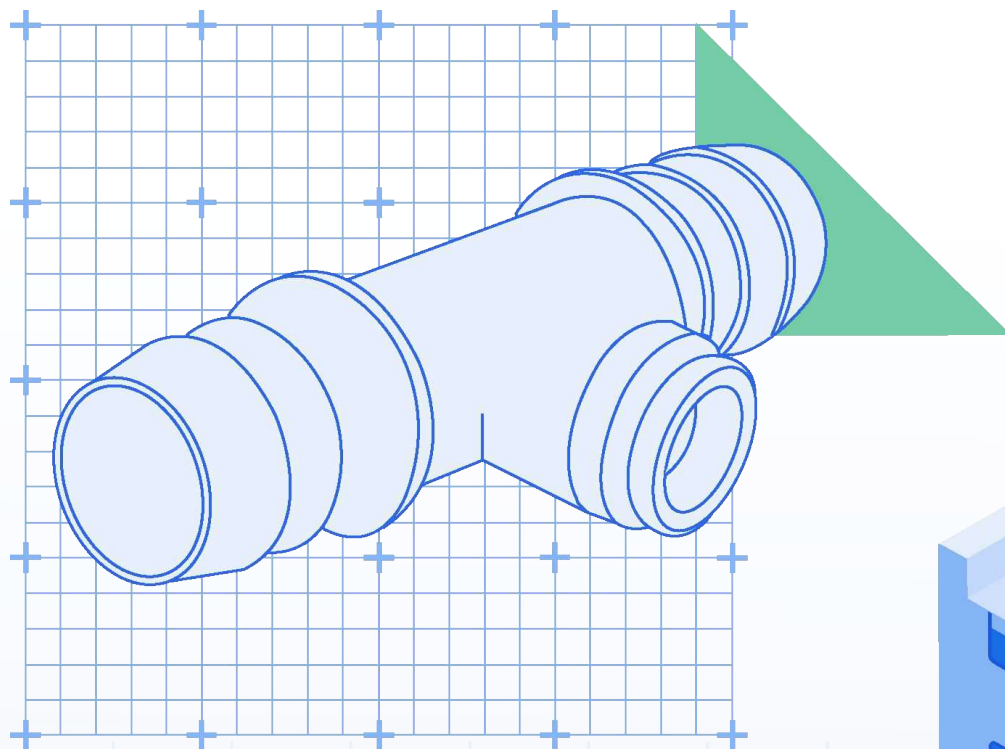




Directrices de diseño y mejores prácticas para el moldeo por inyección

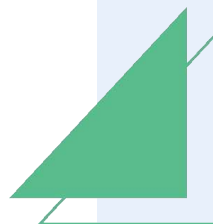


Índice

Introducción al moldeo por inyección.....	3
Visión general del moldeo por inyección.....	4
Tipos de moldes del moldeo por inyección.....	6
Aplicaciones y ventajas del moldeo por inyección.....	11
Selección de materiales.....	13
Visión general de los materiales de moldeo por inyección.....	14
Acabados superficiales y texturas.....	22
Visión general de los acabados en el moldeo por inyección.....	23
Acabados superficiales SPI.....	24
Acabados superficiales VDI.....	27
Acabados texturizados Mold-Tech.....	28
Guía de acabados de moldeo por inyección.....	29
Directrices de diseño del moldeo por inyección.....	30
Ángulos de desmoldeo.....	31
Espesor de pared.....	33
Radios y filetes.....	35
Refuerzos, nervios y cartelas.....	37
Bisagras vivas.....	39
Encajes a presión (Snap-Fits).....	43
Textos y símbolos.....	50
Diseño de compuertas.....	52
Línea de separación.....	54
Cómo tratar las contrasalidas.....	56
Tolerancias de las piezas de plástico.....	61
Defectos más comunes y cómo prevenirlos.....	63
Alabeo.....	64
Marcas de hundimiento.....	65
Líneas de unión.....	66
Marcas de arrastre.....	67
Desprendimiento.....	68
El moldeo por inyección en acción.....	69
Moldeo por inyección con Xometry.....	77
Recursos adicionales.....	85

GUÍA DE DISEÑO

Introducción al moldeo por inyección



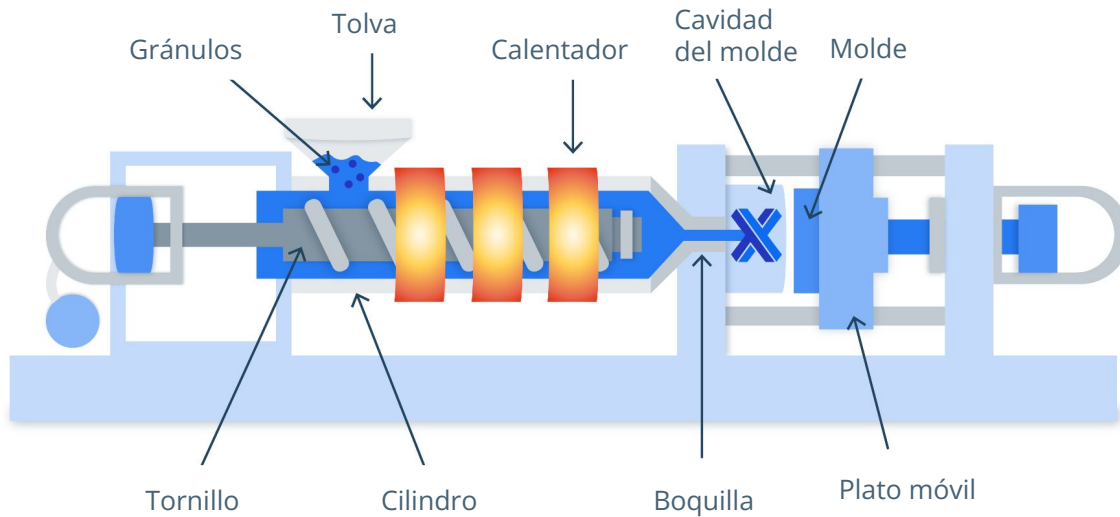
Visión general del moldeo por inyección

El moldeo por inyección es un proceso de producción versátil y potente que puede fabricar piezas en grandes cantidades de forma rápida y eficaz. Como su nombre indica, la resina fundida se inyecta en moldes a alta presión y se deja enfriar en condiciones controladas para formar la pieza o el producto deseado. Una vez que la resina se enfría y solidifica, manteniendo su forma, el núcleo y las piezas asociadas se retraen de la cavidad, y unos pasadores eyectores empujan la pieza fabricada fuera del molde, y el proceso se repite.

Puede utilizarse para crear diseños innovadores y originales, lograr un rendimiento avanzado y tolerancias ajustadas, y mejorar al mismo tiempo la rentabilidad. El moldeo por inyección se ha convertido en una de las tecnologías de fabricación más populares de este siglo, en el que vemos proyectos de fabricación en masa casi a diario. En la actualidad, desempeña un papel fundamental en la fabricación de millones de productos, como gafas de sol, pantallas de televisión, juntas aislantes, smartphones, carcasas electromecánicas, etc.



Máquina de moldeo por inyección



Para garantizar el máximo éxito al trabajar con moldeo por inyección, debe asegurarse de seguir las mejores prácticas de diseño para fabricación (DFM). DFM se refiere a prácticas especiales de ingeniería que hacen que su producto sea ideal en términos de aspecto y funcionalidad, eliminando al mismo tiempo los defectos comunes que se encuentran en el proceso de fabricación. Al incorporar prácticas de DFM, planificar cuidadosamente el diseño del producto y de las herramientas, y seleccionar el material, el acabado y otros detalles adecuados, estará en el camino hacia un producto perfecto.

Queremos que sus utillajes y componentes moldeados se fabriquen de forma que dejen el menor margen de error posible, por eso hemos elaborado esta guía para ayudarle. Trataremos temas relacionados con la fabricación con moldeo por inyección de plástico, como:

- Entender los tipos de moldes
- Elección del material adecuado
- Criterios de diseño para los moldes de inyección y los componentes moldeados
- Consejos prácticos de diseño que le ayudarán a reducir el tiempo y los costes de fabricación
- Defectos comunes y cómo evitarlos

Tipos de moldes de moldeo por inyección

Cuando se consideran los costes de fabricación con moldeo por inyección, el coste de fabricación del molde es el más importante. Los altos precios unitarios pueden evitarse con un proceso de planificación meticuloso y las decisiones correctas en la fabricación de moldes.

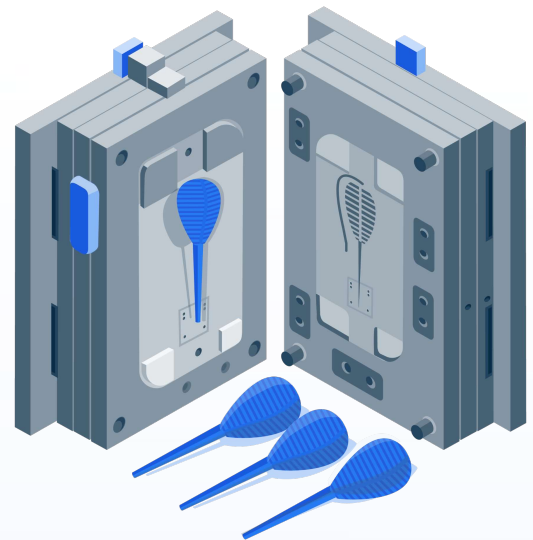
Los moldes suelen fabricarse mediante mecanizado CNC utilizando material de acero o aluminio. Los moldes de larga duración para fabricación en serie con diseños complejos se fabrican con acero inoxidable utilizando métodos como la electroerosión por hilo y por penetración. Se pueden probar diversos materiales, y las tecnologías de fabricación híbrida o los posprocesos pueden ofrecer soluciones en función de los requisitos del proyecto.

Elegir el tipo de molde adecuado es fundamental, ya que afecta a la vida útil y la calidad de su producto, al tiempo que influye en el volumen y el tiempo de fabricación.

Molde de cavidad única

Los moldes de cavidad única están diseñados para producir una pieza por ciclo de moldeo. Constan de una sola cavidad con la forma de la pieza deseada, que se llena con plástico fundido durante el proceso de inyección. Los moldes de cavidad única suelen utilizarse para volúmenes de producción bajos o medios, prototipos o para fabricar piezas complejas o de alta precisión.

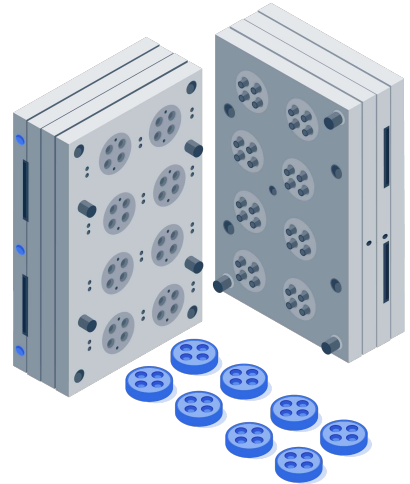
Aunque los ritmos de producción con ellos son más lentos en comparación con los moldes multicavidad, suelen ser menos costosos de diseñar y fabricar, lo que los hace ideales para aplicaciones especializadas o de menor escala.



Tipos de moldes de moldeo por inyección

Molde multicavidad

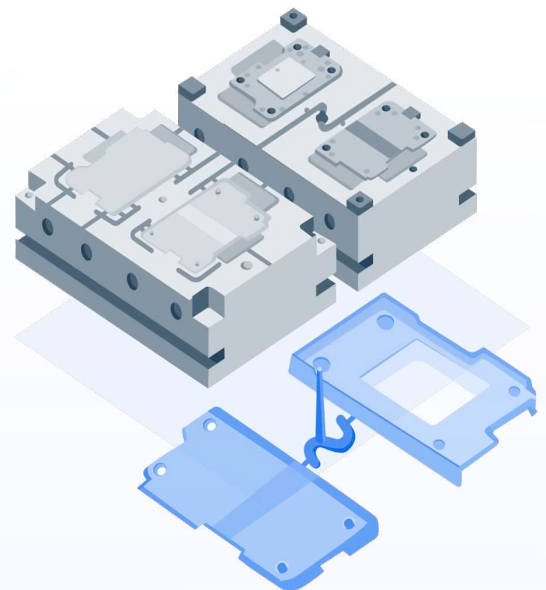
Los moldes de inyección multicavidad tienen la capacidad de fabricar simultáneamente varias piezas idénticas en el mismo ciclo. Contienen múltiples cavidades, cada una con la forma de la pieza deseada, lo que permite aumentar el rendimiento y la eficacia de la producción. Los moldes multicavidad suelen utilizarse para la fabricación de grandes volúmenes, donde la consistencia y la velocidad son fundamentales.



Aunque son más caros y complejos de diseñar y fabricar que los moldes de cavidad única, reducen significativamente los costes de producción por pieza al optimizar los tiempos de ciclo y el rendimiento.

Familia de moldes

Diferentes piezas con volúmenes similares tendrán perfiles de llenado y ratios de contracción similares. Puede aprovecharse de ello fabricando estas piezas en un molde familiar. Esto le ahorra el coste de fabricar moldes independientes para cada pieza. Los plásticos del mismo material y color pueden fabricarse con moldes familiares, que son rentables para pedidos de bajo volumen.



Los moldes familiares también pueden modificarse para que funcionen con una cavidad cada vez si es necesario; en este caso, la ventaja es el ahorro de costes al consolidar todas las cavidades en una sola herramienta a cambio de un menor rendimiento, ya que las piezas no pueden fabricarse en paralelo.



