



Escola Politècnica Superior
d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

PROYECTO FIN DE CARRERA

TÍTULO: ECODISEÑO DE UN TERMOPLÁSTICO

AUTORES: FRANCISCO J. PENA PINEDA / EVA M^a HERNÁNDEZ ALONSO

TITULACIÓN: E. T. I. MECÁNICA

DIRECTOR: JOAN JOSEP ALIAU PONS

DEPARTAMENTO: 717 EXPRESIÓN GRÁFICA

FECHA: 29/01/2008

TÍTULO: ECODISEÑO DE UN TERMOPLÁSTICO

APELLIDOS: HERNÁNDEZ ALONSO

NOMBRE: EVA M^a

TITULACIÓN: INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL

ESPECIALIDAD: MECÁNICA

PLAN: 95

DIRECTOR: JOAN JOSEP ALIAU PONS

DEPARTAMENTO: 717 EXPRESIÓN GRÁFICA

CALIFICACIÓN DEL PFC

TRIBUNAL

PRESIDENTE

SECRETARIO

VOCAL

FECHA DE LECTURA:

TÍTULO: ECODISEÑO DE UN TERMOPLÁSTICO

APELLIDOS: PENA PINEDA

NOMBRE: FRANCISCO J.

TITULACIÓN: INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL

ESPECIALIDAD: MECÁNICA

PLAN: 95

DIRECTOR: JOAN JOSEP ALIAU PONS

DEPARTAMENTO: 717 EXPRESIÓN GRÁFICA

CALIFICACIÓN DEL PFC

TRIBUNAL

PRESIDENTE

SECRETARIO

VOCAL

FECHA DE LECTURA:

Este Proyecto tiene en cuenta aspectos medioambientales: Sí No

PROYECTO FIN DE CARRERA

RESUMEN (máximo 50 líneas)

El objeto de este proyecto se basa en todo el desarrollo de una pieza, desde el diseño hasta la forma de fabricarla, para ello se le deberá aplicar criterios medioambientales para que al final, se pueda llegar a un producto ecológicamente correcto.

Para este cometido, se estudiarán todos los requisitos de dicha pieza, tanto los requisitos funcionales, como los ambientales y los referidos a su fabricación, para que una vez que el producto sea lanzado al mercado, adquiera una clara diferenciación en relación a sus competidores y así, obtenga un valor añadido como producto.

Palabras clave (máximo 10):

Ecodiseño	Diseño	Ecología	Plástico
Co-inyección	Ergonomía	Pieza	Molde
Inyección	Diferenciación		

1 Memoria.

1.1	Objetivo del proyecto	1
1.2	Introducción al proyecto	2
1.2.1	Datos del cliente.	2
1.2.2	Datos de la pieza a diseñar.	2
1.2.3	Datos del pedido.....	3
1.3	Evolución en el diseño	5
1.3.1	Primera etapa en la evolución del diseño.	5
1.3.2	Segunda etapa en la evolución del diseño.....	7
1.3.3	Tercera etapa en la evolución del diseño.....	8
1.4	Los materiales plásticos	16
1.4.1	Procesos de polimeración.....	16
1.4.1.1	<i>Polimeración por adición</i>	16
1.4.1.2	<i>Polimeración por condensación</i>	17
1.4.1.3	<i>Polimeración combinada</i>	17
1.4.2	Características estructurales y propiedades de los polímeros.	17
1.4.2.1	<i>Peso molecular</i>	17
1.4.2.2	<i>Distribución de pesos moleculares</i>	17
1.4.2.3	<i>Moléculas lineales y ramificadas</i>	18
1.4.2.4	<i>Moléculas con enlaces transversales</i>	18
1.4.2.5	<i>Polímeros cristalinos y amorfos</i>	18
1.4.2.6	<i>Copolimeración</i>	18
1.4.2.7	<i>Polímeros de esqueleto no carbonado</i>	19
1.4.3	Tipos de plástico.....	19
1.4.4	Propiedades de los plásticos utilizados en el diseño.....	20
1.4.4.1	<i>Densidad</i>	20
1.4.4.2	<i>Absorción y transmisión de agua</i>	21
1.4.4.3	<i>Propiedades térmicas</i>	21
1.4.4.4	<i>Propiedades mecánicas</i>	21
1.4.5	Fabricación de plásticos.....	22
1.4.5.1	<i>Extrusión</i>	22
1.4.5.2	<i>Moldeo por inyección</i>	22
1.4.5.3	<i>Moldeo por soplado</i>	23
1.4.5.4	<i>Procesos de conformado</i>	23
1.5	Introducción al ecodiseño	24
1.5.1	¿Qué es el ecodiseño?.....	24

1.5.2	Ventajas del ecodiseño.....	25
1.5.3	Normativa en el ecodiseño.....	26
1.5.4	Metodología del ecodiseño.....	26
1.5.4.1	<i>Análisis de los requisitos ambientales.....</i>	26
1.5.4.2	<i>Análisis ambiental.....</i>	28
1.5.4.3	<i>Análisis y elección de las estrategias a considerar.....</i>	30
1.5.4.4	<i>Comunicación del comportamiento ambiental del producto.....</i>	33
1.5.4.5	<i>Análisis del proceso de ecodiseño y planificación de nuevas acciones.....</i>	34
1.5.5	Resolución de la metodología del ecodiseño aplicada a la pieza a diseñar.....	34
1.5.5.1	<i>Análisis de los requisitos ambientales de la pieza a diseñar.....</i>	35
1.5.5.2	<i>Análisis ambiental.....</i>	35
1.5.5.3	<i>Análisis y elección de las estrategias a considerar.....</i>	37
1.6	Tecnología asistente al ecodiseño.....	39
1.6.1	Aspectos del proceso de inyección.....	39
1.6.2	¿Que es la inyección multicomponente?.....	39
1.6.3	Métodos de inyección multicomponente.....	40
1.6.4	Descripción técnica de la co-inyección.....	43
1.6.4.1	<i>Técnicas de co-inyección.....</i>	44
1.6.5	Aplicaciones.....	49
1.6.6	Tendencias.....	52
1.6.7	Conclusiones.....	53
1.7	Introducción al molde.....	56
1.7.1	Clasificación de moldes de inyección.....	57
1.7.2	Sistema de llenado de la cavidad.....	58
1.7.3	Control de temperatura en los moldes de inyección.....	64
1.7.4	Tipos de expulsores y desmoldeos.....	65
1.7.5	Tipos de contrasalidas.....	66
1.7.6	Construcciones especiales.....	67
1.7.7	Elementos normalizados en la construcción de moldes.....	67
1.7.8	Selección de los materiales.....	68
1.7.8.1	<i>Aspectos generales.....</i>	68
1.7.8.2	<i>Aceros para moldes.....</i>	69

1.7.9	Tratamientos superficiales.....	72
1.7.10	Materiales especiales.....	73
1.8	Técnicas en la fabricación del molde.....	75
1.8.1	Torneado.....	75
1.8.2	Fresadora.....	76
1.8.3	Taladrado.....	77
1.8.4	Cepillado y mortajado.....	78
1.8.5	Brochado.....	78
1.8.6	Esmerilado.....	78
1.8.7	Roscado.....	80
1.8.8	Erosión térmica por chispa eléctrica (Electroerosión).....	82
1.9	Fabricación del molde.....	83
1.9.1	Placa aislante.....	83
1.9.2	Disco centrador.....	83
1.9.3	Solera inyección o placa de fijación - inyección.....	84
1.9.4	Regles inyección.....	85
1.9.5	Placa inyección.....	85
1.9.6	Postizo inyección.....	86
1.9.7	Postizo expulsión.....	87
1.9.8	Placa expulsión.....	88
1.9.9	Placa intermedia.....	89
1.9.10	Regles expulsión.....	90
1.9.11	Placa soporte expulsor.....	90
1.9.12	Placa base expulsora.....	91
1.9.13	Solera de expulsión o placa fijación expulsión.....	91
2	Cálculos justificativos.....	93
2.1	Cálculo del peso de la pieza.....	93

2.2	Fuerza necesaria de cierre	93
2.3	Cálculo del tiempo de enfriamiento	95
2.4	Determinación del calor que debe disiparse de la pieza	98
2.5	Proyección del sistema de refrigeración del molde	99
2.6	Cálculo del peso teórico máximo de inyección	101
2.7	Comprobación de las columnas guía	102
2.8	Comprobación columnas de apoyo	102
2.9	Cálculo de la presión máxima en el husillo	103
2.10	Elección de la máquina de inyección	103
3	Pliego de condiciones	104
3.1	Reciclado del plástico	104
3.1.1	Valorización de los termoplásticos	105
3.1.1.1	<i>Reciclado mecánico</i>	105
3.1.1.2	<i>Reciclado químico</i>	106
3.1.1.3	<i>Valorización energética</i>	107
3.1.2	Ventajas e inconvenientes de los distintos tipos de valorización	109
3.1.2.1	<i>Reciclado mecánico</i>	109
3.1.2.2	<i>Reciclado químico</i>	110
3.1.2.3	<i>Recuperación de energía</i>	111
3.1.3	Sistemas actuales de recogida, transporte y separación de la valorización	112
3.1.4	Limitaciones y obligaciones de la valorización de plásticos según tipo de residuo. Legislación vigente	113
3.2	Seguridad en el trabajo con moldes	114
3.2.1	Seguridad del operario	114
3.2.2	Precauciones eléctricas	114
3.2.3	Molde	114
3.2.4	Máquinas de inyección	115
3.3	Fallos potenciales en el proceso de moldeo	115
3.3.1	Marcas de flujo	115

3.3.2	Puntos negros y quemados.....	115
3.3.3	Ráfagas por humedad.....	116
3.3.4	Mala textura superficial.....	117
3.3.5	Llenado incompleto de la pieza.....	118
3.3.6	Rebabas.....	119
3.3.7	Rechupes.....	120
3.3.8	Babeos y formación de hilos en la entrada.....	121
3.3.9	Fugas de material.....	121
3.3.10	Alabeos.....	122
3.4	Información general y recomendaciones.....	122
3.4.1	Cambios de color.....	122
3.4.2	Purga de la unidad de inyección.....	123
3.5	Particularidades del canal caliente.....	123
3.5.1	Comprobación de los termopares.....	123
3.5.2	Comprobación de las resistencias.....	124
3.6	Instalación del molde en máquina.....	124
3.6.1	Instalación del molde en máquina.....	124
3.6.2	Arranque.....	125
3.7	Atemperado previo de la poliamida PA66 GF30.....	125
4	Presupuesto.....	126
5	Anexos.....	130
6	Planos.....	131
7	Bibliografía.....	132

1 Memoria.

1.1 Objetivo del proyecto.

El objetivo de nuestro proyecto se basa en el diseño de una pieza encargada por un cliente. El cliente nos exige un diseño ecológico, que la pieza no pierda funciones ni ergonomía para que después de su evolución se pueda inyectar con materiales reciclados sin que esto pueda afectar al aspecto y funcionalidad.

Con todo esto, el cliente pretende mejorar la eficiencia de los procesos minimizando los residuos y emisiones, ahorrar costes a través de la optimización en el uso de materiales y energía, reducción del coste de disposición de residuos, mejorar la competitividad, satisfacer los requerimientos y expectativas de los clientes o usuarios y mejorar la imagen pública de la organización y del producto.

Para llegar a todos los objetivos mencionados, tanto los objetivos del cliente como los nuestros, introduciremos un nuevo concepto de diseño llamado ecodiseño. El ecodiseño ofrece una solución óptima para la empresa ante las nuevas exigencias ambientales, la mejora ambiental del producto desde su diseño y desarrollo, implica que hay que analizar todos los aspectos ambientales del producto, mejorando aquellos que sean significativos.

Hasta el momento, la actividad de los diseñadores estaba centrada en certificar la calidad de los productos, en el cumplimiento de las respectivas normas de calidad, seguridad y operatividad de los productos. Una estrategia de ecodiseño, sin embargo, exige la minimización del consumo energético en el proceso de producción y la utilización de material reciclado y biodegradable. De eso trata el ecodiseño, de que el impacto sea el mínimo en todo el ciclo de vida del producto, en su producción, transporte, uso y eliminación.

En conclusión, para hacer el diseño ecológico demandado por el cliente utilizaremos la herramienta del ecodiseño. Esta herramienta nos permitirá mejorar el comportamiento ambiental del producto sin que pierda calidad en relación a sus equivalentes en el mercado, dando un valor añadido al producto y economizando al máximo los gastos de material y energía.

1.2 Introducción al proyecto.

Este apartado es de vital importancia para la comprensión total del proyecto realizado, aquí intentaremos explicar de una manera clara la situación, ya sea real o ficticia, que nos ha motivado a realizar el proyecto y a la manera como lo hemos planteado, para llegar a los objetivos fijados.

En el presente apartado, trataremos de involucrarnos en una situación, en este caso ficticia, para poder explicar y entender todo el desarrollo del proyecto. Partiremos de la base que nosotros, los autores de este proyecto, somos una empresa que recibe el encargo o pedido de un cliente ficticio, que motivará todo el proyecto que a continuación se expone.

1.2.1 Datos del cliente.

El cliente es una multinacional con nombre “Muebles Industriales, S.A.”, y su principal función es la fabricación de mobiliario industrial. Se entiende que es una multinacional de gran prestigio, que factura millones de euros al año y que es puntero en su sector con una gran cuota de mercado.

Debido a la gran competencia en el sector y a las presiones tanto a nivel de legislación como de consumidores, pretende lanzar al mercado una nueva línea de diseño ecológico de muebles industriales. Estos muebles industriales pretenden ser innovadores, las maderas utilizadas serán de material reciclado de gran calidad y todos sus componentes estarán certificados como productos ecológicos para poder dar a los consumidores una gama amplia e interesante de productos verdes.

La motivación principal del cliente, no es más, que la de incorporar valor añadido a los productos que distribuye y comercializa, con este valor añadido pretende ganar más cuota de mercado mundial, dar ejemplo y concienciación ecológica, tan demandada en los tiempos que corren, e introducirse en los mercados verdes actualmente tan de moda, que en un futuro serán de vital importancia para que una organización pueda prosperar y ser puntera en su sector.

1.2.2 Datos de la pieza a diseñar.

La pieza que intentaremos diseñar según las indicaciones y exigencias del cliente será la maneta o tirador que servirá para la obertura de los cajones o armarios de la nueva colección ecológica de mobiliario industrial.

La pieza en principio no está expuesta a ningún requisito especial, el mobiliario está pensado para el ámbito industrial o de oficina, y las consideraciones a tener en cuenta en el diseño de la pieza son las normales propias de una pieza de sus mismas características, ya que no está expuesta a ninguna solicitud especial.

Los requisitos principales de la pieza diseñada serán:

- El tirador de la pieza debe de ser lo más ergonómico posible, para hacer el tacto de la pieza cómodo.
- La geometría diseñada deberá cumplir todas las exigencias que someten a la pieza durante su uso.
- El aspecto diseñado de la pieza deberá ser lo más actual posible, diseño moderno.

A todos estos requisitos se le sumará el aspecto ecológico, debido a que el cliente desea y exige que la pieza diseñada sea lo más ecológica posible, para poder certificar, una vez lanzados al mercado sus productos,

que su diseño y fabricación respeta criterios medioambientales.

1.2.3 Datos del pedido.

El cliente, una vez se pone en contacto con nosotros, nos hace llegar el pedido que es el siguiente:

- Diseño de la pieza, a todos los niveles, para la nueva colección de mobiliario ecológico.
- Desarrollo y proyección del molde para la fabricación de la pieza diseñada.
- Dimensionado de toda la maquinaria necesaria para la correcta fabricación de la pieza diseñada.
- Elección e implementación de la tecnología para la fabricación de la pieza diseñada.

A continuación, comentaremos cada punto del pedido del cliente para explicar en los puntos que se actuará y así facilitar, aun más si cabe, la completa comprensión de presente proyecto.

En cuanto al diseño de la pieza, como se ha comentado anteriormente, los puntos a tener en cuenta son:

- **Ergonomía:** La pieza deberá ser lo más ergonómica posible, para hacer el tacto de la pieza agradable y cómodo, es por esto que se actuará y se evolucionará, principalmente, la empuñadura de la pieza para poder satisfacer los requisitos ergonómicos que nos exige.
- **Diseño:** El diseño de la pieza se hará teniendo en cuenta todas las inclemencias que deberá soportar la pieza durante su uso, dado que la pieza, durante su utilización, no presenta solicitaciones de importancia, este punto no condicionará el diseño en ningún caso, el diseño se basará, principalmente, en criterios de funcionalidad y fabricación.
- **Aspecto:** El diseño de la geometría también estará condicionado por criterios estéticos, se intentará hacer un diseño moderno, de líneas sencillas, ni recargado ni ornamentado para que el aspecto visual sea agradable. Decir que este punto no es de vital importancia, ya que nuestro cliente no pretende llegar al consumidor por la estética, si no por criterios más bien ecológicos y funcionales.
- **Ecología:** En el diseño de la pieza se deberá contemplar criterios ambientales, se intentará conseguir una reducción del consumo de recursos naturales, se buscará una mejora de la durabilidad del producto, así como aumentar su reciclado para poder hacerlo más fácil. Este punto es de vital importancia, debido a que nuestro cliente quiere una clara diferenciación ecológica de sus productos.

En cuanto al desarrollo y proyección del molde para la fabricación de la pieza, los puntos a tener en cuenta son:

- El molde deberá cumplir todas las exigencias de calidad, seguridad y funcionalidad. La ingeniería o construcción aplicada deberá de ser la más correcta, el molde estará provisto de todos los mecanismos de seguridad tanto en la manipulación como en la utilización del mismo y los materiales para la fabricación del molde deberán de ser los más adecuados y los más rentables para conseguir una rentabilidad y calidad de fabricación máxima.
- El molde, además de su rentabilidad, deberá aprovechar al máximo todos los recursos como pueden ser electricidad, materia prima, agua, etc. Esta premisa será importante a tener en cuenta, ya que la

finalidad principal, como anteriormente se ha comentado, es la fabricación ambientalmente correcta de la pieza a diseñar.

- También, el molde, deberá ser pensado y concebido para que pueda ser utilizado tanto en los procesos de moldeo ordinarios como en los procesos menos ordinarios, para poder abarcar un gran número de posibilidades tecnológicas y poder potenciar al máximo la producción.

En cuanto al dimensionado de la maquinaria a utilizar en el proceso de producción, los puntos a tener en cuenta son:

- El cliente pretende innovar el sistema productivo de la pieza a diseñar y es por esta razón que delega toda esta elección en nosotros, sin importar el coste final del proyecto, ya que la adquisición de maquinaria nueva implica una gran inversión.
- Otra de las razones que justifican el dimensionado de la maquinaria sería la forzosa adquisición de maquinaria nueva por parte de nuestro cliente, ya que posee un parking de máquinas bastante anticuado y desea actualizarlo.
- Se entiende de los dos puntos anteriores que la inversión, para el cliente, no es problema, desean que el desarrollo global del proyecto, en cierto modo, se haga a medida para el tipo de molde y pieza, ya que tienen intención de producir muchas series de piezas y la amortización está asegurada.

Por último, en cuanto a la elección e implementación de la tecnología para la fabricación de la pieza, los puntos a tener en cuenta son:

- El cliente desea que tanto el diseño como la fabricación de la pieza sea ecológico, es por ésto que demanda un desarrollo tecnológico alternativo al convencional para poder certificar como producto verde y así alcanzar los objetivos ecológicos que tiene establecidos.
- Otra justificación de la utilización de una tecnología alternativa, es el afán de innovación del cliente, éste pretende innovar a través de sistemas de producción alternativos, para poder diferenciarse de sus competidores y así añadir valor a sus productos para que sean claramente diferenciados en los mercados.

Una vez explicados todos los puntos anteriores, estamos en condiciones de entender todo el desarrollo que a continuación se expone e identificar si los objetivos preestablecidos se han logrado solventar o no.

1.3 Evolución en el diseño.

En el siguiente apartado, trataremos de explicar toda la evolución en el diseño de la pieza de forma cronológica. Intentaremos explicar cada etapa en el diseño de forma ordenada, para poder facilitar toda la comprensión del presente proyecto.

También comentar, que en este apartado, ubicaremos cada una de las herramientas utilizadas en el diseño tanto de la pieza como del molde, para poder ofrecer los datos obtenidos de una forma ordenada y poderlos justificar para la plena comprensión de los mismos.

1.3.1 Primera etapa en la evolución del diseño.

La primera etapa en la evolución del diseño empieza con las especificaciones, por parte del cliente, de las medidas funcionales a tener en cuenta en el diseño de la pieza. Las medidas funcionales son las que se refieren a distancia entre los alojamientos para los tornillos y el diámetro de alojamiento para dicho tornillo, ya que se deben respetar para que la pieza una vez acabada, pueda fijarse al cajón o puerta respetando las medidas deseadas por el cliente. Las medidas funcionales son:

Distancia entre alojamientos	96 mm (medida teóricamente exacta)
Diámetro de los alojamientos	Ø 4.2 mm (para M4)

Tabla I Medidas funcionales iniciales.

Una vez conocidas las medidas funcionales, se comienza a diseñar la geometría de la pieza teniendo en cuenta el diseño moderno que desea el cliente, se intentará diseñar la pieza con cantos redondeados, de líneas simples sin ningún tipo de decoración y siempre teniendo en cuenta criterios ergonómicos exigidos por el cliente. Estos criterios ergonómicos se solventarán, estrategia adoptada como consecuencia del ecodiseño, actuando en la empuñadura de la pieza, haciéndola maciza en lugar de nervios como en otros modelos de la misma tipología de piezas. Después de todo lo comentado, se llega a una preforma de pieza que más abajo se expone, y es a partir de ésta, que se empieza a trabajar sobre la forma final de la pieza a fabricar.

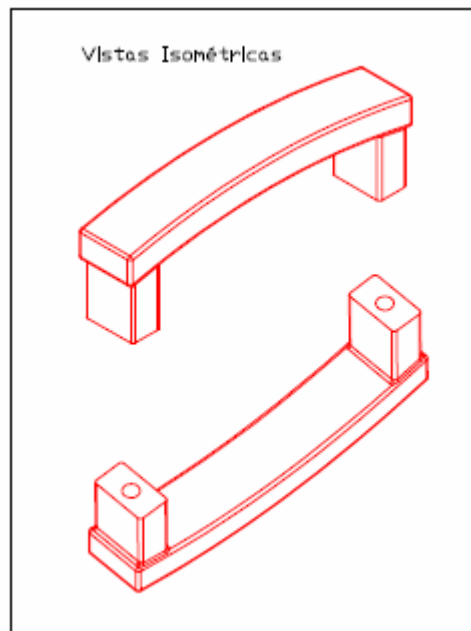


Figura II Primera preforma de la pieza.

Después de un análisis exhaustivo de la primera preforma, se decide descartar ésta ya que no cumple con las expectativas ergonómicas preestablecidas, todo y que el diseño estético nos parece bastante aceptable. Se decide actuar sobre la empuñadura para evolucionarla y conseguir una empuñadura mucho más cómoda al tacto.

Una vez se decide actuar sobre la empuñadura para evolucionarla, la cual constará de pasar de la forma cuadrada de la empuñadura a una forma más redondeada e incluso elíptica, se llega a otra preforma de pieza que se expone a continuación.

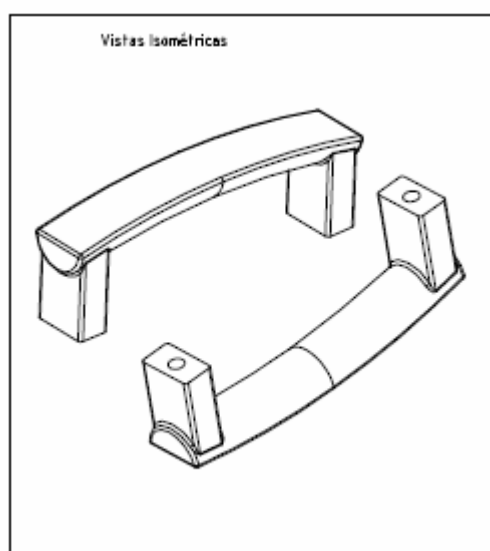


Figura III Segunda preforma de la pieza.

Después del análisis exhaustivo de la segunda preforma, se decide que la empuñadura es lo suficiente ergonómica y se da por válida dicha forma para empezar a proyectar el molde para la fabricación de la pieza.

En esta primera etapa también se aplica la herramienta de trabajo ecodiseño que en secciones posteriores se explicará con más detenimiento. El ecodiseño se realiza debido a que el cliente, como hemos comentado anteriormente, desea que su producto final sea lo más ecológico posible, desde la concepción del diseño de la pieza hasta su sistema de producción, ya que quiere lograr que sus productos tengan una clara diferenciación ecológica frente a la competencia. Es por esta razón que la utilización del ecodiseño se hace primordial, el ecodiseño, como veremos en capítulos posteriores, es una herramienta de diseño que incorpora criterios ambientales en la fase de concepción de un producto, la variable ambiental se considera como un requerimiento más del producto que se suma al resto de las convencionales.

En el ecodiseño, después del análisis de los requerimientos ambientales de la pieza, y junto con las motivaciones, por parte del cliente, para aplicar dicha herramienta a su producto, es donde llegamos a una serie de premisas clave para el diseño y fabricación ambiental de la pieza, éstas son:

- Se decide fabricar la pieza con material reciclado, para reducir al máximo el consumo de recursos y los impactos derivados de dicho consumo.
- Se decide la utilización del sistema de inyección secuencial TWINSHOT para la fabricación de la pieza que se explicará en capítulos posteriores.
- Se decide utilizar como material para la fabricación de la pieza la PA66 GF30 ya que, como se explica en las estrategias de ecodiseño, es muy utilizada en el sector de la automoción y esto representa una fuente extensa de material reciclado.

Para acabar, comentar que es en esta primera etapa en la que decidimos el sistema de fijación de la maneta, una vez fabricada, a la madera. Este sistema estaría basado en el tipo de tornillo utilizado para la fijación de ésta, el tornillo a utilizar sería un autoroscante especial para plásticos llamado PLASTITE, que se atornillan directamente al plástico sin necesidad de roscado previo en la pieza a fijar.

1.3.2 Segunda etapa en la evolución del diseño.

Teniendo la preforma diseñada como anteriormente se ha expuesto, en esta segunda etapa se continuará con la proyección del molde para la fabricación de la pieza. Se comienza a proyectar el molde mediante la herramienta CAD correspondiente, apuntar que, en el diseño de la figura de la pieza, no se tiene en cuenta la contracción del material, ya que se deja al criterio del moldista, que se encargará de la construcción del molde mencionado.

Se empieza a proyectar a partir de un portamoldes nº 5 según catálogo VAP. En un primer diseño del molde, se decide utilizar cámara caliente para su inyección, para así poder aprovechar al máximo la materia prima utilizada en la fabricación de la pieza, donde la figura de la pieza en el molde nos quedaría fijada en su totalidad en la parte de expulsión.

Para el sistema de expulsión de la pieza, se piensa en expulsores tubulares. Estos expulsores tubulares contienen en su interior, otro expulsor convencional que es el encargado de dar forma al alojamiento interior por donde se introducirá el tornillo especial PLASTITE para la fijación de la pieza a la madera. En un primer momento se piensa en la expulsión de la pieza por la zona de anclaje a la madera.

Para resolver la problemática de la ubicación del punto de inyección, en un primer momento se decide inyectar la pieza por la zona lateral superior, para ocultar la marca ocasionada por el punto de inyección, se decide habilitar un alojamiento en la pieza para, una vez terminada y fabricada, introducir una tapa que oculte el punto de inyección y que no esté a la vista.

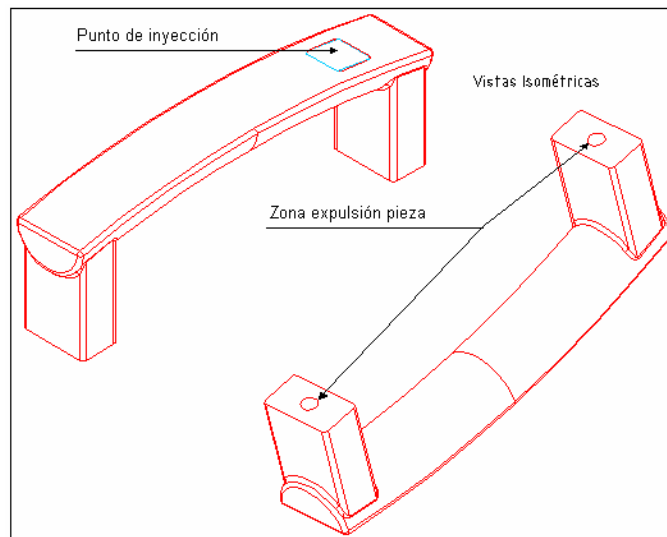


Figura IV Tercera preforma de la pieza.

1.3.3 Tercera etapa en la evolución del diseño.

Una vez llegado al diseño anteriormente comentado, utilizando la herramienta brainstorming se introduce otra herramienta de trabajo llamada AMFE (Análisis Modal de Fallos y Efectos). Esta herramienta es una técnica de carácter preventivo que se lleva a cabo durante el diseño y desarrollo de productos para que se puedan detectar y prevenir los posibles modos de fallo potenciales que pudieran surgir.

Con el AMFE, intentaremos anticiparnos a los posibles fallos en nuestra configuración de molde derivados de la mala proyección del mismo y a la vez mejorar el diseño ya existente.

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E)										Código: 3287/AMFE					
X DISEÑO <input type="checkbox"/> PROCESO <input type="checkbox"/> MEDIOS										Edición:					
										Fecha: 16/01/2008					
Cliente: Muebles Industriales, S.A.			Denominación producto: Molde manetas 823/2354S			Preparado por: Foo José Pena / Eva Mª Hernández									
Planta: Planta ensamblaje			Referencia/s:			Revisado por: Joan Joseph Pons Allau									
Proveedores involucrados: Ninguno			Nivel de modificaciones cliente: Modificaciones a nivel productivo			Aprobado O.T.: Producción cliente									
Descripción de la fase	Modo/s potencial/es de fallo	Efecto/s potencial/es del fallo	Gravedad	Causa(s) potencial(es) del fallo(s)	Ocurrencia	Verificación(es) y/o control(es) actual(es)	Detección n	NPR	Acción(es) recomendada(s)	Área(s) / persona(s) responsable(s) y fecha de realización	Resultado de las acciones				
											Acciones realizadas	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR
Pieza	Acumulación de tensiones	Arqueado de pieza	10	Perdida de perpendicularidad. Agujeros sujeción con cajón	10	Ninguno	2	200	Cambio punto de inyección	Oficina Técnica	Invertir figura en molde	10	4	2	80
	No expulsa	Al abrir el molde, la pieza queda en parte de inyección	10	Totalidad de superficie de la pieza en inyección	10	Seguro del molde	1	100	La pieza se queda en la parte de expulsión	Oficina Técnica	Hacer negativos en expulsor de alojamiento tornillo	10	5	1	50
Refrigeración	Rechupado piezas	Refrigeración mal compensada	10	Mal enfriamiento de la pieza	9	Control visual de pieza en máquina	7	630	Optimizar refrigeración	Oficina Técnica	Cambio refrigeración. Forma de serpiente	10	4	7	280
	Manchado en molde y máquina	Las piezas se manchan	2	Aceite sale al montar y desmontar conexiones	9	Control visual	7	126	Optimizar conectores	Oficina Técnica	Sustitución por enchufes rápidos	2	3	7	42
	Mal función de junta tórica	Fuga líquido refrigerante	7	Mal posicionamiento de la junta tórica	8	Ninguno	8	448	Sustitución de juntas tóricas	Oficina Técnica	Utilización de selladores especiales	7	2	8	112
Cáncamo DIN580	Mala sujeción del molde	Sujeción de molde no equilibrada con 1 cáncamo	7	Mal posicionamiento del molde	4	Ninguno	9	252	Reposicionar cáncamos	Oficina Técnica	Utilización de 2 cáncamos	7	2	9	126

N.P.R. = G x O x D

Figura V Hoja de trabajo AMFE.

Después de la realización del AMFE, decir que el documento se expone en la parte de los anexos, analizados todos los posibles fallos potenciales, derivados de la configuración actual del molde, se realiza un plan de actuación que consistirá:

- En primer lugar, se decide cambiar el punto de inyección en la pieza debido a una posible acumulación de tensiones. En la configuración inicial del molde, la pieza se inyectaba por la parte lateral superior, esto podría crear un flujo turbulento, cuando el material fundido entrara en la cavidad, y dicho flujo podría tensionar en exceso la pieza y podría provocar una deformación de la misma.

Al cambiar el punto de inyección, es inevitable cambiar la configuración de la figura. Se decide inyectar la pieza por la zona de anclaje a la madera, para evitar un flujo demasiado turbulento. Al cambiar el punto de inyección, nos vemos obligados a darle la vuelta, literalmente, al postizo o figura molde, ya que se decide que es la mejor opción para evitar el posible fallo potencial.

Al invertir la figura molde, se tiene que cambiar la forma de expulsar la pieza. Se opta por añadir una tapa al otro lado de la pieza, para poderla expulsar y ocultar la marca de los expulsores. También se justifica el añadir una nueva tapa, ya que el tornillo PLASTITE no se utilizará en el montaje final de la pieza, se utilizará un tornillo convencional y una tuerca para su sujeción a la madera.

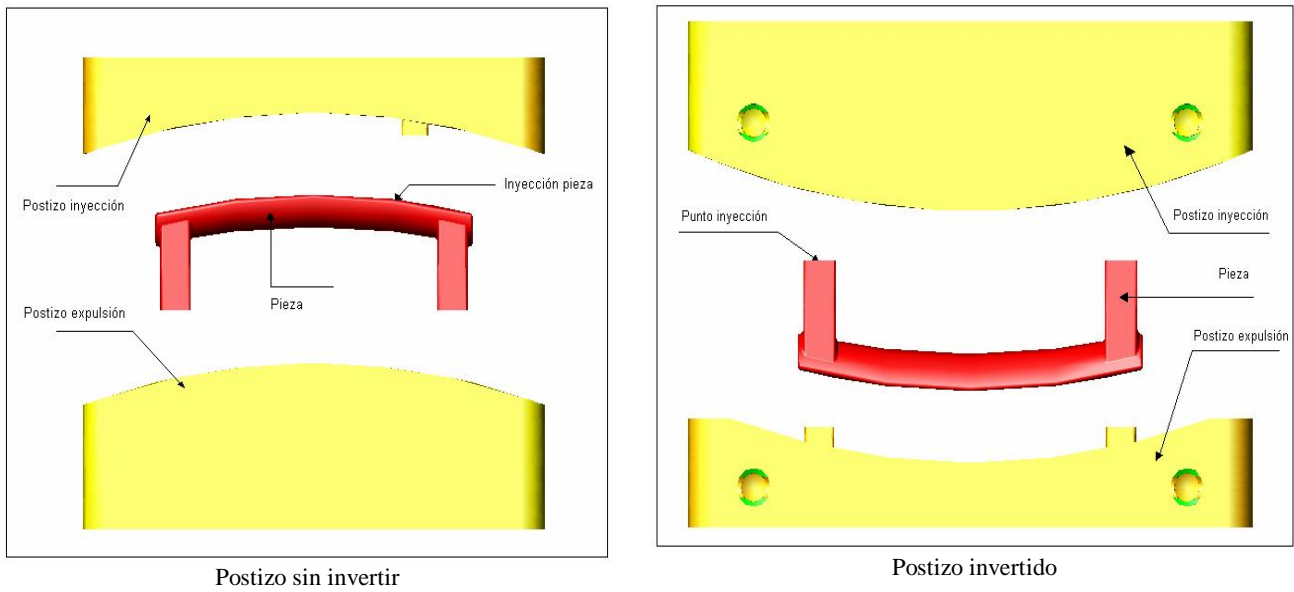


Figura VI Inversión del molde.

- En segundo lugar, como consecuencia de la inversión de la figura molde, es posible que a la hora de expulsar la pieza, ésta se nos quedara pegada en la parte de inyección con la consecuencia de la no expulsión correcta de la pieza. Se decide hacer, para que la pieza quede en la zona de expulsión, unos negativos en el expulsor encargado de hacer la forma del alojamiento del tornillo, para que la pieza se quede pegada en la zona de expulsión y así expulsarla correctamente.

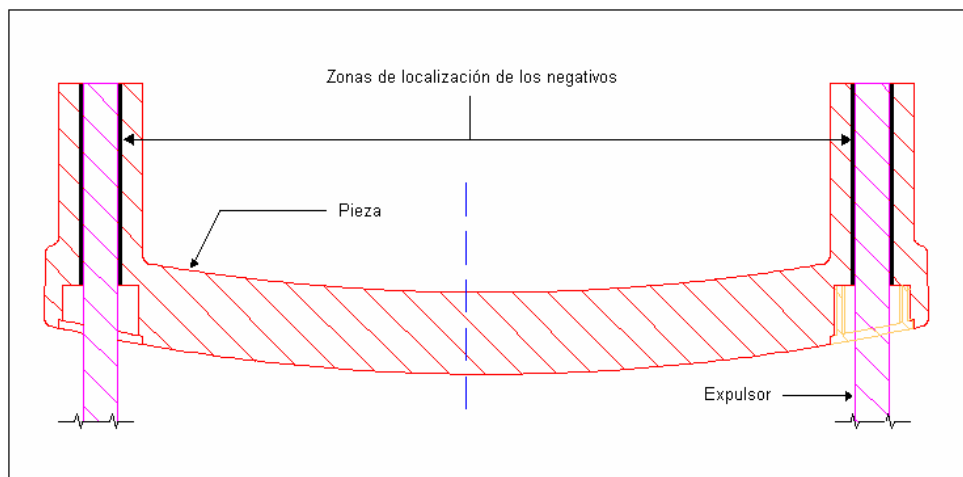


Figura VII Zona de negativos en el expulsor.

- En tercer lugar, actuaremos en la evolución de la refrigeración. En la primera configuración del molde los conductos de refrigeración estaban dispuestos de forma longitudinal, atravesando los postizos de inyección y expulsión de un lado a otro. Esta disposición en cuanto a la refrigeración, podría ocasionar un mal enfriamiento de la pieza, ya que la refrigeración está descompensada, ocasionando un rechupado de las piezas. Estos rechupados ocasionan en las piezas deformaciones, que pueden afectar a la funcionalidad y a las dimensiones de la pieza.

Para la corrección de este posible defecto, se decide cambiar todo el sistema de refrigeración del molde, para que el enfriamiento de la pieza esté más compensado y sea más homogéneo. Para ello se piensa en un sistema de conductos en forma de serpentin, que se expone más abajo

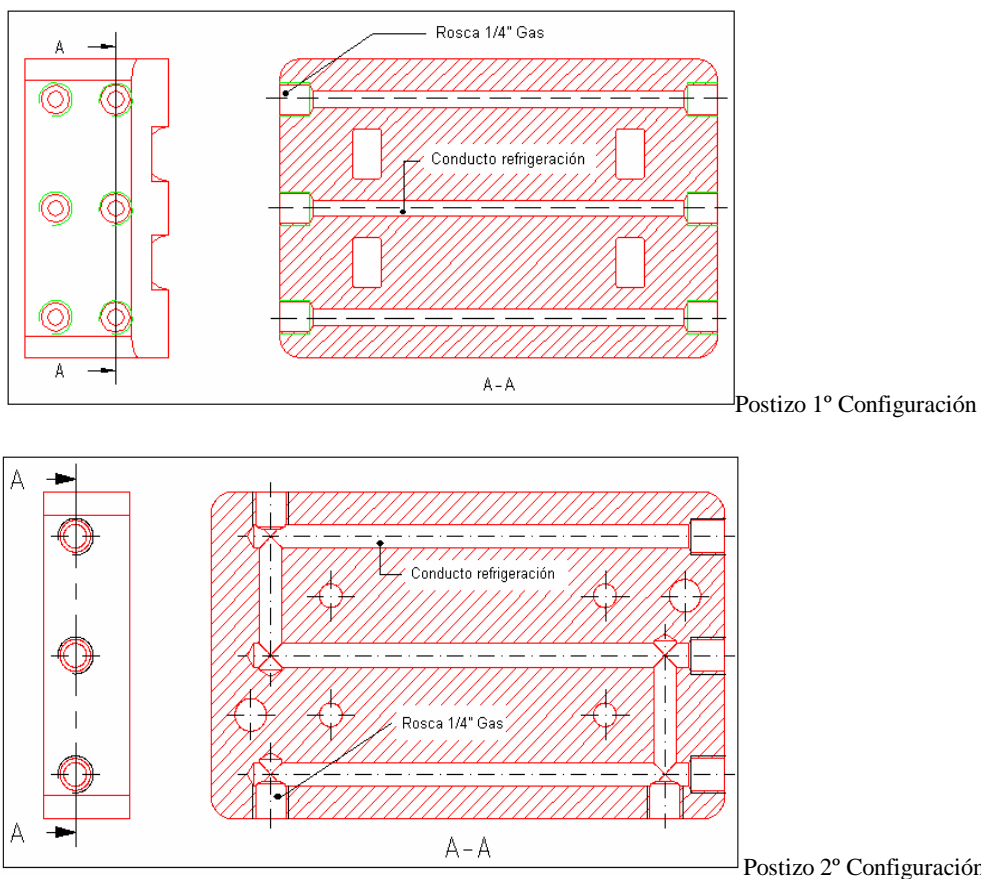


Figura VIII Evolución de la refrigeración.

