el molde convencional, su factor de contracción será el ya definido anteriormente 1.5%, Las dimensiones iniciales de largo y ancho de los bloques están dadas por las dimensiones de cada componente plástico con la contracción incluida, adicionando espesores de pared para albergar los circuitos de refrigeración y amarres para la expulsión, adicional se contarán en algunos bloques unos salientes que tendrán la función de permitir la inclusión de racores de ensamble rápido para mangueras y otros salientes los cuales brindará la posibilidad de realizar el amarre a las placas de la máquina inyectora.

Figura 59

Dimensiones Ancho – Largo para Moldes TEMPUS



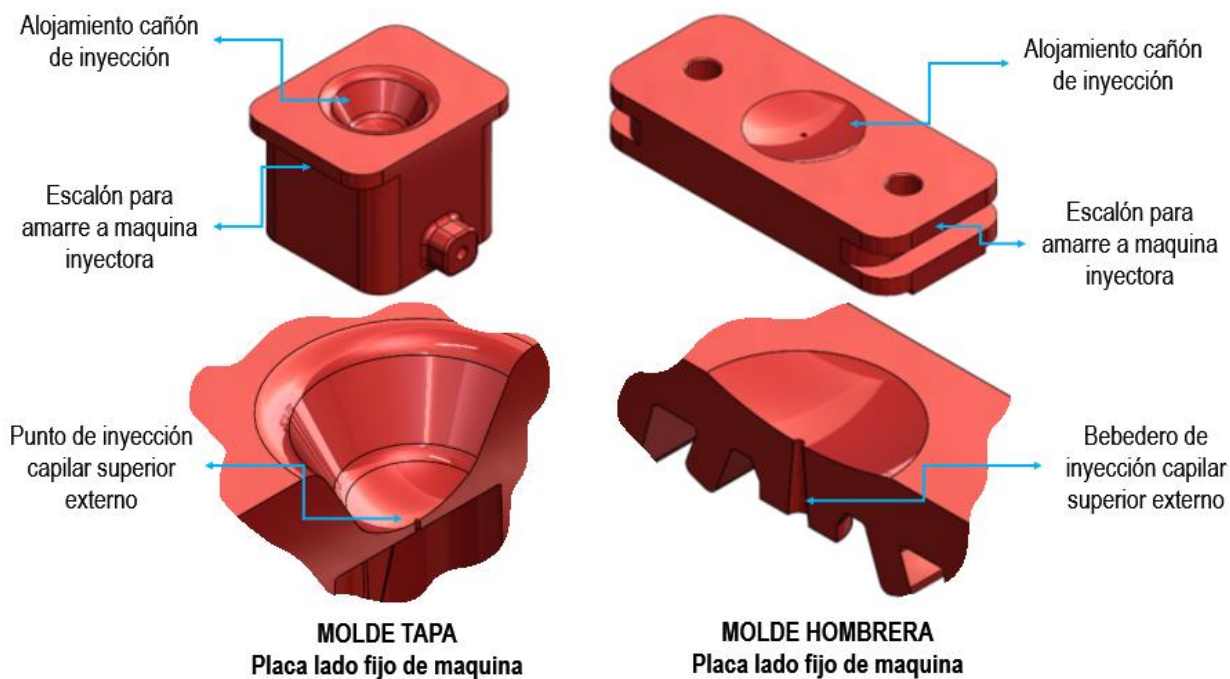
Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

4.2.3.2. Placa fija Molde TEMPUS

La primera placa del lado fijo del molde tiene en la cara de contacto con la placa fija de la máquina inyectora un alojamiento para que la boquilla ensamblada al cañón genere un contacto puntual cerca del orificio en donde fluirá el material en estado pseudoplástico. El molde de la tapa el material entrara directo a la cavidad, mientras que en la hombrera se generara un canal frio que después se desprenderá de forma manual. Este bloque para ambos moldes contiene un escalón diseñado para que se coloquen las bridas y permita el amarre a la máquina.

Figura 60

Placa Lado Fijo de Máquina Para Entrada de Inyección – Moldes TEMPUS



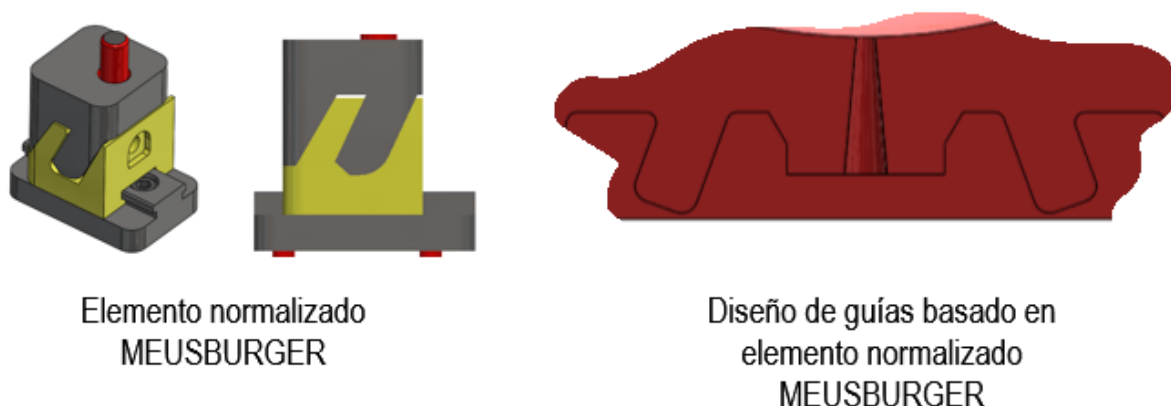
Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

4.2.3.3. Elementos móviles Molde TEMPUS

Debido a que la hombrera tiene un alojamiento para la tapa la cual en el molde es una contrasalida, es necesario que este molde cuente con elementos móviles que faciliten el desmoldeo, el bloque que amarra a la placa de la inyectora tendrá un diseño que simula las guías inclinadas, está basado en un diseño estándar de la empresa Austriaca Meusburger.

Figura 61

Diseño de Guías Elementos Móviles Molde Hombrera TEMPUS



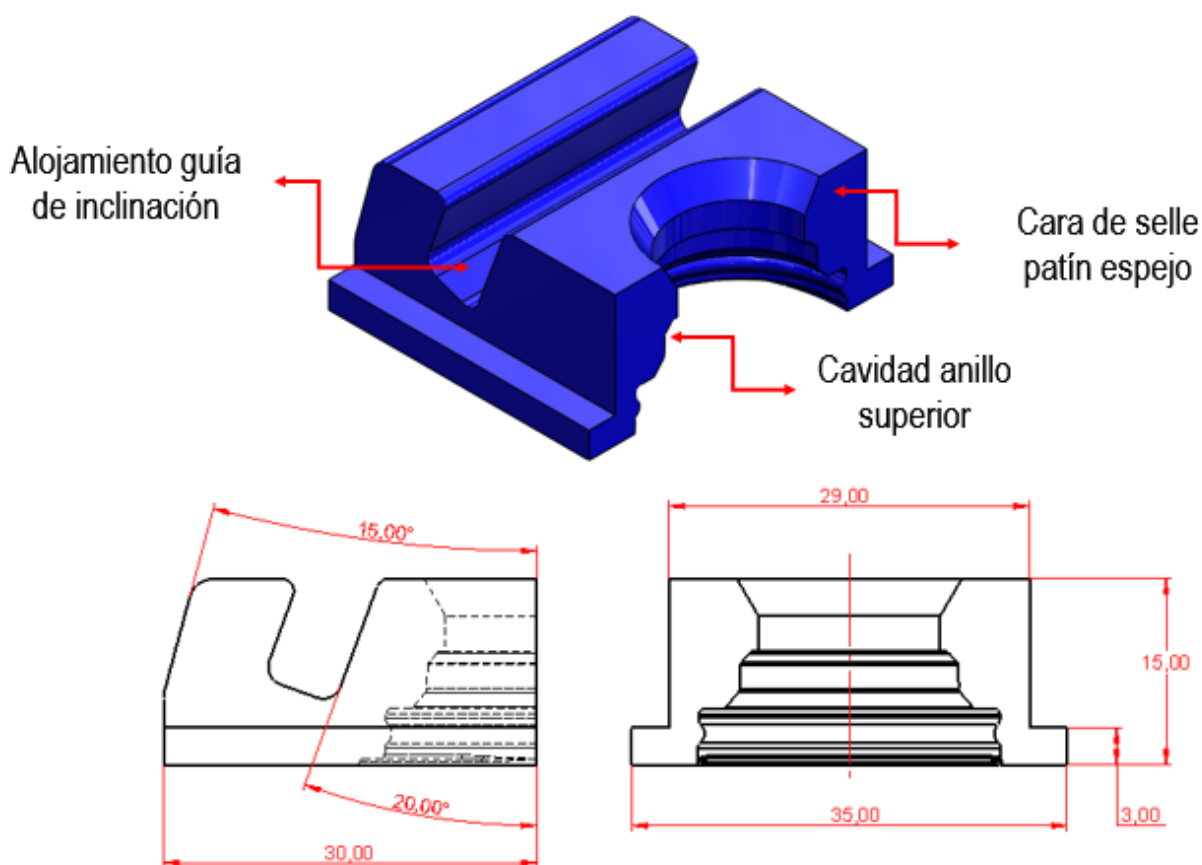
Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

Los elementos móviles que desmoldean la zona superior de la hombrera tienen la configuración del elemento normalizado y juega un papel fundamental ya que este tipo de elementos aporta en la reducción de espacio. El cierre de ajuste lo ofrece los conos exteriores de 15° mientras que aquellos conos de 20° son guías para poder garantizar el desplazamiento, la contrasalida que debe ser liberada es de 0.55milímetros, acorde a los grados empleados y la altura su desplazamiento cuando se tenga la abertura total será de 3.40milímetros, distancia suficiente para asegurar que la pieza plástica no tendrá ningún tipo de rozamiento con estos

elementos móviles una vez este se quede en el lado móvil del molde. El elemento móvil estará situado contra la superficie del siguiente bloque que formara la cavidad de la hombrera, este contara con dos rieles en sus caras frontal y posterior que limitara la movilidad de los dos elementos móviles que formaran los 360° de la corona.

Figura 62

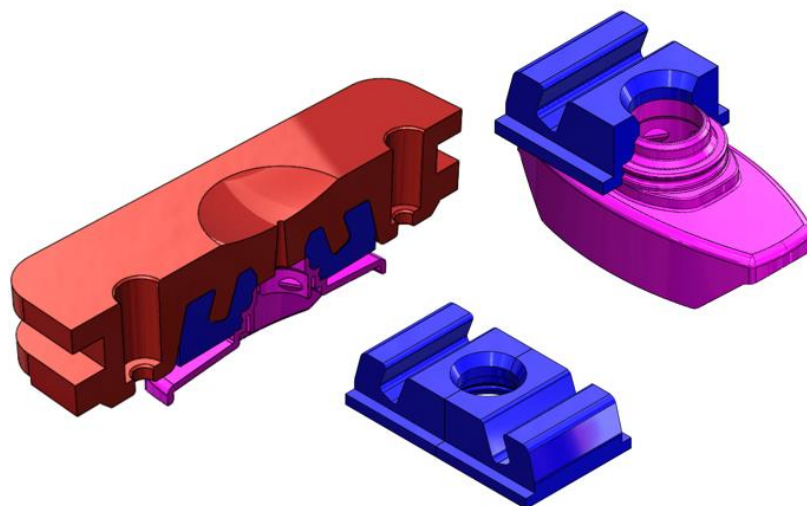
Diseño de Elementos Móviles Molde Hombrera TEMPUS



Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

Figura 63

Ensamble Bloque Ajuste Elementos Móviles Molde Hombreira TEMPUS

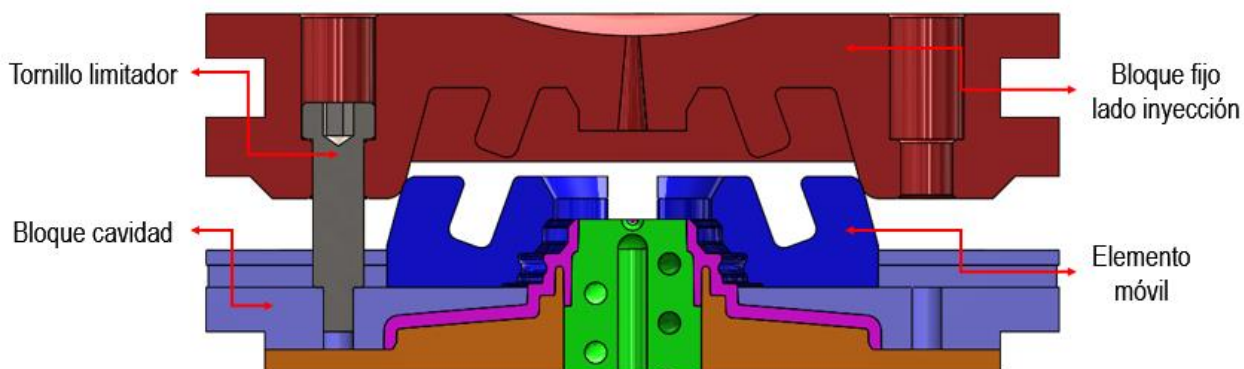


Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

Para garantizar el desplazamiento de estos elementos móviles se tendrá un movimiento entre placa bloque cavidad con una distancia específica de 12.0 milímetros, este se encuentra dado por un tornillo limitador.

Figura 64

Detalle Primera Apertura para Elementos Móviles Molde Hombreira TEMPUS

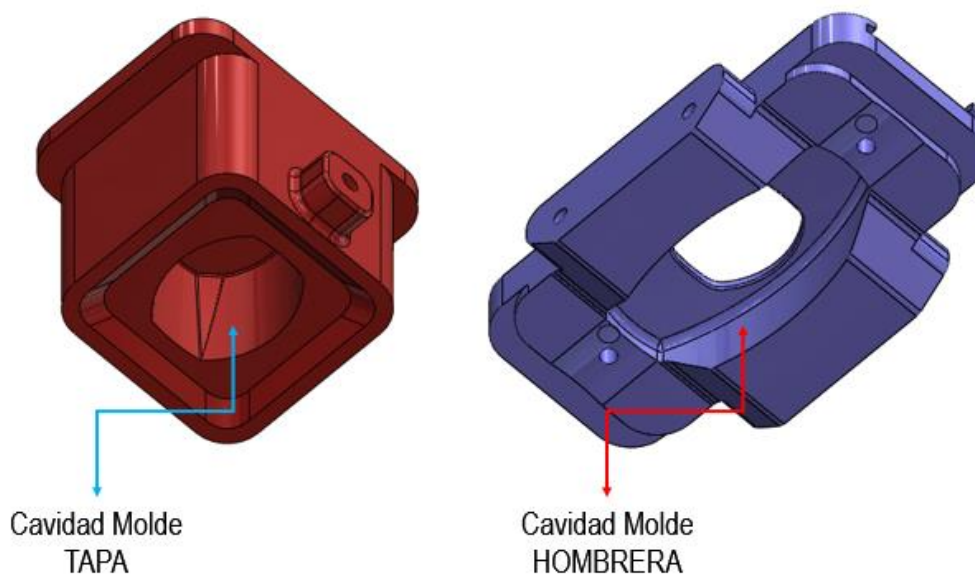


Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

El bloque fijo lado inyección del molde de la tapa y el bloque cavidad del molde de la hombrera tendrán impresa la cavidad de cada uno de los componentes plásticos. En estos dos casos, se cuentan con tipos de partición diferentes; un cierre plano como el molde de la tapa en que para la manufactura convencional es de complejidad baja, mientras que, para la hombrera, la superficie de partición es irregular que para este caso su complejidad aumenta significativamente. Con la manufactura aditiva no existe esa limitante de cara a los tipos de partición que tenga una cavidad, ya que no tendremos herramientas de contacto para remover material, por el contrario, serán solidificadas las capas una a una acorde a la resolución especificada en los parámetros de impresión.

Figura 65

Detalle Primera Apertura para Elementos Móviles Molde Hombrera TEMPUS



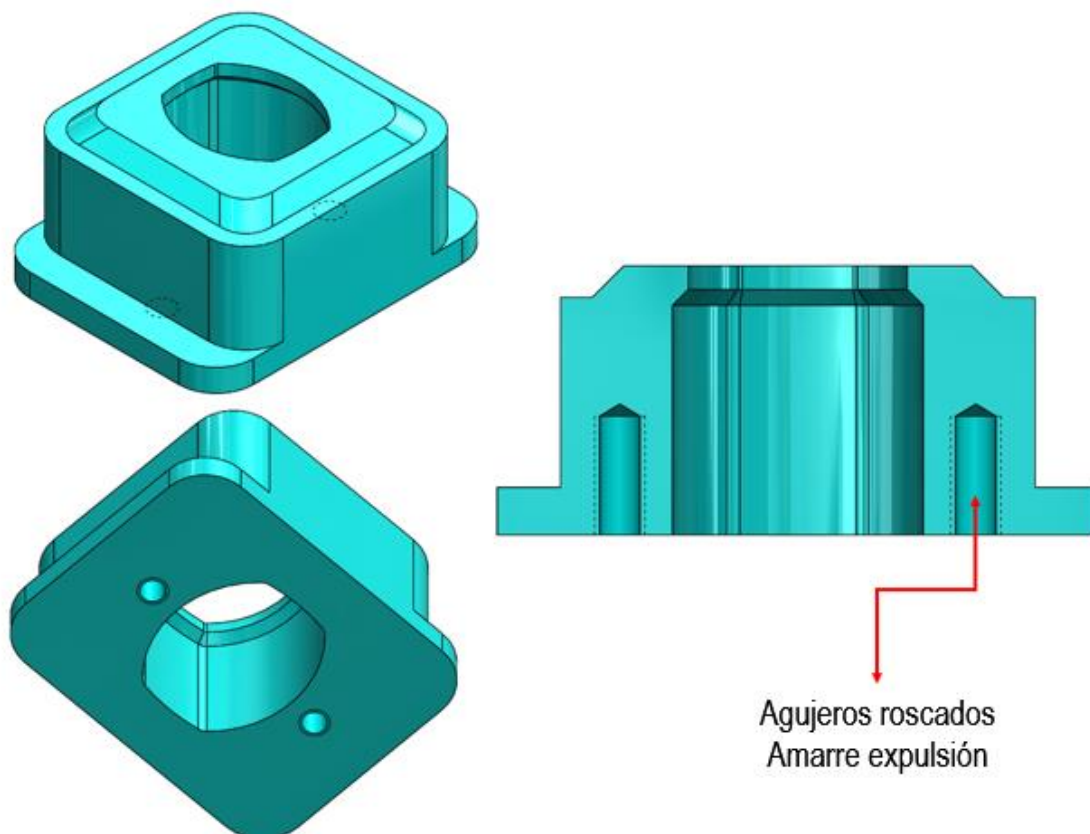
Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

4.2.3.4. *Bloque expulsor Molde TEMPUS*

Así como el molde de la hombrera tiene particularidades, el molde de la tapa también presenta un elemento diferenciador. La parte interna de la tapa requiere quedar libre para poderse desmoldear, este bloque expulsor permite desplazar el componente plástico una distancia necesaria para dejarlo libre y que no se tenga inconveniente en la extracción. Ya una vez liberado el componente del bloque macho intermedio este podrá ser extraído de forma manual.

Figura 66

Bloque Expulsor Molde Tapa TEMPUS



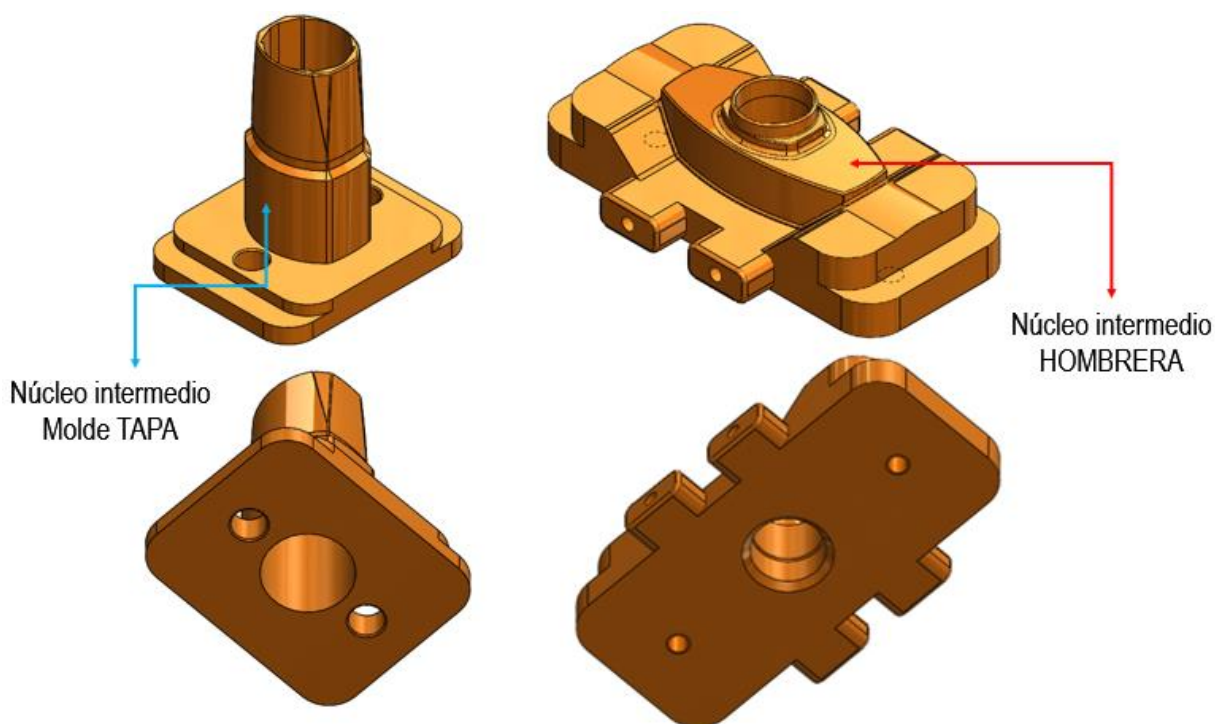
Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

4.2.3.5. *Bloque de núcleos Molde TEMPUS*

El bloque núcleo intermedio permite formar la geometría interna, el molde de la tapa TEMPUS presenta dos perforaciones en donde pasaran los ejes de amarre al bloque expulsor, mientras que el molde de la hombrera TEMPUS tendrá dos agujeros roscados, los cuales se alojaran los ejes de amarre. Estos bloques núcleo intermedio; durante la apertura se desplazarán para liberar los componentes plásticos, liberándolos de los pellizcos formados en los bloques núcleos centrales para que el plástico ya formado quede libre y se puedan extraer de forma manual.

Figura 67

Bloque Núcleo Intermedio Moldes Tapa - Hombrera TEMPUS

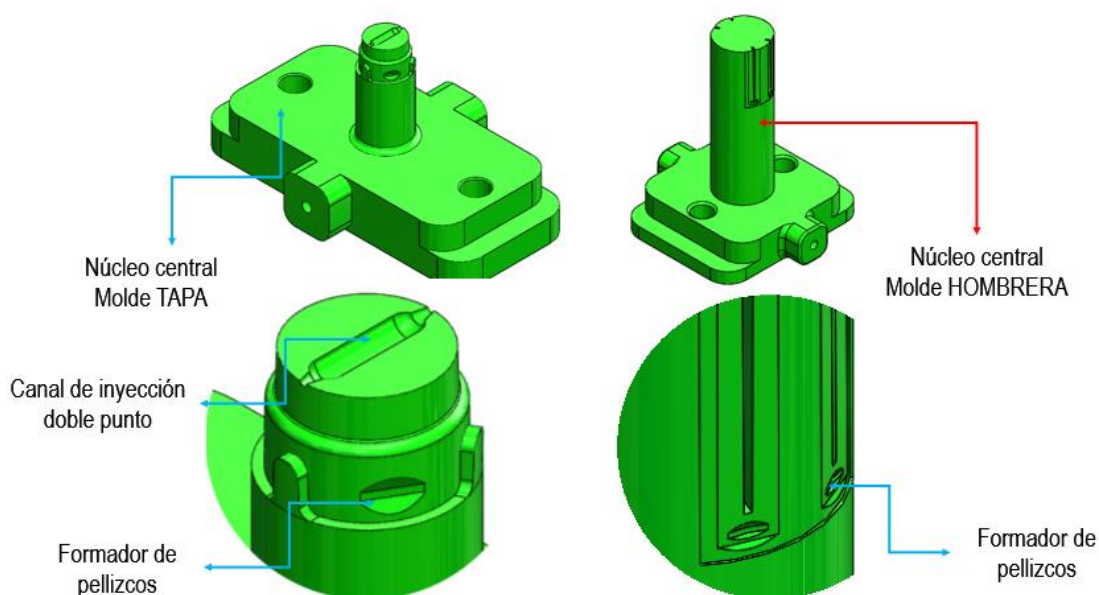


Fuente: Elaboración propia, 2021

El bloque núcleo central es aquel que se amarra al lado móvil de la máquina inyectora, este formara la geometría central interna de cada uno de los componentes en los moldes TEMPUS. El caso de molde de la hombrera tiene un diferencial ya que este tendrá impreso un canal en la cara superior y permitirá llenar la cavidad, este molde presenta una ventaja ya que al ser una sola cavidad es posible incluir dos puntos de inyección, de esta forma el llenado de la cavidad se dará a cabo en menor tiempo y con uniones del frente de flujo del material optimizados ya que permitirá absorber mayores cargas sin generarse fractura del componente dado por cargas excesivas de ensamble. Los núcleos centrales de los moldes TEMPUS formara los pellizcos y también al tener unión de molde por el borde del cilindro interno facilitara incluir salidas de gases que ofrecerá una rápida evacuación del aire que podría quedarse atrapado en esta zona.

Figura 68

Bloque Núcleo Central Moldes Tapa - Hombrera TEMPUS



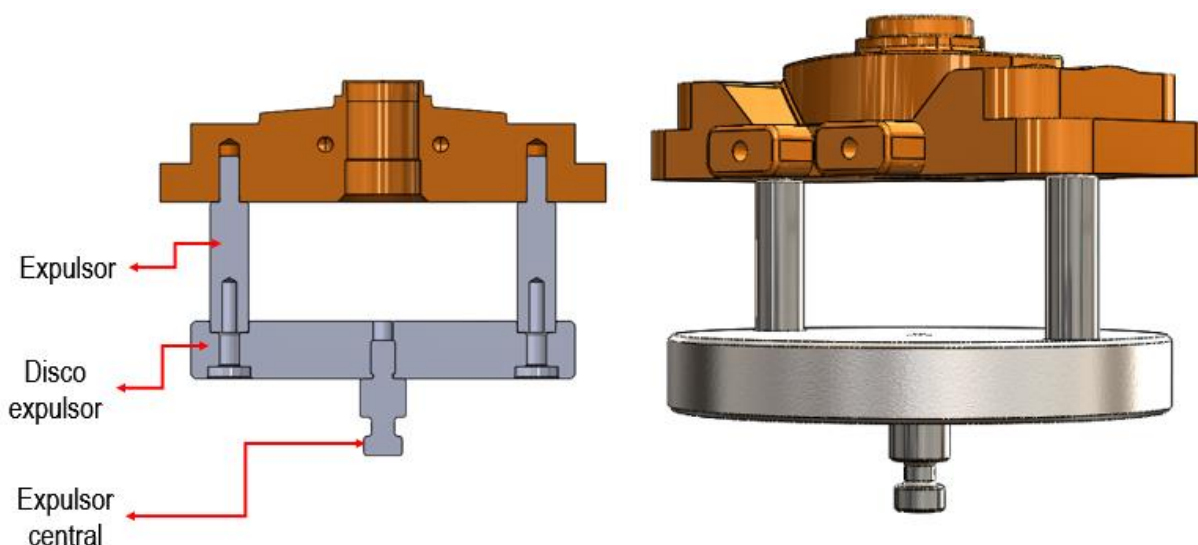
Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

4.2.3.6. *Conjunto Expulsor Molde TEMPUS*

Por último, el conjunto expulsor, será el que se amarre al eje central de la máquina el cual genera los movimientos lineales adelante atrás con el objetivo de realizar la extracción de los componentes plásticos, estos son fabricados en acero 4340, para balancear los movimientos del bloque se disponen de dos expulsores amarrados a los bloques definidos, un disco que comunica al expulsor central que será ensamblado al eje central de máquina.

Figura 69

Conjunto Expulsor Moldes Tapa - Hombreira TEMPUS

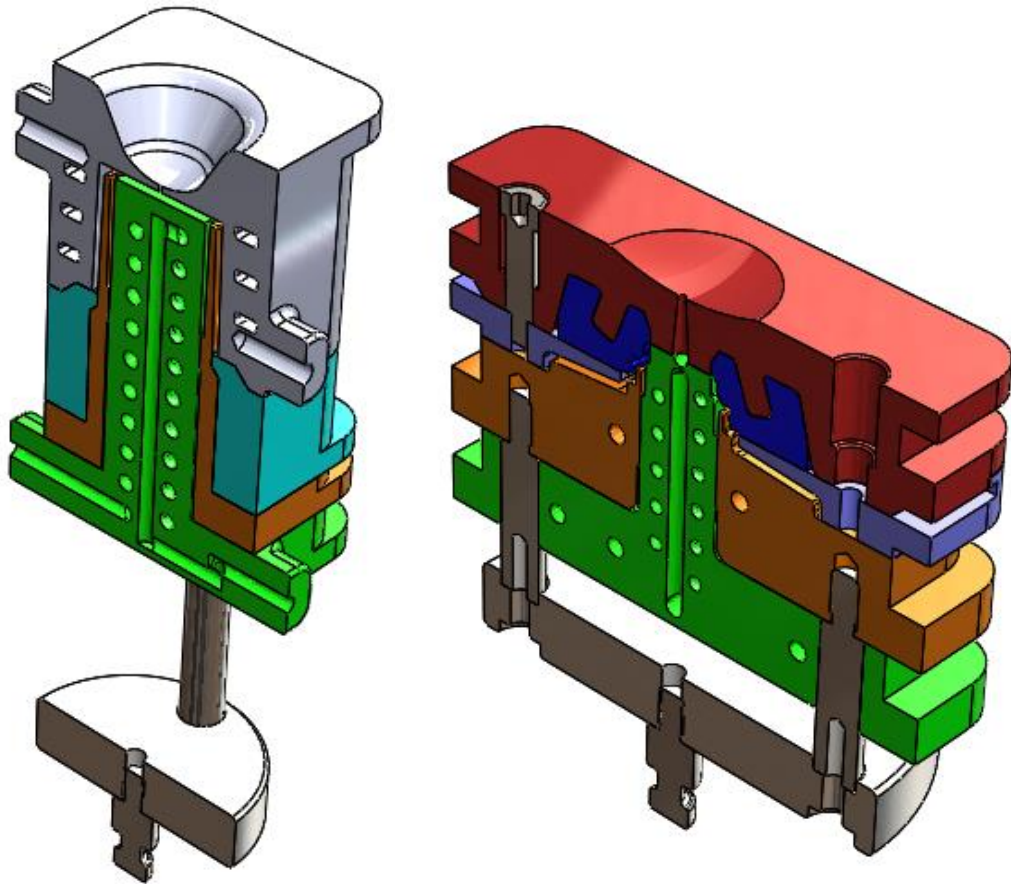


Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

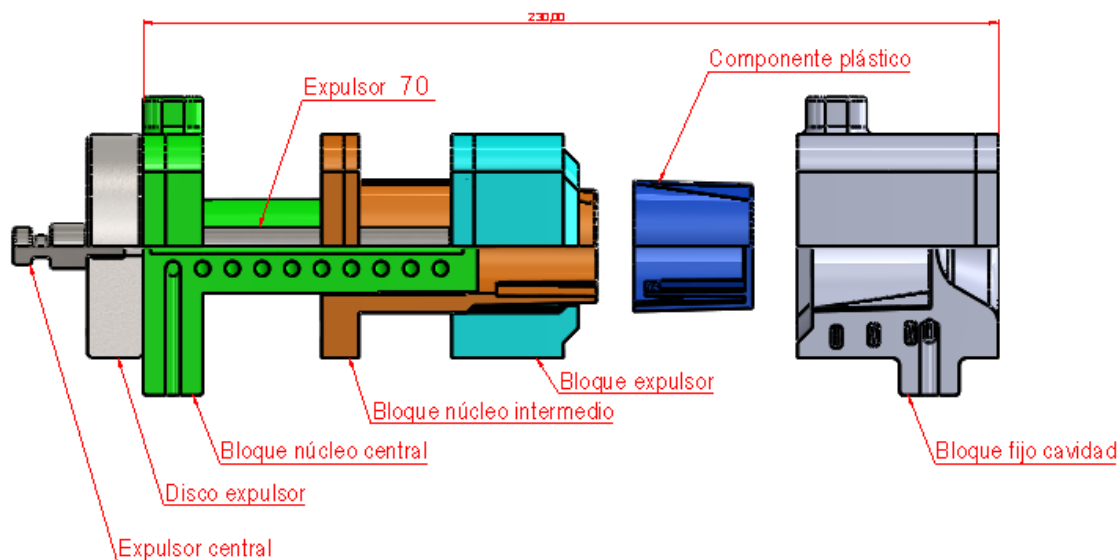
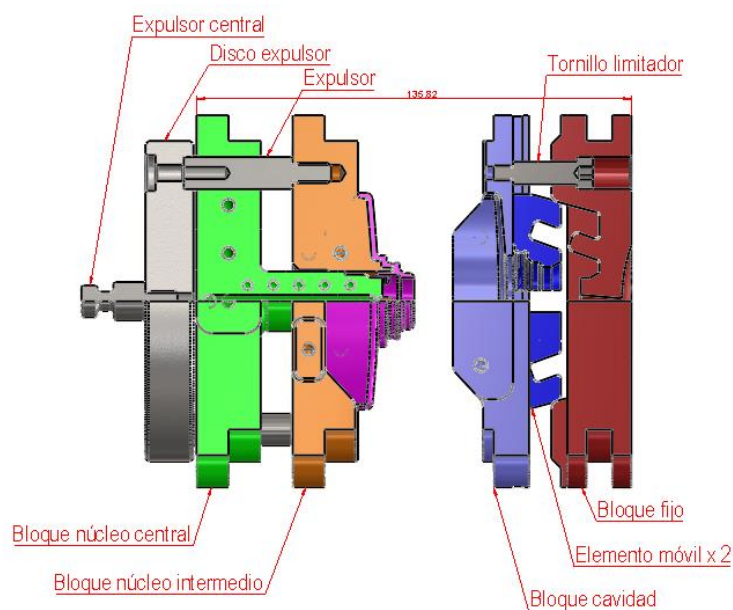
Todos los elementos que integran los moldes TEMPUS han sido mostrados en el documento, se realiza el ensamble de cada uno y la explosión para entender los diferentes movimientos que tendrá cada uno de los integrantes.

Figura 70

Moldes Tapa - Hombrera TEMPUS



Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

Figura 71*Explosión Molde Tapa TEMPUS***Fuente:** Elaboración propia, Colombia, año 2021**Figura 72***Explosión Molde Hombreira TEMPUS***Fuente:** Elaboración propia, Colombia, año 2021

4.2.3.7. Circuito Refrigeración Molde TEMPUS

Una de las ventajas competitivas que presenta la propuesta TEMPUS son los circuitos de refrigeración, al poder diseñar un sinfín de geometrías, las ideas de circuitos se vuelven ilimitados, más cuando mayor dificultad presenta el componente plástico, mayor será la capacidad de implementar un circuito que antes no era posible construirse y que hoy día la manufactura aditiva nos brinda la posibilidad.

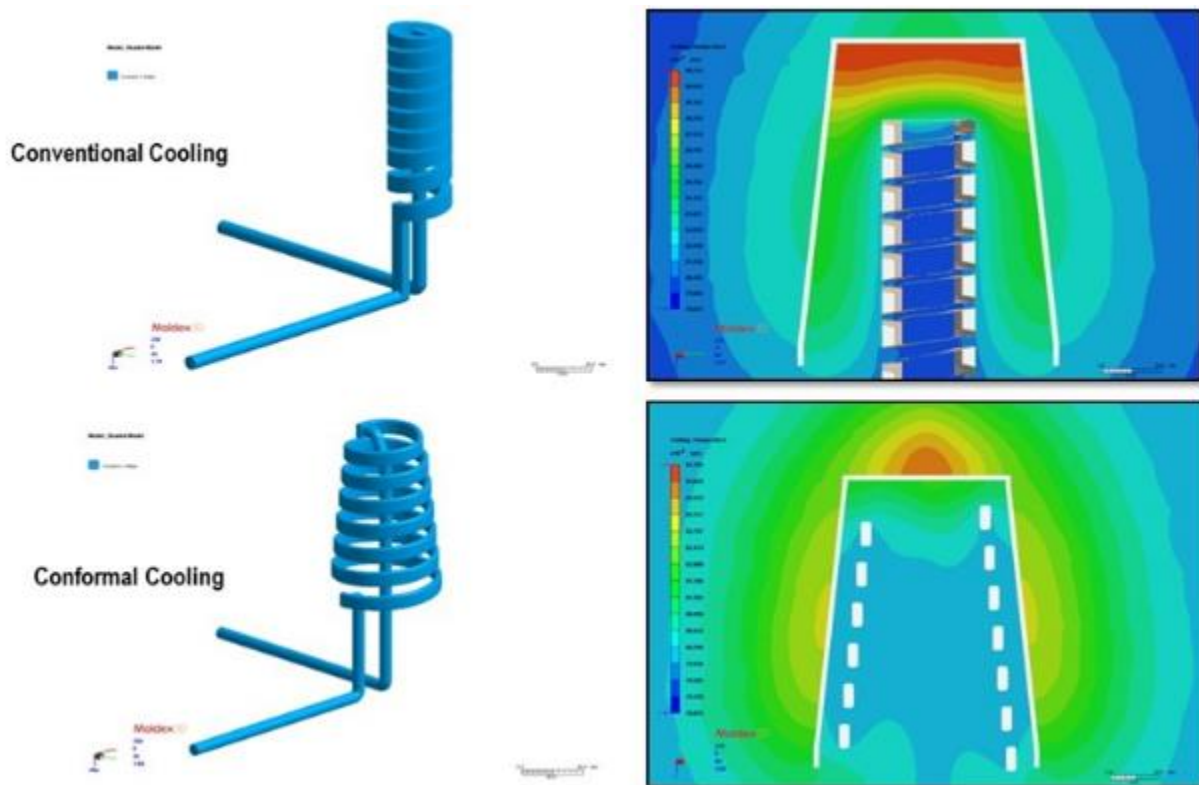
Una refrigeración constante y cercano a todas las superficies que tendrán contacto con el material plástico en estado de fusión es la clave para tener una excelente estética de la pieza y un adecuado tiempo del ciclo de inyección. Cuando podemos contar con una distancia equidistante a lo largo de todo el circuito diseñado hasta la cavidad evita que se formen puntos calientes o zonas en las cuales podría provocar impactos en la estética y el costo del componente plástico. Aquí se debe considerar los espacios para posibles amarres o perforaciones y que estos no se tengan un encuentro con algún canal de refrigeración.

En los componentes creados por manufactura rápida en polvo de acero y que permite este tipo de circuitos de refrigeración llamado “refrigeración de conformación” *3Dsystems* indica que se han logrado obtener una reducción de hasta un 70% en los tiempos de ciclo de inyección y esta disminución es posible lograrla ya que en una línea de tiempo de un ciclo de inyección uno de los periodos más largos es la refrigeración de la pieza para garantizar su extracción sin deformarla. Al diseñar un circuito y que los canales de este se aproximen a la cavidad del molde, su refrigeración definitivamente será optimizado, *Moldex3D* muestra mediante un ejemplo de simulación como se puede encontrar una ventaja al diseñar un circuito de conformación

mediante la manufactura aditiva vs uno espiral convencional que, aunque también es realizado mediante manufactura aditiva no es de conformación.

Figura 73

Simulación CAE de una refrigeración convencional y una refrigeración conformada por inserto



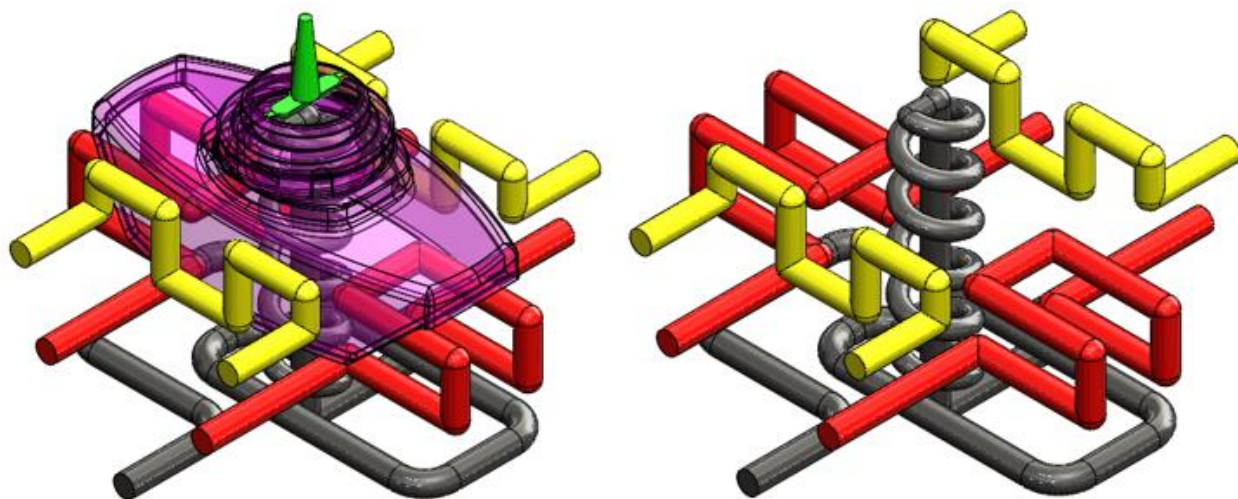
Fuente: <https://www.moldex3d.com/en/blog/top-story/conformal-cooling-vs-standard-cooling/>, Moldex3D, año 2018

Los moldes de tapa y hombrera TEMPUS cuentan con diseño de circuitos de refrigeración de conformación, es así como permitirá optimizar su ciclo de inyección, incluso su

apariencia estética podría tener mejoras. Este tipo de circuitos, permitirá mantener la vida útil para las unidades requeridas.

Figura 74

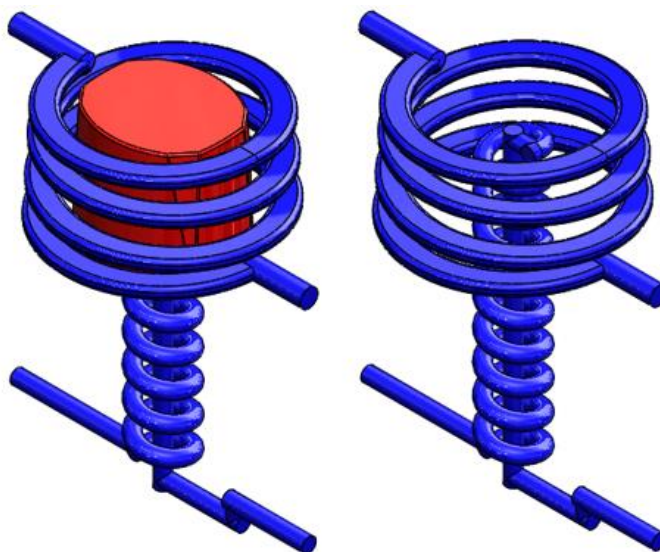
Circuito de Refrigeración Molde Hombreira TEMPUS



Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

Figura 75

Circuito de Refrigeración Molde Hombreira TEMPUS

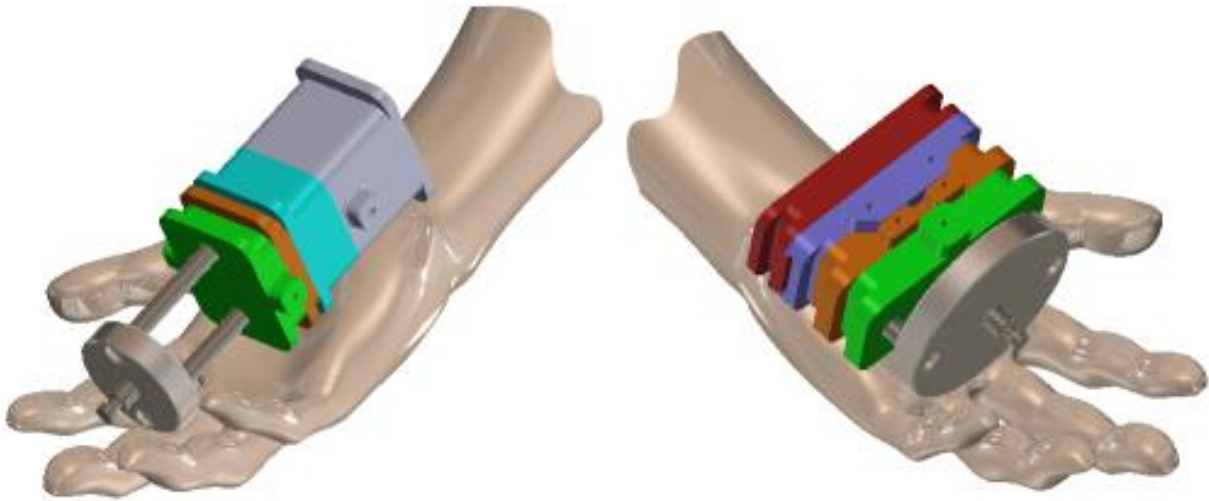


Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

Finalmente, los moldes TEMPUS llegan para quedarse y hacer de la inyección de plásticos una realidad al alcance de todos.

Figura 76

Circuito de Refrigeración Molde Hombreira TEMPUS



Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

4.2.3.8. *Tiempos Diseño y desarrollo Moldes en Resina – TEMPUS*

Tabla 7

Tiempos de Diseño y Desarrollo Moldes TEMPUS

| Desarrollo Molde TEMPUS | # Días | mar 6/04/21 | mar 20/04/21 |
|---|---------------|---------------------|---------------------|
| Recepción de archivos 3D y 2D componente plástico | 1d | mar 6/04/21 | mar 6/04/21 |
| Revisión de archivos | 1d | mié 7/04/21 | mié 7/04/21 |
| Diseño de molde | 2d | jue 8/04/21 | vie 9/04/21 |
| Fabricación de molde | 7d | lun 12/04/21 | mar 20/04/21 |
| Set Up de piezas programa de impresión | 1d | lun 12/04/21 | lun 12/04/21 |
| Impresión y curado de componentes moldes | 3d | mar 13/04/21 | jue 15/04/21 |
| Mecanizado sistema expulsor | 2d | vie 16/04/21 | lun 19/04/21 |
| Ensamble de molde | 1d | mar 20/04/21 | mar 20/04/21 |
| Total 14 días | | | |

Nota: Elaboración propia, Colombia, año 2021

4.2.3.9. *Simulación Impresión de Moldes en Resina TEMPUS*

Una de las limitantes que hoy día tiene esta tecnología son las dimensiones de las máquinas impresoras, es así que para efecto de requerirse tamaños de piezas plásticas que excedan se deberá validar si es posible imprimir *sub* partes para luego ser ensambladas uno con otra logrando formar los diferentes bloques que llegaría a conformar el molde. Los tamaños máximos conocidos en la industria están dados en milímetros y son 490 x 390 x 200 Largo – Ancho – Alto consecutivamente, referencia de una máquina *Polyjet* referencia J850 Pro.

Para nuestro caso de estudio realizaremos la simulación de cada uno de los componentes diseñados con una máquina de la empresa *Anycubic* de tecnología SLA, esta utiliza luz

ultravioleta como una fuente de luz sobre las capas que se construirán a medida que el carro en el eje Z avanza, para imprimir por capas el elemento. Las dimensiones de impresión de esta máquina son de 130 x 80 x 165 milímetros Largo – Ancho – Alto consecutivamente, área suficiente para los moldes TEMPUS.