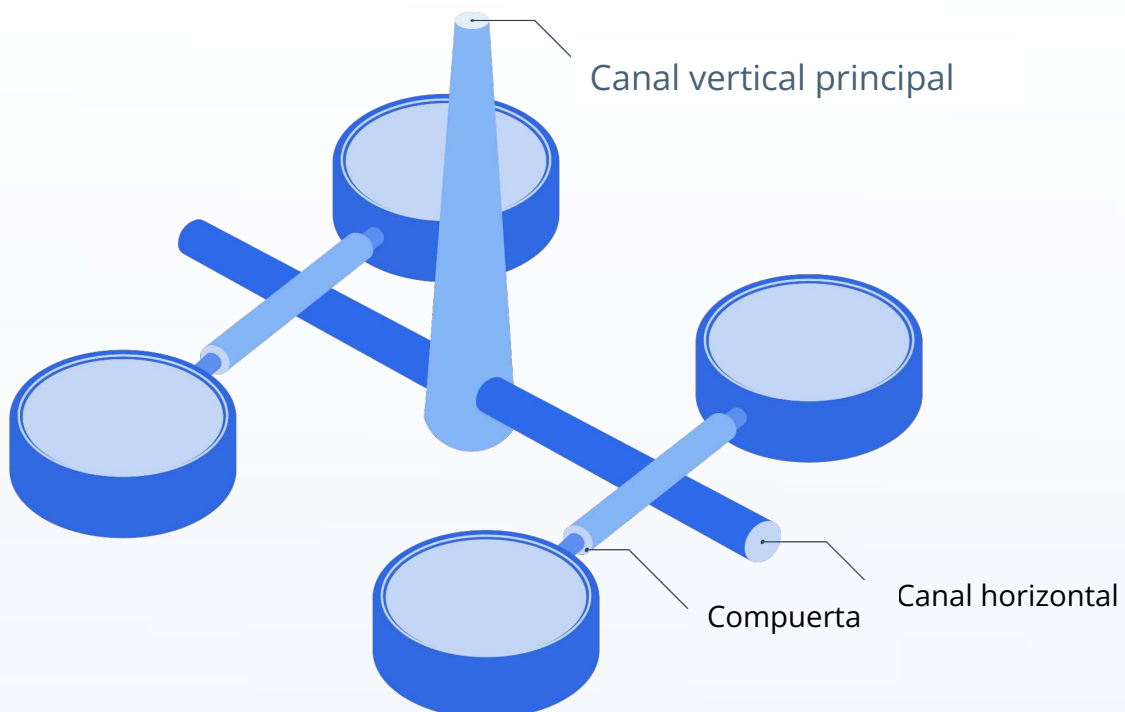
Familia de moldes

Tenga en cuenta que los moldes familiares tienen una mayor tasa de defectos debido a la complejidad del molde y a la presencia de varios modelos de molde en un mismo ciclo de fabricación.

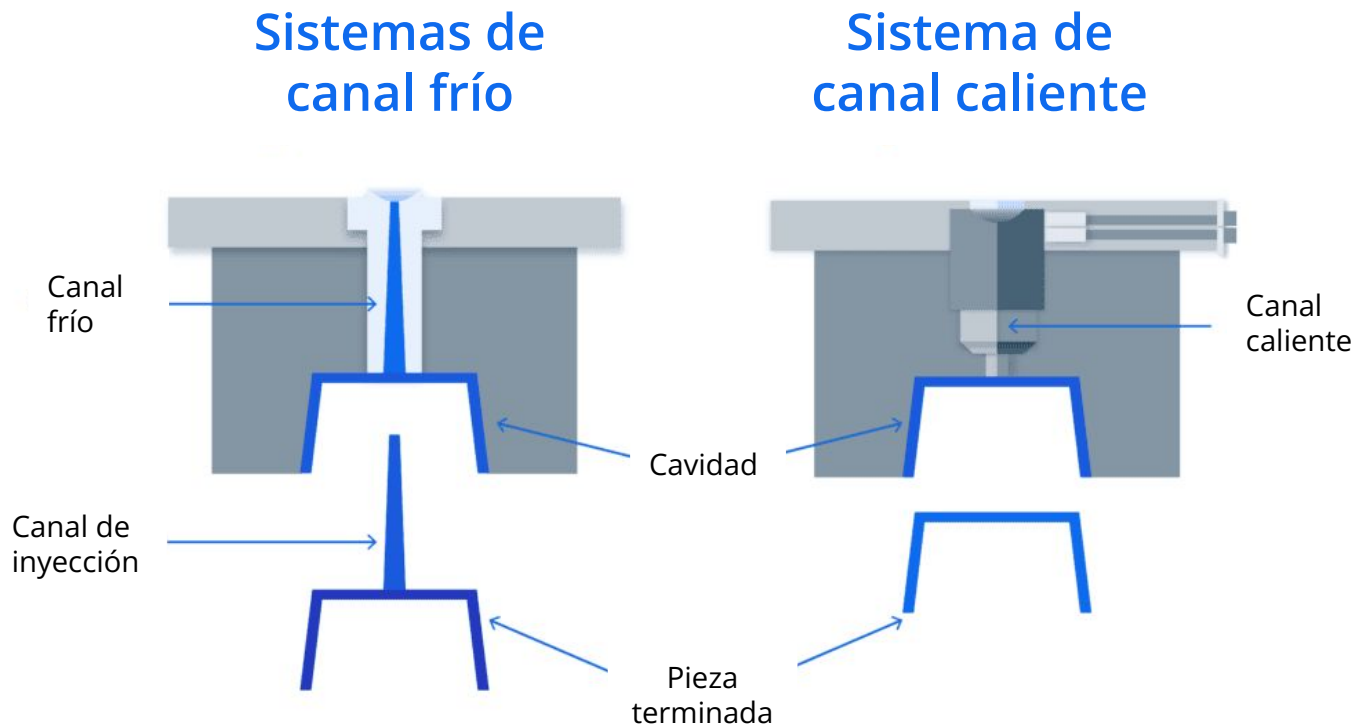
Canales

Los canales son los conductos de un molde que llevan el plástico fundido desde la boquilla hasta la cavidad de la pieza. A veces puede tratarse de un único vástago, conocido como bebedero, o puede ser un brazo ramificado desde el bebedero hasta la pieza. Es importante conocer los distintos tipos de sistemas de canal utilizados en el moldeo por inyección, ya que tienen un impacto directo en la calidad de la pieza, la eficacia de la producción y el coste.

Los sistemas de canal se dividen en dos categorías: canal caliente y canal frío, cada uno con sus puntos fuertes y débiles a tener en cuenta.



Tipos de sistemas de canalización



Sistemas de canal frío

En los sistemas de canal frío, el plástico fundido se enfría y solidifica junto con la pieza en la cavidad del molde. Los sistemas de canal frío son ideales para la fabricación de bajo volumen y son compatibles con cualquier material plástico. Sin embargo, es más probable que aparezcan marcas superficiales denominadas vestigios de la puerta en las piezas, ya que los canales solidificados y conectados deben eliminarse mediante posprocesamiento.

- Adecuado para la fabricación de bajo volumen
- Bajos costes de molde
- El recorte puede ser manual o automático
- Compatible con todos los materiales
- Es más probable que aparezcan marcas superficiales de los canales retirados

Tipos de sistemas de canalización

Sistema de canal caliente

En los sistemas de canal caliente, el plástico fundido se mantiene a una temperatura óptima hasta que se transfiere a la cavidad del molde. El enfriamiento o solidificación del canal no se produce durante el ciclo de fabricación. Los sistemas de canal caliente pueden calentarse externa o internamente. Los sistemas calentados externamente deben utilizarse si se emplean resinas sensibles al calor. Este sistema reduce considerablemente los residuos y el tratamiento posterior, pero es más caro y complejo de instalar.

- Adecuado para la fabricación de grandes lotes de piezas
- Baja cantidad de residuos
- Elimina la necesidad de recortar
- Control más preciso de la presión y la temperatura
- Mayores costes de molde y mantenimiento

Aplicaciones y ventajas del moldeo por inyección

Hemos mencionado brevemente algunas de las ventajas y aplicaciones del moldeo por inyección. Sin embargo, vamos a profundizar para entender por qué se ha convertido en uno de los procesos más utilizados para la producción de piezas de plástico en el mundo de la fabricación.

Eficiencia de costes

Quizá uno de los principales factores que impulsan la popularidad del moldeo por inyección es su capacidad para reducir los costes de las piezas, sobre todo en grandes volúmenes. Aunque las herramientas y los moldes no son baratos, pueden durar de decenas a cientos de miles o incluso un millón de ciclos o más. Gran parte del proceso de moldeo está muy automatizado, lo que permite obtener grandes volúmenes de producción, reducir los costes de mano de obra y minimizar los residuos. Dependiendo del tamaño de la pieza, la geometría y el material, el proceso puede tardar sólo unos segundos en producir una pieza completa.

Idoneidad para la producción de grandes lotes de piezas

La capacidad de utilizar herramientas que pueden durar miles o incluso millones de ciclos, combinada con la automatización y los tiempos de ciclo rápidos, convierten al moldeo por inyección en una gran potencia de producción. Además, el proceso es altamente repetible, lo que garantiza un producto homogéneo. Sin embargo, no se limita a grandes cantidades, el moldeo por inyección también puede ser igual de eficaz en volúmenes menores.

Xometry ofrece servicios de moldeo rápido y de prototipos, además de nuestras ofertas de gran volumen, lo que le permite escalar la producción a lo largo del ciclo de vida de su producto.

Aplicaciones y ventajas del moldeo por inyección

Versatilidad de materiales

Otra gran ventaja del moldeo por inyección es su versatilidad de materiales. Tanto los ingenieros como los fabricantes pueden elegir entre una amplia gama de materiales para adaptarse a las necesidades específicas del producto. Desde materiales flexibles y resistentes a los impactos, como el polipropileno, hasta opciones rígidas y resistentes al calor, como el policarbonato, el proceso puede adaptarse a distintas propiedades, como la fuerza, la durabilidad, la resistencia química y la transparencia.

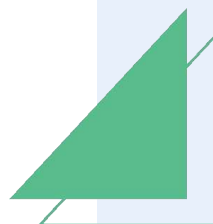
Además, pueden mezclarse aditivos, como colorantes, estabilizadores UV, fibras de refuerzo, etc., para personalizar o mejorar aún más el rendimiento.

En la siguiente sección, analizaremos los materiales con más detalle, ya que suele ser una de las primeras y más importantes consideraciones a tener en cuenta a la hora de diseñar para el moldeo por inyección.



GUÍA DE DISEÑO

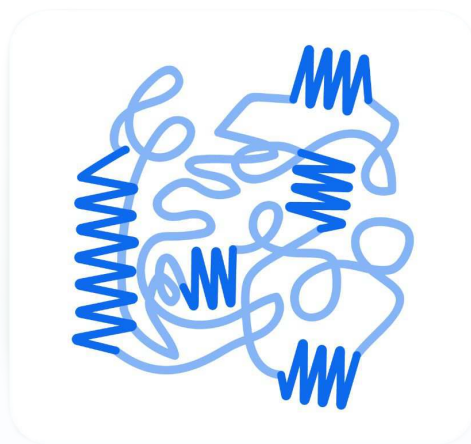
Selección de materiales



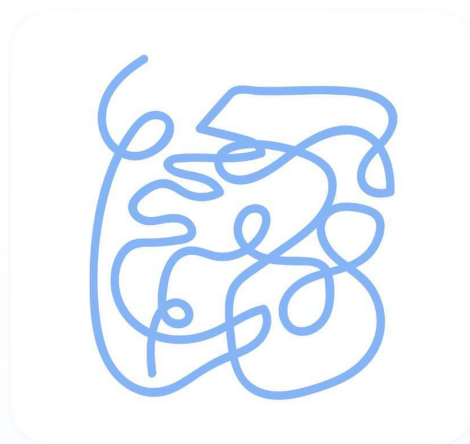
Visión general de los materiales de moldeo por inyección

El moldeo por inyección de plástico cuenta con una amplia variedad de materiales. El material elegido afecta a la fuerza, flexibilidad, resistencia al calor, durabilidad y coste del producto, así como a la forma en que fluye y se enfría durante el proceso de moldeo. Los distintos plásticos tienen propiedades únicas que influyen en el diseño del molde, los tiempos de ciclo e incluso procesos secundarios como el montaje o el acabado. Por eso recomendamos elegir un material en una fase temprana del proceso.

En general, podemos clasificar los materiales plásticos en dos grupos: *polímeros semicristalinos* y *polímeros amorfos*. La diferencia clave entre ellos radica en sus estructuras moleculares.



Semicristalino



Amorfo

Los polímeros semicristalinos tienen regiones moleculares muy ordenadas mezcladas con algunas zonas amorfas, lo que les confiere una mayor resistencia química, resistencia al desgaste y, en general, mejores propiedades mecánicas; sin embargo, pueden ser más difíciles de procesar. Entre ellos se encuentran la familia del polietileno (LDPE, HDPE, UHMW-PE), el polipropileno, el Nylon, el acetal y los fluoropolímeros.

Visión general de los materiales de moldeo por inyección

Los polímeros amorfos tienen una disposición molecular más aleatoria y desordenada. Esto hace que sean más fáciles de procesar y mejores para aplicaciones de moldeo precisas. La naturaleza aleatoria de su estructura molecular también ayuda a evitar la dispersión de la luz, lo que permite obtener piezas transparentes y translúcidas. Aunque pueden adaptarse a una amplia gama de aplicaciones, suelen ser menos resistentes a los productos químicos y al desgaste. Los polímeros amorfos más comunes son el policarbonato, el acrílico (PMMA), el PETG, el ABS, el poliestireno y la polisulfona.

La tabla siguiente resume las características clave de estas dos categorías principales de termoplásticos.

Termoplásticos semicristalinos	Termoplásticos amorfos
Estructura molecular muy ordenada	Estructura molecular irregular
Opaco	Transparente, translúcido u opaco
Mayor inestabilidad dimensional	Mayor estabilidad dimensional
Alta resistencia al calor y al desgaste	Generalmente menos resistente al calor y al desgaste
Puntos de fusión distintos y más altos	Ablandamiento gradual, ideal para moldeo térmico
Alta resistencia química	Menos resistente a los productos químicos, pero adecuado para pegar con adhesivos
Menor coeficiente de fricción	Mayor coeficiente de fricción

Materiales comunes de moldeo por inyección

Entendemos que hay muchas resinas entre las que elegir, y puede ser desalentador escoger una, ¡especialmente si no está familiarizado con las opciones! Para su comodidad, hemos elaborado la siguiente tabla que compara algunos de los materiales más comunes moldeados por inyección, sus características, aplicaciones y coste general.