- En cuarto lugar, actuaremos en los conectores para la refrigeración. Debido a la tipología de los conectores de la primera configuración, cuando hablamos de conectores nos referimos a los enchufes que conectan el líquido refrigerante, mediante las mangueras, a los conductos por donde pasará el líquido refrigerante en los postizos, se decide que un posible fallo potencial podía estar en el manchado de las piezas acabadas, debido a pequeñas fugas de aceite al montar y desmontar dichas conexiones. Este posible problema se solventa introduciendo conectores o enchufes rápidos que trabajan, en el momento de la conexión, encapsulando el aceite y evitando que éste se escape.

- En quinto lugar, actuaremos en el sellado de las conexiones de refrigeración. En la primera configuración de molde, se decide para el sellado de las conexiones la utilización de juntas tóricas. La problemática de las juntas tóricas surge en el momento del montaje de los componentes, según donde esté ubicada la junta tórica, podría posicionarse de forma errónea con la consecuente rotura o posición defectuosa, esto provocaría la fuga de líquido refrigerante con todas sus consecuencias para el molde.

Es por esto, que para el sellado de las conexiones de la refrigeración se decide utilizar un líquido sellador llamado CANDAR referenciado en los anexos de este proyecto.

- Por último, actuaremos en el sistema de sujeción del molde. En la primera configuración de molde se decide utilizar un solo cáncamo para la manipulación y sujeción del molde. La problemática surge cuando nos damos cuenta que la sujeción del mismo no está equilibrada ya que el cáncamo se posiciona incorrectamente por problemas en la geometría del molde.

Decidimos la utilización de un segundo cáncamo para el equilibrado del molde en su manipulación. Se posicionan, los dos cáncamos, en el centro geométrico de la parte de expulsión y de la parte de inyección, para así poder equilibrar la manipulación del molde con garantías

Después del plan de actuación comentado con anterioridad, estamos en condiciones de afirmar y certificar que la nueva configuración de molde es la correcta para la fabricación idónea de la pieza diseñada.

A continuación, exponemos la forma final de la pieza diseñada para la fabricación de la misma.

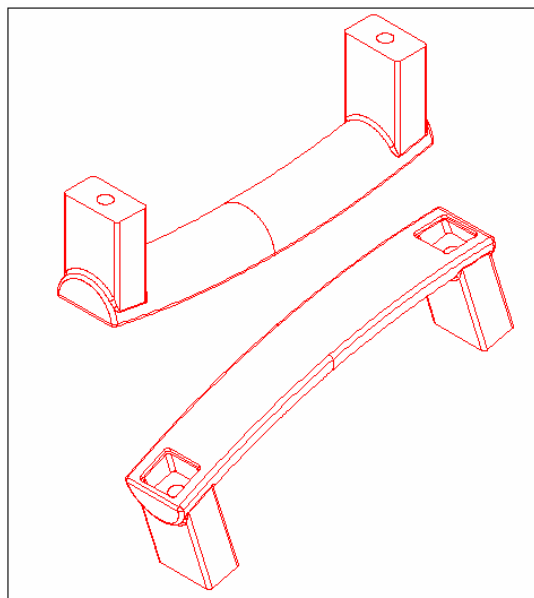


Figura IX Forma final de la pieza a fabricar.

Para concluir este apartado, explicaremos la mejora introducida referente al cambio rápido de figura. En la primera configuración de molde, los postizos, tanto el de inyección como el de expulsión, estaban fijados a sus respectivas placas mediante cuatro tornillos dispuestos en la parte posterior de estos. Esta configuración inicial no era la más práctica desde el punto de vista de un cambio de figura, para la producción de un lote diferente, ya que para el cambio se necesitaba desmontar un gran número de elementos del molde para poder llegar a los tornillos de sujeción de los postizos.

Para solucionar esta problemática y conseguir una reducción de los tiempos, en el cambio de figura, de hasta un 50% como mínimo, se decide repositionar los tornillos de sujeción de los postizos a las placas. La nueva configuración pasaría por la utilización, en lugar de cuatro tornillos, de dos tornillos para la sujeción, lógicamente aumentando el métrico de dichos tornillos, y se reubicarían en la línea de partición del molde, es decir, para cambiar los postizos solo se necesitaría abrir el molde y con esta operación, ya tendríamos acceso a dichos tornillos para la sustitución de la figura.

También, para posibilitar el cambio rápido de figura, se cambia todo el concepto referido a la conexión de la refrigeración del molde, en un primer momento, como anteriormente se ha comentado, se disponía de conductos pasantes longitudinales a lo largo de los postizos, este concepto de conexiones ofrecía emplear más tiempo en el cambio de figura, a causa que se debían abstraer los 18 conectores para el cambio de figura. Esta problemática se resuelve mediante la utilización de cuatro tubos roscados que lo que hacen es que la conexión a la refrigeración se realice fuera del molde. Para que esta configuración tenga efecto, se le mecanizan, tanto a la placa de inyección como de expulsión, unas regatas en los laterales para el alojamiento de los tubos roscados.

A continuación, se exponen las dos configuraciones anteriormente citadas para la total comprensión del cambio rápido de figura.

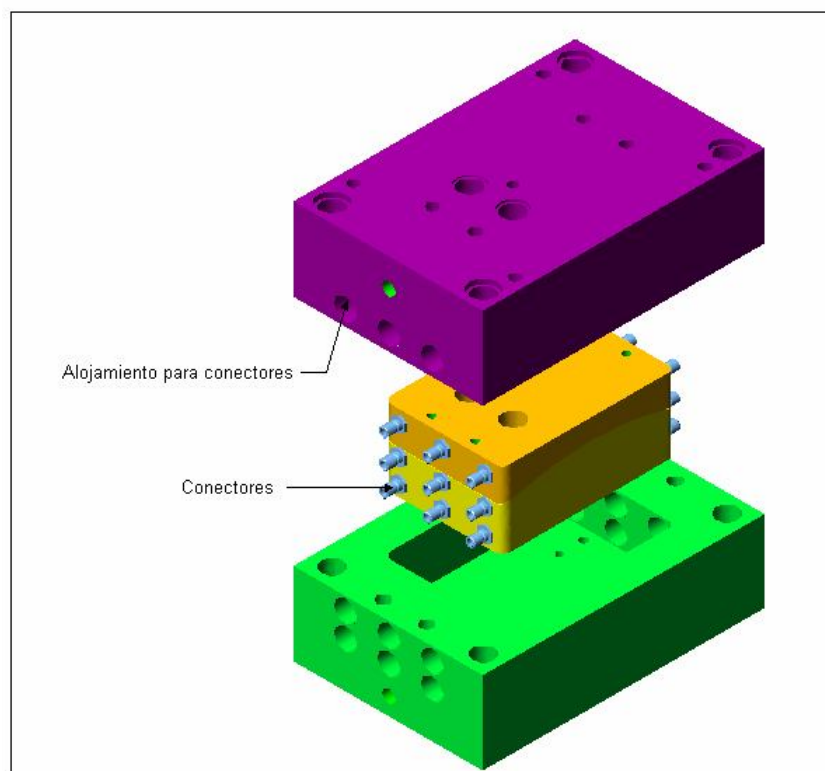


Figura X Conectores refrigeración primera configuración.

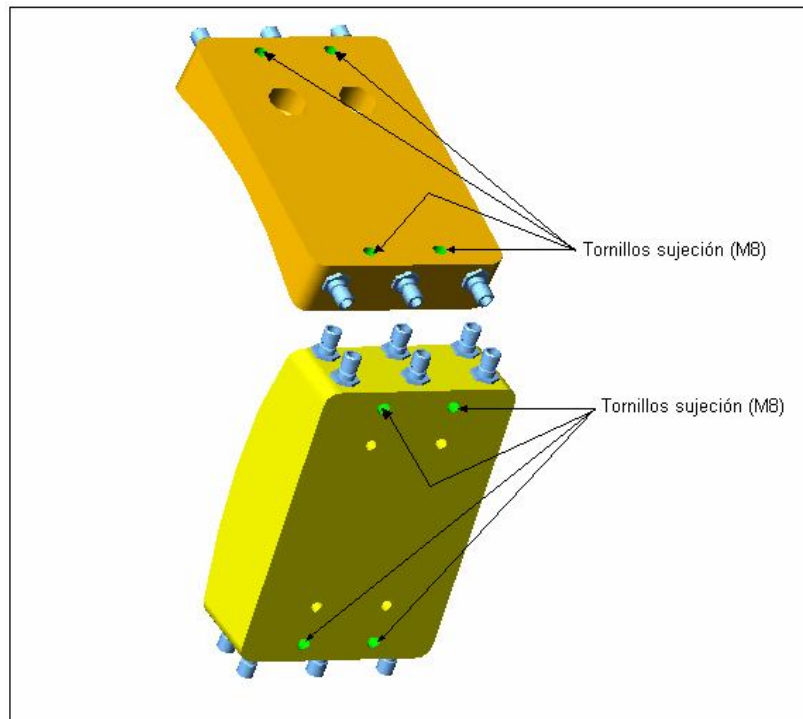


Figura XI Tornillos de sujeción a placa, primera configuración.

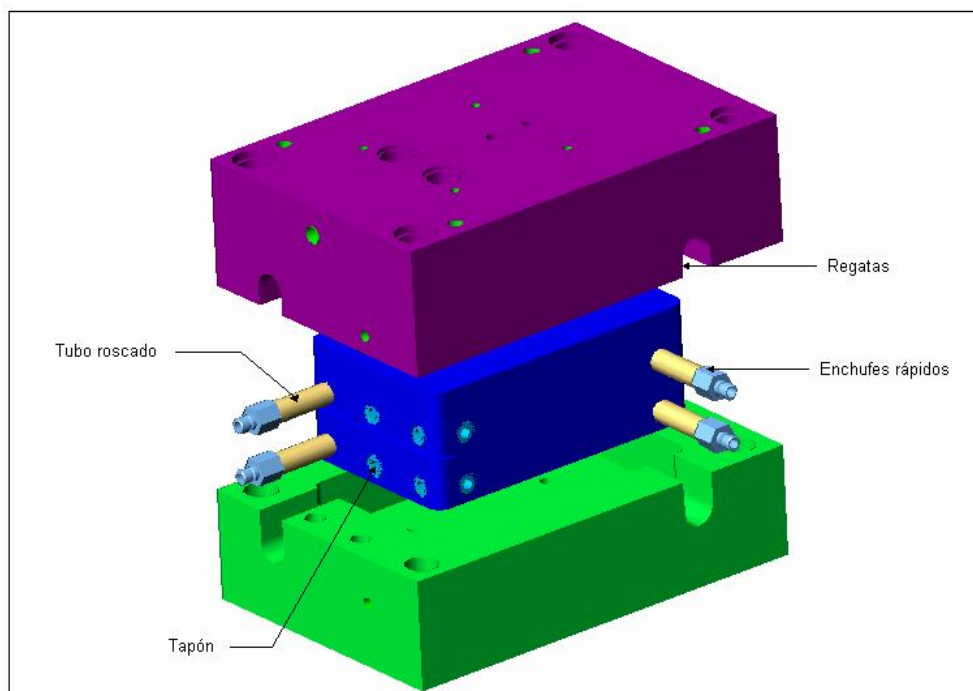


Figura XII Conectores refrigeración segunda configuración.

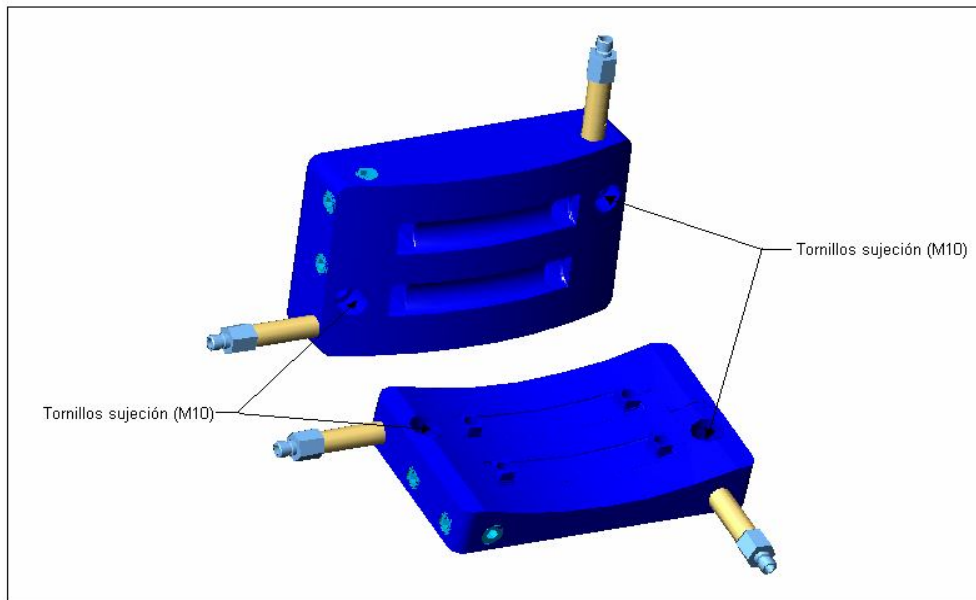


Figura XIII Tornillos de sujeción a placa, segunda configuración.

Después de todo lo comentado con anterioridad, el montaje final de la pieza diseñada fijada al cajón o armario es el que a continuación se expone.

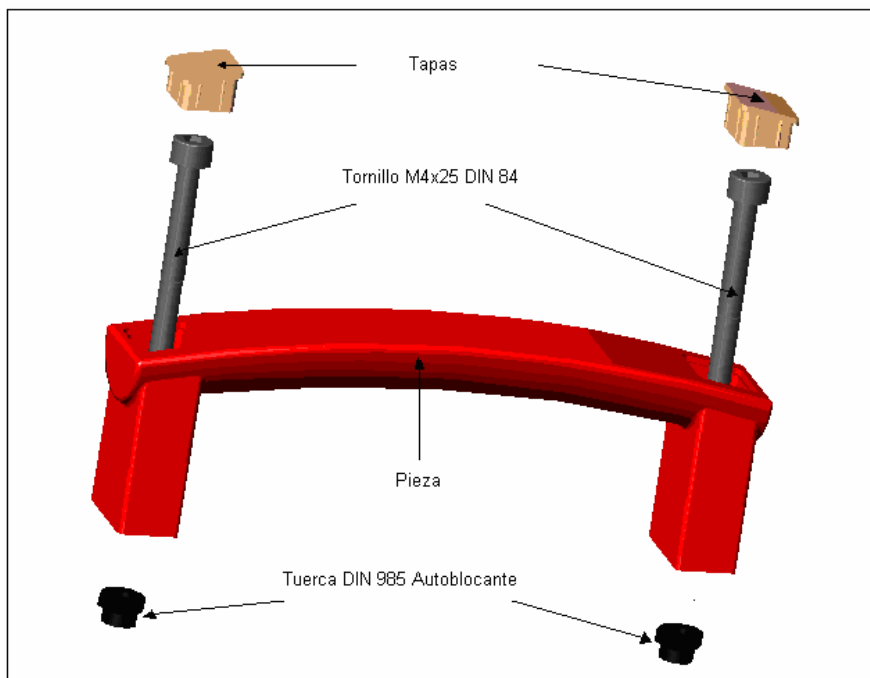


Figura XIV Montaje final pieza.

1.4 Los materiales plásticos.

Los plásticos son sustancias orgánicas de alto peso molecular obtenidas de manera sintética o por la transformación de otras naturales. Las características de los plásticos más comunes son:

- Se fabrican partiendo de materias primas baratas y técnicamente son fáciles de obtener.
- Tienen una densidad inferior a la del aluminio.
- Poseen una superficie lisa y se pueden colorear, por lo que no hace falta pintarlos.
- Son estables frente a los ácidos, debiendo adaptar dicha estabilidad a la aplicación deseada.
- Son malos conductores del calor, pero se dilatan fuertemente por el efecto de ésta.
- Casi todos pueden emplearse como aislantes eléctricos, ya que también son malos conductores.
- Pueden mecanizarse fácil y rápidamente.
- En la combustión se convierten parcialmente en ceniza, ardiendo sin llama, pero desprenden gases corrosivos.
- Por colada, estampación, laminación, soldadura, inyección o soplado se les puede dar cualquier forma.

1.4.1 Procesos de polimeración.

Los plásticos básicamente se forman mediante la creación de enlaces químicos entre moléculas relativamente pequeñas (monómeros) para formar moléculas más grandes (polímeros), estas moléculas más grandes son las denominadas macromoléculas. Los enlaces se forman por la combinación de uno o de dos tipos de reacciones como pueden ser la polimeración por adición o la polimeración por condensación.

1.4.1.1 Polimeración por adición.

La polimeración por adición se caracteriza por la combinación simple de moléculas sin que se generen elementos secundarios como resultado de la combinación mencionada. La formación de los elementos secundarios comportaría la eliminación de estos ya que podrían incurrir como impureza en los productos acabados.

Cuando se combinan unidades de un solo monómero, el producto resultante es un homopolímero, como por ejemplo el etileno. Cuando se utilizan dos o más monómeros en el proceso, se forma un copolímero. El proceso de polimeración implica la formación de muchas moléculas grandes (macromoléculas) y es por esto que el producto acabado o plástico, consiste en la combinación de muchas macromoléculas de diferente longitud pero todas ellas provienen de la misma clase de molécula.

El proceso de polimeración por adición puede obtenerse por tres caminos diferentes:

- La primera forma de polimeración por adición implica la activación química externa de las moléculas, una reacción en cadena las induce a combinarse. La reacción inicial de este proceso comporta la ruptura del doble enlace del elemento, seguida de la reacción de propagación y de una reacción que pone fin al proceso.
- La segunda forma de polimeración por adición se produce mediante una transposición de los átomos dentro de las dos moléculas que reaccionan.
- La tercera forma de polimeración por adición se forma por apertura de anillo, una molécula compuesta de un anillo de átomos se abre y se enlaza a otras moléculas anulares que también abren el anillo de átomos por el influjo de activadores catalíticos.

En resumen, la polimeración por adición, en su proceso de creación de polímeros, no forma productos secundarios ni se producen pérdidas de átomos de las moléculas que reaccionan.

1.4.1.2 Polimeración por condensación.

En este tipo de polimeración, la unión química de las moléculas se consigue mediante la formación de una molécula secundaria, normalmente pequeña, que se combina con los átomos de las moléculas a unir para crear el enlace. En estas reacciones, el producto secundario residual se extrae inmediatamente del polímero, para que no pueda influenciar negativamente a la subsiguiente polimeración o permanecer como impureza en los productos terminados.

1.4.1.3 Polimeración combinada.

La polimeración combinada es la ocurrencia de las dos reacciones anteriormente comentadas en serie, este es el mecanismo de formación de los poliésteres y de los poliuretanos. En este proceso la reacción de condensación ocurre primero, para formar un polímero relativamente pequeño, que reacciona en una segunda etapa de polimeración por adición con un tercer elemento para formar las macromoléculas.

1.4.2 Características estructurales y propiedades de los polímeros.

Las propiedades de los plásticos resultantes de los procesos anteriormente comentados, dependen de las características estructurales que comentaremos a continuación.

1.4.2.1 Peso molecular.

El peso molecular se refiere al peso medio de las moléculas de tamaños diferentes que enlazadas, constituyen al polímero. Los polímeros con un peso molecular alto, suelen ser más tenaces y resistentes químicamente, comparándolos con los polímeros de peso molecular bajo, que suelen ser más débiles y frágiles. Sin embargo, los polímeros de peso molecular alto necesitan más energía en forma de temperatura y presión, para la formación de productos acabados con plástico.

1.4.2.2 Distribución de pesos moleculares.

La distribución de pesos moleculares se refiere al histograma de pesos o tamaños de las moléculas del polímero. Normalmente, los polímeros con la distribución de pesos moleculares estrecha tienen mejores propiedades mecánicas y se tratan con más facilidad, en comparación con los polímeros con la distribución de pesos amplia.

1.4.2.3 *Moléculas lineales y ramificadas.*

Las moléculas de los polímeros se alinean en forma de cadenas largas sin ramificaciones, estas moléculas reciben el nombre de moléculas lineales. Además de las moléculas lineales, el proceso de polimerización puede producir estructuras ramificadas complejas, estas ramificaciones reciben el nombre de impedimentos estéricos a la aproximación cercana.

Las moléculas lineales tienen mayor resistencia a la tensión, suelen ser materiales rígidos y también son más resistentes a las temperaturas de reblandecimiento. Las moléculas ramificadas, por lo contrario, tienen más huecos y son menos densas, son más flexibles y permeables a los gases y disolventes que las moléculas lineales.

1.4.2.4 *Moléculas con enlaces transversales.*

Las cadenas moleculares individuales de las moléculas lineales o ramificadas no están enlazadas entre ellas, pero según el tipo de moléculas del monómero utilizado para formar el polímero, las cadenas macromoleculares individuales pueden enlazarse fuertemente entre ellas dando lugar al enlace transversal o cruzado. Este enlace aparece cuando los monómeros tienen más de un doble enlace en su estructura. Un doble enlace se utiliza para crear las cadenas individuales de monómeros y el otro se rompe creando enlaces transversales entre las cadenas macromoleculares.

Los polímeros con enlaces transversales son termoestables y no presentan fluencia, normalmente son frágiles y se deforman con el calor. Se descomponen a temperaturas elevadas y son bastante resistentes al ataque de disolventes, aunque puede suceder que los disolventes hinchen el polímero termoestables, pero rara vez causan rotura.

1.4.2.5 *Polímeros cristalinos y amorfos.*

Debido a la ausencia de moléculas ramificadas, las moléculas lineales se empaquetan y se alinean más fácilmente, la estructura lineal se alinea sin dificultad en un patrón regular. Esta alineación crea orden y presenta difracción, es por esto que hablamos de estructuras cristalinas.

Cuando se calienta un polímero por encima de su punto de fusión, puede formarse un polímero amorfo cuando el polímero derretido se enfría con mucha rapidez, parecido al proceso de creación de metales amorfos. Este polímero amorfo tendrá distintas propiedades que el polímero cristalino.

Cuando los polímeros contienen dominios ordenados o alineados grandes en estado líquido, estos reciben el nombre de polímeros cristalinos líquidos. Sus moléculas suelen ser rígidas y con apariencia de bastones, se organizan en grandes formaciones o dominios paralelos y presentan poca viscosidad en estado fundido. Cuando se moldean por inyección o son extruidos, las moléculas se alinean en largas cadenas rígidas en la dirección del flujo, actuando como fibras de refuerzo.

1.4.2.6 *Copolimeración.*

La copolimeración consiste en la modificación de la composición química, la forma, estructura y propiedades del polímero mezclándolo con diferentes tipos de grupos estructurales o unidades repetitivas fundamentales dentro de la cadena del polímero. Además de cambiar los tipos de unidades repetitivas fundamentales, se pueden variar las cantidades de cada monómero para producir un número ilimitado de posibles combinaciones de propiedades.

1.4.2.7 Polímeros de esqueleto no carbonado.

Normalmente, los polímeros tienen uniones del tipo -C-C- (esqueleto de carbono), producto de la ruptura de dobles enlaces entre los átomos de carbono. Cuando se producen polímeros por reacciones de transposición o de condensación, se pueden formar polímeros que contienen oxígeno o nitrógeno (polímeros de esqueleto no carbonado).

1.4.3 Tipos de plástico.

Los plásticos se diferencian por la combinación de las macromoléculas:

- Termoplásticos → combinación de las moléculas por fuerzas físicas.
- Termoestables → combinación química de retícula estrecha.
- Elastómeros → combinación química de retícula ancha.

Termoplásticos: Los termoplásticos presentan una estructura lineal o ramificada, al calentarse por encima de la temperatura de transición vítrea los enlaces secundarios cesan y el material se funde, son fáciles de procesar en condiciones de presión y calor, se pueden reciclar, tienen densidades relativamente bajas, son buenos aislantes eléctricos y presentan una buena actitud ante ambientes corrosivos.

Los termoplásticos se distinguen por el volumen de sus cadenas estructurales y en su capacidad de compactarse. Por un lado, los termoplásticos amorfos se compactan con mayor dificultad que los termoplásticos parcialmente cristalinos.

Los amorfos son transparentes, tienen poca resistencia a la fatiga, no poseen un intervalo de fusión y tienen bajas contracciones de moldeo. Son ejemplos: PVC, ABS, PC.

Los parcialmente cristalinos son opacos, poseen gran resistencia a la fatiga, intervalo de fusión (3 o 4 °C), y tienen gran contracción de moldeo. Son ejemplos: PE, PP, POM, PA.

Termoestables: Estructura muy rígida y dura. Son muy resistentes a la temperatura (más que los termoplásticos), de lo que se deriva su nombre. No existen disolventes capaces de disolverlos o hincharlos. Tampoco se pueden moldear después de la reacción química, que suele ser muy rápida. Solo se pueden reciclar al transformarlos en polvo. Características:

- Estructura de red tridimensional o entrecruzada con presencia de enlaces covalentes entre cadenas lo que hace que el material sea duro y rígido.
- Se endurecen bajo la acción del calor pues se producen entrecruzamientos entre cadenas.
- Pueden llevar incorporados agentes de curado o endurecedores lo que genera también entrecruzamientos.
- Si se eleva la temperatura los enlaces primarios se rompen dando lugar a un proceso de degradación del material.
- En un principio no admiten un reciclado posterior.

- Alta estabilidad térmica y dimensional.
- Alta rigidez.
- Resistencia a la termofluencia y a la deformación bajo carga.
- Buen aislante eléctrico y térmico.
- Ejemplos: Resinas fenólicas, amino-resinas (ureas y melaminas), resinas epoxi, poliésteres insaturados,...

Elastómeros: Como los cauchos, tienen a temperatura ambiente un comportamiento elástico y no plástico (deformaciones permanentes), después de someterlos a fuerzas externas. Estos plásticos no pueden fundirse ni disolverse. Se pueden hinchar al penetrar disolventes. Gomas, cauchos, poliésteres. Características:

- Material amorfo.
- Polímeros con macromoléculas de naturaleza lineal de gran longitud, por lo que llegan a anudarse entre sí. Se dice que tienen una estructura enmarañada.
- Pueden cambiar de forma al someterse a un esfuerzo, pero vuelven a la forma primitiva cuando desaparece la tensión.
- Para conseguir una gran deformación elástica interesa retrasar en lo posible la deformación plástica, lo cual puede conseguirse mediante un proceso de vulcanizado. Un alto grado de entrecruzamiento supone una mayor rigidez en el material.
- Admiten grandes deformaciones. Interesa.
- Para aumentar la resistencia al esfuerzo y al desgaste se utiliza como aditivo negro de humo (negro de carbono).
- Ejemplos; Caucho natural, polisopreno natural, caucho de estirenobutadieno (SBR), caucho de nitrilo (NBR), policloropreno (neopreno), siliconas, etc.

1.4.4 Propiedades de los plásticos utilizados en el diseño.

El diseño de componentes con plásticos exige una buena comprensión de las propiedades de estos y en particular, su comportamiento en condiciones de esfuerzo.

1.4.4.1 Densidad.

Una de las ventajas principales de los plásticos, es su baja densidad, esta característica se debe en parte a la pequeña masa de los átomos que forman a estos elementos. La densidad de un polímero depende de su cristalinidad y de su estructura.

Ecodiseño de un termoplástico

1.4.4.2 Absorción y transmisión de agua.

La absorción de agua es el porcentaje de aumento del peso del plástico por absorción de agua. La absorción de agua afecta a las propiedades mecánicas, eléctricas y a las dimensiones geométricas de las piezas inyectadas con plástico, es por esto, que los plásticos con poca absorción de agua tienen, por lo general, mejor estabilidad dimensional.

Un ejemplo de barrera contra la humedad o el vapor de agua es el PE, aunque otros gases lo penetran con facilidad. En cambio, el nailon es una barrera deficiente contra la humedad o el vapor de agua pero no se deja penetrar tan fácilmente por otros gases.

1.4.4.3 Propiedades térmicas.

A nivel de esfuerzos relacionados con el diseño, las dos propiedades más importantes a tener en cuenta en el diseño de piezas de plástico son:

- Temperatura de transición vítrea (T_v)
- Coeficiente de expansión térmica (CET)

La temperatura de transición vítrea es el punto por debajo del cual el plástico se comporta como el vidrio, es muy resistente y rígido, pero frágil a la vez.

El coeficiente de expansión térmica se utiliza para determinar la dilatación térmica en longitud, superficie o volumen por unidad de incremento de temperatura, dado que los plásticos se dilatan a una velocidad mucho mayor que los metales.

1.4.4.4 Propiedades mecánicas.

Estas propiedades se refieren a la respuesta de los plásticos sometidos a cargas o deformaciones. En principio, los plásticos termoestables, debido a su estructura de enlaces transversales, no se deforman con la temperatura, es por esto que examinaremos con más exactitud las propiedades mecánicas de los termoplásticos.

Las propiedades mecánicas de los plásticos están muy influenciadas por la temperatura de transición vítrea, esta, a temperatura ambiente, adquiere un valor de 0.5 en la gran mayoría de los plásticos, por lo que estos materiales experimentan fluencia a temperatura ambiente. En cambio, en los metales, la temperatura de transición vítrea a temperatura ambiente es mucho más baja que la de los plásticos, es por esto que se puede suponer que la rigidez y la resistencia mecánica en los metales, a temperatura ambiente, es constante.

Estas propiedades varían con el tiempo, y en el diseño se debe de tomar en cuenta si el esfuerzo se aplica a corto o largo plazo.

- Corto plazo: El esfuerzo aplicado a corto plazo se refiere a cargas que, por lo general, duran pocos minutos. En los polímeros cristalinos la deformación se produce por desdoblamiento de las cadenas moleculares, normalmente la zona donde se aplica el esfuerzo experimenta una deformación, normalmente se estiran. A diferencia que los plásticos, al deformarse un metal por acción de un esfuerzo, este seguiría deformándose hasta su fractura, en cambio, en los plásticos, causado por la alineación de las cadenas moleculares, aumenta su resistencia en la región alargada y por lo tanto se necesita un esfuerzo mayor para fracturarlo.

- **Largo plazo:** Las propiedades mecánicas a largo plazo se utilizan en el diseño cuando los plásticos se utilizan en estructuras sujetas a esfuerzos. Las propiedades a largo plazo a tener en cuenta son:
 - **Termofluencia:** Este fenómeno aparece cuando la carga o esfuerzo es constante. En los plásticos se observa una respuesta de deformación instantánea debida al esfuerzo, a la que le sigue una deformación viscosa (deformación por termofluencia) en función del tiempo. Cuando la termofluencia se interrumpe, la deformación se corrige gradualmente y los plásticos tienden a recuperar su forma (relajación de deformaciones).
 - **Relajación de esfuerzos:** Este fenómeno se produce en condiciones de deformación constante. El plástico se deforma en un grado determinado y el esfuerzo a esta deformación constante aumenta (se relaja) en función del tiempo. Para establecer los conceptos de diseño iniciales, se sugiere un límite de deformación de 20 por ciento de la deformación en el punto donde cede el plástico
 - **Fatiga:** La falla de los plásticos por fatiga en condiciones de carga cíclica ocurre fundamentalmente iniciándose grietas que se propagan, la fractura ocurre cuando el resto del material no soporta el esfuerzo. En la práctica la fatiga puede comportar reblandecimiento térmico, derretimiento del material, cambio de dimensiones, pandeo, microagrietamiento superficial o formación de vacíos internos.

1.4.5 Fabricación de plásticos.

Los diversos procesos que se comentan a continuación son los que se utilizan para fabricar productos de plástico de todos los tipos y formas. Por lo regular los polímeros están disponibles en forma de gránulos, polvos, pelets y líquidos. A continuación se enumeran los cuatro principales procesos en la fabricación de plásticos.

1.4.5.1 Extrusión.

Este proceso destaca por su versatilidad y por su operación a costo relativamente bajo. Una ventaja importante de la extrusión es las presiones de trabajo relativamente bajas a lo largo de su proceso continuo de fabricación. En la extrusión, la mezcla de materiales pasa de una tolva al interior de un tornillo sin fin, este tornillo mezcla y comprime el material antes de que se derrita y a continuación homogeneiza la masa fundida. Después de esto, el tornillo empuja la masa fundida hasta el extremo del cilindro y obliga, a la masa fundida, a pasar a través de una matriz que imparte la forma deseada al material extruido. Al salir del extrusor, se estira el producto mediante fuerzas de tracción, etapa en la cual puede enfriarse dicho material mediante agua o aire.

El estirado de la masa fundida alinea u orienta las moléculas en la dirección longitudinal del producto, e induce una resistencia mecánica longitudinal mayor que la resistencia transversal.

1.4.5.2 Moldeo por inyección.

Este proceso es el más idóneo para la fabricación de componentes con formas complejas porque se puede controlar y predecir con más exactitud. El plástico es introducido en el tornillo sin fin mediante la tolva, este tornillo lo mezcla y lo empuja al interior del cilindro hasta una sección caliente. En esta sección, el plástico se derrite y es conducido a la cámara de tiro al frente del tornillo, a continuación, cuando se alcanza la posición límite preestablecida, el tornillo deja de girar y este empieza a actuar como un pistón que empuja la masa fundida en el molde a cierta presión para llenar la cavidad del mismo.

La mayor parte de los plásticos que se elaboran por moldeo son termoplásticos, pero también se procesan algunos termoestables como poliésteres TF, fenólicos, epóxicos, etc.

1.4.5.3 Moldeo por soplado.

Este proceso ofrece la ventaja de que permite fabricar económicamente piezas de diversos tamaños, en número ilimitado, con poca o ninguna necesidad de acabado mediante presiones relativamente bajas. Estas bajas presiones dan por resultado esfuerzos internos menores en los plásticos solidificados y una distribución de esfuerzos más uniforme. Además, el moldeo por soplado está muy indicado para moldear curvas irregulares y ofrece la posibilidad de tener espesores de pared variables.

1.4.5.4 Procesos de conformado.

Estos procesos permiten producir una gran variedad de plásticos conformados o moldeados de diversos tamaños. Se dividen fundamentalmente en procesos de conformado en caliente y en frío.

El termoconformado o conformado en caliente es el más productivo y el más diversificado, consiste en calentar láminas, películas o perfiles termoplásticos extruidos hasta su temperatura de reblandecimiento, para después forzar al material flexible contra los contornos de un molde por medios neumáticos o mecánicos.

1.5 Introducción al ecodiseño.

A raíz de la conciencia ambiental aparecida a nivel mundial, cada vez es más necesario que en la producción de bienes de consumo se tomen medidas de carácter ambiental, para poder reducir la generación de residuos y emisiones a la atmósfera. Cualquier empresa que aspire a ser competitiva en un futuro no muy lejano, debe de reconocer y atender las demandas de calidad ambiental de los consumidores.

Los productos que minimicen al máximo el consumo de los recursos en general, tendrán un valor añadido frente a sus rivales tan competitivos y dispondrán de calidad ambiental suficiente para ser potentes en cualquier mercado.

Por otro lado, la legislación ambiental de la Unión Europea introduce una nueva política integrada de producto (PIP), que responsabiliza ambientalmente a los fabricantes, e implica:

- "Cambiar la intervención directa, sobre los impactos locales de los centros productivos con características ambientales y tecnológicas bien definidas, por influir indirectamente sobre los impactos regionales y globales, a menudo poco conocidos, de sistemas-producto ampliamente tendidos y que incluyen varias etapas distribuidas en muchos países".

Ante esta situación, un gran número de organizaciones están implementando a sus procesos productivos medidas correctoras de carácter ambiental para poder llegar a las exigencias de los consumidores e incorporarlo a su cultura corporativa.

1.5.1 ¿Qué es el ecodiseño?

El ecodiseño surge como una respuesta a la necesidad de introducir criterios ambientales en las fases de producción, distribución, utilización, reciclaje y tratamiento final de cualquier producto con el propósito de prevenir o reducir el impacto ambiental durante todo su ciclo de vida.

La metodología del ecodiseño incorpora criterios ambientales en la fase de diseño de un producto. La variable ambiental se considera como un requerimiento más del producto que se suma al resto de las convencionales. La aplicación de esta variable no ha de afectar al resto de propiedades del producto y hace falta combinar precio y mejora ambiental de forma importante, con el objetivo de fabricar productos de un impacto ambiental global reducido a precios competitivos.

Se considera que cualquiera de las acciones siguientes forman parte del ecodiseño:

- Concepción de los productos teniendo en cuenta su ciclo de vida (obtención de materiales, producción, distribución, uso, final de vida).
- Incorporación de criterios ambientales en el diseño de un producto y en las fases de producción, distribución, utilización, reciclaje y tratamiento final, como por ejemplo:
 - Ahorro de energía, agua y recursos en general.
 - Uso de materiales y energías renovables.

- Utilización de materias primas menos contaminantes.
- Incorporación de materiales reciclados y reciclables.
- Separación de los componentes e identificación sencilla de los materiales.
- Reducción de la carga ambiental (residuos y emisiones) asociada al ciclo de vida de un producto.

Cuando el ecodiseño tiene en cuenta criterios de mejora económica se habla de ecodiseño eficiente. Este considera la reducción de los costes asociados al producto, al mismo tiempo que consigue una disminución progresiva de los impactos ambientales y la utilización intensiva de los recursos en todas las etapas de su ciclo de vida.

Si los criterios ambientales y económicos se consideran criterios iguales, se habla de ecodiseño sostenible. El ecodiseño sostenible es aquel capaz de diseñar productos que puedan satisfacer las necesidades actuales sin comprometer los recursos para las generaciones futuras, contabilizando mejoras ambientales a lo largo de su ciclo de vida con mejoras del balance económico del producto, el consumo responsable y el desarrollo sostenible.

La incorporación de los criterios ambientales para la prevención o reducción del impacto ambiental de los productos puede hacerse en productos existentes o en las etapas iniciales del diseño de un nuevo producto. Entonces, se habla de ecodiseño cuando se trata del diseño de un nuevo producto teniendo en cuenta criterios ambientales, y de ecorediseño cuando se rediseña un producto existente teniendo en cuenta estos criterios. Generalmente, el ecodiseño incluye el ecorediseño.

1.5.2 Ventajas del ecodiseño.

- Reducción de los costes de fabricación y distribución mediante la identificación de los procesos ineficientes a mejorar y el logro de más valor utilizando menos recursos naturales.
- Potenciación del pensamiento innovador dentro la empresa, que puede ayudar a encontrar nuevas soluciones y facilitar la creación de nuevas oportunidades de mercado.
- Consolidación de la imagen de la marca y del producto gracias a una actitud más innovadora y sensible en relación a los temas ambientales.
- Cumplimiento de las normativas ambientales aplicables y anticipación a los futuros cambios legislativos. La normativa vigente se debe considerar como el punto de partida a mejorar.
- Mejora de la calidad de los productos mediante el incremento de su durabilidad y funcionalidad y haciéndolos más fáciles de reparar y reciclar.
- Mayor valor añadido de los productos al tener un menor impacto ambiental a lo largo de su ciclo de vida y una mejor calidad.
- Posibilidad de acceder a los mercados de compra ambientalmente correcta o compra verde.
- Posibilidad de acceder a los sistemas de ecoetiquetaje.

- Ampliación del conocimiento del producto y de su ciclo de vida, que puede ser utilizado en la planificación estratégica, la comunicación o el benchmarking de la empresa.

1.5.3 Normativa en el ecodiseño.

Una de las estrategias que fundamentan las políticas comunitarias de gestión de residuos consiste en evitar su generación mediante la mejora del diseño del producto.

Las Directivas sobre envases y residuos de envases (Directiva 94/62/CE), vehículos al final de su vida útil (Directiva 2000/53/CE) y aparatos eléctricos y electrónicos (Directivas 2002/96/CE y 2002/95/CE) insisten en la responsabilidad del fabricante sobre el comportamiento ambiental de sus productos.

En este sentido, estas directivas definen objetivos de reciclaje y valorización de los residuos de estos productos, objetivos que se deben considerar a la hora de diseñarlos. Actualmente la Unión Europea está trabajando en la elaboración de una Directiva (Propuesta de Directiva EuP) sobre el ecodiseño de productos que utilizan energía, como por ejemplo aparatos eléctricos o de calefacción.

También existen normas internacionales para el ecodiseño:

- La ISO/TR 14062 sobre "Gestión Ambiental (Integración de Aspectos Ambientales en el Diseño y Desarrollo de Productos)". Este informe técnico incluye las estrategias, organización, planificación, herramientas, ejemplos y el esquema para la integración de aspectos ambientales en el diseño de productos y procesos.