Figura 77

Máquinas de Fabricación Aditiva en Resina Fotocurable



POLYJET J850 PRO



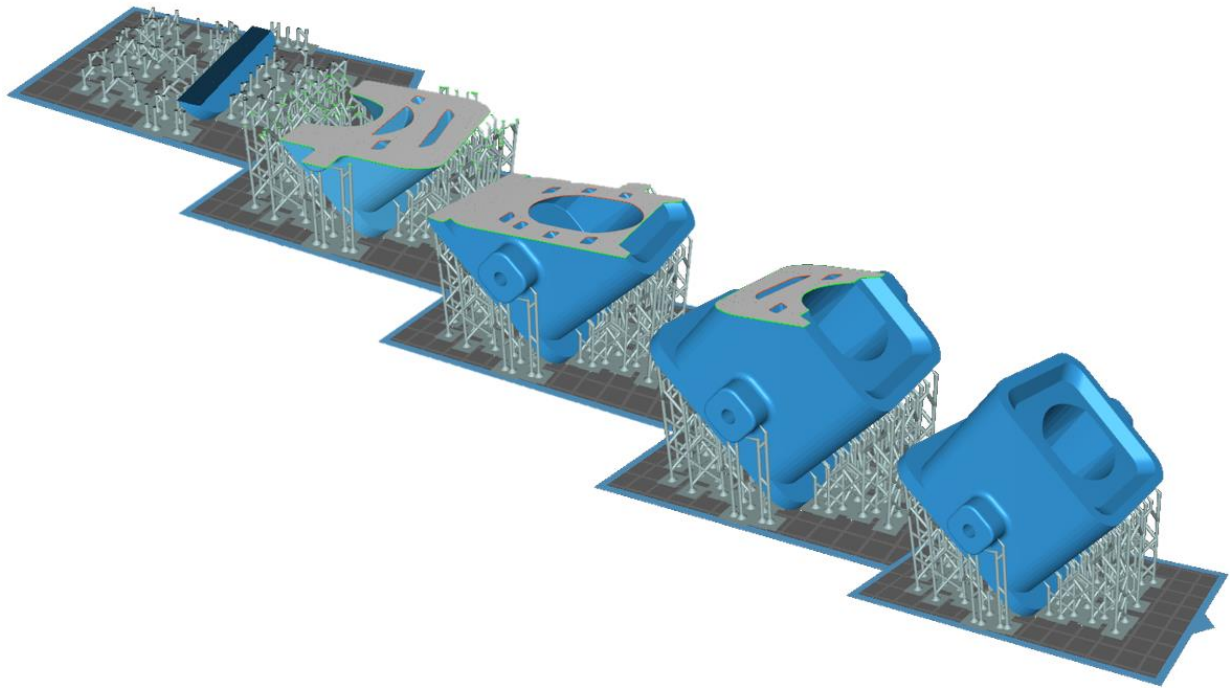
ANYCUBIC MONO

Fuente: Elaboración propia, 2021

En la red existe *software* gratuito y de versión libre, que permite generar el código para realizar la impresión de los elementos diseñados. En este caso Chitubox es el software que permitirá simular los tiempos y calidades de impresión requeridos para entender la propuesta TEMPUS.

Figura 78

Figura 70. Simulación impresión de Bloque Fijo Cavity Molde TEMPUS



Fuente: Elaboración propia, 2021

Este programa estima los tiempos basados en la duración de exposición de cada una de las capas a la luz ultravioleta para ser solidificada, la resolución de impresión y los % de solidez que tendrá cada componente que integrará el molde, los tiempos aquí descritos tendrá una adición debido a las paradas de la máquina necesarias para realizar la extracción de cada impresión, la limpieza de cada componente con alcohol isopropílico al 90% y su correspondiente curado durante 50 minutos, para alcanzar la resistencia mecánica y rigidez. La resina escogida presenta propiedades de resistencia térmica de hasta 950°C por más de 30 minutos, lo que permite que el molde con una refrigeración idónea brinde la posibilidad de inyectar más de 150 ciclos.

Tabla 8*Tiempo de Impresión Molde Hombrera TEMPUS - Simulación*

| Descripción de pieza | HORAS | MINUTOS | SEGUNDOS | Total Pieza | Tiempo total |
|--------------------------|-----------|------------|------------|----------------|--------------|
| | | | | Minutos | PIEZA |
| | | | | MINUTOS | HORAS |
| Bloque fijo | 5 | 45 | 3 | 345,05 | 5,75 |
| Bloque cavidad | 5 | 34 | 47 | 334,78 | 5,58 |
| Elemento móvil | 1 | 45 | 28 | 105,47 | 1,76 |
| Elemento móvil | 1 | 45 | 28 | 105,47 | 1,76 |
| Bloque núcleo intermedio | 5 | 43 | 21 | 343,35 | 5,72 |
| Bloque núcleo central | 5 | 41 | 33 | 341,55 | 5,69 |
| TOTAL | 22 | 253 | 160 | 1575,67 | 26,26 |

Nota: Elaboración propia, Colombia, año 2021

Tabla 9*Tiempo de Impresión Molde Tapa TEMPUS - Simulación*

| Descripción de pieza | Horas | Minutos | Segundos | Tiempo total | Tiempo total |
|--------------------------|-------|---------|----------|-----------------|---------------|
| | | | | Pieza (Minutos) | Pieza (Horas) |
| Bloque fijo cavidad | 5 | 2 | 49 | 302,82 | 5,047 |
| Bloque Expulsor | 3 | 30 | 9 | 210,15 | 3,503 |
| Bloque núcleo intermedio | 5 | 20 | 23 | 320,38 | 5,340 |
| Bloque núcleo central | 6 | 1 | 15 | 361,25 | 6,021 |
| TOTAL | | | | 1.195 | 19,91 |

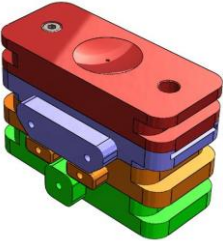
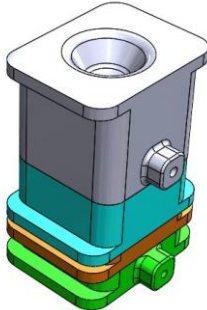
Nota: Elaboración propia, Colombia, año 2021

4.2.3.10. *Peso Total de Moldes TEMPUS*

Teniendo en cuenta que los moldes de Tapa y Hombrera TEMPUS, se diseñaron para 1 sola cavidad cada uno; el peso bruto de cada molde se indica a continuación:

Tabla 10

Peso Bruto Moldes TEMPUS

| Molde Hombrera TEMPUS | Molde Tapa TEMPUS |
|---|---|
|  |  |
| 0.4919 Kg | 0.3403 Kg |

Nota: Elaboración propia, Colombia, año 2021

4.2.3.11. *Costos de Desarrollo de Moldes TEMPUS*

A continuación, se indica los costos asociados al diseño y construcción de los moldes de Hombrera y Tapa TEMPUS.

Tabla 11

Costos desarrollo de moldes Hombrera y Tapa TEMPUS

| | HOMBRERA MOLDE TEMPUS | TAPA MOLDE TEMPUS |
|--------------|--------------------------|-------------------|
| Materiales | \$ 241.080 | \$ 241.080 |
| Mano de Obra | \$ 588.449 | \$ 375.773 |

| | | |
|--------------|---------------------|-------------------|
| Indirectos | \$ 118.504 | \$ 88.122 |
| Utilidad | \$ 237.008 | \$ 176.244 |
| TOTAL | \$ 1.185.042 | \$ 881.218 |

Nota: Elaboración propia, Colombia, año 2021

4.2.3.12. Costos de Pieza en Molde TEMPUS

Para el cálculo del costo de la pieza obtenida por medio de inyección en moldes TEMPUS, se consideraron los mismos apartados y la misma ecuación usados para calcular el costo de pieza en moldes convencionales.

- **Costo de Molde:** Indicados en la Tabla 5.
- **Costos de producción y fabricación:** 70 % del costo de molde.
- **Tamaño de lote:** Cantidad de piezas a fabricar de acuerdo a durabilidad del molde.

El cálculo se realiza con la misma ecuación (1) utilizada para Moldes Convencionales:

Tabla 12

Costos de Pieza Hombrera y Tapa en Molde TEMPUS

| | Molde de Hombrera Convencional | Molde de Tapa Convencional |
|---|---|---------------------------------------|
| Costo de Molde | \$ 1.185.042,00 | \$ 881.218,00 |
| Costo de Fabricación y Producción (70% costo de molde) | \$ 829.529,40 | \$ 616.852,60 |
| Tamaño de Lote | 150 | 150 |
| Costo de Pieza | \$ 13.430,48 | \$ 9.987,14 |

Nota: Elaboración propia, Colombia, año 2021

4.2.4. Simulación CAE de Inyección

Para evaluar el desempeño de los moldes de inyección en condiciones normales de operación, se realizó un estudio de simulación computacional por medio del *Software Autodesk Moldflow Insight*.

2019; en el cual se analizó el proceso de inyección para cada pieza Tapa y Hombrera, tanto en molde de inyección convencional, como en molde Tempus en resina fotocurable.

4.2.4.1. Parámetros generales de simulación

Se definieron las siguientes condiciones de programación generales para la pieza Tapa, que aplican tanto para la simulación de inyección en Molde de Inyección convencional, como para el Molde Tempus en Resina Fotocurable.

Tipo de Análisis: Llenado + Refrigeración + Compactación + Deformación

Tipo de Malla: Tetraedros 3D

Laminados a Trávez del radio en canales 3D: 12

Material del Fluido Plástico: Polipropileno Genérico

Material de Molde: Acero P20 Genérico

Refrigerante: Agua Natural a Temperatura ambiente 25°C

Control de llenado en máquina: Automático

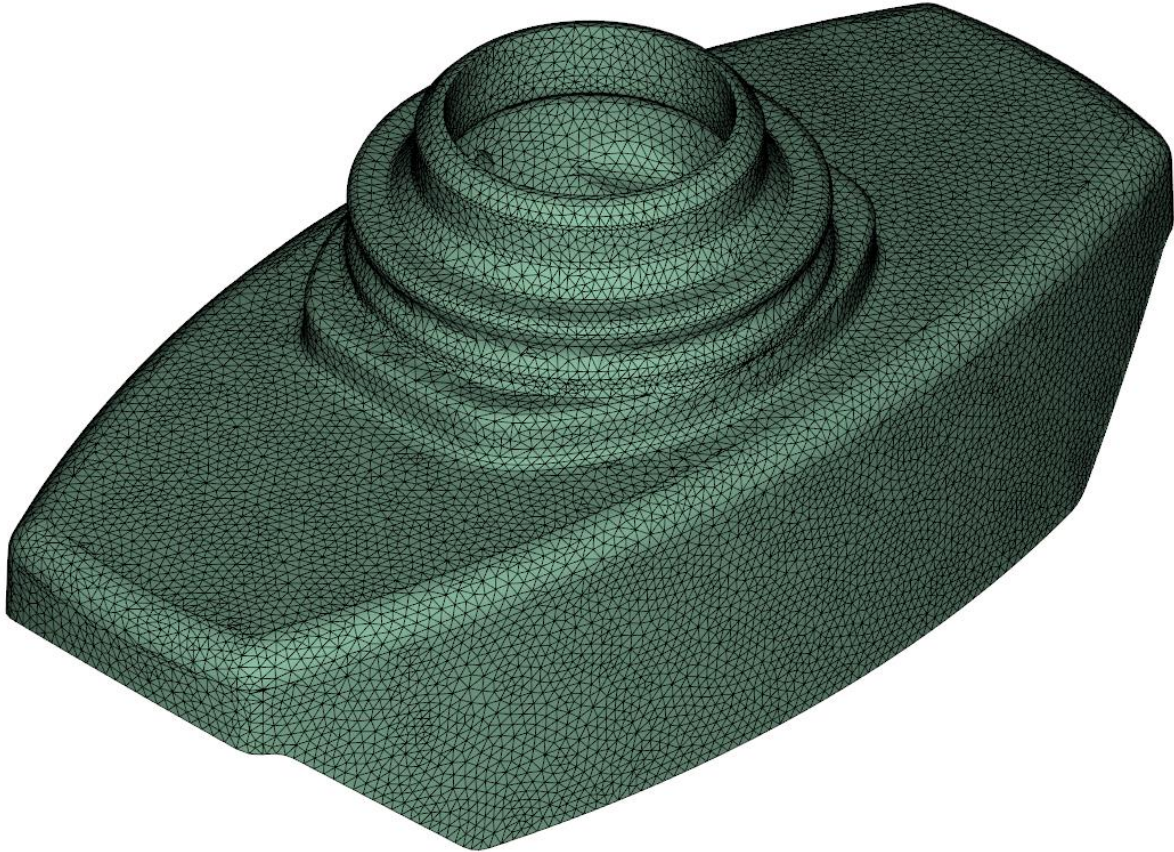
Presión de Cierre en máquina: Automática

Fuerza de Cierre en máquina: Automática

4.2.4.2. *Generación de Malla CAE para Simulación de Hombreira*

Figura 79

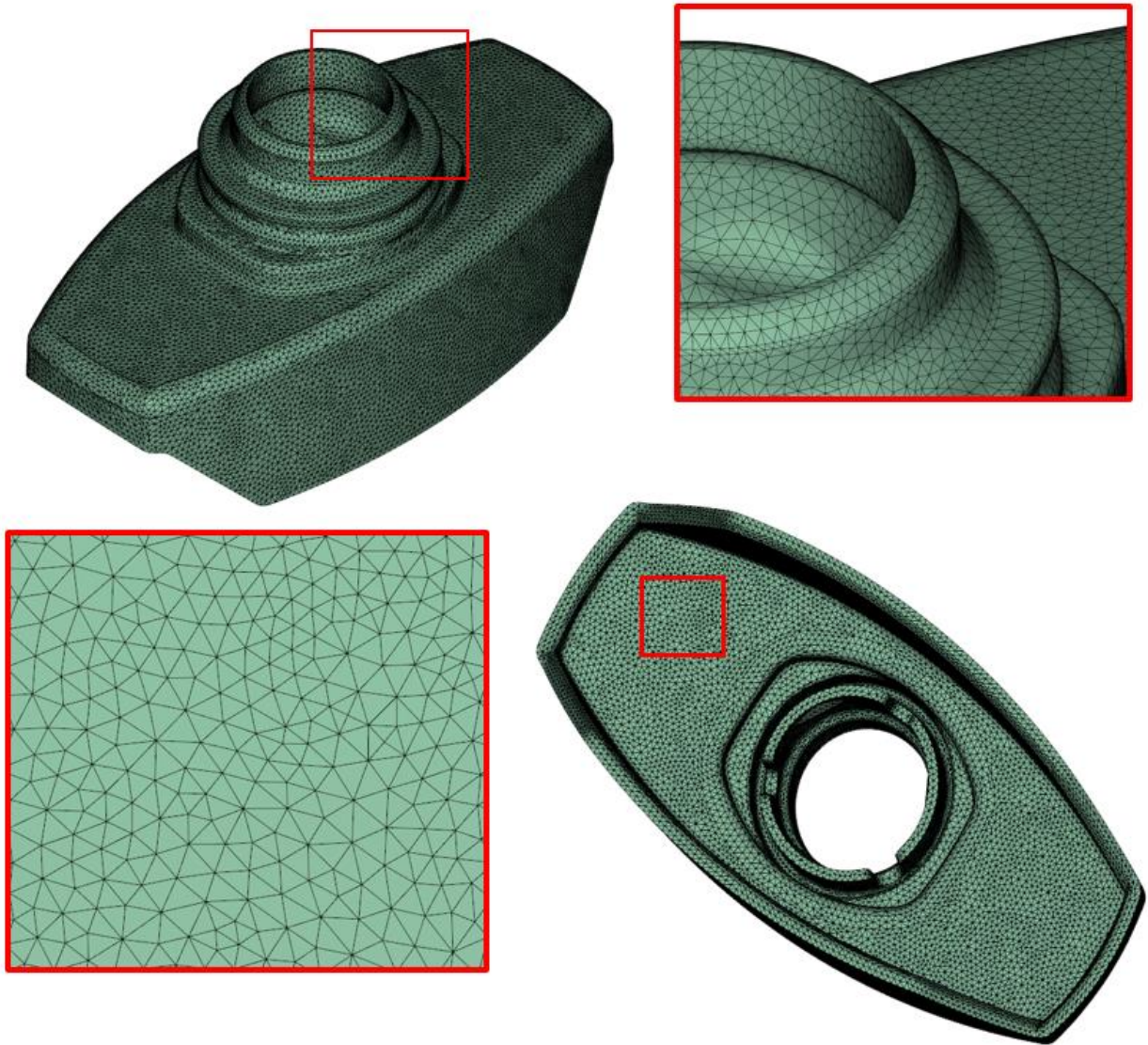
Malla Paramétrica de Pieza Hombreira para Simulación CAE



Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

Figura 80

Densidad de Malla en tetraedros 3d de Hombreira, definida para Simulación CAE

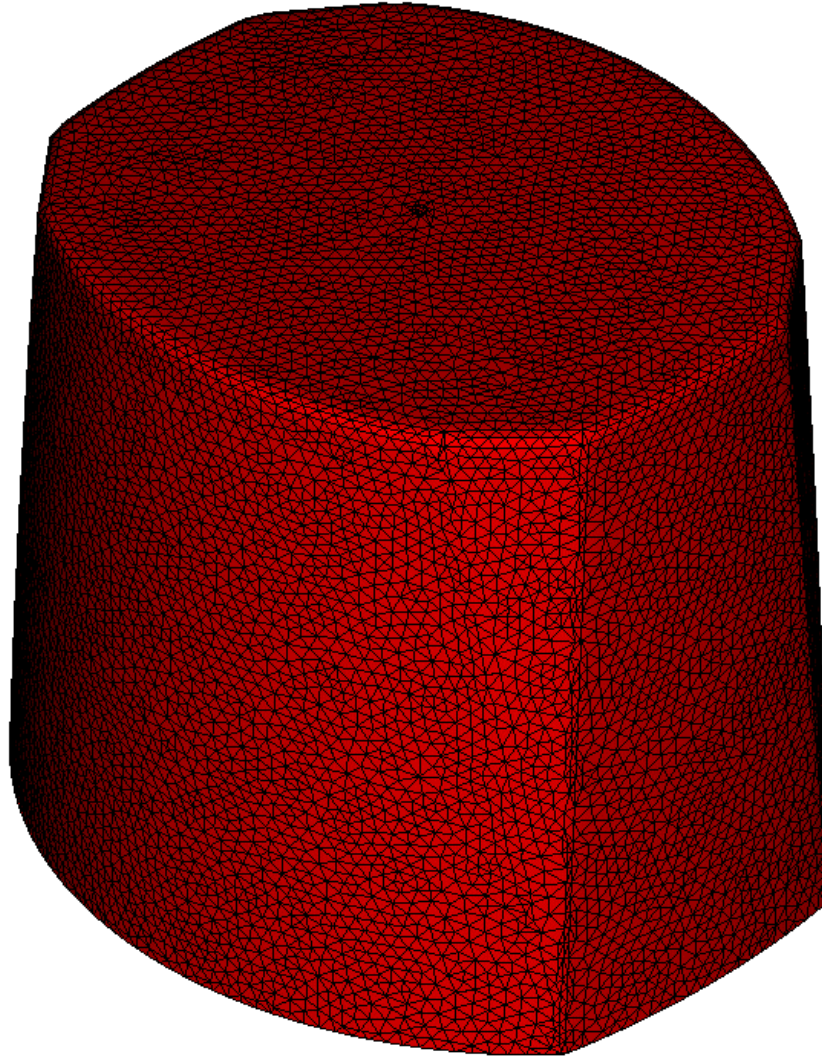


Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.3. *Generación de Malla CAE para Simulación de Tapa*

Figura 81

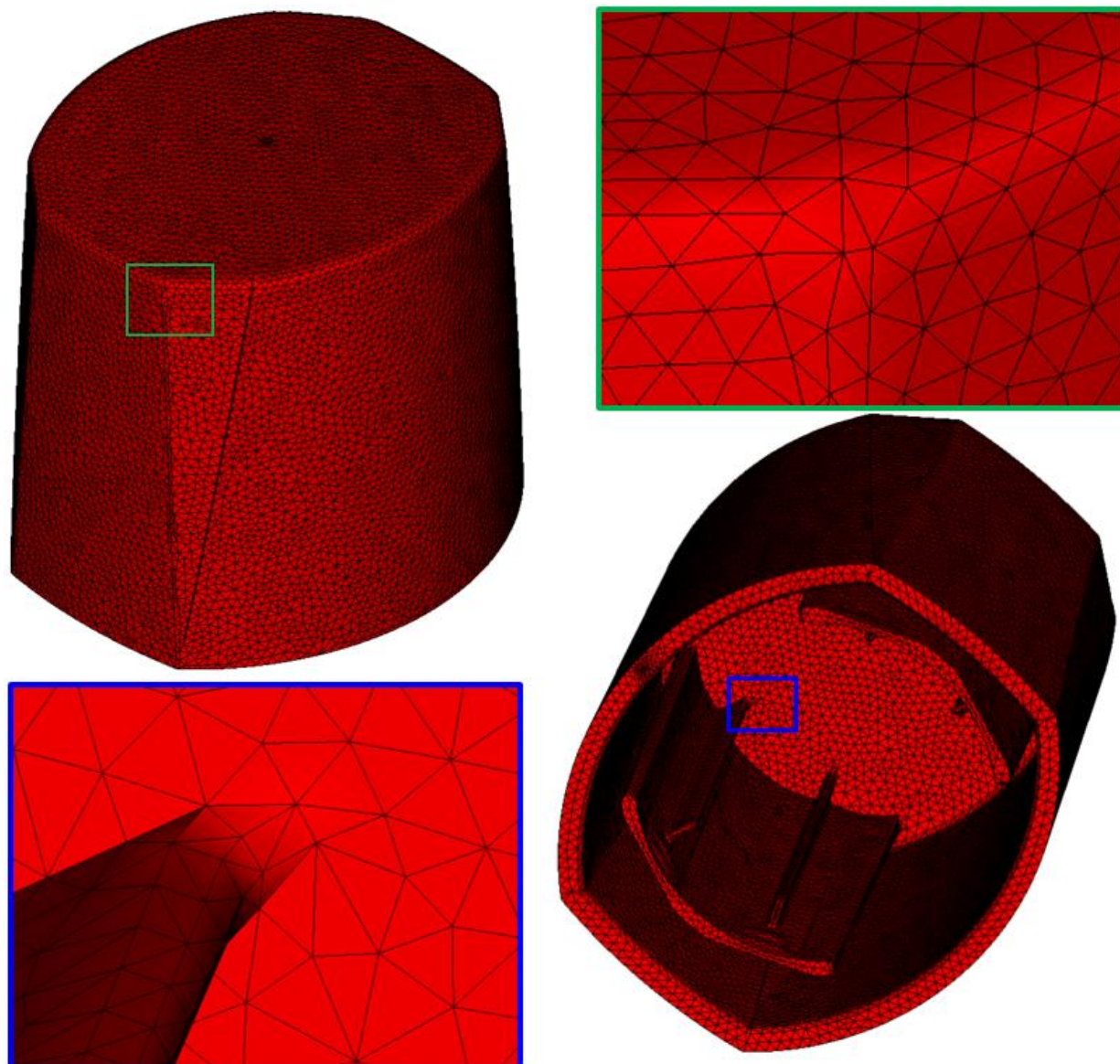
Malla Paramétrica de Pieza Tapa para Simulación CAE



Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

Figura 82

Densidad de Malla en tetraedros 3d de Tapa, definida para Simulación CAE.



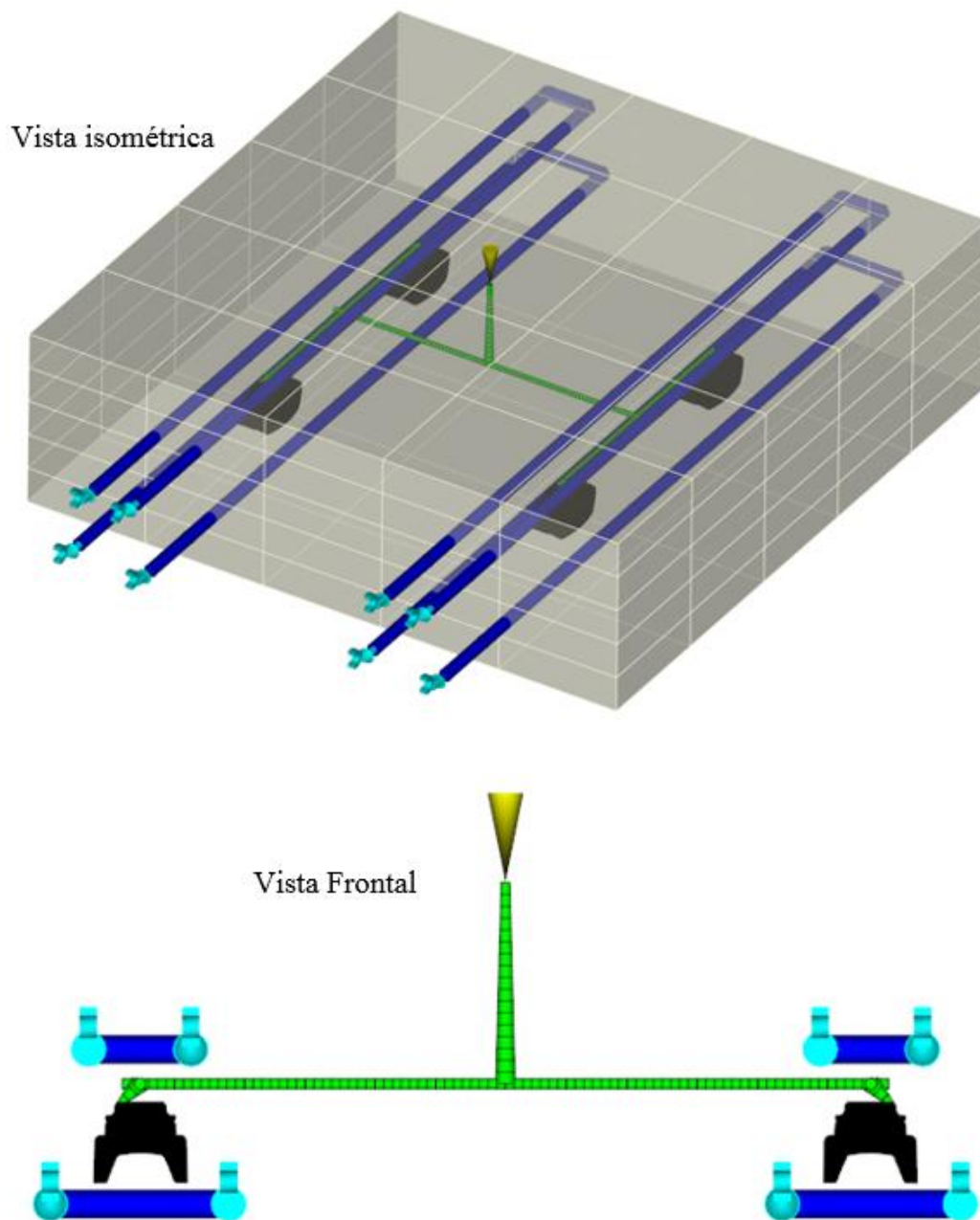
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.4. Simulación de Molde Hombrera – Convencional

4.2.4.4.1. Generación de Malla CAE para Molde de Hombrera - Convencional

Figura 83

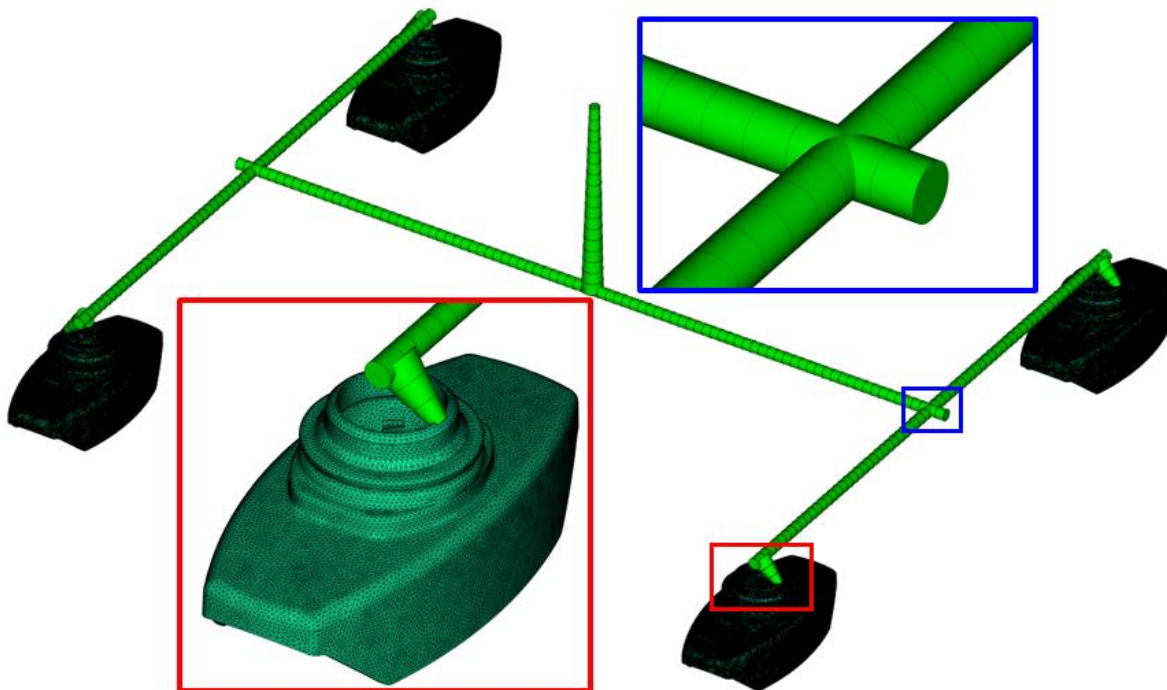
Molde de Hombrera convencional 4 cavidades, parametrizado para Simulación CAE



Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

Figura 84

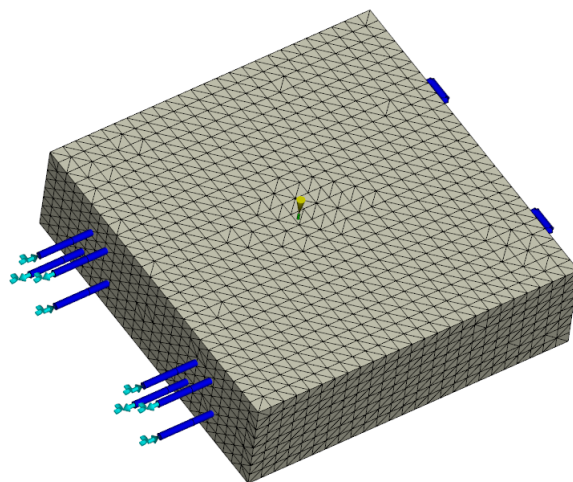
Malla de Cavidad y Colada en Molde de Hombrera - Convencional



Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

Figura 85

Malla de cuerpo y canales de refrigeración en Molde de Hombrera - Convencional



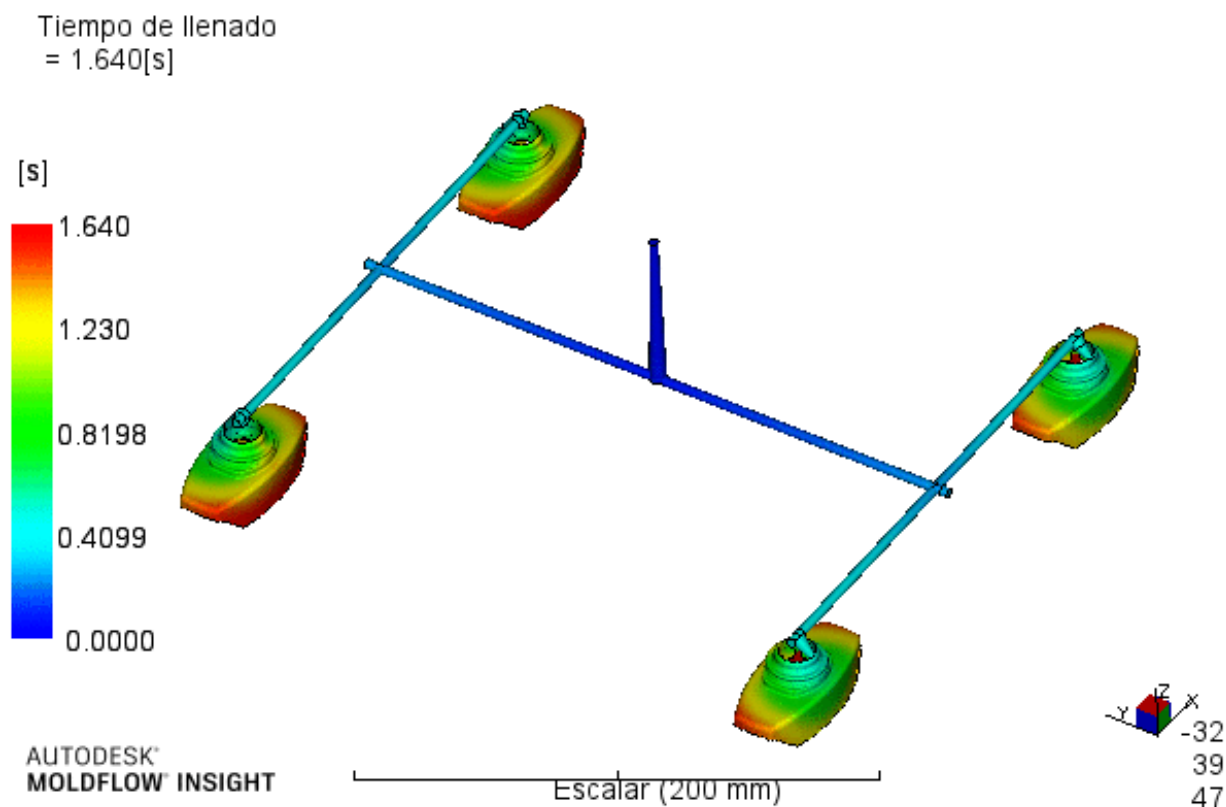
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.4.2. Tiempo de Llenado Molde Hombreira - Convencional

Hace referencia al tiempo necesario para que el plástico fundido fluya a través de cada uno de los canales de la colada, desde la máquina de inyección, hasta llenar completamente las 4 cavidades del molde.

Figura 86

Tiempo de llenado Molde de Hombreira – Convencional. Isométrico.

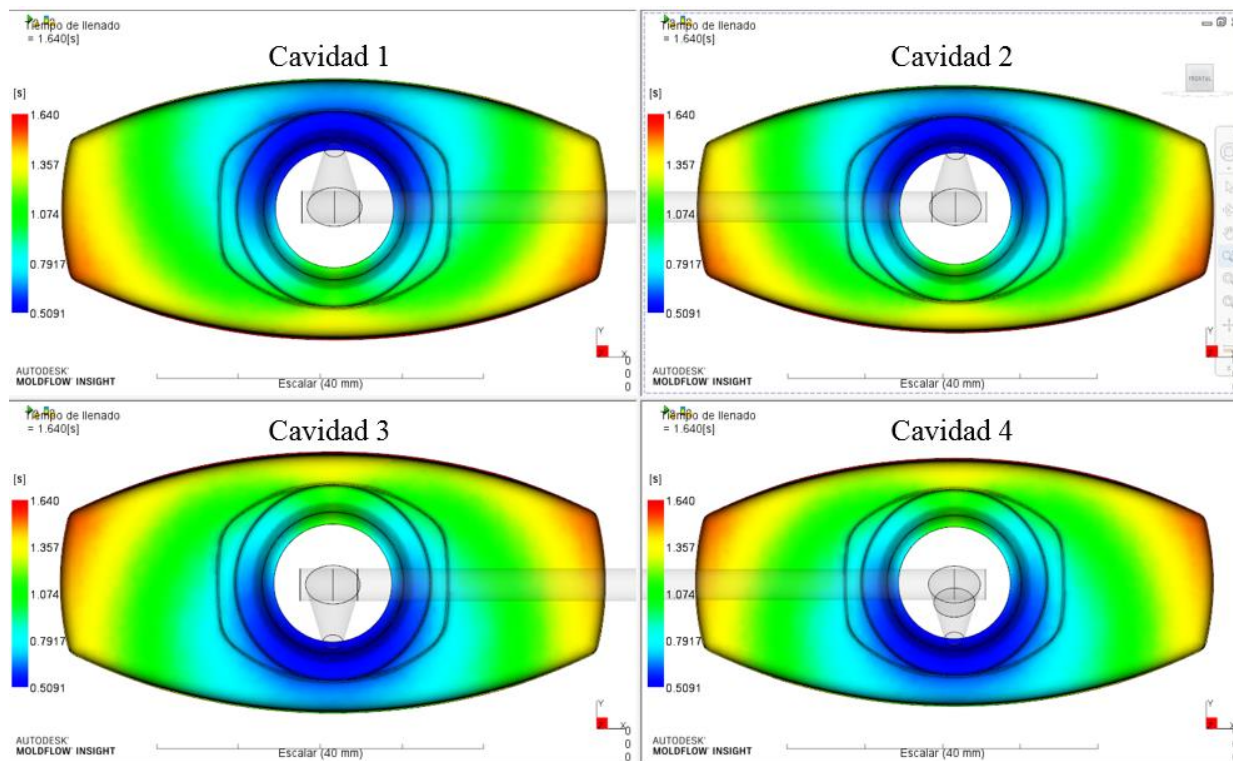


Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

Claramente se observa que las 4 cavidades del molde, se llenan completamente de plástico en 1.640 segundos y se puede concluir que las dimensiones de los canales de la colada, son acertados para permitir que las 4 cavidades llenen de manera simultánea.

Figura 87

Tiempo de llenado por cavidades Molde de Hombrera – Convencional. Vista Superior.

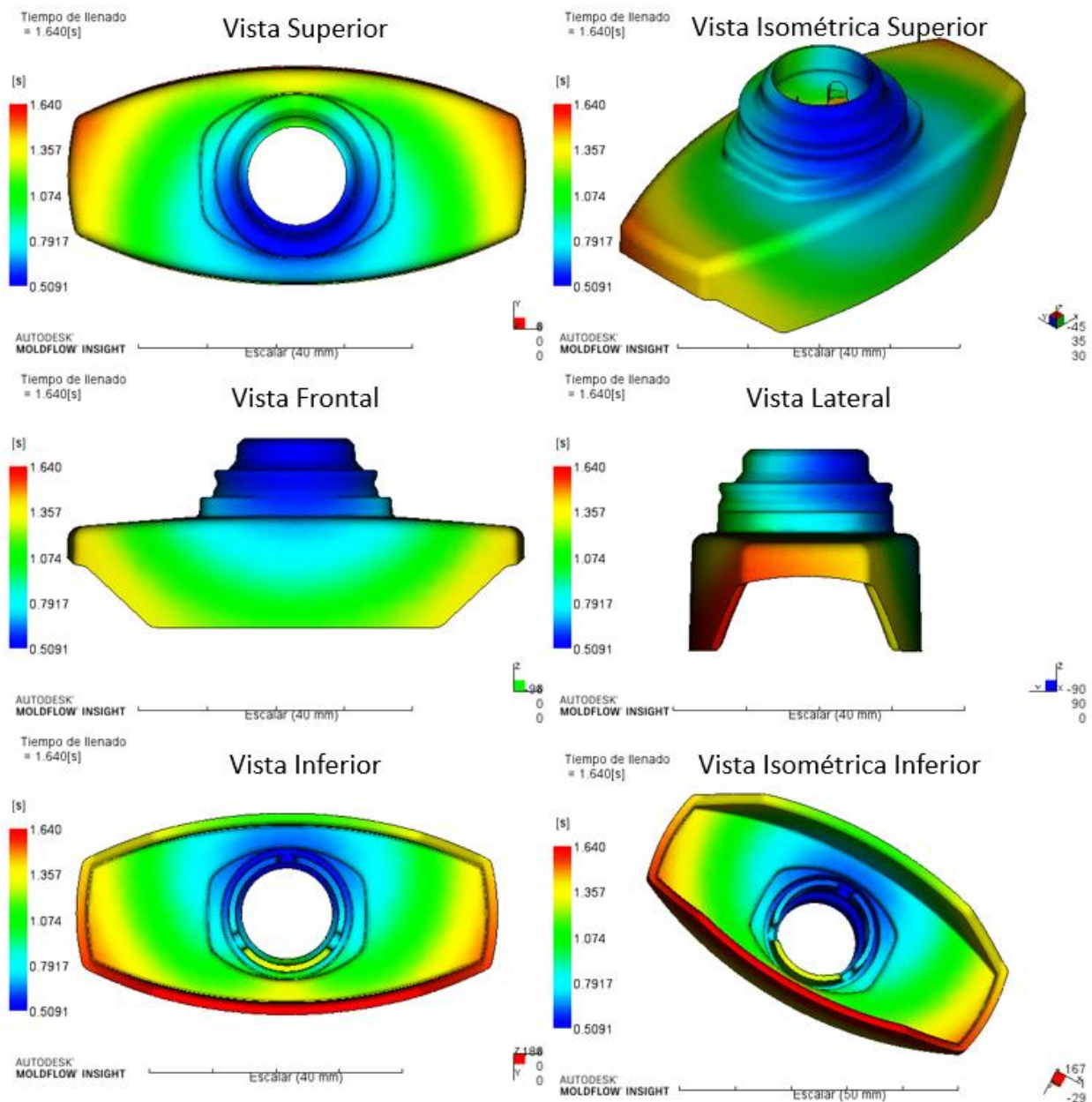


Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

Revisando particularmente cada cavidad, se aprecia que el llenado es uniforme en todas las cavidades; tomando como referencia la cavidad 3, se aprecia el detalle de llenado y se asume que se comporta de manera similar para todas las cavidades.

Figura 88

Tiempo de llenado en cavidad 3 Molde de Hombreira – Convencional.



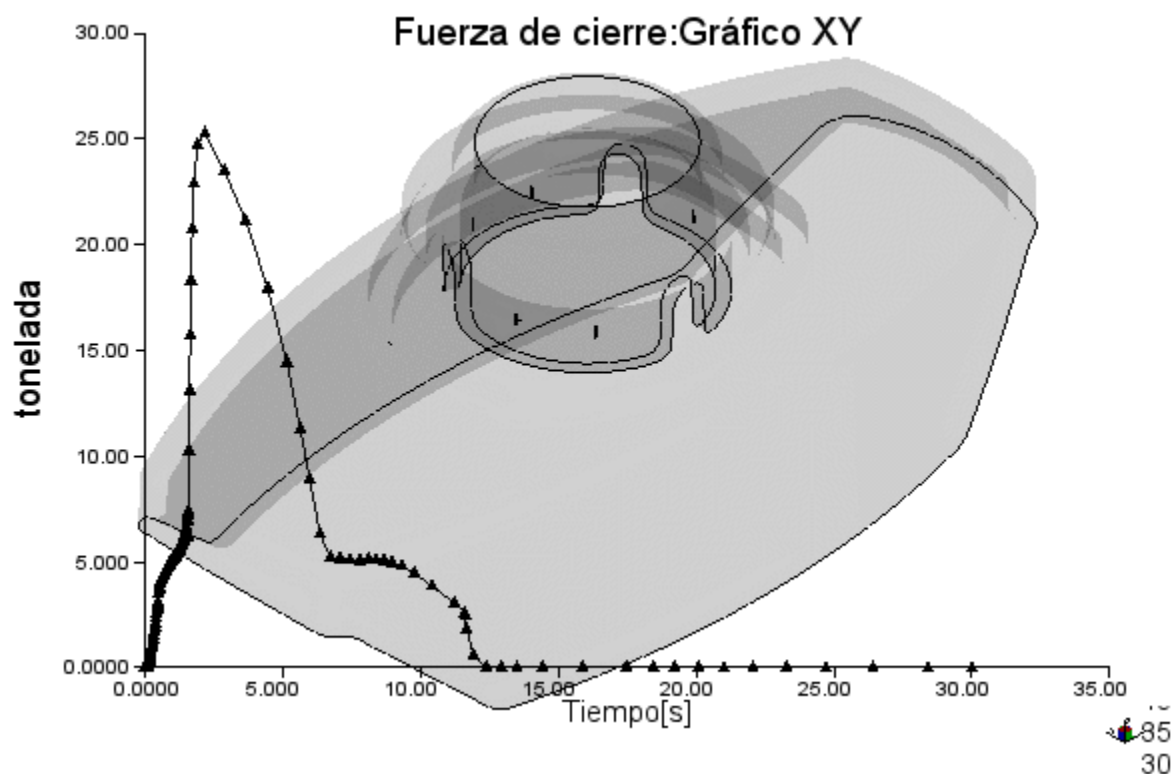
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.4.3. Fuerza de cierre Molde Hombrera – Convencional

Debido a que el molde de Hombrera Convencional tiene una colada en forma de “H” necesaria para alimentar 4 cavidades y un solo punto de inyección por cada cavidad, la fuerza de cierre necesaria para forzar el plástico fundido hacia el interior de todas las cavidades es de 25.2 Toneladas; lo anterior es necesario para seleccionar la máquina inyectora adecuada.

Figura 89

Fuerza de Cierre para Molde de Hombrera – Convencional.



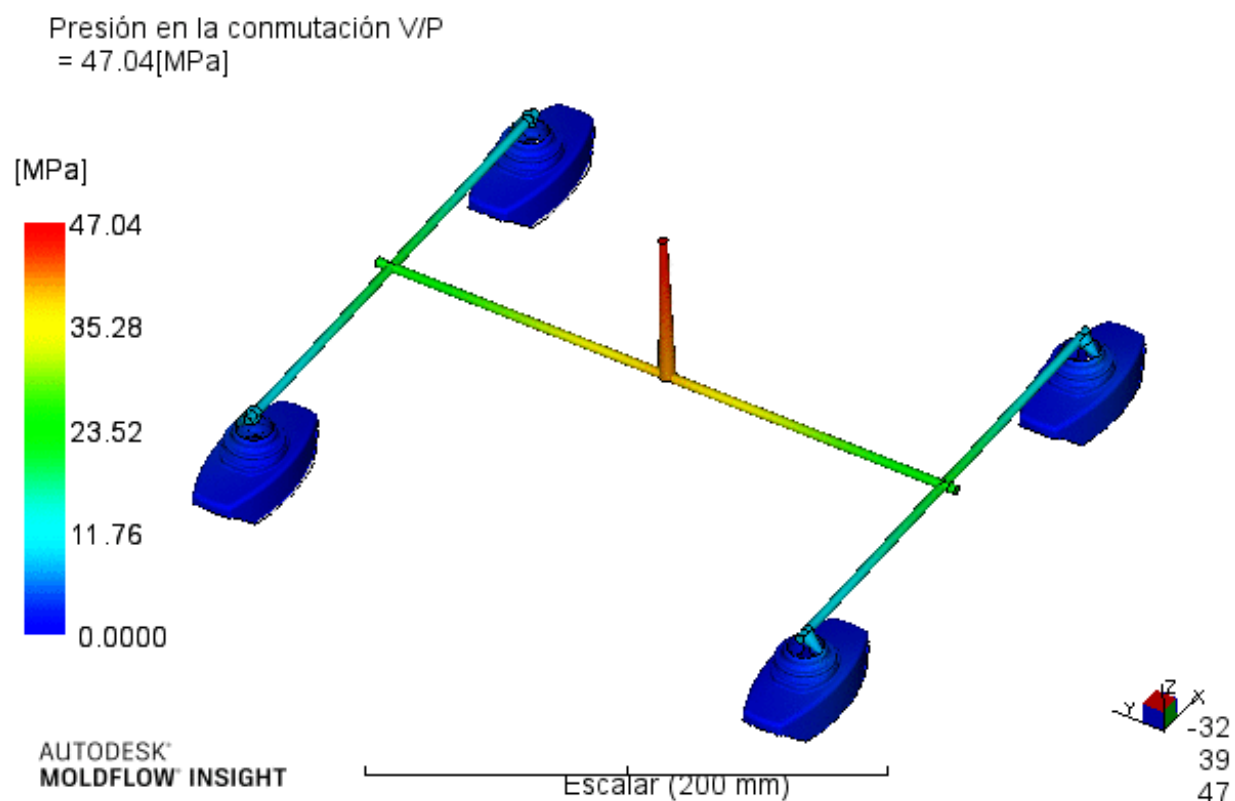
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.4.4. Presión de Sostenimiento Molde Hombreira – Convencional

Teniendo en cuenta que el Molde de Hombreira convencional tiene 4 cavidades, la simulación muestra que la presión necesaria para inyectar el material plástico en todas las cavidades a través de la colada, es de 47.04 Megapascuales.