Materia prima, plásticos			
Material	Características	Aplicaciones comunes	Coste relativo
Polipropileno (PP)	Buena resistencia química y a la humedad; no se degrada cuando se expone a la humedad o al agua. Buena elasticidad y alta resistencia al impacto.	Bisagras integrales o bisagras vivas, ventiladores, tapas a presión, tubos para pipetas médicas.	€
Poliestireno (PS)	Ligero, relativamente barato y resistente a la humedad y a la proliferación bacteriana. No tóxico, inodoro. Transparente, duro y quebradizo.	Utensilios de plástico, contenedores, óptica, juguetes.	€
Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)	Fuerte y resistente a los impactos, incluso a bajas temperaturas. El butadieno añade dureza y resistencia.	Dispositivos de automoción, electrónica y telecomunicaciones.	€
Polietileno de alta densidad (HDPE)	Ligero, resistente a los productos químicos y respetuoso con el medio ambiente. Gran resistencia al impacto y a la tracción.	Depósitos de combustible, aisladores de conectores y contenedores de alimentos.	€
Acrílico (PMMA)	Resistente, ligero, inastillable, ópticamente transparente y resistente a los rayos UV y a la intemperie.	Tubos de luz, lentes, pantallas luminosas, fibras ópticas, señales.	€
Polietileno (PE)	Químicamente resistente, apto para alimentos, alta resistencia al impacto, excelente resistencia a bajas temperaturas, excelente aislamiento eléctrico.	Aislamiento eléctrico, recipientes domésticos, juguetes, cubos y botellas.	€€
Cloruro de polivinilo (PVC)	Resistente a la intemperie, los productos químicos, la corrosión y los golpes. Disponible en opciones rígidas (shore D) y similares al caucho (shore A).	Tuberías, marcos de ventanas, botellas, cajas de distribución eléctrica.	€€

Materiales comunes de moldeo por inyección

Plásticos para ingeniería			
Material	Características	Aplicaciones comunes	Coste relativo
Polycarbonato (PC)	Resistente, ligero y naturalmente transparente. Permanece estable en una amplia gama de temperaturas.	Automoción, electrónica, telecomunicaciones.	€
Polycarbonato-Acrilonitrilo Butadieno Estireno (PC-ABS)	Alta resistencia al impacto, a la flexión y al calor. Ligeramente más flexible que el polycarbonato estándar.	Salpicaderos, carcasas electrónicas, carcasas de dispositivos médicos y cuerpos de herramientas eléctricas.	€
PA (Poliamidas alifáticas) / Nylon	Excelente resistencia al calor, alta resistencia a la abrasión, alta resistencia a la tracción y buena resistencia a la fatiga.	Instrumentación médica y química, vajilla y catering, HVAC y conducción de fluidos, electricidad e iluminación.	€€
Tereftalato de polibutileno (PBT)	Alta resistencia a la tracción, rigidez y excelente resistencia a las manchas. Buena resistencia a la fluencia y baja absorción de humedad.	Cojinetes de deslizamiento, engranajes y levas, boquillas de secadores de pelo, aspiradoras, mangos y pomos de cocinas eléctricas.	€€
Acetal o Polioximetileno (POM) / Delrin	Alta resistencia a la tracción, rigidez y tenacidad. Buena resistencia al impacto, incluso a bajas temperaturas. Baja absorción de humedad y Excelente maquinabilidad, resistencia a la fluencia y estabilidad dimensional.	Engranajes, bombas e impulsores de bombas, eslabones transportadores, dispensadores de jabón, aspas de ventiladores y sopladores, interruptores de automoción, componentes de interruptores eléctricos, botones y pomos.	€€

Materiales comunes de moldeo por inyección

Elastómeros y similares al caucho			
Material	Características	Aplicaciones comunes	Coste relativo
Elastómero termoplástico (TPE)	Material de alta resistencia al impacto, flexible y similar al caucho. Excelente resistencia a los productos químicos y a la intemperie.	Equipos médicos, herramientas eléctricas, artículos para el hogar, teléfonos móviles, ratones de ordenador, cinturones.	€
Poliuretano termoplástico (TPU)	Elasticidad similar al caucho con buena capacidad de carga. Excelente resistencia a la abrasión, buena adhesión a los sustratos, es ignífugo, tiene muy buena resistencia microbiana. Presenta propiedades como durabilidad, flexibilidad y excelente resistencia a la tracción.	Revestimiento de alambres y cables, mangueras y tubos, en aplicaciones de revestimiento adhesivo y textil.	€
Vulcanizado termoplástico (TPV) / Santopreno	Elastómero sintético similar al caucho con gran versatilidad gracias a su resistencia a la temperatura, compresión y elasticidad.	Neumáticos, mangueras, empuñaduras, mangos, tubos médicos, juntas y sellos.	€€

Plásticos de alto rendimiento			
Material	Características	Aplicaciones comunes	Coste relativo
Polieterimida (PEI) / ULTEM	Resistencia extremadamente alta al calor y a la llama y baja producción de humo. Elevada rigidez dieléctrica y buena rigidez y dureza.	Instrumentación médica y química, vajilla y catering, HVAC y conducción de fluidos, electricidad e iluminación.	€€€
Poliéter éter cetona (PEEK)	Elevada resistencia a la tracción y alta resistencia a los productos químicos y a la degradación térmica. Biocompatibilidad total, resistencia a los rayos UV, radiolucidez pura, resistencia a los rayos gamma y baja/ninguna toxicidad.	Implantes médicos, cojinetes, piezas de pistón y bombas, aislamiento eléctrico, válvulas y juntas.	€€€

Infografía sobre selección de materiales

Para facilitarle aún más la selección de materiales, hemos elaborado esta infografía en la que destacamos los materiales más comunes y sus principales propiedades.



Aunque Xometry ofrece una amplia gama de resinas e incluso puede trabajar con materiales suministrados por el cliente, recomendamos ceñirse a las opciones enumeradas hasta ahora para garantizar la respuesta más rápida a los presupuestos y la disponibilidad del material. Si está interesado en suministrar sus propias resinas o desea utilizar una que no esté en esta lista, háganoslo saber y estaremos encantados de trabajar con usted.

Aditivos y cargas para materiales

Los rellenos y aditivos desempeñan un papel crucial en la mejora de las propiedades mecánicas, químicas y cosméticas de los plásticos moldeados por inyección. A muchas resinas pueden añadirse materiales de refuerzo, como fibras de vidrio y de carbono, para mejorar la solidez, la rigidez y la resistencia al impacto, aunque también pueden hacer que las piezas sean ligeramente más quebradizas. Otras cargas, como el talco, aumentan la dureza, mientras que las perlas de vidrio y la sílice fundida ayudan a reducir la flexibilidad, minimizar el alabeo y controlar la contracción. Además, pueden incorporarse al compuesto de resina aditivos como estabilizadores UV, agentes disipadores de estática y retardantes de llama para mejorar el rendimiento en función de las necesidades específicas de la aplicación.

La selección cuidadosa y el ensayo de cargas y aditivos son esenciales para lograr resultados óptimos en la fabricación en serie. Los análisis minuciosos y las pruebas de prototipos con distintos plásticos garantizan la combinación y concentración adecuadas de aditivos, lo que conduce a un proceso de producción más eficaz y sin problemas. Es importante tener en cuenta que los rellenos pueden alterar el aspecto de una pieza, causando a veces efectos visuales como marcas de flujo a medida que las fibras se orientan en la dirección de la resina fundida que rellena la cavidad.

Estas marcas de orientación de las fibras suelen ser prominentes alrededor de las ubicaciones de las compuertas, formando una forma circular, y pueden mitigarse mediante la colocación de compuertas y características que faciliten un flujo uniforme del material.



Superficie de una pieza fabricada con material de relleno

Aditivos y cargas para materiales

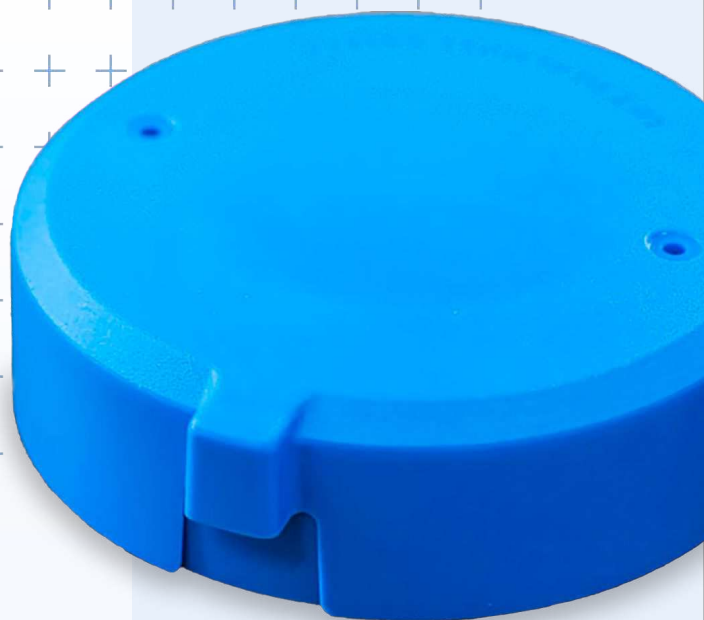
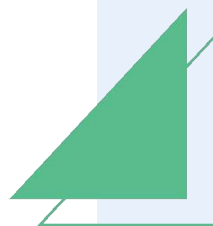
Existen varios tipos de rellenos y aditivos, cada uno de los cuales sirve para fines distintos:

- **Las fibras de vidrio y de carbono** mejoran el rendimiento mecánico al aumentar la resistencia a la tracción, al impacto y a las grietas. Se suelen utilizar en plásticos como ABS, PEEK, PET, Nylon y PC.
- **Las cargas cerámicas** mejoran la conductividad térmica, por lo que son adecuadas para aplicaciones de alta temperatura.
- **El carbonato cálcico y el talco** son cargas rentables que ayudan a reducir los gastos en materias primas sin comprometer el rendimiento mecánico.
- **Los colorantes** se añaden para conseguir colores específicos y efectos estéticos en las piezas moldeadas.
- **Los aditivos termorresistentes**, como los retardantes de llama a base de fósforo y los estabilizadores UV, aumentan la durabilidad y protegen contra el calor y la exposición ambiental.

La combinación adecuada de cargas y aditivos puede ayudar a los diseñadores y fabricantes de productos a optimizar y mejorar las propiedades de los materiales existentes y a cumplir requisitos funcionales y de diseño específicos.

GUÍA DE DISEÑO

Acabados superficiales y texturas



Visión general de los acabados en el moldeo por inyección

El moldeo por inyección produce piezas muy precisas que reproducen incluso las imperfecciones más pequeñas del molde. Los moldes, normalmente de aluminio o acero, pueden transferir marcas de mecanizado a las piezas moldeadas a menos que se eliminen mediante granallado o pulido. Mientras que las superficies interiores no visibles suelen conservar estas marcas sin problemas, las zonas visibles suelen requerir un acabado adicional, lo que aumenta el coste del utillaje y el plazo de entrega.

Los acabados superficiales sirven tanto para fines funcionales como estéticos, y van desde brillantes y mates hasta rugosos o texturizados. Estas opciones pueden ocultar defectos como marcas de hundimiento y alabeos, mejorar el agarre o aumentar la resistencia de la pieza. Decidir con antelación qué superficies requieren acabado y en qué medida puede ayudar a reducir pasos de acabado innecesarios o excesivos, minimizando los costes generales de producción.

Aunque las piezas moldeadas por inyección no suelen requerir tratamiento posterior, pueden personalizarse con aplicaciones como la soldadura ultrasónica, el grabado por láser o la pintura. El acabado superficial ideal debe equilibrar estética, funcionalidad, tolerancia y coste para obtener el mejor producto final.

Acabados superficiales SPI

Los acabados más utilizados son los de la Sociedad de la Industria del Plástico (SPI), que son un conjunto de acabados de moldes estándar que van desde muy pulidos a acabados mate gruesos.

Mientras que las texturas pulidas pueden aumentar el reflejo estético de una pieza o la transparencia en polímeros transparentes, los acabados mate pueden ayudar a proporcionar tonos más tenues e incluso a evitar las huellas dactilares en productos manipulados (por ejemplo, el marco y el teclado de su ordenador portátil).



Los distintos grados de acabado superficial pueden conseguirse mediante texturizado a máquina o pulido manual. El SPI agrupa los distintos acabados superficiales en cuatro grados, como se indica a continuación.

Acabados de alto brillo (grados A1, A2 y A3)

Estos grados presentan el mayor nivel de pulido del molde con una rugosidad mínima de 0,012 micrómetros. Las piezas moldeadas tendrán un acabado muy brillante o transparente en plásticos transparentes. El alto brillo se consigue mediante procesos posteriores como el pulido con diamante.

Sin embargo, no todos los materiales pueden tener un acabado de grado A porque algunos plásticos tienen una gran resistencia a la abrasión. Por ejemplo, nunca encontrará un acabado muy brillante en piezas moldeadas con TPU.

Acabados superficiales SPI

Acabados semibrillantes (grados B1, B2 y B3)

Las superficies con acabados semibrillantes tienen una rugosidad mínima de 0,05 micrómetros. Los acabados de grado B se consiguen utilizando papel de lija de grano y son el acabado superficial preferido para el moldeo por inyección de productos de consumo. Las piezas moldeadas con este nivel de acabado son atractivas a la vista, sin imperfecciones superficiales perceptibles.

Acabados mate (grados C1, C2 y C3)

Los acabados mate tienen una rugosidad superficial mínima de 0,35 micrómetros y sólo son adecuados para piezas que no se espera que sean muy estéticas pero que requieren superficies relativamente lisas. Este grado SPI sigue ofreciendo una superficie lisa sin marcas visibles de herramientas ni otras imperfecciones superficiales.

Acabados texturizados (grados D1, D2 y D3)

Algunas piezas se moldean intencionadamente con texturas rugosas para mejorar su funcionalidad o rendimiento. Las superficies más rugosas se consiguen normalmente mediante chorro de arena, que crea un acabado texturizado clasificado como SPI grado D. Esta textura añadida puede proporcionar beneficios, como un mejor agarre o una mayor fricción. Otras ventajas de texturizar el molde son

- Oculta las imperfecciones de la superficie
- Refuerza los moldes de inyección
- Mejora la resistencia al deslizamiento
- Mejora la adherencia de las piezas moldeadas

Tabla comparativa de grados de acabado SPI

La tabla siguiente puede utilizarse para comparar los distintos grados de acabado superficial SPI según sus aplicaciones, rugosidad superficial y opciones de materiales compatibles.

Acabado SPI	Descripción	Aplicaciones	Rugosidad superficial (Ra μm)	Ejemplos de materiales adecuados	Coste añadido
A-1	Grado #3, 6000 Grit Diamond Buff	Piezas muy pulidas	0,012- 0,025	Acrílico	€€€€€
A-2	Grade #6, 3000 Grit Diamond Buff	Piezas muy pulidas	0,025-0,05	Acrílico, PC	€€€€
A-3	Grade #15, 1200 Grit Diamond Buff	Piezas de alto pulido bajo	0,05-0,10	ABS, Acrílico, PS, Nylon, PC	€€€€
B-1	Papel de grano 600	Pulido medio de piezas	0,05-0,10	ABS, Acrílico, PP, PS, HDPE, Nylon, PC	€€
B-2	Papel de grano 400	Pulido medio de piezas	0,10- 0,15	ABS, Acrílico, PP, PS, HDPE, Nylon, PC	€€
B-3	Papel de grano 320	Piezas de pulido medio bajo	0,28-0,32	ABS, Acrílico, PP, PS, HDPE, Nylon	€€
C-1	Piedra 600	Piezas poco pulidas	0,35-0,40	ABS, Acrílico, PP, PS, HDPE, Nylon, TPU	€
C-2	Piedra 400	Piezas poco pulidas	0,45-0,55	ABS, Acrílico, PP, PS, HDPE, Nylon, TPU	€
C-3	Piedra 320	Piezas poco pulidas	0,63-0,70	ABS, Acrílico, PP, PS, HDPE, Nylon, TPU	€
D-1	Granalla de vidrio de chorro seco	Acabado satinado	0,80-1,00	ABS, PP, PS, HDPE, Nylon, PC, TPU	€
D-2	Chorro seco #240 Óxido	Acabado mate	1,00-2,80	ABS, PP, PS, HDPE, Nylon, TPU	€
D-3	Chorro seco #24 Óxido	Acabado mate	3,20-18	ABS, PP, PS, HDPE, Nylon, TPU	€

Acabados superficiales VDI

El acabado superficial VDI 3400 (comúnmente conocido como acabado superficial VDI) se refiere a la norma de textura de moldes establecida por Verein Deutscher Ingenieure (VDI), la Sociedad de Ingenieros Alemanes.