Finalmente, la norma UNE 150301 sobre "Gestión Ambiental del proceso de diseño y desarrollo - ecodiseño" especifica los requisitos que debe cumplir el proceso de diseño y desarrollo de una empresa para que se pueda dar la mejora ambiental continua de sus productos y/o servicios mediante un sistema de gestión ambiental.

1.5.4 Metodología del ecodiseño.

A continuación se comentan cada uno de los diferentes aspectos innovadores que introduce el ecodiseño.

1.5.4.1 Análisis de los requisitos ambientales.

Al inicio del proceso de desarrollo de un producto o servicio se establecen los requisitos principales que este deberá cumplir en cuanto a funcionalidad, seguridad, ergonomía, etc .

El ecodiseño requiere que, entre estos requisitos, también se incluyan criterios ambientales que tengan por objetivo minimizar o reducir su impacto sobre el medio ambiente.

En la definición de los requisitos ambientales a cumplir puede ser muy útil hacer un análisis ambiental general del producto para tratar de identificar las áreas clave de mejora. Por otro lado, estos requisitos también dependerán de los motivos que han conducido a la aplicación del ecodiseño. A partir de la información sobre estas fuentes de cambio, la dirección de la empresa puede definir los objetivos concretos y los requisitos ambientales que el equipo de diseño deberá tener en cuenta a la hora de diseñar el nuevo producto.

Los cuadros siguientes se recogen los principales factores que pueden motivar a una empresa a aplicar el ecodiseño .

	MOTIVOS	DESCRIPCIÓN
INTERNOS	Decisión corporativa	Desde la gerencia de la empresa se promueve la prevención y la disminución de los impactos ambientales asociados a la empresa y a sus productos.
	Cambio tecnológico	Al adquirir nueva maquinaria o implantar nuevos procesos productivos se puede fomentar la búsqueda de nuevas aplicaciones que aumenten la rentabilidad.
	Voluntad de reducir costes	Diseñar para el ahorro económico acostumbra a implicar una reducción de los impactos ambientales: <ul style="list-style-type: none"> • Compra de menos materiales por unidad de producto. • Utilización más eficiente de la energía y los materiales auxiliares durante la producción. • Reducción de los costes de gestión de residuos al generar una menor cantidad y reducir la peligrosidad.
	Voluntad de innovación	Voluntad de la empresa de posicionarse como empresa innovadora y de entrar en nuevos mercados.
	Voluntad de incrementar la calidad del producto	La mejora en la calidad ambiental del producto acostumbra a pasar por una mejora en su funcionalidad, fiabilidad, durabilidad y reparación.

Tabla I Motivos internos.

	MOTIVOS	DESCRIPCIÓN
EXTERNOS	Presión de los usuarios/clientes	Los clientes directos y/o usuarios finales de los productos pueden presionar a la empresa para que reduzca el impacto ambiental de sus actividades y productos.
	Presión legislativa (gobierno)	La legislación ambiental en lo referente a productos o procesos industriales debe cumplirse y hace falta estar preparado para los posibles cambios.
	Competencia	La empresa puede generar tendencias o bien seguir a la mayoría cuando el ecodiseño haya demostrado su eficacia.
	Tecnología	Las novedades tecnológicas externas pueden ser un motivo para el cambio: un nuevo proceso o material puede favorecer la innovación en empresas que encuentren nuevas aplicaciones.
	Opinión pública	La imagen de la empresa o la que quiere transmitir puede ser un motivo para iniciar el proceso de ecodiseño.

Tabla II Motivos externos.

1.5.4.2 Análisis ambiental.

Hace falta tener en cuenta que el ecodiseño adopta una visión integradora de la relación entre los productos y servicios y el medio ambiente.

- Se considera todo el ciclo de vida del producto o servicio, incluyendo la extracción y transporte de los recursos necesarios para su fabricación, su producción, distribución, uso, mantenimiento, reutilización y el tratamiento de sus residuos.
- El producto es considerado como un sistema. Hace falta contemplar todos aquellos elementos que permiten que el producto desarrolle su función: consumibles, envases, sistemas energéticos, etc.
- Se consideran también todos los impactos ambientales diferentes que el "sistema-producto" puede generar a lo largo de su ciclo de vida (calentamiento global, acidificación, destrucción de la capa de ozono, agotamiento de recursos...).

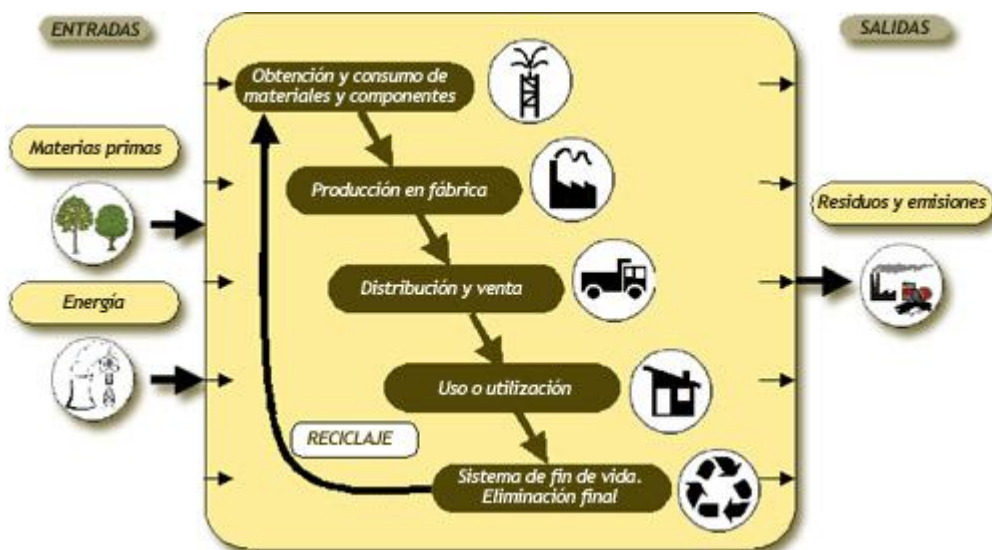


Figura I Ciclo de vida de los productos.

El análisis ambiental se debe realizar considerando que:

- Se evitan posibles transferencias de impactos ambientales entre las diferentes etapas del ciclo de vida del producto y, por lo tanto, que se pueda llegar a empeorar su comportamiento ambiental global.
- Se identifican los principales aspectos ambientales críticos del producto sobre los cuales hace falta actuar prioritariamente para obtener unos resultados más eficientes ambientalmente y económicamente (ecoficientes).

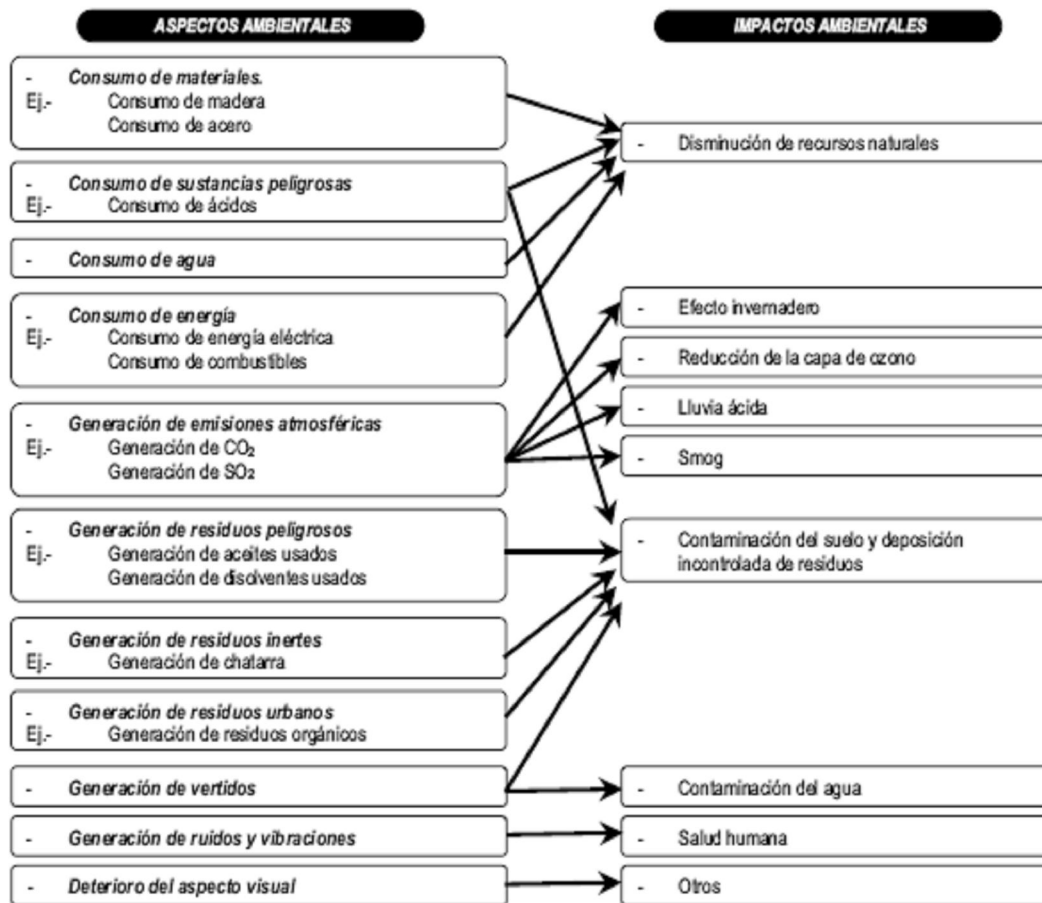


Figura II Identificación de aspectos ambientales de los productos

A lo largo del proceso de desarrollo de un producto o servicio se pueden realizar diferentes análisis ambientales para poder identificar los puntos de mejora o comparar alternativas de diseño. Para hacerlo se pueden utilizar también diferentes herramientas que incorporan la visión del ciclo de vida. La selección de la herramienta más adecuada en un caso concreto depende, entre otros factores, de los objetivos del análisis, de la complejidad del producto y de la disponibilidad de información de calidad.

Lista de comprobación (Checklist)	Listado de preguntas referentes a elementos relevantes del ciclo de vida del producto que ayuda a identificar los puntos fuertes y débiles.
Matriz MET	Matriz que muestra los materiales utilizados (M), la energía consumida (E) y las emisiones tóxicas generadas (T) a lo largo de las diferentes etapas del ciclo de vida del producto. Puede ser cualitativa o cuantitativa
Análisis MIPS	Cuantificación de los recursos materiales utilizados a lo largo del ciclo de vida de un producto en relación a la función que ofrece. Se consideran cinco categorías de materiales: materias primas bióticas (renovables), materias primas abióticas (no renovables), movimientos de tierras en agricultura y silvicultura (incluyendo la erosión), agua y aire.
Demanda acumulada de energía	Cuantificación de la energía consumida directamente o indirectamente a lo largo del ciclo de vida del producto. Hace falta distinguir entre energía procedente de fuentes renovables y de no renovables.
Diagrama de telaraña	Gráfico que representa los diferentes aspectos ambientales relacionados con el ciclo de vida del producto en diferentes ejes que parten de un mismo punto central. Se utiliza sobre todo en la comparación de productos u opciones de diseño
Análisis de Ciclo de Vida (ACV)	Técnica para determinar los aspectos ambientales y los impactos potenciales asociados a un producto mediante la elaboración de un inventario de las entradas y salidas del sistema, la evaluación de los impactos potenciales asociados a estas y la interpretación de los resultados en relación a los objetivos del estudio.

Tabla III Herramientas de análisis ambiental.

1.5.4.3 *Análisis y elección de las estrategias a considerar.*

Los aspectos ambientales considerados en base a los requerimientos fijados y los resultados del análisis ambiental se deben traducir en acciones concretas de diseño. Según el caso concreto, serán más apropiadas unas estrategias de ecodiseño u otras. A la hora de seleccionar las más adecuadas hará falta tener en cuenta, junto con los resultados del análisis ambiental, su viabilidad económica y tecnológica y su aceptación por parte de las personas implicadas.

A continuación se comentan las principales acciones que se pueden desarrollar para poder aplicar estas estrategias de ecodiseño.

a) **Desarrollo de nuevos conceptos**

- **Desmaterialización:** reducir al mínimo posible la cantidad de recursos materiales utilizados para poder desarrollar la función del producto o servicio.
- **Uso compartido:** promover que diferentes usuarios compartan un mismo producto o servicio para poder maximizar su grado de utilización. De este modo se reducen los impactos ambientales asociados a cada una de las veces que se utiliza el producto (en dividirse las mismas cargas ambientales entre un mayor número de utilizaciones).
- **Integración de funciones:** utilizar la misma cantidad de recursos pero dotar de más de una función al producto, de este modo se evitará la necesidad de producir otros productos.

b) Reducción del consumo y diversidad de materiales.

- Minimizar aquellos componentes del producto sin una función importante o que no incrementen su calidad o valor estético.
- Optimizar el grueso de las paredes y la densidad de los materiales.
- Reutilizar partes del producto.
- Evitar el uso de pinturas, lacas u otros tratamientos superficiales.
- Consultar a los proveedores sobre como optimizar el diseño de los productos.
- Considerar el impacto ambiental de los materiales a la hora de seleccionarlos.

c) Selección de materiales de menor impacto ambiental

Para seleccionar estos materiales es recomendable utilizar alguna herramienta de análisis ambiental. Si no es posible, y a sabiendas de que puede haber excepciones, se pueden considerar las siguientes características para poder identificar los materiales ambientalmente más correctos:

- Derivados de recursos naturales.
- Elevado contenido en material reciclado (> 50% en peso).
- Que no contengan sustancias peligrosas.
- Producidos utilizando procesos ambientalmente correctos (que utilicen energías renovables, eficientes en el consumo de energía, etc.).
- Con una intensidad energética baja; es decir, que se haya utilizado poca energía durante su extracción, transporte o transformación.
- Fácilmente reciclables: que existan sistemas viables de reciclaje.

d) Reducción del impacto ambiental de los procesos productivos.

- Reducir el número de etapas productivas: disminuyendo la cantidad de materiales o componentes diferentes, evitando el uso de tratamientos superficiales, etc.
- Seleccionar materiales y procesos que permitan reciclar internamente los residuos de producción (productos defectuosos, pruebas de producción...).
- Escoger procesos de producción ambientalmente correctos (eficientes en el uso de agua y energía que produzcan pocos residuos, que utilicen energías renovables, que reciclen internamente los residuos de producción, etc.).
- Integrar el proceso de diseño en el sistema de gestión ambiental para poder asegurar la incorporación sistemática de la variable ambiental.

e) **Optimización de la distribución.**

- Minimizar el uso de envases: utilizar envases reutilizables, reducir la cantidad de materiales utilizados o dar nuevas funciones a los envases.
- Utilizar materiales de menor impacto ambiental para los envases.
- Marcar los materiales con un símbolo que los identifique.
- Maximizar la cantidad de producto contenida por unidad de volumen durante el transporte y el almacenamiento; por ejemplo, transportar el producto desmontado o apilado.
- Reducir el peso del producto y de su envase para poder disminuir el consumo de energía durante su transporte.

f) **Reducción de los impactos ambientales durante el uso.**

- Reducir el consumo de energía o agua por unidad de servicio en el producto (incorporando sistemas de ahorro o mejorando la eficiencia en el uso).
- Incorporar el uso de energía renovable, incluyendo la generada por el ser humano.

g) **Incremento de la vida útil.**

- Permitir y promocionar la reutilización del producto.
- Identificar y procurar eliminar los puntos débiles del producto (aquellos donde se producen más roturas o que deben ser reparados frecuentemente).
- Escoger materiales y gruesos adecuados por asegurar una buena resistencia del producto al uso continuado.
- Diseñar el producto en módulos que puedan ser actualizados para que pueda adaptarse a las necesidades cambiantes del usuario.
- Facilitar la reparación y mantenimiento (por ejemplo, asegurando que los componentes más vulnerables se puedan desmontar y sustituir fácilmente).
- Proveer de los recambios para la reparación.

h) **Optimización de la gestión de residuos.**

- Utilizar materiales reciclables o biodegradables, teniendo en cuenta la existencia de un sistema de reciclaje establecido para estos materiales en el país dónde será utilizado el producto.
- Utilizar el menor número posible de materiales diferentes.

- Utilizar materiales que sean compatibles en su reciclaje conjunto (es decir, que no haga falta desmontar el producto o, cuando menos, no totalmente).
- Minimizar el uso de pinturas, lacas, aditivos, tratamientos superficiales, etc. que dificulten el reciclaje del material.
- Simplificar el desmontaje del producto:
 - minimizando la cantidad de componentes o materiales (por lo tanto, de uniones).
 - asegurando que los puntos de unión sean fácilmente accesibles y que haya espacio suficiente por utilizar las herramientas necesarias por el desmontaje.
 - procurando que sólo necesite de pocos pasos y de herramientas comunes.
 - utilizando sistemas de unión que se puedan separar tras un uso prolongado.
 - incluyendo símbolos informativos sobre el proceso.
 - concentrando en una misma zona del producto todos los componentes no reciclables.

1.5.4.4 *Comunicación del comportamiento ambiental del producto.*

Los beneficios ambientales del producto o servicio ecodiseñados pueden ser comunicados a los consumidores o clientes utilizando diferentes herramientas.

- Informes anuales de la empresa: En la memoria anual de actividades de la empresa (ya sea la general o la de la esfera ambiental) se puede incluir información sobre los objetivos, el desarrollo y los resultados logrados con el ecodiseño.
- Declaración ambiental del sistema EMAS: Las empresas que aplican el sistema comunitario de gestión y auditoría ambientales (EMAS) deben facilitar al público y otras partes interesadas información ambiental sobre sus actividades, productos y servicios. En este marco, la declaración ambiental que debe realizar la empresa ha de incluir información sobre los aspectos ambientales significativos directos o indirectos relacionados con su actividad. En la declaración se ha de incluir, por lo tanto, información sobre los impactos ambientales asociados al producto y, si se ha llevado a cabo, las mejoras logradas con su ecodiseño.
- Comunicación del sistema de gestión ambiental ISO 14001: Las empresas que aplican el sistema de gestión ambiental de acuerdo con los principios de la norma ISO 14001, han de establecer procedimientos para la comunicación interna y externa. Al considerar la comunicación externa de los aspectos ambientales de los productos, la mejor opción es obtenerla de los procesos de ecodiseño.
- Las ecoetiquetas: Según la norma ISO 14020, el etiquetado ambiental es un conjunto de herramientas voluntarias que intentan estimular la demanda de productos y servicios con menores cargas ambientales, ofreciendo a los compradores información relevante sobre su ciclo de vida.

1.5.4.5 Análisis del proceso de ecodiseño y planificación de nuevas acciones.

Una vez lanzado el producto al mercado, hace falta analizar los resultados logrados así como el proceso general desarrollado. Esto ayudará a mejorarlo de cara al futuro y también a planificar futuras acciones relacionadas con el medio ambiente.

- Las preguntas siguientes han de ayudar a evaluar el producto ecodiseñado:
 - ¿Qué mejoras ambientales se han conseguido con el nuevo producto?
 - ¿En qué etapas del ciclo de vida se ha producido la principal disminución de impactos ambientales?
 - ¿Qué resultados económicos se han conseguido?
 - ¿Se han reducido los costes de fabricación (en el caso de un eco-rediseño)?
 - ¿En que medida las estrategias adoptadas han contribuido a la mejora ambiental?
 - ¿Hay solución para las estrategias que han fallado (rediseño)?
 - ¿Qué consideraciones habremos de tener en cuenta en un futuro diseño?
 - ¿En que medida los cambios en el producto han resultado radicales?
- Para poder evaluar el proceso de ecodiseño, se pueden responder las preguntas siguientes:
 - ¿Ha funcionado la aproximación por fases del proyecto?
 - ¿Ha funcionado el equipo? ¿Cuales han sido los principales obstáculos o problemas?
 - ¿Cuales son las áreas dónde haría falta ampliar la información?
 - ¿Hace falta incluir otras partes interesadas?
 - ¿El cliente ha notado y ha reconocido el cambio?

1.5.5 Resolución de la metodología del ecodiseño aplicada a la pieza a diseñar.

Una vez expuesta toda la base teórica del ecodiseño, en este apartado pondremos en práctica todo lo comentado con anterioridad aplicado a la pieza a diseñar.

Como anteriormente se ha comentado, la pieza objeto del ecodiseño es la maneta o tirador de la nueva colección de mobiliario ecológico que tiene intención, nuestro cliente, de lanzar al mercado.

Es por esto, que todo el diseño ecológico que a continuación se explica, va referido a la mencionada pieza y a su producción. Este estudio ambiental se complementará con todo el desarrollo de los diferentes elementos que componen este proyecto.

1.5.5.1 Análisis de los requisitos ambientales de la pieza a diseñar.

Como anteriormente se ha comentado, la pieza no está expuesta a ninguna solicitud especial, los muebles están pensados para el ámbito de oficina y las consideraciones a tener en cuenta con la pieza a diseñar son las normales de una pieza de sus mismas características.

Los requisitos principales de la pieza a diseñar serán:

- El tirador debe de ser lo más ergonómico posible, para hacer el tacto de la pieza más cómodo.
- La geometría diseñada deberá cumplir todas las exigencias que someten a la pieza durante su uso.
- En el diseño de la pieza se deberá contemplar una reducción del consumo de recursos naturales, buscar un aumento de la durabilidad del producto y aumentar su reciclado para hacerlo más fácil.

Una vez identificados los requisitos generales del diseño, teniendo en cuenta al mismo nivel los requisitos ambientales, vamos a intentar exponer los motivos que han conducido a nuestro cliente a la aplicación del ecodiseño a su producto, ya que así nos ayudará a identificar y entender los requisitos principales de la pieza.

Los factores que han motivado al cliente son:

- Principalmente por la voluntad de reducir costes, la empresa cada vez más presionada por las políticas de costes de la competencia decide una reducción de gastos en el proceso de fabricación de sus productos con la consecuente reducción de los impactos ambientales.
- Otros factores motivadores son, por un lado la presión tanto de los consumidores como las legislativas, se endurecen las directivas europeas sobre la calidad ambiental del producto final, y por otro lado están los factores de calidad de producto, con el ecodiseño se intenta mejorar la calidad ambiental de sus productos para que estos tengan valor añadido respecto a los productos de la competencia.
- Otro de los aspectos motivadores sería el deseo de innovación continua, el cliente desea posicionarse como empresa innovadora puntera en su sector, para poder entrar en los nuevos mercados verdes. Otro factor muy importante es un deseo expreso de cambio tecnológico, el cliente está muy concienciado ambientalmente hablando y desea adquirir nueva maquinaria e implantar nuevos procesos productivos para así fomentar la búsqueda de nuevas aplicaciones que aumenten la rentabilidad de su sistema productivo.

Una vez identificados los requisitos principales y los factores motivadores del cliente, se intentará profundizar aun más en el análisis de la pieza a diseñar para poder llegar a identificar con claridad los puntos potenciales de mejora.

1.5.5.2 Análisis ambiental.

En este apartado se intentará adoptar una visión integradora de nuestra pieza a diseñar y el medio ambiente. Aquí consideraremos el impacto ambiental de la pieza durante todo su ciclo de vida y contemplaremos también el impacto de los elementos que permiten a la pieza desarrollar su función.

Para este cometido utilizaremos la matriz MET que es un método cualitativo que sirve para obtener una visión global de las entradas y salidas en cada etapa del ciclo de vida de la pieza.

	Uso de MATERIALES (Entradas)	Uso de ENERGÍA (Entradas)	Emisiones TÓXICAS (Salidas)
Obtención y consumo de materiales y componentes	- Plástico (0.04 kg)	- Transporte del plástico hasta fábrica (0.03 Kwh). - Transporte de los tornillos y tuercas a fábrica (0.03Kwh)	- Emisiones toxicas producidas por la fabricación del plástico.
Producción en fábrica	- Materiales auxiliares (desengrasantes, lubricantes,..., para las máquinas del sistema productivo) - Tornillos y tuercas utilizados para el anclaje de la pieza a la madera.	- Energía consumida en el proceso de moldeo de la pieza.	- Residuos plásticos. - Restos de lubricantes y desengrasantes.
Distribución	- Embalajes del producto (bolsa de PS (0.1 kg) y cartón (0.1 kg))	- Gasóleo para transporte (camiones) (0.3 Kwh)	- Emisiones de la combustión del gasóleo. - Restos de embalajes (bolsa de PS (0.1 kg) y cartón (0.1 kg)) ambos reciclables.
Uso o utilización			
Sistema de final de vida Eliminación final			RECICLAJE - Plásticos (0.04 kg)

Tabla I Matriz MET.

Los datos que se muestran en la matriz MET son a niveles muy aproximados, los pesos de las materias primas así como todos los impactos derivados de todas las etapas que presenta la matriz son orientativas, debido a que no disponemos de toda la información que se necesitaría para un análisis ambiental exhaustivo de todo el ciclo de vida de nuestra pieza.

Una vez hemos planteado la matriz MET, podemos empezar a extraer conclusiones que nos llevarán a la identificación de los puntos potencialmente mejorables. Con la matriz MET tenemos una visión global, en un espacio de tiempo corto, sobre las prioridades ambientales dado que, como consecuencia de la tipología de nuestro producto, no necesitamos demasiada precisión en el análisis.

Observando la matriz MET nos damos cuenta que las etapas con mayor impacto ambiental son la etapa de producción en fábrica y distribución. Todo y que la etapa de obtención y consumo de materiales y componentes es bastante impactante ambientalmente hablando, aquí no podemos actuar ya que los impactos están relacionados con los procesos productivos de los proveedores así como el transporte de los materiales.

Queda claro entonces, que la etapa donde actuaremos será en la etapa de producción en fábrica, ya que, como anteriormente hemos explicado, en la obtención y consumo de materiales y componentes no podemos actuar y la etapa de distribución no es competencia de este proyecto.

A continuación, se podría proceder a la utilización de otras herramientas de análisis más cuantitativas para poder contabilizar con más precisión los impactos creados durante el ciclo de vida de la pieza a diseñar, pero no será necesario debido a que el ciclo de vida de la pieza no es tan complejo comparado con otros

productos y con la matriz MET se ve claramente en las etapas donde se debe actuar.

1.5.5.3 Análisis y elección de las estrategias a considerar.

Una vez considerados los requisitos principales y con los resultados del análisis ambiental, podemos concretar las prioridades en el diseño. Las acciones emprendidas que se exponen a continuación se han tomado mediante criterios de viabilidad económica y tecnológica, y la herramienta utilizada para la obtención de las mismas ha sido el brainstorming (lluvia de ideas).

Las acciones de diseño concretadas son las siguientes:

a) Desarrollo de nuevos conceptos

En esta estrategia de diseño, hemos decidido introducir conceptos nuevos en cuanto a ergonomía. Normalmente en los diseños de este tipo de piezas, a nivel de ergonomía, en las empuñaduras se introducen nervios para reforzarlas. Nuestro concepto nuevo de pieza se basará en la eliminación de los nervios, y se diseñará como pieza maciza para reforzarla y darle más consistencia, con esto conseguimos potenciar la ergonomía en relación con diseños de otras piezas.

Para dicho diseño macizo, se optará por la inyección secuencial TWINSHOT, que más adelante desarrollaremos.

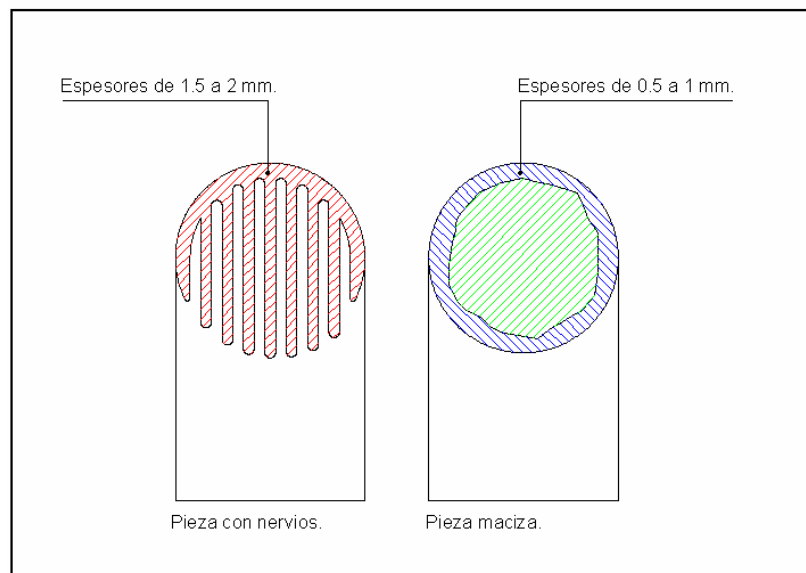


Figura I Concepto nuevo de ergonomía en pieza.

b) Reducción del consumo y diversidad de materiales.

En esta estrategia, intentaremos lograr una reducción del consumo, incorporando material reciclado en la fabricación de la pieza a diseñar. Se decide beneficiarse del Real Decreto 1383/2002 sobre la gestión de vehículos al final de su vida útil, este Real Decreto intenta reincorporar las partes reutilizables de los vehículos como materia prima, decidimos utilizar como material plástico la PA66 GF30, ya que es el tipo de plástico utilizado mayoritariamente en automoción y nos podría suministrar materia prima reciclada a bajo coste.

En cuanto a la diversidad de materiales, se entiende que en el proceso de fabricación TWINSHOT se utilizará material reciclado para el núcleo de la pieza y material virgen para la piel de la pieza,

optaremos por utilizar la PA66 GF30 como material virgen, así conseguiremos acabar con la diversidad de materiales, ya que las dos capas de la pieza serán del mismo material, y se hará, al final de la vida útil de la pieza, el reciclado más fácil, ya que la pieza se fabricará totalmente de plástico y no llevará ningún tipo de injerto de otro material que pueda complicar el reciclado de ésta.

c) Selección de materiales de menor impacto ambiental

En esta estrategia la elección de un material de menor impacto ambiental la hemos desestimado, ya que cualquier plástico elegido de la amplia gama será en menor o en mayor proporción contaminante. Es por esto que nos hemos decantado por la incorporación de material reciclado en el proceso productivo de la pieza diseñada.

d) Reducción del impacto ambiental de los procesos productivos.

En esta estrategia, condicionada por las dos estrategias anteriores, nos hemos decidido por implantar un proceso productivo alternativo para la pieza diseñada como se ha comentado en las otras estrategias. El proceso de producción se llevaría a cabo mediante inyección secuencial, utilizando el sistema de husillo especial TWINSHOT, comentado y desarrollado en los apartados siguientes. Este tipo de inyección nos permitirá inyectar dos materiales en la misma pieza, uno lo inyectaremos como piel de la pieza, y el otro lo inyectaremos como núcleo de la pieza, este último podría ser material reciclado.

e) Optimización de la distribución.

En esta estrategia no actuaremos en ningún caso, ya que no es competencia del presente proyecto y si es competencia del cliente.

f) Reducción de los impactos ambientales durante el uso.

En esta estrategia no podemos actuar de ninguna forma, ya que nuestra pieza a diseñar, una vez fabricada y montada en los cajones o puertas, no produce ningún impacto ambiental significativo a tener en cuenta. Es por esto que se desestima cualquier estrategia relacionada en la etapa de uso del ciclo de vida de nuestra pieza diseñada.

g) Incremento de la vida útil.

En esta estrategia, el incremento de la vida útil de la pieza diseñada pasará por la optimización del nuevo diseño para asegurar una buena resistencia y así facilitar su uso continuado. Otra de las estrategias pasará por permitir y promocionar la reutilización del producto una vez acabe su ciclo de vida, esto lo fomentamos utilizando el mismo material PA66 GF30 tanto para la piel como para el núcleo, para que al final de su vida útil, la reutilización del elemento sea máxima. También se promociona dicha reutilización mediante el marcado de la pieza con el tipo de plástico utilizado.

h) Optimización de la gestión de residuos.

En esta estrategia, la optimización la realizamos por la incorporación de material reciclado al proceso productivo de nuestra pieza a diseñar. También, para homogeneizar los materiales que constituyen la pieza diseñada, el material del núcleo y la piel de la pieza serán del mismo material los dos, comentar que el material virgen de la piel será colorado al gusto.

Después de la exposición de las estrategias a tener en cuenta para el correcto diseño ecológico de la pieza, ya podemos ejecutarlas y ponerlas en práctica para poder llegar a los objetivos establecidos.

1.6 Tecnología asistente al ecodiseño.

1.6.1 Aspectos del proceso de inyección.

El proceso de inyección es un método de transformación que consiste en introducir en la cavidad de un molde una cantidad dosificada de material plástico fundido de forma homogénea, tras un periodo de tiempo, la masa de material plástico solidifica y la pieza puede extraerse del molde una vez abierto. Características del proceso de inyección:

- Las piezas terminadas se obtienen a partir de una sola etapa.
- Normalmente, las piezas inyectadas, no necesitan ningún acabado posterior.
- Es un proceso totalmente automatizado.
- Las condiciones de fabricación son fácilmente reproducibles.
- Las piezas terminadas son de elevada calidad.

Para la elaboración de piezas moldeadas, se dispone de una gran variedad de máquinas de inyección en el mercado. Los componentes principales de una máquina de inyección son:

- **Unidad de inyección:** La unidad de inyección es la encargada de plastificar el material dentro del cilindro y de inyectarlo posteriormente en el molde.
- **Unidad de cierre:** La unidad de cierre es la encargada de aplicar la fuerza de cierre necesaria para mantener el molde cerrado durante la inyección del material, contrarrestando las altas presiones que alcanzan en esta etapa del proceso de inyección. Además permite realizar los movimientos de apertura y cierre del molde.
- **Unidad de control:** La máquina de inyección incorpora un cuadro de mandos que es desde donde se gobierna toda la máquina, ajustando los parámetros de operación más importantes.

1.6.2 ¿Que es la inyección multicomponente?

La inyección multicomponente, técnica industrial que aparece en los años 70, es un proceso de inyección que introduce de manera secuencial o simultánea en un molde, distintos materiales mediante varias unidades de inyección. Gracias a este tipo de inyección podemos fabricar piezas terminadas sin necesidad de manipulación posterior.

A continuación se muestra un esquema con todos los tipos de inyección que existen.

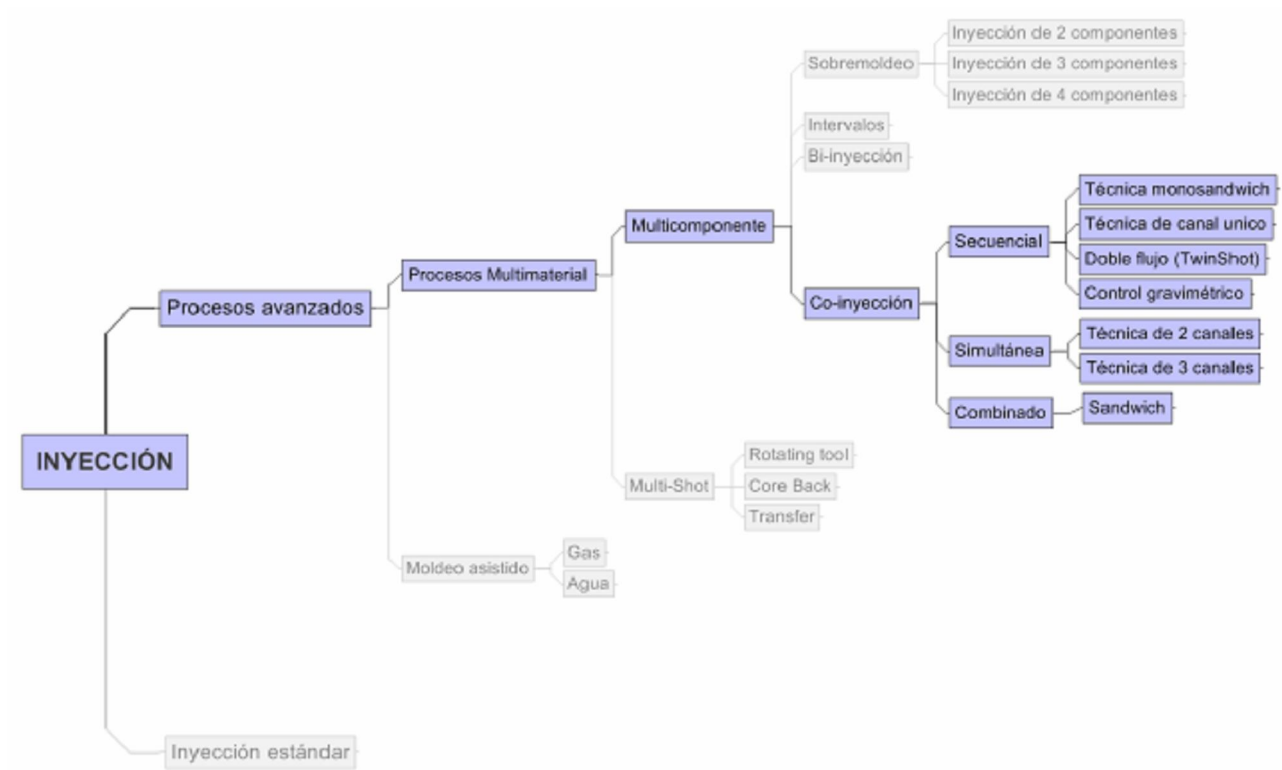


Figura I Tipos de inyección

1.6.3 Métodos de inyección multicomponente

Sobremoldeo: Técnica utilizada para inyectar componentes de forma secuencial. La pieza inyectada se consigue en dos fases diferenciadas:

- La primera, se inyecta el primer componente
- La segunda, el molde o la pieza gira y se inyecta el segundo componente.



Figura II Piezas inyectadas por sobremoldeo.

Dentro del sobremoldeo, existen varias técnicas dependiendo del movimiento que realiza el molde.

- **Plato giratorio:** Técnica en que los pre-moldeos y las partes acabadas se producen en paralelo. Permite la inyección paralela de ambas unidades de inyección y da lugar a ciclos de tiempo más cortos que con otras técnicas. La rotación del molde puede ser entera, donde se puede tener un sistema de inyección de más de dos componentes, o limitada, limitada a la parte del molde que contiene los pre-moldeos.
- **Transferencia o cambio de posición:** El pre-moldeo se desplaza a la posición de acabado por medio de máquinas manipuladoras o robots. Normalmente se utiliza la misma máquina o robot para desplazar los pre-moldeos y sacar los productos terminados.
- **Pieza móvil o deslizante (sobremoldeo con corredera):** Después de la inyección del pre-moldeo, el molde se mantiene cerrado y una pieza deslizante que bloquea el espacio de la cavidad del segundo componente se retira para dar espacio a este.

Inyección a intervalos: Técnica donde se incorporan dos componentes plásticos de manera alterna a las cavidades. Estos dos plásticos se almacenan en una boquilla mezcladora especial, fuera del molde, antepuesta al sistema de bebedero. En esta técnica se producen los efectos de coloridos, al contrario que en el sobremoldeo, por la penetración de ambos componentes uno dentro del otro.



Figura III Piezas inyectadas por inyección a intervalos.

En la inyección a intervalos los dos grupos de inyección se conectan mediante una unidad de intervalos especial en cuyo interior se encuentra la boquilla mezcladora, la unidad se monta delante del molde.

Bi-inyección: Técnica en la que se llena simultáneamente, la cavidad, con dos componentes distintos que proceden de dos puntos diferentes de inyección. La problemática de esta técnica es que al inyectar dos componentes distintos la línea de soldadura, que se produce por el encuentro de dichos componentes, queda un poco descontrolada.

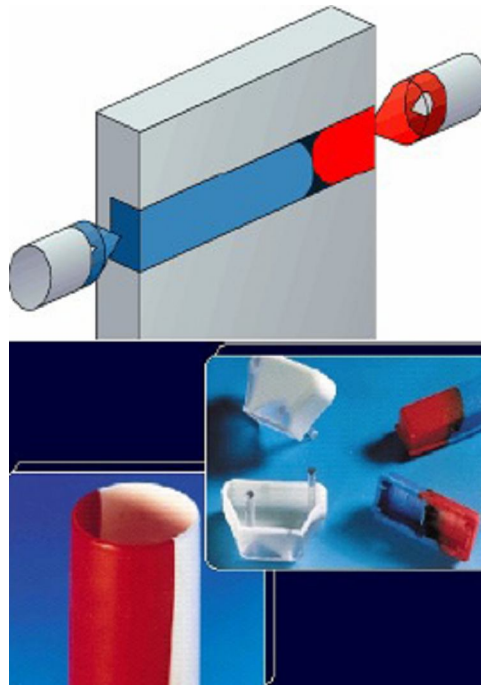


Figura IV Particularidades de la bi-inyección.

Co-inyección: Variante del proceso de moldeo por inyección multimateria de dos componentes, esta técnica permite encapsular completamente uno de los componentes inyectados, el proceso consiste en una serie de inyecciones secuenciales de dos componentes diferentes a través de la misma tobera, de manera que el segundo componente queda encapsulado por el primero (3 etapas).



Figura V Piezas inyectadas por co-inyección.