Figura 90

Presión de inyección para Molde Hombreira – Convencional.



Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

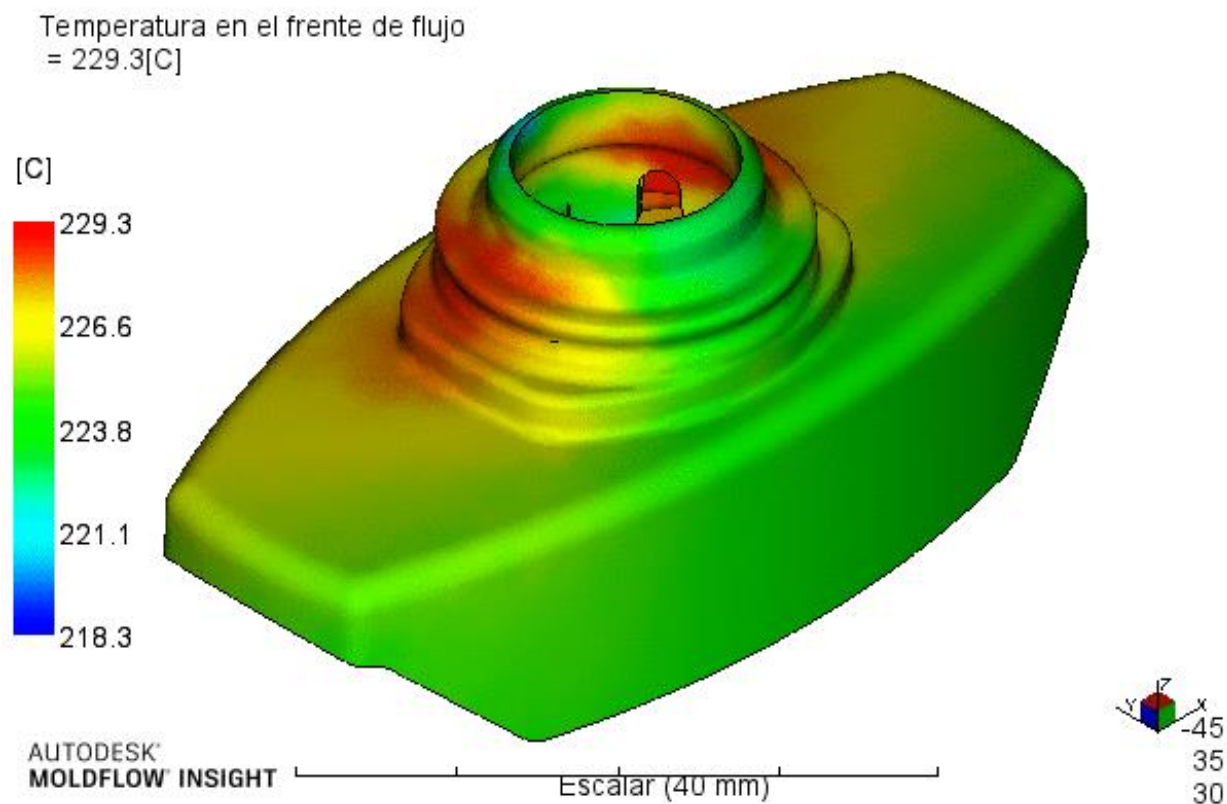
4.2.4.4.5. [Temperatura del Frente de Flujo Molde Hombreira - Convencional]

Se aprecia que la temperatura del plástico fundido dentro de la cavidad del molde, puede alcanzar 229.3 °C, considerando que se usó un Polipropileno Genérico.

Las zonas rojas con mayor temperatura, se encuentran alejadas de los canales de refrigeración y por ello pueden presentar deformaciones o rechupes durante la solidificación; suponiendo que se presente el defecto, se puede compensar modificando la cantidad de material inyectado y velocidad o temperatura del refrigerante.

Figura 91

Temperatura de plástico en la cavidad de Molde Hombreira – Convencional. Vista Isométrica Superior



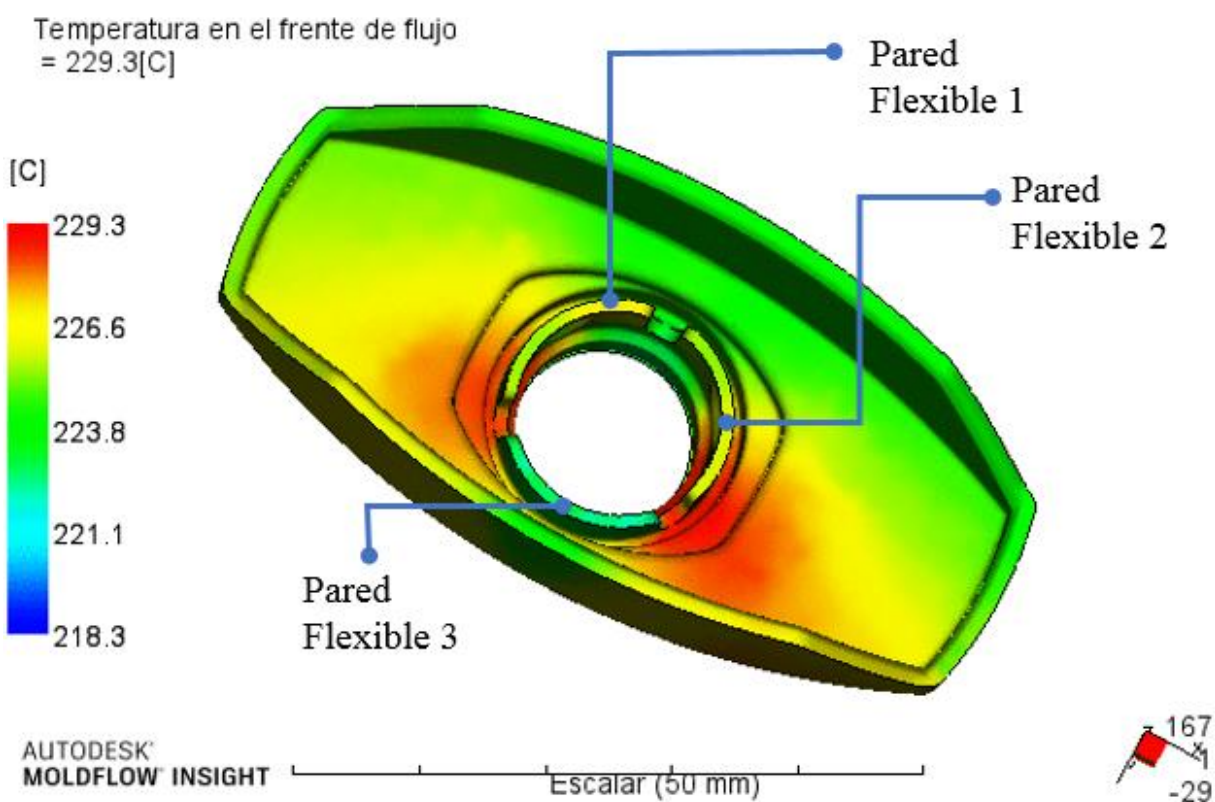
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

Internamente se aprecia que las paredes flexibles que realizan el ajuste con la válvula o frasco de la fragancia, no presentan una temperatura máxima, de esta manera se reduce el riesgo de generar afectación funcional en el ajuste de la pieza.

Figura 92

Temperatura de plástico en la cavidad de Molde Hombreira – Convencional. Vista

Isométrica Inferior



Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

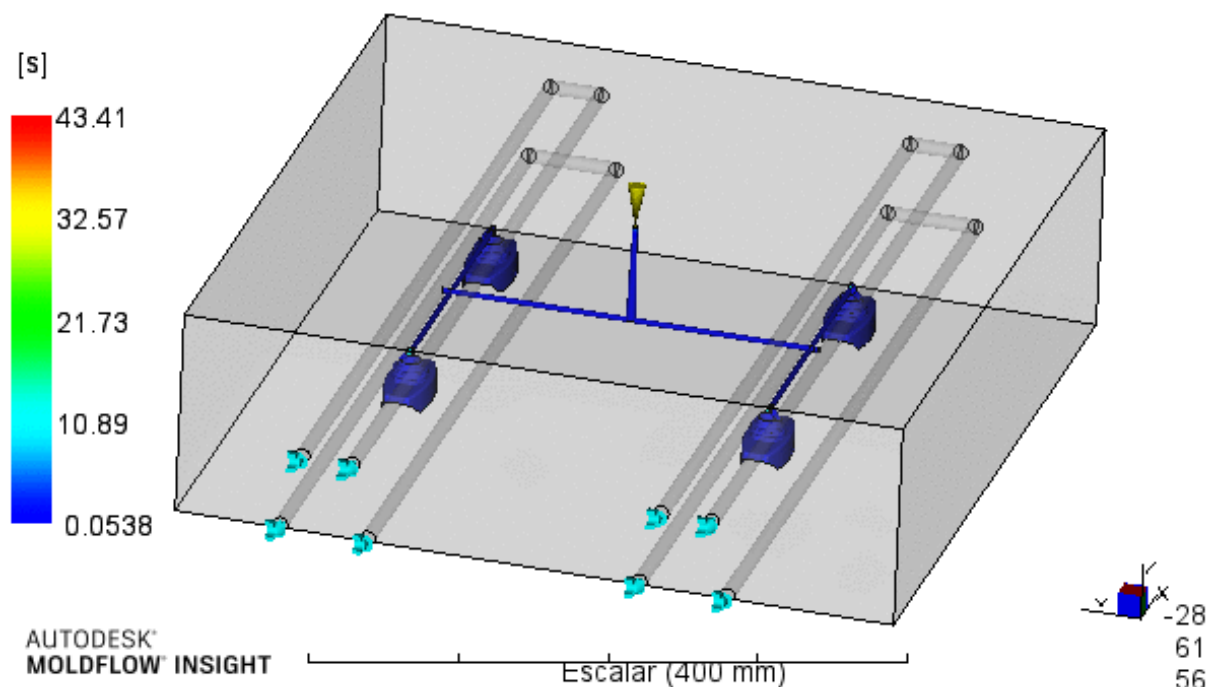
4.2.4.4.6. Tiempo de Ciclo Molde Hombrrera – Convencional

Para la expulsión de las cavidades, es necesario considerar también la colada; la simulación muestra que el tiempo total de expulsión para las cavidades y colada es 43.41 segundos.

Figura 93

Tiempo para Expulsión de Cavidades y Colada en Molde Hombrrera – Convencional.

Tiempo para alcanzar la temperatura de expulsión
= 43.41[s]



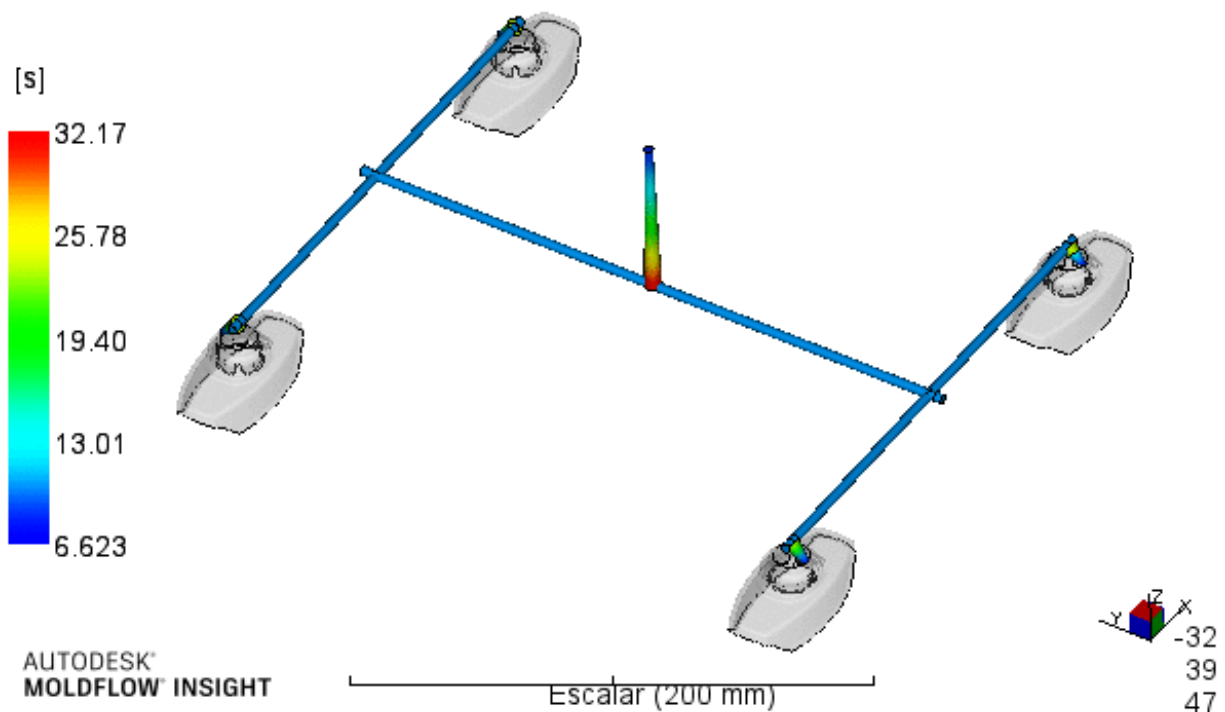
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

Hay que tener presente, que la colada se comporta como una pieza adicional; por ello hay que contemplar tanto el material que se requiere para llenarla completamente, como el tiempo necesario para su expulsión. De acuerdo a la simulación el tiempo de expulsión solo de la colada es 32.17 segundos.

Figura 94

Tiempo para Expulsión de Colada en Molde Hombrero – Convencional.

Tiempo para alcanzar la temperatura de expulsión, canal frío
= 32.17[s]



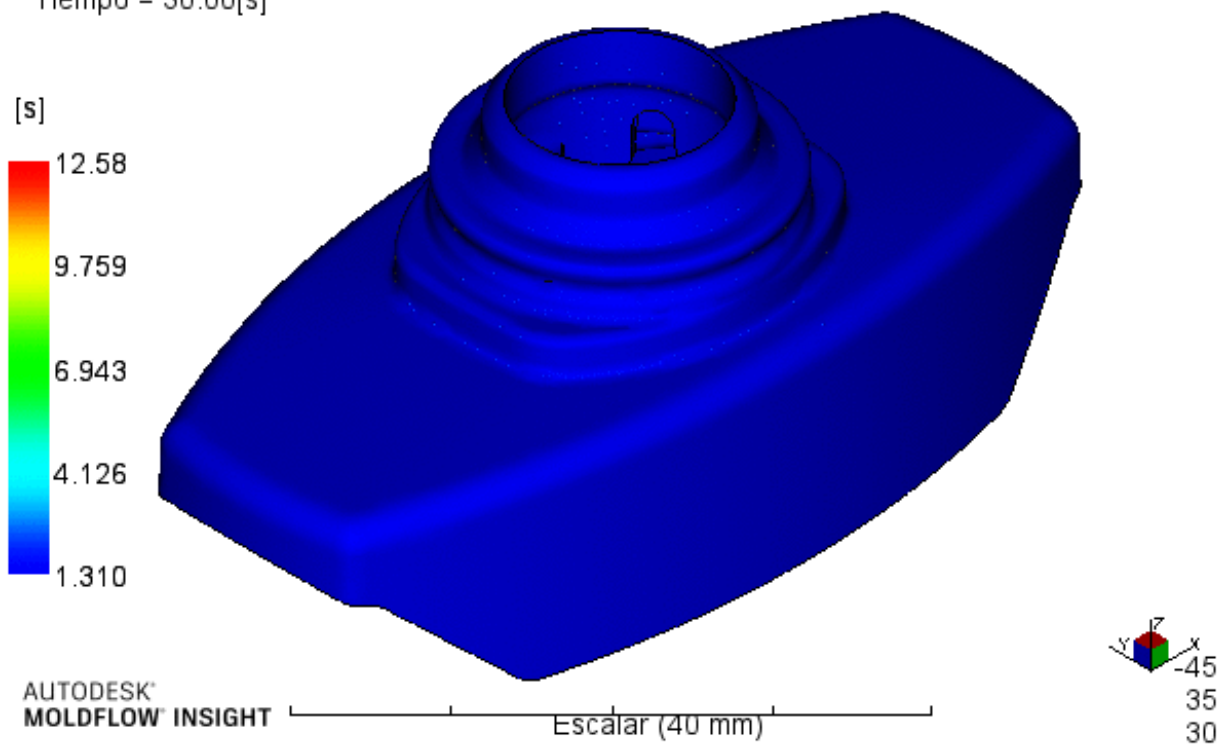
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

Así mismo, el tiempo necesario para expulsar las 4 cavidades del molde sin considerar la colada, es 12.58 segundos.

Figura 95

Tiempo para Expulsión de Cavidades en Molde Hombrera – Convencional.

Tiempo para alcanzar la temperatura de expulsión, pieza
Tiempo = 30.00[s]



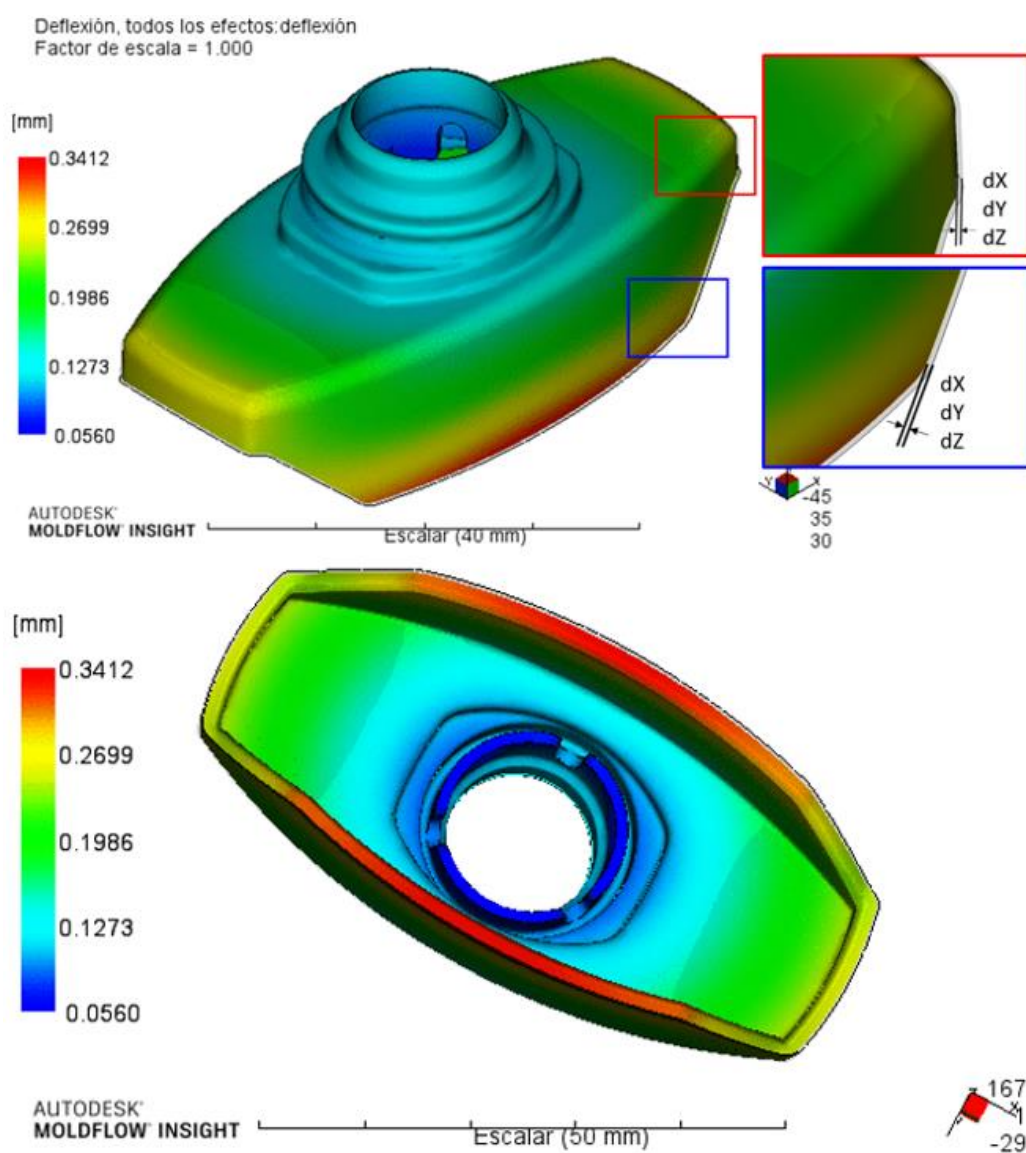
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.4.7. Deformación de Pieza en Molde Hombreira – Convencional

De acuerdo a la información presentada por la simulación, es posible obtener una deformación máxima de 0.3412 milímetros, en las zonas indicadas en color rojo; sin embargo, no se considera crítico, puesto que no se comprometen zonas que afecten su funcionalidad.

Figura 96

Deformación de Cavidades en Molde Hombreira – Convencional.



Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

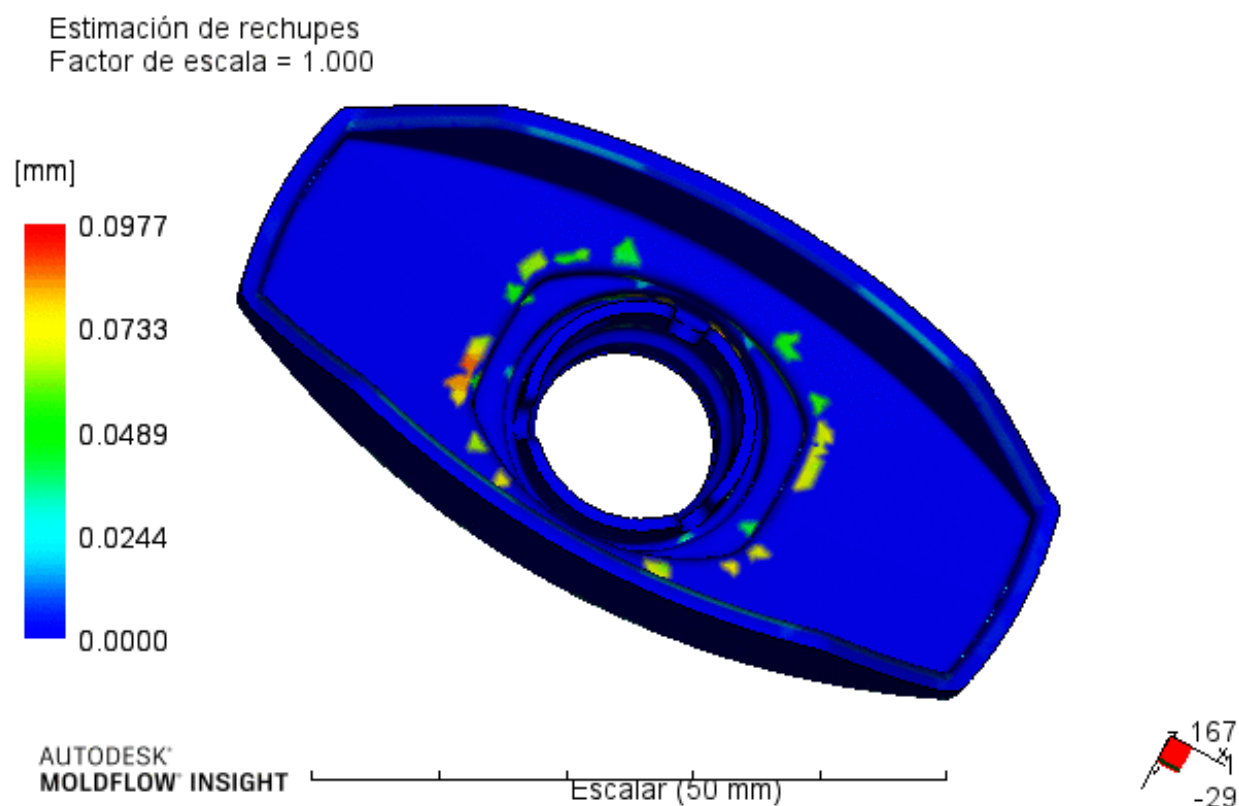
4.2.4.4.8. Rechupes de Pieza en Molde Hombreira – Convencional

Los rechupes se generan en lugares donde se encuentran los mayores espesores de pared, o concentración de material dentro de la pieza, lo que dificulta una solidificación homogénea.

De acuerdo a la información presentada por la simulación, se puede obtener un rechupe máximo de 0.0977 milímetros, sin embargo, no se considera crítico puesto que su ubicación no compromete la funcionalidad de la pieza.

Figura 97

Deformación de Cavidades en Molde Hombreira – Convencional.



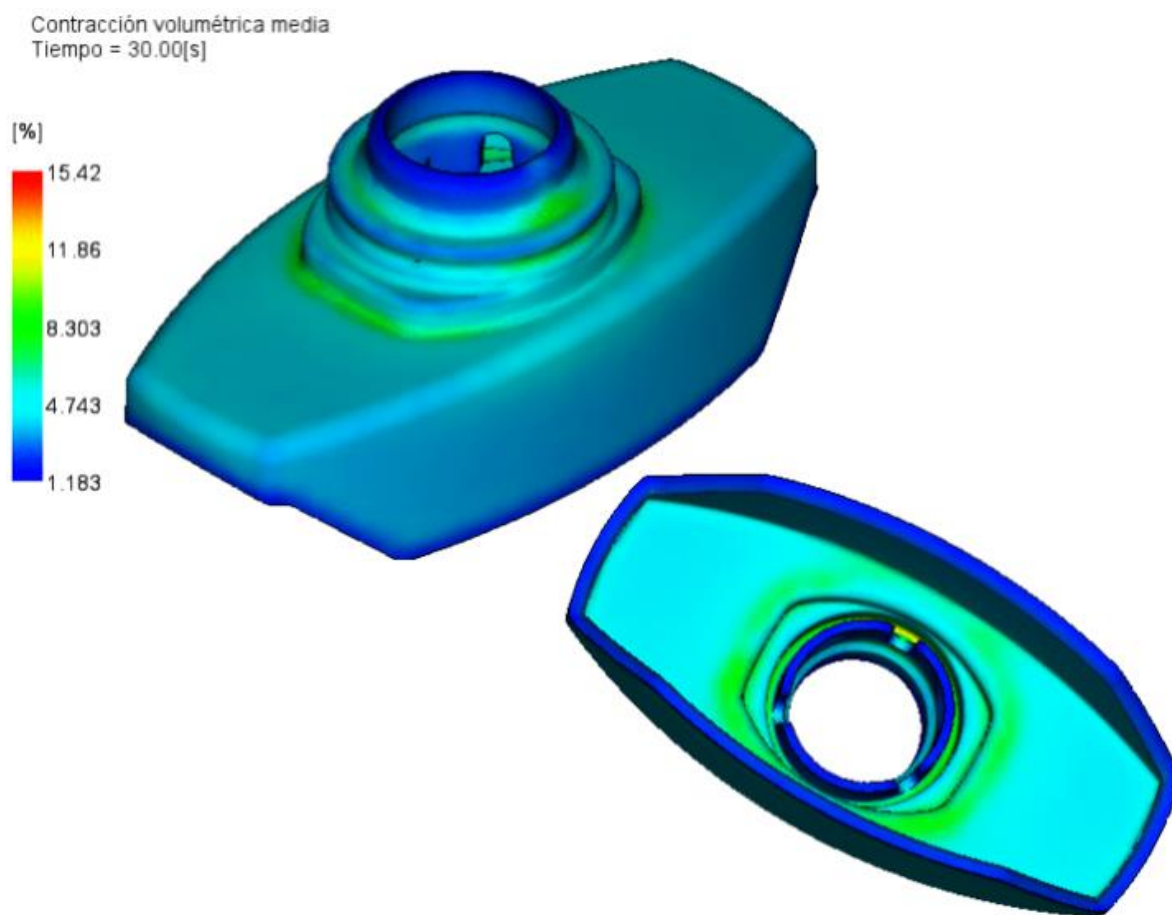
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.4.9. Contracción Volumétrica de Cavidades en Molde Hombreira – Convencional

Se presenta una contracción máxima de 15.42%; sin embargo, las zonas críticas de la pieza que afectan la funcionalidad o ajuste de la misma, o que influyen en la estética de la misma, no evidencian contracción volumétrica superior al 5%; por lo anterior, no se considera crítico y posiblemente será fácilmente controlable ajustando parámetros de máquina.

Figura 98

Contracción Volumétrica de Cavidades en Molde Hombreira – Convencional.



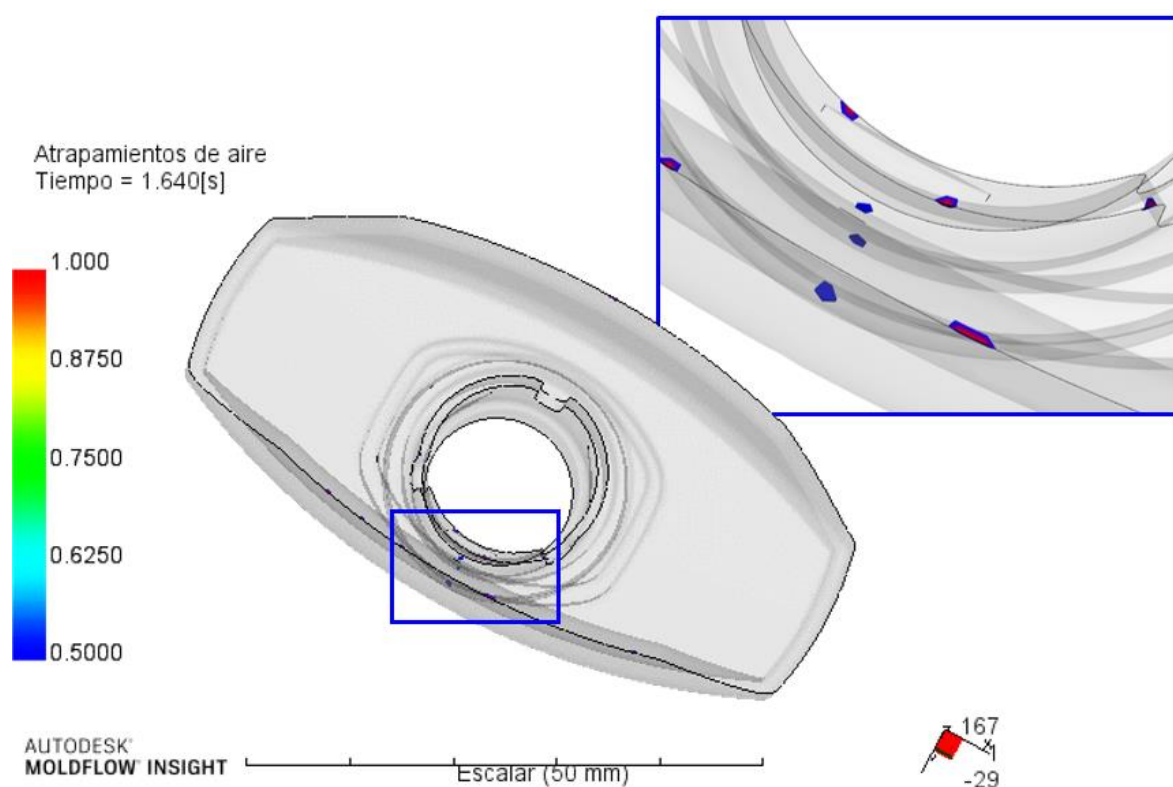
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.4.10. Atrapamientos de Aire en Cavidades en Molde Hombreira – Convencional

Se evidencia ligeras zonas con riesgo de atrapamiento de aire en los bordes inferiores de la pieza, sin embargo, no son críticos puesto que no se encuentran en las áreas críticas de la pieza y puede mitigarse con la incorporación de respiraderos o escapes de gas en las cavidades del molde.

Figura 99

Atrapamientos de Aire en Cavidades en Molde Hombreira – Convencional.



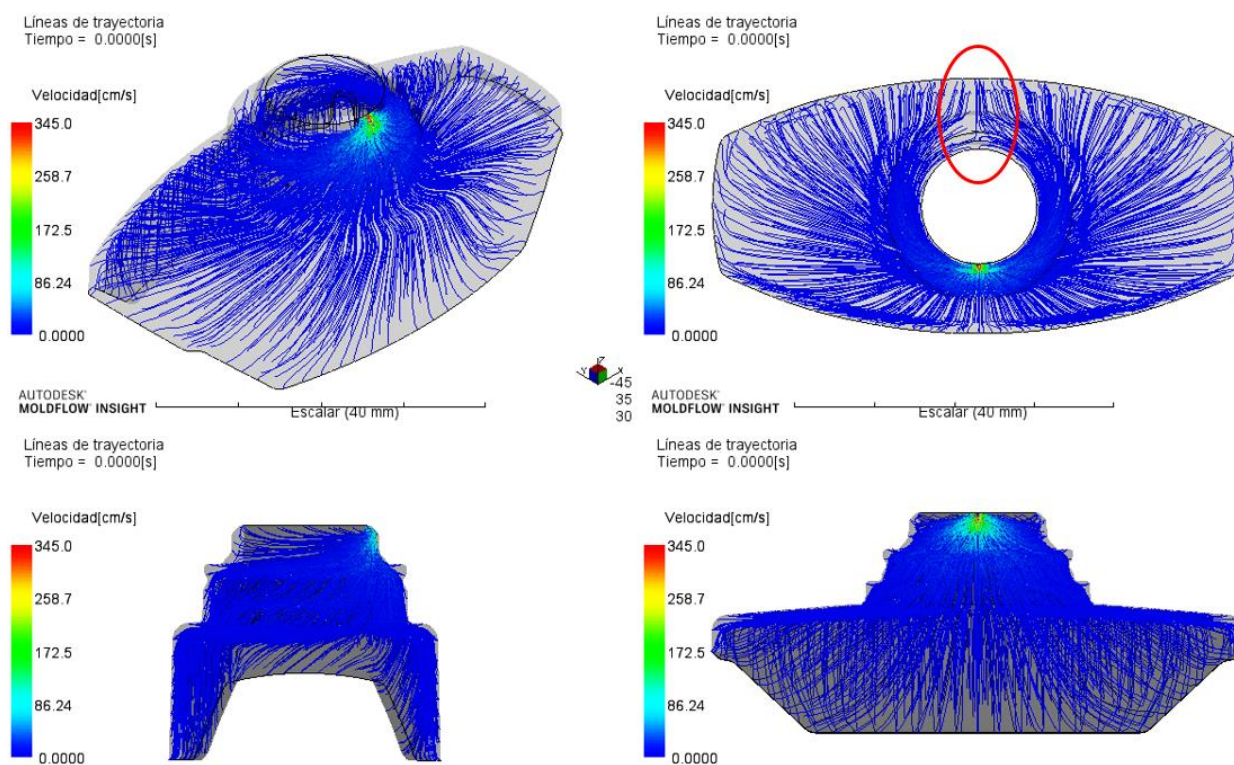
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.4.11. Líneas de Flujo en Cavidades en Molde Hombreira – Convencional.

Dado que la pieza tiene un orificio y el punto de inyección se encuentra ubicado a un costado del mismo, el frente de flujo se divide con el fin de bordear el orificio y continuar así su recorrido para llenar la pieza. Cuando los diferentes frentes de flujo que se puedan generar vuelven a encontrarse, se generan líneas de soldadura y si la temperatura no es suficiente para su fusión, puede generarse defectos estéticos evidentes o grietas en la pieza que comprometan su funcionalidad.

Figura 100

Líneas de Flujo en Cavidades en Molde Hombreira – Convencional.



Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

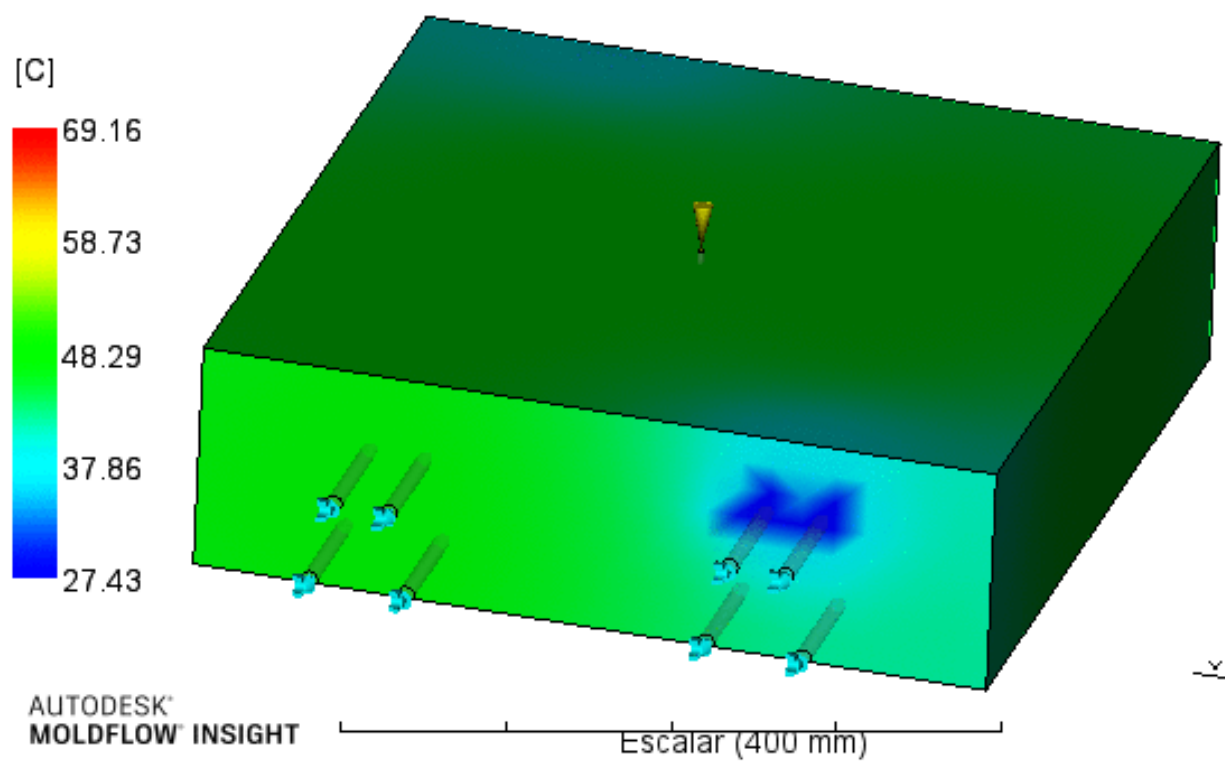
4.2.4.4.12. Temperatura media de Molde Hombreira – Convencional.

De acuerdo a la ubicación y dimensiones de los canales de refrigeración, la temperatura media de molde llega a 69.16 c°

Figura 101

Temperatura Media de Molde Hombreira – Convencional.

Temperatura, molde (media)
= 69.16[C]



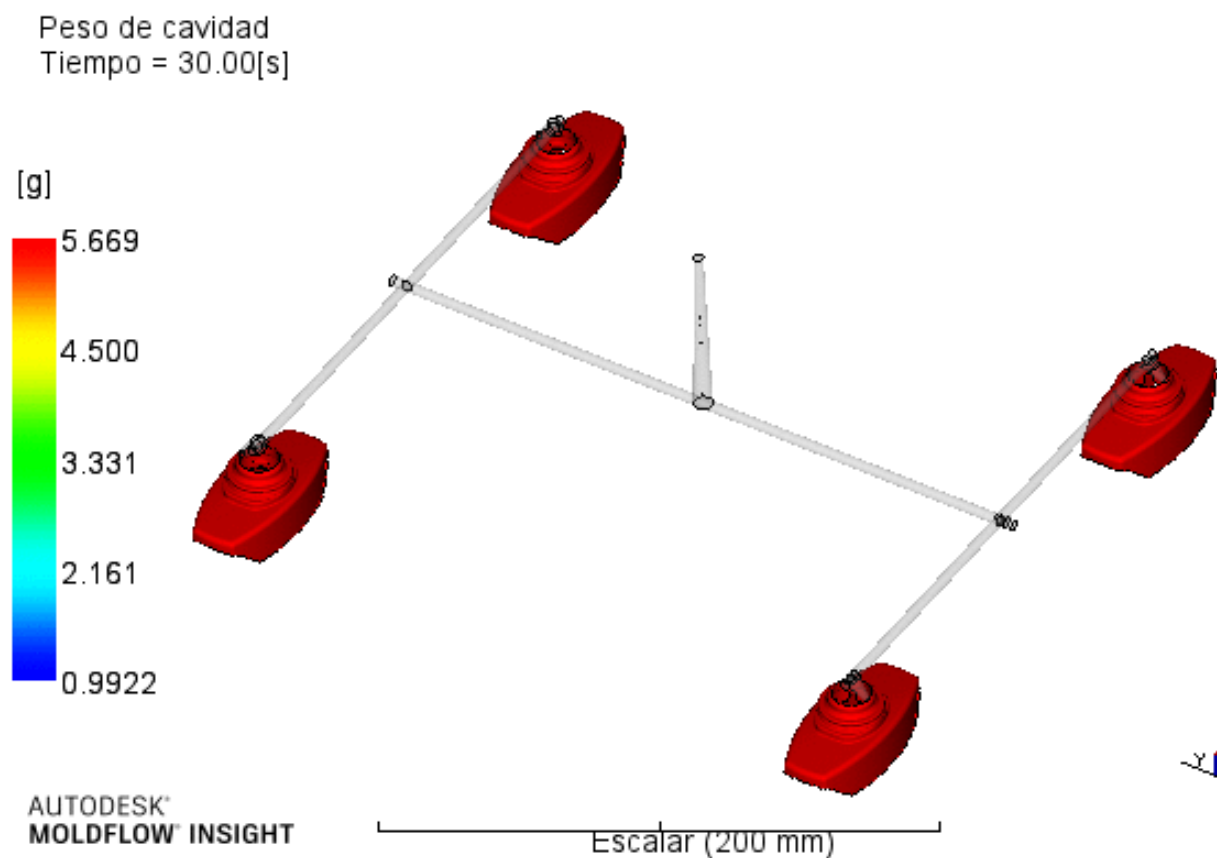
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.4.13. Peso de Piezas Obtenido en Molde Hombrera – Convencional.

El peso obtenido de cada pieza en material PP genérico, es de 5.669 gramos. Si es necesario eliminar defectos como rechupes o deformaciones ya que se compromete la funcionalidad de la pieza, posiblemente sea necesario aumentar la cantidad de material inyectado en la pieza y por consiguiente el peso de la misma.

Figura 102

Peso de Pieza en Molde Hombrera – Convencional.