El acabado superficial VDI 3400 se procesa principalmente mediante Mecanizado por Descarga Eléctrica (EDM) en el mecanizado de moldes. También puede realizarse mediante el método tradicional de texturizado (como en SPI). Aunque las normas las establece la Sociedad de Ingenieros Alemanes, son de uso común entre los fabricantes de herramientas de todo el mundo, incluidos Norteamérica, Europa y Asia.



La tabla siguiente ofrece una comparación de las distintas opciones de acabado superficial VDI.

Valor VDI	Descripción	Aspecto	Rugosidad superficial	Coste añadido
12	600 Piedra	Poco pulido	0,40 Ra μ m	€
15	400 Piedra	Poco pulido	0,56 Ra μ m	€
18	Cuenta de vidrio Dry Blast	Satén suave	0,80 Ra μ m	€
21	Chorro seco # 240 Óxido	Satinado claro	1,12 Ra μ m	€
24	Chorro seco # 240 Óxido	Satinado	1,60 Ra μ m	€
27	Chorro seco # 240 Óxido	Mate claro	2,24 Ra μ m	€
30	Chorro seco # 24 Óxido	Mate medio	3,15 Ra μ m	€
33	Chorro seco # 24 Óxido	Textura mate	4,50 Ra μ m	€
36	Chorro seco # 24 Óxido	Grano fino	6,30 Ra μ m	€
39	Chorro seco # 24 Óxido	Grano medio	9,00 Ra μ m	€
42	Chorro seco # 24 Óxido	Grano grueso	12,50 Ra μ m	€
45	Chorro seco # 24 Óxido	Grano muy grueso	18,00 Ra μ m	€

Acabados texturizados Mold-Tech

[Standex Engraving Mold-Tech](#) es una opción estandarizada de texturizado de moldes que se utiliza normalmente para productos comerciales o vendibles. Mold-Tech está serializado en cuatro series, de la A a la D. Lo más habitual es utilizar los acabados Mold-Tech Serie A en los productos, ya que ofrece una gama de acabados mates de finos a gruesos que no requieren láser, grabado químico enmascarado ni otros procesos de texturizado de ingeniería.

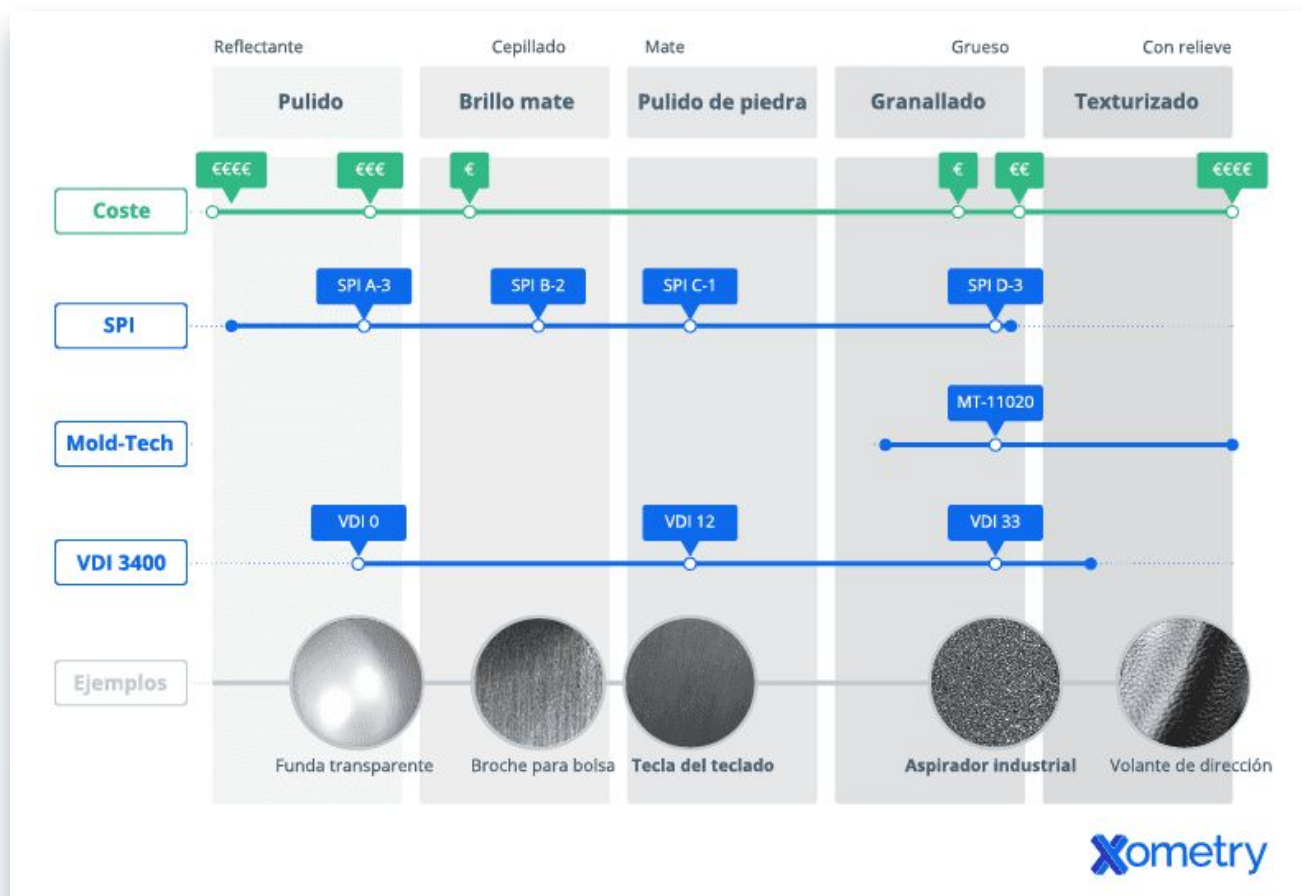
Los acabados Mold-Tech se clasifican por su número de serie y profundidad de textura. Se necesita un ángulo de desmoldeo más agresivo con Mold-Tech porque el texturizado del molde tiene características más gruesas que los acabados SPI, se recomienda añadir 1,5° de desmoldeo por cada 0,001" de profundidad de textura.

A continuación se muestran algunos ejemplos de acabados Mold-Tech comunes, junto con su profundidad y ángulo de desmoldeo recomendados.

Número de serie de Mold-Tech	Profundidad de la textura (pulgadas)	Aspecto	Calado mínimo	Coste añadido
MT-11010	0,001"	Dull matte finish	1.5°	€€€
MT-11020	0,0015"	Coarse matte finish	2.25°	€€€
MT-11030	0,002"	Coarse matte finish	3°	€€€

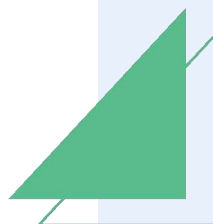
Guía de acabados de moldeo por inyección

Nuestra guía infográfica a continuación puede ayudarle a comparar diferentes acabados y grados de moldeo por inyección y decidir cuál es el mejor para su proyecto.



GUÍA DE DISEÑO

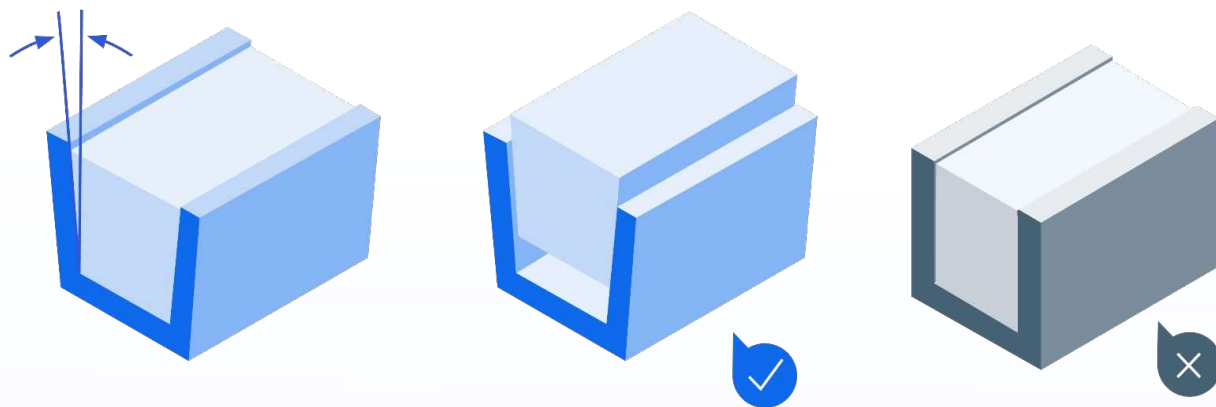
Directrices de diseño de moldeo por inyección



Ángulos de desmoldeo

Al diseñar piezas moldeadas por inyección, es importante recordar que casi todos los componentes necesitan un ángulo de desmoldeo, una ligera conicidad en las paredes, para garantizar que puedan desmoldearse fácilmente. A diferencia de las piezas mecanizadas por CNC, que pueden tener paredes perfectamente verticales, las piezas moldeadas por inyección casi siempre incluyen un poco de inclinación.

Este ángulo adicional evita que la pieza se atasque en el molde al enfriarse y contraerse. Sin el ángulo de desmoldeo, se correría el riesgo de aplicar una fuerza excesiva durante la expulsión, lo que puede reducir la calidad de la pieza, provocar piezas desechadas e incluso dañar el utillaje.



La mayoría de los programas de CAD facilitan la adición de ángulos de desmoldeo, pero es mejor hacerlo durante las fases finales del diseño. Añadir ángulos de desmoldeo demasiado pronto puede complicar el proceso de diseño y, puesto que altera la forma general de la pieza, es fundamental hacerlo bien antes de enviar el diseño al moldeador. Esto garantiza que el diseño previsto no se vea comprometido y que el moldeador sepa exactamente cómo incorporar el calado.

Ángulos de desmoldeo

Tenga en cuenta que no todas las superficies necesitan el mismo calado. Por ejemplo:

- Para piezas con superficies estándar o texturas SPI, un ángulo de desmoldeo de 1-2° suele ser suficiente.
- Si la superficie tiene texturas más pronunciadas o pesadas, es posible que necesite un ángulo de desmoldeo de 3-5° (o incluso de al menos 5° para texturas muy pesadas) para evitar problemas como raspaduras o deformaciones.

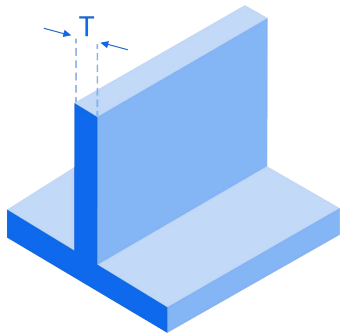
Al adaptar el ángulo de desmoldeo a las características específicas de su pieza, ayuda a garantizar una expulsión suave del molde y a mantener la calidad del producto final.

Estos son algunos ejemplos de aplicaciones y los ángulos de desmoldeo mínimos sugeridos:

Aplicación / Descripción de la superficie	Ángulo de desmoldeo mínimo
Para requisitos «casi verticales»	0.5°
Aplicaciones generales	2°
Todas las superficies de cierre	3°
Caras ligeramente texturizadas	3°
Caras de textura media a pesada	5°+

Espesor de pared

Al diseñar piezas para el moldeo por inyección de plástico, el espesor de la pared es un factor crítico que afecta al rendimiento mecánico, la vida útil del molde, el tiempo de fabricación, la estética y el coste global. El espesor de la pared debe determinarse en función de los requisitos de rendimiento de la pieza y de la resina seleccionada. Para muchas aplicaciones, un espesor de pared de entre **2 mm y 4 mm** es suficiente.



Espesor de pared recomendado por material

En la siguiente tabla encontrará las resinas más utilizadas y su rango de espesor de pared recomendado:

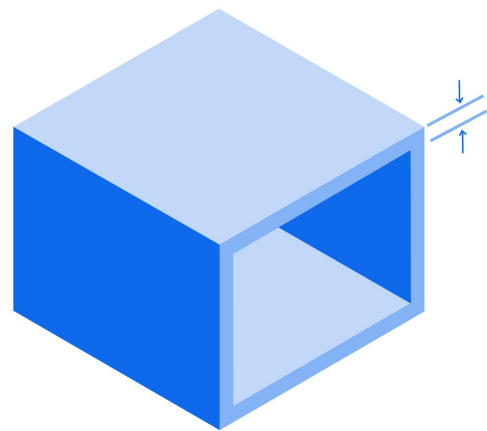
Material	Grosor de pared recomendado	Espesor de pared recomendado
ABS	1,14 mm – 3,56 mm	0,045 pulgadas - 0,140 pulgadas
Acetal	0,76 mm – 3,05 mm	0,030 pulgadas - 0,120 pulgadas
Acrílico (PMMA)	0,64 mm – 12,70 mm	0,025 pulgadas - 0,500 pulgadas
Polímero de cristal líquido	0,76 mm – 3,05 mm	0,030 pulgadas - 0,120 pulgadas
Plásticos reforzados con fibras largas	1,91 mm – 27,94 mm	0,075 pulgadas - 1,100 pulgadas
Nylon	0,76 mm – 2,92 mm	0,030 pulgadas - 0,115 pulgada
PC (Policarbonato)	1,02 mm – 3,81 mm	0,040 pulgadas - 0,150 pulgadas
Poliéster	0,64 mm – 3,18 mm	0,025 pulgadas - 0,125 pulgadas
Polietileno (PE)	0,76 mm – 5,08 mm	0,030 pulgadas - 0,200 pulgadas
Sulfuro de polifenileno (PSU)	0,51 mm – 4,57 mm	0,020 pulgadas - 0,180 pulgadas
Polipropileno (PP)	0,89 mm – 3,81 mm	0,035 pulgadas - 0,150 pulgadas
Poliestireno (PS)	0,89 mm – 3,81 mm	0,035 pulgadas - 0,150 pulgadas
Poliuretano	2,03 mm – 19,05 mm	0,080 pulgadas - 0,750 pulgadas

Espesor de pared

Importancia de un espesor de pared uniforme

Mantener un espesor de pared constante en toda la pieza es esencial para conseguir un enfriamiento uniforme, lo que minimiza el riesgo de alabeos, marcas de hundimiento u otros defectos superficiales.