En esta técnica ambos componentes pueden ser del mismo material o también pueden ser de distintos materiales. En este último caso, los materiales a inyectar deben de ser compatibles, es decir, deben tener una temperatura de fusión y viscosidad similar.

1.6.4 Descripción técnica de la co-inyección.

Esta técnica se consigue mediante el uso de máquinas con dos grupos independientes de inyección, controladas de forma individual, y una boquilla o bloque común de inyección provisto de un cabezal de conmutación y distribución.

Debido al comportamiento del flujo de los compuestos fundidos y a la solidificación de los mas externos, se produce una capa fría del primer componente inyectado que crece a medida que la pieza se enfría, el material del núcleo, fundido, fluye entre el material solidificado, empujando a este hacia los extremos de la cavidad y llenándola. Para acabar, se inyecta una pequeña cantidad del primer material para purgar el canal de alimentación y eliminar la superficie de la pieza de material interno.

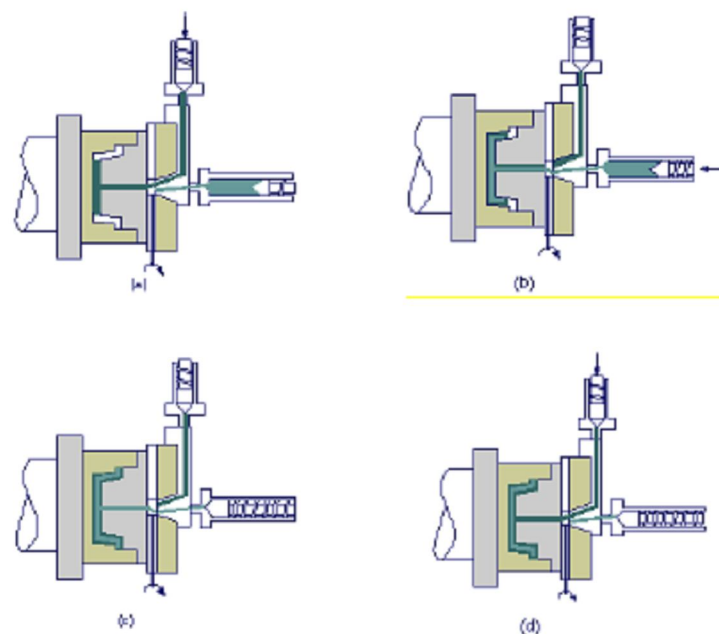


Figura VI Etapas de la co-inyección.

Cuando no se utilizan cantidades adecuadas de cada uno de los componentes, el material externo es penetrado por el material interno durante el proceso de llenado, produciendo el efecto conocido como break through phenomenon.

La relación de viscosidad de los dos componentes inyectados juega un papel muy importante en la formación de la región interfacial, afectando sobretodo al espesor de la capa externa y a su uniformidad.

Todo y que el proceso presenta alguna que otra dificultad, el uso de esta tecnología supone el no uso de aditivos caros y complejos que permite reducir costes en el proceso.

1.6.4.1 Técnicas de co-inyección.

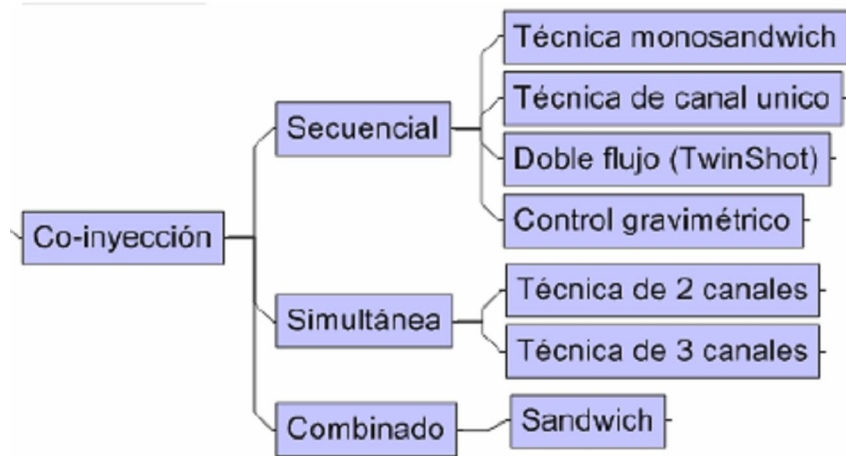


Figura VII Clasificación co-inyección.

La co-inyección se divide en tres técnicas:

Inyección secuencial: Se inyectan los componentes de manera alterna.

- **Técnica del canal único:** Primero se inyecta el material de la piel y después el material del núcleo. En el punto de cambio de un material a otro se produce una caída de presión en el molde, esto es una limitación de la técnica pudiendo producir defectos en la superficie de la pieza. Se utiliza para secciones gruesas, y los espesores de los materiales se controlan mediante parámetros de inyección y las viscosidades.
- **Técnica del Monosándwich:** En esta técnica se introduce los componentes mediante una inyectora estándar. Se consigue mediante la fusión del material de la piel a través de una extrusora, este material fundido es conducido gracias a un sistema especial de cámara caliente a la parte delantera del husillo de la inyectora, dicho material fundido empuja el husillo hacia atrás. Cuando en el husillo de ha acumulado el suficiente material, el husillo empieza a girar para alimentar el material del núcleo, una vez plastificado el material del núcleo, la inyectora introduce los dos materiales en el molde de forma convencional.

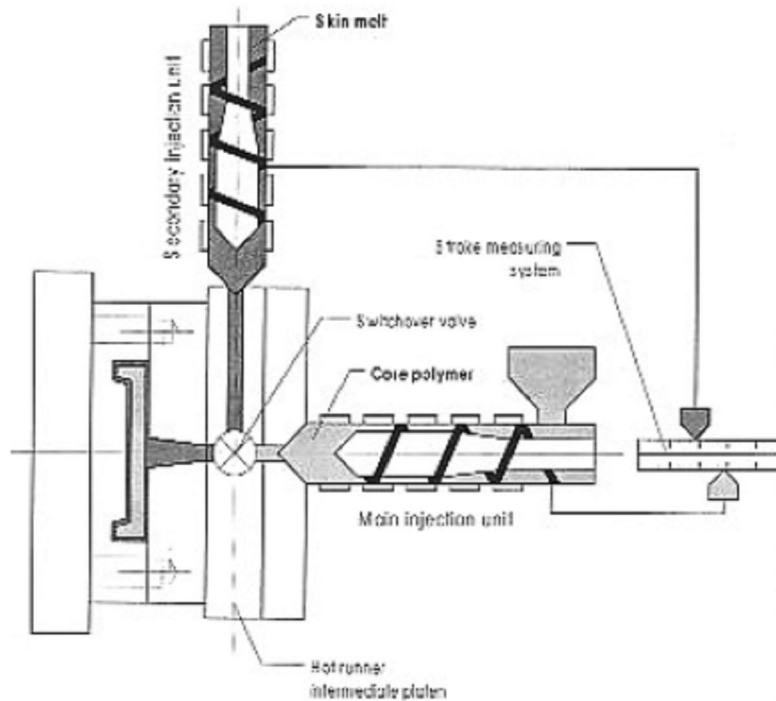


Figura VIII Técnica Monosandwich

Las ventajas principales de esta técnica son, la primera que se puede utilizar una máquina de inyección totalmente convencional, solo hace falta una extrusora al lado de la inyectora, y la segunda es la rapidez de cambio de color y material comparado con otras técnicas.

El inconveniente es que al inyectar con una sola unidad de inyección, hay un mal control de la configuración piel/núcleo cuando la forma del molde es compleja.

- **Doble flujo (TWINSHOT):** Técnica de co-inyección bimatéria con un único conjunto de inyección. Este sistema es aplicable a una máquina de inyección estándar mediante un proceso de inyección normal, esto es posible gracias a que utiliza un husillo de geometría especial, de forma que se consiguen plastificar e inyectar dos flujos independientes.

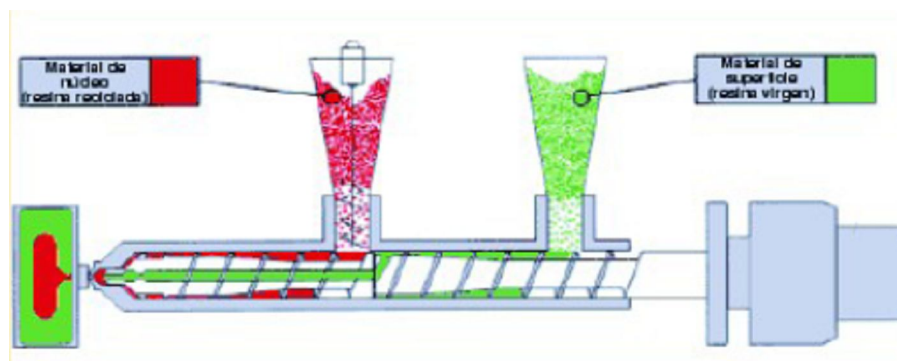


Figura IX Sistema twinshot.

En el husillo especial TWINSHOT existen dos secciones bien diferenciadas, una para el material exterior y otra para el material interior. El llenado del molde hace que el material exterior recubra la superficie de la cavidad y se enfríe, mientras que el material interior rellena el núcleo de la pieza. El grosor de ambas capas de material se regula variando la carga de la máquina y la velocidad del husillo.

Partes del sistema TWINSHOT:

- Conjunto plastificación especial: dos husillos con dos puntos de alimentación.
- Dosificador de velocidad variable.
- Válvulas antirretorno en ambos husillos.
- Puntera de husillo especial que vacía totalmente la cámara después de cada inyección.

Las ventajas fundamentales del sistema TWINSHOT respecto a la co-inyección convencional son:

- Inversión más reducida en relación a la co-inyección convencional.
- Fácil transformación de una máquina convencional.
- Menor coste de aprendizaje y mantenimiento.
- Posibilidad de pasar rápidamente de inyección multicomponente a inyección monocomponente.

Las limitaciones que impiden la utilización del sistema TWINSHOT son:

- Solo se puede hacer capas tipo sándwich.
- Menor diámetro de husillo posible de 25 mm.
- Moldes de varias cavidades, el llenado no será homogéneo en ambas cavidades.
- Paredes muy delgadas (< 0.5 mm) no llegan a llenarse con ambos materiales.

- Control gravimétrico:** Ambos componentes se inyectan en el molde en una misma carrera de husillo. Los materiales están dispuestos uno detrás del otro de manera que el componente situado delante es desplazado por el que le sigue, resultando así la capa exterior de estructura sándwich. La cantidad exacta de material se dosifica mediante un controlador.

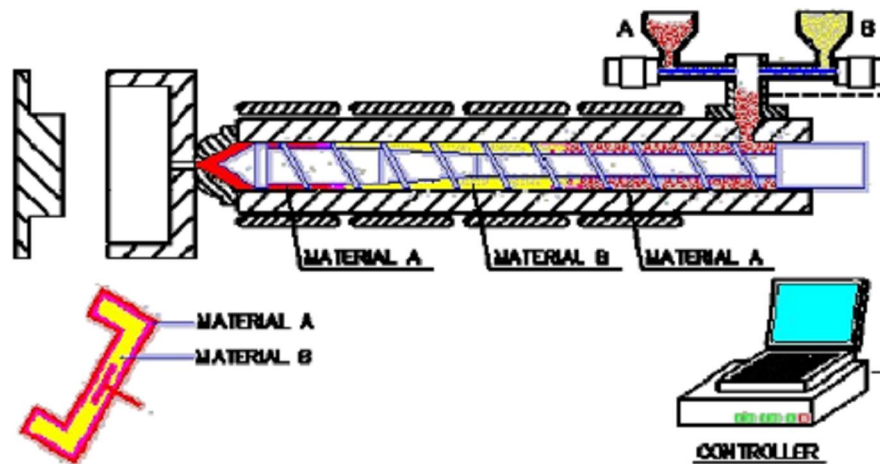


Figura X Control gravimétrico.

Inyección simultánea: Se inyectan los dos componentes de manera simultánea en un periodo corto de tiempo.

- Técnica de dos canales:** Inicialmente en este proceso se inyectaría plástico fundido del material de la piel en la cavidad, después de 0.1-0.3 segundos, el núcleo es inyectado y durante un momento hay una inyección simultánea de ambos componentes. El material del núcleo es el que desplaza al material de la piel contra las paredes de la cavidad donde se enfría y se solidifica. En la etapa final, se inyecta material del núcleo aunque a veces se inyecta material de la piel para encapsular el núcleo y cerrar la pieza. Se usan dos unidades de inyección, las cuales se juntan a través de una boquilla especial.

La fase de inyección simultánea de la piel y el núcleo evita problemas producidos por la técnica de canal único, ya que mantiene constante la velocidad del flujo. Mas abajo se puede observar unos gráficos de las diferencias entre la inyección secuencial y simultánea, la caída de presión que se produce en ambas técnicas es menor en la inyección simultánea.

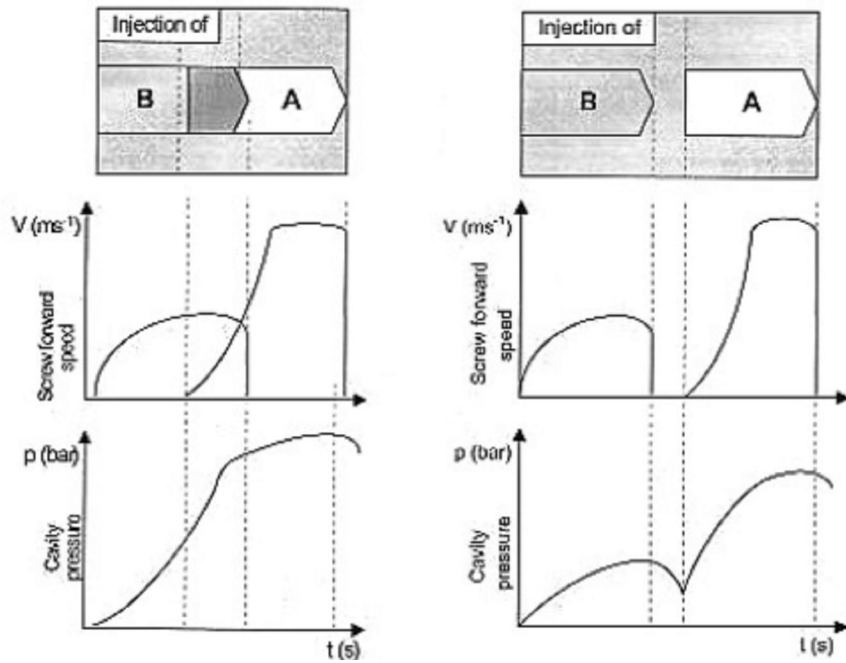


Figura XI Comparación perfil de velocidad de inyección/tiempo del proceso de inyección secuencial y simultánea.

- Técnica de tres canales: En esta técnica, el canal adicional se utiliza para la piel, para mantener el espesor de la piel en esta área. El canal adicional puede alcanzar el lado opuesto del molde, permitiendo regular las dos superficies por separado y controlar el espesor de la superficie.

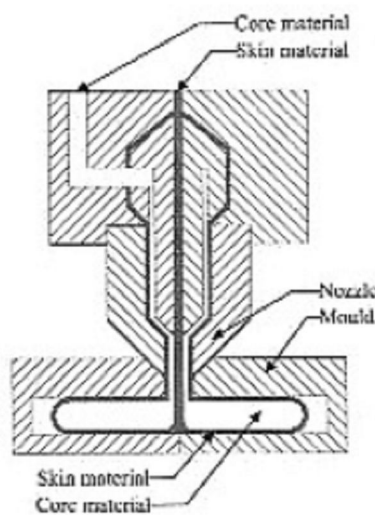


Figura XII Sistema inyección tres canales.

El coste de máquina para esta técnica es elevado, ya que el sistema de canales es complejo y requiere una tercera unidad de inyección.

Inyección combinada: Se puede considerar secuencial o simultánea dependiendo de la programación de la fase de inyección.

- **Sándwich:** Técnica que requiere dos unidades de plastificación y de un dispositivo que controle la conmutación de los dos flujos. Las dos unidades inyectoras están conectadas a una boquilla especial y desde allí se inyectan al molde. Está dividida en tres fases:

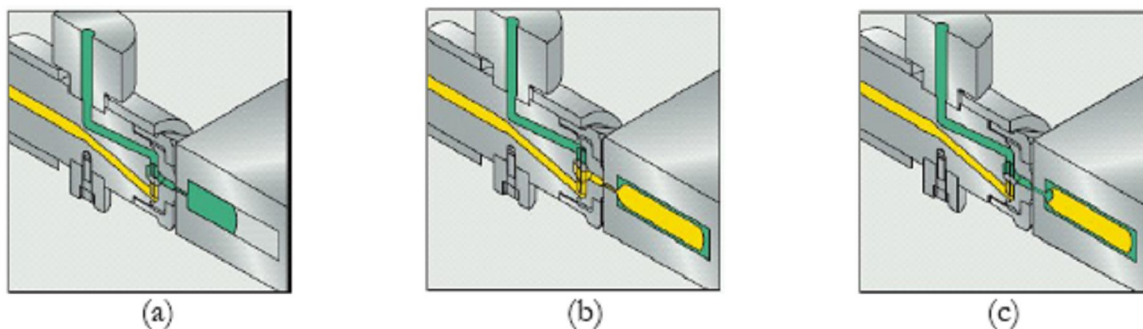


Figura XIII Etapas de la inyección sándwich.

En la etapa (a) se llena la cavidad parcialmente de material de la piel, después en la etapa (b) se inyecta el componente del núcleo a través del alma plástica del material incorporado. Por último, la etapa (c) con el primer componente se produce el cierre del bebedero. Dependiendo de la programación de la fase de la inyección de cada una de las inyectoras se puede tener inyección secuencial o simultánea.

1.6.5 Aplicaciones

En la actualidad los principales sectores donde se aplica la co-inyección son:

- Automoción en parachoques y componentes del interior del coche.
- Fontanería en mandos, componentes de grifo e inodoros.
- Electrodomésticos en tiradores y paneles de puertas.

El desarrollo de la co-inyección surge por la necesidad del empleo de material reciclado sin perder propiedades superficiales que supone el uso de material virgen, es por esto que la aplicación de esta técnica está extendida a diferentes sectores debido a la gran variedad de ventajas que presenta (reciclado de material, utilización de menos aditivos, etc.).

La principal desventaja de la co-inyección está en la complejidad de las máquinas necesarias, lo que incrementa su coste comparado con máquinas convencionales entre un 25 al 30%.

A continuació se detallen les actuals aplicacions del moldeo per co-injecció segun combinació de materials pell/núcleo de la peça:

- Pell blanda/núcleo rígid: Con esta aplicació se consigue cierta rigidez estructural pero con sensació de pell suave. Los ejemplos van desde mangos de puertas, palancas de engranaje hasta los volantes de coche.



Figura XIV Componente inyectado con piel blanda y núcleo rígid.

- Núcleo con material conductor: Esta aplicació se utiliza para piezas que necesitan cierto aislamiento electromagnético (impedir interferencias electromagnéticas). Se ha demostrado que componentes con una alta conductividad, se reduce dicha conductividad al ser inyectados, la alta presión y la baja orientación durante la fase de inyección pueden ser las responsables de este fenómeno.



Figura XV Componentes inyectados con material conductor.

- Piel de material virgen/núcleo de material reciclado: Esta aplicación es la más sostenible y económica de todas ellas, se suele aplicar a mobiliario de jardín, para choques de coches, letreros urbanos o en material eléctrico. La utilización de material reciclado en la inyección de piezas se prevé que experimente un aumento ante las legislaciones aparecidas, como por ejemplo en la legislación relativa a Vehículos Fuera de Uso (VFU's), por lo que surge una gran necesidad de aumentar el nivel de reciclado de materiales plásticos.

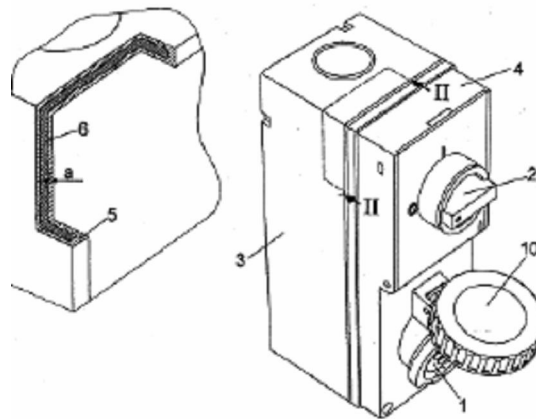


Figura XVI Componentes inyectado con núcleo reciclado.

- Núcleo con material reforzado: Aplicación que se utiliza cuando aparecen elevados requisitos estéticos y de funcionamiento estructural en las piezas a inyectar. Se suele inyectar el mismo material como piel y núcleo, reforzando este último con fibra de vidrio.
- Piel con aditivo y con color/núcleo sin color: Aplicación que se utiliza de manera que se consigue reducir el coste de pigmentos, ya que se colorea la parte exterior de la pieza mientras que el núcleo es incoloro. Los ejemplos van desde envases de yogures hasta manetas de coche que solo van lacadas por la parte exterior.



Figura XVII Piezas inyectadas con piel aditivada y con color.

- Núcleo espumado/piel rígida: Aplicación que se utiliza en piezas que necesitan un buen acabado superficial, baja densidad y alta rigidez. El material del núcleo es espumado, aportando grosor y peso en la pieza, y la piel de material duro, produciendo una piel sólida y brillante.

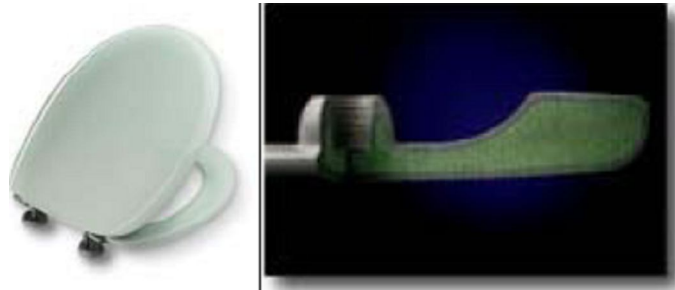


Figura XVIII Piezas con núcleo espumado.

- Núcleo con aditivo/piel de material virgen: Aplicación en la que se inyecta en la pieza un material robusto en la parte exterior y un material más blando para la parte interior. Los ejemplos de aplicación van desde la fabricación de gafas hasta la fabricación en el sector de envasado de líquidos.



Figura XIX Piezas con núcleo con aditivo y piel virgen.

1.6.6 Tendencias.

Debido a las legislaciones ambientales aparecidas en los últimos años, existe un notable interés en el estudio de la tecnología de la co-inyección. Estos estudios van desde desarrollos en el campo de la medicina, estudios relacionados con bio-materiales, hasta el desarrollo de estructuras sándwich en las que el material de recubrimiento es un polímero conductor.

Ejemplos de aplicaciones potenciales en el desarrollo de esta tecnología:

- Sustitución del pintado posterior de piezas de plástico con pigmentos de alto coste.
- Sustitución a la aplicación de recubrimientos metálicos para barrera electromagnética superficial en piezas poliméricas, en equipos electrónicos.

- Se han realizado estudios experimentales en los cuales se han inyectado PES cargados con filamentos conductivos en la parte de la piel, con la finalidad de reducir cargas electrostáticas superficiales en las piezas, esencial en la producción de partes electrónicas.
- La co-inyección también puede aplicarse conjuntamente con la utilización de nanopartículas para mejorar la conducción en piezas.
- Para la mejora de la resistencia superficial en las piezas, combinando las propiedades de los distintos materiales utilizados.

Conforme pasan los años van surgiendo nuevas variantes del proceso de moldeo por inyección. La técnica de la inyección por gas combinada con el moldeo por co-inyección es una nueva técnica que esta en el mercado. El uso de esta técnica permite fabricar piezas de menor peso, debido a la introducción de gas, y en consecuencia un ahorro en costes de materia prima, que se hace interesante en piezas con espesores de pared considerables.

Un ejemplo claro de esta técnica es una pieza de automoción (maneta de coche) donde se co-inyecta el núcleo con material reforzado y la piel sin refuerzo introduciendo gas en el interior de la pieza.



Figura XX Manetas co-inyectadas con gas.

En la actualidad, las líneas de investigación se basan en la posibilidad de mejorar las propiedades de los plásticos reciclados a través de un moldeo de inyección asistido por vibración (VAIM).


1.6.7 Conclusiones.

Después de analizar todos los procesos de la co-inyección, estamos en condiciones de seleccionar el proceso más adecuado para la inyección de la pieza diseñada.

Para la fabricación de la pieza nos hemos decantado por el sistema de inyección secuencial TWINSHOT, ya que:

- Es el sistema de co-inyección que requiere menor coste de inversión.
- No hay que modificar la máquina de inyección para su utilización.
- No requiere ningún tipo de aprendizaje en relación con la técnica a emplear.
- Se puede pasar de monocompente a bicomponente de forma rápida, ya que el husillo es de fácil instalación y extracción según fabricante.

El husillo especial TWINSHOT lo fabrica la marca americana SPIREX. A continuación presentamos la hoja de pedido que remitimos a la empresa americana para la adquisición de husillo especial TWINSHOT de diámetro 30 mm.

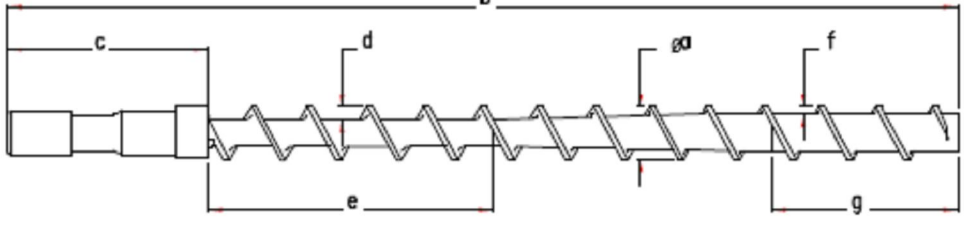


MULTI-MATERIAL MOLDING QUESTIONNAIRE

Name Francisco J. Pena Pineda / Eva Mª Hernández Alonso Title Ecodiseño de un termoplástico
 Company Ecodiseños Hernández & Pena Address C/ Major N° 23
 City Vilanova i la Geltrú State/Province Barcelona Postal Code 08950
 Country España E-mail Ecodiseños Hernández & Pena@postal.com
 Phone +346589423 Fax 934542113 Date 15/01/2008

SCREW RECOMMENDATION FOR INJECTION PROCESS (Please Supply The Following Information So That SPIREX May Reply To Your Request)

MACHINE SPECIFICATIONS
 O.E.M. ARBURG ALLROUNDER 320A
 Model # ARBURG ALLROUNDER 320A Serial # 125689235712-XL Year Mfrd. 2000
 Rated Shot Size Styrene 85 cm³ Clamp Tonnage 500 kN Stroke of Injection Unit 77 g
 Max. RPM _____ Max. Injection Pressure 2000 bar
 Max. # of Barrel Temperature Zones _____ Max. Sled Travel Available 142 cm³/s



SCREW DIMENSIONS
 a) 30 mm d) 3 mm g) 150 mm
 b) 600 mm e) 160 mm
 c) 150 mm f) 1.8 mm

RESIN REQUIREMENTS
 Resin to be used for Skin PA66 GF30 Fillers, Additives None Colorants None
 Resin to be used for Core PA66 GF30 to recycle Fillers, Additives None Regrind % -----

PART DATA
 Product Weight 34.63 g
 Maximum _____
 No. of Cavities 2
 Hot or Cold Runner Hot Runner to 100 °C

PROCESS REQUIREMENTS
 Desired Cycle Time 36 s
 Desired Screw Recovery 30 mm

PLEASE FAX YOUR COMPLETED QUESTIONNAIRE TO SPIREX CORPORATION AT (330) 726-9437. OUR TECHNOLOGY SYSTEMS GROUP WILL REVIEW YOUR INFORMATION AND MAKE RECOMMENDATIONS SO WE CAN PROVIDE YOU WITH OUR TWINSHOT SYSTEM PROPOSAL.

© Spirex Corporation 2001-2003

Figura XXI Hoja de pedido husillo TWINSHOT.

Una vez hacemos llegar la hoja de pedido a SPIREX, solo hace falta la recepción del material y la instalación del husillo especial en la máquina ALLROUNDER 320 A. Según el fabricante, el husillo especial TWINSHOT no requiere de ninguna contraindicación especial para su montaje en máquina, ya que aseguran que la instalación de este husillo se hace de forma convencional.

A continuación presentamos un cuadro con los grosores de piel y núcleo recomendados para la inyección de la pieza mediante el sistema TWINSHOT.

	Grosor (mm)
Piel de la pieza	0.5 – 1.0 mm

Tabla XXII Recomendaciones de grosores de pieza para TWINSHOT

1.7 Introducción al molde.

La construcción de un molde de inyección de termoplásticos implica un trabajo técnico y muy metódico. Se puede hablar de una clasificación única para los moldes de inyección, pero debido a sus múltiples combinaciones, hay una gran diversidad en cuanto a su construcción y funcionamiento. Es por esto, que para la fabricación de cualquier pieza inyectada de termoplástico se puede proyectar el molde de formas diferentes con distintos planteamientos técnicos sin que la pieza inyectada pierda propiedad alguna.

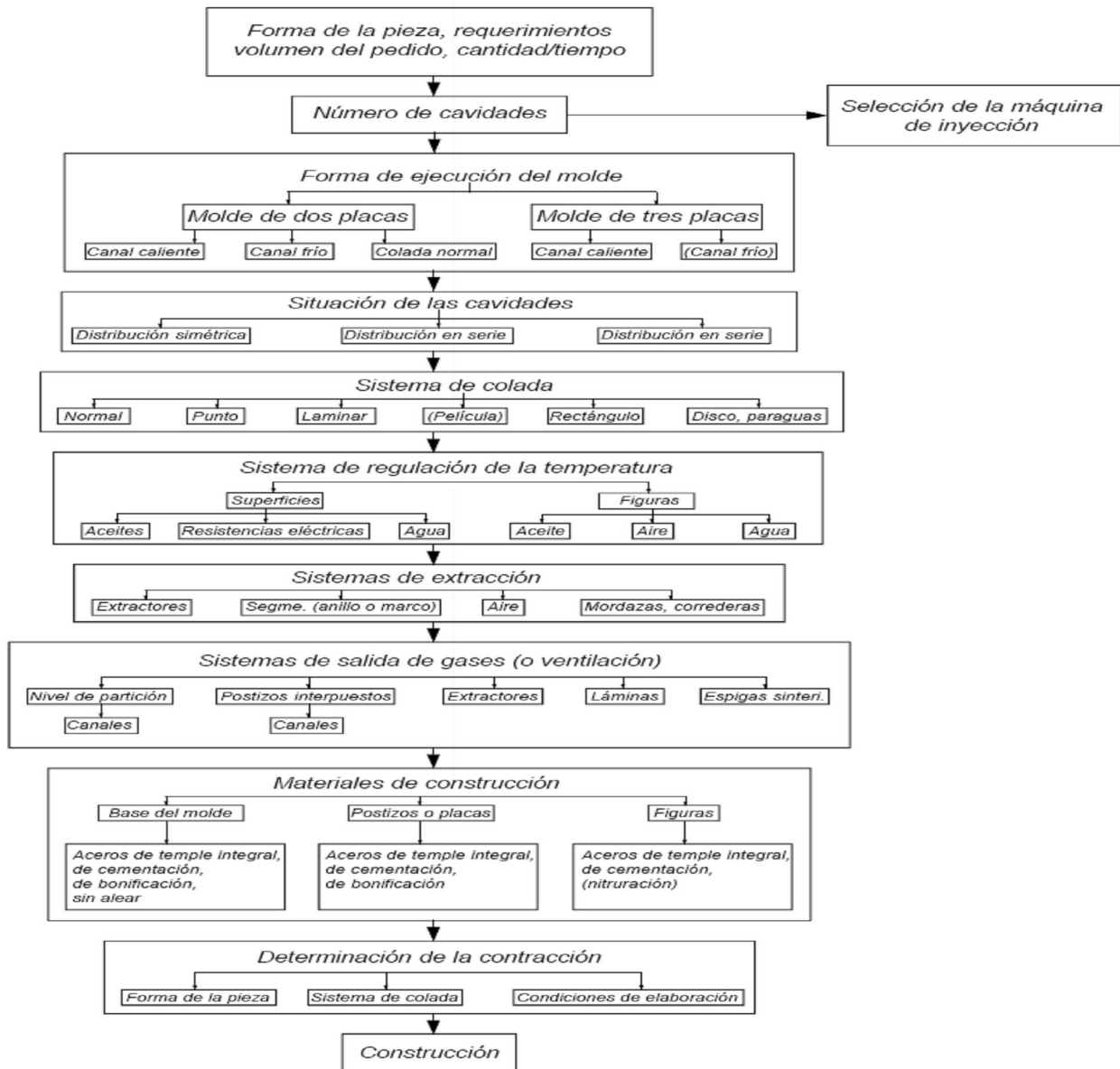


Figura I Esquema para la construcción de moldes de inyección de plástico.

La clasificación del molde de inyección está condicionada por requisitos de construcción y función., estas son:

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

Para la construcción y dimensionado de piezas de inyección se utiliza métodos de elementos finitos (FEM), así como procedimientos de cálculo. Con estos métodos se puede reducir el tiempo de desarrollo y los costos, así como optimizar la funcionalidad de las piezas.

Sólo cuando se han determinado la pieza a inyectar y todas las exigencias que condicionan el diseño de un molde, se puede ejecutar la construcción definitiva de éste.

1.7.1 Clasificación de moldes de inyección.

La norma DIN E 16 750 «Moldes de inyección para materiales plásticos» contiene una división de los moldes según el siguiente esquema:

- Molde estándar (molde de dos placas).
- Molde de mordazas (molde de correderas).
- Molde de extracción por segmentos.
- Molde de tres placas.
- Molde de pisos (molde sandwich).
- Molde de canal caliente.

Si no es posible disponer de canales de distribución en el plano de partición, se requiere un segundo plano de separación para el desmoldeo de la pieza (molde de tres placas) o alimentar la cavidad a través de un sistema de canal caliente. En moldes de pisos se montan prácticamente dos moldes en serie en el sentido de cierre, sin que se requiera el doble de fuerza de cierre. La condición previa para este tipo de moldes es una elevada cantidad de piezas relativamente fáciles, como por ejemplo piezas de forma plana.

Como ventaja esencial se han de mencionar los bajos costos de producción. Los moldes de pisos hoy se equipan sin excepción con sistemas de canal caliente con extremas exigencias, sobre todo en lo que al equilibrio térmico (homogeneidad térmica) se refiere.

Para la extracción de las piezas se utilizan preferentemente extractores de tipo pasador cilíndrico. Frecuentemente también asumen la función de purgar el aire o gas de la cavidad correspondiente. Desde que la técnica de electroerosión por penetración se aplica para la fabricación de moldes, se han acentuado los problemas de oclusión de gases en las cavidades.

Por lo tanto se ha de asegurar que la inyección desplace totalmente los gases. También se han de evitar oquedades a causa de los gases, sobretodo en puntos críticos. Una cavidad mal purgada puede producir una cascarilla de recubrimiento en el molde, o puede producir el efecto Diesel y, en última instancia, generar problemas de corrosión. El tamaño de un orificio de ventilación depende en gran medida de la viscosidad del material a inyectar. La anchura de estos orificios oscila entre 1/100 y 2/100 mm. Con materiales de viscosidad extremadamente baja pueden ser suficientes orificios de 1/1000 mm. de anchura.

Se ha de tener en cuenta que donde existan estos orificios tan pequeños no es posible, por lo general, una ventilación eficaz. Las partes móviles del molde se han de guiar y centrar. Las columnas de guía de una placa móvil en una máquina de inyección son, como mucho, un preajuste basto. Es necesario siempre un «ajuste interno» del molde de inyección.

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

- alta resistencia al desgaste.
- alta resistencia a la corrosión.
- alta fiabilidad de las cotas.

1.7.2 Sistema de llenado de la cavidad.

Sistemas de colada fría: Según DIN 24 450 se diferencia entre:

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

El camino del material hasta la cavidad debería ser lo más corto posible para, entre otras cosas, minimizar las pérdidas de presión y de calor. El tipo de ejecución y la situación de la colada-sección de entrada tienen mucha importancia respecto a:

- Fabricación económica.
- Propiedades de la pieza inyectada.
- Tolerancias.
- Uniones.

- Tensiones propias del material, etc.

A continuación se expone un resumen de los tipos de sistemas de coladas y entradas frías más usuales.

- Colada cónica (con o sin barra): Se aplica por lo general para piezas de espesores de pared relativamente gruesos, y también para la transformación de materiales de elevada viscosidad en condiciones térmicamente desfavorables. La barra ha de separarse después del desmoldeo de la pieza.

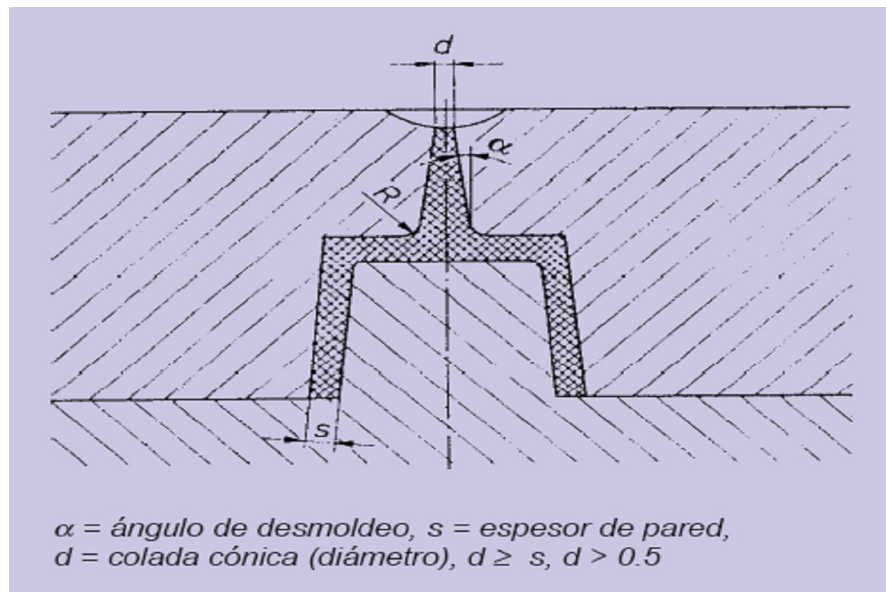


Figura II Entrada cónica.

- Entrada puntiforme (o capilar): A diferencia de la colada de barra, la colada de sección puntiforme se separa generalmente de forma automática. Si molestan los pequeños restos de esta sección, «d» puede tener la forma de una pequeña cavidad lenticular en la superficie de la propia pieza. Para la expulsión automática de una colada cónica con sección puntiforme se utilizan las boquillas neumáticas de uso general.

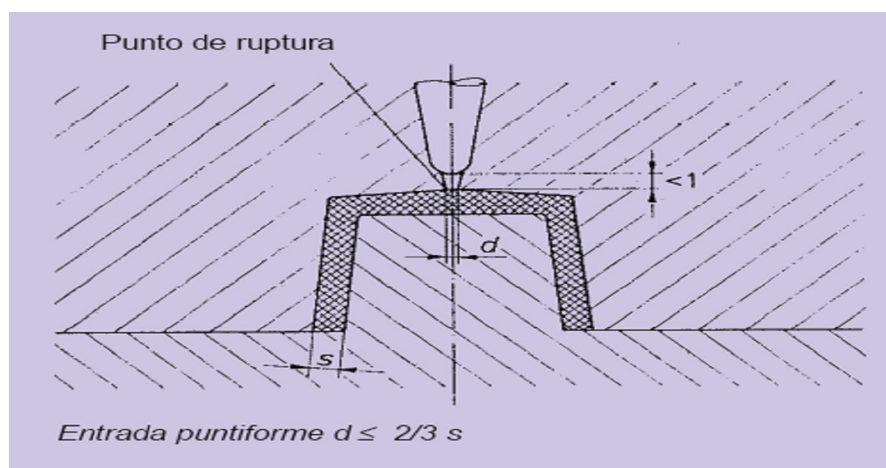


Figura III Entrada puntiforme.

- Colada de paraguas: La colada de paraguas es adecuada para la fabricación, por ejemplo, de cojinetes de fricción con una precisión de redondez elevada, evitando además al máximo la existencia de líneas de unión. Las desventajas son el apoyo unilateral del noyo central y la necesidad de operaciones de mecanizado para eliminar la colada.