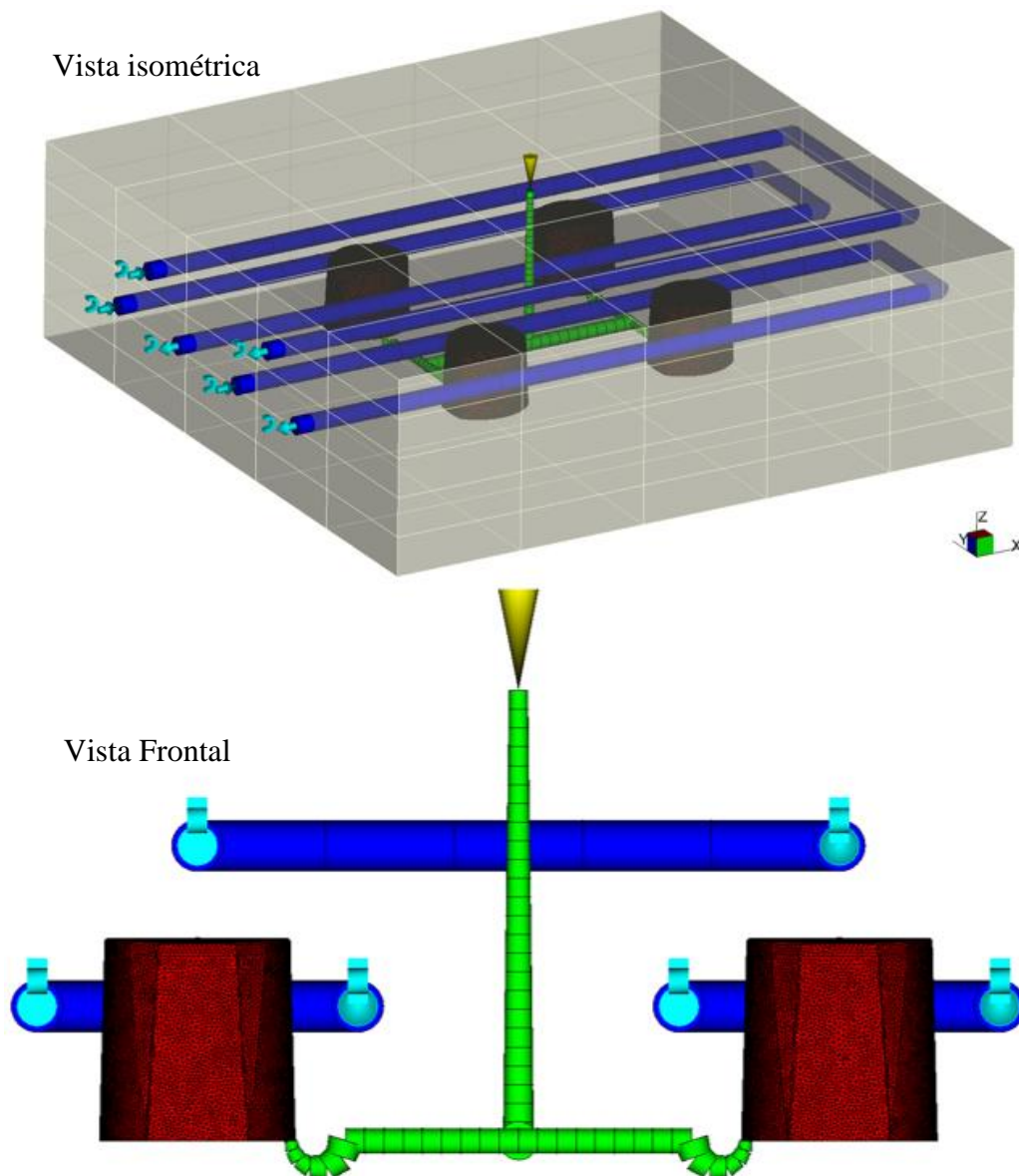
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.5. Simulación de Molde Tapa – Convencional

4.2.4.5.1. Generación de Malla CAE para Molde de Tapa - Convencional

Figura 103

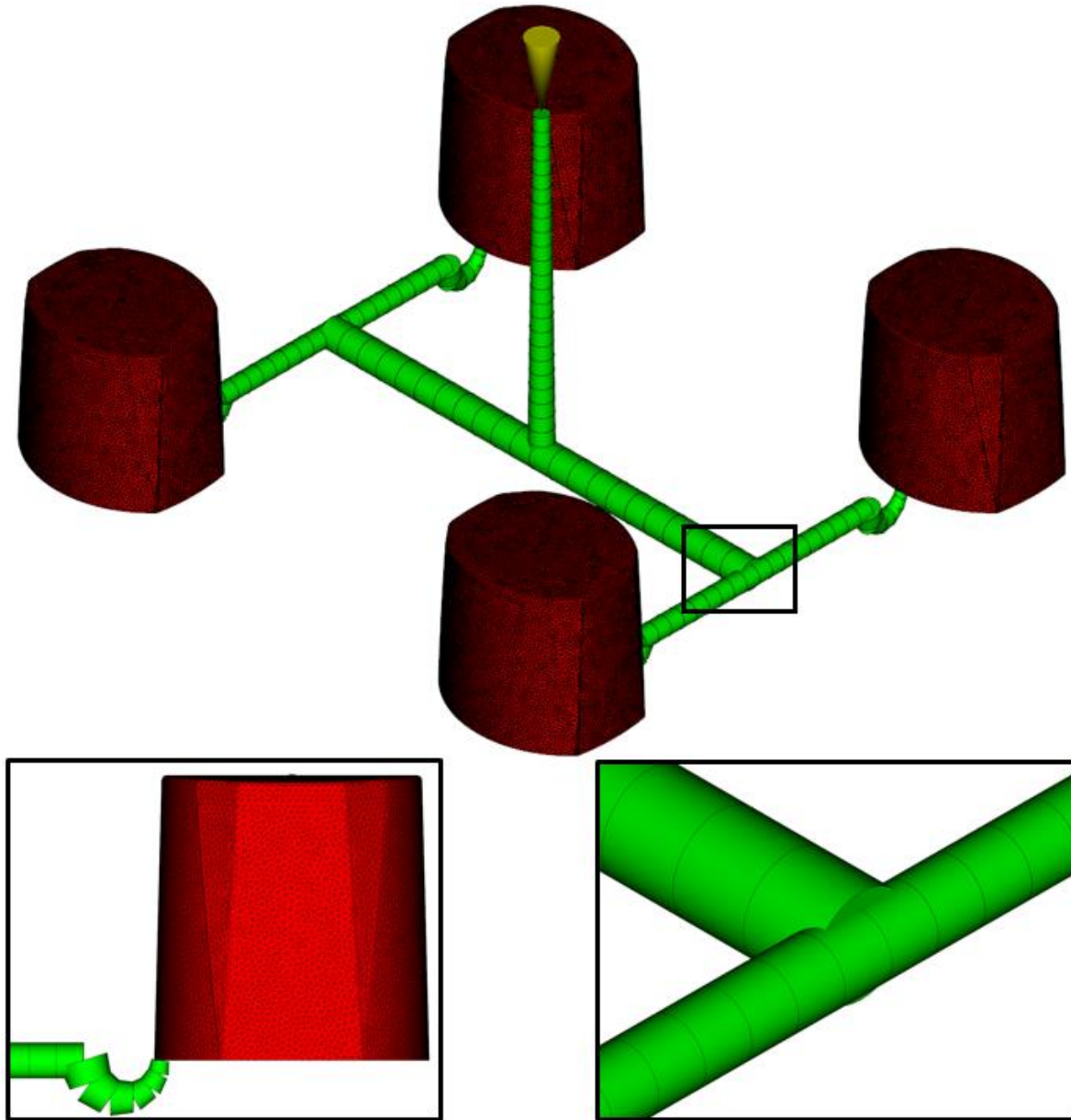
Molde de Tapa convencional 4 cavidades, parametrizado para Simulación CAE



Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

Figura 104

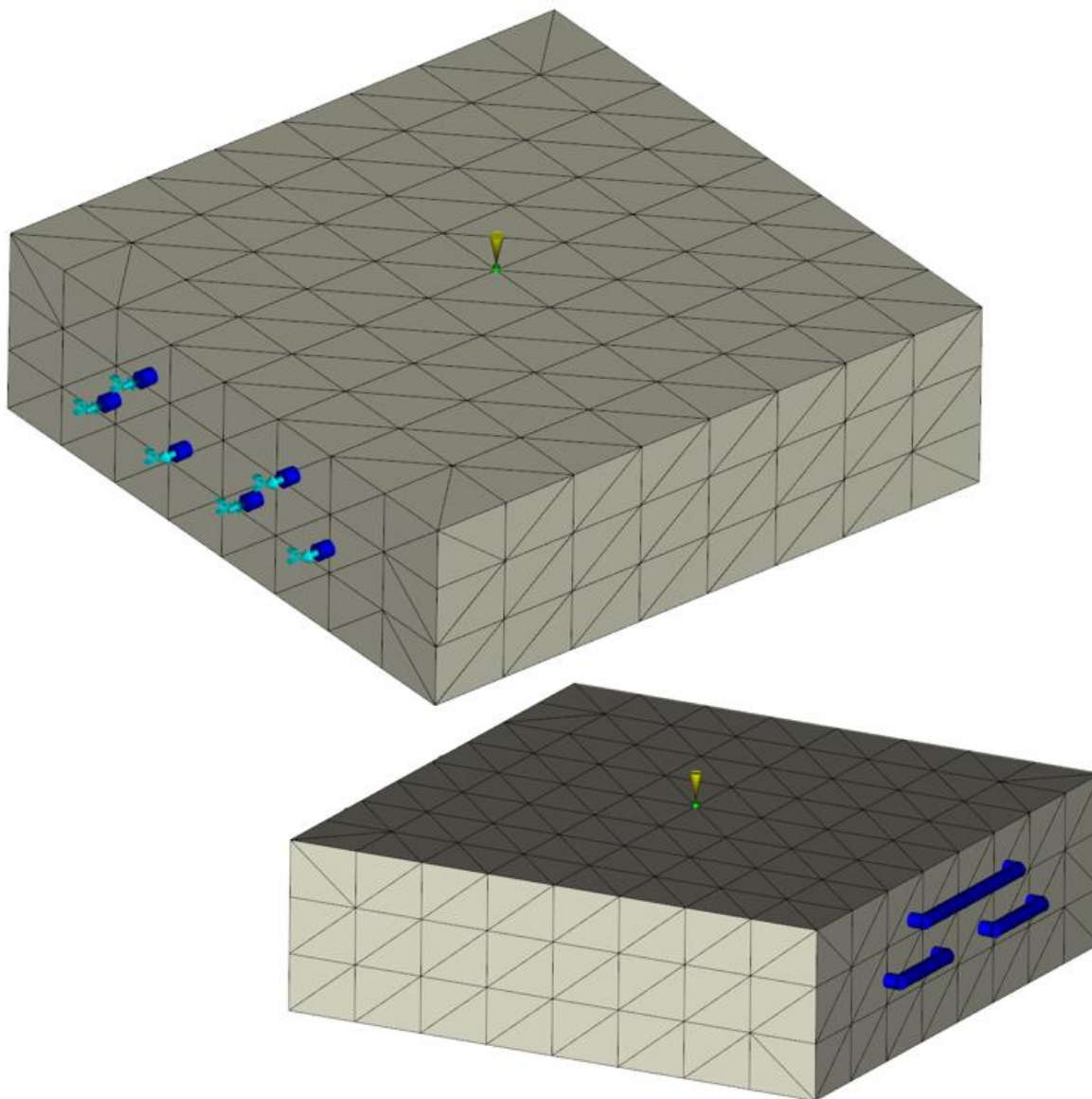
Malla de Cavidad y Colada en Molde de Tapa - Convencional



Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

Figura 105

Malla de cuerpo y canales de refrigeración en Molde de Tapa - Convencional



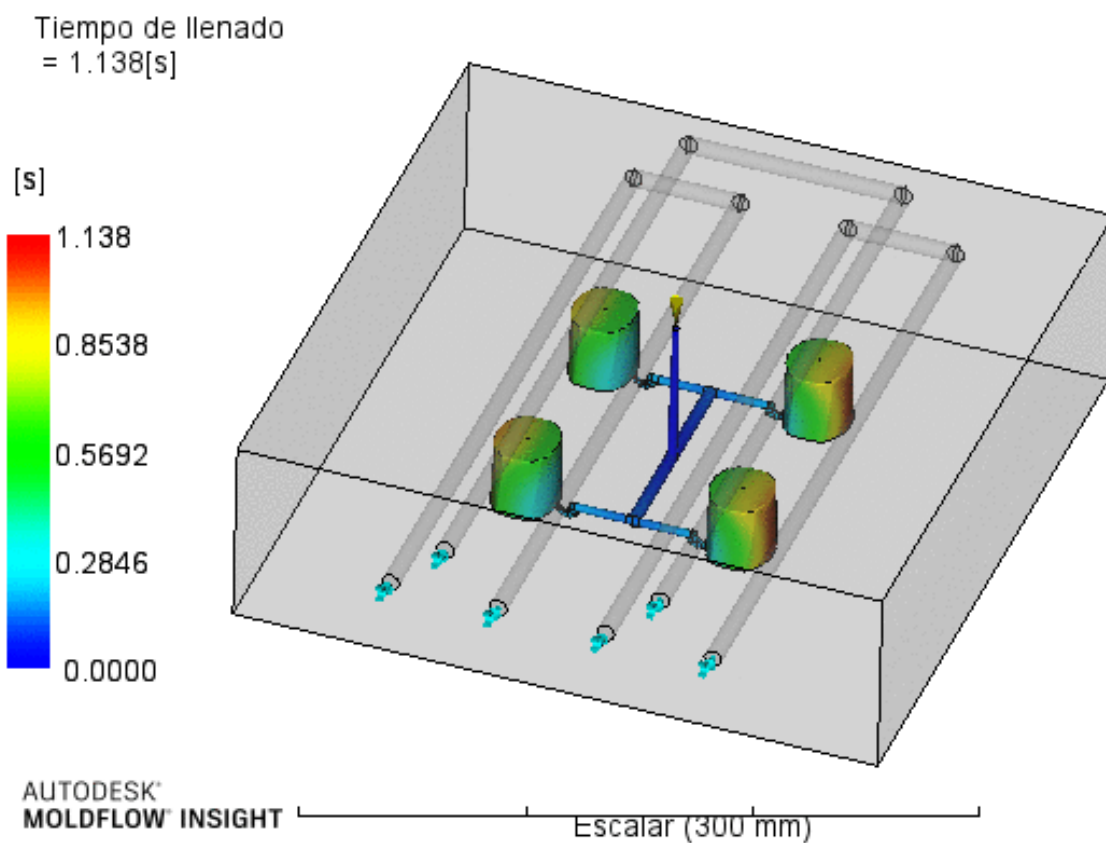
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.5.2. Tiempo de Llenado Molde Tapa – Convencional

Hace referencia al tiempo necesario para que el plástico fundido fluya a través de cada uno de los canales de la colada, desde la máquina de inyección, hasta llenar completamente las 4 cavidades del molde.

Figura 106

Tiempo de llenado Molde de Tapa – Convencional. Isométrico.

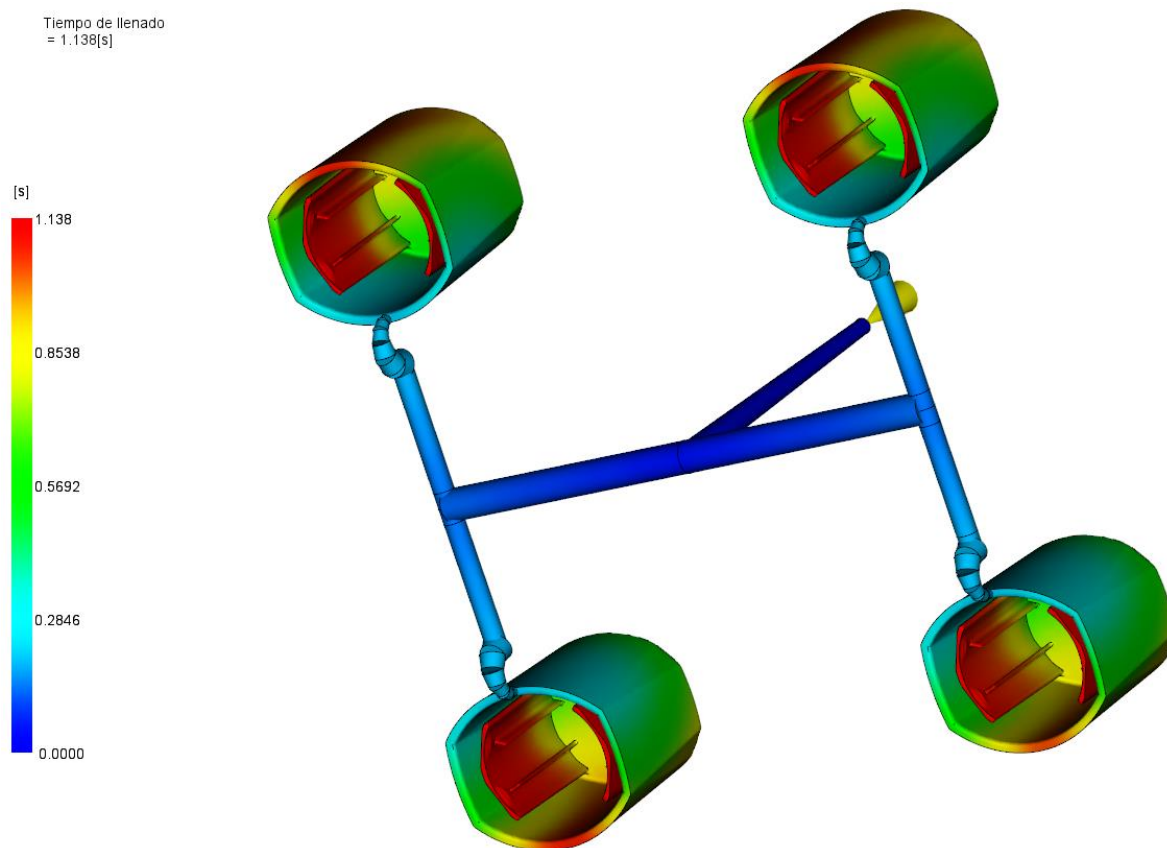


Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

Claramente se observa que las 4 cavidades del molde, se llenan completamente de plástico en 1.138 segundos y se puede concluir que las dimensiones de los canales de la colada, son acertados para permitir que las 4 cavidades llenen de manera simultánea.

Figura 107

Tiempo de llenado por cavidades Molde de Tapa – Convencional.

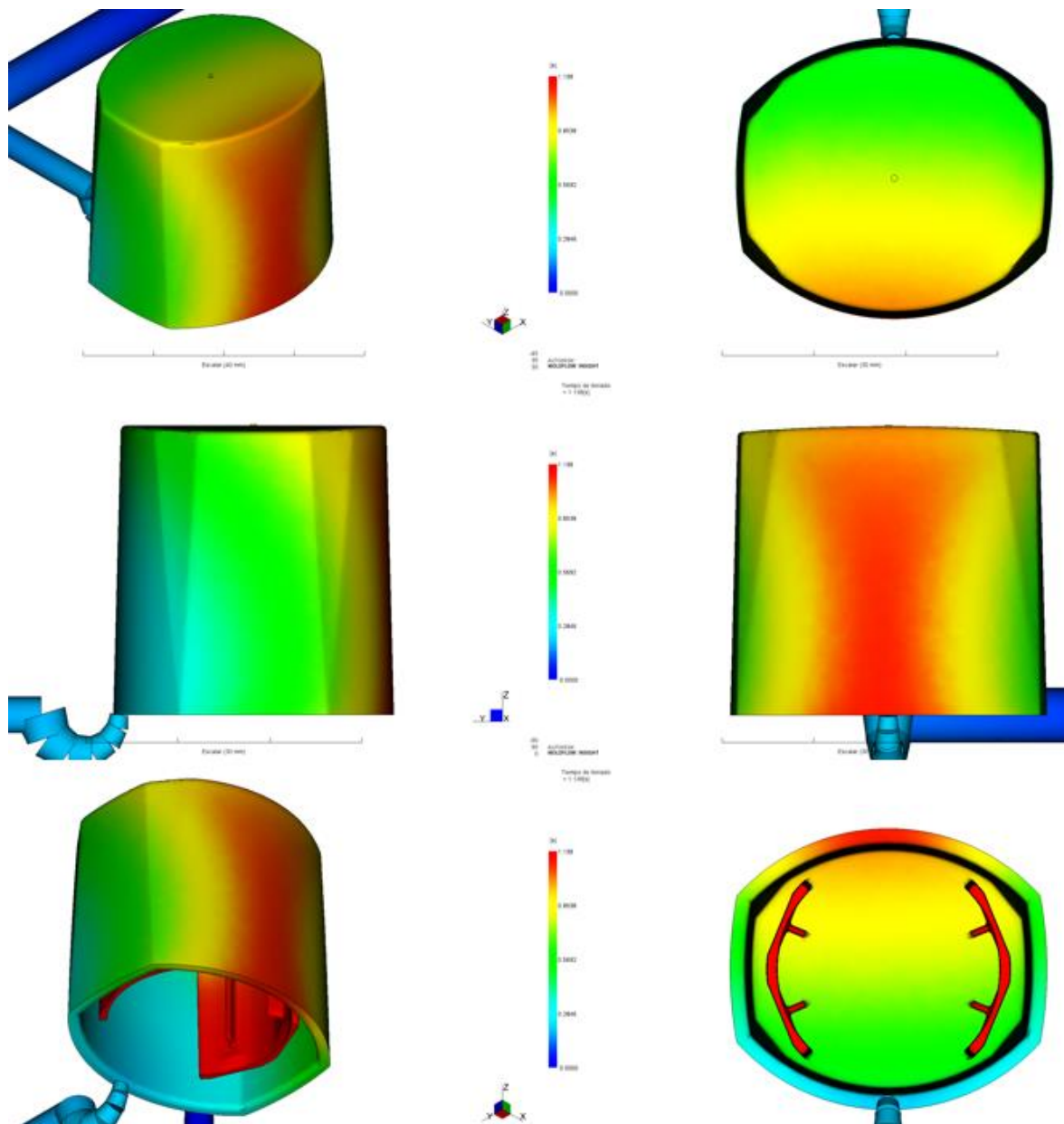


Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

Revisando particularmente cada cavidad, se aprecia que el llenado es uniforme en todas las cavidades; por lo anterior, se asume que el llenado se comporta de manera similar para todas las cavidades.

Figura 108

Tiempo de llenado en cavidad 3 Molde de Tapa – Convencional.



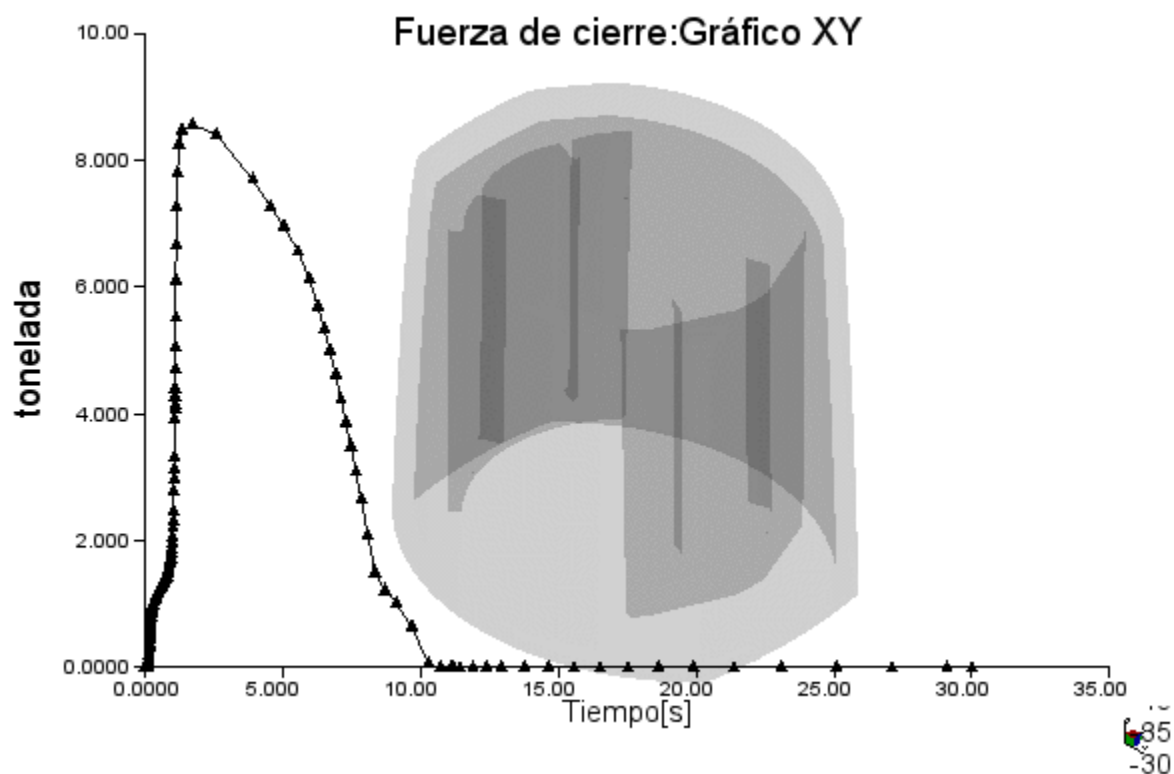
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.5.3. Fuerza de cierre Molde Tapa – Convencional

Debido a que el molde de Tapa Convencional tiene una colada en forma de “H” necesaria para alimentar 4 cavidades y un solo punto de inyección por cada cavidad, la fuerza de cierre necesaria para forzar el plástico fundido hacia el interior de todas las cavidades es de 8.7 Toneladas; lo anterior es necesario para seleccionar la máquina inyectora adecuada.

Figura 109

Fuerza de Cierre para Molde de Tapa – Convencional.



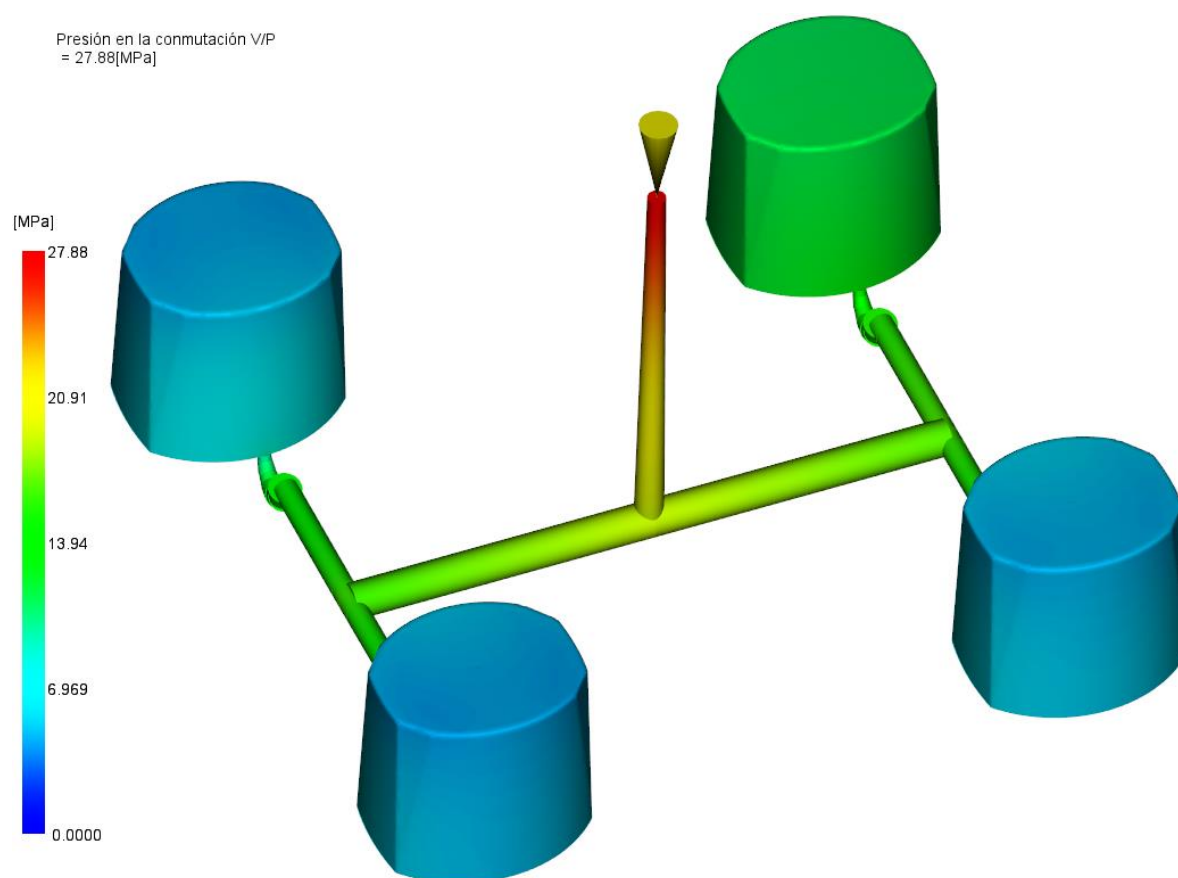
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.5.4. Presión de Sostenimiento Molde Tapa – Convencional

Teniendo en cuenta que el Molde de Tapa convencional tiene 4 cavidades, la simulación muestra que la presión necesaria para inyectar el material plástico en todas las cavidades a través de la colada, es de 27.88 Megapascales.

Figura 110

Presión de inyección para Molde Tapa – Convencional.



Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

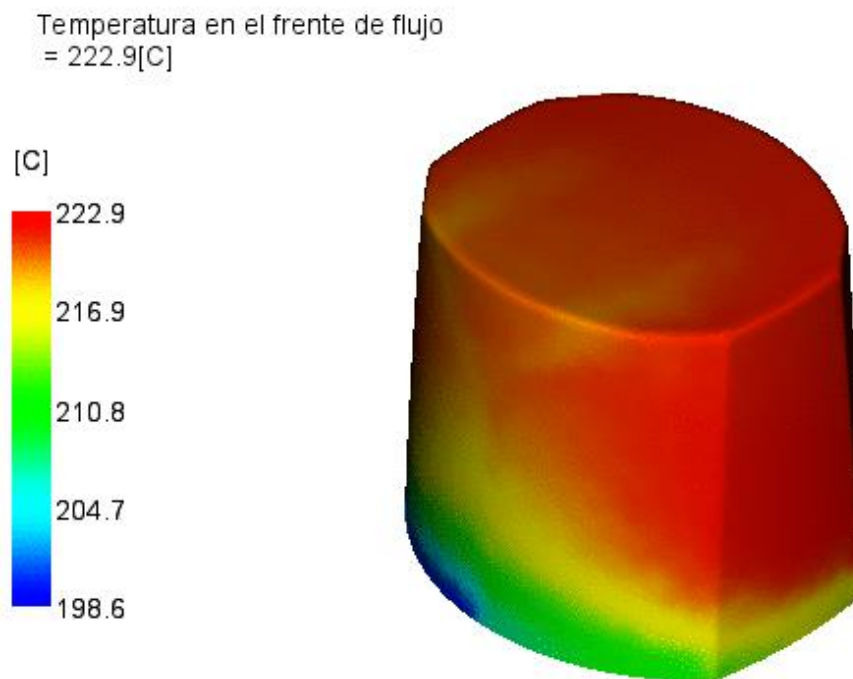
4.2.4.5.5. *Temperatura del Frente de Flujo Molde Tapa - Convencional*

Se aprecia que la temperatura del plástico fundido dentro de la cavidad del molde, puede alcanzar 222.9 °C, considerando que se usó un Polipropileno Genérico.

Las zonas rojas con mayor temperatura, se encuentran alejadas de los canales de refrigeración y por ello pueden presentar deformaciones o rechupes durante la solidificación; suponiendo que se presente el defecto, se puede corregir modificando la cantidad de material inyectado y velocidad o temperatura del refrigerante.

Figura 111

Temperatura de plástico en la cavidad de Molde Tapa – Convencional. Vista Isométrica Superior

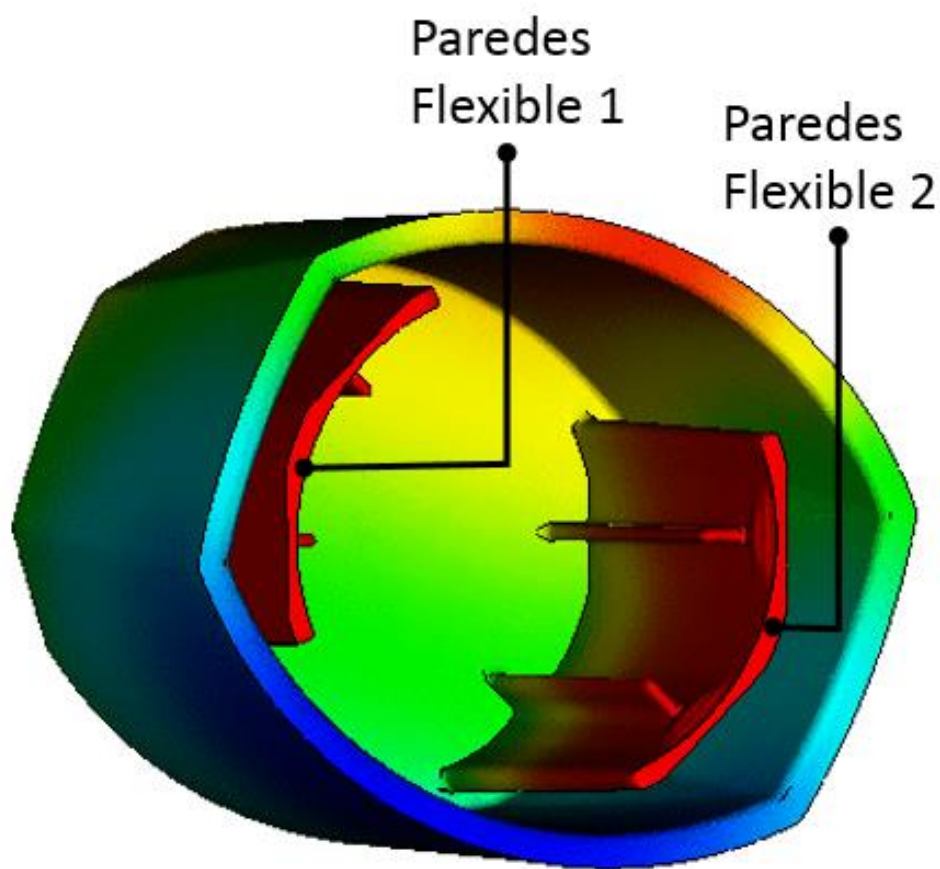


Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

Internamente se aprecia que las paredes flexibles que realizan el ajuste con la válvula o frasco de la fragancia, no presentan una temperatura máxima, de esta manera se reduce el riesgo de generar afectación funcional en el ajuste de la pieza.

Figura 112

Temperatura de plástico en la cavidad de Molde Tapa – Convencional. Vista Isométrica Inferior



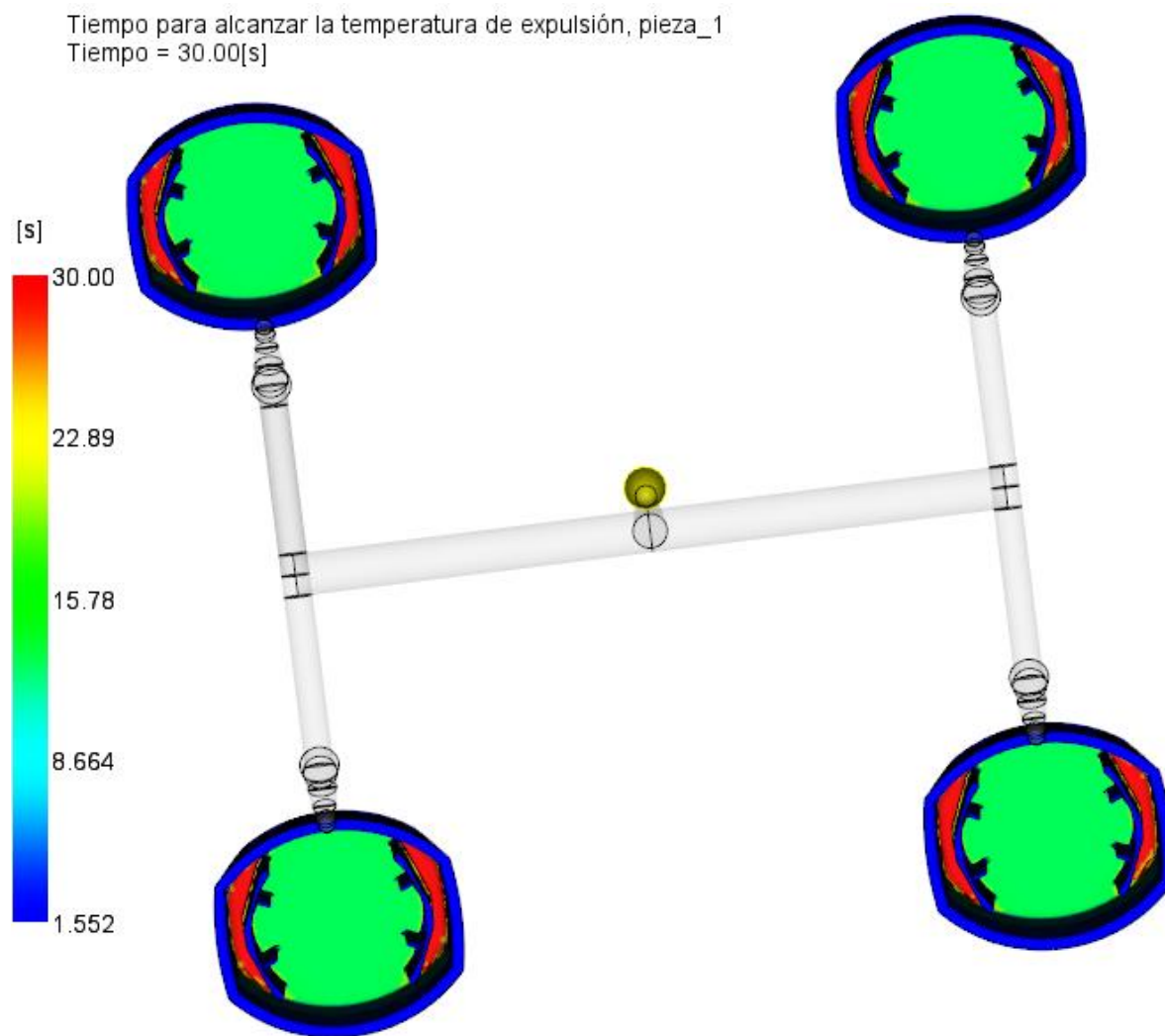
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.5.6. Tiempo de Ciclo Molde Tapa – Convencional

Para la expulsión de las cavidades, es necesario considerar también la colada; la simulación muestra que el tiempo total de expulsión para las cavidades y colada es 30 segundos.

Figura 113

Tiempo para Expulsión de Cavidades y Colada en Molde Tapa – Convencional.



Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

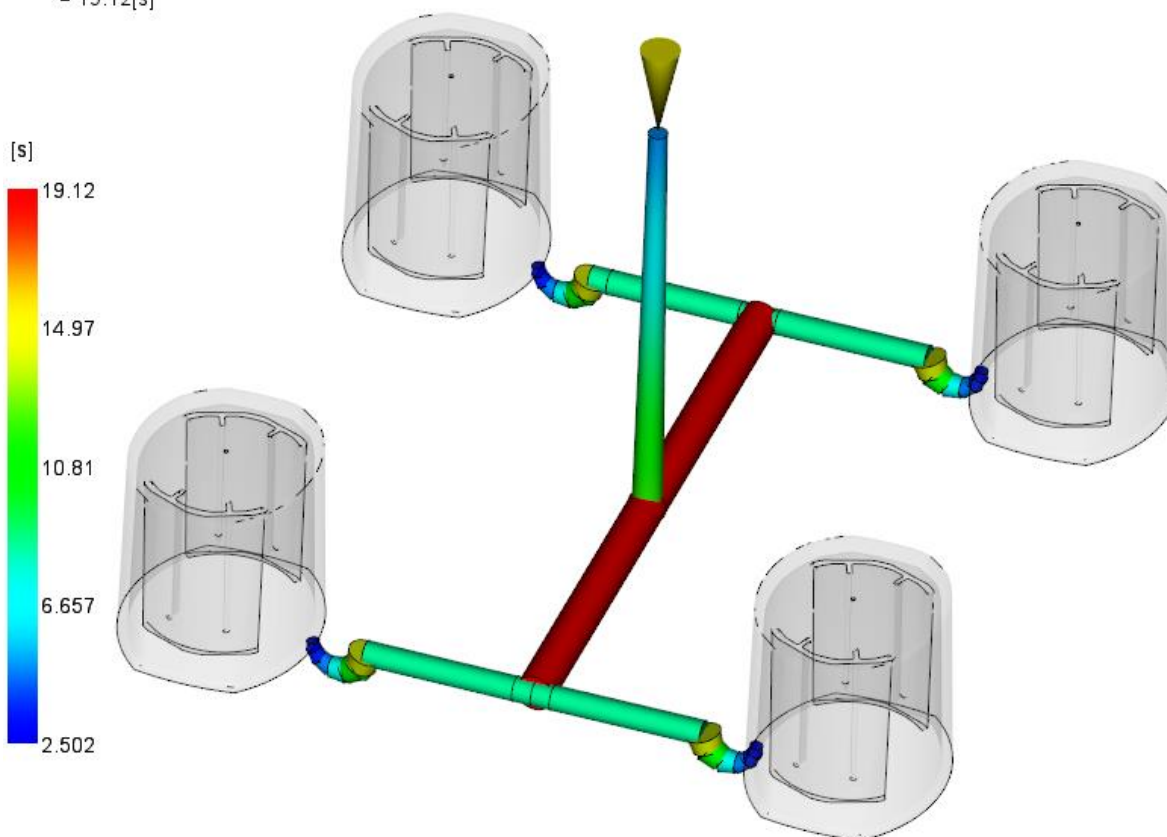
Hay que tener presente, que la colada se comporta como una pieza adicional; por ello es necesario contemplar tanto el material que se requiere para llenarla completamente, como el

tiempo necesario para su expulsión. De acuerdo a la simulación el tiempo de expulsión solo de la colada es 19.12 segundos.

Figura 114

Tiempo para Expulsión de Colada en Molde Tapa – Convencional.

Tiempo para alcanzar la temperatura de expulsión, canal frío
= 19.12[s]

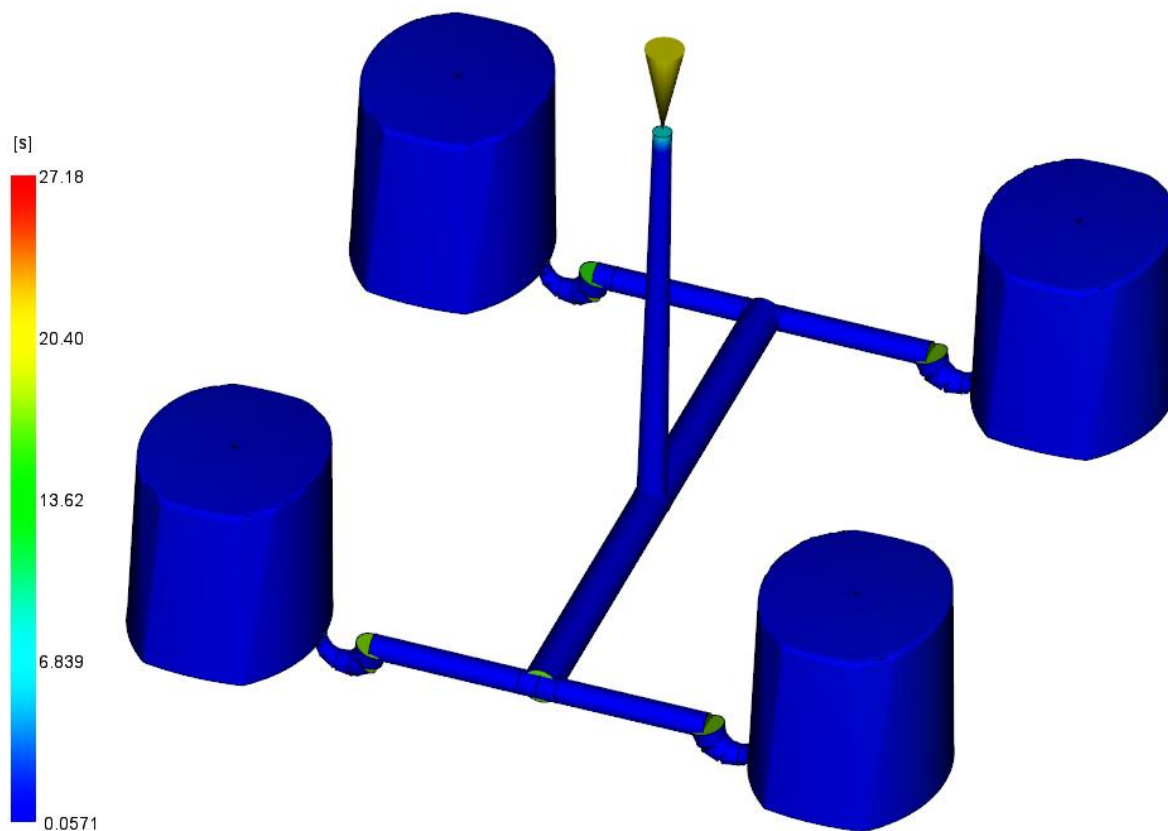


Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

Así mismo, el tiempo necesario para expulsar solo las 4 cavidades del molde, es 27.18 segundos.

Figura 115*Tiempo para Expulsión de Cavidades en Molde Tapa – Convencional.*

Tiempo para alcanzar la temperatura de expulsión_1
= 27.18[s]



Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

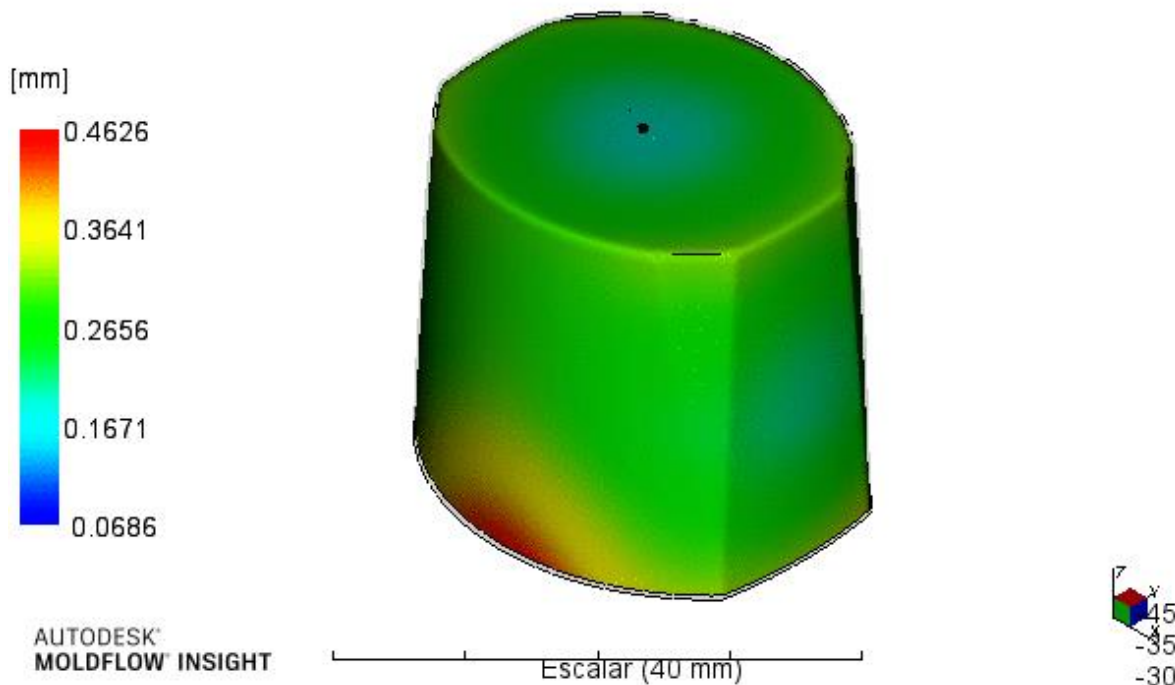
4.2.4.5.7. Deformación de Pieza en Molde Tapa – Convencional

De acuerdo a la información presentada por la simulación, es posible obtener una deformación máxima de 0.4626 milímetros, en las zonas indicadas en color rojo; sin embargo, no se considera crítico, puesto que no se comprometen zonas que afecten su funcionalidad.

Figura 116

Deformación de Cavidades en Molde Tapa – Convencional.

Deflexión, todos los efectos: deflexión
Factor de escala = 1.000



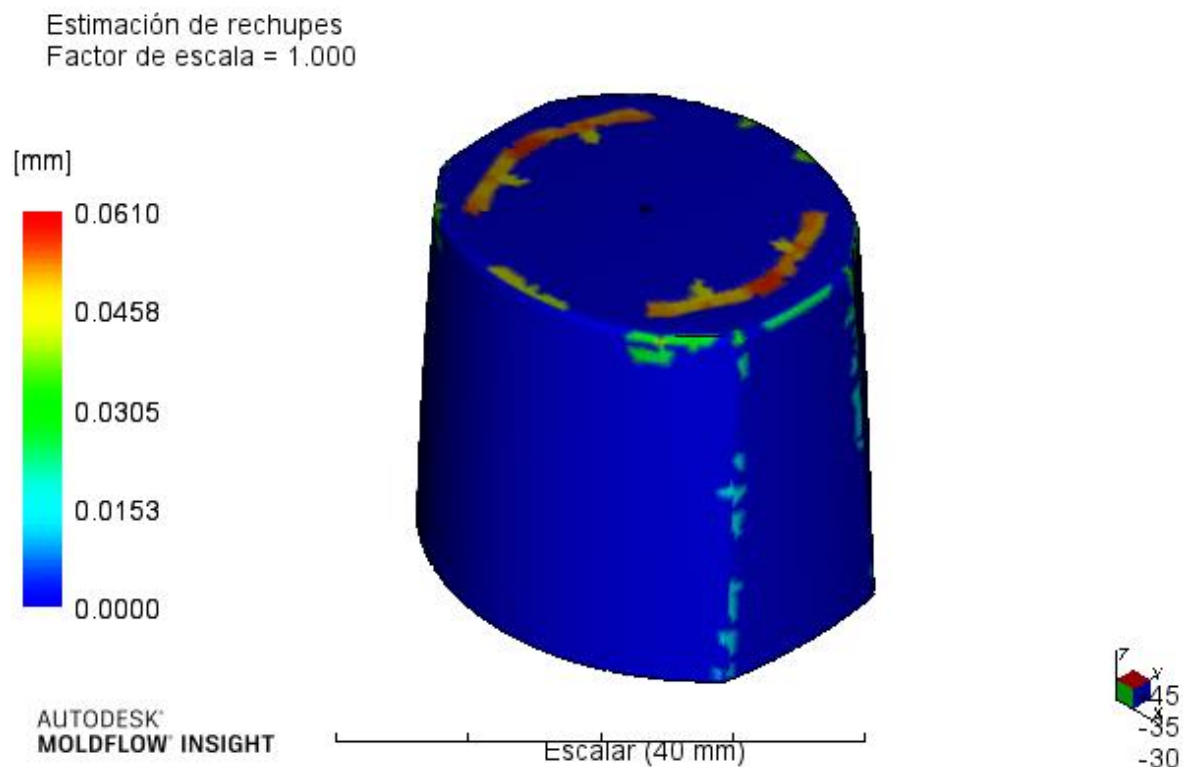
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.5.8. Rechupes de Pieza en Molde Tapa – Convencional

Debido a la geometría de la pieza donde se tienen unas paredes flexibles perpendiculares a la superficie superior de la tapa, se aprecia un rechupe máximo de 0.0610 milímetros, sin embargo, no se considera crítico puesto que su ubicación no compromete la funcionalidad de la pieza.

Figura 117

Deformación de Cavidades en Molde Tapa – Convencional.