Las variaciones de espesor pueden dar lugar a problemas estéticos, como marcas de hundimiento en las zonas más gruesas, por lo que los diseñadores suelen dedicar mucho tiempo a «descorazonar» estas secciones. Las modernas herramientas de CAD han agilizado este proceso al permitir a los diseñadores «recubrir» una pieza con un espesor determinado una vez definida la forma básica.



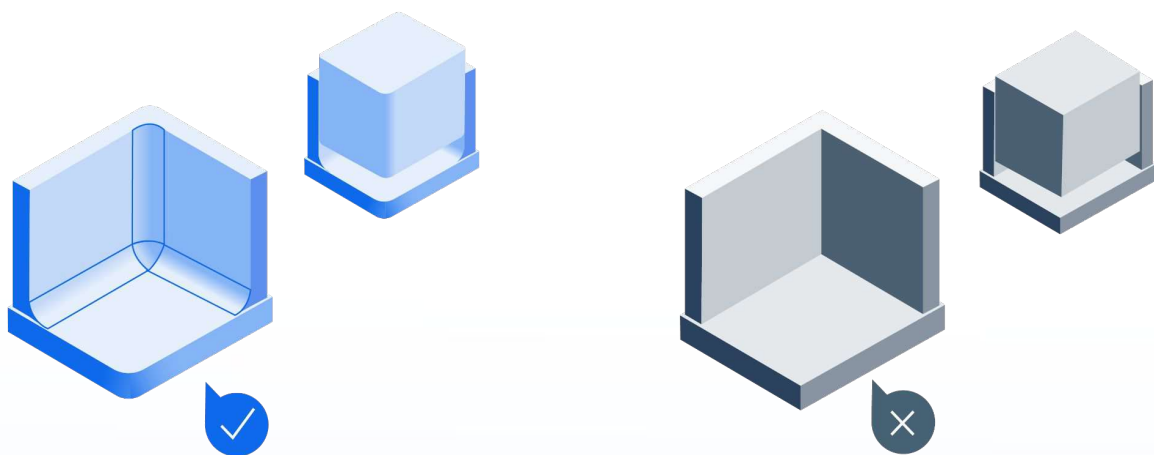
Reforzar paredes delgadas

Si el diseño requiere paredes más gruesas para aumentar la resistencia o la rigidez, considere la posibilidad de incorporar elementos de diseño como nervaduras. Estos elementos pueden mejorar la durabilidad sin aumentar innecesariamente el uso de material o el tiempo de ciclo. Las paredes excesivamente gruesas no sólo desperdician material, sino que también prolongan los tiempos de ciclo, por lo que es importante diseñar paredes lo más finas posible sin dejar de satisfacer las necesidades de rendimiento.

Al equilibrar cuidadosamente el espesor de las paredes y utilizar elementos como las nervaduras, los diseñadores pueden optimizar las piezas para el moldeo por inyección, garantizando tanto la alta calidad como la rentabilidad.

Radios y filetes

Al diseñar piezas para moldeo por inyección, es esencial evitar las esquinas afiladas y pronunciadas, tanto para la eficacia de la fabricación como para el rendimiento de la pieza. Las esquinas exteriores afiladas suelen requerir técnicas costosas como la electroerosión, mientras que el uso de radios, redondeos o chaflanes crea transiciones suaves que facilitan el flujo de material, reducen la tensión en las paredes y favorecen una refrigeración óptima. Este tipo de redondeo no sólo impide la formación de puntos débiles en la pieza moldeada, sino que también ayuda a evitar las tensiones residuales que pueden producirse cuando el plástico fundido se ve obligado a rellenar esquinas abruptas.



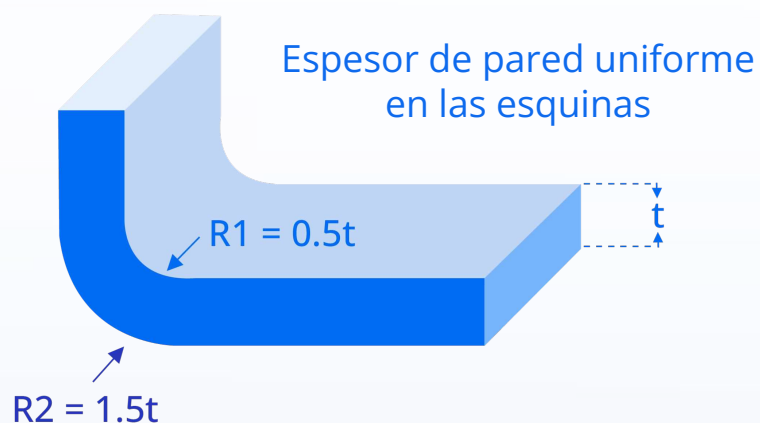
Otras consideraciones para radios y redondeos:

- **Características de diseño:** Los detalles verticales, como nervios, refuerzos y rebajes, deben redondearse por separado de las esquinas principales de la pieza, garantizando al mismo tiempo que el espesor de la pared permanezca constante durante el proceso de redondeo.
- **Directrices para transiciones:** Para piezas con diseños asimétricos o paredes de espesor variable, suavice las transiciones pronunciadas utilizando radios o chaflanes. Se recomienda utilizar una longitud de transición de aproximadamente tres veces la diferencia de espesor de pared.

Radios y filetes

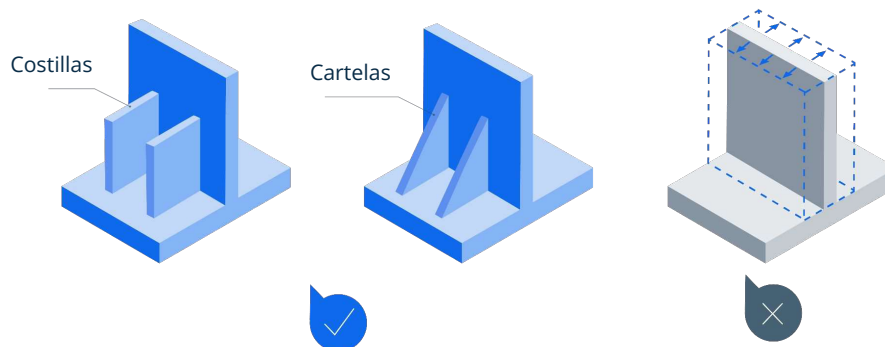


Consejo profesional: Al redondear las esquinas, asegúrese de que el espesor de la pared es consistente. Esto puede conseguirse utilizando radios iguales a la mitad del espesor de la pared en las esquinas interiores y 1,5 veces el espesor de la pared en las esquinas exteriores.



Refuerzos, nervios y cartelas

En el diseño de piezas moldeadas por inyección, mantener un espesor de pared mínimo puede simplificar el proceso de diseño y reducir los costes, pero también supone una reducción de la resistencia general. Para solucionarlo, puede incorporar elementos como nervaduras, resaltes y refuerzos para aumentar la rigidez y la durabilidad sin aumentar innecesariamente el espesor de las paredes.

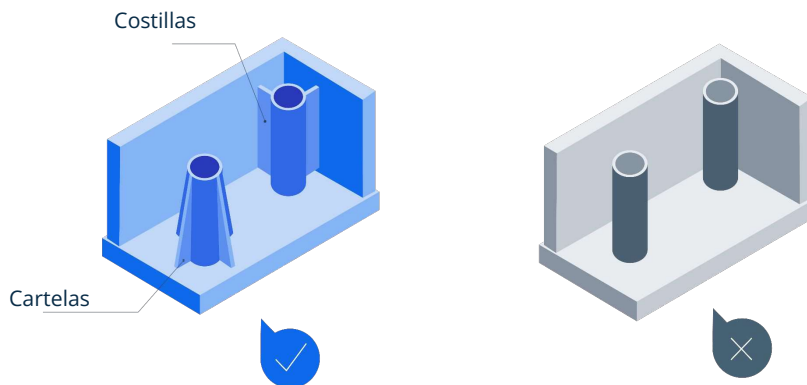


Costillas

Los nervios o costillas se utilizan para reforzar zonas planas o regiones sometidas a cargas externas. Al diseñar los nervios, es importante tener en cuenta factores como el flujo plástico y la posibilidad de que se produzcan marcas de hundimiento. Nuestras mejores prácticas y consejos para el diseño de costillas son los siguientes:

- Mantener un espesor de costilla entre el 40% y el 60% del espesor de la pared principal.
- La altura del nervio debe ser inferior a tres veces el espesor de la pared.
- Se recomienda un ángulo de desmoldeo de $0,25^\circ$ a $0,5^\circ$ para facilitar el desmoldeo.
- Añadir radios de al menos $1/4$ del espesor de la pared principal al nervio puede ayudar a mitigar las concentraciones de tensión.
- Mantenga la distancia entre los nervios y las paredes adyacentes al menos cuatro veces el espesor de la nervadura para minimizar los defectos de moldeo.

Refuerzos, nervios y cartelas



Refuerzos o torretas

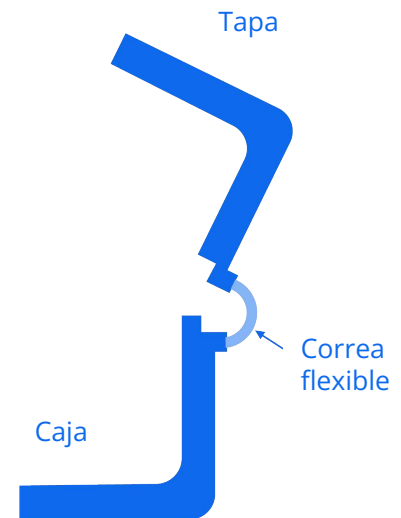
Los refuerzos son separadores cilíndricos moldeados en la pieza para aceptar insertos, tornillos autorroscantes o pasadores para el montaje o ensamblaje. Funcionan como elementos de unión y pueden considerarse nervaduras circulares que contribuyen a la resistencia estructural general. Para aumentar la rigidez, las torretas suelen fijarse a una pared lateral o a un nervio de soporte en lugar de integrarse totalmente en la propia pared. En las aplicaciones con tornillos autorroscantes, el diámetro exterior del resalte suele ser aproximadamente $2\frac{1}{2}$ veces el diámetro del tornillo. Los salientes también pueden incorporar insertos metálicos para formar roscas duraderas, siempre que se respeten los criterios de diseño específicos.

Cartelas

Las cartelas tienen una función similar a la de las nervaduras, ya que conectan un saliente al suelo de la pieza, distribuyendo así las cargas de forma más uniforme y proporcionando un soporte adicional. Al igual que los nervios internos que refuerzan las paredes planas, los refuerzos no deben superar el 60% del espesor total de la pieza; esto ayuda a minimizar las marcas de hundimiento visibles en el exterior de la pieza. Por ejemplo, en una pieza con un espesor de pared exterior de 0,120 pulgadas, los nervios o refuerzos internos deben diseñarse con un espesor aproximado de 0,070 pulgadas.

Bisagras vivas

Las bisagras son una característica común de las piezas moldeadas por inyección. Una bisagra viva es un tipo popular de bisagra que consiste en una sección delgada de plástico que conecta dos cuerpos de plástico. Esta fina sección permite que los dos cuerpos conectados se muevan 180 grados o más. Las bisagras vivas son populares porque mejoran la experiencia del usuario y reducen costes. Estas satisfactorias bisagras se ven en productos cotidianos como cajas electrónicas, tapas de envases e incluso envases de caramelos.



Otros diseños de bisagras requieren componentes adicionales como pasadores, tornillos o varillas metálicas. Las bisagras fabricadas con componentes adicionales requieren consideraciones de diseño adicionales, como compuertas, guías y otras cavidades. Una bisagra viva es única porque está totalmente integrada en la pieza. Esto elimina la necesidad de comprar otros componentes y diseñarlos a su alrededor.

Una bisagra viva correctamente diseñada y aplicada puede funcionar durante más de un millón de ciclos. Estas son algunas pautas para que empieces con buen pie con tus diseños:



Bisagras vivas

Consejos para el diseño de bisagras vivas

Material: el polipropileno es el material más adecuado para las bisagras vivas debido a su mayor flexibilidad y resistencia a la fatiga, seguido de cerca por el polietileno. El Nylon también puede utilizarse para bisagras vivas; sin embargo, es menos flexible que el PP/PE y puede fatigarse más rápidamente. Las bisagras vivas de nailon son ventajosas para aplicaciones de ingeniería en las que se necesita una mayor solidez y resistencia al calor.

Espesor: 0,25mm-0,5mm suele ser adecuado para plásticos flexibles como el PP y el PE. El espesor ideal dependerá del material elegido, así como de su aplicación, pero el objetivo debe ser un espesor que sea lo suficientemente fino para flexionarse pero lo suficientemente grueso para resistir el desgarro.

Radio: para reducir las concentraciones de tensión y mejorar el flujo de moldeo, añada 0,75mm - 1,50mm radios a cada lado de la bisagra. Las esquinas afiladas o las transiciones abruptas cerca de la bisagra podrían provocar un fallo prematuro.

Relieve: para favorecer una flexión uniforme y una mayor flexibilidad, se recomienda un relieve de 0,2 mm de profundidad en la parte posterior de la bisagra. Asegúrese de que el relieve se extiende a lo ancho de la bisagra. Utilice radios para suavizar las transiciones dentro y fuera del relieve.

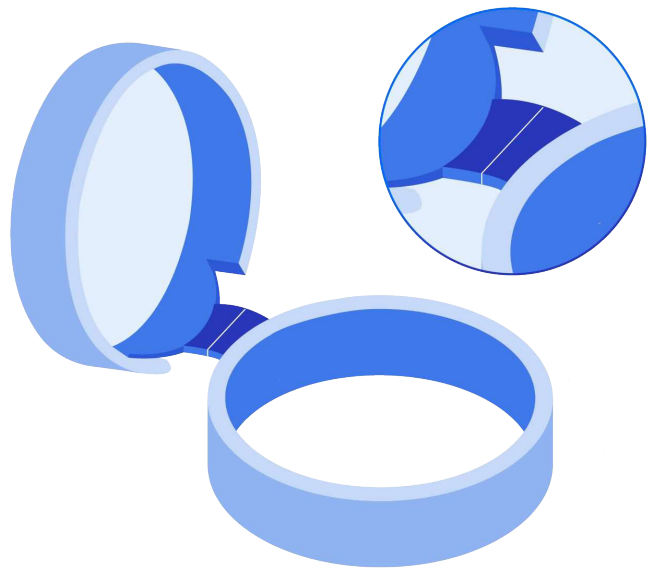
Longitud de la bisagra: una longitud de bisagra de alrededor de 1,5 mm es adecuada para la mayoría de los diseños; sin embargo, la longitud puede variar en función de la aplicación. Procure que la longitud sea práctica, ya que las bisagras más largas no distribuyen las tensiones tan uniformemente, lo que puede reducir la durabilidad.