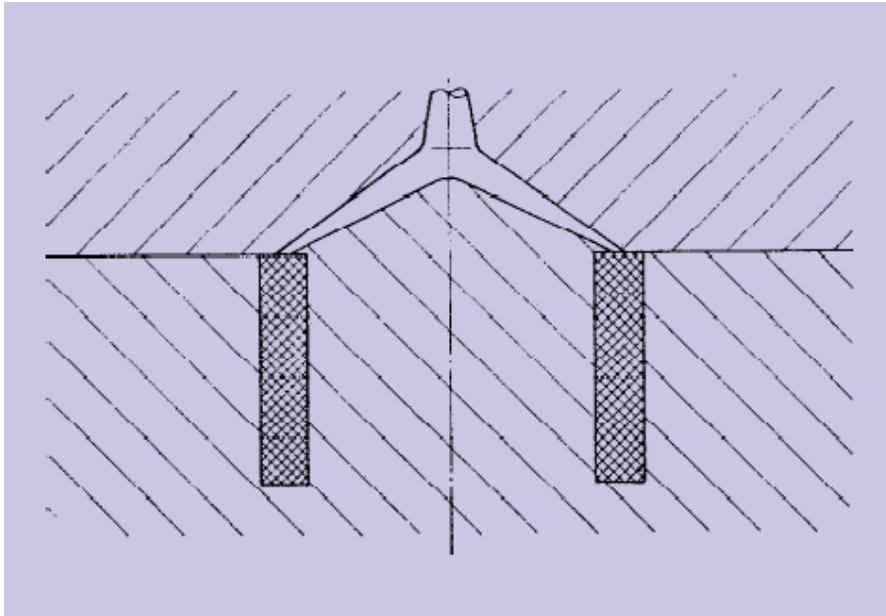


Figura IV Colada paraguas.

- Colada de disco: Aquí se unen preferentemente piezas cilíndricas por el interior, sin líneas de unión residuales. En el caso de materiales fibrosos de refuerzo (por ejemplo fibras de vidrio), la colada de disco puede favorecer la tendencia a la contracción. La colada se ha de eliminar después del desmoldeo.

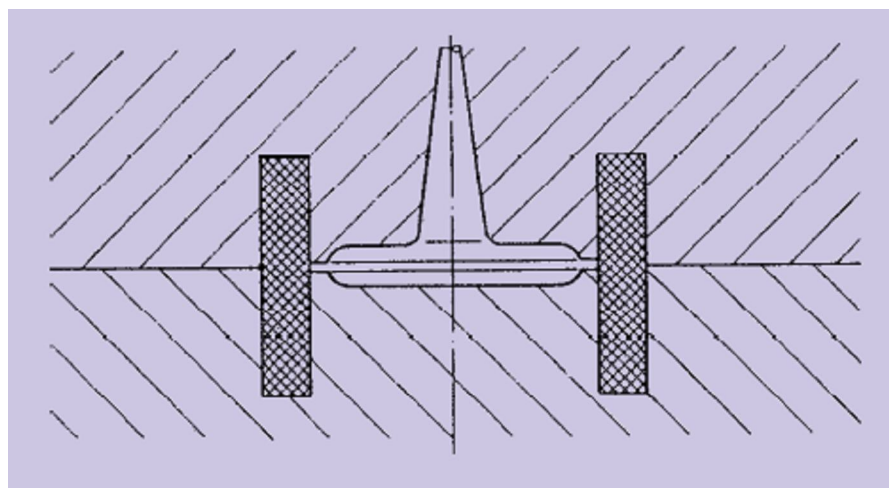


Figura V Colada disco.

- Entrada laminar o de cinta:** Para fabricar piezas planas con un mínimo de contracción y de tensión es aconsejable la entrada en forma de cinta. Con una anchura igual a la de la pieza, este tipo de entrada origina una distribución homogénea del frente de la colada. Un cierto adelantamiento del material líquido en el sector de la colada de barra se puede compensar con la corrección de la sección de entrada. Pero en el caso de moldes sencillos la entrada está situada fuera del eje de gravedad de la pieza, lo que puede conducir a un desgaste del molde y formación de cascarilla. La lámina de entrada es cizallada generalmente, por lo que no impide una fabricación automática.

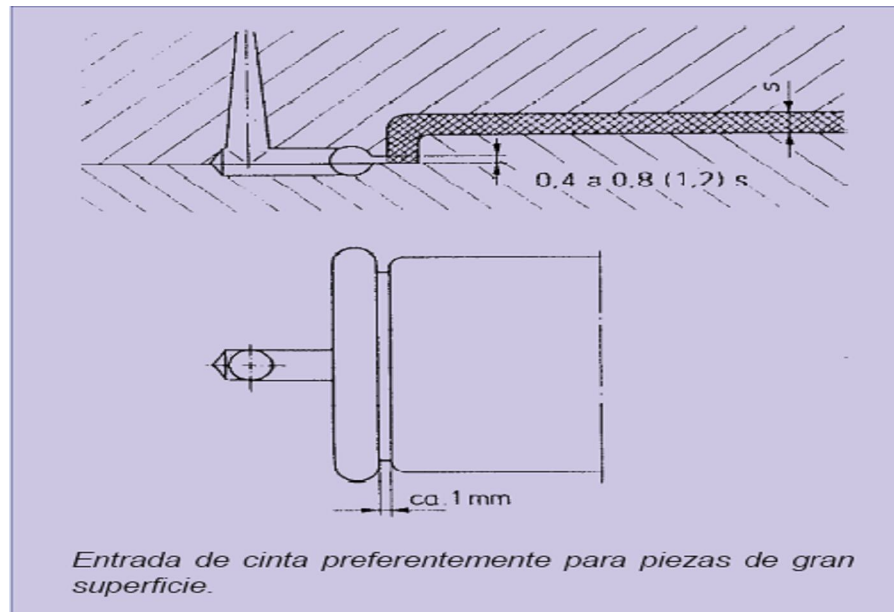


Figura VI Entrada en cinta.

- Entrada de túnel o submarina:** Según la disposición, la entrada es separada de la colada al abrir el molde por medio de una arista cortante en el momento de expulsar la pieza. La entrada de túnel es adecuada para la inyección lateral de las piezas. Sin tener en cuenta los posibles problemas por obturación precoz, la entrada de túnel permite secciones muy pequeñas, y con ello se consiguen marcas residuales casi invisibles sobre la pieza. Cuando se inyectan materiales abrasivos, la arista de corte está sometida a un mayor desgaste, lo cual conduce a problemas de separación de la colada.

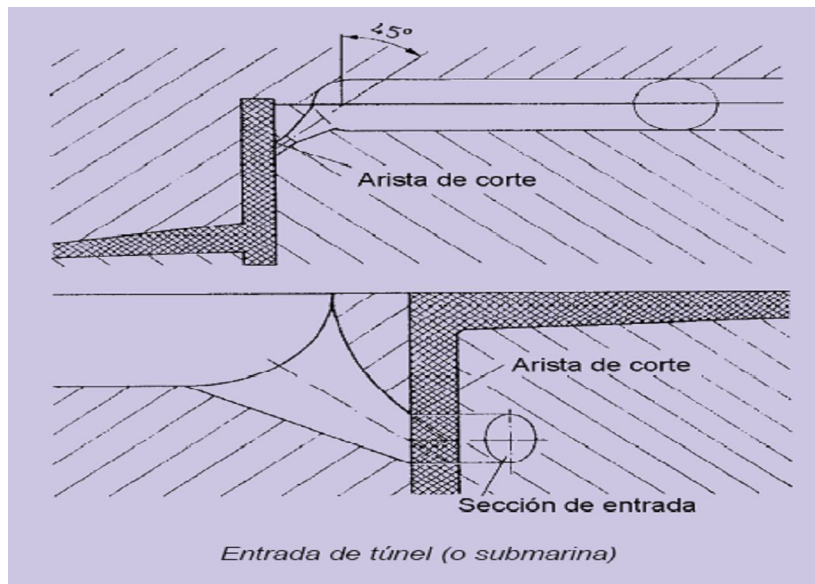


Figura VII Entrada túnel (submarina).

Los canales de distribución se han de construir de la forma más recta posible, evitando cualquier recodo innecesario, para conseguir que, independientemente de la situación, las cavidades de un molde múltiple se llenen de forma simultánea y homogénea, y que las cavidades dispongan de un mismo tiempo de conformación.

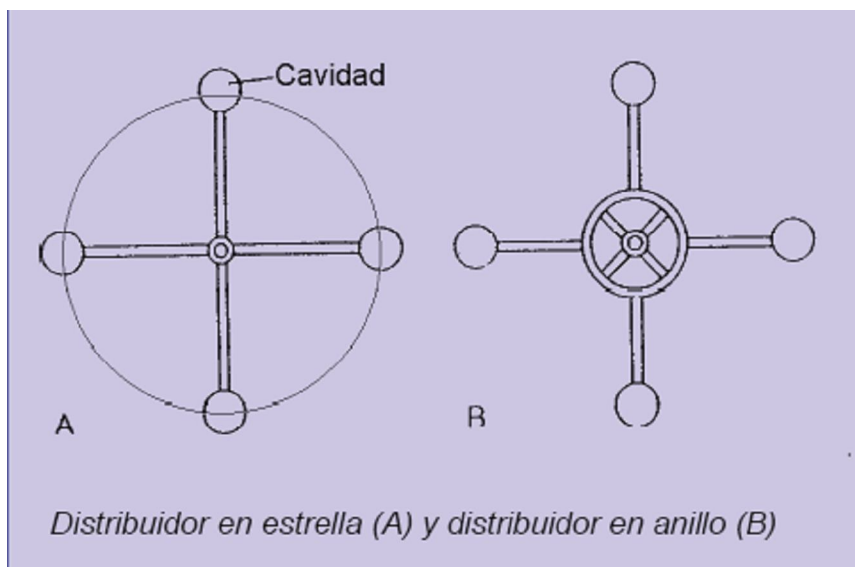


Figura VIII Canales de distribución.

Distribuciones en forma de anillo o de estrella ofrecen la ventaja de distancias iguales y cortas. Pero están en desventaja cuando, por ejemplo, se han de construir correderas, es por esto que se utilizan distribuciones en serie, con la desventaja de que las distancias son desiguales. Pero esta desventaja se puede compensar ampliamente con un equilibrado artificial, por ejemplo con la ayuda del análisis Moldflow. En este análisis se varían los diámetros de los canales pero no las secciones de las entradas correspondientes.

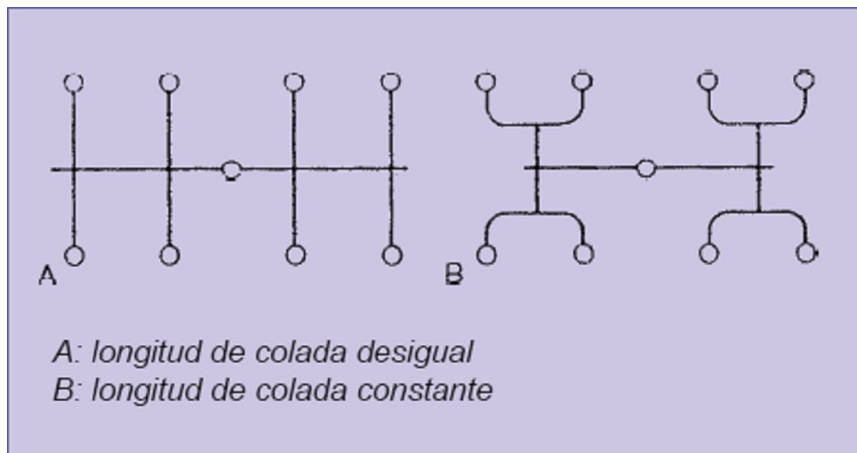


Figura IX Canales de distribución.

Moldes de canal caliente: Los sistemas de canal caliente se utilizan para la inyección «sin colada» de piezas termoplásticas. Con una ejecución correcta, los sistemas de canal caliente presentan una menor pérdida de presión respecto a moldes con sistemas de distribuciones de solidificación. De esta forma, con sistemas de canal caliente se pueden inyectar piezas extremadamente grandes como, por ejemplo, parachoques para automóviles.

La fabricación óptima de piezas en moldes de pisos sólo es posible utilizando la técnica de canal caliente.

Los principios de construcción de los distintos sistemas de canal caliente pueden ser muy diferentes. Esto es válido tanto para el bloque de distribución como para las boquillas de canal caliente (bebederos), cuyo tipo y forma son de gran importancia según las propiedades de la pieza a inyectar.

Elementos*	Tipo de ejecución
Bloque de distribución del canal caliente	<ul style="list-style-type: none"> - calentamiento exterior - calentamiento interior
Boquillas de canal caliente	<ul style="list-style-type: none"> - calentamiento externo directo - calentamiento externo indirecto - calentamiento interno directo - calentamiento interno indirecto - calentamiento interno y externo
Tipo de boquillas de canal caliente	<ul style="list-style-type: none"> - boquillas abiertas, con y sin punta conductora de calor (torpedo) - punta conductora de calor (torpedo) - cierre de aguja neumático o hidráulico

*Denominaciones según DIN 16 750

Tabla I Ejecución de sistemas de canal caliente.

Los diferentes sistemas de canal caliente no son necesariamente adecuados de forma similar para todos los tipos de termoplásticos, aun cuando así se diga a menudo. Como criterio especial debería utilizarse el tratamiento delicado del material. Esto obliga a aplicar principios de construcción complejos en el aspecto térmico. En este sentido, los moldes de canal caliente son más complicados y, frecuentemente, también más propensos a las averías que los moldes convencionales.

Por lo demás, para estos moldes se han de aplicar de forma amplia las normas de la mecánica de precisión. El molde ha de estar preparado para materiales con propiedades corrosivas y/o abrasivas. También se ha de tener en cuenta, por ejemplo, la incompatibilidad del contacto del material con el cobre y sus aleaciones, debido a que puede conducir a síntomas de descomposición catalítica. Los fabricantes ofrecen sistemas equipados en este sentido. Debido a su mejor comportamiento térmico, se deberían preferir los sistemas de canal caliente con regulación de temperatura continua en lugar de los de temperatura programada.

En moldes pequeños y, sobre todo, en moldes mayores con bloques de distribución de gran tamaño, se aplica un equilibrio «natural» o «artificial» de los canales con el objetivo de una homogeneización de la presión o para equilibrar las pérdidas de presión. En el equilibrado «natural» los canales del distribuidor serán de la misma longitud y en el equilibrado «artificial» se varían los diámetros de los canales de distribución.

Un sistema óptimo de canal caliente ha de permitir un cambio de material en el menor tiempo posible, ya que el material que no se encuentre en su punto óptimo puede limitar las propiedades de la pieza.

Las boquillas de canal caliente abiertas favorecen «goteo». Después de abrir el molde, el material puede expandirse a través de la entrada hacia la cavidad y formar un tapón frío que en la siguiente pieza no será licuado necesariamente. En casos extremos, este tapón puede obstruir seriamente la entrada. Con ayuda de una descompresión del husillo de la máquina (retroceso del husillo antes de abrir el molde), que es posible en todas las máquinas de inyección de tecnología actual, o también con ayuda de una cámara de succión del material en el bebedero, se puede solucionar este problema. Pero la descompresión siempre ha de realizarse en el límite inferior, para evitar de forma segura la aspiración de aire atmosférico en la colada, canal de colada o en la sección de entrada (evitar el efecto Diesel).

Aunque la técnica del canal caliente ha alcanzado unas cotas de tecnología elevadas, el usuario ha de tener siempre en cuenta que requiere un costo mayor de mantenimiento debido al personal especialmente cualificado.

1.7.3 Control de temperatura en los moldes de inyección.

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

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

La rentabilidad del molde puede ser enormemente influenciada de esta forma. Los moldes para la inyección de termoplásticos amorfos no son necesariamente adecuados para la inyección de materiales parcialmente cristalinos. Una mayor contracción durante el proceso, tal como sucede con los materiales parcialmente cristalinos, se ha de compensar, en la mayoría de los casos, con una distribución de temperatura más homogénea y más intensiva. Esto exige una regulación separada, por ejemplo, en cantos o esquinas.

La distribución de temperatura no debe ser alterada por la situación de extractores, correderas, etc. Además la máxima diferencia entre la temperatura de salida y la de entrada del medio refrigerante no debería sobrepasar los 5 K. De esta forma es prácticamente imposible la unión en serie de varios circuitos de regulación. En la mayoría de los casos la mejor alternativa es la conexión en paralelo de estos circuitos o la aplicación de circuitos individuales con dispositivos de regulación separados. La medida de contracción durante la elaboración es una función directa de la temperatura de la pared del molde. Diferencias de temperatura en el molde y/o diferentes velocidades de enfriamiento son responsables de la deformación, etc. Si se utiliza agua como medio de refrigeración, se ha de evitar la corrosión y la acumulación calcárea en los canales de distribución, ya que de esta forma se reduce la intensidad de la transmisión térmica en el molde.

1.7.4 Tipos de expulsores y desmoldeos.

Como consecuencia de la contracción durante la inyección, las piezas inyectadas se contraen sobre los machos del molde (esto no es necesariamente válido para materiales termoestables). Para su desmoldeo se aplican diferentes tipos de expulsores:

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

El tipo de extractor está en función de la forma de la pieza a inyectar. La presión superficial sobre la pieza a expulsar debe ser la mínima posible para evitar deformaciones. En el caso de extractores del tipo pasador perfilado se ha de evitar que se entregren.

Normalmente, los machos, y también los dispositivos de extracción, están situados en la parte móvil de la máquina de inyección. En algunos casos especiales puede ser conveniente situar los machos (en el lado de inyección) en la parte fija de la máquina. En este caso se requieren dispositivos especiales de extracción.

Para el desmoldeo de contrasalidas se requieren por lo general correderas. Las contrasalidas o negativas interiores se pueden realizar por mordazas o correderas interiores o con machos plegables. Las roscas se pueden desmoldear con:

- Mordazas.
- Machos intercambiables.

- Machos plegables.
- Machos roscados, etc.

Las contrasalidas en las que se base el funcionamiento, por ejemplo, de uniones de forma, pueden ser desmoldadas (forzadamente) sin utilizar correderas, mordazas, etc. Pero se ha de tener en cuenta que la temperatura de desmoldeo es muy superior a la temperatura ambiente, y que la rigidez del material es proporcionalmente baja. Ni la aplicación de las fuerzas de desmoldeo debe producir un alargamiento de la pieza ni el expulsor debe marcarla. Los alargamientos tolerados en los desmoldeos forzados dependen de la ejecución de las contrasalidas y de las propiedades mecánicas del plástico a temperatura de desmoldeo.

No se puede generalizar la posibilidad de un desmoldeo forzado (para reducir costos). No obstante, el desmoldeo forzado debería plantearse de forma básica en el diseño del molde correspondiente. Las superficies con texturizado se comportan por lo general como si fueran contrasalidas. Por lo tanto, requieren unos ángulos de desmoldeo que, en caso de no ser suficientes, pueden dañar ostensiblemente la superficie de la pieza. Para evitar tales daños se puede aplicar un valor orientativo: por cada 1/100 mm de profundidad del texturizado se requiere aproximadamente 1 grado de ángulo de desmoldeo.

Los extractores sirven no sólo para el desmoldeo, sino también para la evacuación de los gases de la cavidad. Una salida defectuosa de la cavidad puede tener las siguientes consecuencias: llenado parcial de la cavidad, unión defectuosa de frentes de material, el denominado efecto Diesel, o sea, daños térmicos de la pieza (quemado).

Los problemas de las salidas de los gases surgen sobre todo a mayor distancia de la colada.

1.7.5 Tipos de contrasalidas.

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

- Columnas inclinadas.
- Correderas de curva.
- Accionamientos neumáticos o hidráulicos.
- El desmoldeo de contrasalidas interiores se puede realizar con:
 - Correderas inclinadas.
 - Machos divididos, que son fijados o desbloqueados por el efecto cuña.
 - Machos plegables, que en su estado distensado tienen medidas inferiores a las que poseen en estado abierto.

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

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

El desmoldeo de contrasalidas para pequeñas series también puede realizarse por el sistema de «machos perdidos». En el caso de roscas de fijación es más económico no desmoldar roscas, sino inyectar la pieza con el agujero y utilizar tornillos de autoroscado.

1.7.6 Construcciones especiales.

Moldes con machos perdidos: La técnica de machos perdidos se utiliza para la fabricación de piezas con interiores o contrasalidas no desmoldables. Aquí se usan aleaciones de reutilización con un punto muy bajo de fusión basadas en cinc, plomo, bismuto, cadmio, indio y antimonio, que, según su composición, se funden a temperaturas muy diferentes (el punto de fusión más bajo es, aproximadamente, 50° C). Mediante aplicación de calor (por ejemplo calentamiento por inducción), el macho metálico se puede extraer de la pieza inyectada con muy pocos restos de impurezas y residuos de la inyección.

Moldes prototipo de aluminio: La aleación de aluminio-cinc-magnesio-cobre es un material idóneo termoendurecible para la fabricación de prototipos, pero también para la fabricación de series pequeñas y medianas. Las ventajas de utilizar este material son la reducción del peso, la fácil mecanización y la buena conducción térmica respecto al acero, en cuanto a desventajas hay que señalar la baja resistencia mecánica, la baja resistencia al desgaste, la poca rigidez como consecuencia del bajo módulo de elasticidad y el relativamente elevado coeficiente de dilatación térmica. Cabe la posibilidad de combinar ventajosamente las propiedades del aluminio con el acero .

Moldes prototipo de plástico: Para reducir los elevados costos de mecanización en la fabricación de moldes, se pueden aplicar resinas endurecibles con moldes sencillos. Reforzando estos moldes con elementos metálicos o con fibras de vidrio, estas resinas pueden cumplir también con exigencias más elevadas. Se ha de tener en cuenta la baja resistencia al desgaste de las resinas. Los moldes fabricados de esta forma sólo sirven para la fabricación de prototipos o para la fabricación de series muy cortas con inyección.

1.7.7 Elementos normalizados en la construcción de moldes.

Para conseguir una fabricación racional de moldes de inyección de plástico se pueden aplicar una larga serie de elementos normalizados con un elevado grado de prefabricación. A ellos pertenecen elementos intercambiables como:

- Placas del molde, placas de fijación.
- Insertos.
- Elementos de guía y de centraje.
- Casquillos y extractores cilíndricos.

- Sistemas de fijación rápida.
- Bloques de canal caliente.
- Boquillas de canal caliente.
- Elementos de calentamiento.
- Cilindros de accionamiento, etc.

Según las necesidades, estos elementos se pueden suministrar en diferentes materiales. La construcción del molde, así como el diseño de la pieza, se pueden elaborar con programas de ordenador como, por ejemplo, Cadform o Cadmould. Para la fabricación con electroerosión de moldes se ofrecen elementos normalizados para la fabricación de los electrodos de erosión de grafito y cobre electrolítico.

1.7.8 Selección de los materiales.

1.7.8.1 Aspectos generales.

Con el objetivo de conseguir la máxima utilidad es necesario que los materiales usados en la fabricación de moldes tengan las siguientes propiedades:

- Alta resistencia al desgaste: Para aumentar la rigidez de las piezas inyectadas, éstas se refuerzan con fibras de vidrio, materiales minerales, etc., a gran escala. Estos, así como los pigmentos de color, son altamente abrasivos. Por lo tanto, es de gran importancia la elección del material y/o del recubrimiento de las superficies.
- Alta resistencia a la corrosión: Los componentes agresivos como, por ejemplo, los equipamientos protectores contra el fuego, o el mismo material pueden originar agresiones químicas a las superficies del molde. Junto con los materiales de relleno y de refuerzo con efectos abrasivos pueden surgir daños acumulativos del molde. Es aconsejable utilizar aceros de alta resistencia a la corrosión o con recubrimientos de las superficies (por ejemplo, cromado múltiple).
- Alta estabilidad de medidas: La inyección, por ejemplo, de plásticos de elevada resistencia térmica exige temperaturas internas de la pared del molde de hasta 250° C. Esto presupone la aplicación de aceros con una elevada temperatura de revenido. Si no se tiene en cuenta esta exigencia, se puede producir, en función de la temperatura, un cambio de la estructura del molde, y con ello un cambio de las medidas del mismo.

El cambio de medidas debido a tratamientos térmicos (por ejemplo, un temple por cementación) debe ser mínimo, pero por lo general no se puede evitar (salvo excepciones, tal es el caso de los aceros martensíticos). Un tratamiento térmico de moldes con grandes diferencias de espesor encierra riesgos (deformación, grietas, etc.). Preferentemente se utilizan aceros bonificados que pueden ser mecanizados por arranque de viruta. Por regla general, después de la mecanización se puede suprimir el tratamiento térmico, ya que no será necesario. Pero también es cierto que la dureza y la resistencia mecánica de estos aceros es baja. Por el contrario, si se mecanizan aceros mediante electroerosión, se pueden utilizar templados con la máxima dureza.

- **Buena conductibilidad térmica:** En el caso de inyectar termoplásticos parcialmente cristalinos, la conductibilidad térmica en el molde adquiere gran importancia. Para influenciar adecuadamente la conducción del calor, se pueden utilizar aceros de diferente aleación. No obstante, esta medida para controlar la termoconducción es relativamente limitada. Respecto a una termoconducción sensiblemente superior del cobre y sus aleaciones, se han de tener en cuenta el bajo módulo de elasticidad, la poca dureza y la baja resistencia al desgaste. Por medio de la cantidad y tipo de los componentes de la aleación se pueden variar los valores mecánicos hasta ciertos límites. Sin embargo, al mismo tiempo varía la conductibilidad térmica. La resistencia al desgaste se puede aumentar considerablemente mediante recubrimientos de la superficie (por ejemplo, niquelado sin corriente). No obstante, se ha de tener en cuenta que en caso de elevada presión superficial o presión de Hertz, la superficie templada puede ceder, debido al escaso apoyo prestado por el material base blando. Además de estos requisitos, los materiales deben presentar una buena mecanización, alto grado de pureza y permitir un buen pulido, etc.

1.7.8.2 Aceros para moldes.

La rigidez de una herramienta está en función de la selección del acero, ya que el módulo de elasticidad es prácticamente igual en todos los aceros comunes para herramientas. Pero, según las exigencias específicas, los diferentes materiales pueden cumplirlas de forma más o menos óptima:

- Aceros de cementación.
- Aceros bonificados.
- Aceros para temple integral.
- Aceros resistentes a la oxidación.
- Materiales especiales.

Aceros de cementación: Se utilizan aceros pobres en carbono ($C \leq 0,3$ %), que mediante cementación obtienen una superficie dura y resistente al desgaste.

Durante el proceso de cementación (temperatura de tratamiento, entre 900 y 1000° C) el carbono se difunde en la superficie de la pieza. La profundidad de la cementación depende de la temperatura y de la duración del proceso. Con tiempos largos de cementación (varios días) se consigue una profundidad de aproximadamente 2 mm. Una superficie dura, resistente al desgaste, se consigue por enfriamiento de la pieza cementada, durante el cual el núcleo de la pieza, suponiendo que ésta tenga el espesor suficiente, permanece blando.

Nomenclatura	Nº material	Dureza de la superficie HRC N/mm ²	Observaciones
CK 15	1.1141	62-64	Para piezas de bajas exigencias.
21 MnCr5	1.2162	58-62	Acero para cementación estándar, buenas cualidades para el pulido.
X6CrMo4	1.2341	58-62	Preferentemente sumergible en frío.
X19NiCrMo4	1.2764	60-62	Perfecto para el pulido y grandes exigencias de calidad superficial.

Tabla II Aceros cementación

Aceros para bonificación: El bonificado es un tratamiento térmico para conseguir aceros de alta tenacidad con una resistencia mecánica determinada. El tratamiento se lleva a cabo templando la pieza y calentándola posteriormente a una temperatura de 300 a 700° C, según los requerimientos. Los aceros así tratados se mecanizan bonificados. El posterior temple de las piezas se puede suprimir, evitando de esta forma deformaciones y grietas originadas por el temple.

Nomenclatura	Nº material	Resistencia tracción N/mm ²
40CMnMo7	1.2311	
40CrMnMoS8	1.2312	aprox. 1000
54NiCrMoV6	1.2711	

Tabla III Aceros bonificados.

Acero para temple integral: Para conseguir una estructura homogénea, incluso en grandes secciones, se utilizan aceros para temple integral, cuya dureza, resistencia y tenacidad se pueden adaptar individualmente a las necesidades por medio del proceso del revenido. A través de la temperatura de revenido se pueden influenciar estas propiedades de forma óptima. Los aceros de temple integral han dado muy buenos resultados para moldes de inyección de plásticos con efectos abrasivos (por ejemplo, con fibras de vidrio).

Nomenclatura	Nº material	Resistencia N/mm ² Dureza HRC	Observaciones
X38CrMo V5 1	1.2342	1450	Acero estándar para trabajar en caliente
X45NiCrMo4	1.2767	50-54	Muy bueno para el pulido, alta tenacidad.
90MnCrV8	1.2842	56-62	Resistencia al desgaste normal.
X155CrVMo121	1.2397	58	Buena resistencia al desgaste, buena tenacidad.
X210Cr12	1.2080	60-62	Alta resistencia al desgaste.
X165CrMoV12	1.2601	63	Acero de elevada resistencia al desgaste.

Tabla IV Aceros temple integral.

Aceros resistentes a la corrosión: Como protección contra plásticos o sus aditivos con efectos corrosivos existe básicamente la posibilidad de galvanizar los moldes. Como posible desventaja se ha de mencionar la elevada presión superficial en las aristas de cierre, que pueden provocar el agrietamiento de este recubrimiento. Por lo tanto, es aconsejable el uso de aceros resistentes a la corrosión. Se debe evitar de forma estricta la nitruración de estos aceros, ya que disminuye su propiedad de resistencia a la corrosión.

Nomenclatura	Nº material	Dureza HRC	Observaciones
X42Cr13	1.2083	54-56	Resistente a la corrosión sólo con tratamiento de pulido.
X36CrMo17	1.2316	50	Mecanización después de tratamiento de revenido, alta resistencia a la corrosión.
X105CrMo17	1.4125	57-60	Acero resistente a la corrosión y a los ácidos, resistente al desgaste.

Tabla V Aceros resistentes a la corrosión.

1.7.9 Tratamientos superficiales.

El estado o el tipo de tratamiento superficial de una pieza en un molde estará determinado por su función. En la construcción de moldes, los tratamientos de superficies han de obtener o mejorar las siguientes propiedades:

- Aumento de la dureza superficial.
- Aumento de la presión superficial permitida.
- Aumento de la resistencia al desgaste.
- Mejora del comportamiento de deslizamiento.
- Mejora de la resistencia a la corrosión.
- Los siguientes tratamientos superficiales son de amplia aplicación en la construcción de moldes:
- Nitruración.
- Cementación.
- Niquelado duro.
- Recubrimiento con metal duro.

Nitruración: Entre los procedimientos de nitruración, el nitrurado por baño ha alcanzado una gran divulgación. A través del nitrurado se consiguen durezas superficiales extremas con amplia estabilidad de medidas a causa de una modificación química de la superficie, además de una mejora considerable de la resistencia al desgaste y a la fatiga. Debido a que la temperatura del nitrurado es de 570° C, según el diagrama de calentamiento del acero correspondiente, se obtiene generalmente una reducción de la resistencia mecánica del núcleo.

Casi todos los aceros comunes en la construcción de moldes pueden nitrurarse. No se aconseja la nitruración de aceros resistentes contra la corrosión pues disminuye precisamente esta propiedad.

Cementación: El proceso de cementación se utiliza en aceros de bajo contenido en carbono ($C \leq 0,3$ %). Durante el tratamiento, el carbono se difunde por la superficie del material. Los aceros tratados de esta forma experimentan un gran aumento de la dureza de su superficie, mientras que el núcleo permanece dúctil.

Cromado duro: La aportación electrolítica de los recubrimientos de cromado duro tiene su aplicación sobre todo con el objetivo de conseguir superficies duras y resistentes al desgaste, que se aplican con éxito para la inyección de piezas de plástico con efectos abrasivos. Además, el cromado duro se utiliza para reducir gripajes y para aumentar la protección contra la corrosión (cromado de múltiples capas). Igualmente, el cromado duro se aplica para la reparación de superficies desgastadas. En caso de recromado repetido se ha de contar con una posible fragilidad a causa del hidrógeno en las zonas superficiales.

En las esquinas y puntos similares se ha de tener en cuenta la posibilidad de formación de puntos gruesos y el desprendimiento del recubrimiento.

Niquelado duro: En el procedimiento químico del niquelado duro, las capas de níquel son aportadas sin aplicación de corriente externa. Al contrario que en los procesos electrolíticos, en éste no se da el desagradable efecto de formación de espesores diferentes (puntos gruesos), sobre todo en las esquinas. Esto significa que es posible niquelar taladros, perforaciones, superficies perfiladas, etc., sin ningún problema.

El espesor del recubrimiento aplicado corrientemente es de 40 mm. Para la proyección sin corriente de recubrimientos sobre las superficies a proteger también se han aplicado con éxito los recubrimientos de dispersión de níquel-fósforo y carburo de silicio. Los procedimientos mencionados sobresalen sobre todo por su capacidad de resistencia a la corrosión y el desgaste, y también son aplicables a materiales no féreos, tales como el cobre. Pero se ha de tener en cuenta que, debido a la dureza extremadamente superior de la superficie respecto al material base, aquella puede ser dañada y desprenderse en caso de aplicación de presiones.

Recubrimiento con metal duro: Para la obtención de elevadas resistencias contra el desgaste junto con una buena resistencia contra la corrosión, se han aplicado con gran éxito los recubrimientos basados en nitruros de titanio y otros metales duros.

1.7.10 Materiales especiales.

Aleación de metal duro: Las aleaciones de metal duro (materiales sinterizados) con elevados contenidos de carburos, se utilizan sobre todo para herramientas y partes de moldes (zona de entrada) con un elevado desgaste por abrasión al inyectar materiales plásticos reforzados. Las características de estos materiales son:

- Fácil mecanización en su estado de suministro.
- Templabilidad hasta aproximadamente 72 HRC, prácticamente sin deformación.

- Adecuados para el pulido.
- Muy elevada resistencia contra el desgaste y la corrosión.

Materiales con conductibilidad de calor elevada: La regulación óptima de la temperatura del molde tiene una gran importancia. Influye de forma determinante en el tiempo de enfriamiento y de ciclo, y en el caso de termoplásticos parcialmente cristalinos, influye en gran medida en la deformación y constancia de medidas, y por consiguiente, en la calidad de la pieza inyectada.

Para mejorar la transmisión de temperatura de algunas partes, como de sectores completos del molde, se utilizan ventajosamente materiales no féreos como:

- Cobre.
- Cobre-berilio.
- Cobre-cobalto-berilio.
- Cobre-cromo-circonio, etc.

La conductibilidad de estos materiales es, por lo general, muy superior a la de los aceros, pero sin llegar a tener la misma dureza, resistencia al desgaste y resistencia a la fatiga. Frecuentemente es necesario un buen recubrimiento de la superficie como condición necesaria para la aplicación con éxito de estos materiales.

1.8 Técnicas en la fabricación del molde.

Para la fabricación de los componentes del molde se utilizan, mayoritariamente, las máquinas-herramienta. Estas facilitan el trabajo del hombre y mejoran la rentabilidad de la producción. Las máquinas-herramienta dan forma a las piezas con la ayuda de herramientas y útiles, mediante diferentes movimientos de trabajo de las máquinas, se consigue arranque de viruta de los materiales procesados y esta formación de viruta viene determinada por el tipo de herramienta utilizada y por los movimientos de trabajo. La viruta se forma por el arranque con fuerza de partículas del material y su deformación.

Las máquinas-herramientas son máquinas de precisión y de elevado coste, de las que se pretende un trabajo exacto, alto rendimiento y larga duración. Su precisión de trabajo depende en gran medida del su montaje apropiado y su duración de unos cuidados escrupulosos.

1.8.1 Torneado.

El torneado se consigue mediante la máquina-herramienta del torno. El torno opera haciendo girar la pieza a mecanizar, la pieza se sujeta previamente a los puntos de centraje de la máquina, mientras una o varias herramientas de corte inciden en la superficie de la pieza a mecanizar, regulando este movimiento mediante el avance. El torno trabaja sobre el plano ya que tiene solo dos ejes de trabajo, estos ejes son llamados Z y X. La herramienta de corte va fijada sobre un carro que se desplaza paralelo al eje de giro de la pieza a mecanizar (eje Z), sobre este carro se mueve otro que tornea la pieza en dirección radial (eje X), ocasionalmente puede haber otro carro de trabajo opcionalmente inclinado para la mecanización de elementos cónicos.

Con la máquina-herramienta del torno se puede hacer múltiples trabajos mediante el empleo de accesorios adicionales, los numerosos tipos de torno son apropiados para la fabricación en serie, para el mecanizado de piezas muy grandes o muy pequeñas o para procesos de trabajos especiales.

Las herramientas de tornear con placas de corte de metal duro están normalizadas en DIN 4971 a 4981 y las herramientas con placas de corte de acero rápido en DIN 4951 a 4965.

Los filos de las herramientas de torneado se fabrican de diversos materiales, para su elección se debe de determinar el material de la pieza a mecanizar, la velocidad de corte deseada, el acabado superficial deseable, así como la frecuencia de utilización y precio.

Los trabajos más importantes en el torneado son:

- **Desbaste:** Arranque de viruta en condiciones de corte convenientes para obtener el máximo rendimiento de corte, sin tener en consideración la exactitud de medidas y forma de la pieza mecanizada.
- **Acabado:** Arranque de viruta con la finalidad de obtener una determinada exactitud en medidas y forma de la pieza, sin tener en consideración el rendimiento del corte.
- **Refrentado:** Obtención de superficie plana perpendicular al eje de giro de la pieza trabajada.
- **Cilindrado:** Torneado para la obtención de una superficie cilíndrica circular.
- **Perfilado:** Torneado en el que se consigue el perfil de la pieza por medio del control manual del movimiento de avance, con plantilla o con programa.

- Roscado: Obtención, mediante herramienta de perfiles, una superficie roscada, siendo el avance por cada revolución igual que el paso de la rosca.
- Torneado de roscas: Roscado con avance paralelo al eje de giro de la pieza trabajada utilizando una herramienta de roscar.
- Torneado con peine de roscar: Roscado con avance paralelo al eje de giro de la pieza trabajada con un peine.
- Terrajado: Roscado con avance paralelo al eje de giro de la pieza trabajada utilizando una terraja o un cabezal de roscar.
- Moleteado: Las herramientas de moletear marcan sus dientes en las superficies las cuales no deben de ser escurridizas.

1.8.2 Fresadora.

La fresadora es la máquina-herramienta empleada para dar formas complejas a piezas de metal, son máquinas que pueden ejecutar un gran número de operaciones de mecanizado complejas y suelen estar controladas electrónicamente, mediante consolas CNC (control numérico), para recibir instrucciones para su operación automática. El movimiento, sobre la pieza a mecanizar, es realizado mediante una bancada móvil en la que se sujeta la pieza a tratar, para así mecanizar en las diferentes dimensiones de trabajo.

Tipos de fresas:

- Fresas cilíndricas: Fresas de mango cilíndrico que se sujetan a la máquina mediante elementos de apriete en función del diámetro del mango.
- Fresas circulares: Fresas en forma de disco, con agujero central que se acopla al eje portafresas, suelen ser de acero rápido y las forma de sus dientes le permite cortar de forma frontal y lateral al mismo tiempo.
- Fresas circulares de perfil constante: Fresas con dientes tallados de forma especial, especiales para el tallado de engranajes.
- Fresas de plato: Fresas de gran tamaño, empleadas con cabezal vertical para mecanizar las piezas de una sola pasada. Las plaquetas son de metal duro ya que permiten su reposición rápida y pueden trabajar a velocidades de corte elevadas.

Tipos de fresados:

- Fresas de dientes aguzados o fresados: Los filos son rectos y se emplean para mecanizar superficies planas.
- Fresas destanoladas: Los filos son curvados y tienen la forma de la pieza a mecanizar.
- Fresas de planeo perimetral: Son fresas con dientes oblicuos que reducen el esfuerzo intermitente y la superficie fresada queda ondulada.

- **Fresas de planeo perimetral y frontal:** El eje de la fresa debe de estar perfectamente perpendicular a la pieza para que la superficie de trabajo no resulte cóncava.
- **Fresado en sentido contrario al avance:** El avance tiene el sentido contrario al movimiento del corte. Tiene el inconveniente que la fresa resbala al atacar la pieza. Rendimiento de corte bajo.
- **Fresado en sentido del avance:** El avance y el movimiento del corte tienen el mismo sentido. El ataque a la pieza es mejor que en el fresado en sentido contrario al avance, la fresa dura más tiempo, se consiguen mayores profundidades y mejor rendimiento de corte.

1.8.3 Taladrado.

El taladrado es un procedimiento de arranque de viruta con movimiento de corte circular y en el cual la herramienta solo tiene movimiento de avance en la dirección del eje de giro. El taladrado comprende distintos procedimientos como avellanado y escariado.

Las herramientas para taladrar son de dos filos normalmente, de acero para herramientas, para mecanizar piezas macizas de material o para agrandar o mejorar orificios ya existentes.

En el taladrado la broca actúa como una herramienta de múltiples filos. Como el filo transversal también actúa en la dirección del avance, la broca tiene tres filos principales. Según DIN 6581 se distinguen dos filos auxiliares y dos extremos de filo.