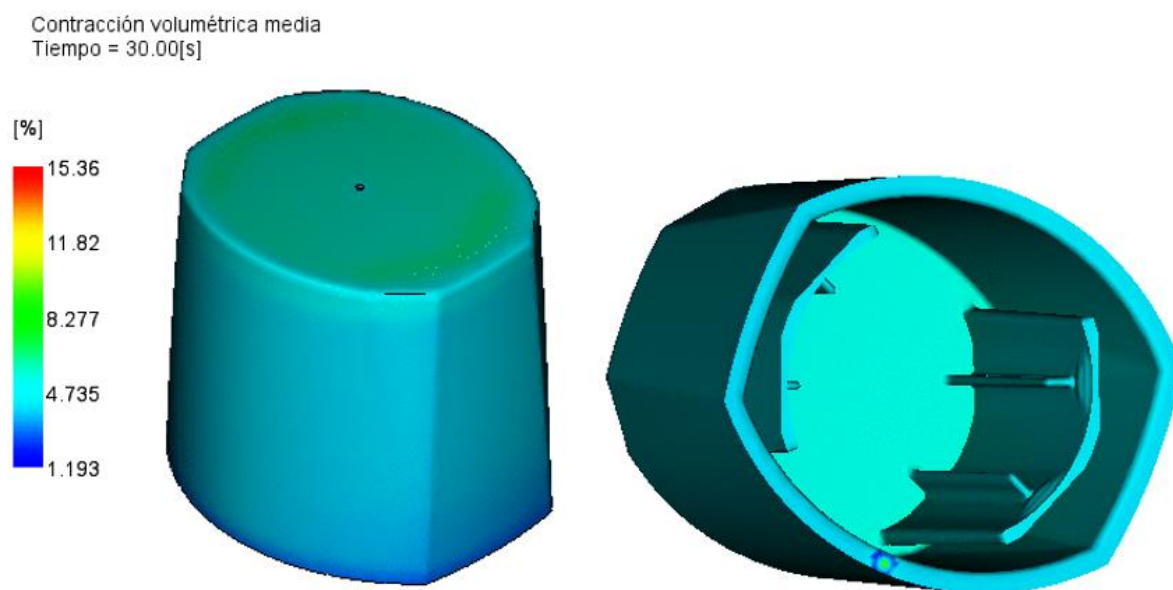
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.5.9. Contracción Volumétrica de Cavidades en Molde Tapa – Convencional

Se presenta una contracción máxima de 15.36%; sin embargo, las zonas críticas de la pieza que afectan la funcionalidad o ajuste de la misma, o que influyen en la estética de la misma, no evidencian contracción volumétrica superior al 5%; por lo anterior, no se considera crítico y posiblemente se pueda controlar ajustando parámetros de máquina.

Figura 118

Contracción Volumétrica de Cavidades en Molde Tapa – Convencional.



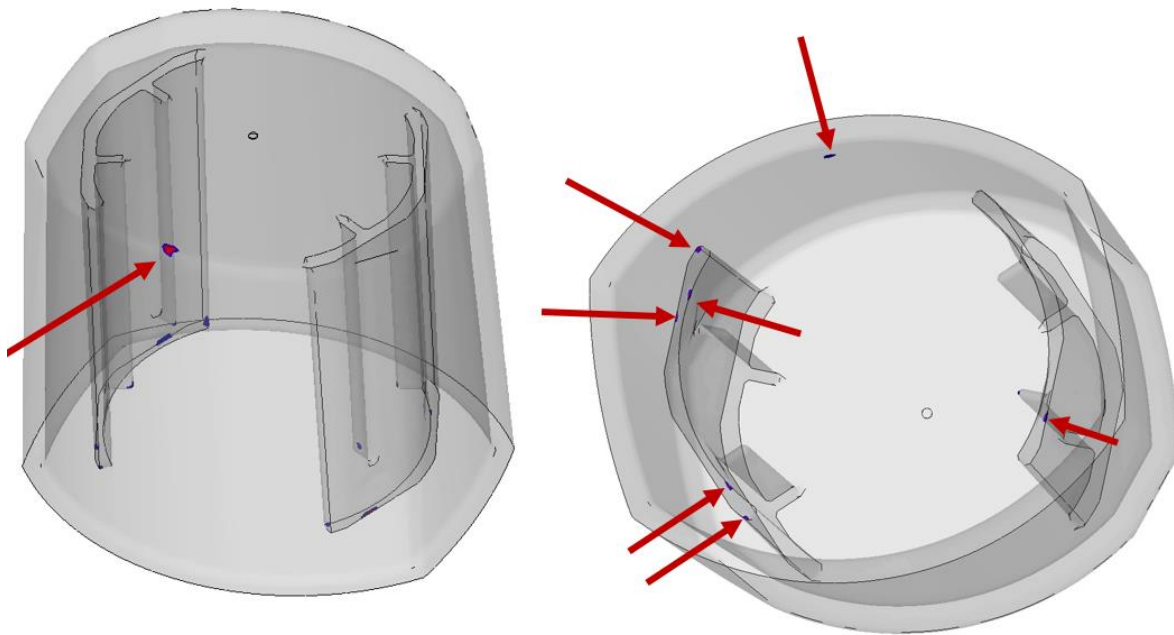
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.5.10. Atrapamientos de Aire en Cavidades en Molde Tapa – Convencional

Se evidencia ligeras zonas con riesgo de atrapamiento de aire en los bordes inferiores de la pieza, sin embargo, no son críticos puesto que nos es encuentran en las áreas críticas de la pieza y puede mitigarse con la incorporación de respiraderos o escapes de gas en las cavidades del molde.

Figura 119

Atrapamientos de Aire en Cavidades en Molde Tapa – Convencional.



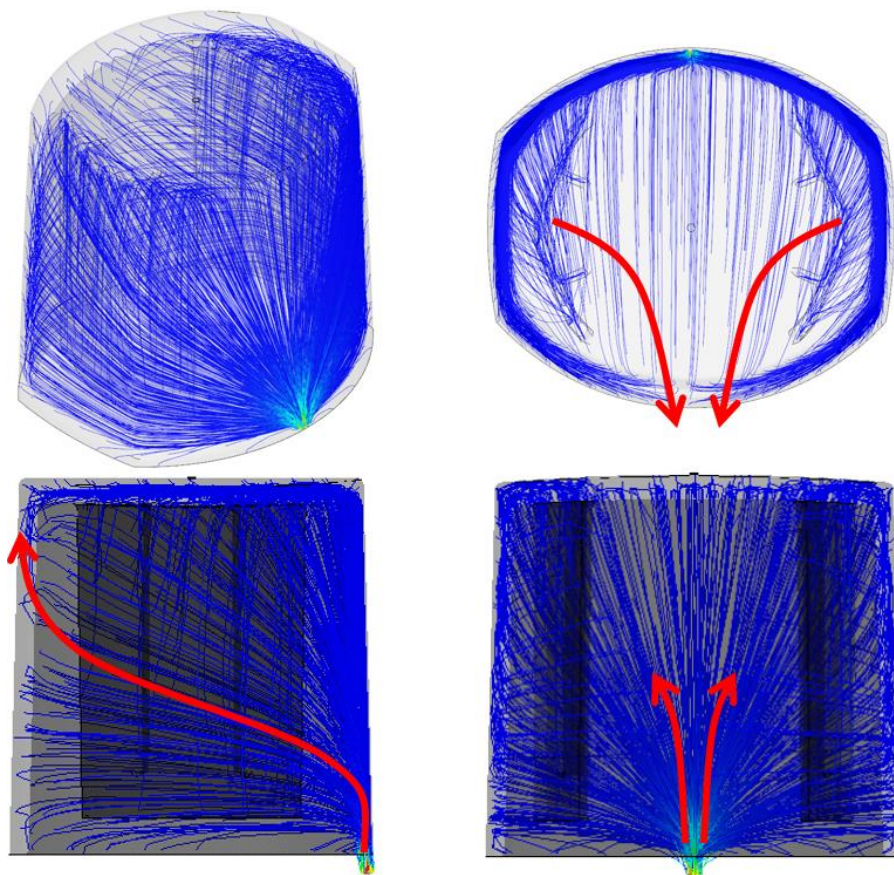
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.5.11. Líneas de Flujo en Cavidades en Molde Tapa – Convencional.

Debido al diseño del molde con un punto de inyección ubicado en la cara inferior de la tapa y posicionado a un costado de la misma, se evidencia que el frente de flujo se divide en dos frentes, lo que da origen a líneas de flujo con el fin de bordear el orificio y continuar así su recorrido para llenar la pieza. Cuando los diferentes frentes de flujo que se puedan generar vuelven a encontrarse, se generan líneas de soldadura y si la temperatura no es suficiente para su fusión, puede generarse defectos estéticos evidentes o grietas en la pieza que comprometan su funcionalidad.

Figura 120

Líneas de Flujo en Cavidades en Molde Tapa – Convencional.



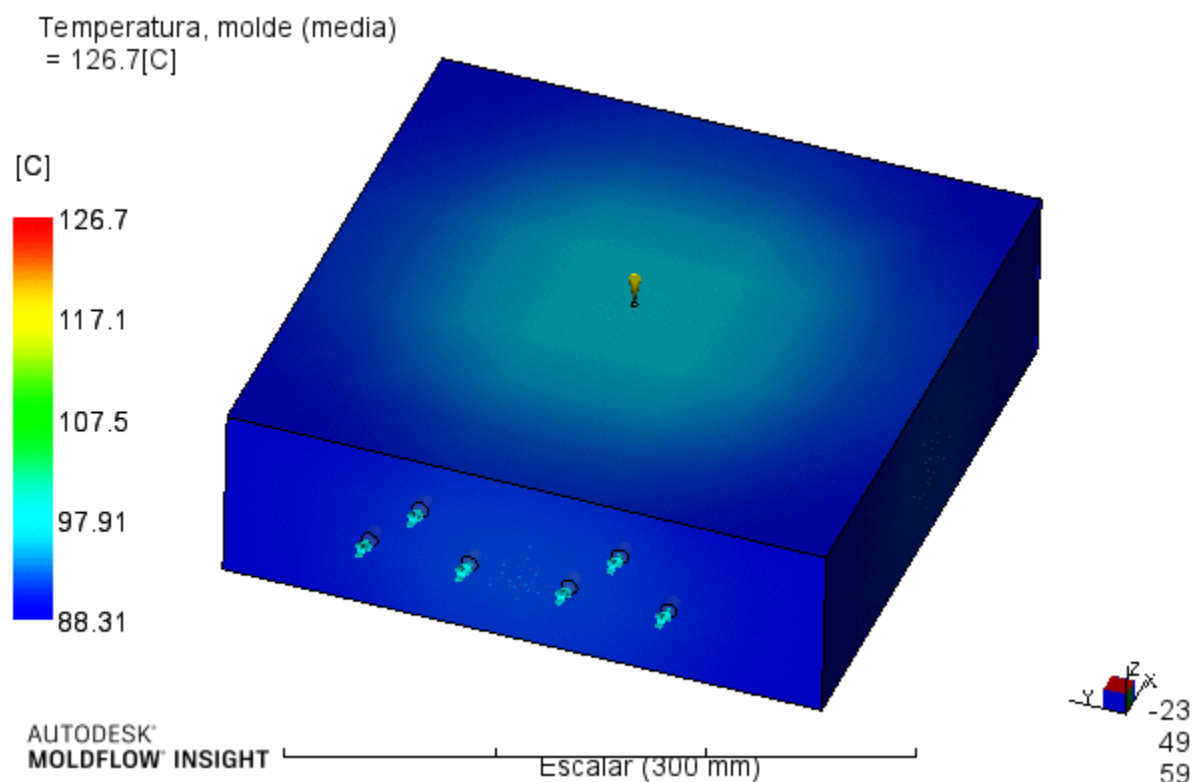
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.5.12. Temperatura media de Molde Tapa – Convencional.

De acuerdo a la ubicación y dimensiones de los canales de refrigeración, la temperatura media de molde llega a 126.7 c°

Figura 121

Temperatura Media de Molde Tapa – Convencional.



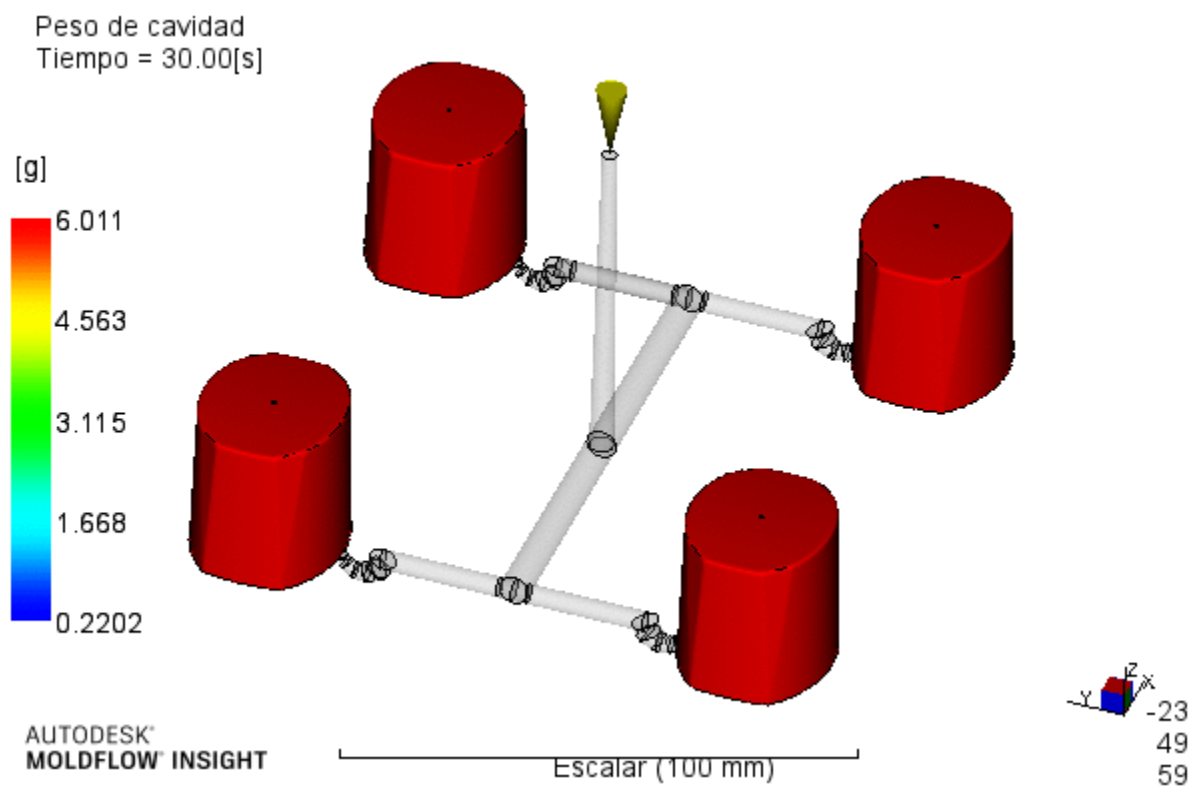
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.5.13. Peso de Piezas Obtenido en Molde Tapa – Convencional.

El peso obtenido de cada pieza en material PP genérico, es de 6.011 gramos. Si es necesario eliminar defectos como rechupes o deformaciones ya que se compromete la funcionalidad de la pieza, posiblemente sea necesario aumentar la cantidad de material inyectado en la pieza y por consiguiente el peso de la misma.

Figura 122

Peso de Pieza en Molde Tapa – Convencional.



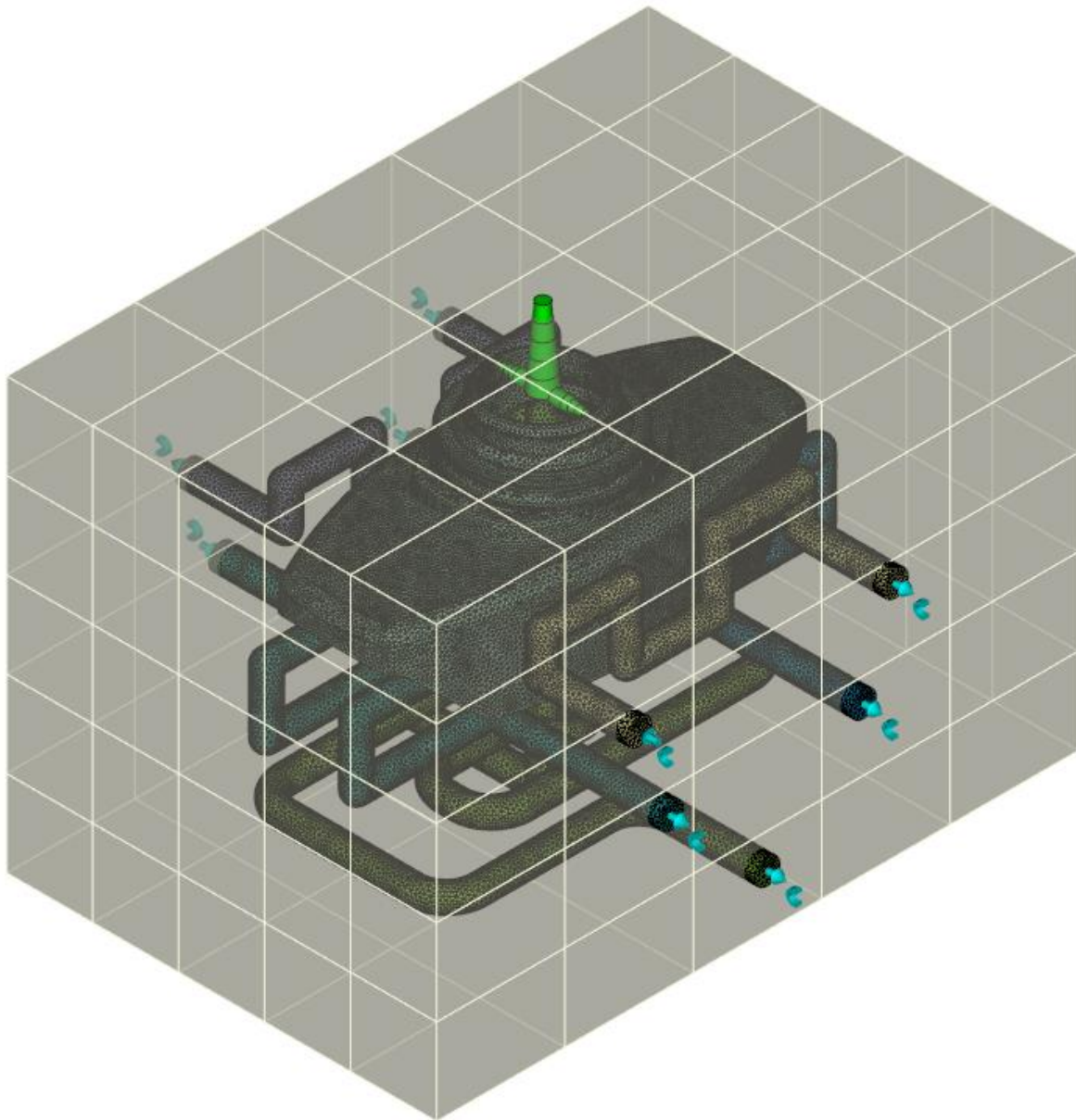
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.6. Simulación de Molde Hombrera - TEMPUS

4.2.4.6.1. Generación de Malla CAE para Molde de Hombrera - TEMPUS

Figura 123

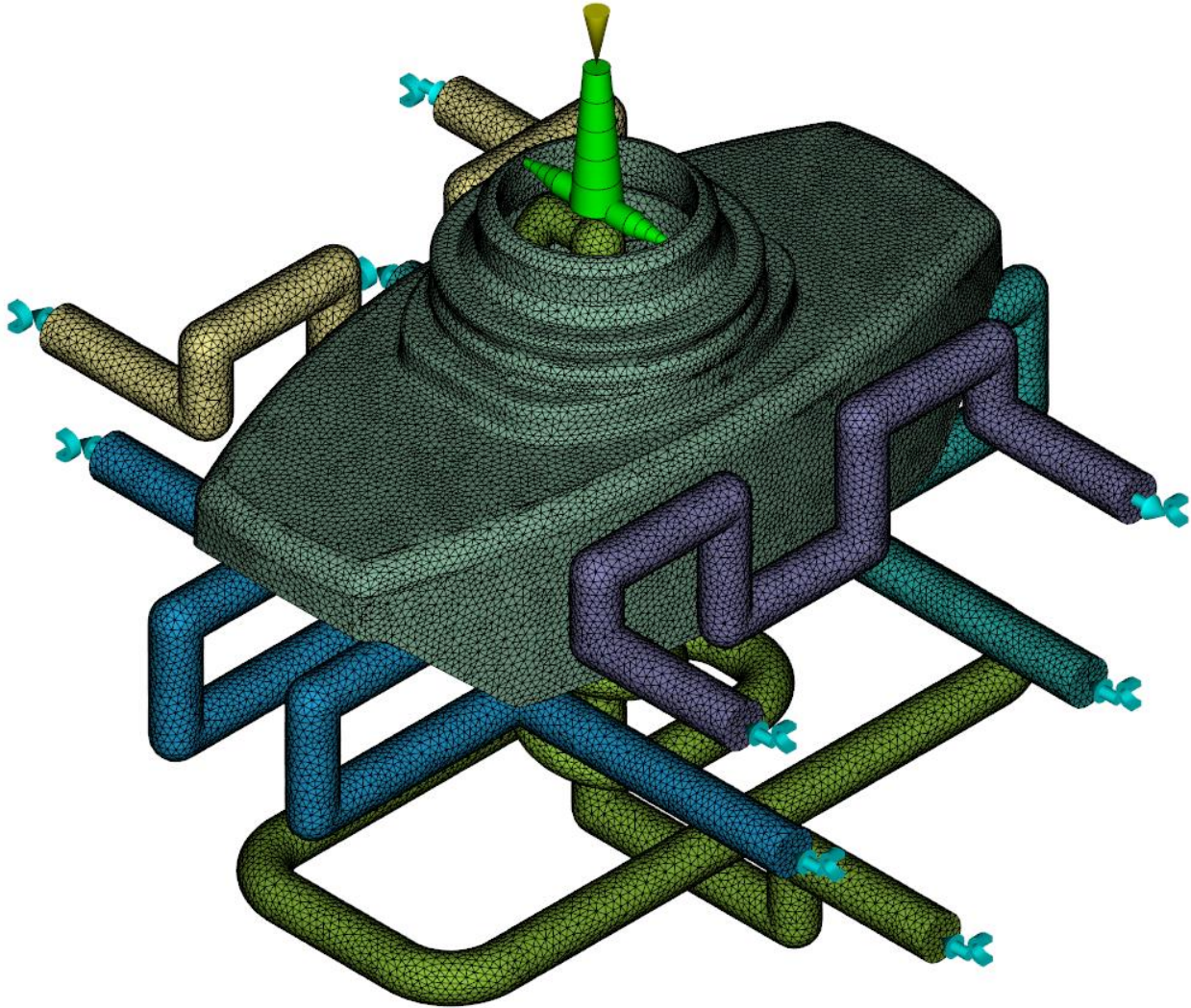
Molde de Hombrera TEMPUS de 1 Cavity, parametrizado para Simulación CAE



Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

Figura 124

Malla de Cavidad y Colada en Molde de Tapa - TEMPUS



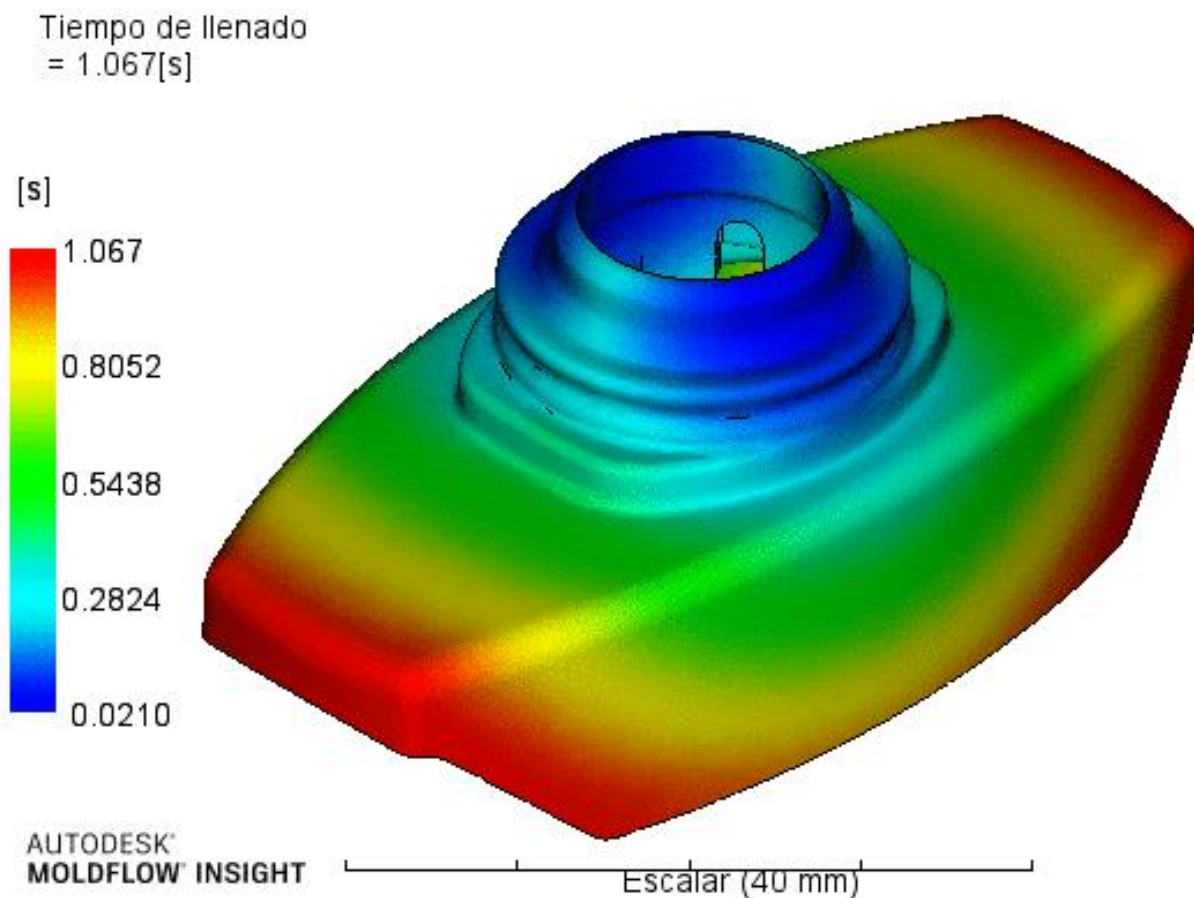
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.6.2. Tiempo de Llenado Molde Hombreira - TEMPUS

Hace referencia al tiempo necesario para que el plástico fundido fluya a través de la colada, desde la máquina de inyección, hasta llenar completamente la cavidad del molde.

Figura 125

Tiempo de llenado Molde de Hombreira – TEMPUS. Isométrico.

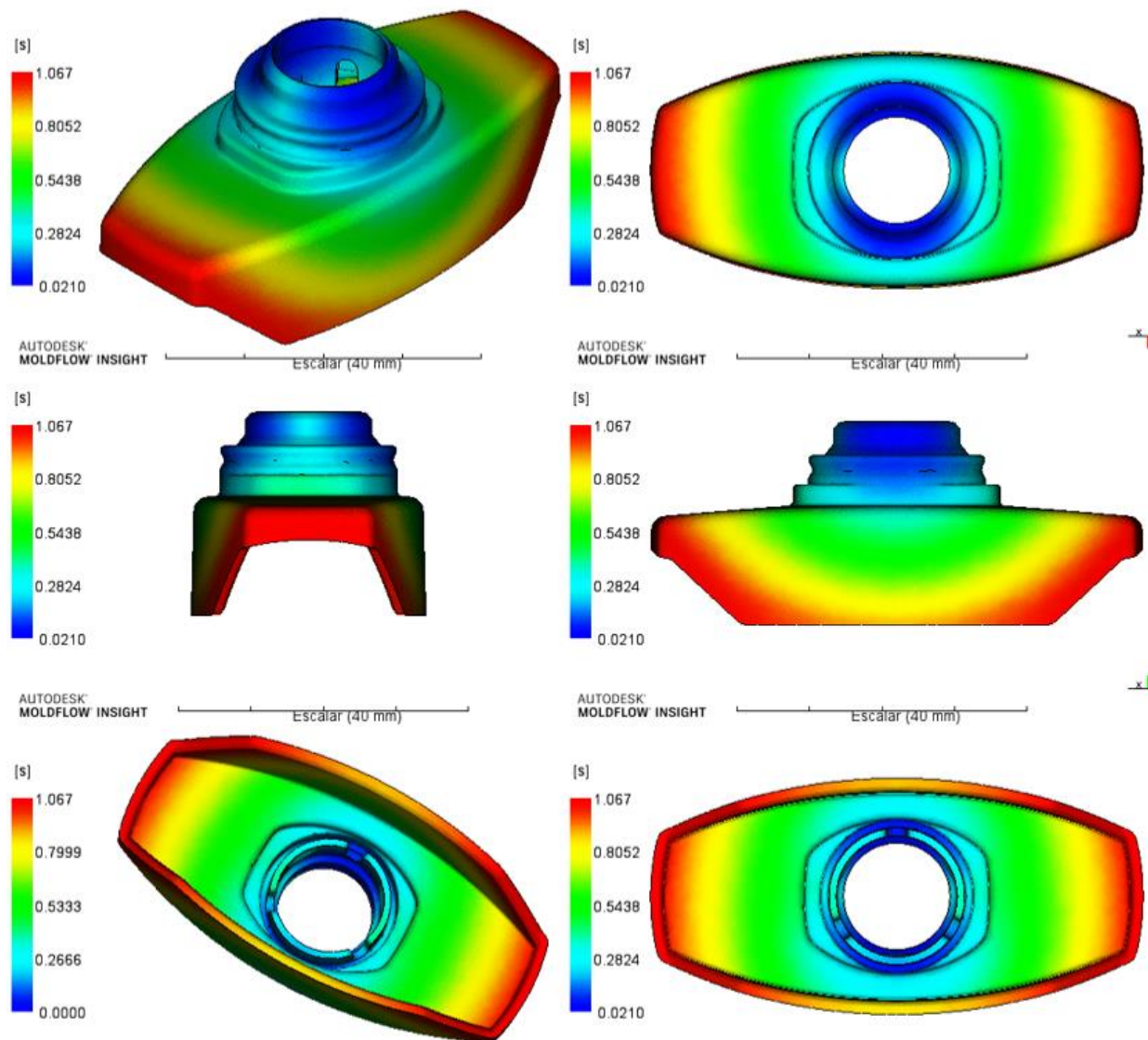


Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

La colada y cavidad del Molde TEMPUS se llenan completamente de plástico en 1.067 segundos y se puede concluir que las dimensiones de los canales de la colada y los 2 puntos de inyección definidos, facilitan el flujo y llenado uniforme de la cavidad.

Figura 126

Tiempo de llenado Molde de Hombrera – TEMPUS. Vista Principales



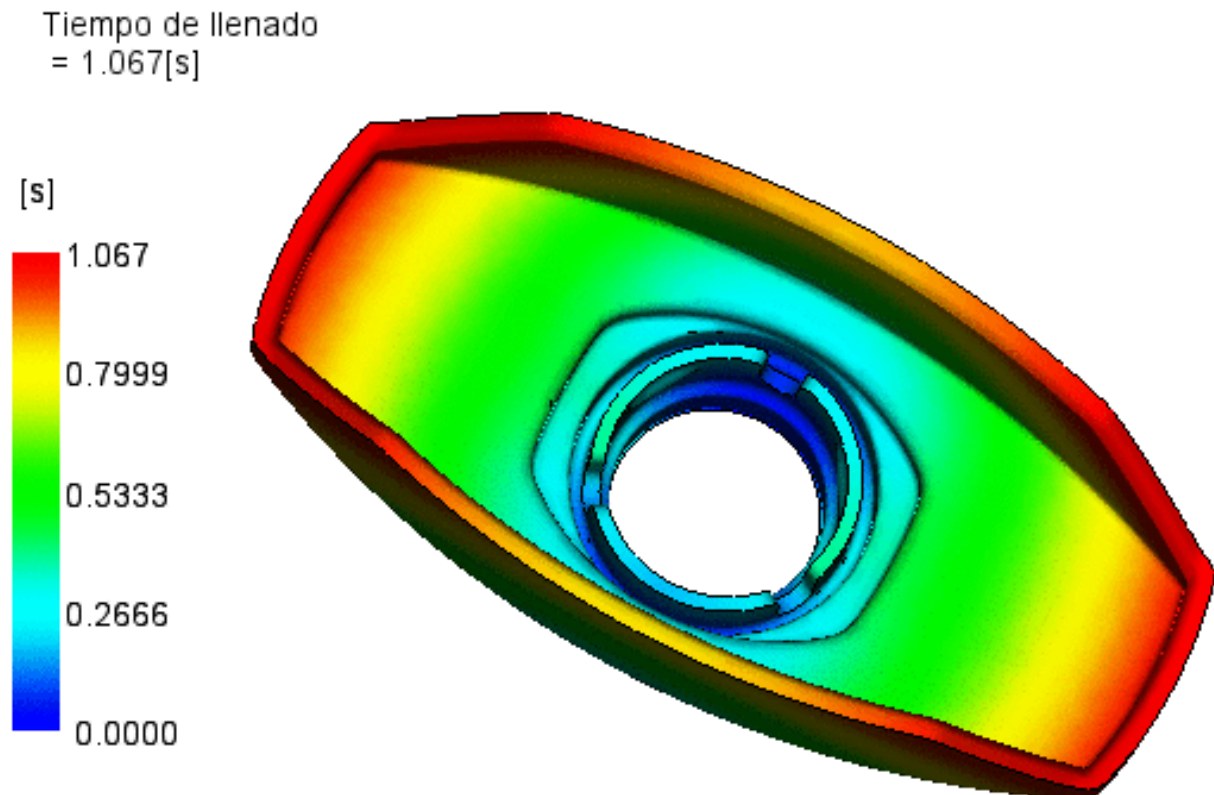
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

Gracias a los 2 puntos de inyección definidos para el molde de Hombrera TEMPUS, se aprecia que el llenado es homogéneo y las zonas que llenan de ultimo, no corresponden con las zonas

críticas que interactúan con otros componentes, lo que favorece el comportamiento y ajuste de especificaciones funcionales en la pieza.

Figura 127

Tiempo de llenado Molde de Hombrera – TEMPUS. Vista Isométrica Inferior.



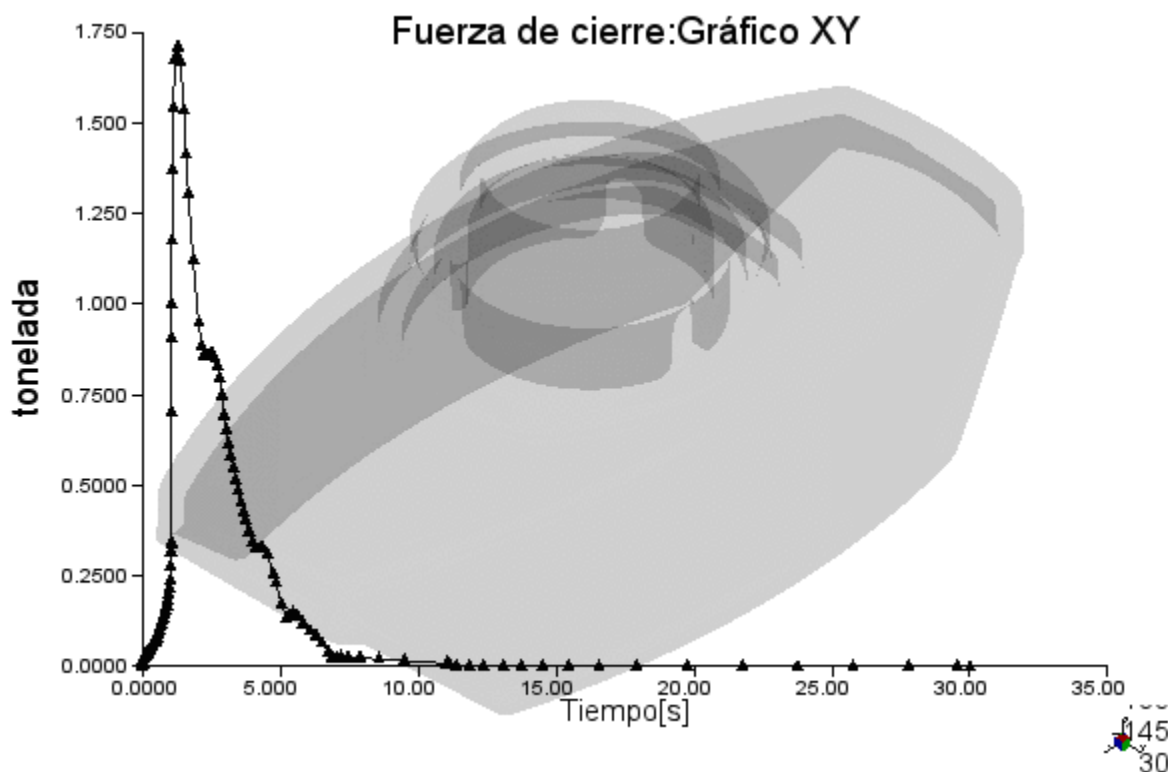
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.6.3. Fuerza de cierre Molde Hombrera – TEMPUS

Debido a que el molde de Hombrera TEMPUS tiene una colada pequeña si se compara con la colada de un molde convencional y adicional tiene doble punto de inyección para facilitar el flujo de plástico fundido, la fuerza de cierre necesaria para forzar el plástico fundido hacia el interior de la cavidad es de 1.750 Toneladas; lo anterior significa que la capacidad de máquina inyectora es menor comparada con una maquina usada para inyectar en un molde convencional.

Figura 128

Fuerza de Cierre para Molde de Hombrera – TEMPUS.



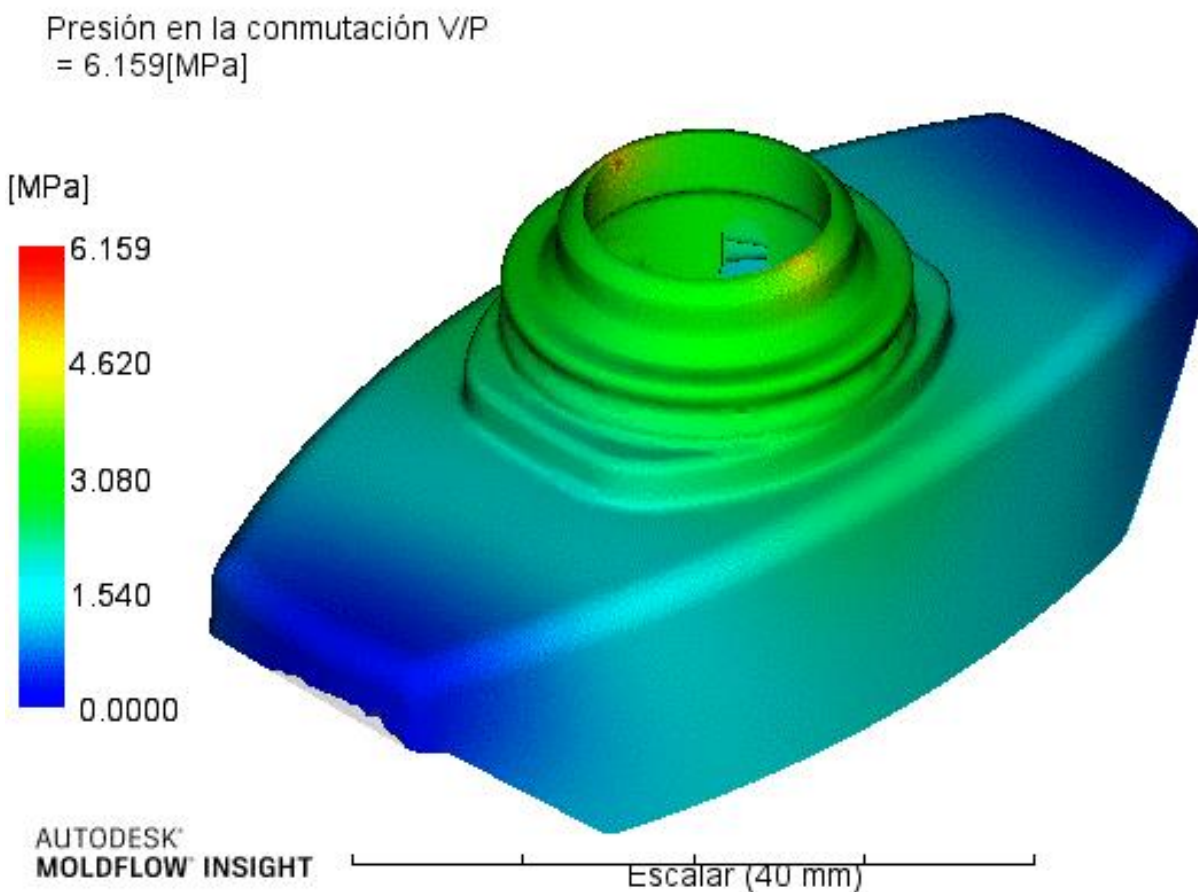
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.6.4. Presión de Sostenimiento Molde Hombrera – TEMPUS

Teniendo en cuenta que el Molde de Hombrera TEMPUS tiene solo una cavidad, la simulación muestra que la presión necesaria para inyectar el material plástico al interior de esta, es de 6.159 Megapascales.

Figura 129

Presión de Sostenimiento para Molde Hombrera – TEMPUS.



Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.6.5. Temperatura del Frente de Flujo Molde Hombreira - TEMPUS

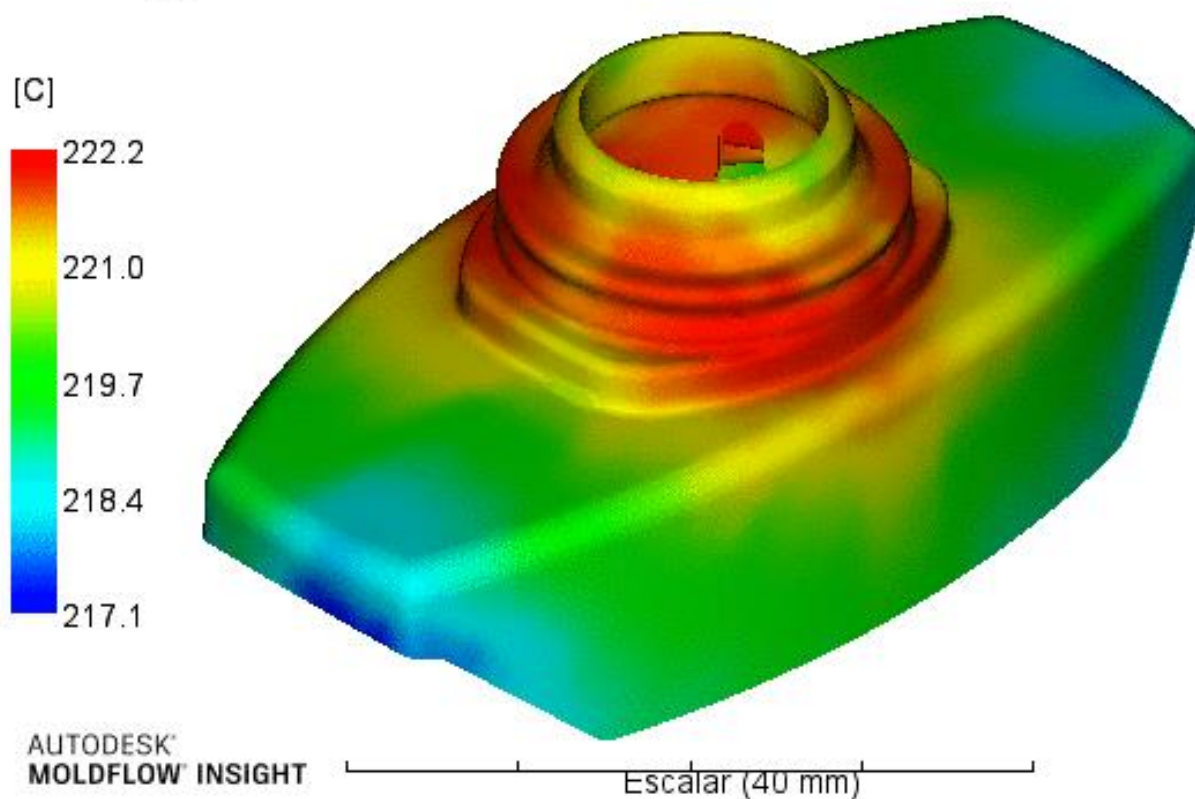
Se aprecia que la temperatura del plástico fundido dentro de la cavidad del molde, puede alcanzar 222.2 °C, considerando que se usó un Polipropileno Genérico.

Las zonas rojas con mayor temperatura, se encuentran alejadas de los canales de refrigeración y por ello pueden presentar deformaciones o rechupes durante la solidificación; suponiendo que se presente el defecto, se puede compensar modificando la cantidad de material inyectado, así como la velocidad o temperatura del refrigerante.

Figura 130

Temperatura de plástico en la cavidad de Molde Hombreira – TEMPUS. Vista Isométrica Superior

Temperatura en el frente de flujo
= 222.2[C]

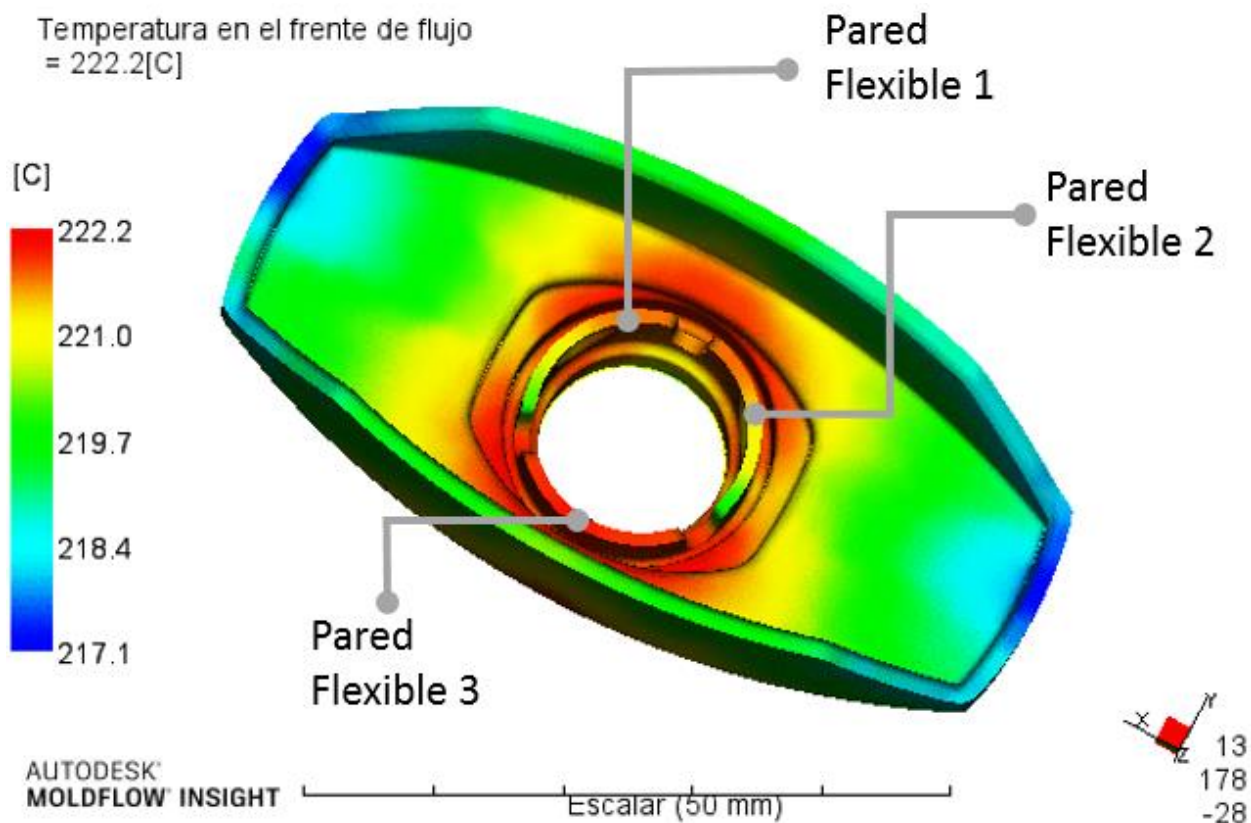


Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

Internamente se aprecia que las paredes flexibles que realizan el ajuste con la válvula o frasco de la fragancia, presentan una temperatura máxima; originado por el doble punto de inyección, que facilita el flujo de plástico fundido y permite que el calor se concentre generando el sobre calentamiento; si bien esto puede generar riesgo funcional debido a posibles deformaciones, es posible controlar la temperatura de manera que no genere afectación funcional en la pieza gracias al complejo sistema de refrigeración desarrollado en el molde Tempus.