Bisagras vivas

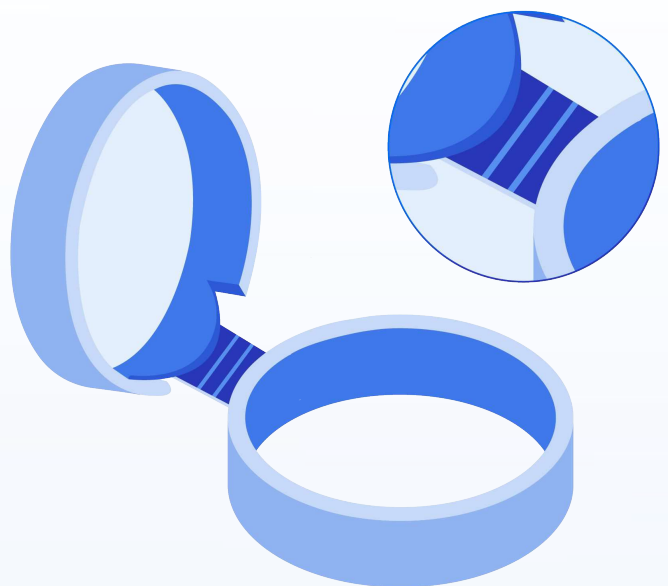
Tipos de bisagras vivas

No todas las bisagras vivas son exactamente iguales. Hay cuatro tipos comunes de bisagras vivas: bisagras planas, bisagras dobles, bisagras de mariposa y bisagras biestables.

Bisagra plana: el estilo más común de bisagra viva es una bisagra plana. Permite que ambas piezas de plástico queden planas cuando se giran 180 grados.

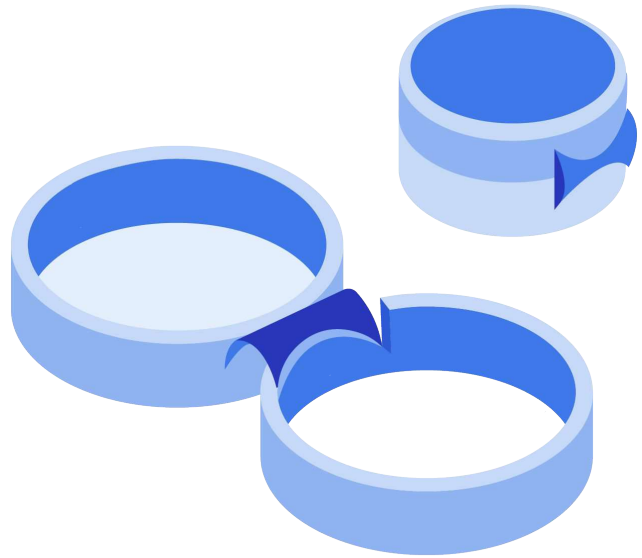


Bisagra doble: una bisagra doble consta de dos bisagras planas separadas por una estrecha sección de descansillo. Estas bisagras vivas son útiles cuando se necesita crear un hueco entre dos piezas plegadas o se tiene un diseño que requiere 360 grados de rotación. Las cajas de CD son un ejemplo común en el que se utiliza una bisagra doble.



Tipos de bisagras vivas

Bisagra de mariposa: una bisagra de mariposa es más reconocible por su capacidad para suspender una de sus piezas conectadas en su lugar. La funcionalidad basculante de esta bisagra permite que una pieza se extienda en su lugar mientras la otra está anclada en su sitio. Este tipo de bisagra viva es común en los envases de ketchup y otros condimentos.



Bisagra biestable: las bisagras biestables están diseñadas para mantener dos posiciones distintas, normalmente abierta o cerrada, sin necesidad de fuerza externa para permanecer en cualquiera de los dos estados. Este tipo de bisagra suele incluir un mecanismo que le permite «encajar» en una de las dos configuraciones estables.

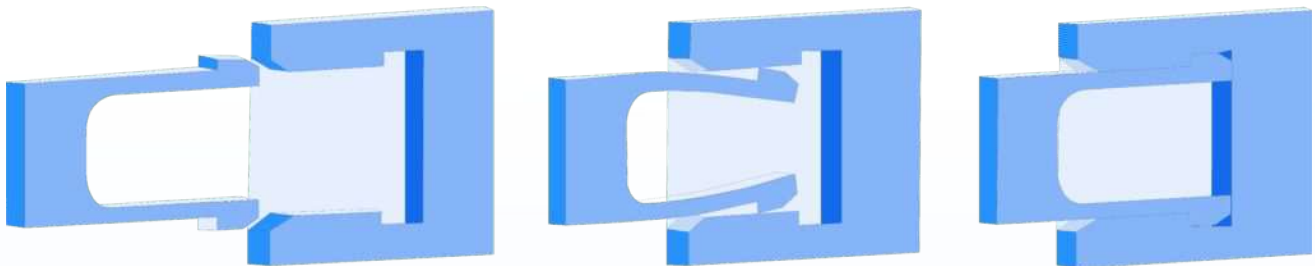


Encajes a presión (Snap-Fits)

Un encaje a presión es un método de conexión común utilizado para fijar dos piezas. Este método de conexión suele constar de dos piezas: una que tiene la unión a presión y otra que tiene una cavidad para recibir la unión. La creación de encajes a presión es una forma sencilla y económica de combinar dos piezas diferentes. Los encajes a presión suelen diseñarse en una de las cinco variantes siguientes:

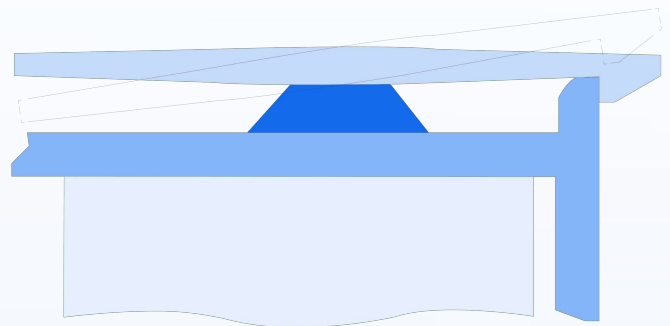
Fijaciones a presión en voladizo

El encaje a presión en voladizo es el diseño más utilizado de todas las juntas de encaje a presión. Consiste en una viga saliente (el voladizo) que se flexiona durante el montaje para permitir que la cabeza de la viga encaje en una ranura o rebaje de la pieza opuesta. Una vez montada, la viga vuelve a su posición original, bloqueando las piezas entre sí.



Fijación a presión por torsión

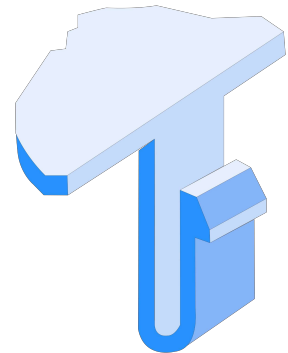
Un cierre a presión por torsión se basa en la torsión de una barra en lugar de en la flexión. La barra actúa como un muelle de torsión, permitiendo que el gancho o pestillo se enganche o desenganche. Este tipo es ideal cuando es necesario separar fácilmente las piezas.



Encajes a presión (Snap-Fits)

Fijaciones a presión en forma de U

Un snap-fit en forma de U es un voladizo de doble cara que proporciona flexibilidad desde ambos extremos de la junta. En comparación con los diseños de ménsula estándar, ofrece una mejor alineación y una mayor flexibilidad.



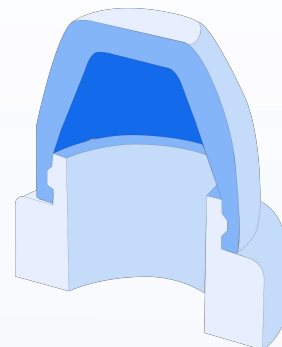
Fijaciones a presión en forma de L

Los encajes a presión en forma de L proporcionan un soporte lateral, uniendo las piezas mediante un mecanismo de bloqueo lateral. A diferencia de los mosquetones en voladizo, que encajan a lo largo de un eje vertical, los mosquetones en L fijan las piezas aplicando presión a lo largo de un eje horizontal, lo que los hace ideales para aplicaciones de bloqueo lateral.



Fijaciones a presión anulares

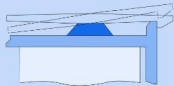
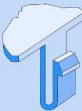
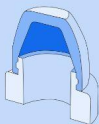
Un ajuste a presión anular forma una junta circular o en forma de anillo que se bloquea en su lugar, proporcionando un encaje de 360° alrededor de la pieza, normalmente visto en componentes cilíndricos.



Encajes a presión (Snap-Fits)

Guía rápida de uniones a presión

La tabla siguiente le ofrece una comparación rápida de cada tipo de unión a presión para ayudarle a determinar cuál es la mejor para su diseño.

Tipo de unión a presión	 Encaje a presión en voladizo	 Fijación a presión por torsión	 Encaje a presión en forma de U	 Encaje a presión en forma de L	 Cierre a presión anular
Aplicaciones	Electrónica de consumo, juguetes, cajas pequeñas	Cierres, paneles desmontables, carcasas de productos	Envases, cajas de productos, mecanismos similares a pinzas	Envases, tapas de envases	Envases de cosméticos, tarros, tapas de botellas, rótulas en automoción
Tecnología adecuada	Moldeo por inyección e impresión 3D (las mejores tecnologías son SLS, MJF, FDM y SLA)				
Ventajas	• Sencilla • Rentable • Fácil desmontaje/ montaje • Versátil con diversos materiales	• Fácil desmontaje sin dañar las piezas	• Mayor flexibilidad • Montaje más rápido, • Tolerancias menos estrictas	• Excelente poder de retención lateral • Ideal para evitar el desenganche debido a impactos laterales	• El enganche uniforme distribuye las tensiones de forma homogénea • Ideal para aplicaciones estancas al aire y a líquidos con cargas elevadas
Desafíos	• La concentración de tensiones en la base puede provocar fatiga • El uso de filetes puede reducir las tensiones	• Las cargas de torsión repetidas pueden causar desgaste • Se prefieren materiales como el nailon	• Los materiales rígidos pueden causar desgaste; el polipropileno o el TPE ayudan	• Difícil de diseñar para el desmontaje • La selección del material es crucial para la resistencia a las cargas laterales	• Requiere tolerancias de fabricación precisas • Desmontaje difícil
Capacidad de carga	De baja a moderada	De baja a moderada	De baja a moderada	Moderada	Alta (360°)
Reusabilidad	Alta	Baja	Alta	Moderada	Moderada

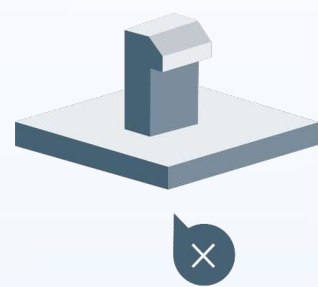
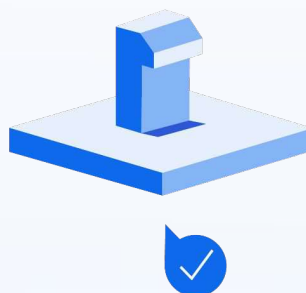
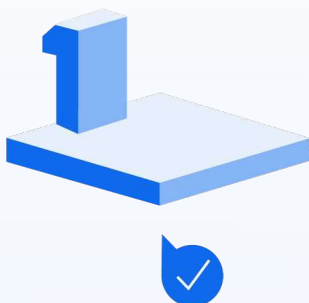


Encajes a presión (Snap-Fits)

Directrices generales para el diseño de encajes a presión

A la hora de diseñar encajes a presión, hay que tener en cuenta muchos aspectos importantes, como el material, las dimensiones y el diseño del núcleo pasante. La flexibilidad de los materiales plásticos es una de las características más importantes que hacen que los encajes a presión sean funcionales. No deben realizarse cortes por debajo de la pieza que puedan impedir el movimiento del molde y crear una sombra en la pieza. Estas son nuestras principales directrices generales para los ajustes a presión:

- Evite las esquinas afiladas en la base de los voladizos.
 - ◆ Los radios deben ser al menos la mitad del espesor de la base del voladizo y no inferiores a 0,38 mm (0,015").
- Reduzca el espesor de los voladizos para evitar una distribución desigual de la tensión y reducir el uso de material.
 - ◆ Se recomienda reducir el espesor linealmente para que la punta tenga la mitad del espesor de la base.
- Procure que la anchura de la punta sea de 5 mm o más para aumentar la resistencia.
- Asegúrese de diseñar un espacio adecuado entre las superficies de contacto:
 - ◆ 0,2 mm para ajustes estrechos
 - ◆ 0,3 mm para ajustes estrechos
 - ◆ 0,4 mm para ajustes deslizantes o uniones pivotantes
- Si es posible, desplace los ganchos en voladizo al borde exterior de la pieza para evitar rebajes y utillajes complejos, o diseñe una ranura bajo el voladizo del gancho.



Encajes a presión (Snap-Fits)

Cálculo de las dimensiones para los diseños de ajuste a presión

Para diseñar el ajuste a presión ideal, es necesario comprender y tener en cuenta la interacción entre las propiedades del material, la geometría y las fuerzas que intervendrán. Si se tienen en cuenta los factores necesarios, es posible calcular y verificar los parámetros de diseño del ajuste rápido adecuados. En la sección siguiente, veremos un ejemplo en el que se utilizan fórmulas estándar de la teoría de vigas para guiar un diseño de ajuste a presión de un voladizo rectangular.