Tipos de taladradoras:

- **Taladradora de columna:** El husillo realiza un movimiento circular de giro como movimiento principal y un movimiento rectilíneo y axial como movimiento de avance. Con estas máquinas se puede taladrar, avellanar y escariar.
- **Taladradora de husillos en línea:** El husillo esta situado en el cabezal y el movimiento se transmite a éste a través de ruedas dentadas que transmiten movimiento hasta un máximo de 32 husillos articulados. Cada uno de estos husillos articulados pueden llevar una herramienta, de forma que se reducen los tiempos de fabricación.
- **Taladradora radial:** Se emplea para el mecanizado de piezas especialmente grandes que no pueden moverse ni colocarse sobre la mesa de trabajo. La construcción especial de la máquina permite colocar el husillo con su herramienta sobre el punto de trabajo.

Avellanado: Es un tipo de taladrado con una herramienta de dos o más filos. Se emplea para desbarbar orificios con cantos vivos, avellanado de perfiles, para ensanchar orificios provenientes de fundición o previamente taladrados y dejarlos a medida real, para el avellanado profundo de rebajes cilíndricos y para el avellanado plano de superficies planas.

- **Avellanadores cónicos:** Se fabrican con diámetros de 8 a 80 mm, con ángulo de punta de 60° se emplean para desbarbar, de 75° para alojar las cabezas de los roblones, de 90° para alojar las cabezas cónicas de los tornillos y de 120° para recalcar las cabezas de los roblones.
- **Avellanadores helicoidales:** Se emplean para ensanchar taladros. El orificio queda liso.
- **Avellanadores planos:** Se emplea para el avellanado plano de superficies salientes y no lisas de piezas de fundición.

- **Avellanadores de espiga:** Se emplean para el avellanado profundo de superficies planas y para el asiento de cabezas de tornillos cilíndricos.

Escariado: El escariado mecánico es un tipo de taladrado para mecanizar orificios cilíndricos. Con el escariado se consigue un mejor acabado de la superficie y un diámetro exacto. Por regla general corresponde a la clase de tolerancia H7.

- **Escariado en la taladradora vertical:** Con objeto de que el escariador tenga en las paredes del taladro suficiente material para arrancar, el agujero se taladra previamente a un diámetro inferior al diámetro final del agujero. Cuando se realiza el taladro previo al escariado, se ha de tener en cuenta el juego a que da lugar la broca.

1.8.4 Cepillado y mortajado.

El cepillado, junto con el mortajado y el fresado, constituye un importante proceso de trabajo para conseguir superficies planas y curvas. El cepillado consiste en arrancar virutas con un útil de un solo filo, sin que éste este en continua acción. Este proceso es apropiado para mecanizar superficies largas y estrechas.

Las piezas, con el cepillado, sufren poco calentamiento con la consecuente poca deformación, gran exactitud dimensional y las herramientas son baratas. Los inconvenientes son los tiempos largos de mecanizado y los requerimientos de potencias altas para mover piezas pesadas.

Mediante el mortajado, se mecanizan ranuras interiores, dentados interiores, vaciados, perfilados de superficie con bordes curvos, etc. Como la máquina de mortajar trabaja de modo lento, ha sido desplazada por la máquina de brochar cuando se trata de trabajos en serie. Existen las mortajadoras verticales, que realizan el movimiento rectilíneo de avance de forma vertical, y las mortajadoras horizontales, que realizan el avance en forma horizontal.

1.8.5 Brochado

El brochado se utiliza en la fabricación en serie para mecanizar las caras interiores y exteriores de piezas pequeñas y de tamaño mediano. El brochado es un proceso de arranque de viruta mediante un útil de varios filos llamado brocha. La brocha esta provista de multitud de dientes cortantes, ésta se introduce en los alojamientos previamente taladrados y se elimina por arranque de viruta el exceso de material.

Mediante el brochado se consiguen, con poco tiempo de mecanizado, piezas de dimensiones exactas y de elevada calidad superficial. Para cada forma de pieza es necesario una brocha especial y se debe fabricar, es por este motivo que el brochado solo es rentable para grandes series de piezas a mecanizar, ya que la fabricación de los útiles no es económica.

Las brochas se suelen fabricar de acero templado, los dientes, a lo largo del útil, cada vez son un poco más altos y éstos se adaptan al perfil deseado.

1.8.6 Esmerilado.

Los trabajos corrientes que se hacen con el esmerilado son el afilado de herramientas y el mecanizado de piezas templadas y sin templar. El esmerilado trata de eliminar irregularidades (desbarbar) o de conseguir piezas redondas o planas de gran exactitud de medidas y de elevada calidad superficial (rectificado).

El esmerilado es un proceso de arranque de viruta mediante forma geométrica indeterminada de los filos cortantes (granos abrasivos). Como útil se emplea generalmente un disco abrasivo rotativo. De su superficie resaltan granos de material abrasivo que dan lugar, gracias a sus aristas y vértices, al arranque de viruta.

Los procedimientos de rectificado se diferencian entre sí por las distintas clases de los movimientos de avance y de aproximación, mientras que el movimiento de corte lo realiza siempre la herramienta. Los tipos de rectificado son los siguientes:

- **Rectificado cilíndrico:** Mediante el rectificado puede conferirse exactitud de medidas y elevada calidad superficial a piezas de formas cilíndricas. Se diferencia entre rectificado cilíndrico exterior e interior. La exactitud de medidas puede lograrse mediante el rectificado de manera más fácil que con el torneado, ya que el espesor de viruta en el rectificado es mucho más pequeño que en el torneado. También se consiguen unas calidades superficiales elevadas que reducen el rozamiento en las piezas al deslizarse y favorece con ello las condiciones de movimiento y apoyo.
- **Rectificado plano :** Se realiza para conseguir superficies planas.
 - Rectificado periférico: La herramienta giratoria realiza el corte con su superficie periférica.
 - Rectificado lateral: La herramienta giratoria realiza el corte con una de sus superficies laterales.
 - Rectificado longitudinal: La dirección del avance principal es paralela a la superficie mecanizada.
 - Rectificado giratorio: El movimiento de avance es circular.

El pulido es un esmerilado fino de piezas redondas o planas realizado mediante material abrasivo. La elección del material para pulir se rige por el material a trabajar y por la calidad superficial deseada. Los tipos de pulido son:

- Pulido a mano: La acción de esmerilado se realiza a mano utilizando, como útil, una abrazadera con anillo de pulir reemplazable de cobre, metal blanco o fundición gris. El material abrasivo se aplica con un pincel sobre la zona a pulir, y la pieza a pulir gira con velocidad periférica.
- Pulido a máquina: Este tipo de pulido se emplea para pulir grandes series de piezas. Las piezas se disponen en un montaje y son conducidas entre dos discos planos de pulir. La pasta de pulir se aplica mediante un pincel o se hace llegar a través de una bomba. Para pulir se baja el disco superior y por su propio peso o ayudado por una presión exterior, se aplica contra la pieza.

1.8.7 Roscado.

En el roscado, las roscas pueden ser exteriores (pernos roscados o husillos roscados) e interiores (hembra o tuerca). Según el fin o aplicación se distingue entre roscas de fijación o roscas de movimiento.

- Roscas de fijación: Sirven para unir o fijar piezas.
- Roscas de movimiento: Tienen por misión la de hacer mover mediante movimiento de avance piezas.

Las roscas están normalizadas tanto en la forma como en las dimensiones y su clasificación es:

- Rosca triangular: Roscas especialmente pensadas para grandes esfuerzos sin que se aflojen por si solas. Normalmente se emplean para tornillos de fijación. La sección triangular del filete da lugar a un paso reducido, conveniente para la obtención de un gran esfuerzo de aprieto.
- Rosca Whitworth: El ángulo de los flancos es de 55° . El paso se designa mediante el número de hilos o filetes por pulgada. En los países con sistema métrico decimal no se emplea esta rosca.
- Roscas finas: Tienen paso más pequeños y profundidades de rosca menores que las roscas corrientes métricas. Consecuencia de los pasos reducidos, se obtiene una mejor autoretenición, ideal para roscas que están expuestas a vibraciones o sacudidas.
- Rosca trapecial: Esta rosca es ideal para fijaciones de movimiento. El ángulo de los flancos es de 30° , el diámetro exterior y el núcleo dejan juego entre si.
- Rosca de sierra: Se emplea para la sujeción de elementos afectados por fuertes presiones unilaterales, el flanco activo tiene una inclinación de 3° y el dorso que no trabaja una inclinación de 30° .
- Rosca redondeada: Rosca poco sensible a deterioros, empleada para husillos de válvulas, acoplamientos ferroviarios, roscas de mangueras, etc.

Las roscas se pueden obtener mediante el roscado de machos, mediante terrajas a mano o a máquina. Con frecuencia se hacen roscas por prensado y por colada. La elección del procedimiento de fabricación se rige por el número de piezas a roscar, por la exactitud de la rosca y las calidades exigidas y por la economía.

Normalmente, para el roscado de cualquier métrico normalizado, se tiene que taladrar previamente el alojamiento, dejando un exceso de material para poder realizar la rosca.

Rosca (mm)	Taladro para acero (mm)	Fundición gris, latón (mm)
M3	2.5	2.4
M3.5	2.9	2.8
M4	3.3	3.2
M5	4.2	4.1
M6	5	4.8
M8	6.7	6.5
M10	8.4	8.2
M11	10	9.9
M14	11.75	11.5
M16	13.75	13.5
M18	15.25	15
M20	17.25	17
M22	19.25	19
M24	20.75	20.5
M27	23.75	23.5

Tabla I Diámetros de broca para roscas según DIN 336

1.8.8 Erosión térmica por chispa eléctrica (Electroerosión).

La electroerosión es un proceso de fabricación en el que las chispas eléctricas aportan calor y la energía mecánica necesaria para producir erosión de las partículas pequeñas del material.

En la electroerosión la herramienta y la pieza se conectan a un generador en continua y se aproximan entre sí lo suficiente para que salten chispas eléctricas entre los dos materiales eléctricamente conductores. Estas chispas producen, por medio de formación de aglomeraciones fusión y vaporización, unas pequeñas depresiones en forma de cráter, tanto en la pieza como en la herramienta.

Para que la descarga eléctrica se produzca, todo el proceso se desarrolla dentro de un líquido no conductor dieléctrico. Los líquidos apropiados son el petróleo, el aceite de transformadores o el agua desionizada.

En el proceso de electroerosión, los materiales utilizados para la herramienta o electrodo son el cobre, grafito, aleaciones de cobre y cinc (latón) o de tungsteno y cobre.

Modificando la energía eléctrica aportada, se regula la cantidad de erosión, el tiempo activo y la calidad de la superficie a las condiciones deseadas. Mayor aportación de energía proporciona mayores descargas que actúan con más violencia y con mayor erosión en la pieza, una menor aportación, produce efectos contrarios.

La gran ventaja de la electroerosión es que puede aplicarse a todos los materiales que sean buenos conductores eléctricos, cualquiera que sea su dureza, con buenos resultados tanto en forma como en acabado superficial. Pueden mecanizarse de acabado así todos los tipos de metales duros y de aceros templados para herramientas.

1.9 Fabricación del molde.

En este apartado trataremos de explicar, sin extendernos demasiado, de todos los tratamientos, procesos y acabados que se han llevado a cabo a cada elemento del molde para su correcta construcción, montaje y funcionamiento con el fin de llegar a los objetivos de fabricación establecidos.

Para todos los alojamientos de los tornillos que se han mecanizado, se ha seguido la norma DIN 74. Se entiende que a todos los taladrados mencionados a continuación se les practica un desbarbado para eliminar cantos vivos, en los agujeros, producto del mecanizado.

Para ello, repasaremos todos los elementos que forman nuestro molde y explicaremos todo lo relacionado con dichos elementos para entender y analizar mejor si se ha proyectado correctamente.

1.9.1 Placa aislante.

La placa aislante va alojada encima de la solera de inyección o placa de fijación-inyección. La función de la placa aislante es, como su nombre indica, aislar al molde de pérdidas de calor consecuencia del intercambio constante con otros medios. Se selecciona una placa aislante del fabricante KOSMON de 10 mm de grueso, de material MICA+F.V. que resiste temperaturas de hasta 450 °C, muy recomendable para moldes con cámara caliente donde se alcanzan temperaturas muy elevadas. A esta placa se le realizan cuatro taladros pasantes avellanados según norma DIN 74 para alojar cuatro tornillos DIN 79991 de M6x20 para sujetarla a la solera de inyección.

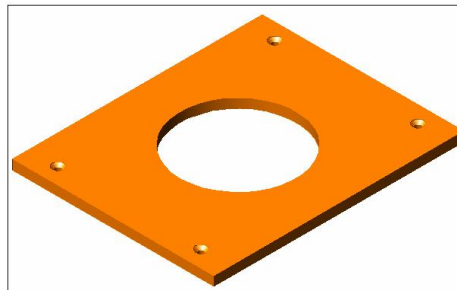


Figura 1 Placa aislante.

1.9.2 Disco centrador.

El disco centrador va alojado en la zona de inyección del molde y su función principal es la recepción de la boquilla del husillo cada ciclo de inyección. El disco centrador es un elemento normalizado, se compra al proveedor VAP, de material 1.1730 según norma DIN con referencia de pedido DC1 / 110x12. A este disco se le practica una operación de mecanizado en torno para corregir el alojamiento para la boquilla del husillo para conseguir un ángulo de 70°, con esto se pretende un mejor acoplamiento de la boquilla en el momento de la inyección. El disco centrador va cogido a la solera de inyección o placa de fijación-inyección mediante dos tornillos M8x12 mm según norma DIN 912, previamente los agujeros se taladran.

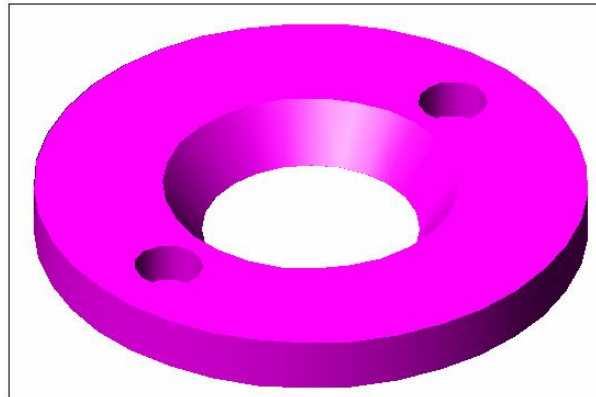


Figura II Disco centrador.

1.9.3 Solera inyección o placa de fijación - inyección.

La solera de inyección o placa de fijación-inyección, al igual que la placa solera de expulsión o placa de fijación-expulsión, tiene como principal función la unión física del molde con la máquina de inyección. La placa mencionada se compra, como elemento normalizado, al proveedor VAP, de material 1.2738 según norma DIN con referencia de pedido de portamoldes VAP-SP-nº5 / 175x260x76x66x1.2738 / 22x22x22x70x26x1.1730. A la placa se le practica una operación de mecanizado para el alojamiento de la boquilla y el disco centrador, y se realiza un taladrado y roscado de los alojamientos ciegos para sujetar el disco centrador y la placa aislante para tornillos de M8 y M6 respectivamente, según norma DIN 912.

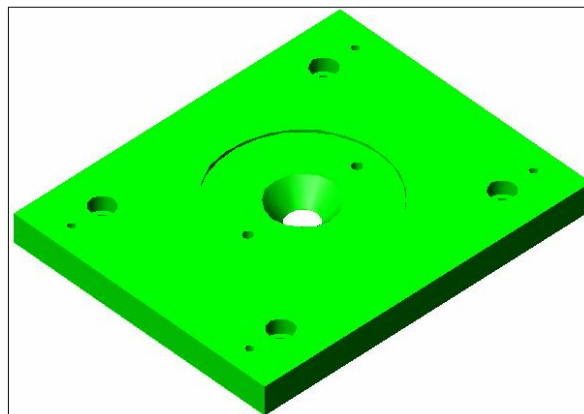


Figura III Solera inyección.

1.9.4 Regles inyección.

Los regles inyección van posicionados en los laterales del molde en la parte de la inyección y su función es la de separar físicamente todo el sistema de inyección de la parte figura del molde, para evitar posibles cambios bruscos de temperatura causado principalmente por las altas temperaturas en la cámara caliente. Los regles son suministrados por el proveedor VAP en forma de normalizado, de material 1.1730 según norma DIN y se le practica, a una placa, un taladrado y roscado lateral para alojar dos tornillos M8x12 según norma DIN 912 para fijar el conector multipolar. Apuntar también, que se mecaniza la parte superior del regle para dejarlo a una altura de 58.5 mm.

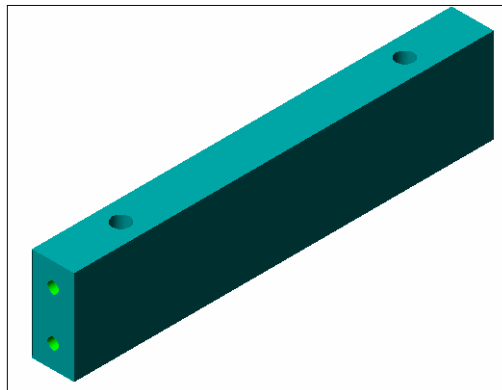


Figura IV Regle inyección.

1.9.5 Placa inyección.

La placa inyección esta situada en la zona de inyección del molde y su función principal es la de alojar el postizo de inyección. Esta placa se compra como normalizado al proveedor VAP y el material es 1.2738 según norma DIN. A esta placa se le practican los siguientes procesos:

- Se hacen dos taladros para la boquilla de la cámara caliente de 20 mm de diámetro.
- Se taladran y roscan cuatro agujeros ciegos para tornillos M6 según norma DIN 912, para fijar el distribuidor de la cámara caliente.
- Se mecanizan dos alojamientos ciegos para los pasadores encargados de evitar el giro y posicionar el distribuidor de la cámara caliente de 8 mm de diámetro.
- Se le realiza una operación de mecanizado, exactamente un cajeadado rectangular para alojar el postizo de inyección con medidas 180x110x40 mm.
- Se practica un taladrado y roscado para dos tornillos M10x45 mm según norma DIN 912, para fijar el postizo de inyección.
- Se le practica un mecanizado de dos regatas para alojar el sistema de refrigeración de diámetro 20 mm.
- Se taladra y rosca el agujero para alojar el cáncamo DIN 580 de M12x22 mm.

- Se le practica un taladrado y roscado ciego para tornillo DIN 912 de M8x16 para la sujeción del seguro del molde.

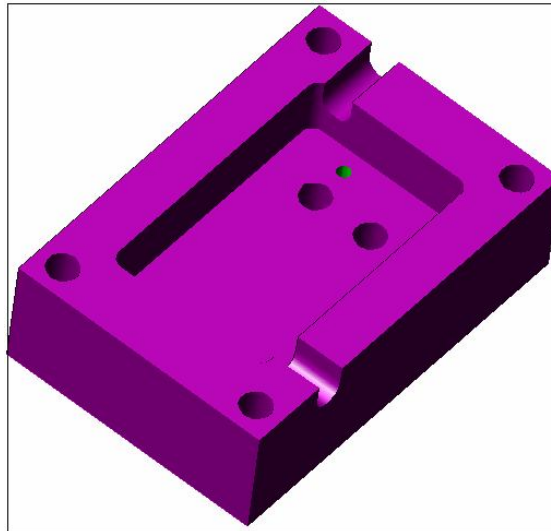


Figura V Placa inyección.

1.9.6 Postizo inyección.

El postizo inyección es junto con el postizo expulsión el sistema que forma el molde figura, esta placa es la causante de dar la forma, junto con el postizo expulsión, a la pieza final después de inyectada. El postizo inyección contiene parte de la forma geométrica del producto a inyectar. La fabricación de este elemento comienza a partir de un taco de material 1.2343 según norma DIN de dimensiones 190x120x65 mm, y las operaciones que se realizan hasta llegar al producto deseado son las siguientes:

- Se mecaniza mediante fresado exterior para darle forma al taco de material para conseguir la dimensión deseada del postizo (180x110 mm).
- Se mecaniza la línea de partición del molde en forma curva para conseguir la forma geométrica de la pieza deseada (R=249 mm).
- Se taladran y roscan dos agujeros para alojar tornillos M10x45 mm según norma DIN 912 para fijar el postizo a la placa inyección.
- Se le mecanizan los alojamientos para la boquilla de la cámara caliente según especificaciones del proveedor.
- Para solucionar la problemática de la refrigeración se opta por una refrigeración en forma de serpentín, primeramente se realizan tres taladros ciegos diámetro 8x165 mm y estos tres taladros se comunican mediante dos taladros ciegos más de diámetro 8x60 mm, para finalizar se le practica otro taladro ciego de diámetro 8x20 mm para habilitar la salida del refrigerante. La operación final es el roscado a un ¼'' gas para el alojamiento de cuatro tapones y dos tubos roscados.
- Para conseguir la figura, se le practica un desbaste mediante fresado dejando un exceso de material de 0.2 mm en todo el contorno de la figura.

- Una vez realizadas todas estas operaciones, el postizo se lleva a tratar mediante un temple revenido para conseguir una dureza en torno a 48-50 HRc.
- Después se le practica un electro satinado fino (electroerosión) para un acabado fino de la figura. El electrodo inyección se mecaniza con control numérico (fresadora), con material de cobre y con la geometría de la pieza teniendo en cuenta distancias GAP, a dicho electrodo le hacemos una pequeña marca en la zona donde estará el punto de inyección de la pieza, para que esta, una vez desmoldeada, no le quede marca, también se realiza un segundo electrodo para marcaje de la pieza ya que no disponemos de suficiente espacio para alojar los fechadores normalizados.
- Se le practica un taladro pasante para habilitar la entrada de material desde la cámara caliente hasta la pieza (punto de inyección).
- A continuación se pule la cavidad del postizo.
- Para el montaje y ajuste del molde, se rectifican las superficies mediante rectificadora.

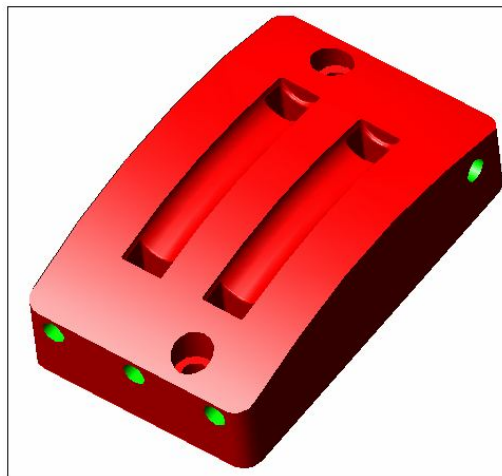


Figura VI Postizo inyección.

1.9.7 Postizo expulsión.

Como hemos comentado anteriormente, el postizo expulsión, junto con el postizo inyección, forman el sistema molde figura y son los culpables de dar la forma geométrica final a la pieza de plástico inyectada. Para la fabricación de este elemento del molde partimos de un taco de material 1.2343 según norma DIN de dimensiones 190x120x40 mm y se le practican las siguientes operaciones para su transformación:

- Se mecaniza mediante fresado exterior para darle forma al taco de material para conseguir la dimensión deseada del postizo (180x110).
- Se realiza también la operación de fresado para mecanizar la línea de partición del molde para darle la forma en curva deseada anteriormente comentada, y se deja las preformas para alojar las tapas que formarán parte de nuestro conjunto pieza.

- Se practican dos taladros y roscados para tornillos M10x25 mm según norma DIN 912 para fijar el postizo a la placa expulsión.
- Se taladran y mandrinan agujeros pasantes para los expulsores tubulares a un diámetro de 8 mm. Estos expulsores se ajustan a H7 para que no se filtre plástico en el momento de la inyección y se lubrican.
- Para la refrigeración se le practica la misma operación que en el postizo de inyección.
- Para solucionar la salida de gases del molde se opta por la mecanización, en el lado opuesto al punto de inyección, de dos regatas de 5x0.02 mm y estas dos regatas van unidas por una regata en forma de T de 5x0.4 mm, comunicada con el exterior.
- Por último, una vez realizadas todas estas operaciones, el postizo se lleva a tratar mediante un temple revenido para conseguir una dureza en torno a 48-50 HRc.
- El electrodo expulsión se mecaniza con control numérico (fresadora), con material de cobre y con la geometría de la pieza teniendo en cuenta distancias GAP.
- A continuación se pule la cavidad del postizo.
- Para el montaje y ajuste del molde, se rectifican las superficies mediante rectificadora.

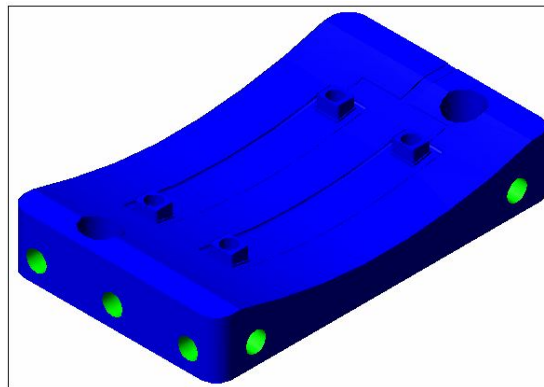


Figura VII Postizo inyección.

1.9.8 Placa expulsión.

La placa expulsión esta situada en la parte de la expulsión del molde y tiene como finalidad principal alojar el postizo expulsión. Este componente se obtiene en forma de normalizado y lo suministra nuestro proveedor VAP y el material es 1.2738 según norma DIN. Se realizan las siguientes operaciones:

- Se le realiza una operación de mecanizado, exactamente un cajeadado rectangular para alojar el postizo de inyección con medidas 180x110x30 mm.
- Se le hacen cuatro taladros pasantes de diámetro 6.2 mm para los expulsores de diámetro 6 mm para dejar cierta holgura para facilitar su montaje.

- También se le practican dos taladros y roscados de M10x12 mm para fijar el postizo expulsión.
- También se le efectúa un taladrado y mandrinado para los expulsores de retroceso de diámetro 12x20 mm, se taladra la parte posterior de la placa a diámetro 12.5x46 mm para facilitar montaje de los mismos.
- También se efectúa el mecanizado de las ranuras donde van alojados los conectores rápidos de la refrigeración.
- En esta placa se mecaniza la continuación de la regata de salida de gases al exterior del molde de 5x0.4 mm.
- También se le mecaniza, en una de las caras, el alojamiento para el tornillo de sujeción del seguro del molde de M8x16 mm.

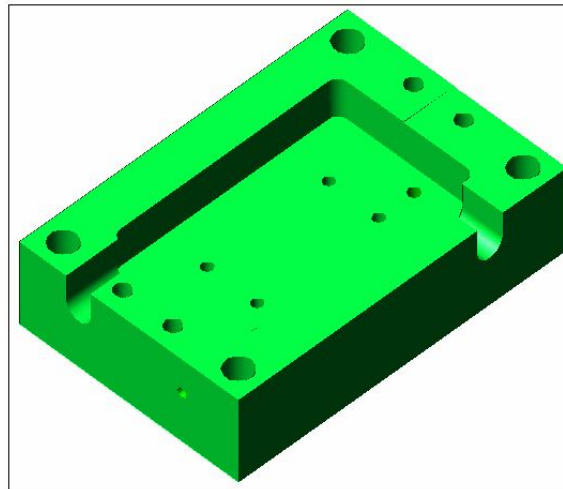


Figura VIII Placa expulsión.

1.9.9 Placa intermedia.

La placa intermedia va situada entre la placa expulsión y entre los regles de la zona de expulsión, su principal función es la de dar más consistencia al molde, también se utiliza esta placa para alojar los casquillos guía para las columnas, es de material 1.1730 según norma DIN. Se le realizan las siguientes operaciones:

- Se le hacen cuatro taladros pasantes de diámetro 6.2 mm. para los expulsores de diámetro 6 mm para dejar cierta holgura para facilitar su montaje.
- También se le efectúa cuatro taladros y mandrinados pasantes para los expulsores de retroceso de diámetro 12,5 mm.
- Se le mecanizan cuatro alojamientos pasantes de diámetro 20 mm para los casquillos de las columnas guía de material 1.7242 según norma DIN, también se le realizan los alojamientos para las cabezas de los casquillos de diámetro 24.5x4 mm. La medida de 4 mm. es ajustada para que las cabezas de los casquillos enrasen con la placa.
- Se le realiza un taladro y roscado para cáncamo DIN 580 M12x22 mm.

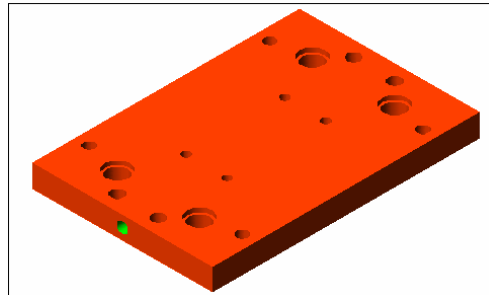


Figura IX Placa intermedia.

1.9.10 Regles expulsión.

Los regles de expulsión van situados en los laterales de la zona de expulsión del molde y su función principal es la de separar físicamente la placa intermedia de la solera de expulsión o placa fijación-expulsión. La altura de los regles debe de ser superior a la distancia de apertura del molde, ya que esta distancia es la que recorren las placas expulsoras en el momento de la expulsión de la pieza. El material de los regles será 1.1730 según norma DIN y las dimensiones serán 260x70x26 mm.

1.9.11 Placa soporte expulsor.

Esta placa tiene como función principal la de guiar los expulsores de retroceso y tubulares y alojar las cabezas de los mismos, también contiene los alojamientos de los casquillos para las columnas guía, es de material 1.1730 según norma DIN. Las operaciones que se realizan a esta placa son las siguientes:

- Se mecanizan cuatro alojamientos pasantes de diámetro 12.2 mm para los expulsores de retroceso con sus diámetros de cabeza respectivos de 18.2x7 mm, la altura de las cabezas de los expulsores deben de ser medidas teóricamente exactas para poder controlar la altura de dichos expulsores.
- Se mecanizan cuatro alojamientos pasantes para los expulsores tubulares de diámetro 6.2 mm y los alojamientos para las cabezas de los expulsores tubulares de diámetro 14.2x5 mm, la altura de las cabezas de los expulsores deben de ser medidas exactas para controlar la altura de los mismos.
- Se mecanizan dos alojamientos pasantes para las columnas de apoyo de diámetro 35 mm.
- Se mecanizan, taladrando y mandrinando, cuatro alojamientos para los casquillos de las columnas guías de material 1.7247 de diámetro 20 mm pasante.

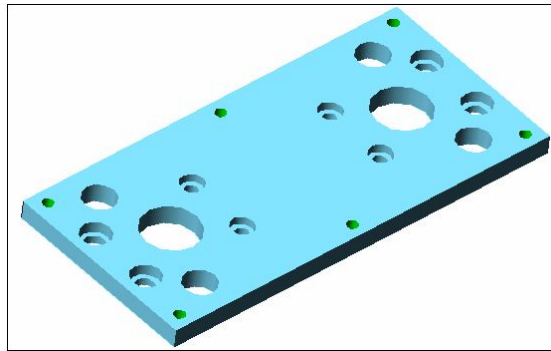


Figura X Placa soporte expulsor.

1.9.12 Placa base expulsora.

Esta placa tiene como principal función evitar que los expulsores se salgan de su guiado, es de material 1.7242 según norma DIN. Las operaciones que se realizan a la placa son las siguientes:

- Se mecanizan los dos alojamientos pasantes para las columnas de apoyo de 35 mm de diámetro.
- Se mecanizan los cuatro alojamientos, mediante taladrado y mandrinado, para los casquillos y sus cabezas, de las columnas guía de material 1.7242 según norma DIN, para los casquillos se mecanizan alojamientos de diámetro 20 mm pasante y para las cabezas diámetro 24.5x4 mm.
- En el centro de la placa se taladra y se rosca un alojamiento para M16 para roscarlo en la máquina para dar fuerza a la zona de expulsión del molde.

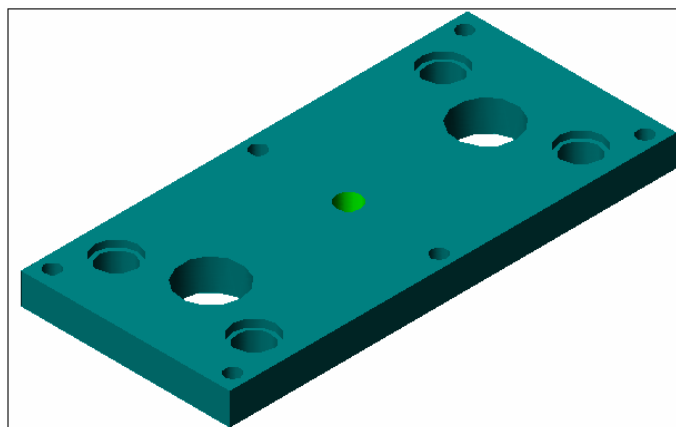


Figura XI Placa base expulsora.

1.9.13 Solera de expulsión o placa fijación expulsión.

La placa de fijación expulsión tiene como finalidad principal la de fijar el molde en máquina y aguantar todo el paquete de expulsión del molde. Las operaciones que se le practican son las siguientes:

- En el centro de la placa se efectúa un taladro pasante de 30 mm de diámetro para poder conectar la zona de expulsión a la máquina de inyección.

- Se mecanizan los alojamientos pasantes para los expulsores que dan forma al diámetro interior donde ira alojado el tornillo de sujeción de la maneta de 4.2 mm de diámetro, también se mecanizan los alojamientos para las cabezas de dichos expulsores de diámetro 8.2x3 mm, la altura irá ajustada para controlar la posición de los mismos.
- Se mecaniza alojamiento para los tornillos de sujeción de las columnas de apoyo, los tornillos son de M10x30 mm según norma DIN 912.
- Se mecanizan cuatro alojamientos pasantes para los topes de material 1.7242 según norma DIN de la placa expulsora, de 8 mm de diámetro.
- Se mecanizan cuatro alojamientos para las cabezas de las columnas guías, de material 1.7247 según norma DIN, de 24.5x4 mm de diámetro, el agujero irá con ajuste holgado mientras que la altura de las cabezas será ajustado, también se mecanizan los cuatro agujeros pasantes de diámetro 20 mm para las guías.

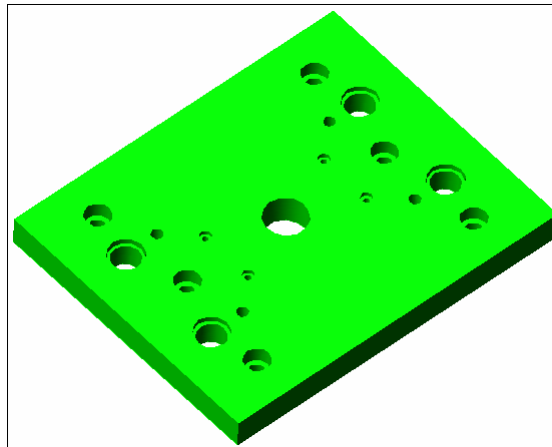


Figura XII Solera de expulsión.

2 Cálculos justificativos.

En este apartado mostraremos todos los cálculos efectuados para la correcta proyección del molde y verificaremos que el dimensionado y las calidades escogidas son las correctas para la fabricación de la pieza. También, los cálculos que a continuación se exponen, nos serán de gran ayuda para la correcta elección de la máquina de inyección.

2.1 Cálculo del peso de la pieza.

Una vez proyectado el molde y gracias a las herramientas de CAD, obtenemos el volumen total de la pieza a inyectar que junto con los datos que nos proporciona nuestro proveedor de la poliamida (PA 66 GF30), exactamente la densidad (ρ), podemos llegar a calcular el peso de la pieza rediseñada.

- Volumen total de la pieza $\rightarrow V_{total} = 25462.18 \text{ mm}^3$
- Densidad de PA66 GF30 $\rightarrow \rho = 1.36 \text{ g/cm}^3$

Conociendo estos dos datos, estamos en condiciones de poder calcular el peso final de la pieza rediseñada.

$$\boxed{Peso = V_{total} \times \rho} \rightarrow \boxed{Peso = 25462.18 \text{ mm}^3 \times 1.36 \text{ g/mm}^3 = 34.63 \text{ g}}$$

2.2 Fuerza necesaria de cierre.

En este apartado determinaremos la fuerza de cierre necesaria para la correcta inyección de nuestra pieza. Para el cálculo de la fuerza de cierre utilizaremos la siguiente ecuación:

$$\boxed{F = \frac{P \times A \times S}{100}} \rightarrow \text{donde: } F \rightarrow \text{Fuerza de cierre necesaria en kN.}$$

$A \rightarrow$ Área proyectada en cm^2

$P \rightarrow$ Presión en la cavidad del molde en bar.

$S \rightarrow$ Factor de seguridad.

Primeramente, calcularemos el área proyectada (A) de la siguiente manera:

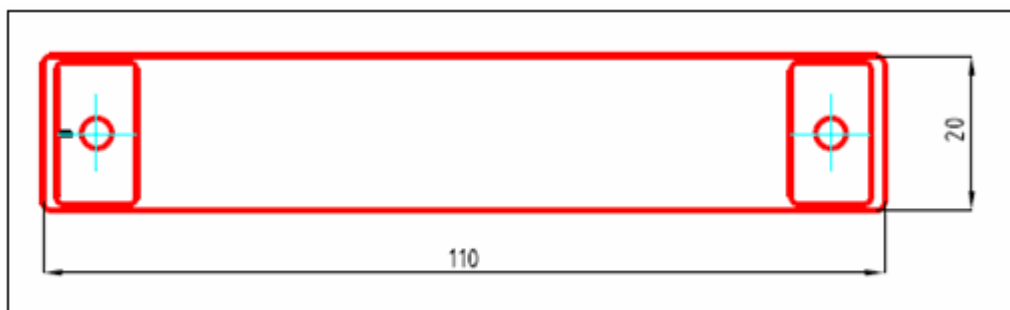


Figura I Dimensiones de la pieza en mm.

El cálculo del área proyectada será el siguiente: $\boxed{\text{Área} = 110\text{mm} \times 20.2\text{mm} = 2200\text{mm}^2 = 22\text{cm}^2}$

A continuación, calcularemos la presión en la cavidad del molde (P), de la siguiente manera:

- Utilizaremos el siguiente diagrama para el cálculo de la presión en la cavidad

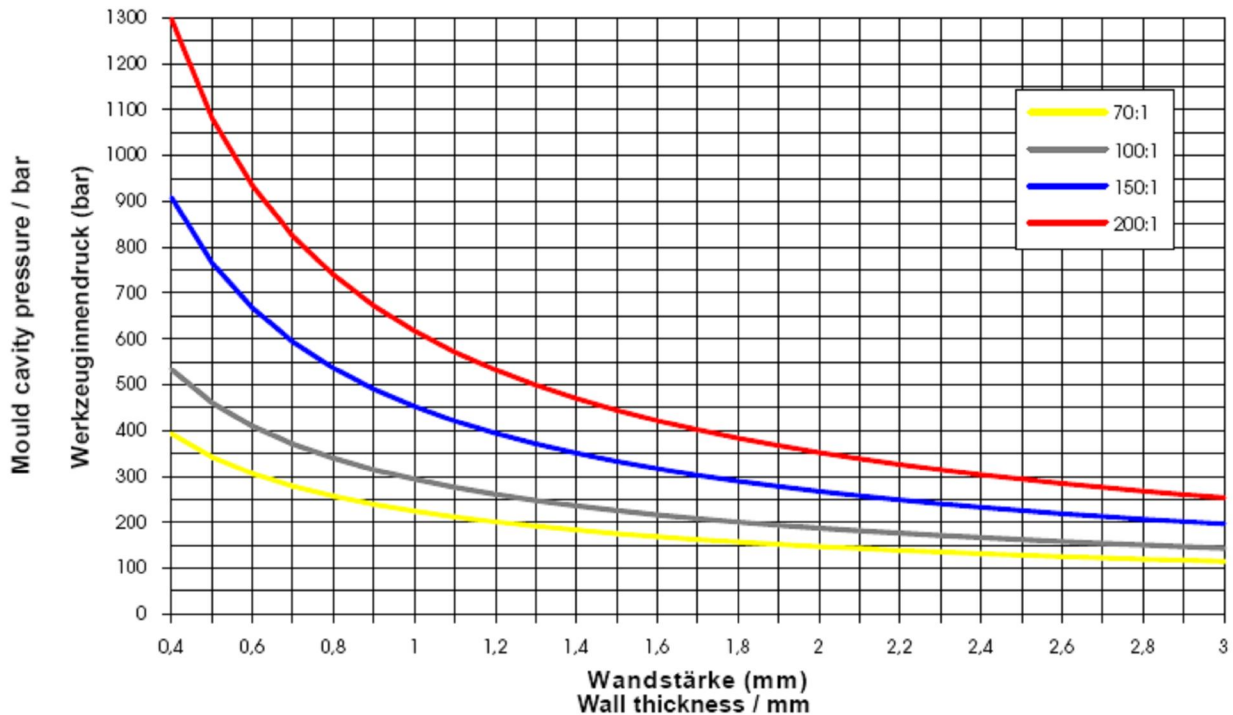


Figura II Diagrama para el cálculo de la presión en la cavidad.