Figura 131

Temperatura de plástico en la cavidad de Molde Hombrera – TEMPUS. Vista Isométrica Inferior



Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

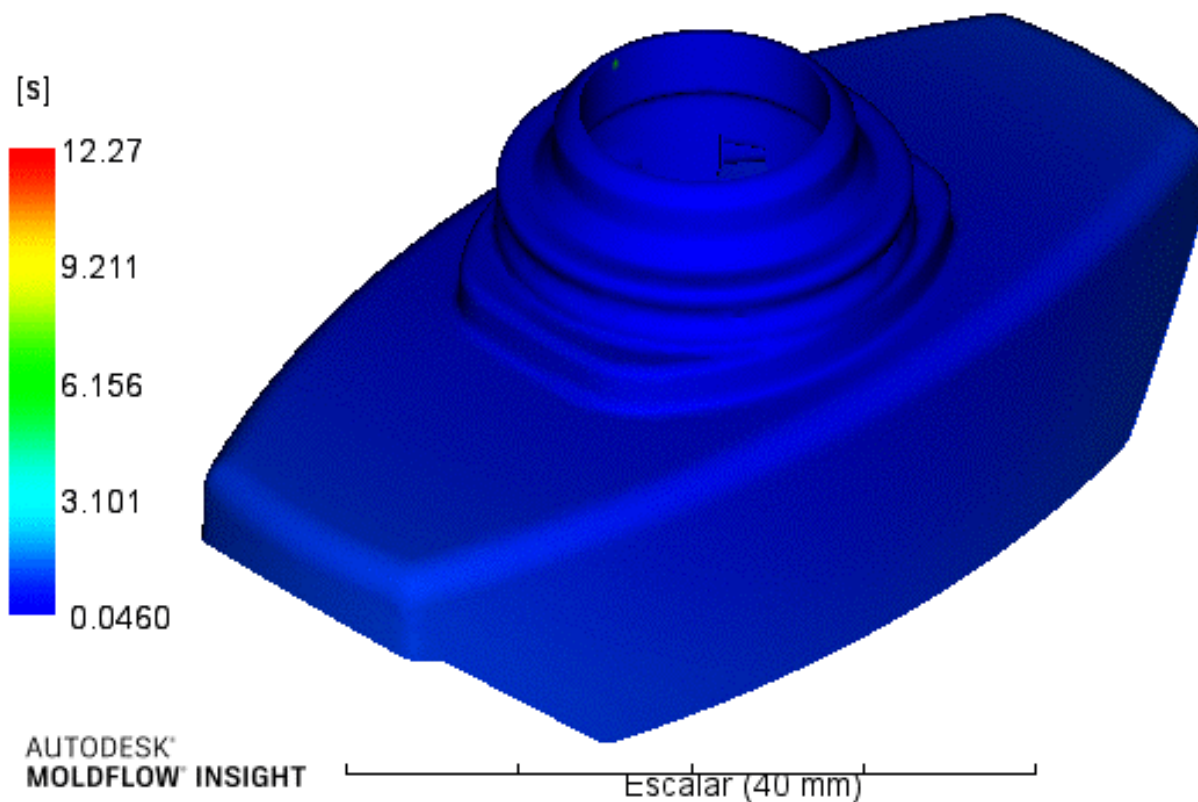
4.2.4.6.6. Tiempo de Ciclo Molde Hombreira – TEMPUS

Para la expulsión de la cavidad en el Molde TEMPUS, es necesario considerar también la colada; la simulación muestra que el tiempo total de expulsión para la cavidad y colada es 12.27 segundos.

Figura 132

Tiempo para Expulsión de Cavidades y Colada en Molde Hombreira – TEMPUS.

Tiempo para alcanzar la temperatura de expulsión
= 12.27[s]



Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

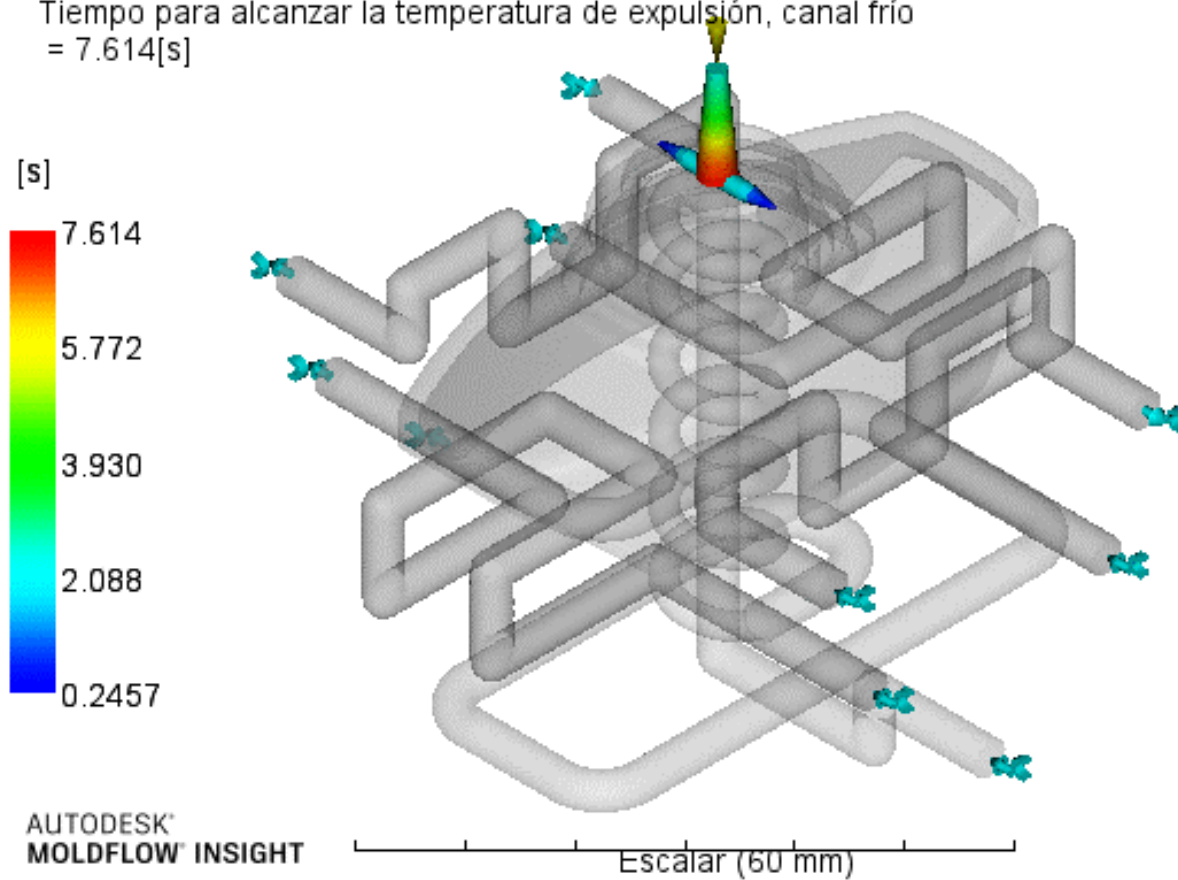
Hay que tener presente, que la colada se comporta como una pieza adicional; por ello es relevante considerar el material para llenarla completamente, como el tiempo requerido para su

expulsión. De acuerdo a la simulación el tiempo de expulsión solo de la colada es 7.614 segundos.

Figura 133

Tiempo para Expulsión de Colada en Molde Hombrero – TEMPUS.

Tiempo para alcanzar la temperatura de expulsión, canal frío
= 7.614[s]



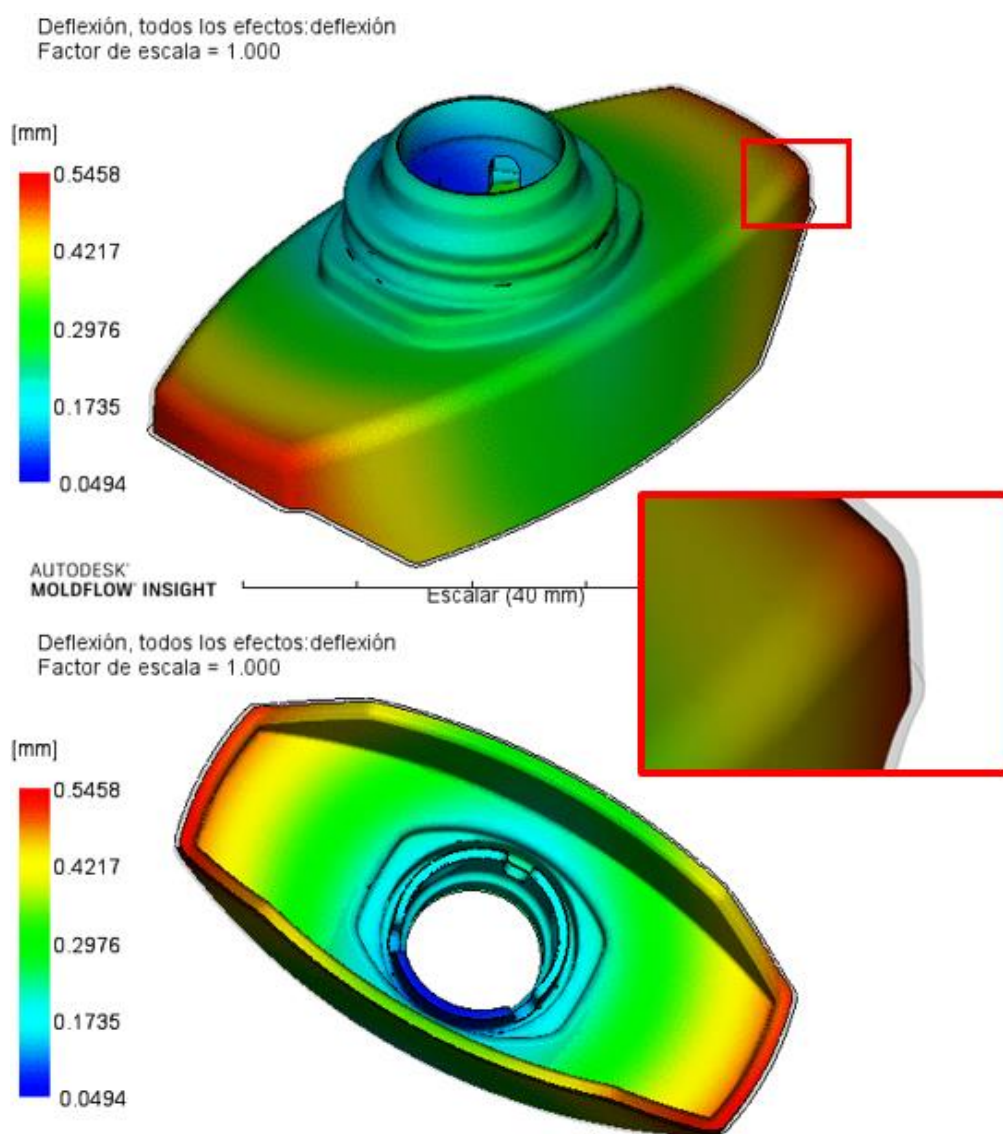
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.6.7. Deformación de Pieza en Molde Hombreira – TEMPUS

De acuerdo a la información presentada por la simulación, es posible obtener una deformación máxima de 0.5458 milímetros en las zonas indicadas en color rojo; sin embargo, no se considera crítico, puesto que no se comprometen zonas que afecten su funcionalidad.

Figura 134

Deformación de Cavidades en Molde Hombreira – TEMPUS.



Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.6.8. Rechupes de Pieza en Molde Hombreira – TEMPUS

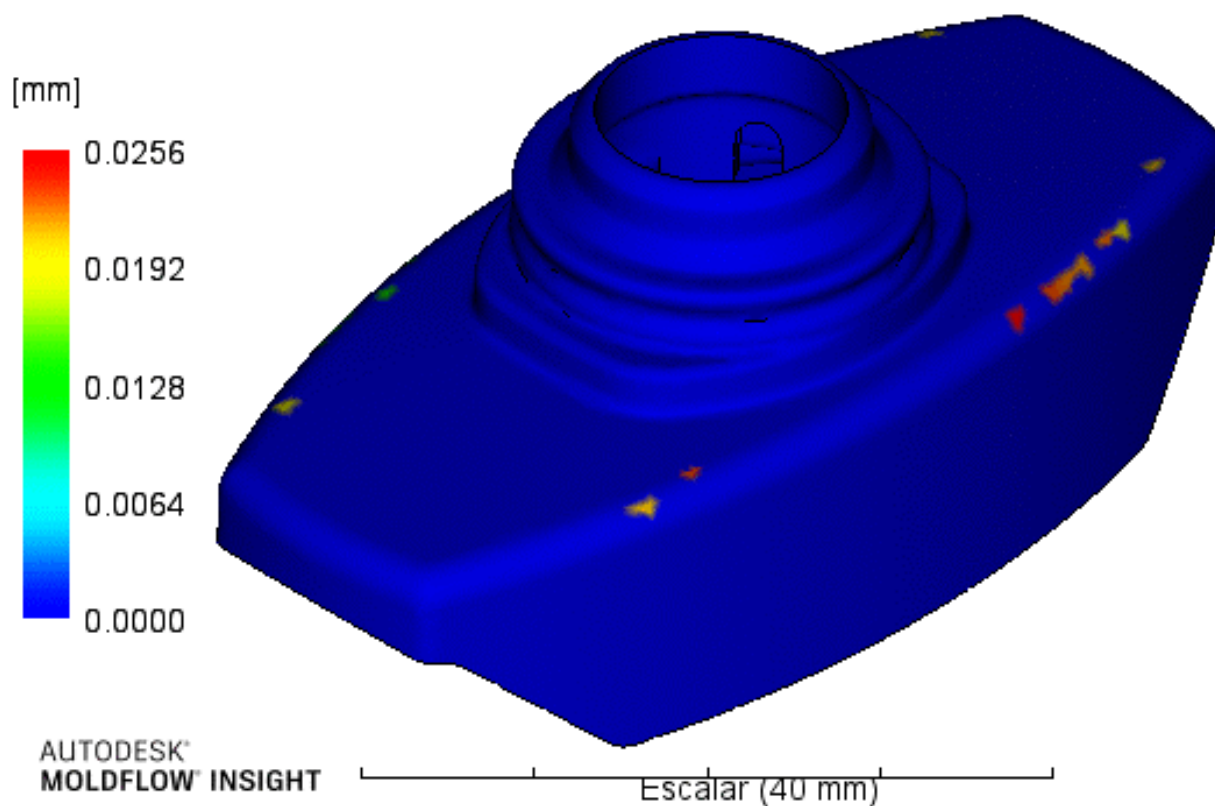
Los rechupes se generan en lugares donde se encuentran los mayores espesores de pared, o concentración de material dentro de la pieza, lo que dificulta una solidificación homogénea.

De acuerdo a la información presentada por la simulación, se puede obtener un rechupe máximo de 0.0256 milímetros, sin embargo, no se considera crítico puesto que su ubicación no compromete la funcionalidad de la pieza.

Figura 135

Deformación de Cavidades en Molde Hombreira – TEMPUS.

Estimación de rechupes
Factor de escala = 1.000



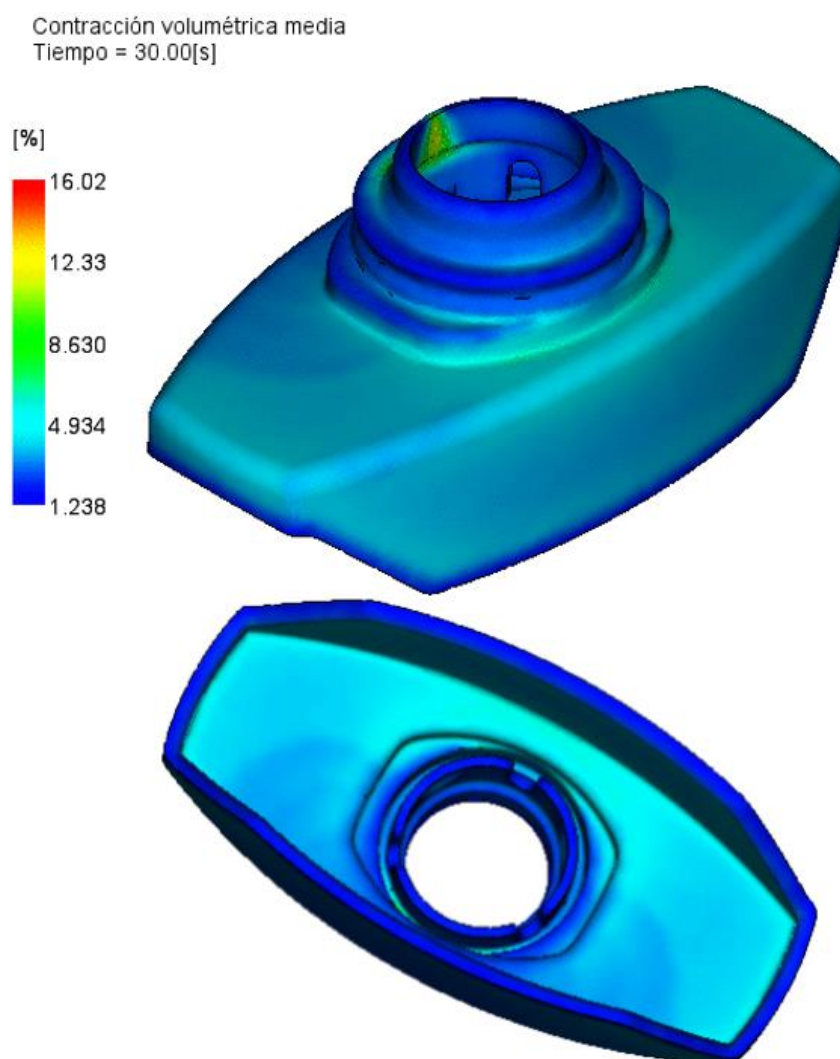
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.6.9. Contracción Volumétrica de Cavidades en Molde Hombreira – TEMPUS

Se presenta una contracción máxima de 16.02%; sin embargo, las zonas críticas de la pieza que afectan la funcionalidad o ajuste de la misma, o que infieren en la estética de la misma, no evidencian contracción volumétrica superior al 3%; por lo anterior, no se considera crítico y posiblemente será fácilmente controlable ajustando parámetros de máquina.

Figura 136

Contracción Volumétrica de Cavidades en Molde Hombreira – TEMPUS.



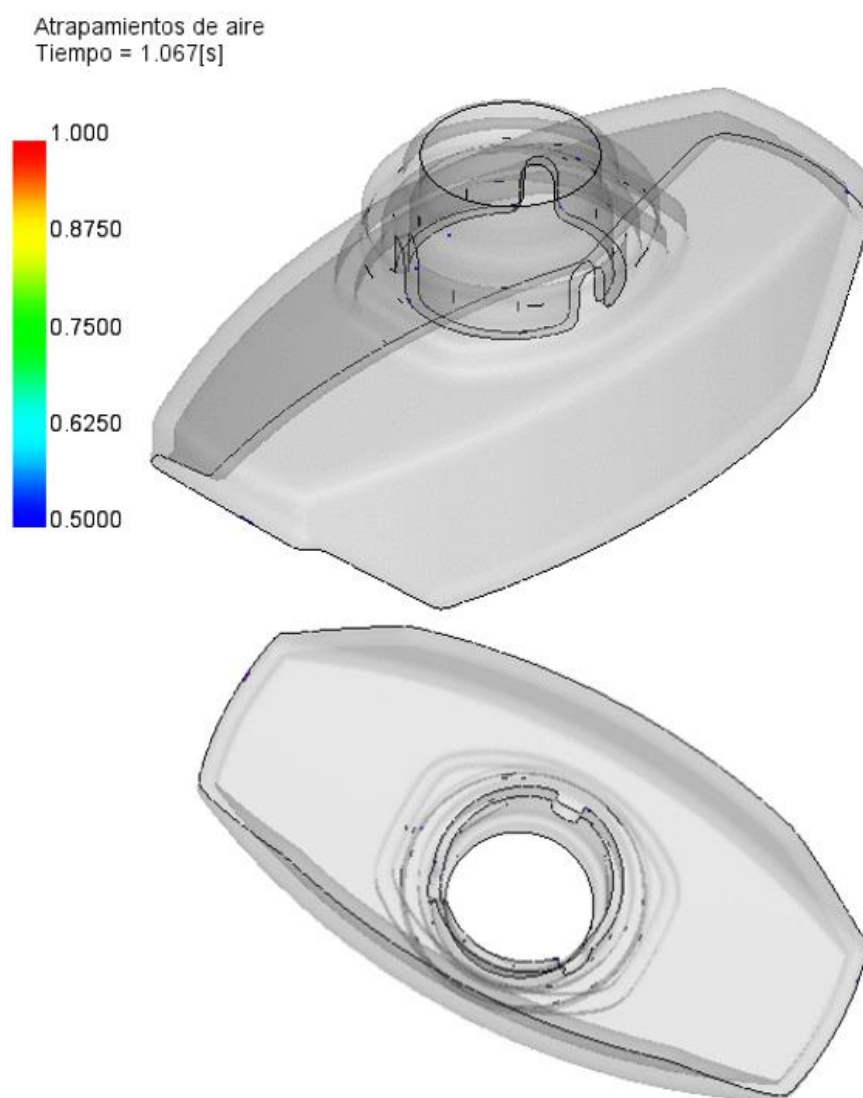
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.6.10. Atrapamientos de Aire en Cavidades en Molde Hombreira – TEMPUS

Se evidencia ligeras zonas con riesgo de atrapamiento de aire en los bordes inferiores de la pieza, sin embargo, no son críticas puesto que nos es encuentran en las áreas críticas de la pieza y puede mitigarse con la incorporación de respiraderos o escapes de gas en la cavidad del molde.

Figura 137

Atrapamientos de Aire en Cavidades en Molde Hombreira – TEMPUS.



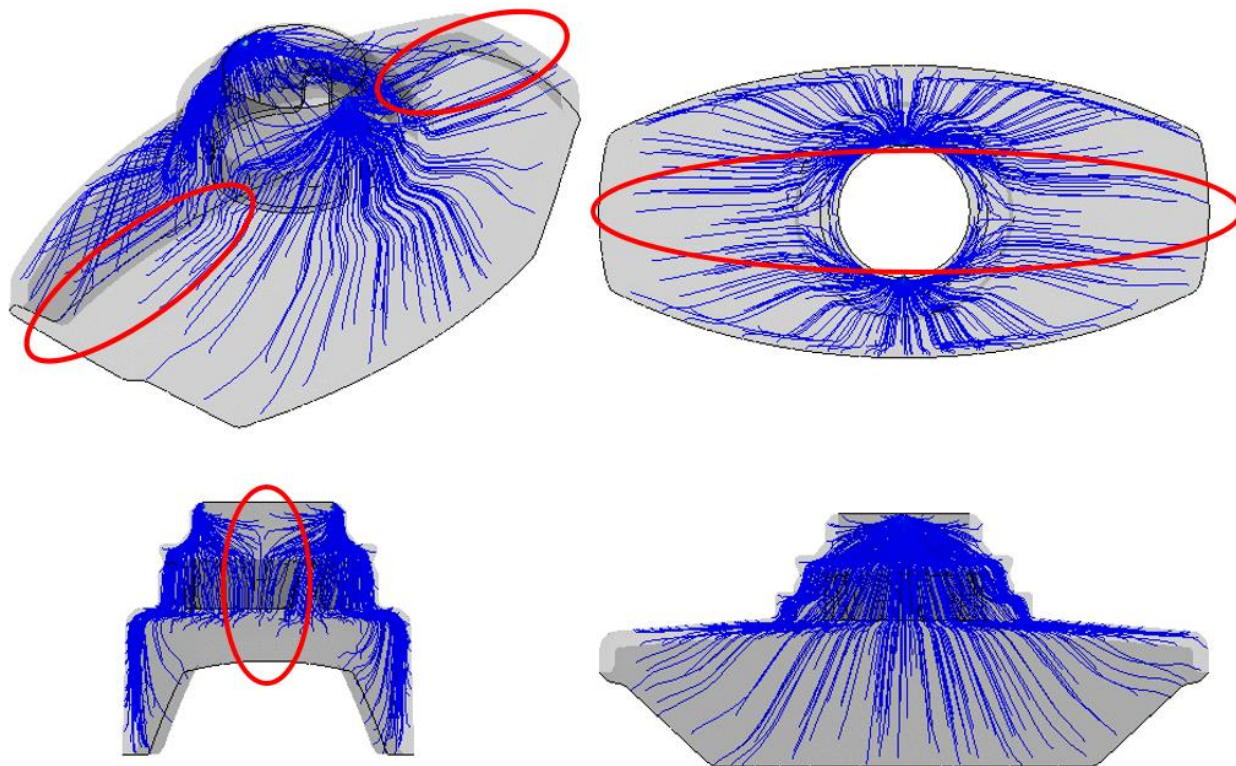
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.6.11. Líneas de Flujo en Cavidades en Molde Hombreda – TEMPUS.

Dado que la pieza tiene un orificio y dos puntos de inyección opuestos, el frente de flujo se divide con el fin de bordear el orificio y continuar así su recorrido para llenar la pieza. Cuando los diferentes frentes de flujo que se puedan generar vuelven a encontrarse, se generan líneas de flujo y si la temperatura no es suficiente para su fusión, pueden generarse defectos estéticos evidentes o grietas en la pieza que comprometan su funcionalidad.

Figura 138

Líneas de Flujo en Cavidades en Molde Hombreda – TEMPUS.



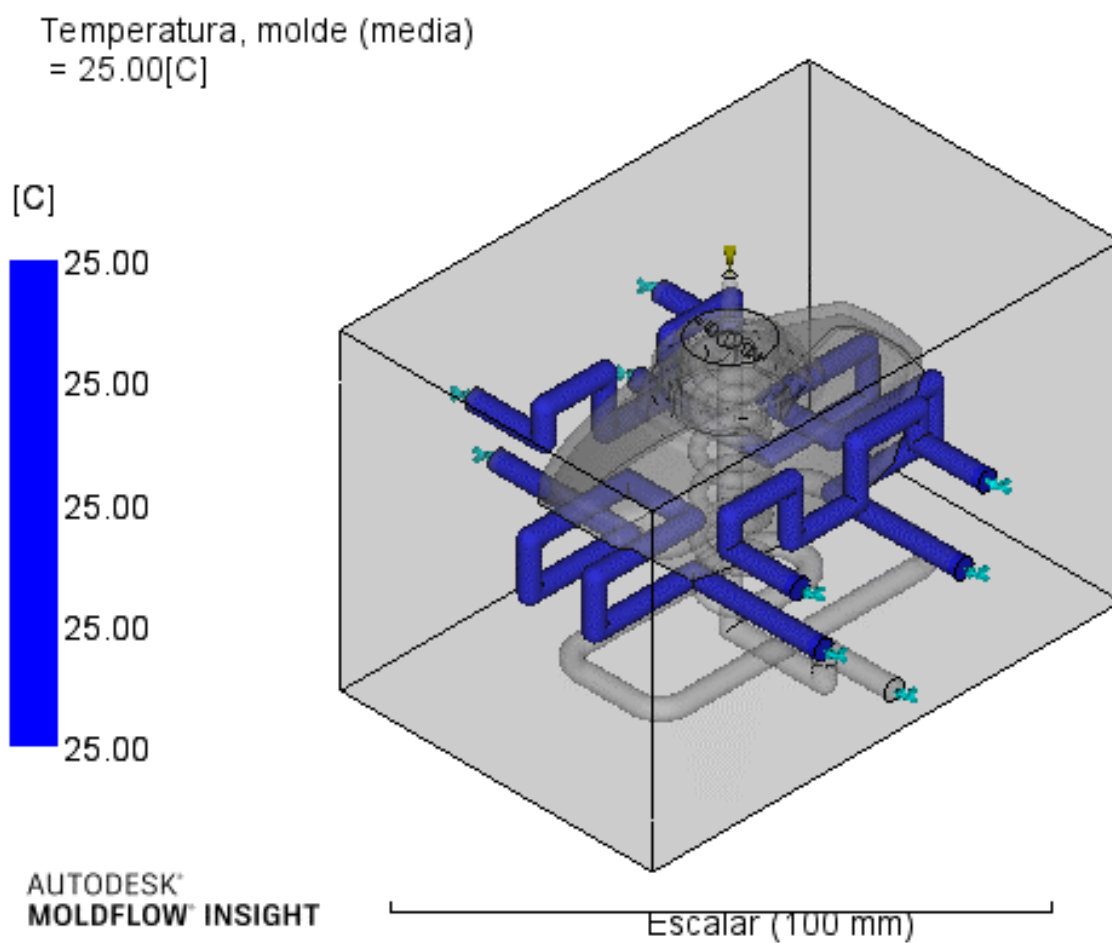
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.6.12. Temperatura media de Molde Hombreira – TEMPUS.

De acuerdo a la ubicación y dimensiones de los canales de refrigeración, la temperatura media de molde llega a 25 C°

Figura 139

Temperatura Media de Molde Hombreira – TEMPUS.



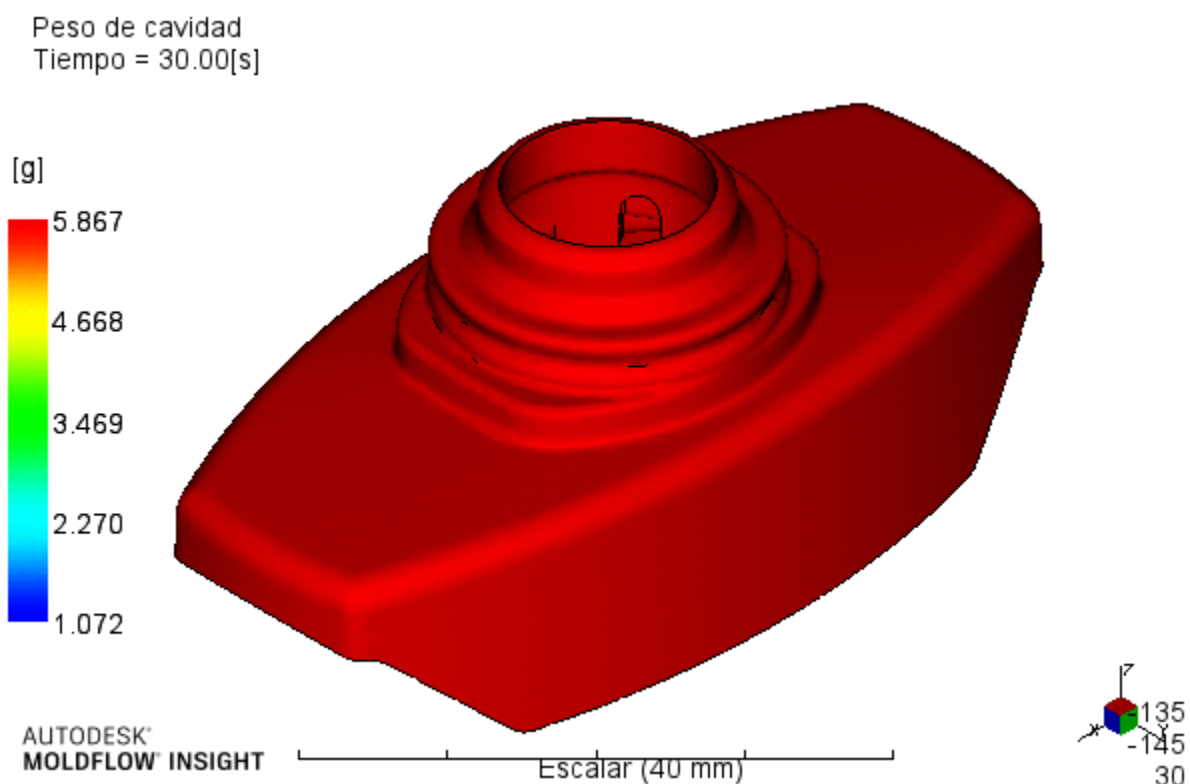
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.6.13. Peso de Piezas Obtenido en Molde Hombreira – TEMPUS.

El peso obtenido de cada pieza en material PP genérico, es de 5.867 gramos. Si es necesario eliminar defectos como rechupes o deformaciones ya que se compromete la funcionalidad de la pieza, posiblemente sea necesario aumentar el material inyectado en la pieza y por consiguiente el peso de la misma.

Figura 140

Peso de Pieza en Molde Hombreira – TEMPUS.



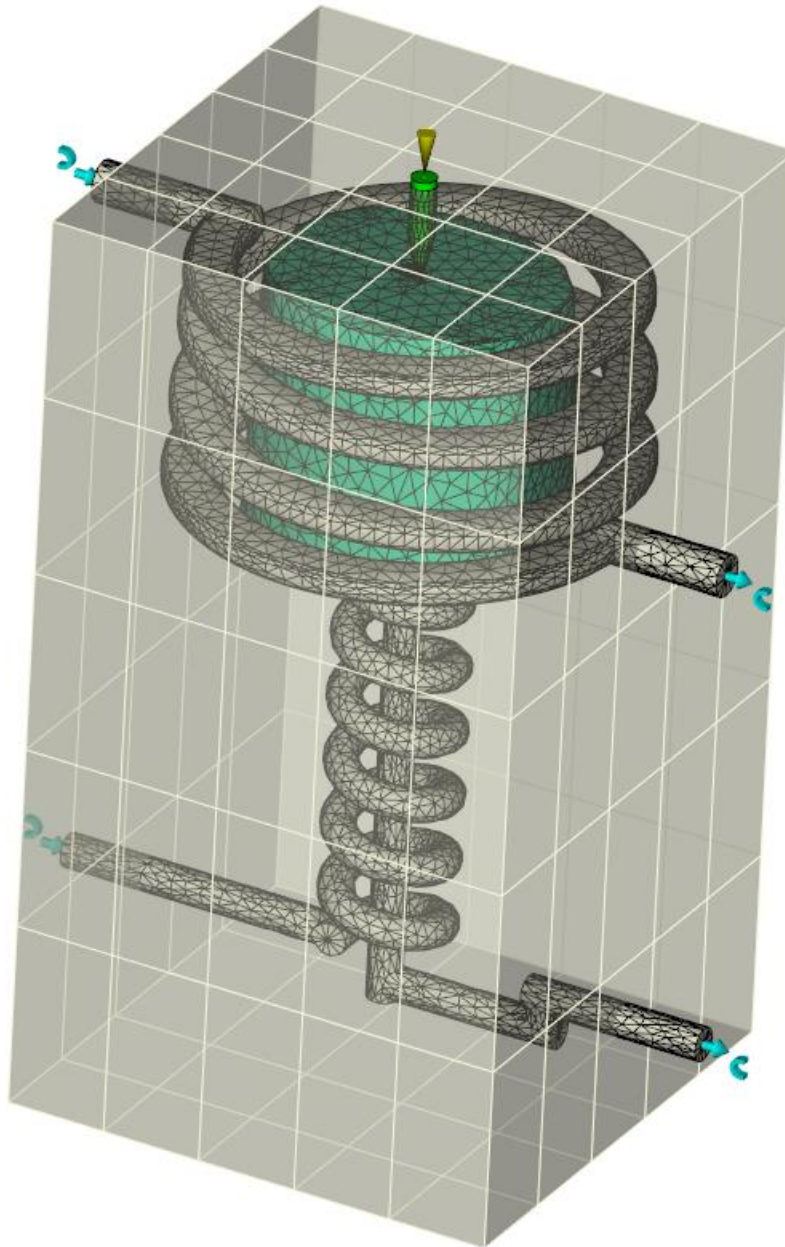
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.7. Simulación de Molde Tapa - TEMPUS

4.2.4.7.1. Generación de Malla CAE para Molde de Tapa - TEMPUS

Figura 141

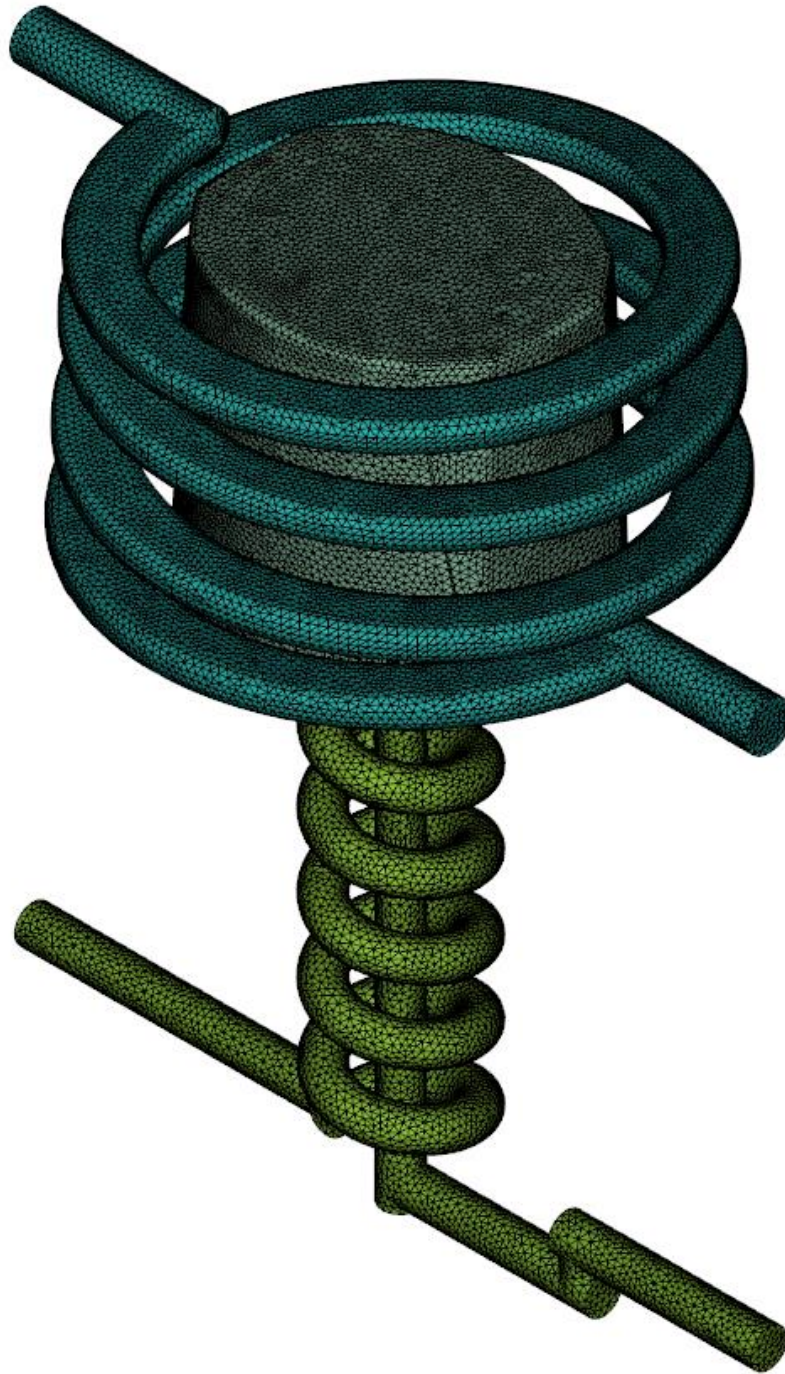
Molde de Tapa TEMPUS de 1 Cavidad, parametrizado para Simulación CAE



Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

Figura 142

Malla de Cavidad y Colada en Molde de Tapa - TEMPUS



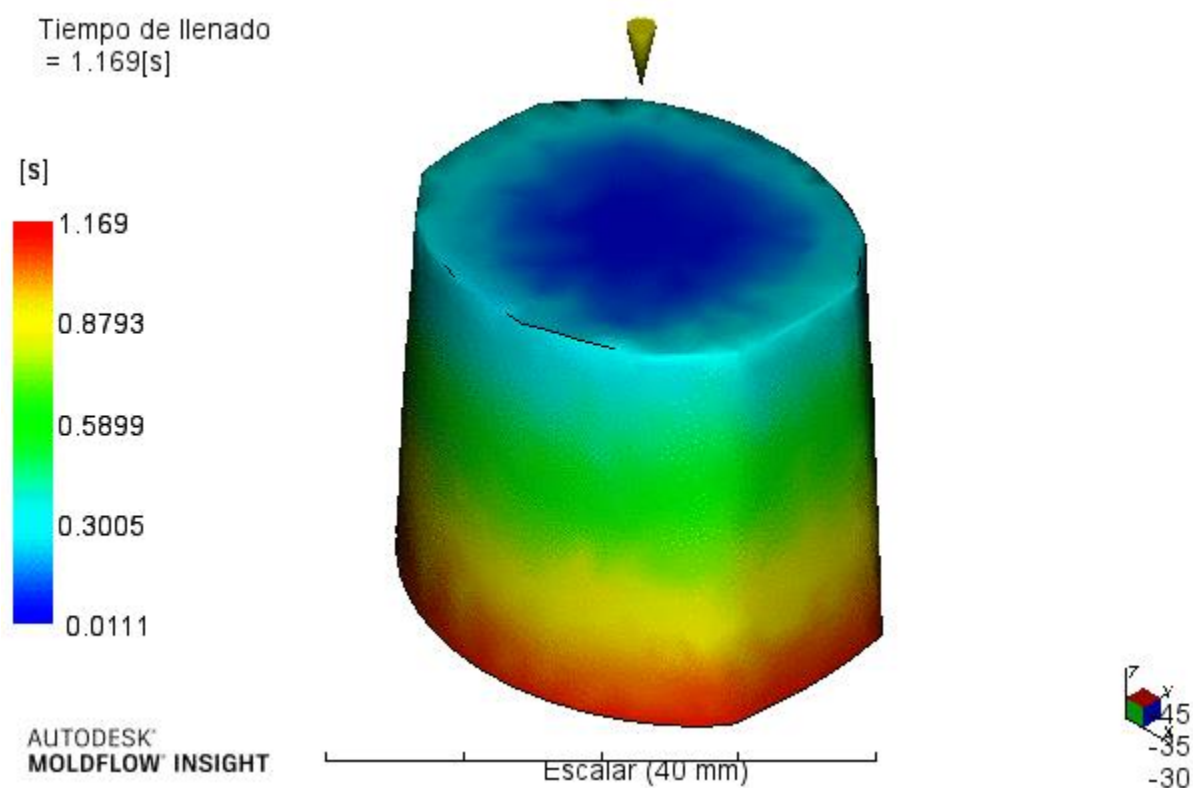
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.7.2. Tiempo de Llenado Molde Tapa - TEMPUS

Hace referencia al tiempo necesario para que el plástico fundido fluya a través de la colada, desde la máquina de inyección, hasta llenar completamente la cavidad del molde.

Figura 143

Tiempo de llenado Molde de Tapa – TEMPUS. Isométrico.

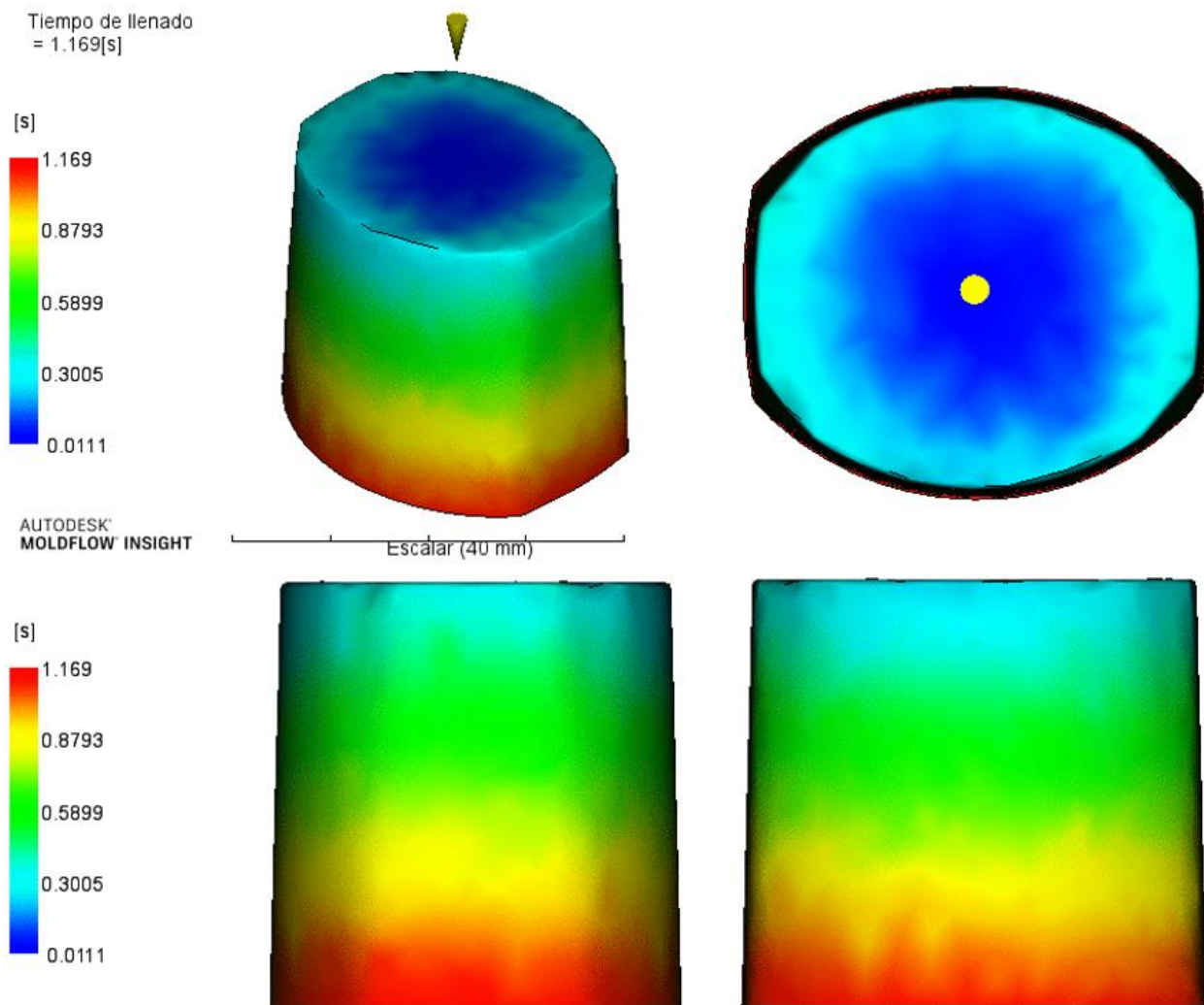


Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

La colada y cavidad del Molde TEMPUS se llenan completamente de plástico en 1.169 segundos y se puede concluir que las dimensiones de los canales de la colada y la ubicación del punto de inyección, facilitan el flujo y llenado uniforme de la cavidad.