El primer factor clave a considerar es el material con el que se va a trabajar. Esto determinará los valores de módulo elástico (E) y deformación máxima (ϵ) que se utilizarán en los cálculos. Los siguientes factores a tener en cuenta son los parámetros geométricos, como la Longitud (L), Espesor (t), y Ancho (w). A continuación, debe determinar cuánta Deflexión (δ) habrá, así como la Fuerza (F) necesaria para enganchar el ajuste a presión

A partir de aquí, puedes utilizar las fórmulas de deformación y deformación para determinar los parámetros ideales y verificar que están dentro de los límites de seguridad para el material elegido. En nuestro ejemplo, queremos encontrar el espesor ideal de la viga de una viga en voladizo rectangular encajada a presión hecha de ABS. Las fórmulas que utilizaremos en nuestros cálculos se muestran a continuación:

Deflection (δ):

$$\delta = \frac{FL^3}{3Ewt^3}$$

Strain (ϵ):

$$\epsilon = \frac{6\delta t}{L^2}$$

Encajes a presión (Snap-Fits)

Cálculo de las dimensiones para los diseños de ajuste a presión

Para nuestro ejemplo, supondremos lo siguiente:

- Una deflexión de 2 mm (**$\delta = 2\text{mm}$**)
- Una fuerza aplicada de 5 newtons (**$F = 5\text{N}$**)
- Un módulo elástico (E) de 2,4GPa (**2400 MPa**)
- Una tensión de tracción máxima (σ) de **34 MPa**
- Una longitud del voladizo de 30 mm (**$L = 30\text{ mm}$**)
- Una anchura de voladizo de 10 mm (**$w = 10\text{ mm}$**)

Queremos encontrar el espesor (t) del voladizo que satisface el límite de deformación. Para ello, reordenaremos la fórmula de la deformación de la siguiente manera:

$$t = \left(\frac{FL^3}{3Ew\delta} \right)^{1/3}$$

A continuación sustituiremos los valores y normalizaremos nuestras unidades en la fórmula a unidades de base SI:

- $F = 5\text{ N}$
- $L = 30\text{ mm} = 30 \times 10^{-3}\text{ m}$
- $E = 2400\text{ MPA} = 2400 \times 10^6\text{ Pa}$
- $w = 10\text{ mm} = 10 \times 10^{-3}\text{ m}$
- $\delta = 2\text{ mm} = 2 \times 10^{-3}\text{ m}$

$$t = \left(\frac{5 \times (30 \times 10^{-3})^3}{3 \times (2400 \times 10^6) \times (10 \times 10^{-3}) \times (2 \times 10^{-3})} \right)^{1/3}$$

Encajes a presión (Snap-Fits)

Cálculo de las dimensiones para los diseños de ajuste a presión

Al convertir el resultado a milímetros, obtenemos un espesor (t) de aproximadamente **0,979 mm**.

Ahora, verifiquemos que el diseño no excede el límite de deformación utilizando la fórmula de deformación, donde:

$$\rightarrow \delta = 2 \text{ mm} = 2 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\rightarrow t = 0.979 \text{ mm} = 9.79 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$\rightarrow L = 30 \text{ mm} = 3 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Esto nos da una deformación calculada de aproximadamente **0,0130 (13,05 mε)**. Ahora, simplemente comparamos esto con la deformación máxima (ϵ_{max}) de nuestro material, que se puede calcular así:

$$\epsilon_{\text{max}} = \sigma/E$$

$$\epsilon_{\text{max}} = 34/2400 = 0.0142 \text{ (14.2 m}\epsilon\text{)}$$

Como la deformación calculada de nuestro diseño es de 13,05 mε y está por debajo de la deformación máxima del material de 14,2 mε, significa que nuestro diseño está dentro del límite de seguridad. Dividiendo la deformación máxima por la deformación calculada, obtenemos un factor de seguridad de aproximadamente 1,088. Para aplicaciones generales con cargas y condiciones relativamente predecibles, recomendamos aspirar a un factor de seguridad de **1,5 a 2**. En aplicaciones críticas en las que un fallo podría tener graves consecuencias, como en dispositivos médicos o componentes críticos para la seguridad, se recomienda un factor de seguridad de **2,5 a 3**.

Textos y símbolos

Es posible que desee añadir detalles como texto, logotipos, información sobre reciclaje o información sobre patentes a su producto. Los sellos comunes, como la fecha y la reciclabilidad, están estandarizados y se aplican fácilmente a través de insertos de moldeo; estos se pueden solicitar fácilmente durante la cotización dentro del generador de presupuestos de Xometry.



El texto y los símbolos pueden grabarse directamente en el molde y transferirse automáticamente a las piezas moldeadas. Esto elimina el uso de etiquetas adhesivas u otros procesos posteriores de marcado de piezas, que pueden añadir costes. No obstante, deben tenerse en cuenta algunas consideraciones sobre el texto y el logotipo para garantizar un diseño óptimo.

Directrices para características en relieve y grabadas

El texto en relieve en la pieza requiere texto grabado en el molde y viceversa. Se recomienda utilizar texto en relieve en el diseño de la pieza, ya que es más fácil y rápido aplicar el grabado correspondiente en el molde mediante mecanizado CNC. El texto en relieve en la pieza moldeada es más duradero y muy visible. Los caracteres suelen destacar y son fácilmente legibles desde lejos; otra razón por la que se recomienda el texto en relieve en el diseño de su pieza moldeada.

Textos y símbolos

Directrices para características en relieve y grabadas

Por otro lado, el texto grabado en las piezas significa que hay que repujar la zona correspondiente del molde, lo que aparece como una superficie elevada en el molde. El gofrado del molde es un proceso más exigente y largo, que a menudo requiere herramientas o técnicas más especializadas, lo que aumenta los costes de producción.

Este enfoque también se asocia a un desgaste acelerado de las herramientas y a requisitos de control de calidad más estrictos. Estos factores pueden aumentar aún más los costes de producción, y el impacto global depende de la complejidad del diseño y del volumen de producción.



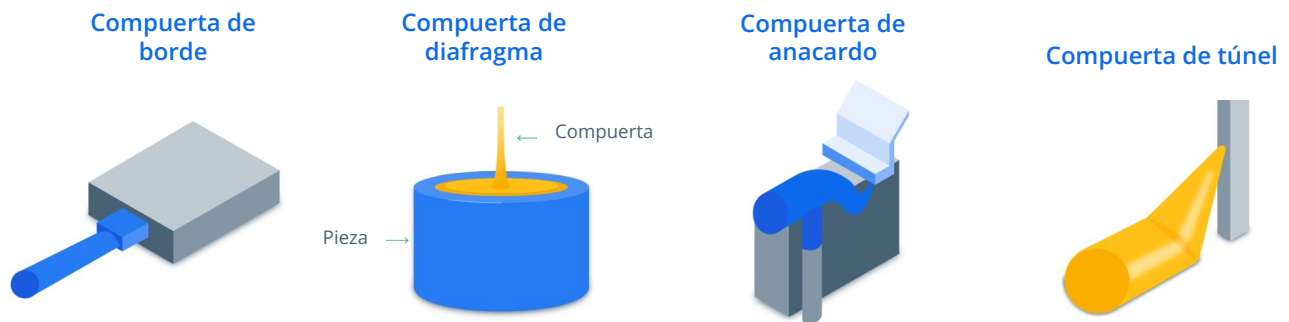
Recomendaciones sobre visibilidad y legibilidad

Estas directrices y consejos le ayudarán a garantizar la máxima visibilidad y legibilidad del texto y los logotipos en sus piezas moldeadas:

- Considere un texto en relieve con una **altura de 0,5 mm**.
- Considere un espesor uniforme de la letra y un **tamaño de fuente de 20 puntos**.
- **Las fuentes** sans-serif suelen ser preferibles por su equilibrada anchura de caracteres.
- Asegúrese de que las letras **se alinean perpendicularmente a las líneas de separación** o a la línea de trazado.

Diseño de compuertas

Cualquier diseño de molde de moldeo por inyección está incompleto sin compuertas. Estos componentes son las secciones de entrada a través de las cuales la resina fluye hacia la cavidad. Controlan el flujo del plástico fundido e influyen directamente en la calidad de las piezas moldeadas.



El tamaño, la forma y la ubicación de estas compuertas influyen significativamente en los productos finales en términos de aspecto e integridad estructural. Deben tenerse en cuenta durante el diseño del molde para garantizar que no sean la causa de defectos como marcas de flujo y líneas de soldadura.

Elegir la posición de las compuertas para minimizar los defectos

La colocación de una compuerta depende de la geometría de la pieza, el diseño del molde y el material de moldeo. Una ubicación ideal de la compuerta ayuda a eliminar las operaciones secundarias de desmoldeo, que pueden llevar mucho tiempo y añadir retos adicionales. Recomendamos colocar las compuertas lejos de las zonas de mayor tensión o impacto.

La regla general es colocar las compuertas en una posición en la que la cavidad esté efectivamente llena y normalmente en la zona más gruesa. En algunos casos, cuando el diseño del molde es complejo, pueden ser necesarias varias compuertas. Considérela si la pieza es relativamente grande y tiene una geometría compleja. Las compuertas suelen dejar protuberancias de plástico en la superficie de la pieza, que hay que recortar después de expulsar la pieza del molde.

Diseño de compuertas

Sin embargo, éste no es el método más idóneo, ya que las marcas que dejan crean imperfecciones visibles en la superficie. La colocación de compuertas a lo largo de las líneas de partición del molde puede ayudar a paliar esta situación.

Tipos de compuerta comunes

Los ingenieros y moldeadores de Xometry pueden ayudarle a decidir el tipo de compuerta y la ubicación adecuados en función del diseño de su producto durante el proceso de revisión DFM. Dicho esto, es bueno familiarizarse con los tipos más comunes de compuertas y sus aplicaciones.

Compuerta de borde: como su nombre indica, este tipo de compuerta permite la inyección de resina en la cavidad del molde en la línea de separación de las dos mitades del molde. Es, con diferencia, el tipo de compuerta más común porque sólo deja una pequeña imperfección en la superficie después de retirar el sistema.

Compuerta de punta caliente: un tipo de compuerta conectada directamente al espolón para permitir que la resina fundida se inyecte desde la parte superior de la pieza. Esta compuerta es la preferida para la producción en masa de piezas porque es más eficaz. Sin embargo, deja una marca visible en el punto de inyección.

Compuerta de abanico: conocida por su abertura relativamente grande caracterizada por un espesor variable. Como resultado, las compuertas de abanico son ideales cuando se diseñan moldes para piezas grandes, ya que la resina fundida a presión puede salir fácilmente a través de la compuerta.

Compuerta de pasador: esta compuerta se diferencia de las demás en que permite altas velocidades de inyección. Las compuertas de pasador son la opción ideal para moldear productos de consumo, ya que mejoran el atractivo estético. Considérelas si no quiere que aparezcan vestigios en ningún lado de la línea de partición.

Línea de separación

Las líneas de separación o de partición suelen ser visibles en el lado de la pieza donde se unen dos mitades de las piezas moldeadas. Las causas son la desalineación de los moldes y el redondeo de los bordes del molde durante el proceso de diseño.



Simplificar al máximo las líneas de separación ayuda a fabricar piezas moldeadas más limpias con mayor rapidez. Para cualquier diseñador puede ser un reto hacer que las líneas de separación pasen desapercibidas en los componentes moldeados por inyección, sobre todo si se intenta mantener el atractivo estético. Hay que decidir su ubicación exacta sin comprometer la funcionalidad de los productos finales ni introducir defectos como el centelleo.

Línea de separación

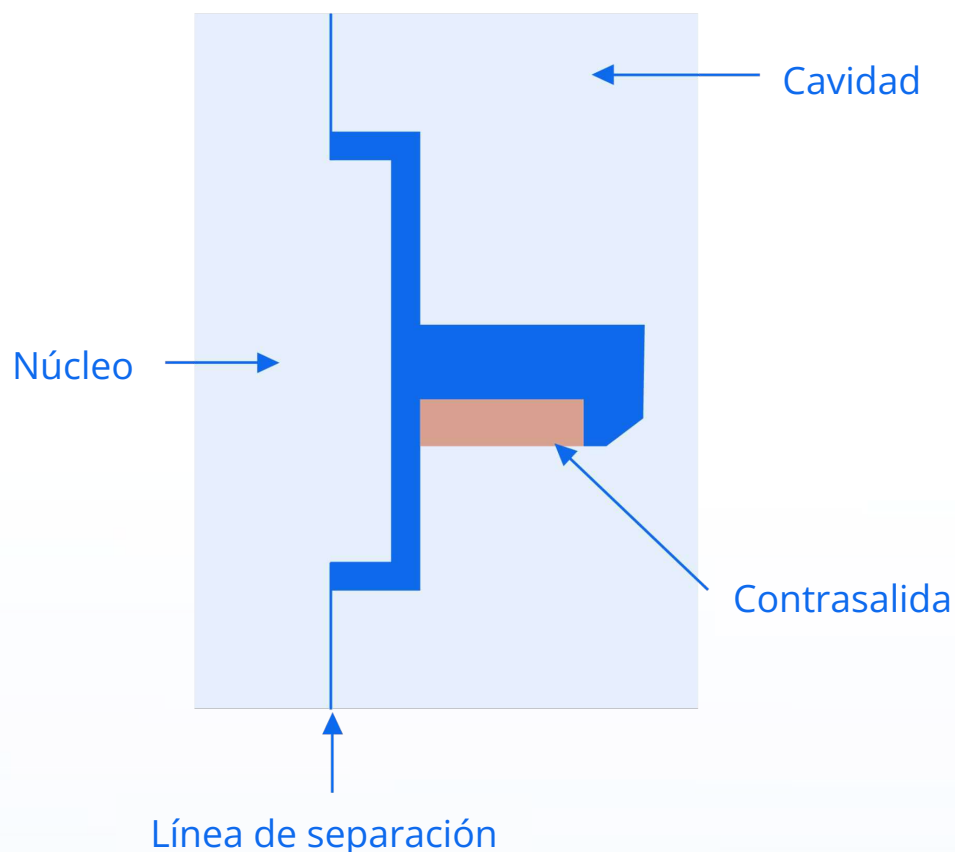
Consejos para la colocación estratégica de líneas de separación

La colocación de la línea de separación depende en gran medida de la geometría y la función de la pieza. Siempre es visible en el producto final, pero su ubicación puede optimizarse para reducir la visibilidad y mantener al mismo tiempo la funcionalidad de la pieza. Por ejemplo, muchos diseñadores colocan estratégicamente las líneas de partición a lo largo de los bordes de las características -como bordes, botones y tapas- para minimizar su impacto visual. Esta colocación también facilita un desmoldeo más suave una vez que la resina se ha enfriado y solidificado.

Evite colocar líneas de separación en zonas con una función crítica. Como ya se ha mencionado, las líneas de partición se encuentran donde se juntan dos mitades del molde. Puede haber pequeños cambios de consistencia entre las tiradas, destellos y variaciones que pueden afectar al rendimiento. Lo mejor es equilibrar la estética con la funcionalidad. Unas líneas de separación simétricas, estratégicas y bien situadas garantizan que no desvirtúen el diseño general de la pieza.