- En este diagrama se relaciona el espesor (mm) y la presión en la cavidad del molde (bar) mediante unas curvas las cuales se deducen de la relación longitud/espesor de nuestra pieza.
- Nuestros datos son:
 - Longitud de la pieza → 110 mm
 - Espesor de la pieza → 10 mm
- Dado que nuestra relación es 110:10, para el cálculo de la presión en la cavidad de nuestro molde, utilizaremos la curva de relación 70:1, ya que es la relación más pequeña que nos proporciona el diagrama.
- Como se puede observar, en el diagrama comentado, el máximo espesor que relaciona es de 3 mm, nuestro espesor máximo es de 10 mm, es por esto que el diagrama utilizado para el cálculo no contempla nuestro espesor máximo de pieza, pero observando la curva de relación 70:1, podemos observar que para espesores superiores a 3 mm, la presión en la cavidad del molde tiende a 100 bar aproximadamente, es por esto que utilizaremos para el cálculo:

- Presión en la cavidad del molde: $\rightarrow P = 110\text{bar}$ aproximadamente

Por último, para completar los datos necesarios para el cálculo de la fuerza de cierre del molde, utilizaremos un factor de seguridad (S) de 1,2 para asegurarnos de que todo el cálculo queda sobredimensionado.

Los datos para el cálculo son los siguientes:

- Área proyectada $\rightarrow A = 22\text{cm}^2$
- Presión cavidad molde $\rightarrow P = 110\text{bar}$
- Factor seguridad $\rightarrow S = 1.2$

Con todo esto el cálculo de la fuerza de cierre será:

$$F = \frac{P \times A \times S}{100} \rightarrow F = \frac{110 \times 22 \times 1.2 \times 2}{100} = 58.08\text{kN} \approx 60\text{kN} \rightarrow F \approx 6\text{Tn}$$

Dada la fuerza anteriormente calculada, podemos afirmar que la máquina de inyección la dimensionaremos a partir de las medidas entre columnas, dimensiones del molde y gramaje, ya que estamos trabajando en un rango de fuerza de cierre muy bajo, que nos lo proporciona cualquier máquina de inyección del mercado.

2.3 Cálculo del tiempo de enfriamiento.

En este apartado trataremos de calcular el tiempo de enfriamiento más adecuado, tanto a nivel económico como a nivel productivo, de la pieza rediseñada. El tiempo de enfriamiento es muy importante a la hora de producir piezas inyectadas con termoplástico, para tiempos de enfriamiento cortos se consiguen ventajas económicas pero también desventajas en cuanto a la calidad final. Por otra parte, los largos tiempos de enfriamiento se consiguen desventajas económicas y productivas, pero en cambio se logran piezas de mejor calidad, con buena fluidez, poco tensionadas y con poca contracción posterior.

Para el cálculo del tiempo de enfriamiento utilizaremos los siguientes datos que nos proporciona el proveedor de la poliamida PA66 GF30, que son los siguientes:

- Densidad de PA66 GF30 $\rightarrow \rho = 1.36 \text{ g/cm}^3$
- Temperatura inyección ($\theta_M = 280\text{-}300 \text{ }^\circ\text{C}$) $\rightarrow \theta_M = 290^\circ\text{C}$
- Temperatura pared molde ($\theta_w = 80\text{-}90 \text{ }^\circ\text{C}$) $\rightarrow \theta_w = 85^\circ\text{C}$
- Temperatura media desmoldeo (θ_E) $\rightarrow \theta_E = 143^\circ\text{C}$
- Conductividad térmica (λ) $\rightarrow \lambda = 0.27 \text{ (W/Km)}$
- Capacidad calorífica específica (c) $\rightarrow c = 1.5 \text{ (J/gK)}$

Para el cálculo de la temperatura media desmoldeo (θ_E), se aplica la siguiente fórmula:

Maximum demoulding temperatures:			
ABS	100 °C	PE-HD	110 °C
CA	90 °C	PE-LD	80 °C
CAB	90 °C	PMMA	100 °C
CP	90 °C	POM	150 °C
PA 6	200 °C	PP	110 °C
PA 6.6	200 °C	PS	80 °C
PA 6.10	200 °C	SAN	110 °C
PA 11	200 °C	SB	90 °C
PC	140 °C	PVC	70 °C

Tabla I Temperaturas máximas de desmoldeo.

$$\theta_E = \frac{\theta_{E \max} - \theta_W}{2} + \theta_W \rightarrow \theta_E = \frac{200 - 85}{2} + 85 = 143^\circ\text{C}$$

En primer lugar, calcularemos la conductibilidad del PA66 GF30 mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Conductibilidad} = \lambda \div (\rho \times c) \rightarrow \text{Conductibilidad} = 0.0027 \div (1.36 \times 1.5) = 0.00132 \text{cm}^2/\text{s}$$

$$\text{Conductibilidad} = 13.2e - 4 \text{cm}^2/\text{s}$$

Una vez hemos calculado la conductibilidad, procedemos al cálculo de T, para que una vez calculado este valor, junto con la conductibilidad y el espesor medio de la pieza ($e = 5.75$ mm), utilizaremos el nomograma que más abajo mostramos, para calcular el tiempo de enfriamiento.

$$T = \left(\frac{\theta_M - \theta_W}{\theta_E - \theta_W} \right) \rightarrow T = \left(\frac{290^\circ\text{C} - 85^\circ\text{C}}{143^\circ\text{C} - 85^\circ\text{C}} \right) = 3.5$$

Una vez hemos calculado el valor de T, ya tenemos los datos suficientes para poder utilizar el nomograma para el cálculo del tiempo de enfriamiento.

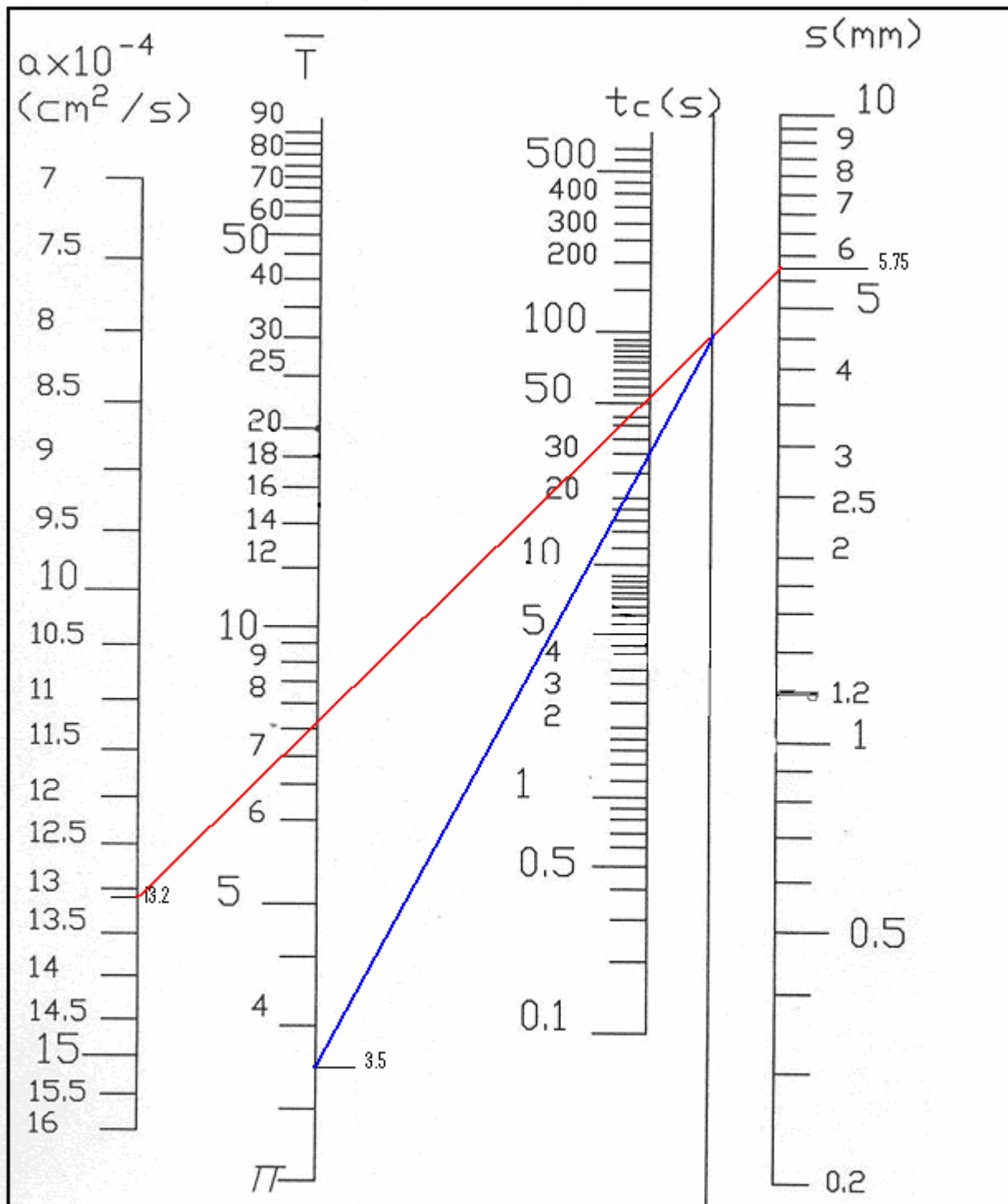


Figura III Monograma para el cálculo del tiempo de enfriamiento.

Una vez utilizado el nomograma llegamos a la solución de $t = 30s$

2.4 Determinación del calor que debe disiparse de la pieza.

El calor a disipar en la pieza es importante a la hora de desmoldear la misma. Si el calor disipado no es el suficiente, la masa fundida del termoplástico, en la cavidad, esta muy caliente y no se produciría el desmoldeo de la misma. En cambio, si el calor disipado es excesivo, la pieza dentro de la cavidad alcanzaría demasiada rigidez y tampoco se produciría el desmolde.

El calor que debe disiparse de la pieza depende de la masa de moldeo (Peso), de la temperatura de elaboración (θ_M) y de la temperatura media de desmoldeo (θ_E).

Así para el cálculo del calor a disipar en la pieza tenemos los siguientes datos:

- Temperatura inyección o elaboración ($\theta_M = 280-300\text{ °C}$) $\rightarrow \theta_M = 290\text{ °C}$
- Temperatura media desmoldeo (θ_E) $\rightarrow \theta_E = 143\text{ °C}$
- Peso de la pieza $\rightarrow \text{Peso} = 34.63\text{ g}$
- Tiempo de ciclo $\rightarrow t_{\text{ciclo}} = \text{Tiempo inyección} + \text{Tiempo refrigeración} + \text{Tiempo apertura} = 38\text{ s}$

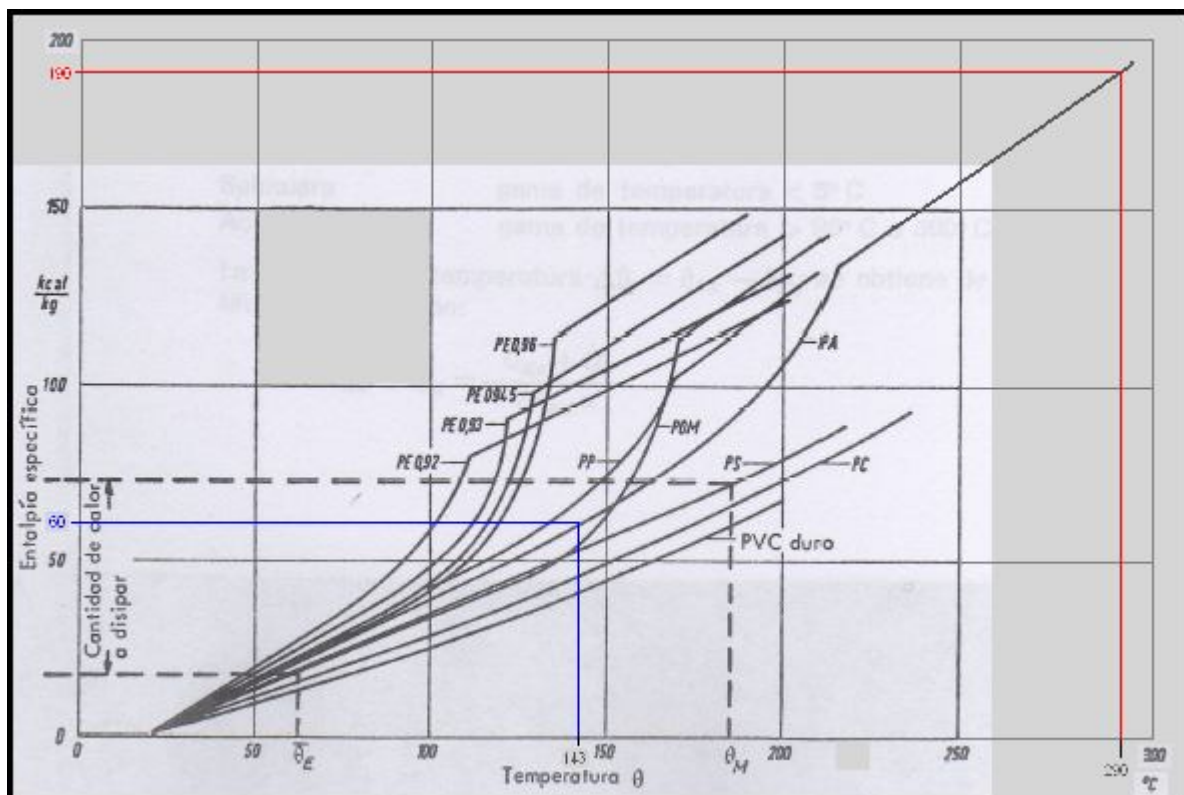


Figura IV Diagrama para el cálculo del calor a disipar.

Utilizando los datos anteriormente citados en la figura de arriba, podemos calcular la termicidad (entalpía) de la masa termoplástica. El resultado gráfico será $\Delta h = 190 - 60 = 130\text{ kcal/kg}$

Una vez calculada la termicidad o entalpía del termoplástico, podremos aplicar la ecuación que a continuación mostramos para calcular el calor que debe disiparse de la pieza.

$$\boxed{Q_{Ku}^* = \frac{\Delta h \times \text{Peso}}{t_{\text{CICLO}}}} \rightarrow \boxed{Q_{Ku}^* = \frac{130 \text{ kcal/kg} \times 0.03463 \text{ kg} \times 2}{38 \text{ s}} = 0.2369 \text{ kcal/s}} \rightarrow \boxed{Q_{Ku}^* = 853 \text{ kcal/h}}$$

2.5 Proyección del sistema de refrigeración del molde.

En este apartado trataremos de resolver toda la problemática derivada de la refrigeración de la pieza para su correcta producción. Para la refrigeración del molde se utiliza un agente moderador o agente acondicionador de temperatura y es este agente el que tiene la misión de aportar o disipar calor para acondicionar las paredes del molde para la correcta producción de la pieza.

Este, agente moderador o agente acondicionador de la temperatura, fluye por los canales del sistema de refrigeración del molde, normalmente la temperatura del agente moderador y la pared del canal son distintas (hasta 30°C de diferencia), esto se produce por la resistencia a la transmisión térmica de los materiales del molde y depende de las condiciones de flujo y de las propiedades del agente moderador.

Los agentes acondicionadores más usuales son:

Agente acondicionador	Gama de temperaturas
Agua	5-90 °C (bajo presión hasta 120 °C)
Mezcla agua/alcohol	< 5 °C
Salmuera	< 5 °C
Aceite	90-300 °C

Tabla II Agentes moderadores más utilizados.

En nuestro caso, el agente acondicionador de la temperatura, será un aceite mineral de la casa FUCHS llamado THERMISOL HT 360 el cual está referenciado en los anexos. Este aceite refrigerante, basado en aceites minerales parafínicos especialmente refinados que incluye en su formulación aditivos antioxidantes y anticorrosivos, está recomendado para su uso en instalaciones donde es necesaria una aportación de calor o calefacción indirecta en general. A causa de la elevada temperatura de desmoldeo de la PA66 GF30, es necesario aporte de calor a las paredes del molde para el desmoldeo eficiente de la misma.

Es importante tener en cuenta que la refrigeración del molde se debe realizar recirculando el aceite por el interior del molde por lo cual haría falta un depósito y una bomba que mantenga el fluido en recirculación. Es por esto que elegiremos un atemperador de la marca REGLOPLAS con las siguientes características:

REGLOPLAS 150smart	
Temperatura de salida	150 °C
Fluido para transmisión de el calor	Aceite
Capacidad calorífica	6 kW
Capacidad frigorífica	28 kW
Capacidad de la bomba	60l/min / 3.8 bar
Microprocesador de control	RT60



Tabla III Características grupo atemperador.

Después de todo lo comentado con anterioridad, procedemos al cálculo del intercambio térmico con el líquido refrigerante con la siguiente fórmula:

$$Q_u^* = \alpha_L \times F_{wo} \times (\theta_u - \theta_{TM}) \rightarrow Q_u^* = 6 \text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C} \times 0.2337 \text{m}^2 \times (20 - 100)^\circ\text{C} \rightarrow Q_u^* \approx -112 \text{kcal/h}$$

- Donde:
- $\alpha_L \rightarrow$ coeficiente transmisión térmica ($\approx 6 \text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$)
 - $F_{wo} \rightarrow$ superficie exterior del molde ($F_{wo} = 0.2337 \text{m}^2$)
 - $\theta_u \rightarrow$ temperatura ambiente ($\theta_u = 20^\circ\text{C}$)
 - $\theta_{TM} \rightarrow$ temperatura moderador ($\theta_{TM} = 100^\circ\text{C}$)

Una vez calculado el calor intercambiado con el medio refrigerante, planteamos balance térmico para el cálculo del calor a refrigerar de la siguiente manera:

$$Q_{TM}^* = Q_{ku}^* + Q_u^* \rightarrow Q_{TM}^* = 853 \text{kcal/h} - 112 \text{kcal/h} = 741 \text{kcal/h}$$

Una vez calculado el calor a refrigerar, tenemos todos los datos para el cálculo de la velocidad mínima de recirculación del agente acondicionador de la temperatura, que la calcularemos de la siguiente manera:

$$V_{TM}^* = \frac{Q_{TM}^*}{\rho_{TM} \times A_{kk} \times (\theta_{TM} - \theta_u) \times C_{TM}} \rightarrow$$

$$\rightarrow V_{TM}^* = \frac{741 \text{ kcal/h}}{818 \text{ kg/m}^3 \times 5.027 \text{e} - 5 \text{ m}^2 \times (100 - 20)^\circ \text{C} \times 0.517 \text{ kcal/kg}^\circ \text{C}} \rightarrow V_{TM}^* = 436 \text{ m/h}$$

- Donde:
- $Q_{TM}^* \rightarrow$ el calor intercambiado con el medio refrigerante ($Q_{TM}^* = 741 \text{ kcal/h}$)
 - $\rho_{TM} \rightarrow$ densidad del refrigerante a 100°C ($\rho_{TM} = 818 \text{ kg/m}^3$)
 - $A_{kk} \rightarrow$ sección del canal de refrigeración ($A_{kk} = 5.027 \text{e} - 5 \text{ m}^2$)
 - $C_{TM} \rightarrow$ capacidad calorífica del agente acondicionador a 100°C ($C_{TM} = 0.517 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$)

La velocidad mínima para la recirculación del aceite atemperador será: $V_{TM}^* \approx 12 \text{ cm/s}$

2.6 Cálculo del peso teórico máximo de inyección.

En este apartado trataremos de calcular el peso teórico máximo de inyección ideal para las características de nuestra pieza rediseñada. El peso teórico máximo de inyección nos servirá como dato para dimensionar la máquina de inyección y nos dará una idea de las características de máquina necesarias para la correcta producción de la pieza en cuestión.

La metodología de cálculo será la siguiente:

Rohstoff	PS	PE	PP	ABS	PC	PA	PMMA	POM	CA	PVC-W
F2	0,91	0,71	0,73	0,88	0,97	0,91	0,94	1,15	1,02	1,02

Tabla IV Factores de cálculo de peso teórico máximo de inyección.

$$V_{shot}(req.) = \frac{\text{Peso}}{F2} \rightarrow V_{shot}(req.) = \frac{34.63 \text{ g}}{0.91} = 38.05 \text{ g}$$

Dado que nuestro molde consta de 2 cavidades, el peso teórico máximo de inyección será: $V_{shot}(req.) \approx 76 \text{ g}$ Es por esto que la máquina de inyección y el diámetro de husillo lo dimensionaremos básicamente a partir de este dato.

2.7 Comprobación de las columnas guía.

Dado que los esfuerzos máximos en el ciclo de inyección que soportan las columnas guía, es en el momento que el molde cierra y toda la masa de placas transportada por la máquina de inyección se mueve para iniciar su ciclo nuevo de inyección, el cálculo para la comprobación de las columnas guía será a compresión, el cálculo es el siguiente:

Datos de las columnas guía:

- Diámetro columna guía $\rightarrow D = 16 \text{ mm}$
- Material de la columna guía $\rightarrow 1.7242 \quad \sigma_{adm} = 735 \text{ N/mm}^2$
- Fuerza de cierre de la máquina $\rightarrow F = 500 \text{ kN}$

$$\sigma_{compresión} = \frac{F_{máquina}}{(Area_{guía}) \times 4} \rightarrow \sigma_{compresión} = \frac{500000 \text{ N}}{4 \times \pi \times (8 \text{ mm})^2} \approx 622 \text{ N/mm}^2 < 735 \text{ N/mm}^2$$

Aparentemente las columnas guía aguantan el esfuerzo.

2.8 Comprobación columnas de apoyo.

Las columnas de apoyo están pensadas para aguantar las presiones que sufre el molde durante el ciclo de inyección. El cálculo de esfuerzo máximo para las columnas de apoyo será el mismo que para las columnas guía, siendo este a compresión.

Datos de las columnas de apoyo:

- Diámetro columna guía $\rightarrow D = 30 \text{ mm}$
- Material de la columna guía $\rightarrow 1.1730 \quad \sigma_{adm} = 640 \text{ N/mm}^2$
- Fuerza de cierre de la máquina $\rightarrow F = 500 \text{ kN}$

$$\sigma_{compresión} = \frac{F_{máquina}}{(Area_{apoyo}) \times 4} \rightarrow \sigma_{compresión} = \frac{500000 \text{ N}}{4 \times \pi \times (15 \text{ mm})^2} \approx 177 \text{ N/mm}^2 < 640 \text{ N/mm}^2$$

Aparentemente las columnas de apoyo aguantan el esfuerzo.

2.9 Cálculo de la presión máxima en el husillo.

La presión máxima en el husillo suele ser tres o cuatro veces superior a la presión que experimenta la cavidad en plena producción. Es por esto que la metodología de cálculo ha sido la siguiente:

$$p_{(spec)} \approx (3 - 4) \times P \rightarrow \text{presión en la cavidad del molde: } \rightarrow P = 110bar \text{ aproximadamente}$$

Para el cálculo de la presión máxima en el husillo consideraremos que es 3.5 veces superior a la presión en la cavidad del molde, dado que tenemos dos cavidades, el cálculo lo acondicionaremos teniendo en cuenta este dato, el cálculo será:

$$p_{(spec)} \approx 3.5 \times 110bar \times 2 = 770bar \rightarrow \text{este dato también nos resultará útil para el dimensionado de la máquina de inyección, este dato nos permitirá, junto con el peso teórico máximo de inyección, elegir el diámetro de husillo ideal para la inyección de nuestro molde en cuestión.}$$

2.10 Elección de la máquina de inyección.

Después de todos los cálculos anteriormente expuestos, tenemos toda la información necesaria para el dimensionado de la máquina de inyección, los datos a tener en cuenta son:

- Fuerza de cierre del molde $\rightarrow F \approx 6Tn$ este dato no es relevante a la hora de dimensionar la máquina, ya que no es una demanda de fuerza demasiado importante.
- Peso teórico máximo de inyección $\rightarrow V_{shot(req.)} \approx 76g$
- Presión máxima en el husillo $\rightarrow p_{(spec)} \approx 770bar$

Con estos valores tenemos los datos necesarios para el correcto dimensionado de la máquina. Así la máquina que elegimos es la ALLROUNDER 320 A de la marca ARBURG y las características de la máquina se exponen en los anexos.

El diámetro de husillo escogido será de 30 mm, ya que nos ofrece un gramaje máximo de 77 g, suficiente para la inyección de nuestra pieza según los cálculos.

Básicamente se selecciona esta máquina, debido en parte a las dimensiones del molde para montaje en máquina, ya que los cálculos demuestran que, para la inyección del molde proyectado, no presenta solicitudes de fabricación especiales, para los valores de cálculo conseguidos no es necesaria una prensa muy potente.

También decir, que para el proceso de fabricación de la pieza diseñada, el sistema TWINSHOT, no es necesario ningún requerimiento especial, ya que su fabricante nos certifica que el husillo especial TWINSHOT se puede utilizar en cualquier máquina de inyectar del mercado.

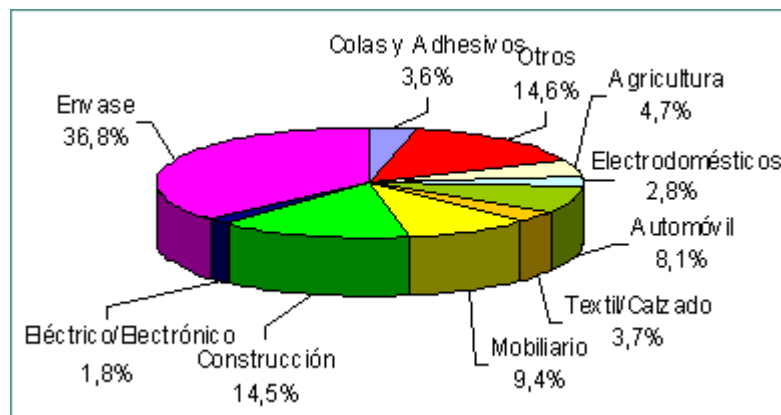
3 Pliego de condiciones.

3.1 Reciclado del plástico.

El uso de los plásticos ha sufrido un gran incremento que en la actualidad continua. En muchas de sus aplicaciones, los plásticos han reemplazado a otros materiales tradicionales (metales, cerámicas, maderas...), pero su desarrollo también se centra en aplicaciones nuevas (microelectrónica, biomedicina, comunicaciones...).

La mayoría de los plásticos se obtienen a partir de materias primas derivadas del petróleo o el gas (productos petroquímicos), las materias primas que se utilizan para la fabricación de los plásticos consumen solamente una pequeña fracción del petróleo (4%). Gracias a las continuas innovaciones en los materiales y en los procesos de ingeniería, la amplia familia de plásticos que tenemos disponibles hoy en día permiten un ahorro de recursos durante su fabricación y uso.

Un ejemplo es el sector del automóvil en Europa que emplea 1,7 millones de toneladas de plásticos al año, lo cual requiere el equivalente de 3,25 millones de toneladas de petróleo para su fabricación. Sin embargo, gracias a la ligereza de los plásticos empleados en los componentes del automóvil, se ahorra 12 millones de toneladas de petróleo cada año.



Fuente CICLOPLAST

Figura I Datos correspondientes al año 2002 sobre utilización de plásticos.

Todo consumo genera un residuo y los residuos plásticos son un recurso valioso y muy apreciado como para que nos deshagamos de ellos, tirándolos a la basura directamente. Actualmente muchos de nuestros residuos acaban en vertederos cuando realmente se podrían aprovechar como fuente de materia (reciclado) o fuente de energía (valorización energética).

3.1.1 Valorización de los termoplásticos.

Desde el punto de vista técnico, las operaciones de valorización, se pueden agrupar en tres grandes grupos: reciclado mecánico, reciclado químico, valorización energética.

3.1.1.1 Reciclado mecánico.

El reciclado mecánico es un proceso físico en el cual a través de una serie de operaciones y en presencia de presión y temperatura, el plástico es recuperado para su posterior transformación. El reciclado mecánico de los residuos plásticos es conocido desde que se transformaron los primeros materiales termoplásticos, bajo la necesidad de utilizar, con el mayor provecho posible, estas materias primas.

A pesar de esta antigüedad, el reciclado mecánico ha ido evolucionando a lo largo del tiempo, existiendo en la actualidad todo un subsector dedicado al mismo, así como un gran número de empresas dedicadas a la fabricación de equipos principales y auxiliares para el mismo. La validez o no del producto resultante, depende mucho de la separación previa de los distintos materiales plásticos, de la ausencia de impurezas y en resumen de la limpieza de los mismos, por estos motivos es tan importante definir el proceso y los subprocesos adecuados en cada caso.

Cuando se habla de la separación previa de los distintos materiales hay que señalar que en la actualidad existen diferentes procesos de separación en distinto grado de desarrollo, como puede ser: métodos de flotación por diferencia de densidad, extracción con disolventes, procedimientos de humidificación selectiva, métodos espectroscópicos, etc. Un punto importante para la mejora del reciclado es la codificación del plástico, que en la actualidad no es obligatoria y que podría permitir una mejor separación por materiales. La codificación aceptada es la del SPI (Society of the Plastics Industry). Esta codificación sólo separa realmente 6 materiales, que se corresponden con los 6 primeros códigos o números, estando el séptimo reservado para el resto de materiales o para mezclas y multicapas.

MATERIAL	CÓDIGO SPI
PET	1
HDPE (PE-AD)	2
PVC	3
LDPE (PE-BD)	4
PP	5
PS	6
Otros	7

Fuente SPI

Tabla II Codificación materiales plásticos.

Los residuos plásticos que se reciclan mecánicamente tienen principalmente dos orígenes: los propios procesos de fabricación y el consumo doméstico o industrial. El consumo doméstico normalmente pasa a través de plantas de selección.

Una planta de reciclado mecánico puede presentar el siguiente equipamiento:

- Equipo de triturado, lavado, secado y almacenado.
- Equipos de aglomeración y compactación para materiales de baja densidad o sensibles a la humedad.

- Equipos de extrusión compounding.
- Filtración de polímeros fundidos.
- Equipos de peletización: sistemas de corte.

3.1.1.2 *Reciclado químico.*

El reciclado químico, también denominado feedstock o reciclado terciario, desde un punto de vista general, consiste en la transformación de residuos de naturaleza polimérica en productos químicos de interés industrial, que pueden ser los monómeros de partida o mezclas de compuestos con posibles aplicaciones como combustibles o materias primas de la industria química.

En general, el reciclado químico da lugar a distintos productos en función de la naturaleza del residuo plástico, es decir, si se trata de un polímero de condensación o un polímero de adición. En el primer caso, se trata de despolimerización química o quimiólisis que convierte el residuo polimérico en los monómeros de partida. En el segundo caso se trata de una termólisis obteniendo materias primas básicas (gas de síntesis, hidrocarburos, etc.) o combustibles.

Se puede decir que el reciclado químico, que persigue rentabilizar el residuo plástico transformándolo en materia prima básica o combustibles, empieza a configurarse una alternativa real debido a la mejora de los procesos de separación y el desarrollo de nuevas tecnologías, encontrándose en la actualidad en una etapa experimental avanzada. Es de suponer que en los próximos años pueda transformarse en una poderosa y moderna herramienta para tratar los residuos plásticos. El éxito dependerá del entendimiento que pueda establecerse entre todos los participantes de la cadena: petroquímicas, transformadores, grandes usuarios, consumidores y municipios, a los fines de asegurar la unidad de reciclado y que la materia prima llegue a una planta de tratamiento.

Tal como se ha indicado antes los procesos de reciclado químico de residuos poliméricos se pueden clasificar en dos grandes grupos, los basados en una quimiólisis o despolimerización química y los de termólisis.

Quimiólisis o despolimerización química: En estos procesos se provoca la ruptura de las cadenas de los residuos poliméricos mediante la adición de un reactivo químico, dando lugar a los monómeros de partida o a oligómeros que se pueden volver a polimerizar dando lugar al producto polimérico original o a nuevos materiales poliméricos, cerrándose así el ciclo. Por regla general, la quimiólisis o descomposición química, sólo es aplicable a polímeros de condensación (poliésteres, nylon...), los cuales tienen grupos funcionales unidos por enlaces débiles que son susceptibles de disociación por ataque con determinados agentes químicos, aunque existen excepciones. Basándose en la quimiólisis encontramos principalmente los procesos de hidrólisis, alcoholólisis (metanolólisis...), glicólisis y otros menos comunes como la aminólisis. En el caso de los polímeros de adición (PEAD, PEBD, PP, etc.), no es viable la degradación del residuo plástico a sus monómeros constituyentes con una selectividad aceptable por ninguno de los procesos existentes de reciclado químico (salvo notables excepciones como el craqueo térmico de poliestireno). En este caso, se persigue transformar el residuo plástico en materias primas químicas básicas (gas de síntesis, hidrocarburos, etc.) o combustibles.

Termólisis: En el caso de la termólisis el residuo polimérico es transformado por efecto de la

temperatura en los productos de alto valor en refinería, tales como naftas, hidrocarburos o gas de síntesis. Los procesos de termólisis se basan en la utilización de altas temperaturas para producir la ruptura del esqueleto carbonado de los residuos poliméricos. Existen diferentes procesos termolíticos. Cuando el proceso de descomposición o ruptura se produce en ausencia de aire, se denomina pirólisis o craqueo térmico. Si se realiza en una atmósfera de hidrógeno gas se habla de hidrogenación o hidrocraqueo, pero si se lleva a cabo en presencia de una cantidad controlada de oxígeno, se denomina gasificación, en cada uno de los casos se obtienen diferentes productos.

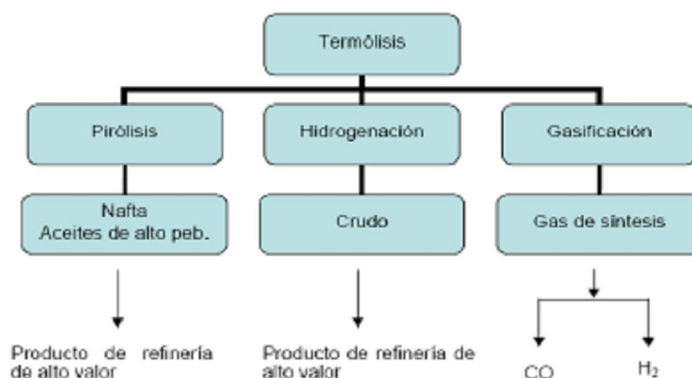


Figura II Principales tipos de reciclado químico por termólisis

El método de termólisis es necesario para la ruptura de las cadenas de los polímeros de adición como los vinílicos, acrílicos fluoroplásticos y poliolefinas. Algunas opciones de descomposición térmica tienen la ventaja de que ya se dispone parcialmente de infraestructuras adecuadas en las refinerías, con tecnologías contrastadas, por lo que es viable una incorporación directa de los residuos plásticos a las corrientes de dichas refinerías.

3.1.1.3 Valorización energética.

Se denomina valorización energética a la incineración con recuperación de energía. La incineración consiste en la destrucción térmica de las sustancias (en este caso residuos) mediante su oxidación completa, aportándose oxígeno en cantidad mayor a la estequiométrica para la propia combustión.

La incineración con valorización energética es bastante habitual como tratamiento de residuos urbanos. En 1999 en Estados Unidos se generaron 230 millones de toneladas de residuos sólidos urbanos, teniendo el 15% de éstos como destino la combustión, siendo casi en su totalidad con recuperación energética. En el año 2000 en Europa Occidental se generaron 193 millones de toneladas de residuos sólidos urbanos, siendo 13 millones de toneladas de plásticos, de los que 4 millones de toneladas de estos residuos plásticos tuvieron como destino la recuperación energética. En el año 2000 en Japón se generaron 5 millones de toneladas de residuos plásticos domésticos, de los que unos 2,1 millones de toneladas tuvieron como destino final la recuperación energética.

La valorización energética o incineración con recuperación de energía se lleva a cabo en incineradoras que actúan como una central térmica. Es decir se quema el combustible, en este caso el plástico, en un horno de características apropiadas recuperando la energía que generará vapor de agua, que luego moverá una turbina y producirá energía eléctrica o bien mediante un intercambiador de calor y una caldera para por ejemplo producir calor para una población. Normalmente se habla de que técnicamente es posible recuperar

energía sólo si el calor, en forma de vapor o electricidad se suministra con regularidad, lo cual exige que el PCI (poder calorífico intrínseco) de los residuos a incinerar supere las 1.000 kcal/kg. Los residuos plásticos pueden ser utilizados como combustible debido a que en general presentan un alto poder calorífico. No todos los materiales, ni siquiera todos los plásticos tienen el mismo contenido energético, si no que éste disminuye cuando se van incluyendo heteroátomos. Este hecho hace que no todos los materiales sean apropiados para una valorización energética.

En la siguiente tabla se muestra la capacidad energética de materiales típicos, entre los que se incluyen los termoplásticos más habituales.

MATERIAL	MJ/Kg
Gas natural	52
Polipropileno	44
Polietileno	43
Crudo petróleo	42
Poliestireno	40
Poliamida	37
PET	33
Carbón	29
PMMA	25
PVC	20

Fuente CEMAV

Tabla III Contenido energético de los plásticos.

Esta incineración produce por un lado emisiones y por otro lado residuos. Es necesario un control de los gases emitidos y una purificación de los mismos, así como un tratamiento/gestión adecuado de los residuos generados.

Las instalaciones de incineración con recuperación de energía constan, en general, de las siguientes partes:

- Instalaciones para la recepción del residuo y la carga de los hornos.
- Horno.
- Instalaciones de recuperación de calor.
- Instalaciones de tratamiento de los productos resultantes.
- Circuitos auxiliares.

3.1.2 Ventajas e inconvenientes de los distintos tipos de valorización.

En general no se puede hablar de que una técnica de valorización sea mejor que otra, sino que resultan complementarias. Se puede hablar en líneas generales de las ventajas e inconvenientes que presentan los distintos tipos de valorización, aunque cada caso debe ser estudiado de forma particular.

3.1.2.1 *Reciclado mecánico.*

La ventaja del reciclado mecánico es que se obtienen productos de plástico utilizables en el mismo sector o en otro, siempre que sus características de calidad y la legislación vigente lo permita, con lo que se recupera una materia prima no renovable, evitando que ese residuo llegue a un vertedero.

Las dificultades con las que se va a encontrar esta técnica son:

- Limpieza de los residuos: La presencia de suciedad o de materiales no adecuados puede perjudicar de forma importante la calidad del plástico reciclado e incluso, la maquinaria empleada. Dentro de esta “suciedad” se puede incluir la tinta, los adhesivos, el papel, otros plásticos, la tierra (muy importante en el caso de plásticos agrícolas), los restos orgánicos (plásticos agrícolas), la presencia de fertilizantes y fitosanitarios, los insertos metálicos, etc.
- Mezcla de distintos plásticos: Esta es quizás la mayor dificultad en cuanto a problemas a la hora de reciclar, muchos de los polímeros son incompatibles en cuanto a su procesado conjunto, lo que hace necesaria una separación previa (que encarece notablemente el proceso de reciclado) o una compatibilización de la mezcla mediante la adición de ciertas sustancias (llamadas compatibilizadores o compatibilizantes). Además aún en el caso de la compatibilización, normalmente se obtiene un producto reciclado de menor calidad que los iniciales. En el caso de utilizar mezclas, normalmente el PET se intenta separar previamente, puesto que tiene una temperatura de fusión mucho mayor que el resto de los polímeros y da lugar a inclusiones en el producto final reciclado.
- El reprocesado de los materiales: Hace que estos puedan perder las características iniciales (sobre todo cuando se reprocesa varias veces), debido a distintos mecanismos:
 - Rotura de las cadenas poliméricas, produciendo una reducción del peso molecular, lo que modifica la resistencia al choque y da lugar a una disminución de la viscosidad. Este es el caso del PP y del PS.
 - Entrecruzamiento de cadenas, produciendo un aumento de peso molecular y por tanto en un aumento de la viscosidad. Este es el caso del PET.
 - Reacción de las cadenas laterales y degradación por pérdida de moléculas, formando instauraciones, compuestos cíclicos u otras moléculas. Este es el caso del PVC que presenta problemas de degradación por pérdida de HCl.
- Presencia de sustancias peligrosas: El plástico durante su vida puede estar en contacto con sustancias peligrosas; bien porque las ha contenido (envases de productos químicos) o bien porque se ha añadido (fumigación en invernaderos). Esto puede deteriorar las características iniciales del plástico, además se debe hacer tratamientos especiales para disminuir la peligrosidad que puedan presentar; todo esto encarece el proceso. Hay que destacar de forma especial la presencia de aditivos ignífugos tipo halogenado.