Figura 144

Tiempo de llenado Molde de Tapa – TEMPUS. Vista Principales

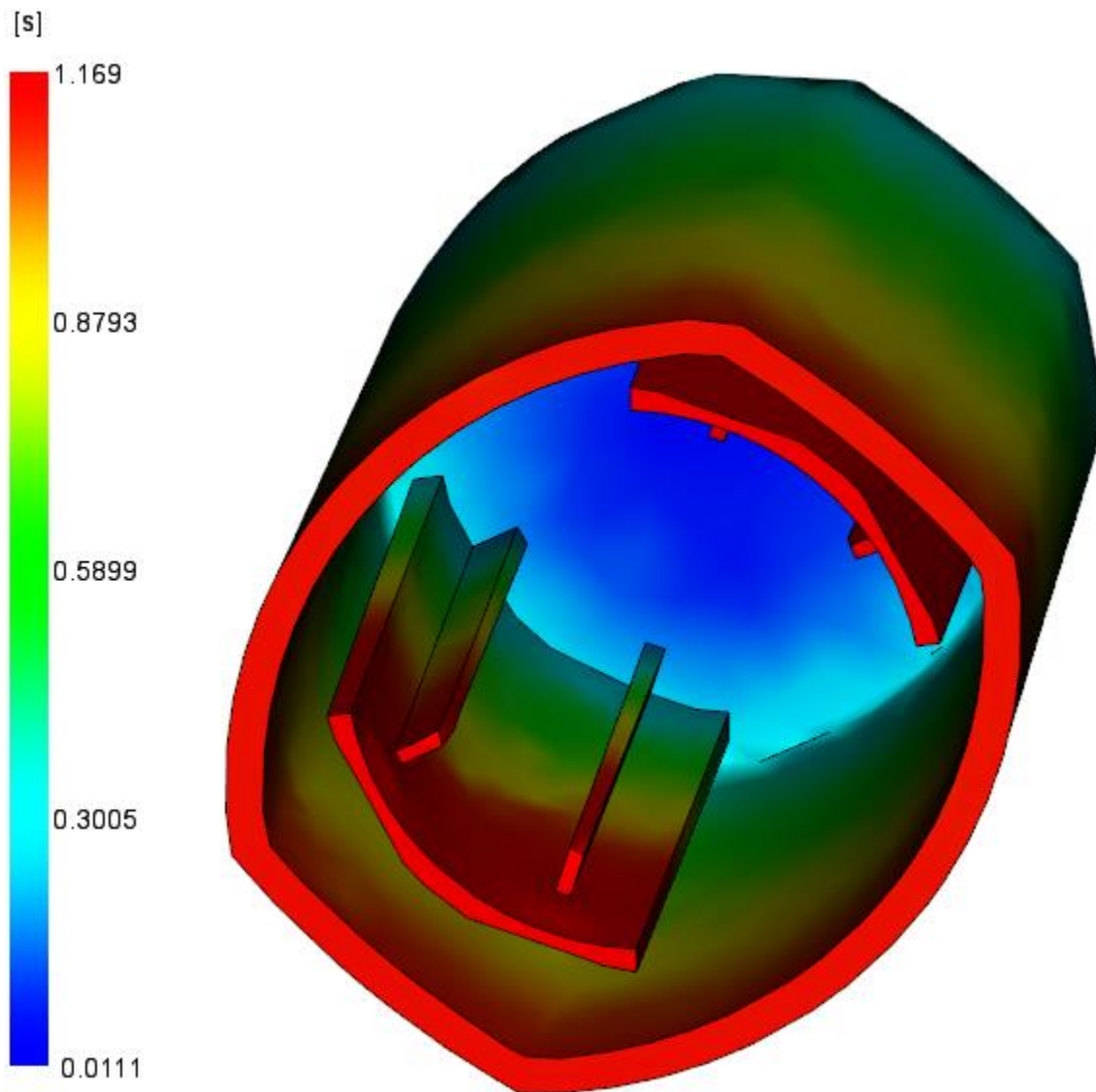


Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

Gracias a la ubicación del punto de inyección definidos para el molde de Tapa TEMPUS, se aprecia que el llenado es homogéneo y las zonas que llenan de ultimo, no corresponden con las zonas críticas interacción con otros componentes, lo que favorece el comportamiento y ajuste de especificaciones funcionales en la pieza.

Figura 145

Tiempo de llenado Molde de Tapa – TEMPUS. Vista Isométrica Inferior.



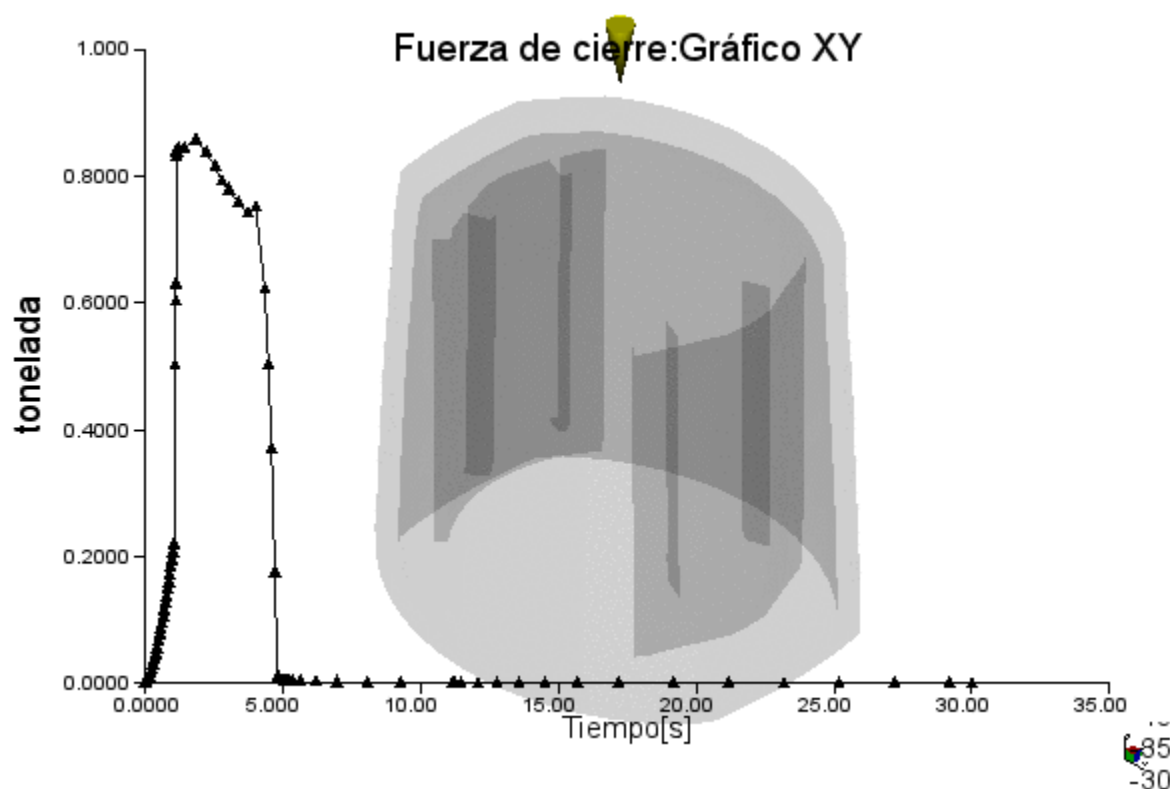
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.7.3. Fuerza de cierre Molde Tapa – TEMPUS

Debido a que el molde de Tapa TEMPUS tiene una colada pequeña si se compara con la colada de un molde convencional y adicional tiene doble punto de inyección para facilitar el flujo de plástico fundido, la fuerza de cierre necesaria para forzar el plástico fundido hacia el interior de la cavidad es de 0.87 Toneladas; lo anterior significa que la capacidad de máquina es menor comparada con una usada para inyectar en un molde convencional.

Figura 146

Fuerza de Cierre para Molde de Tapa – TEMPUS.



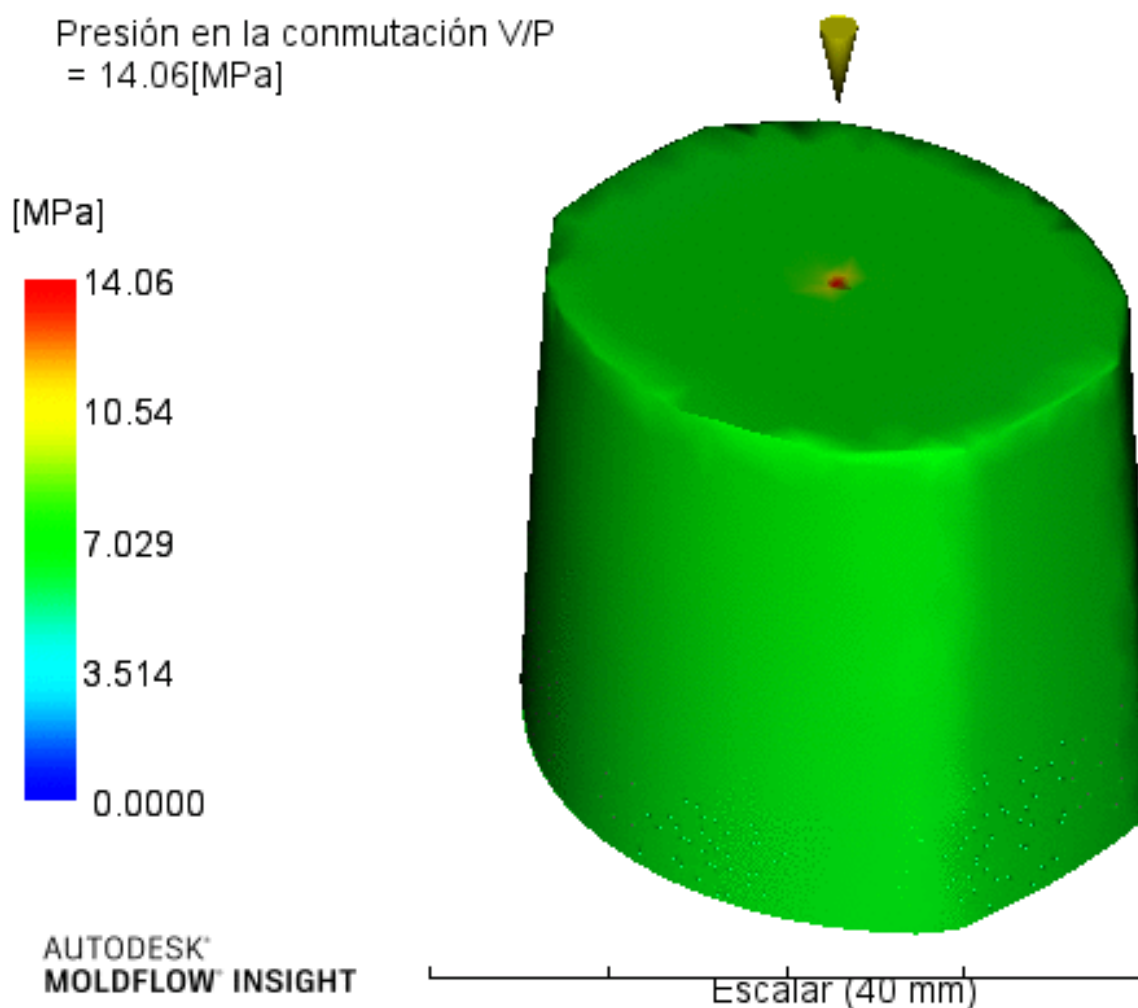
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.7.4. Presión de Sostenimiento Molde Tapa – TEMPUS

Teniendo en cuenta que el Molde de Tapa TEMPUS tiene 4 cavidades, la simulación muestra que la presión necesaria para inyectar el material plástico en todas las cavidades a través de la colada, es de 14.06 Megapascales.

Figura 147

Presión de Sostenimiento para Molde Tapa – TEMPUS.



Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

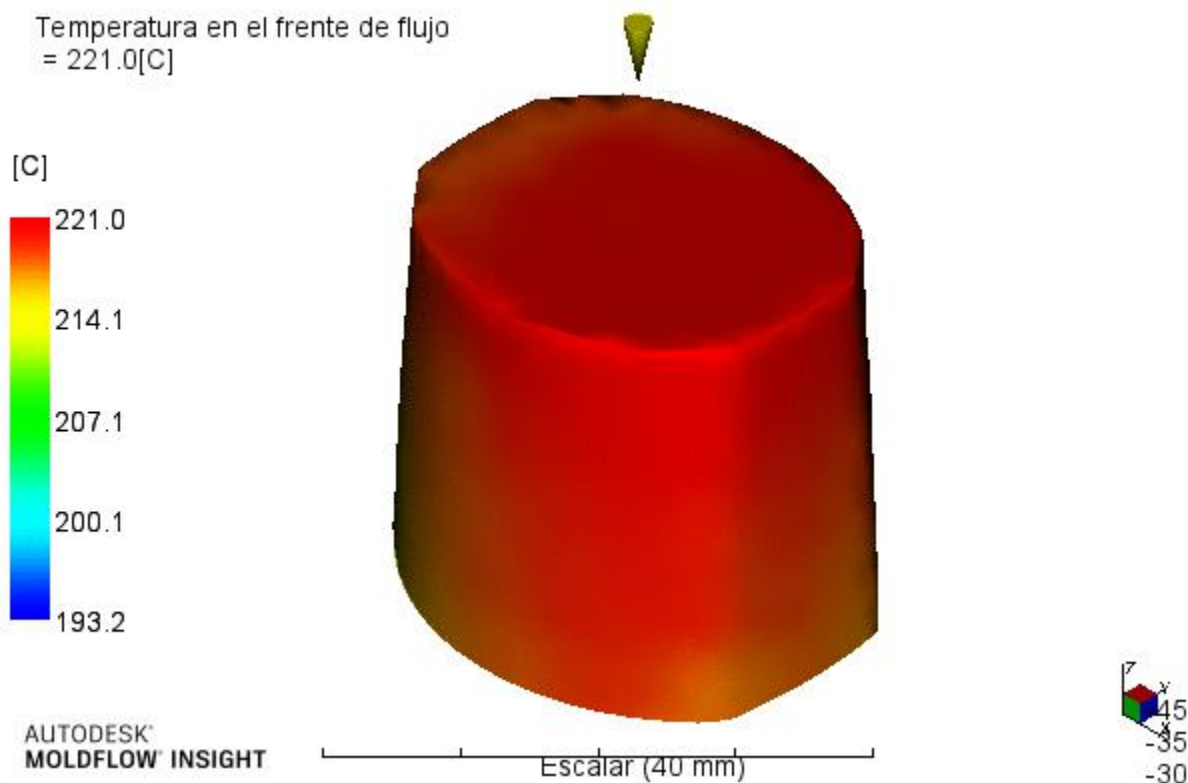
4.2.4.7.5. Temperatura del Frente de Flujo Molde Tapa - TEMPUS

Se aprecia que la temperatura del plástico fundido dentro de la cavidad del molde, puede alcanzar 221.0 °c, considerando que se usó un Polipropileno Genérico.

Las zonas rojas con mayor temperatura, se encuentran alejadas de los canales de refrigeración y por ello pueden presentar deformaciones o rechupes durante la solidificación; suponiendo que se presente el defecto, se puede compensar modificando la cantidad de material inyectado y velocidad o temperatura del refrigerante.

Figura 148

Temperatura de plástico en la cavidad de Molde Tapa – TEMPUS. Vista Isométrica Superior

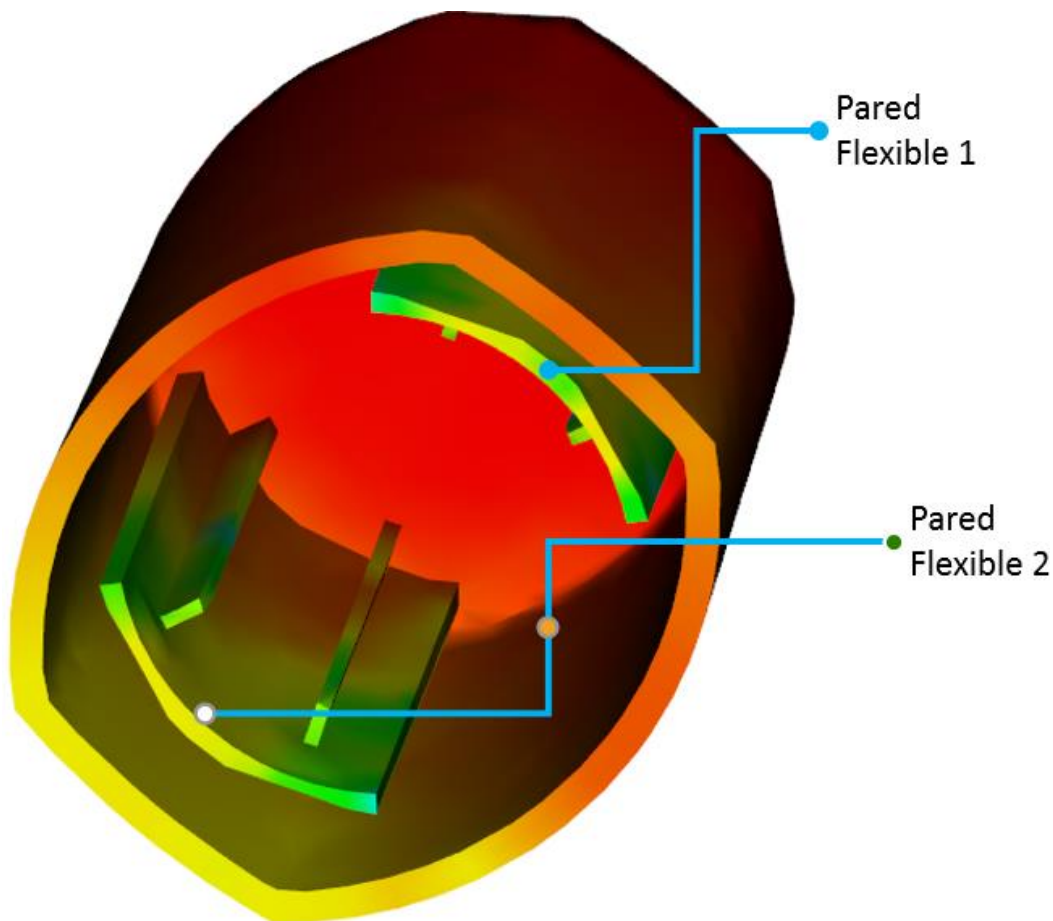


Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

Internamente se aprecia que las paredes flexibles que realizan el ajuste con la válvula o frasco de la fragancia, presentan una temperatura máxima; originado por el doble punto de inyección, que facilita el flujo de plástico fundido y permite que el calor se concentre generando el sobre calentamiento; si bien esto puede generar riesgo funcional debido a posibles deformaciones, gracias al complejo sistema de refrigeración desarrollado en el molde Tempus, es posible controlar la temperatura de manera que no genere afectación funcional en la pieza.

Figura 149

Temperatura de plástico en la cavidad de Molde Tapa – TEMPUS. Vista Isométrica Inferior



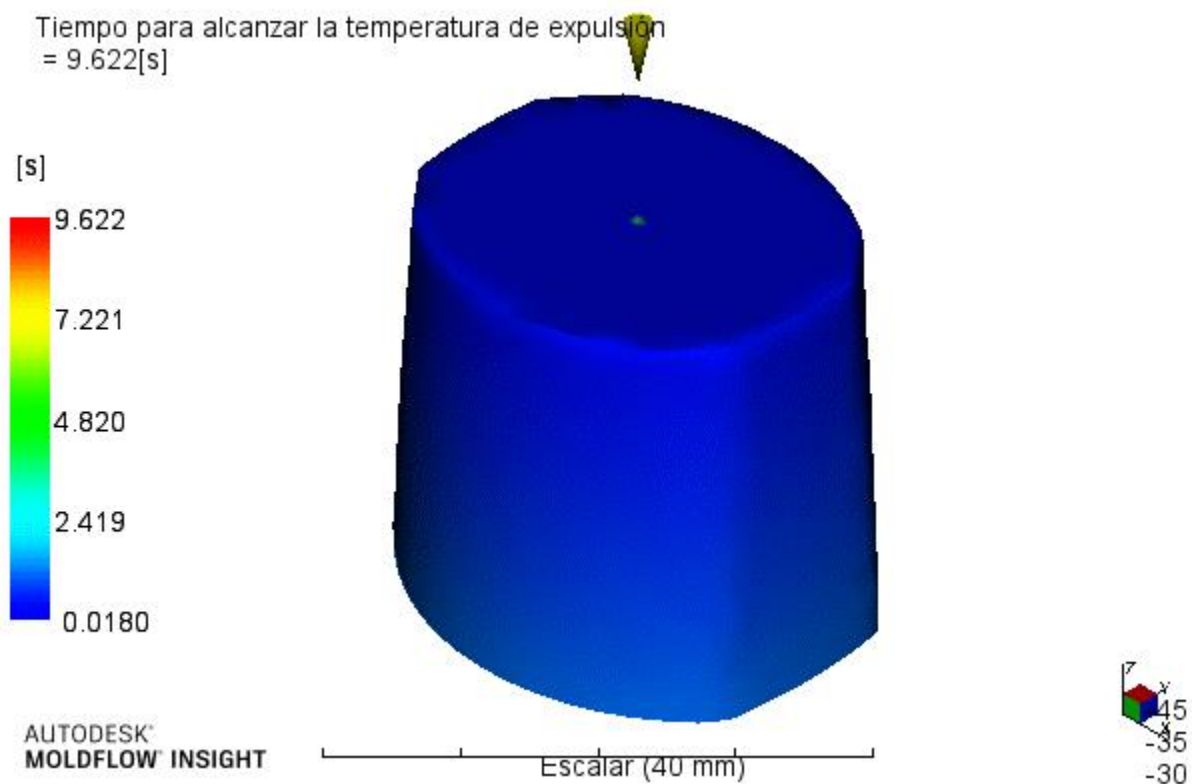
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.7.6. Tiempo de Ciclo Molde Tapa – TEMPUS

Para la expulsión de la cavidad en el Molde TEMPUS, es necesario considerar también la colada; la simulación muestra que el tiempo total de expulsión para la cavidad y colada es 9.622 segundos.

Figura 150

Tiempo para Expulsión de Cavidad y Colada en Molde Tapa – TEMPUS.



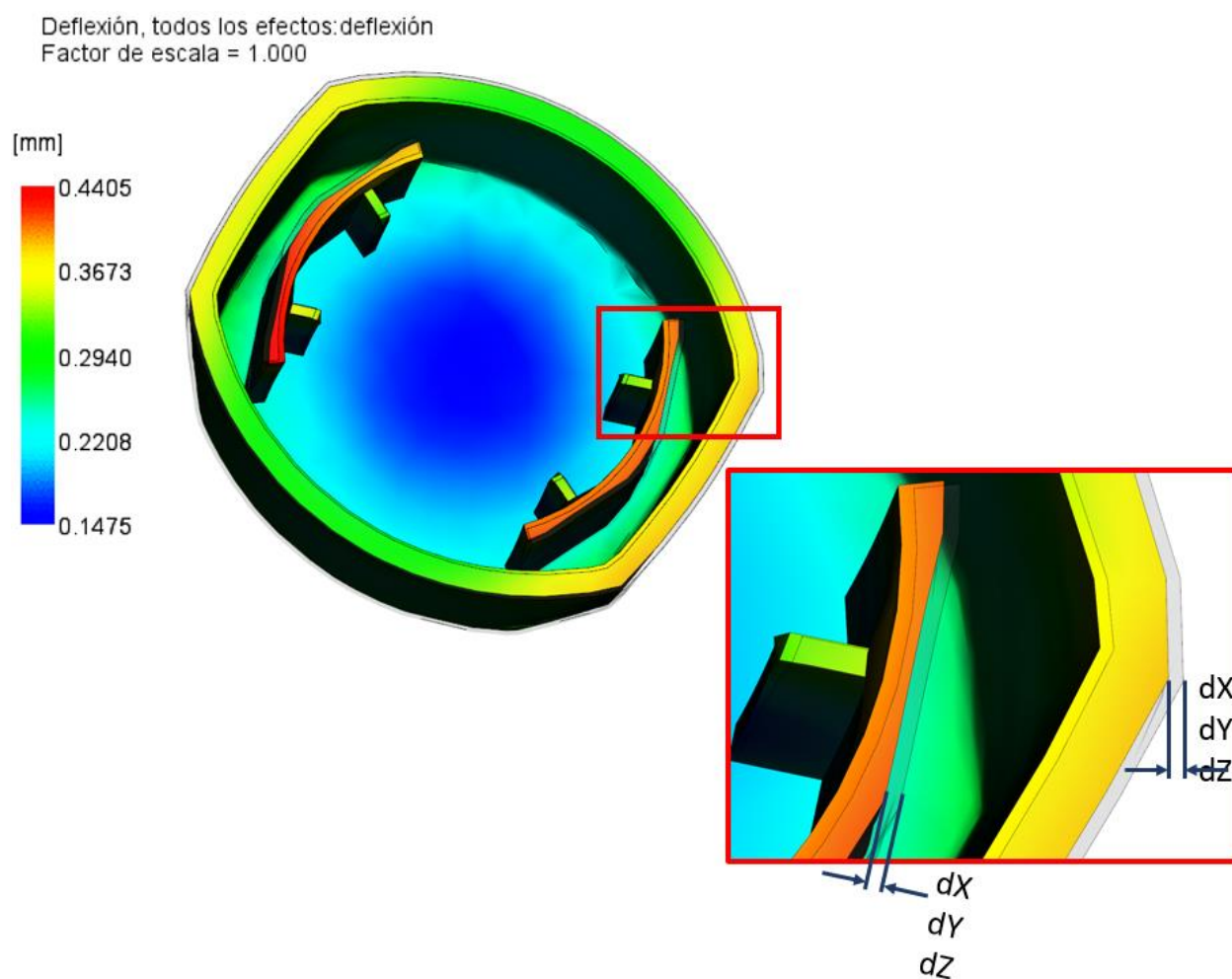
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.7.7. Deformación de Pieza en Molde Tapa – TEMPUS

De acuerdo a la información presentada por la simulación, es posible obtener una deformación máxima de 0.4405 milímetros, en las zonas indicadas en color rojo; sin embargo, no se considera crítico, puesto que no se comprometen zonas que afecten su funcionalidad.

Figura 151

Deformación de Cavidades en Molde Tapa – TEMPUS.



Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

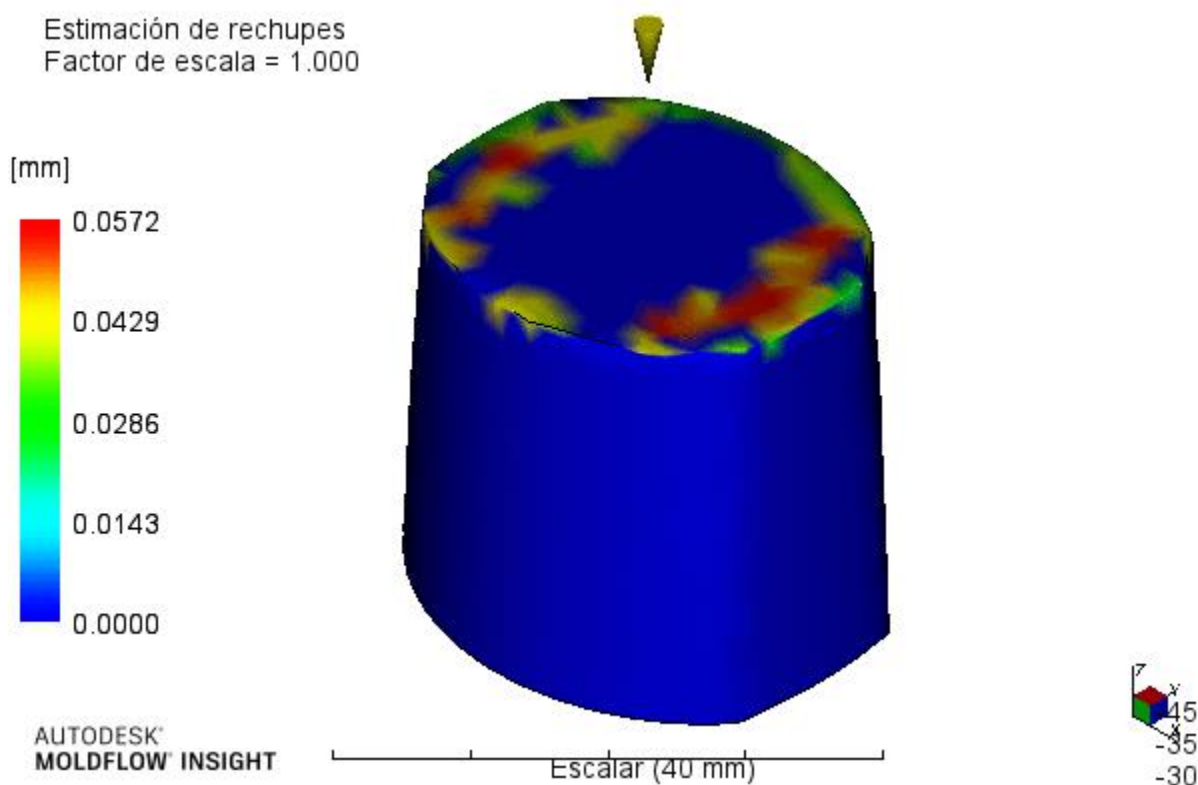
4.2.4.7.8. Rechupes de Pieza en Molde Tapa – TEMPUS

Los rechupes se generan en lugares donde se encuentran los mayores espesores de pared, o concentración de material dentro de la piza, lo que dificulta una solidificación homogénea.

De acuerdo a la información presentada por la simulación, se puede obtener un rechupe máximo de 0.0572 milímetros, sin embargo, no se considera critico puesto que su ubicación no compromete la funcionalidad de la pieza.

Figura 152

Deformación de Cavidades en Molde Tapa – TEMPUS.



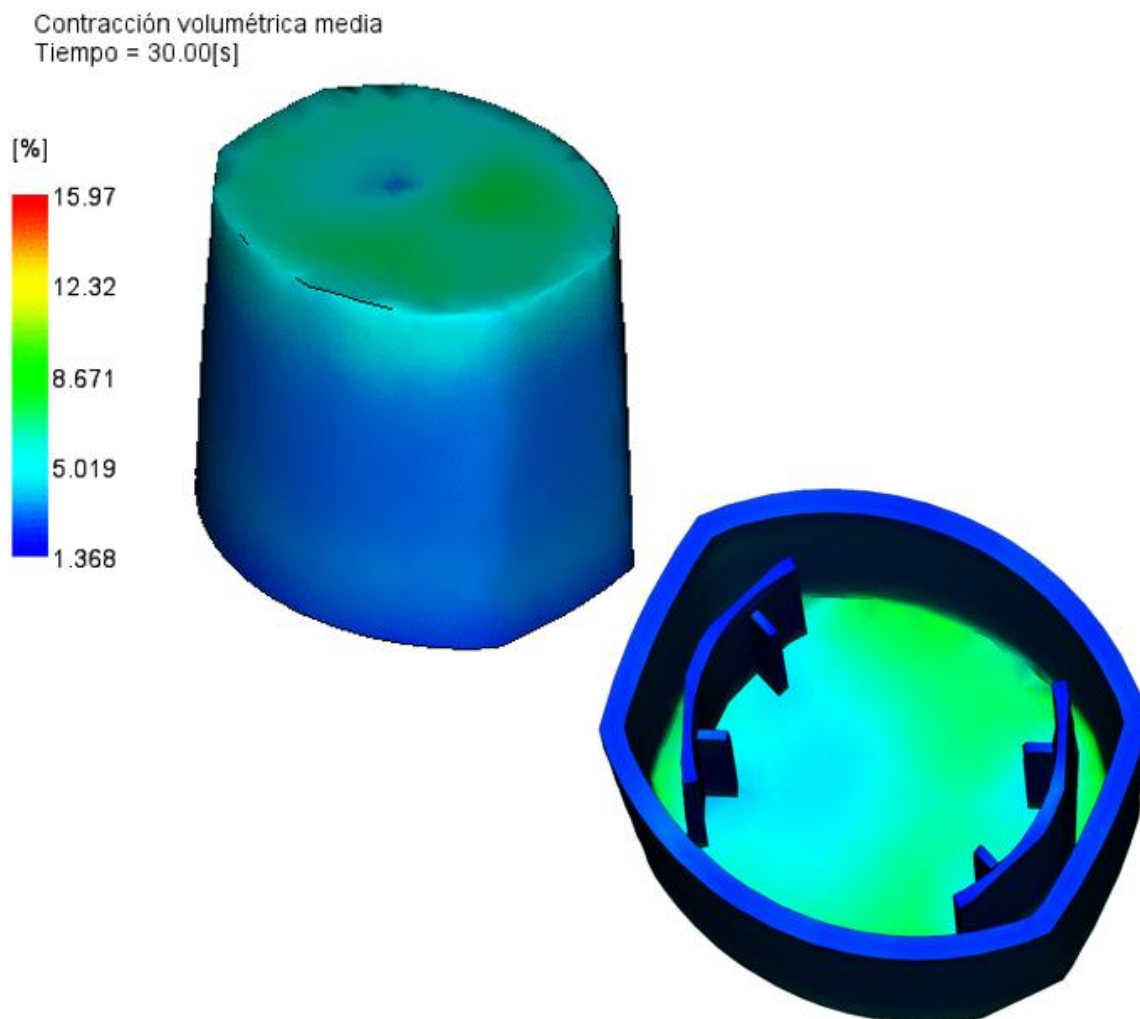
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.7.9. Contracción Volumétrica de Cavidades en Molde Tapa – TEMPUS

Se presenta una contracción máxima de 15.97%; sin embargo, las zonas críticas de la pieza que afectan la funcionalidad o ajuste de la misma, o que influyen en la estética de la misma, no evidencian contracción volumétrica superior al 3%; por lo anterior, no se considera crítico y posiblemente será fácilmente controlable ajustando parámetros de máquina.

Figura 153

Contracción Volumétrica de Cavidades en Molde Tapa – TEMPUS.



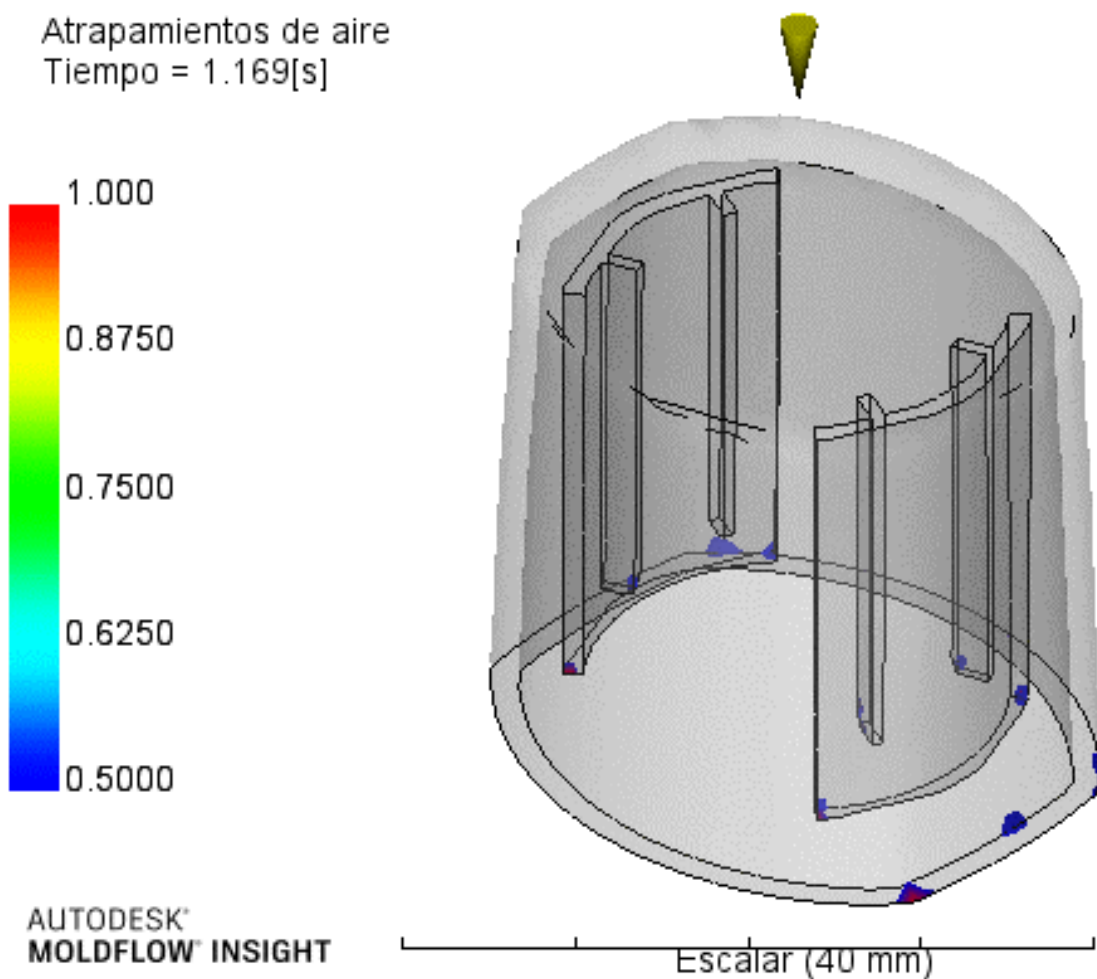
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.7.10. Atrapamientos de Aire en Cavidades en Molde Tapa – TEMPUS

Se evidencia ligeras zonas con riesgo de atrapamiento de aire en los bordes inferiores de la pieza, sin embargo, no son críticos puesto que nos es encuentran en las áreas críticas de la pieza y puede mitigarse con la incorporación de respiraderos o escapes de gas en la cavidad del molde.

Figura 154

Atrapamientos de Aire en Cavidades en Molde Tapa – TEMPUS.



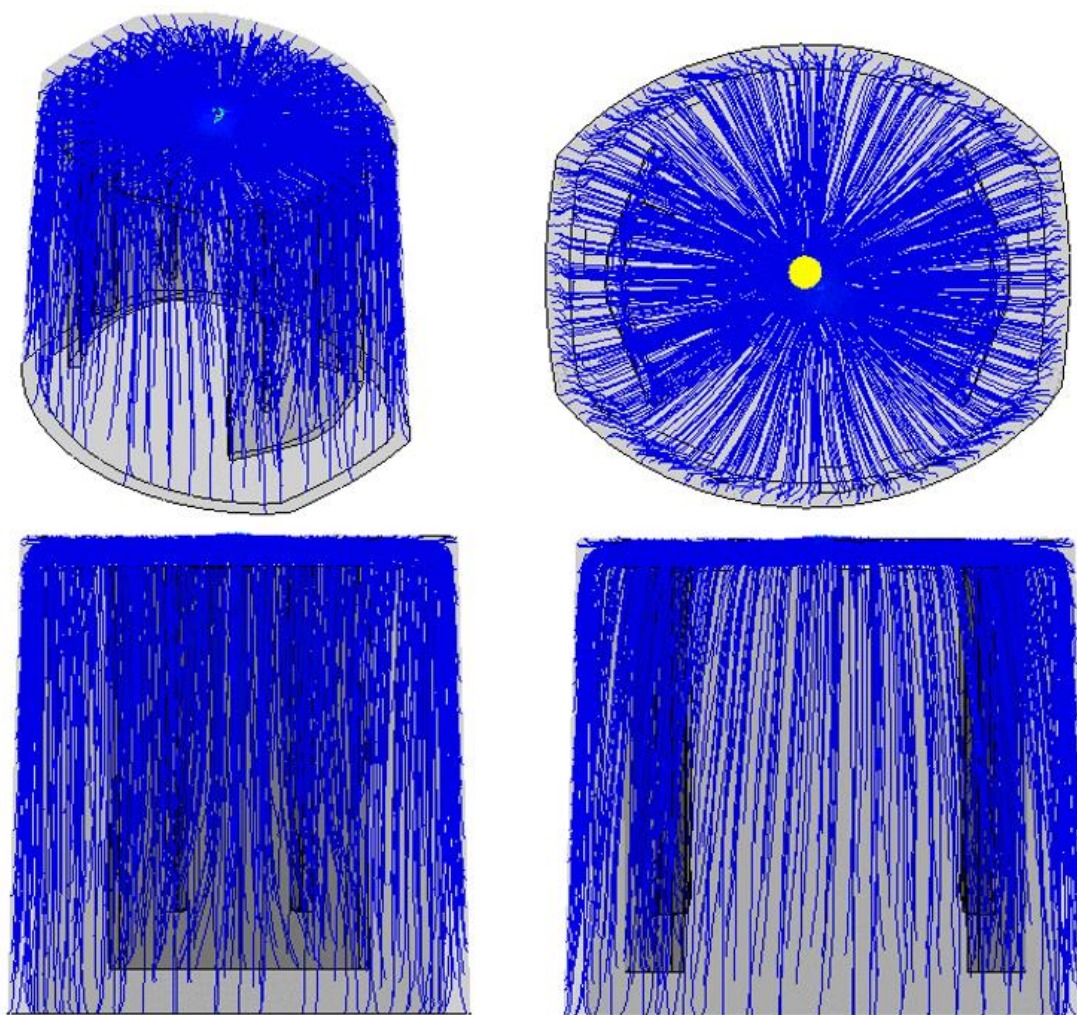
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.7.11. Líneas de Flujo en Cavidades en Molde Tapa – TEMPUS.

Debido al diseño del molde con un punto de inyección centrado en la cara superior y externa de la pieza, no se evidencia división del frente de flujo, lo que minimiza el riesgo de obtener líneas de flujo o líneas de soldadura que puedan generar defectos estéticos o funcionales.

Figura 155

Líneas de Flujo en Cavidades en Molde Tapa – TEMPUS.



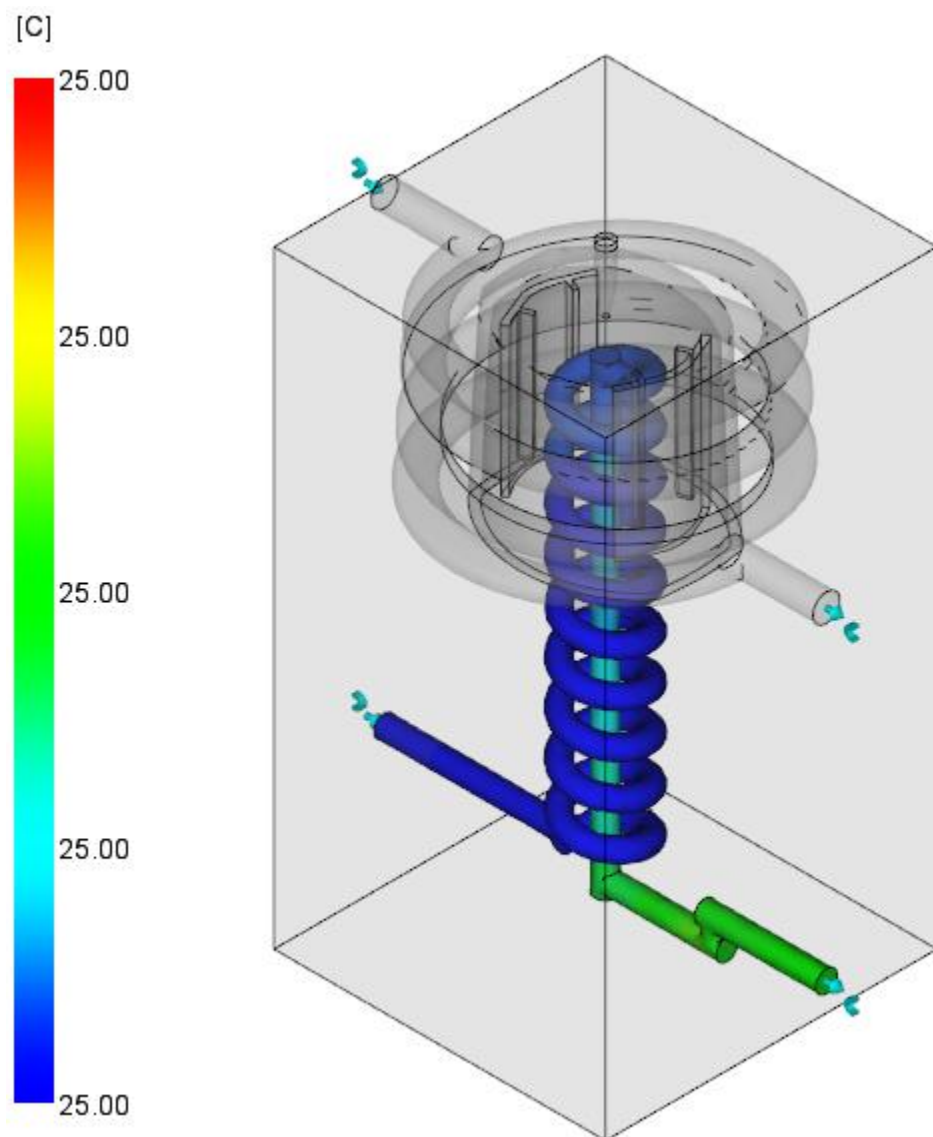
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.7.12. Temperatura media de Molde Tapa – TEMPUS.

De acuerdo a la ubicación y dimensiones de los canales de refrigeración, la temperatura media de molde llega a 25 C°

Figura 156

Temperatura Media de Molde Tapa – TEMPUS.



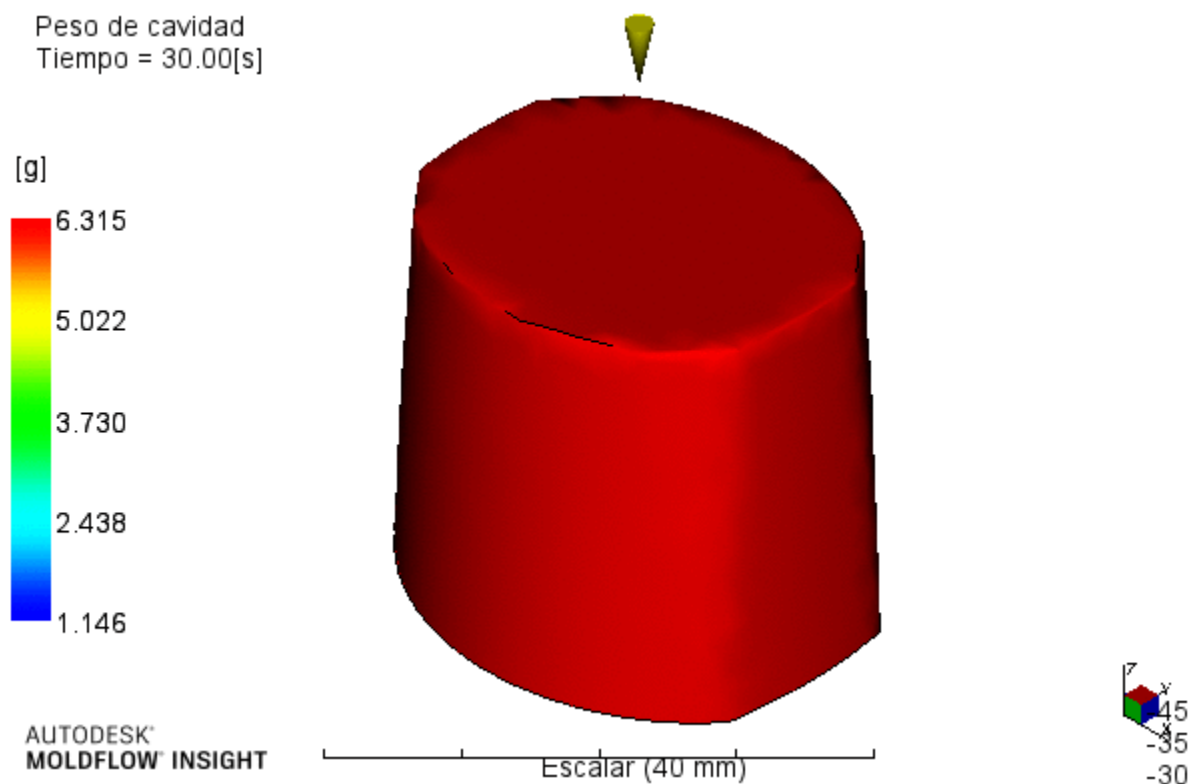
Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.2.4.7.13. Peso de Piezas Obtenido en Molde Tapa – TEMPUS.

El peso obtenido de cada pieza en material PP genérico, es de 6.315 gramos. Si es necesario eliminar defectos como rechupes o deformaciones ya que se compromete la funcionalidad de la pieza, posiblemente sea necesario aumentar el material inyectado en la pieza y por consiguiente el peso de la misma.

Figura 157

Peso de Pieza en Molde Tapa – TEMPUS.



Nota: Tomada de Simulación realizada por los autores en Software Autodesk Moldflow. 2021.

4.3. Fase para Fabricar

Como se indica en el numeral 2.4 Metodología; esta fase queda sujeta a su desarrollo por parte de los autores, como iniciativa de emprendimiento en una fase prospectiva (Ver figura 2).

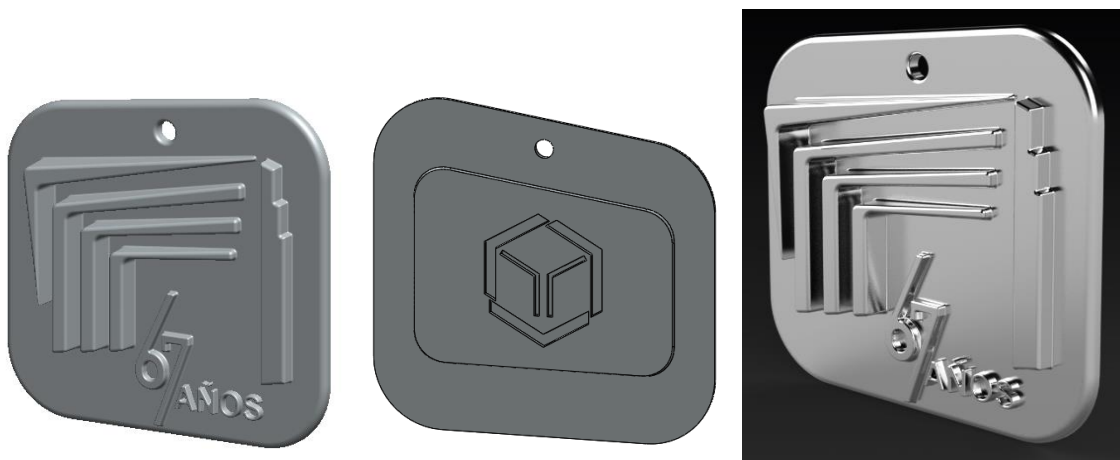
Como ejercicio adicional no contemplado en el alcance de este proyecto, los autores desafían el uso de la fabricación aditiva en moldes para producir el primer producto TEMPUS. No se incluye la primera fase de caracterización del cliente y tampoco se vinculan tiempos y costos. Como ejemplo de la necesidad de lanzar un pequeño recordatorio aprovechando la conmemoración de los 67 años de la Universidad Jorge Tadeo Lozano se propone fabricar un llavero que recopile una geometría representativa como lo es la entrada de los arcos, adicionando los 67 años en su cara frontal y el Isotipo creado para TEMPUS en su cara posterior.

4.3.1. Diseño CAD

Se realiza el modelo 3D en SolidWorks con las características mencionadas anteriormente, tomando como base unas dimensiones apropiadas para tomar el llavero en la mano.

Figura 158

Modelo Llavero Universidad TADEO – TEMPUS.



Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

4.3.2. *Diseño Molde TEMPUS*

Se realiza la modelación en SolidWorks del molde TEMPUS planteado con una cavidad la cual tiene como punto de inyección en la parte de inferior del llavero. Este se realiza sin circuitos de refrigeración ya que la maquina a utilizar no cuenta con el periférico de circulación de fluido para enfriamiento, este por el contrario se realiza por aire.

Figura 159

Molde Llavero Universidad TADEO – TEMPUS.



Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

4.3.3. *Impresión Molde TEMPUS*

Se realiza la impresión de las dos partes del molde TEMPUS en una maquina impresora *Anycubic* de tecnología SLA, posterior a ello se realiza la limpieza de todas las superficies y el curado de esta bajo luz ultravioleta.

4.3.4. *Montaje de Molde TEMPUS*

Una vez adecuadas las cavidades en términos de agujeros roscados para la ubicación en el lado fijo y móvil de máquina, se procede a realizar el montaje y cierre de maquina para verificación del Centraje de las cavidades.

Figura 160

Montaje de Molde – TEMPUS.



Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

4.3.5. *Inyección de Piezas Plásticas - TEMPUS*

Una vez el molde en máquina, se realiza la inyección de polipropileno PCR el cual debido a su bajo grado de fusión se estimaba podría brindar una mayor vida útil al molde TEMPUS.

Figura 161

Inyección de Llaveros Universidad TADEO – TEMPUS.



Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

4.3.6. Durabilidad de Molde - TEMPUS

A medida que molde va realizando ciclos, la temperatura de este comienza a subir hasta iniciar la falla en la zona donde existe mayor concentración térmica, iniciando una degradación del molde impreso hasta que genera un obstáculo a la entrada del material, dando este al fin de su trabajo.

Figura 162

Degradación del Molde en Producción – TEMPUS.



Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

Este ejercicio ha ofrecido la reproducibilidad de 60 piezas plásticas conocidos como llaveros, los autores han decidido brindar a algunas unidades un decorado adicional, mediante un baño galvánico conocido en la industria como cromado.

Figura 163

Degradación del Molde en Producción – TEMPUS.



Fuente: Elaboración propia, Colombia, año 2021

5. Análisis

Se decide realizar un comparativo entre los datos obtenidos de tiempos y costos asociados a la inyección de plásticos en molde convencional y molde TEMPUS, a su vez, clasificado por el tipo de pieza Hombrera o Tapa detallados en el capítulo 4 de este documento.

5.1. Comparativo Tiempos de desarrollo de Molde Convencional Vs TEMPUS

A continuación, se describen los tiempos necesarios para el diseño y construcción de los moldes, con base en los datos referenciados en los capítulos 4.2.2.8. *Tiempos Diseño y desarrollo en Moldes Convencionales* y 4.2.3.8. *Tiempos Diseño y desarrollo Moldes en Resina – TEMPUS*.

Tabla 13

Tiempo Desarrollo de Molde Convencional Vs TEMPUS

| | Molde Convencional (días Calendario) | Molde TEMPUS (días Calendario) | Variación (%) |
|----------------------------------|--|--|-------------------------|
| Tiempo Desarrollo Molde Hombrera | 182 | 14 | -92,30% |
| Tiempo Desarrollo Molde Tapa | 182 | 14 | -92,30% |

Nota: Elaboración propia, Colombia, año 2021

El tiempo de desarrollo de molde Hombrera y Tapa TEMPUS es **92,30%** menor, comparado con el molde Convencional.

5.2. Comparativo de Costo de Molde Convencional Vs TEMPUS

En la siguiente tabla observamos un comparativo de costos de moldes convencionales y propuesta TEMPUS, con base en los datos referenciados en los capítulos 4.2.2.10. *Costos de Desarrollo de Moldes Convencionales* y 4.2.3.11. *Costos de Desarrollo de Moldes TEMPUS*.

Tabla 14

Costos de Molde Convencional Vs TEMPUS

| | Molde Convencional (Pesos Colombianos) | Molde TEMPUS (Pesos Colombianos) | Variación (%) |
|---------------------------------|---|---|--------------------------|
| Costo Desarrollo Molde Hombrera | \$ 145.204.500 | \$ 1.185.042 | -99,18% |
| Costo Desarrollo Molde Tapa | \$ 137.035.500 | \$ 881.218 | -99,35% |

Nota: Elaboración propia, Colombia, año 2021

El costo de molde Hombrera TEMPUS es **99,18%** más económico, comparado con el molde Convencional y el costo de molde Tapa TEMPUS es **99,35%** más económico que el molde Convencional de la tapa.

5.3. Comparativo de Lote de piezas Molde Convencional Vs TEMPUS

A continuación, se muestran los costos de la pieza plástica para cada uno de los casos:

Tabla 15

Tamaño Base de Cálculo para Pieza Plástica de Molde Convencional Vs TEMPUS

| | Molde Convencional (Unidades) | Molde TEMPUS (Unidades) | Variación (%) |
|-------------------------------------|--|------------------------------------|--------------------------|
| Tamaño Base de Cálculo Hombreira | 250.000 | 150 | -99,94% |
| Tamaño Base de Cálculo Tapa | 250.000 | 150 | -99,94% |

Nota: Elaboración propia, Colombia, año 2021

Los tamaños base de lote dados para el caso de moldes Hombreira y Tapa TEMPUS es del **99,94%** más corto el tiraje que el lote de fabricación requerido para el molde convencional.

5.4. Comparativo de Costos de Pieza Molde Convencional Vs TEMPUS

A continuación, se muestran los costos de la pieza plástica para cada uno de los casos, con base en los datos referenciados en los capítulos 4.2.2.11. *Costos de Pieza en Moldes Convencionales* y 4.2.3.12. *Costos de Pieza en Molde TEMPUS*.

Tabla 16

Costos de Pieza Plástica de Molde Convencional Vs TEMPUS

| | Molde Convencional Lote 250.000 Unidades (Pesos Colombianos) | Molde TEMPUS Lote 150 Unidades (Pesos Colombianos) | Variación (%) |
|-----------------------------|---|---|--------------------------|
| Costo Fabricación Hombreira | \$ 987,39 | \$ 13.430,48 | +1260% |
| Costo Fabricación Tapa | \$ 931,84 | \$ 9.987,14 | +972% |

Nota: Elaboración propia, Colombia, año 2021

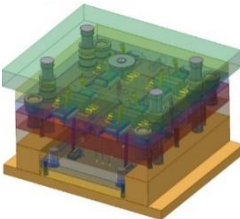

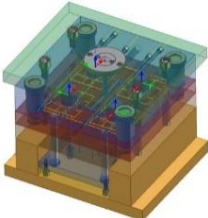

El costo de fabricación de la hombrera TEMPUS es **1260%** más alto que fabricar una hombrera con el molde Convencional y el costo de fabricación de la Tapa TEMPUS es **972%** más alto que fabricarla con el molde Convencional, esto también es dado a que los tamaños de lote difieren uno de otro.

5.5. Comparativo de Peso Total de Molde Convencional Vs TEMPUS

Los pesos obtenidos de cada tipo de molde, extraídos de las propiedades físicas de cada ensamble desde el software CAD, permiten evidenciar a continuación una de las ventajas de TEMPUS frente a los moldes convencionales, usando como referencia los datos referenciados en los capítulos 4.2.2.9. *Peso Total de Moldes Convencionales* y 4.2.3.10. *Peso Total de Moldes TEMPUS*.

Tabla 17

Peso Bruto Moldes Convencionales Vs TEMPUS

| | Molde Convencional (Kilogramos) | Molde TEMPUS (Kilogramos) | Variación (%) |
|---------------------|--|--|------------------|
| Peso Molde Hombrera |  735,41 |  0,4919 | -99,93% |
| Peso Molde Tapa |  181,22 |  0,3403 | -99,81% |

Nota: Elaboración propia, Colombia, año 2021

El peso de molde Hombrera TEMPUS es **99,93%** menor, comparado con el molde Convencional y el peso de molde Tapa TEMPUS es **99,81%** menor que el molde Convencional.

5.6. Comparativo del Volumen Total de Molde Convencional Vs TEMPUS

El volumen obtenido de cada tipo de molde es extraído de las propiedades físicas de cada ensamble desde el software CAD.

Tabla 18

Volumen Total de Molde Convencional Vs TEMPUS

| | Molde Convencional (centímetros cúbicos) | Molde TEMPUS (centímetros cúbicos) | Variación (%) |
|---------------------------|---|---|--------------------------|
| Volumen Molde de Hombrera | 93.683 | 380 | -99,57% |
| Volumen Molde de Tapa | 19.872 | 399.3 | -98,08% |

Nota: Elaboración propia, Colombia, año 2021

El volumen de molde Hombrera TEMPUS es **99,57%** menor, comparado con el molde Convencional y el volumen de molde Tapa TEMPUS es **98,08%** menor que el molde Convencional.

5.7. Comparativo de Fuerza de Cierre Molde Convencional Vs TEMPUS

La siguiente tabla muestra las fuerzas de cierre para cada uno de los moldes Convencional y TEMPUS de Hombrera y Tapa. Datos obtenidos de la simulación en el software *Moldflow* 2019.

Tabla 19

Fuerza de Cierre Molde Convencional Vs TEMPUS

| | Molde Convencional (Toneladas) | Molde TEMPUS (Toneladas) | Variación (%) |
|---------------------------------|---|-------------------------------------|--------------------------|
| Fuerza de Cierre Molde Hombrera | 25,20 | 1,75 | -93,05% |
| Fuerza de Cierre Molde Tapa | 8,70 | 0,87 | -90,00% |

Nota: Elaboración propia, Colombia, año 2021

La fuerza de cierre del molde Hombrera TEMPUS es **93,05%** menor, comparado con el molde Convencional y la fuerza de cierre del molde Tapa TEMPUS es **90,00%** menor que el molde Convencional de la tapa, logrando la posibilidad de aplicar el proceso en una máquina inyectora de menor capacidad.

5.8. Comparativo de Presión de Sostenimiento Molde Convencional Vs TEMPUS

La siguiente tabla muestra el comparativo de la presión de sostenimiento, la necesaria para inyectar las cavidades de cada tipo de molde, acorde a los resultados encontrados en el software *Moldflow* 2019.

Tabla 20

Presión de sostenimiento Molde Convencional Vs TEMPUS

| | Molde Convencional (Megapascals) | Molde TEMPUS (Megapascals) | Variación (%) |
|---|---|---------------------------------------|--------------------------|
| Presión de Sostenimiento Molde Hombrera | 47,07 | 6,159 | -86,91% |
| Presión de Sostenimiento Molde Tapa | 27,88 | 14,06 | -49,56% |

Nota: Elaboración propia, Colombia, año 2021

La presión de sostenimiento para inyectar la Hombrera TEMPUS es **86,91%** menor, comparado con el molde Convencional y la presión de sostenimiento para inyectar la Tapa TEMPUS es **49,56%** menor que el molde Convencional de la tapa, esto se da por los espesores más delgados en la parte interna de la tapa, a diferencia de la hombrera la cual los espesores de pared son similares en toda su geometría.

5.9. Comparativo Tiempo de Ciclo Molde Convencional Vs TEMPUS

La siguiente tabla muestra el comparativo de los tiempos de ciclo de inyección de la pieza plástica, acorde a los resultados encontrados en el software *Moldflow* 2019.

Tabla 21

Tiempos de Ciclo de Inyección Molde Convencional Vs TEMPUS

| | Molde Convencional (Segundos) | Molde TEMPUS (Segundos) | Variación (%) |
|-----------------------------------|--|------------------------------------|--------------------------|
| Ciclo de Inyección Molde Hombrera | 43,41 | 12,27 | -71,73% |
| Ciclo de Inyección Molde Tapa | 30,00 | 9,62 | -67,93% |

Nota: Elaboración propia, Colombia, año 2021

El tiempo de ciclo de inyección del molde Hombrera TEMPUS es **71,73%** más rápido, comparado con el molde Convencional y el tiempo de ciclo de inyección del molde Tapa TEMPUS es **67,93%** más rápido que el molde Convencional de la tapa.

5.10. Comparativo Tiempos de Fabricación de Pieza Plástica en Molde Convencional Vs

TEMPUS

A continuación, se describen los tiempos necesarios para la fabricación de las piezas plásticas acorde a cada tipo de molde.

Tabla 22

Tiempo de Fabricación de Pieza Plástica en Molde Convencional Vs TEMPUS

| | Molde Convencional (días Calendario) | Molde TEMPUS (días Calendario) | Variación (%) |
|------------------------------------|--|--|-------------------------|
| Tiempo de Fabricación de Hombreira | 31 | 0,021 | -99,93% |
| Tiempo de Fabricación de Tapa | 22 | 0,017 | -99,92% |

Nota: Elaboración propia, Colombia, año 2021

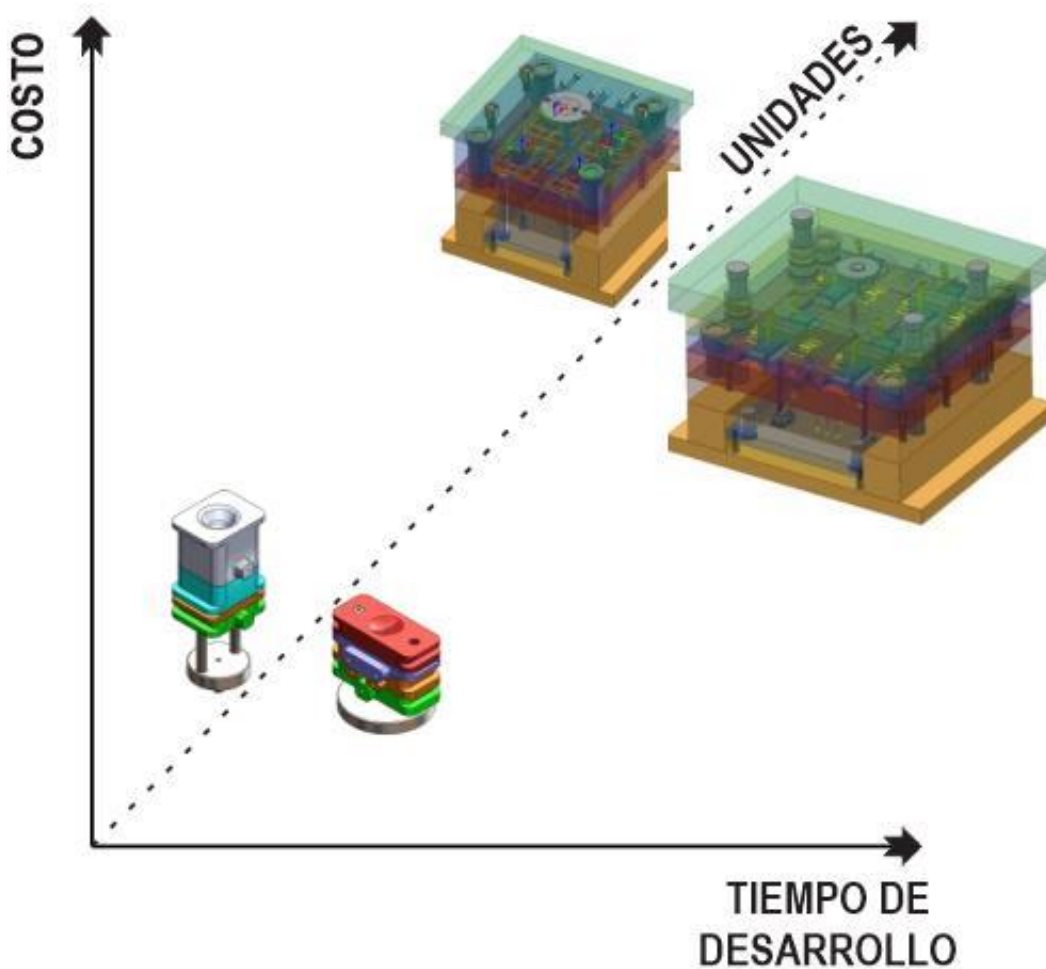
El tiempo de fabricación de las piezas plásticas para el caso de Hombreira TEMPUS es **99,93%** más rápido, comparado con el molde Convencional y El tiempo de fabricación de las piezas plásticas para el caso de Tapa TEMPUS es **99,92%** más rápido que el molde Convencional de la tapa.

6. Conclusiones

TEMPUS es una alternativa al método de inyección de plásticos con molde convencional, que permite reducir considerablemente los tiempos de desarrollo de molde, gracias a la simplificación de su proceso de fabricación por medio de la manufactura aditiva de resina fotocurable

Figura 164

Tiempos y Costos Tempus vs Moldes Convencionales

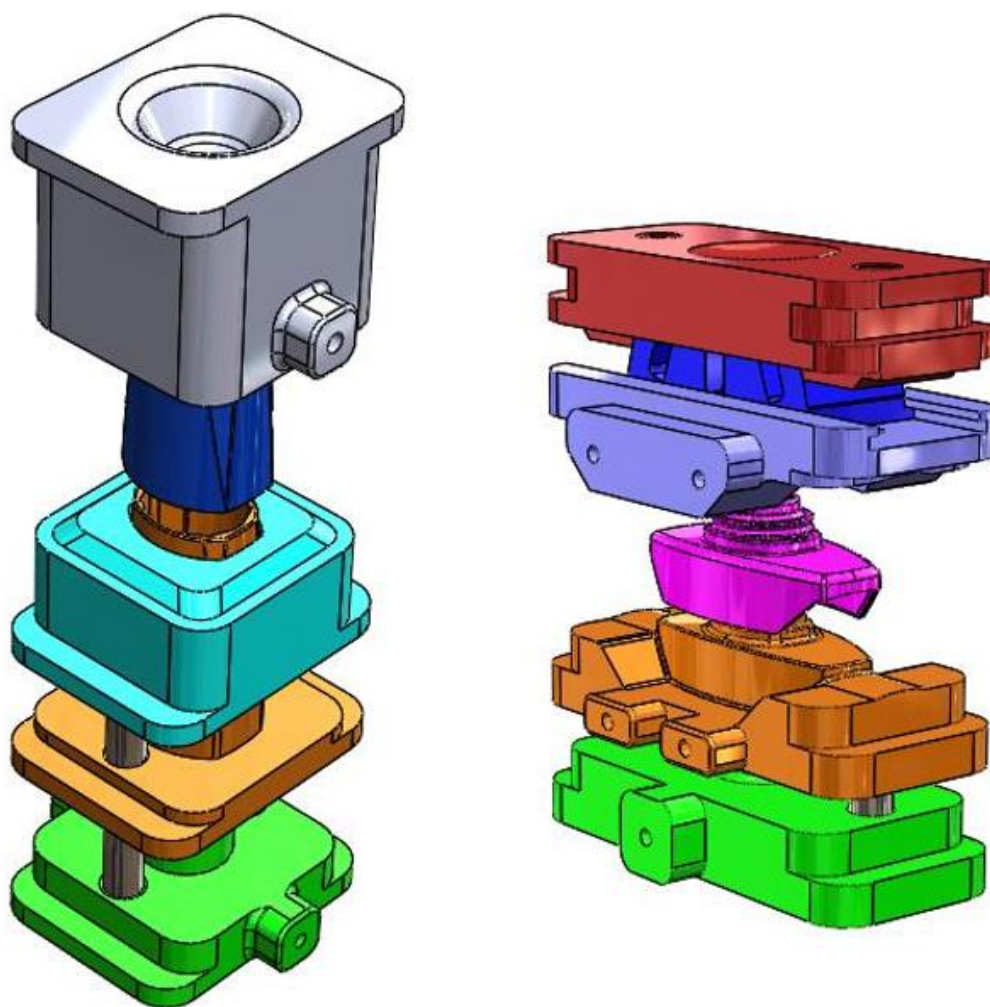


Nota: Elaboración propia, Colombia, año 2021

TEMPUS es un molde de inyección de plásticos, fabricado por impresión 3D en resina fotocurable, que puede brindar la misma calidad de pieza que las obtenidas en un proceso de inyección con moldes convencionales.

Figura 165

TEMPUS – Moldes de inyección impresos en Resina Fotocurable

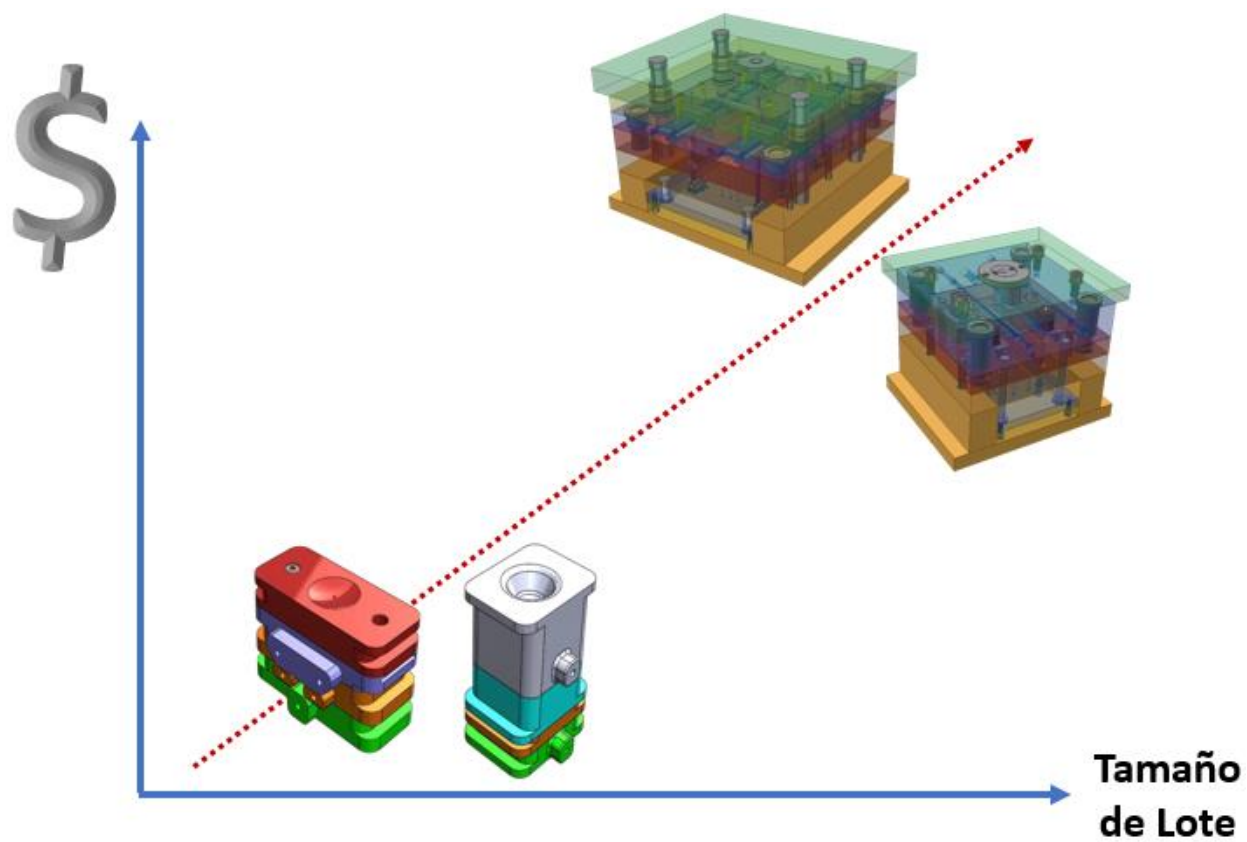


Nota: Elaboración propia, Colombia, año 2021

TEMPUS brinda la oportunidad de abrir nuevos mercados, al ofrecer cortos tirajes de producción que hacen asequible su inversión, por parte de la pequeña industria colombiana.

Figura 166

Costo y Tamaño de Lote en Tempus Vs Moldes Convencionales



Nota: Elaboración propia, Colombia, año 2021

TEMPUS promueve la innovación y la creatividad del gremio de Diseñadores de producto, debido a que permite fabricar las cantidades de piezas plásticas acorde a las necesidades específicas, sin recurrir a la elevada inversión en tiempos y costos necesarios para moldes convencionales de inyección y tirajes elevados de producción.

Figura 167

Diseño y Materialización de Producto

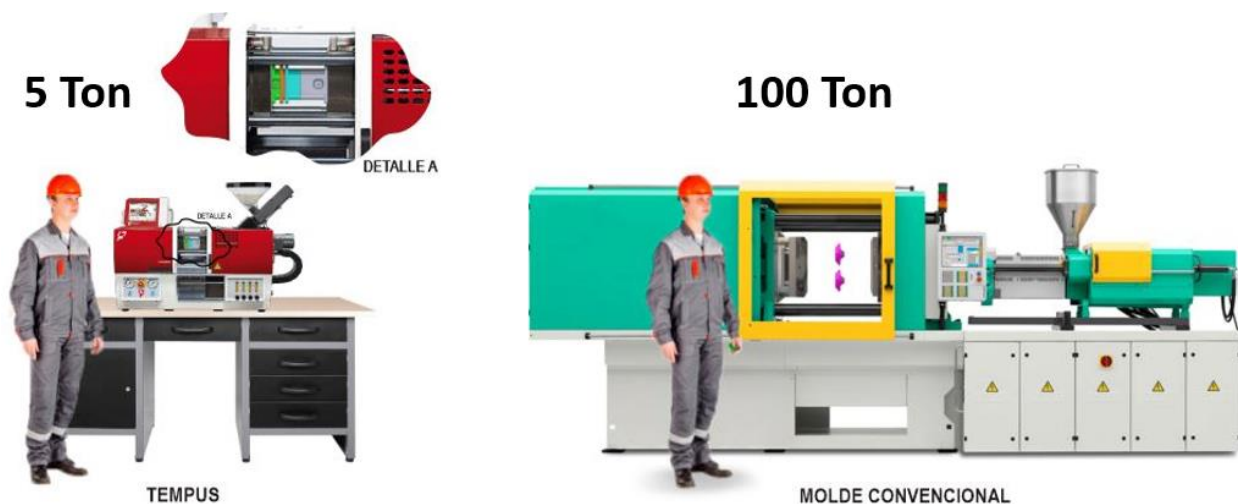


Nota: Elaboración propia, Colombia, año 2021

TEMPUS demanda bajos recursos de máquina para su operación, permitiendo que empresas que tengan máquinas pequeñas de inyección, puedan fabricar tirajes cortos de piezas plásticas a bajo costo y de manera rápida. Para el caso de TEMPUS es posible realizar la inyección en una maquina inyectora de escritorio como ejemplo se expone una inyectora Babyplast de 5 Toneladas de presión de cierre e incluso en la industria empresas de clase mundial en la industria de la inyección se encuentra la inyectora XXS de DRBOY con 6.93 Toneladas de presión de cierre Vs una inyectora expuesta en el ejemplo Arburg de 100 Toneladas o incluso una de la misma marca Dr Boy 35E de 38.5Toneladas.

Figura 168

Máquinas Inyectoras

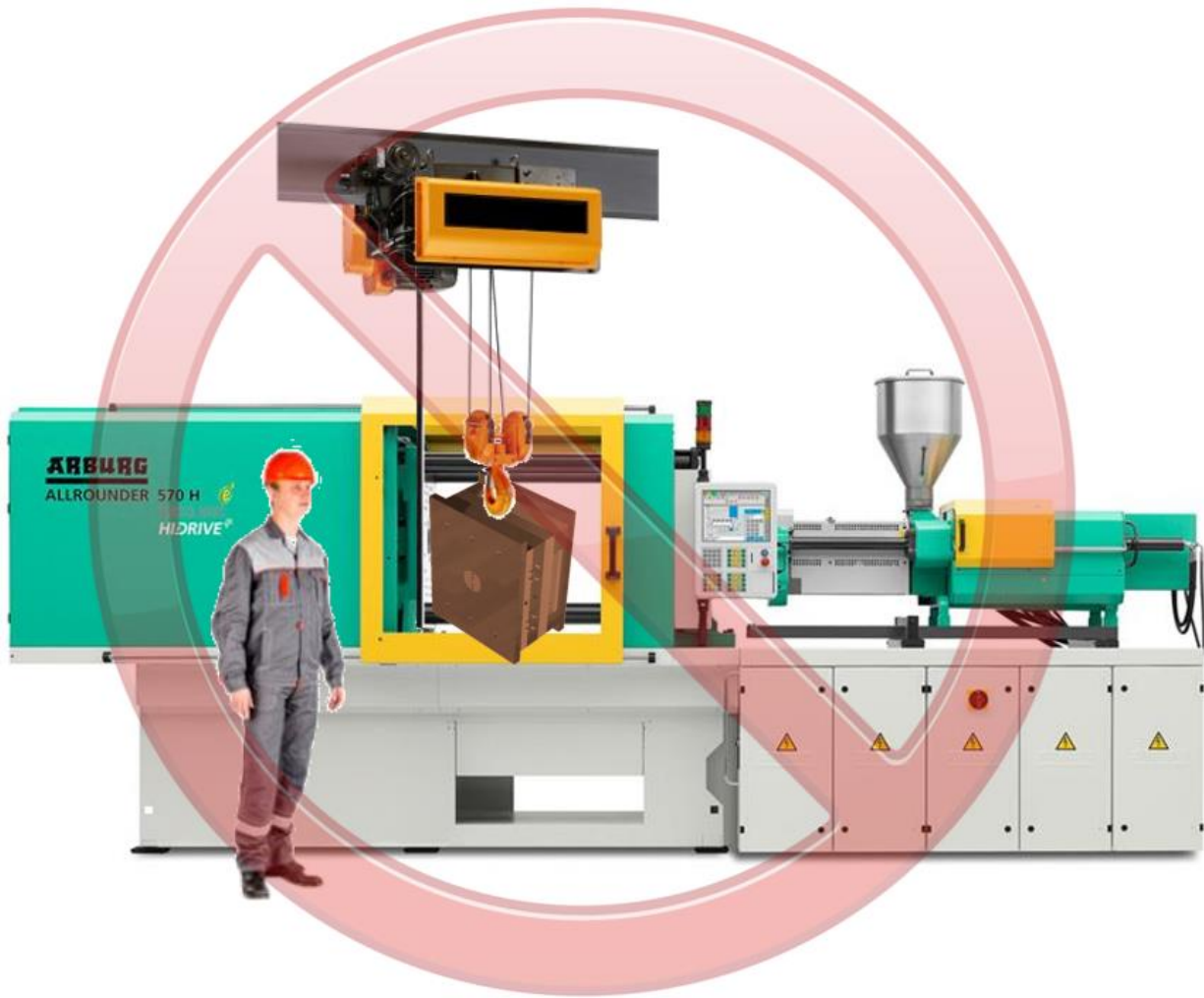


Nota: Elaboración propia, Colombia, año 2021

TEMPUS son moldes livianos que no requieren sistemas mecánicos de sujeción para su instalación en las máquinas de inyección, facilitando su transporte y manipulación

Figura 169

Montaje de Moldes Convencionales

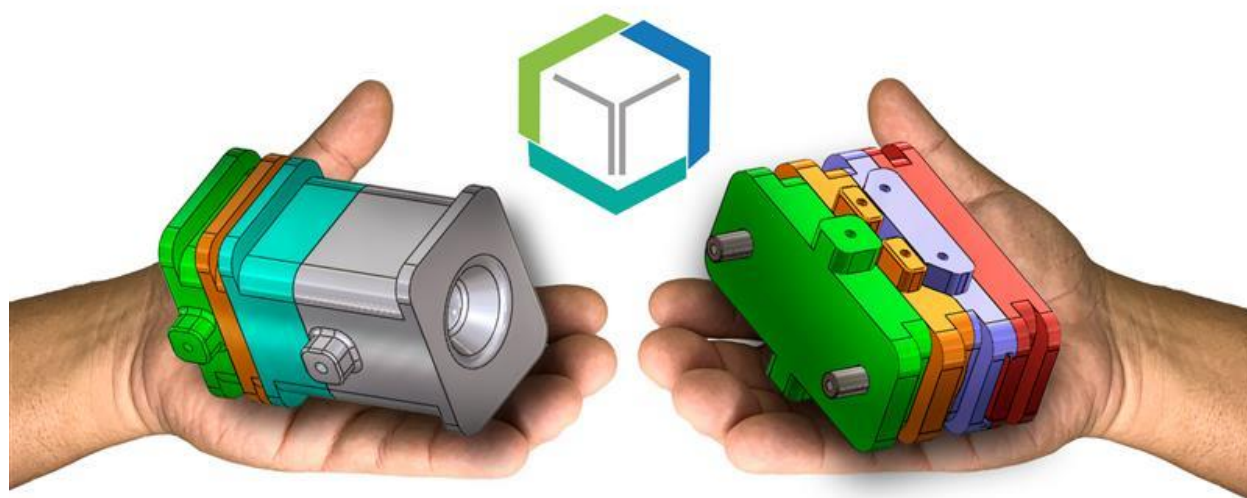


Nota: Elaboración propia, Colombia, año 2021

TEMPUS son moldes pequeños, fáciles de llevar e instalar en máquina, listos para iniciar producción.

Figura 170

TEMPUS en tus manos

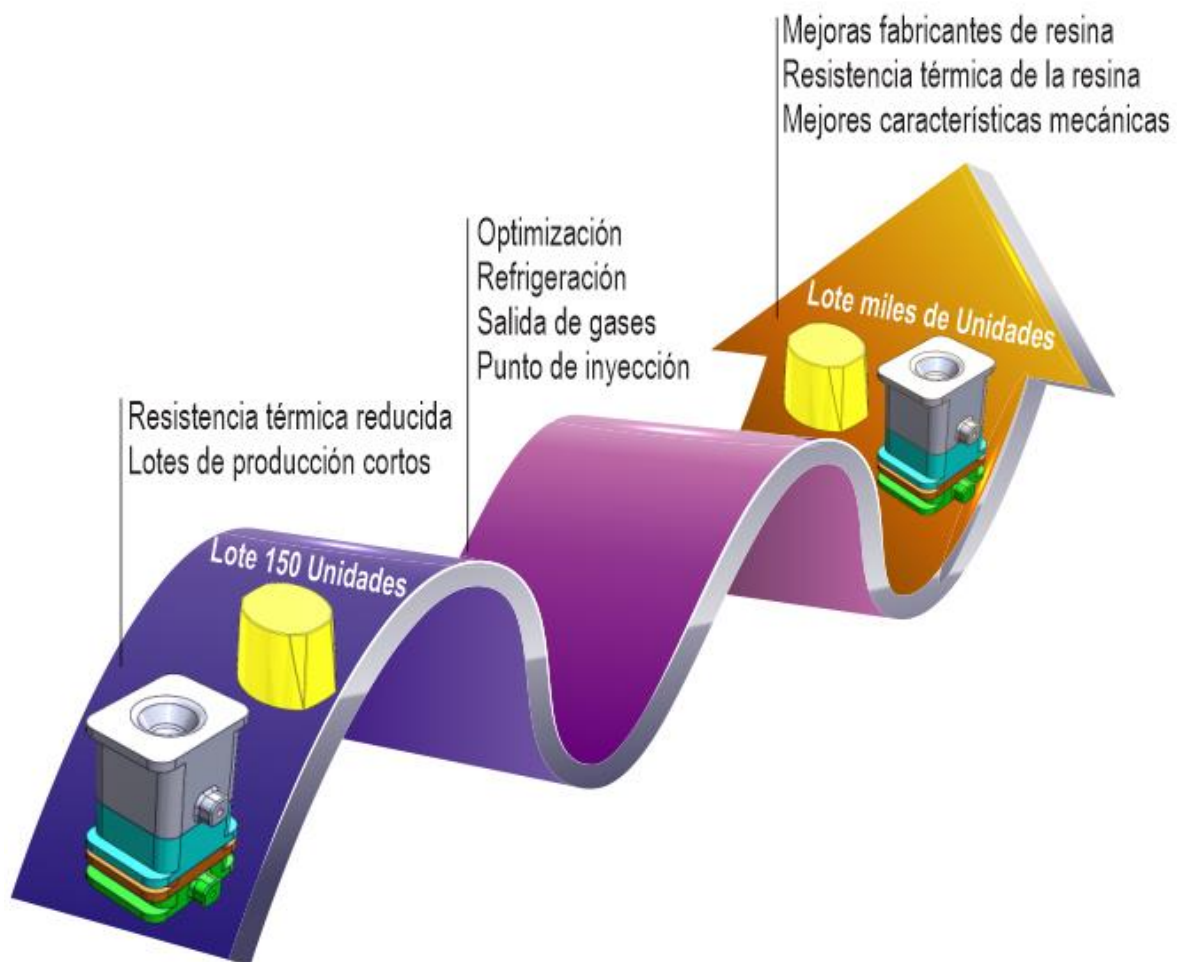


Nota: Elaboración propia, Colombia, año 2021

TEMPUS tienen una durabilidad corta, debido a la resistencia de la resina fotocurable a la fecha desarrollada para soportar altas temperaturas, con seguridad en un futuro no lejano, la manufactura aditiva permita prolongar su vida útil.

Figura 171

Durabilidad Resina Fotocurable



Nota: Elaboración propia, Colombia, año 2021

TEMPUS permite fabricar gran variedad de piezas plásticas para diferentes aplicaciones, sin embargo, gracias al Brief Técnico propuesto, se puede definir con antelación las limitantes de piezas particulares y su viabilidad para fabricar.

Figura 172

Vista Brief Técnico - TEMPUS

TEMPUS

Nombre de Proyecto: _____ Fecha: _____

Diagrama de Estructura: *Visualice los modelos 3D de las piezas para visualizar los detalles de su diseño.*

Dimensiones generales de la Pieza

Longitud (mm) _____
 Ancho (mm) _____
 Espesor (mm) _____
 Perforaciones (mm) _____

Usos generales de la pieza (Indicados por el fabricante)

Decorativa
 Funcional
 Estructural
 Resistencia
 Resistencia a la corrosión
 Resistencia a la temperatura
 Resistencia al impacto

Requisitos funcionales de la Pieza

Resistencia
 Rigidez
 Resistencia a la tracción
 Resistencia a la flexión
 Resistencia a la torsión
 Resistencia al impacto

Material de la Pieza

Acabado superficial: Liso
 Acabado superficial: Texturizado
 Acabado superficial: Mate
 Acabado superficial: Con textura personalizada

Acabados post-procesamiento de la Pieza

Impresión por Fotografía
 Impresión por Serigrafía
 Impresión UV
 Impresión Laser
 Metalizado
 Impresión CNC
 Anodizado
 Tinteado

Material utilizado

Polipropileno
 Polietileno
 ABS
 PMMA
 PET
 PETG
 PVC
 HDPE

Factibilidad de producir la pieza en Colombia

Factibilidad de producir la pieza en Colombia: SI NO

Nota: Elaboración propia, Colombia, año 2021

7. Referencias

- Angulo, C. (2019). *El boceto para pensar, conversar y convencer en diseño industrial: una evolución comprendida desde cuatro dimensiones de estudio*. Tesis doctoral en Diseño y Creación, Universidad de Caldas, Manizales.
- Beltrán Rico, M., & Marcilla Gomis, A. (2012). *Tecnología de polímeros. Procesado y propiedades*. Alicante - España: Tecnología de polímeros. Procesado y propiedades.
- Buchanan, R. (2001). Design Research and the New Learning. *Design Issues*, 17(4), 3-23.
- Camprubí Graell, A. (2007). *Electro-erosión: fundamentos de la física y la técnica*. Barcelona - España: Marcombo S.A.
- Dirven , B. B., Pérez, R., Cáceres, R. J., Tito, A. T., Gómez , R. K., & Ticona, A. (2018). *El desarrollo rural establecido en las áreas Vulnerables*. Lima: Colección Racso.
- Engineers, S. o. (2004). *User's Guide to Rapid Prototyping*.
- ESENTTIA. (2017). Materiales de alto desempeño, para una industria más exigente. *El diario ESENTTIA*, 7-8.
- ESENTTIA. (2018). documento maestro de sostenibilidad 2018. *Esenttia sostenible*, 30-31.
- Gastrow, D.-I. H. (1990). *Moldes de Inyección para Plásticos en 100 casos practicos*. HANSER.
- Groover, M. P. (1997). *Fundamentos de Manufctura Moderna - Materiales, Procesos y Sistemas*. Mexico: Pearson Educación.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2004). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Kirberg, A. S. (2005). *Desarrollo de nuevos productos*. McGraw-Hill Interamericana.
- Krippendorff, K. (2007). Design research, an oxymoron? *Design Research Now*, 67-80.


- Mahecha Rodríguez, S. (2019). *La Fabricación Aditiva y su Relación con el Pensamiento Espacial y Pensamiento Técnico para el Desarrollo de Producto*. Bogotá, Colombia: Universidad Jorge Tadeo Lozano.
- Millán Gómez, S. (2012). *Fabricación por arranque de viruta*. Madrid - España: Ediciones Paraninfo S.A.
- Mulder, K. (2007). *Desarrollo sostenible para ingenieros*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Nemcansky, K., Vergelín, P., Sandre, C., Ceballos, J., Gogolino, M., Ariza, R., . . . Lis, M. (2017). *Manual básico FDM i3D*. Centro de Diseño Industrial de INTI, Buenos Aires.
- Osorio, C. A. (2002). Enfoques sobre la tecnología. (I. C. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, Ed.) *TS+ I: Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación*(2), 7.
- Papanek, V. (2014). *Diseñar para el mundo real. Ecología humana y cambio social*. Barcelona - España: El Tinter, SAL.
- plasticker the home of plastics*. (2021). Obtenido de <https://plasticker.de/>
- Quintanilla, M. A. (1998). *Teorema: Revista internacional de filosofía*.
- Resano, R. P. (2013). *Design thinking. Tendencias en la teoría y la metodología del diseño*. Barcelona: Eureka Media, SL.
- Rosato, M. (2000). *Injection Molding Handbook (3rd Edition)*. Kluwer Academic Publishers.
- Séris, J. P. (1994). *La technique*. P.U.F.
- Serna C., L., Rodríguez de S., A., & Albán A., F. (04 de 06 de 2003). Ácido Poliláctico (PLA): Propiedades y Aplicaciones. *INGENIERÍA Y COMPETITIVIDAD*, 5(1), 16-26. Obtenido de <https://doi.org/10.25100/iyv.v5i1.2301>

- Serrano Ortega, M., & Blázquez Ceballos, P. (2015). Design thinking: Lidera el presente. Crea el futuro. En M. Serrano Ortega, & P. Blázquez Ceballos, *Design thinking: Lidera el presente. Crea el futuro* (pág. 19). Madrid - España: ESIC Editorial.
- Shoemaker, J. (2006). *Moldflow Design Guide A Resources for Plastics Engineers*. HANSER.
- Simondon, G. (2007). *El modo de existencia de los objetos técnicos*. Buenos Aires - Argentina: Prometeo.
- Torreblanca Díaz, D. (2016). Tecnologías de Fabricación Digital Aditiva, ventajas para la construcción de modelos, prototipos y series cortas en el proceso de diseño de productos. *Iconofacto- Revista de la Escuela de Arquitectura y Diseño*, 118-143.
- Tovar, G. L. (1986). *El asentamiento y la segregación de los Blancos y Mestizos*. Bogotá: Cengage.
- Velásquez Costa, J. A. (2019). Procesos de Manufactura con tecnología 3D. *CTSafe para Ciudadanos*, 41.
- www.stratasys.com*. (2020). Obtenido de <https://www.stratasys.com/>

8. Anexos

Anexo 1

Brief Técnico de Diseño

|  | | |
|---|--|--------|
| Nombre de Proyecto | Fecha | Numero |
| Imágenes de Referencia: <i>incluya las imágenes necesarias para comunicar los detalles de la pieza.</i> | | |
| | | |
| Dimensiones generales de la Pieza Largo (mm) _____ Alto (mm) _____ Fondo (mm) _____ Peso aproximado (gr) _____ | Estética de la Pieza Acabado superficial Liso <input type="checkbox"/> Acabado superficial Brillante <input type="checkbox"/> Acabado superficial Mate <input type="checkbox"/> Acabado superficial arenado <input type="checkbox"/> Acabado superficial con textura personalizada <input type="checkbox"/> | |
| Uso principal de la pieza (Seleccione los que apliquen) Decorativo <input type="checkbox"/> Funcional <input type="checkbox"/> Seguridad <input type="checkbox"/> Envase o Empaque <input type="checkbox"/> Cual es la funcion principal de la Pieza? Ej. Cuchara para uso en niños _____ _____ _____ | Acabados posteriores de la Pieza Impresion por Flexografia <input type="checkbox"/> Impresion por Tampografia <input type="checkbox"/> Impresion Off-set <input type="checkbox"/> Impresion Laser <input type="checkbox"/> Metalizado <input type="checkbox"/> Impresion CNC - Routing <input type="checkbox"/> Troquelado <input type="checkbox"/> | |
| Requerimientos funcionales de la Pieza Hermeticidad <input type="checkbox"/> Traccion <input type="checkbox"/> Compresion <input type="checkbox"/> Resistencia Quimica <input type="checkbox"/> Resistencia a la Luz <input type="checkbox"/> Resistencia a la Temperatura <input type="checkbox"/> Resistencia al Impacto <input type="checkbox"/> | Material solicitado Polipropileno <input type="checkbox"/> Polietileno <input type="checkbox"/> ABS <input type="checkbox"/> SAN <input type="checkbox"/> PET <input type="checkbox"/> PETG <input type="checkbox"/> PVC <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/> <i>En caso de seleccionar "Otro", indicar el material, referencia o proveedor,</i> _____ _____ | |
| Tamaño de Lote Cantidad de Unidades totales _____ Entrega Mensual _____ Entrega Semanal _____ | Factibilidad de realizar la pieza en TEMPUS SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> <i>En caso de seleccionar "NO", indicar el motivo.</i> _____ | |



2021