- Plásticos muy degradados: Hay algunas aplicaciones de los plásticos donde estos van a estar sometidos a los elementos externos (lluvia, cambios de temperatura, radiación solar), lo que va a provocar una degradación paulatina del plástico. Cuando se reprocese, el producto resultante tendrá menor calidad que el original.
- Actualmente en España, el plástico reciclado no se puede utilizar en contacto con alimentos (porque está prohibido por ley), lo que cierra alguna de las posibilidades, además de imposibilitar el cierre de ciclo en este sector, lo que es contraproducente, puesto que es lo idóneo desde el punto de vista logístico, ya que si se recicla para el mismo producto, cuanto más producto más residuo y por tanto más reciclado.

Además hay que señalar que en principio se obtendrá mayor calidad de plástico reciclado cuanto más se separe y limpie, lo que encarecerá de forma notable el proceso. Siempre que haya una disminución en las propiedades del plástico se tendrán que estudiar otras aplicaciones del mismo distintas que las originales. El propio proceso de reciclado mecánico tendrá implicaciones medioambientales como la generación de vertidos de agua (puede ser crítico dependiendo de la procedencia del residuo) y los consumos del propio agua. Así mismo en algunos casos la cantidad de rechazos puede ser alta.

3.1.2.2 *Reciclado químico.*

Las ventajas principales son:

- El reciclado químico no presenta prohibiciones en cuanto a su uso para envases en contacto con alimentos.
- En la termólisis no se requiere una separación por tipo de polímero, pudiéndose aplicar a residuos plásticos mixtos, con lo que disminuye los costes de recolección y clasificación.
- En la quimiólisis se obtienen productos de alta calidad, puesto que se vuelve a sintetizar los productos.
- Es de aplicación tanto a termoplásticos como a termoestables.
- Es de aplicación cuando el residuo está muy contaminado.
- En termólisis el consumo de energía es baja.
- En termólisis se puede utilizar materiales de partida que no pueden ser reciclados eficientemente por otros métodos, por ejemplo, residuos triturados de automoción, desechos electrónicos que contengan retardantes a la llama y metales. El HCl (ácido clorhídrico) obtenido como subproducto de este proceso puede ser recuperado y utilizado como material de partida.

Los principales inconvenientes son:

- Son procesos caros, tanto por la infraestructura como por el alto consumo energético. En la quimiólisis es mayor, puesto que se requiere una separación previa y limpieza de los plásticos.
- En algunos casos siguen a nivel de estudio y de experiencias piloto, sobretodo en el caso de la quimiólisis.

- Se trata, por regla general, de procesos lentos. Por ello para reducir los tiempos de hidrólisis y conseguir que sean razonables en algunos casos se han de utilizar condiciones más drásticas en lo que se refiere a temperaturas y presiones, que también encarece el proceso.
- En la quimiólisis se dan subproductos de escaso valor que hay que eliminar, lo que implica un mayor coste.
- Aunque en los procesos de termólisis se puedan usar plásticos mezclados, se debe tener en cuenta la composición, puesto que ciertos plásticos interactúan con otros. Este es el caso del PVC en presencia de PET o PC, donde es necesaria la utilización de la deshalogenación.

3.1.2.3 *Recuperación de energía.*

En general se puede hablar de que la valorización energética es posible en el caso de los materiales plásticos porque estos poseen un PCI elevado. La ventaja principal de esta técnica es la recuperación energética de residuos, sin necesidad, en principio, de una separación de materiales. Sin embargo esto no es del todo cierto, pues la presencia de algunos elementos hace que esta técnica de valorización sea crítica.

Así pues presenta los siguientes inconvenientes:

- Los residuos de PVC aportan entre el 38 y el 66% del contenido en cloro en las cadenas de residuos que se incineran. Las otras fuentes principales de cloro son las materias putrescibles (aproximadamente el 17%) y el papel (aproximadamente el 10%). Puede estimarse que en promedio, en torno al 50% de cloro en las incineradoras se debe a la presencia de PVC.

Al ser incinerado el PVC se genera ácido clorhídrico que debe ser neutralizado (normalmente mediante inyección de cal, mediante proceso seco, semiseco, semihúmedo-húmedo y húmedo), salvo si se emplea una tecnología de recuperación de HCl (ácido clorhídrico).

- Los ignifugantes halogenados durante la incineración pueden producir contaminantes tipo dioxinas, que deben ser controladas y minimizadas si es necesario.
- La presencia de metales pesados tipo plomo, habitual en algunos sectores como el eléctrico-electrónico, presentes en las escorias y cenizas en la incineración. Estos metales son cada vez menos frecuentes debido a las nuevas legislaciones ambientales.

La valorización energética está especialmente indicada para residuos que presentan deterioro o suciedad como es el caso de una gran parte de residuos plásticos procedentes de la agricultura o de residuos sólidos urbanos.

3.1.3 Sistemas actuales de recogida, transporte y separación de la valorización.

Una parte importante en la valorización de residuos se corresponde con de la logística de la gestión de los mismos: recogida y transporte desde los productores hacia las estaciones de transferencia, plantas de clasificación, reciclado, o valorización energética. Todas estas etapas nos van a condicionar la llegada de los residuos en las condiciones adecuadas o no a las plantas de valorización propiamente dichas.

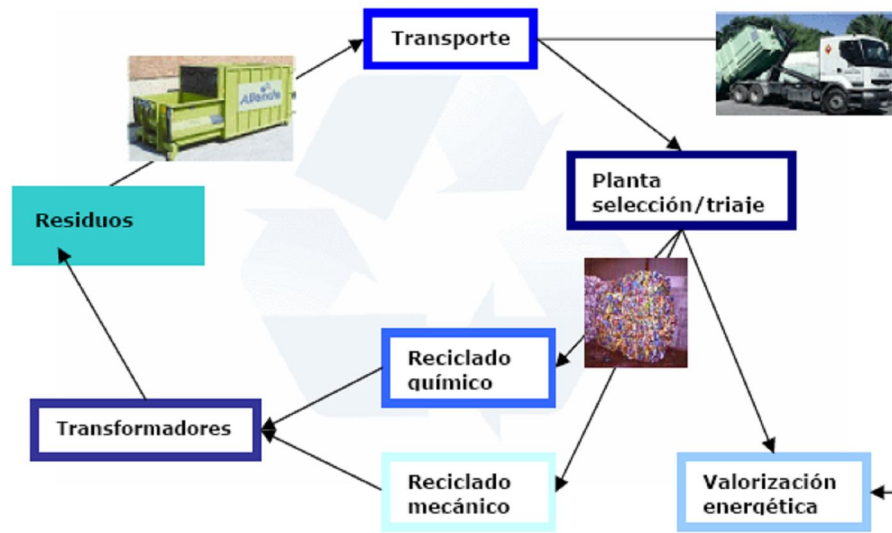


Figura III Ciclo de valorización de residuos plásticos.

Los residuos, son recogidos en las instalaciones productoras por los gestores y transportados en vehículos homologados a las plantas de selección donde se realizan los procesos necesarios para la separación de los residuos según sus materiales para su posterior transferencia a las diferentes plantas de valorización. En algunos casos es en la propia planta de reciclado donde se lleva a cabo la propia selección.

Uno de los problemas principales que generan los residuos plásticos es su alto coste en transporte por el volumen que ocupan. Aunque su peso no es alto, si lo es el espacio que ocupan, lo que encarece el almacenamiento y posterior transporte de los residuos a su destino final. Algunos productores han minimizado este inconveniente instalando máquinas compactadoras o trituradoras que tratan los residuos antes de ser trasladados por los gestores.

Los residuos se trasladan o a plantas de valorización energética para convertirlas en energía o a las de selección. Los principales procesos que se dan en estas son:

- Recepción-Transporte
- Selección/Separación
- Prensado/Embalaje

3.1.4 Limitaciones y obligaciones de la valorización de plásticos según tipo de residuo. Legislación vigente.

A nivel legislativo existe una serie de directivas que en mayor o menor medida pueden influir en la valorización de plásticos tanto positivamente, pues establecen unos niveles mínimos en determinados sectores, como negativamente, en cuanto prohíben su uso en algunos sectores o aplicaciones.

Veamos un breve resumen de estas disposiciones en el sector de la automoción, ya que nuestra pieza rediseñada pertenece a este sector.

Cuando se trata de automoción hay que referirse a la Directiva 2000/53/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de septiembre de 2000 relativa a los vehículos al final de su vida útil.

Esta Directiva establece entre otros puntos:

- Limitación de sustancias peligrosas en los vehículos y su reducción en la medida de lo posible desde la fase de concepción del vehículo en adelante, especialmente para prevenir su emisión al medio ambiente, facilitar su reciclado y evitar la necesidad de eliminar residuos peligrosos.
- Facilitar el desmontaje, la reutilización y la valorización, especialmente el reciclado, de los vehículos al final de su vida útil, así como de sus componentes y materiales. Esto se debe tener en cuenta ya desde las fases de diseño.
- Integrar una proporción cada vez mayor de materiales reciclados en los vehículos y en otros productos.
- Salvo algunas excepciones no deben contener los materiales y componentes de los vehículos que salgan al mercado, plomo, mercurio, cadmio ni cromo hexavalente.
- Adopción de medidas por parte de los Estados Miembros para fomentar la reutilización de los componentes reutilizables y la valorización de los componentes que no sean reutilizables, así como para que se conceda prioridad al reciclado cuando ello sea viable desde el punto de vista medioambiental, sin perjuicio de las exigencias de seguridad de los vehículos, así como de las exigencias en materia de medio ambiente, tales como las relativas a las emisiones a la atmósfera y la limitación de ruidos.

Se establecen los objetivos siguientes:

- A más tardar el 1 de enero de 2006, con respecto a todos los vehículos al final de su vida útil, se aumentará la reutilización y valorización hasta un mínimo del 85 % del peso medio por vehículo y año. Dentro del mismo plazo se aumentará la reutilización y reciclado hasta un mínimo del 80 % del peso medio por vehículo y año.
- A más tardar el 1 de enero de 2015, con respecto a todos los vehículos al final de su vida útil, se aumentará la reutilización y la valorización hasta un mínimo del 95 % del peso medio por vehículo y año. En este mismo plazo, se aumentará la reutilización y reciclado hasta un mínimo del 85 % del peso medio por vehículo y año.

Además establece la modificación de la Directiva 70/156/CEE estableciendo que los vehículos homologados (que salgan al mercado después de los tres años siguientes a la modificación) sean reutilizables y/o reciclables en un mínimo del 85 % del peso de cada vehículo y reutilizables y/o valorizables en un mínimo del 95 % del peso de cada vehículo.

3.2 Seguridad en el trabajo con moldes.

En el trabajo con moldes y máquinas de inyección se utilizan altas presiones y temperaturas de inyección. Todos los dispositivos de seguridad deben estar instalados en la máquina y en el molde y deben funcionar correctamente. Estos dispositivos no deben desmontarse nunca.

3.2.1 Seguridad del operario.

Es altamente recomendado que todos los operarios lleven calzado de seguridad, gafas de protección y usen guantes termorresistentes.

Los operarios deben ser avisados del peligro de salpicadura de plástico caliente y/o emisiones de gases explosivos (el plástico sobrecalentado puede producir gases peligrosos en pocos minutos que pueden explotar en el aire cuando se desbloquea un punto de inyección) al trabajar cerca del molde (boquillas de inyección de la cámara) o de la máquina (boquilla de máquina, tolva de alimentación). No debe mirarse nunca directamente la tolva de alimentación, la boquilla de máquina o los puntos de inyección del molde (utilizar un espejo).

Los lugares de almacenamiento de materias primas deben estar claramente definidos y ser de fácil acceso para poder realizar un mantenimiento en condiciones.

3.2.2 Precauciones eléctricas.

Los cables eléctricos y las mangueras deben ser revisados frecuentemente y reemplazados de inmediato en caso de desgaste. No deben desconectarse cables sin primero desconectar el suministro de electricidad.

No deben mezclarse los cables de extensión de los termopares con los de toma de electricidad. Los cables de alto voltaje están conectados al molde. Los cables de termopares no están diseñados como conductores de altas intensidades y no pueden soportar sobrecargas.

Los conductos de agua o de fluido hidráulico del molde no pueden estar muy cerca de las conexiones eléctricas o en contacto con conexiones eléctricas, las pérdidas de agua pueden provocar cortocircuitos, y las de fluido hidráulico, riesgo de incendio. Para evitarlo, deben mantenerse todas las tuberías, mangueras y accesorios hidráulicos en buenas condiciones.

3.2.3 Molde.

No deben realizarse nunca operaciones de mantenimiento en el molde sin haber consultado antes el manual del fabricante de la máquina.

Las mangueras de agua y fluidos hidráulicos no han de interferir con piezas móviles del molde, la máquina o el robot. Además, han de ser lo suficientemente largas como para no quedar sometidas a tensión cuando se abre el molde.

Deben verificarse frecuentemente las conexiones hidráulicas y neumáticas en previsión de posibles fugas. Puesto que estas tuberías transportan fluidos a presión, el operario deberá desconectar la máquina y liberar toda la presión residual antes de ajustar, reubicar o retirar esas tuberías.

3.2.4 Máquinas de inyección.

Para evitar posibles accidentes, debe mantenerse limpia de plástico, aceite y agua la zona alrededor de la máquina de inyección. La limpieza no debe realizarse nunca cuando un molde o una máquina estén en funcionamiento.

Deben respetarse las precauciones de seguridad relativas a la purga y a la tolva de alimentación dadas por el fabricante de la máquina. No debe manipularse el plástico producto de purgas o del babeo hasta que no esté completamente frío.

3.3 Fallos potenciales en el proceso de moldeo.

3.3.1 Marcas de flujo.

Pueden ser de 3 tipos:

- “Aguas” en torno al punto de inyección o distribuidas de manera generalizada por toda la cavidad, debidas a un prematuro enfriamiento de la colada que le impide adaptarse a la forma del molde.
- Ráfagas o trazas, generalmente mates, cuyo origen puede ser la presencia de humedad en el material o de material degradado cerca del punto de inyección.
- Chorro en la entrada de la pieza, debido a la aparición de flujo turbulento a lo largo de la ruta que sigue la colada a través del molde.

Causas posibles	Solución sugerida
Turbulencias durante el llenado por inyección inadecuada	Máquina de inyección: ajustar el ciclo de inyección para llenar la cavidad lentamente: reducir la velocidad y la presión de inyección.
El plástico solidifica antes de llenar la cavidad	Máquina de inyección: reducir la refrigeración hasta permitir el llenado de la cavidad. Incrementar la Tª del cilindro. Molde: incrementar la Tª del molde.
Turbulencias durante el llenado por localización inadecuada de la entrada	Molde: cambiar la situación de la entrada para que el material incida sobre una superficie del molde.

Tabla I Marcas de flujo

3.3.2 Puntos negros y quemados.

Las manchas oscuras se producen por degradación térmica del plástico. Las marcas de quemado son con frecuencia vetas marrones que generalmente se deben al sobrecalentamiento del material consecuencia del aire atrapado, lo cual causa ese oscurecimiento.

Causas posibles	Solución sugerida
Tª de masa excesiva	Máquina de inyección: disminuir la Tª del cilindro y/o la velocidad del husillo. Cámara caliente: disminuir la Tª en el bloque de distribución y/o en las boquillas. Comprobar correcto funcionamiento de los termopares.
Excesivo tiempo de residencia	Reducir el tiempo de ciclo. Máquina de inyección: aumentar el tiempo de plastificación y/o utilizar una máquina con menor capacidad. Material: reducir la cantidad de carga.
Material reciclado	Disminuir el % de material reciclado en la mezcla.
Llenado demasiado rápido de la cavidad para los venteos existentes	Máquina de inyección: reducir el tiempo y la presión de inyección y la Tª del material. Cámara caliente: reducir la Tª del bloque de distribución y de las boquillas. Molde: reducir la Tª del molde y aumentar el venteo.
Atrapamiento de aire durante la plastificación	Máquina de inyección: reducir la temperatura de la zona de boquilla de máquina.
Material excesivamente secado	Disminuir el tiempo y/o la Tª de secado, según instrucciones del proveedor del material plástico.
Zonas muertas	Máquina de inyección: ajustar y alinear la boquilla de la máquina de inyección a la boquilla de acceso de la cámara caliente; comprobar que no hay áreas donde se produzca retención del material plástico.

Tabla II Puntos negros y quemados

3.3.3 Ráfagas por humedad.

Se producen por presencia de humedad en la granza o en la superficie del molde.

Causas posibles	Solución sugerida
Humedad en la superficie del molde	Comprobar la refrigeración. Incrementar la temperatura del molde.
Presencia de humedad en la granza	Aumentar el tiempo y/o Tª de secado, según instrucciones del proveedor de material plástico. Comprobar el sistema de manipulación y almacenamiento del material.

Tabla III Ráfagas por humedad

3.3.4 Mala textura superficial.

Causas posibles	Solución sugerida
Mal acabado superficial del molde	Molde: mejorar el acabado del molde para conseguir un brillo y una textura adecuados.
Mala reproducción por falta de contacto con el molde	Máquina de inyección y molde: asegurar un buen contacto del material con el molde incrementando la presión de inyección.
Atrapamiento de aire impide el contacto con el molde	Molde: ventilar la cavidad en el punto del atrapamiento (se pueden aprovechar los expulsores).
Material demasiado frío para la reproducción adecuada del molde	<p>Máquina de inyección: aumentar la velocidad de inyección. Molde: Incrementar la Tª del molde.</p> <p>Cámara caliente: aumentar la Tª del bloque de distribución y de las boquillas.</p> <p>Material: Utilizar un material de baja viscosidad si sus características son adecuadas.</p>

Tabla IV Mala textura superficial

3.3.5 Llenado incompleto de la pieza.

La cavidad no se llena en su totalidad, en particular en los extremos del recorrido del flujo y en las partes de pared más estrecha.

Causas posibles	Solución sugerida
Material insuficiente	Máquina de inyección: comprobar la tolva de alimentación (dosis insuficiente de material) y el paso en la boquilla de máquina. Cámara caliente: comprobar fugas en la cámara.
Insuficiente presión y material en la cavidad	Máquina de inyección: aumentar presión de inyección. Aumentar tiempo de compresión. Corregir el punto de conmutación.
Tª del molde demasiado baja	Molde: aumentar la Tª del molde.
Baja Tª de masa	Máquina de inyección: aumentar la Tª y/o la velocidad de inyección. Cámara caliente: comprobar si la cámara caliente tiene la Tª adecuada. Aumentar la Tª del bloque distribuidor y las boquillas.
Tamaño de la entrada	Comprobar las dimensiones de los pasos.
Incorrecta abertura por retención de presión	Máquina de inyección: incrementar la presión de abertura, el recorrido de abertura y/o el tiempo de abertura.

Tabla V Llenado incompleto de la pieza

3.3.6 Rebabas.

Una rebaba puede definirse como una fina capa de material que fluye fuera de la cavidad a través de la línea de partición del molde o de los alojamientos para expulsores, haciendo impresentable la pieza obtenida.

Causas posibles	Solución sugerida
Daños en la separación de las superficies de cierre del molde	Molde: remecanizar las caras de cierre o los bordes de separación; limpiar la suciedad y la línea de separación; corregir el asentamiento de las superficies de apoyo.
Molde demasiado caliente	Molde: verificar los calefactores, los termopares y los controladores de Tª.
Presión de cierre insuficiente, superada por la Presión de Inyección	Máquina de inyección: aumentar la presión de la unidad de cierre y reducir la presión de inyección. Reducir la velocidad de inyección. Cambiar a una máquina con mayor capacidad de fuerza de cierre.
Sobrecompresión del material	Máquina de inyección: reducir la presión de inyección.
Plástico fundido excesivamente caliente	Máquina de inyección y cámara caliente: reducir la Tª del plástico fundido; reducir el volumen de tiro por vez y/o el colchón de reserva de alimentación. Reducir la presión y/o el tiempo de mantenimiento. Reducir la velocidad de llenado y/o la presión de inyección.
Presencia de humedad en la granza	Material: comprobar y mejorar el almacenaje del material. Incrementar el tiempo y/o la Tª de secado, según instrucciones del proveedor de material plástico.
Impurezas en el material	Comprobar impurezas de otros materiales y presencia de material degradado.

Tabla VI Rebabas

3.3.7 Rechupes.

Los rechupes, tanto internos como externos, pueden definirse como la carencia de material en una zona determinada de la pieza por el efecto de contracción del polímero.

Si el rechupe es externo, la superficie presentará un claro hundimiento; si es interno, sólo se apreciará a simple vista en el caso de piezas transparentes.

Causas posibles	Solución sugerida
Insuficiente presión en la pieza	Máquina de inyección: incrementar la presión de inyección.
Plástico fundido excesivamente caliente	Máquina de inyección y cámara caliente: reducir la Tª de inyección y la Tª del distribuidor y las boquillas de la cámara si los rechupes están cerca de la entrada o en áreas de pared gruesa; aumentarla si están lejos de la entrada o en áreas de pared delgada.
Presencia de nervios	Máquina de inyección: aumentar la dosis de material. Aumentar la compactación. Molde: reducir la Tª del molde en las caras del nervio. Pieza: reducir la sección de los nervios a menos del 80% de la sección de la zona perpendicular.
Compactación insuficiente por mal diseño del molde	Molde: mejorar el diseño aumentando la sección de paso de las entradas y localizando éstas lo más cerca posible de las secciones gruesas de la pieza.
Pieza inyectada muy caliente	Máquina de inyección: disminuir la Tª inyección. Cámara caliente: disminuir la Tª del bloque distribuidor y de las boquillas. Molde: disminuir la Tª de la pared del molde; aumentar la refrigeración.
Cierre prematuro de la entrada por enfriamiento	Máquina de inyección: aumentar la velocidad de inyección y/o la Tª de inyección. Cámara caliente: Incrementar la Tª del bloque distribuidor y las boquillas. Molde: Disminuir la refrigeración en la zona de la entrada; aumentar la refrigeración del molde.

Tabla VII Rechupes

3.3.8 Babeos y formación de hilos en la entrada.

En el punto de inyección, la pieza no rompe limpiamente.

Causas posibles	Solución sugerida
Exceso de calor en el punto de inyección	Cámara caliente: disminuir la Tª del bloque de distribución y de las boquillas. Comprobar termopares de boquillas. Molde: incrementar la refrigeración en el área de entrada. Comprobar la correcta profundidad de la boquilla con los planos de ensamblaje proporcionados (la puntera demasiado cerca del punto de inyección puede producir babeo).
Presencia de humedad en la granza	Material: comprobar y mejorar el almacenaje del material. Incrementar el tiempo y/o la Tª de secado, según instrucciones del proveedor de material plástico.
Tiempo de refrigeración insuficiente	Máquina de inyección: Incrementar el tiempo de refrigeración del molde.
Succión insuficiente	Máquina de inyección: aumentar la succión.

Tabla VIII Babeos y formación de hilos en la entrada

3.3.9 Fugas de material.

Causas posibles	Solución sugerida
Zona de ajuste de la puntera dañada	Molde: revisar el alojamiento de la puntera y comprobar con el plano proporcionado.
Nº insuficiente de tornillos	Molde: asegurarse de la cantidad y localización de los tornillos comprobando con planos.
Boquilla sobrecalentada provocando daños en la entrada o junta	Cámara caliente: comprobar termopares y resistencias de boquillas. Limpiar e inspeccionar las boquillas sustituyendo los componentes dañados.
Distribuidor sobrecalentado	Cámara caliente: comprobar termopares y resistencias del bloque distribuidor.

Tabla IX Fugas de material

3.3.10 Alabeos.

Es la deformación macrogeométrica de las piezas una vez se han extraído del molde y enfriado. Las causas principales son la contracción diferencial entre distintas partes de la pieza y la liberación de las tensiones residuales que se han originado durante el enfriamiento.

Causas posibles	Solución sugerida
Contracciones diferenciales en la pieza al enfriar	Máquina de inyección: Reducir la Tª del cilindro; incrementar el tiempo de enfriamiento. Molde: Mantener el molde a la Tª más baja posible, especialmente en áreas gruesas y calientes.
Tensiones producidas por diseño inadecuado del molde	Molde: Introducir canales de enfriamiento para conseguir un enfriamiento uniforme. Modificar el sistema de expulsión para evitar distorsiones. Cambiar las entradas para evitar tensiones en paredes delgadas, nervios o superficies curvas.
Compactación defectuosa	Mantener la compactación en la zona media-baja, incrementándola o disminuyéndola según el caso.
Material inadecuado	Material: Utilizar un material con alta fluidez y con una distribución de pesos moleculares más estrecha.
Tensiones producidas por diseño inadecuado de la pieza	Pieza: Corregir el diseño de la pieza: los espesores deberían ser lo más uniformes posible para minimizar las tensiones.

Tabla X Alabeos

3.4 Información general y recomendaciones.

3.4.1 Cambios de color.

El procedimiento de cambio de color está afectado por factores muy diversos. Así, un colorante líquido será más difícil de limpiar que un colorante seco (en polvo), y éste más difícil de limpiar que un gránulo de color o una resina plenamente coloreada.

Los cambios de color requieren primero que se purgue y se limpie la unidad de inyección de la máquina de todos los colorantes previos. Al hacer la purga deben respetarse ciertos procedimientos específicos de seguridad (ropa protectora resistente al calor, guantes termoresistentes, máscara facial completa...etc).

Los cronogramas de producción deben disponerse, siempre que sea posible, para que pasen de colores livianos a colores más oscuros y por último el color más oscuro de todos. Esto permite hacer cambios de color con más rapidez que si se moldea un color claro después de un color oscuro.

3.4.2 Purga de la unidad de inyección.

La purga de la unidad de inyección es un procedimiento que se realiza después de toda interrupción en la operación de moldeo para eliminar el plástico degradado, para realizar cambios de color y antes de cerrar la máquina.

Durante esta operación, se descargan al aire plástico caliente y gases calientes a presión. En consecuencia, con el fin de minimizar el riesgo de accidentes al operario o a otras personas que se encuentren cerca de la máquina, deben respetarse estrictamente determinadas medidas de seguridad.

El responsable de seguridad laboral debe asegurarse que los operarios nuevos o sin experiencia, sean informados adecuadamente sobre los peligros que pueden presentarse cuando se trabaja cerca del plástico caliente:

- No manipular el plástico purgado hasta que esté frío; aunque tenga apariencia sólida puede estar peligrosamente caliente al tacto.
- El plástico purgado no debe caer nunca sobre una cinta transportadora, ya que podría ser transportado hacia otras estaciones de trabajo y provocar quemaduras en los operarios de dichas estaciones.
- Algunos plásticos descargan gases que pueden ser peligrosos para la salud del personal. Deben seguirse las recomendaciones del proveedor sobre seguridad del material o sus instrucciones de operación al moldear dichos materiales.

3.5 Particularidades del canal caliente.

En primer lugar debemos siempre evitar, en la medida de lo posible, el contacto con los bornes de conexión de los reguladores de temperatura, ya que son conectores hembra y podría transmitirnos corriente.

Para la manipulación de los bornes de los termopares, no existe peligro de corriente, dado que los termopares no precisan de corriente.

3.5.1 Comprobación de los termopares.

El termopar está formado básicamente por dos hilos conductores de metal diferente y se encuentran unidos por un extremo mediante una pequeña soldadura. Es esta soldadura la que nos suministra la señal que el regulador traduce en grados centígrados.

Para la comprobación de los termopares necesitamos un multímetro o tester con lecturas de resistencia.

Los problemas que nos pueden aparecer en el termopar son varios, unos de ellos podría ser la ruptura del hilo conductor o de la soldadura que anteriormente hemos comentado, en ese caso al medir con el tester nos indicará que no hay continuidad, ya que el circuito del termopar está cortado. También es posible que algún terminal del conector del molde se desconecte y es por eso que es muy recomendable comprobar la continuidad del termopar mediante el tester.

Otro de los problemas que nos podemos encontrar es que el regulador nos indique que la temperatura descende o nos indique una alarma de inversión. Si esto es así, posiblemente se trate de un error de polaridad a la hora de conectarlo.

3.5.2 Comprobación de las resistencias.

Para la comprobación de las resistencias, debemos de tener en cuenta si la resistencia está cortada o no, también debemos de observar si existe derivación en relación al molde, ya que si esto es así, saltará la protección del aparato regulador de temperatura e incluso de la máquina de inyectar. También observar el valor de resistencia que nos indica el tester, ya que si la resistencia esta cruzada (cortocircuito), tendremos continuidad pero el valor en el tester será cero.

Para medir la resistencia, primero conectaremos las dos puntas del tester en los bornes del conector correspondiente a la zona a verificar, el aparato nos tiene que indicar el valor de la resistencia que será variable en función de la potencia de la zona.

Si el valor es cero, debemos de entender que la zona esta cortocircuitada o la resistencia está cruzada, o los cables pisados o se tocan entre ellos.

Por último, seguimos comprobando si existe derivación de resistencia en relación a la masa. El tester no debe dar señal de continuidad, pero si existe continuidad o valor de resistencia debemos sospechar que puede tener humedad, o bien, que hay cables pisados por algún tipo de peso. En ese caso, cuando el regulador envíe corriente a la zona, la protección de éste saltará.

3.6 Instalación del molde en máquina.

El siguiente apartado tiene como finalidad explicar la instalación correcta del molde en la máquina de inyección y el inicio de la producción. Antes de la instalación y puesta en marcha de la producción, se ha de tener en cuenta que:

- El sistema de canal caliente debe de estar presurizado y caliente todo el tiempo para evitar riesgos.
- Si se trabaja con materiales térmicamente sensibles, el arranque inicial debe realizarse con un material térmicamente estable.
- No debe de inyectarse nunca material en la cámara caliente a presiones altas cuando el molde esté abierto.

3.6.1 Instalación del molde en máquina.

1. Instalar el molde en la máquina de inyección, asegurándose que el diámetro de paso de la boquilla de máquina es aproximadamente 1mm más pequeño que el diámetro de paso de la boquilla de acceso al sistema de canal caliente.

2. Conectar las líneas de agua y comprobar las conexiones.

3. Conectar las líneas hidráulicas/neumáticas y comprobar los conectores.

4. Conectar todos los componentes eléctricos.

3.6.2 Arranque.

1. Encender el sistema de refrigeración del molde.
2. Calentar la máquina de inyección a la T^a de trabajo.
3. Calentar el sistema de cámara caliente a la T^a de proceso.
4. Expeler el material de la cámara caliente con la presión adecuada.
5. Ajustar las condiciones del proceso de inyección en función del tamaño de la pieza, tamaño de la entrada, material, etc.

3.7 Atemperado previo de la poliamida PA66 GF30.

Material	h	T(°C)	Drying rate(kg/h)					at	air throughput (m³/h)			
			50	70	120	100	150		260	550	750	1100
ABS	2-3	80	15	30	60	70	100	180	380	525	770	
CA	2-3	80-70	10	20	40	45	70	120	260	360	525	
PA 11-12	4-5	75-80	10	20	40	45	70	120	260	360	525	
PA 6	4-5	75	10	22	45	50	75	135	285	390	580	
PA 66	4-5	75	12	24	50	55	80	145	310	425	620	
PA 610	4-5	75	12	24	50	55	80	145	310	425	620	
PC	2-3	120	17	34	70	80	115	210	445	605	890	
PE	1	85	20	40	80	90	135	245	525	715	1050	
PE Black	2-3	85	15	30	60	70	100	190	385	525	770	
PET	3-4	110-160	15	30	60	65	100	190	385	525	770	
PETG	3-4	70	13	26	50	55	85	150	320	440	640	
PBT	3-4	120-140	15	30	60	65	100	190	385	525	770	
PI	2-3	120	16	32	65	70	105	195	410	560	820	
PMMA	3-4	80	14	28	55	60	90	165	350	480	705	
POM	2-3	100	15	30	60	65	100	190	385	525	770	
PP	1	90	24	28	95	105	160	285	610	835	1220	
PPO	1-2	110-120	16	32	65	70	105	195	410	560	820	
PS	1	80	28	56	110	125	185	340	720	985	1450	
SB	1-2	80	17	34	65	75	115	210	445	605	890	
PUR	2-3	80-100	15	30	60	70	100	190	385	525	770	
PVC	1	70	23	46	90	100	150	270	580	790	1150	
SAN	2-3	80	15	30	60	70	100	190	385	525	770	
PSU	2-3	120	15	32	64	70	105	195	410	560	820	
IONOM.	3-4	65	10	20	40	45	70	120	260	360	525	

Tabla I Atemperado de diferentes materiales.

Se recomienda para el atemperado previo de la PA66 GF30 según características:

Temperatura de secado (°C)	80 °C
Tiempo de secado (h)	3 a 3.5 h
Caudal secador (m³/h)	50
Masa secada (kg/h)	12 aprox.

Tabla II Atemperado PA66 GF30

4 Presupuesto.

Materiales para la fabricación del molde.

DENOMINACIÓN	REFERENCIA	N. PIEZAS	EURO/UNIDAD	TOTAL
DISCO CENTRADOR	DC1/120X12	1,00 €	19,01 €	19,01 €
TORNILLO CABEZA CILINDRICA	M8X12	4,00 €	0,09 €	0,36 €
TORNILLO AVELLANADO	M6X20	4,00 €	0,12 €	0,48 €
PLACA AISLANTE	MICA+F.V.	1,00 €	71,07 €	71,07 €
TORNILLO CABEZA CILINDRICA	M10X90	4,00 €	0,56 €	2,24 €
PLACA FIJACION INY	C1S/175X260X22X1,1730	1,00 €	36,90 €	36,90 €
TORNILLO CABEZA CILINDRICA	M6X55	4,00 €	0,24 €	0,96 €
CONJUNTO CAMARA CALIENTE	-	1,00 €	1.682,83 €	1.682,83 €
SEPARADOR PARA TORNILLO	ST-18	4,00 €	16,21 €	64,84 €
SOPORTE	-	1,00 €	2,00 €	2,00 €
TORNILLO CABEZA CILINDRICA	M4X12	4,00 €	0,05 €	0,20 €
REGLE PARTE INY	FS/175X260X70X1,1730	1,00 €	18,00 €	18,00 €
REGLE PARTE INY SOPORTE	FS/175X260X70X1,1730	1,00 €	18,00 €	18,00 €
PASADOR CILINDRICO	PC1/8X24	2,00 €	0,31 €	0,62 €
GUIA MOLDE SP	GC/16X74X50	4,00 €	9,45 €	37,80 €
PLACA INY	DS/175X260X76X1,2738	1,00 €	147,58 €	147,58 €
CANCAMO	CAN/12	2,00 €	1,62 €	3,24 €
POSTIZO INY	-	1,00 €	20,00 €	20,00 €
TAPON ROSCA CONICA	TC/1/4"GAS	8,00 €	1,05 €	8,40 €
TUBO ROSCADO	TR/1/4"GASX50	4,00 €	0,58 €	2,32 €
ADAPTADOR ENCHUFE RAPIDO	AEH/1/4"GASX8	4,00 €	2,58 €	10,32 €
TORNILLO CABEZA CILINDRICA	M10X45	2,00 €	0,17 €	0,34 €
TORNILLO CABEZA CILINDRICA	M10X25	2,00 €	0,14 €	0,28 €
POSTIZO EXP	-	1,00 €	15,00 €	15,00 €
PLACA EXP	DS/175X260X66X1,2738	1,00 €	134,89 €	134,89 €
SEGURO DE MOLDE	Z73/16X25X63	1,00 €	29,61 €	29,61 €

TORNILLO CABEZA CILINDRICA	M8X20	7,00 €	0,09 €	0,63 €
POSICIONADOR DE BOLA	Z73/16X25X63	1,00 €	1,44 €	1,44 €
TORNILLO CABEZA CILINDRICA	M8X18	1,00 €	0,09 €	0,09 €
CASQUILLO GUIA SP	CV/16X65	4,00 €	7,79 €	31,16 €
PLACA INTERMEDIA	PS/175X260X22X1,1730	1,00 €	31,50 €	31,50 €
CASQUILLO GUIA SP	CV/16X21	4,00 €	11,43 €	45,72 €
PLACA PORTA EXP	LS/175X260	1,00 €	16,20 €	16,20 €
CASQUILLO GUIA CENTRADOR	CV2/16X17	4,00 €	9,04 €	36,16 €
EXPULSOR TUBULAR D8	AH/8X160	4,00 €	58,50 €	234,00 €
EXPULSOR CABEZA CIL. D12	AH/12X160	4,00 €	39,08 €	156,32 €
PLACA RETEN EXP	MS/175X260	1,00 €	21,60 €	21,60 €
TOPE PLACA EXPULSORA	TP/8	4,00 €	2,17 €	8,68 €
REGLETAS	FS/175X260X70X1,1730	2,00 €	18,00 €	36,00 €
COLUMNA DE APOYO	CA/30X70	2,00 €	11,64 €	23,28 €
PLACA FIJACION EXP	G1S/175X260X22X1,1730	1,00 €	36,90 €	36,90 €
EXPULSOR CABEZA CIL. D4	AH/4,2X250	4,00 €	29,56 €	118,24 €
GUIA MOLDE SP	GC/16X20X90	4,00 €	8,00 €	32,00 €
TORNILLO CABEZA CILINDRICA	M10x100	4,00 €	0,62 €	2,48 €
TORNILLO CABEZA CILINDRICA	M10X30	2,00 €	0,14 €	0,28 €
			TOTAL	3.159,97 €

Mecanizados

DENOMINACIÓN	HORAS DE TRABAJO	EURO/HORA	TOTAL
DISCO CENTRADOR	0,5	45,00 €	22,50 €
PLACA FIJACION INY	1	45,00 €	45,00 €
SOPORTE	0,5	45,00 €	22,50 €
REGLE PARTE INY	0,5	45,00 €	22,50 €
REGLE PARTE INY SOPORTE	0,5	45,00 €	22,50 €
PLACA INY	20	45,00 €	900,00 €
POSTIZO INY	50	45,00 €	2.250,00 €
POSTIZO EXP	50	45,00 €	2.250,00 €
PLACA EXP	20	45,00 €	900,00 €
PLACA INTERMEDIA	4	45,00 €	180,00 €
PLACA PORTA EXP	4	45,00 €	180,00 €
EXPULSOR TUBULAR D8	0,2	45,00 €	9,00 €
EXPULSOR CABEZA CIL. D12	0,2	45,00 €	9,00 €
EXPULSOR CABEZA CIL. D4	0,2	45,00 €	9,00 €
PLACA RETEN EXP	1	45,00 €	45,00 €
PLACA FIJACION EXP	3	45,00 €	135,00 €
FABRICACION DE ELECTRODOS	10	45,00 €	450,00 €
PULIDO	30	45,00 €	1.350,00 €
MONTAJE DE MOLDE	10	45,00 €	450,00 €
		TOTAL	9.252,00 €

Trabajos de ingeniería.

DENOMINACIÓN	HORAS DE TRABAJO	EURO/HORA	TOTAL
ESTUDIO Y DISEÑO DEL MOLDE	50	50,00 €	2.500,00 €
PROGRAMAS CAD CAM	70	40,00 €	2.800,00 €
TOTAL			5.300,00 €

Total de la inversión.

	TOTAL INVERSIÓN
MATERIALES	3.159,97 €
MECANIZADOS	9.252,00 €
INGENIERIA	5.300,00 €
TOTAL	17711,97 €

Maquinaria.

MAQUINARIA	CANTIDAD	TOTAL
ARBURG ALLROUNDER 320A	1	30.000 €
HUSILLO TWHINSHOT	1	18.000 €
REGLOPLAS ATEMPERADOR	1	1.900 €
TOTAL		49.900 €

Apuntar, que el precio total de la inversión asciende a 17711,97 € el coste de la maquinaria lo ponemos a parte ya que el cliente no tiene intención de amortizar a corto plazo la maquinaria, es una inversión que hace para futuros lotes de piezas adicionales y para la inversión de tecnología nueva de innovación.

5 Anexos.

6 Planos.

7 Bibliografía consultada.

Libros consultados.

GASTROW, Hans. *Moldes de inyección para plásticos*. Editorial Hanser, 1992

MENGES, Mohren. *Moldes para inyección de plásticos*. Editorial Gustavo Gili, S.A.

H., Gerling. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. Editorial Reverte, S.A. Tercera Edición.

APPOLD, Hans. FEILER, Kurt. REINHARD, Alfred. SCHMIDT, Paul. *Tecnología de los metales*. Editorial Reverte, S.A. 1992

RODRIGUEZ DE ABAJO, Francisco Javier. GALARRÁGA ASTIBIA, Roberto. *Normalización del dibujo industrial*. Editorial Donostiarra.

F. SMITH, William. *Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales*. Editorial Mc Graw Hill. 2º edición.

FÉLEZ, Jesús. MARTÍNEZ, Mª Luisa. *Dibujo Industrial*. Editorial Síntesis. 3ª Edición Reservada. 1999.

MANGONON, Pat L. *Ciencia de los materiales, Selección y diseño*. Editorial Pearson Education. Primera Edición. 20001.

RICHARDSON & LOKENSGARD. *Industria del plástico, Plástico Industrial*. Editorial Paraninfo. 2003.

Páginas web.

www.arburg.es

www.spirex.com

www.ascamm.es

www.gencat.net

www.observatorioplastico.com

www.cidem.com

www.battenfeld.com

www.ecodisseny.net

www.fuchs.es

www.vap.es

www.regloplas.com

www.hasco.com

www.basf.es