Cómo tratar las contrasalidas

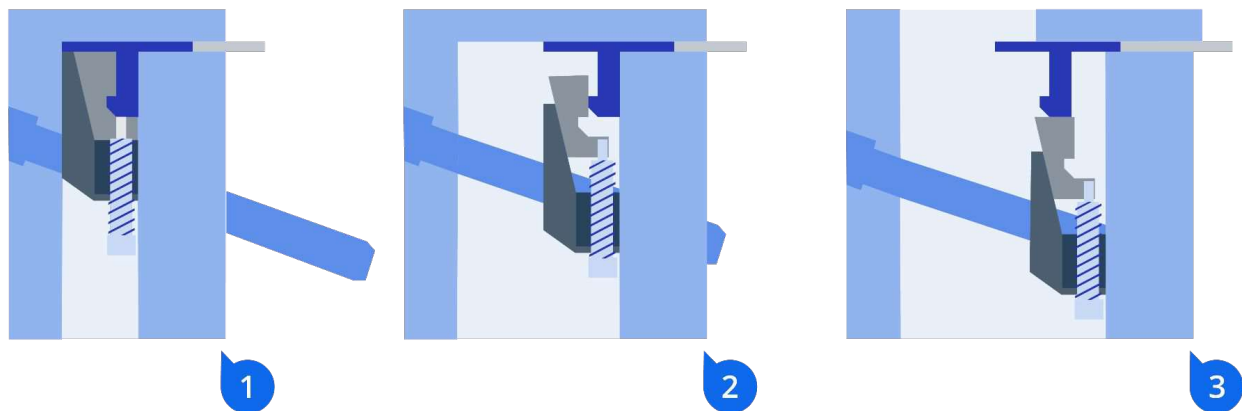
Las contrasalidas son características tales como cavidades, protuberancias, roscas o zonas rebajadas que impiden que una pieza salga fácilmente de un molde. Mientras que muchas piezas de plástico pueden moldearse con un simple molde de dos piezas, las contrasalidas requieren mecanismos adicionales como núcleos laterales, elevadores o deslizadores para permitir un desmoldeo correcto.



Cuando aparecen contrasalidas en el exterior de una pieza, los núcleos laterales se deslizan hacia dentro y hacia fuera con cada ciclo de moldeo.

Cómo tratar las contrasalidas

Mecanismo de elevación de contrasalidas



Si existen varias contrasalidas en la misma cara, un único núcleo lateral puede a veces alojarlas. Por otro lado, las contrasalidas internas se gestionan mediante elevadores, que funcionan de forma similar a los machos laterales, pero dentro del molde. Sin embargo, tanto los machos laterales como los elevadores tienen limitaciones de profundidad debidas a las restricciones del utillaje del molde y de la prensa.

Dado que las contrasalidas añaden complejidad y aumentan los costes de utillaje y producción, los diseñadores deben intentar minimizarlos siempre que sea posible.

Las alternativas de diseño inteligentes, como los machos pasantes, pueden eliminar a veces la necesidad de machos laterales, siempre que la pieza sea lo suficientemente flexible como para facilitar su expulsión. Si se optimiza el diseño del molde en una fase temprana, los fabricantes pueden reducir costes y mantener las características funcionales de la pieza.

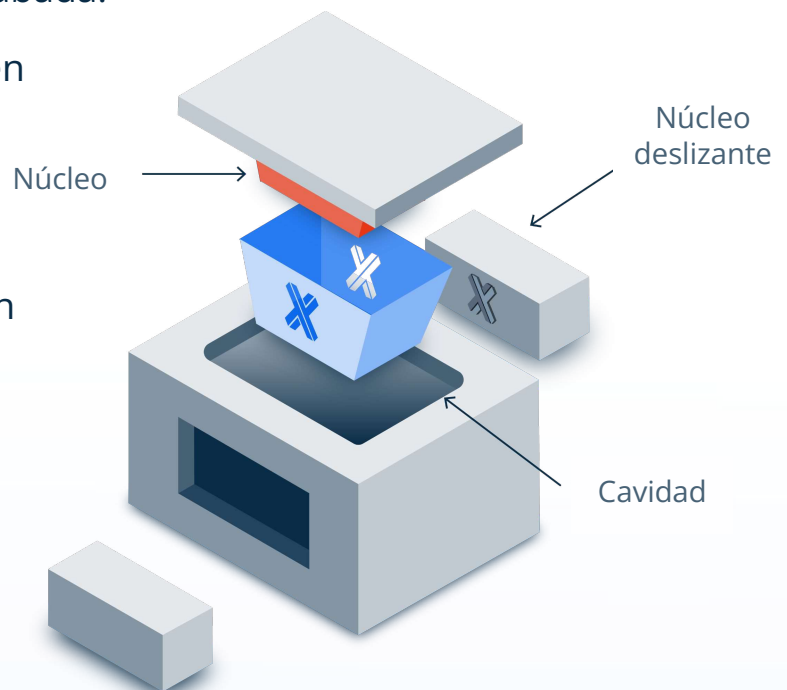
Cómo tratar las contrasalidas

Núcleos deslizantes

Los núcleos o machos deslizantes son insertos móviles que se incorporan a un molde para formar contrasalidas y facilitar la expulsión de la pieza. Elementos como cortes u orificios con fondos huecos pueden crear contrasalidas que impiden la extracción de una pieza con un molde sencillo de dos placas. Al moverse lateralmente, o en ángulo con respecto a la línea de apertura, durante el ciclo de apertura y cierre del molde, los núcleos deslizantes permiten moldear estos elementos complejos y retraerlos de forma segura para liberar la pieza acabada.

Los puntos clave que hay que tener en cuenta al diseñar con núcleos deslizantes son:

- **Colocación:** los machos deslizantes pueden colocarse en paralelo o en ángulo con respecto a la línea de apertura, dependiendo del diseño de la pieza.
- **Espacio libre:** debe haber suficiente espacio dentro del molde para permitir que los machos se muevan libremente.
- **Ángulos de desmoldeo:** debe incorporarse un ángulo de desmoldeo de al menos 1° en las superficies donde los núcleos deslizantes entran en contacto con el plástico fundido. Esto ayuda a la expulsión suave de la pieza y reduce el riesgo de daños.
- **Consideraciones sobre costes:** dado que el uso de núcleos deslizantes añade complejidad y aumenta los costes de utillaje, su inclusión debe minimizarse mediante un diseño inteligente siempre que sea posible.



Cómo tratar las contrasalidas

Cierre

En muchos casos, la forma más eficaz de solucionar las contrasalidas problemáticas es eliminar por completo la zona problemática. Un cierre u obturador es una característica de diseño incorporada al molde en el punto donde se unen las dos mitades del molde. En este punto de encuentro, el cierre crea una barrera que impide que el plástico fluya hacia determinadas zonas. Esto significa que cuando el molde se cierra, el plástico simplemente no llena la zona de cierre, eliminando la contrasalida sin necesidad de piezas móviles adicionales como los machos deslizantes. Este método ofrece una alternativa económica al uso de machos deslizantes, que añaden costes adicionales de utillaje.

Los obturadores son especialmente eficaces para realizar rebajes con fondos huecos o a lo largo de los bordes de una pieza. Al diseñar los obturadores, es importante incluir un ángulo de desmoldeo de **al menos 3°-5°** en las superficies donde el plástico se une al obturador. Esto no sólo garantiza un cierre seguro, sino que también ayuda a evitar problemas como la formación de cavidades y reduce el desgaste del molde.

Además, al combinar los cierres con elementos como los núcleos pasantes, puede formar estratégicamente elementos detallados como orificios abiertos y cerrados, ganchos y levas que se mueven lateralmente. Este enfoque integrado simplifica el diseño del molde sin dejar de conseguir las complejas características deseadas de la pieza.

Desplazamiento de la posición de la línea de apertura

Desplazar o reposicionar la línea de apertura (la interfaz donde se unen las dos mitades del molde) puede eliminar eficazmente las socavaduras, especialmente en la superficie exterior de una pieza. Al ajustar la línea de partición, se evita que el plástico rellene zonas que, de otro modo, formarían socavaduras.

Cómo tratar las contrasalidas

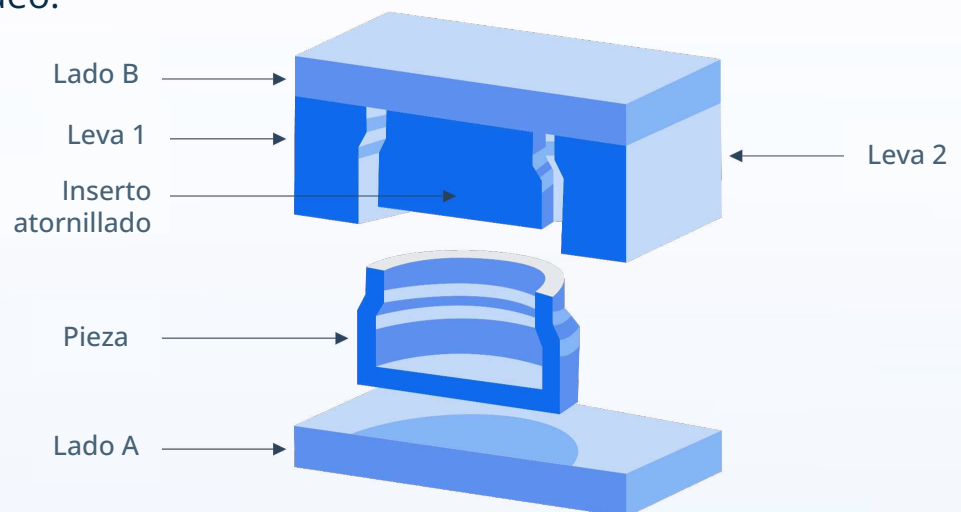
Esta solución no sólo evita la necesidad de piezas móviles adicionales, como núcleos deslizantes o elevadores, sino que también simplifica el diseño del molde, reduce los costes de herramientas y garantiza que el mecanismo de expulsión funcione sin problemas. Sin embargo, mover la línea de apertura puede no ser adecuado para todos los diseños de piezas, especialmente para los que tienen geometrías más complejas.

Salida por deformación

Los «bump-offs» son pequeños accesorios extraíbles integrados en el molde que ayudan a liberar una pieza rompiendo la sujeción creada por las contrasalidas. A medida que se abre el molde, estos toques se mueven con el proceso de expulsión, proporcionando un empuje localizado que deforma y libera la pieza. Esta acción elimina la necesidad de componentes más complejos, como núcleos deslizantes, y es especialmente eficaz para piezas fabricadas con materiales flexibles sin relleno, como TPE, PE o PP, que pueden tolerar una ligera deformación durante la expulsión.

Para un rendimiento óptimo, los toques deben integrarse con ángulos de desmoldeo adecuados y colocarse lejos de elementos de apoyo como esquinas y nervios. Funcionan mejor en diseños con estructuras huecas y elementos rebajados, donde minimizan la adherencia y reducen el riesgo de daños durante el desmoldeo.

Sin embargo, son menos adecuados para materiales más rígidos o reforzados con cargas, como las fibras de vidrio, que tienden a romperse más que a flexionarse.



Tolerancias de las piezas de plástico

En el moldeo por inyección, el proceso de diseño típico prioriza la forma y la función, y las tolerancias específicas se utilizan para definir las características críticas. Dicho esto, puede ser útil comprender la relación entre las tolerancias de las piezas y el proceso. Los moldes de inyección se mecanizan con precisión a partir de aluminio o acero. Estos moldes se mecanizan con tolerancias CNC típicas de **$\pm 0,127\text{mm}$** , a menos que se especifique una tolerancia más estricta. Cuando el plástico se inyecta en un molde, se enfría y se contrae. La cantidad exacta de contracción depende de la resina utilizada. Cada molde se mecaniza ligeramente más grande que la pieza para tener en cuenta la contracción de la resina cuando se enfría.

Aunque este índice de contracción es muy predecible, las pequeñas variaciones en la resina afectan a la contracción y, por tanto, a la tolerancia final de la pieza. La variación de la contracción aumenta a medida que la pieza es más grande, por lo que, dependiendo del material, la tolerancia debida a la contracción debería ser aproximadamente **$\pm 0,05 \text{ mm/mm}$** .

Por ejemplo, una pieza de ABS de 4" tendrá una tolerancia aproximada de $\pm 0,010\text{--}0,011"$ (0,28 mm). De pieza a pieza, la repetibilidad suele ser inferior a $\pm 0,004"$. Si sus necesidades de tolerancia son más estrictas que las tolerancias estándar del plástico, comuníquenos sus requisitos de diseño y trabajaremos con usted para satisfacerlos.

Como ocurre con la mayoría de los procesos, a medida que aumentan los requisitos de tolerancia, también lo hace el coste. Los diseñadores deben esforzarse por equilibrar la precisión con la fabricabilidad para garantizar una producción coherente y rentable.

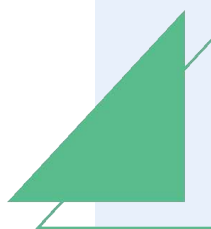
Tolerancias de las piezas de plástico

Otras consideraciones de diseño que deben tenerse en cuenta al establecer las tolerancias son:

- Consideración de la elección del material: algunas resinas tienen tasas de contracción más altas que otras, lo que puede influir en la capacidad de alcanzar tolerancias precisas.
 - ◆ Los materiales semicristalinos (p. ej., nailon, PP) suelen encoger más que los amorfos (p. ej., ABS, PC).
- Aplicar tolerancias estrictas sólo a las dimensiones críticas y permitir tolerancias más holgadas cuando sea posible.
- Mantener las paredes lo más uniformes posible para mejorar la consistencia.
- Los moldes pueden desgastarse con el tiempo, por lo tanto, si una pieza requiere una producción a largo plazo, considere diseñar las tolerancias teniendo en cuenta el mantenimiento del molde.

GUÍA DE DISEÑO

Defectos comunes cómo prevenirlos



Alabeo

Los materiales plásticos tienden a encogerse al enfriarse en el molde. Las distintas zonas de la pieza pueden enfriarse y encogerse a ritmos diferentes, sobre todo cuando el espesor de las paredes es desigual. Esto provoca distorsiones y un aspecto irregular conocido como alabeo.

Para evitar un alabeo excesivo, las variaciones necesarias en el espesor de la pared no deben **superar el 15% del espesor nominal**.

Además, las transiciones entre diferentes espesores deben ser suaves o cónicas para favorecer un enfriamiento uniforme y mantener la integridad de la pieza. La clave para evitar el alabeo es diseñar la pieza de modo que se enfríe de la forma más uniforme posible. Si nuestros expertos en moldeo detectan posibles problemas debidos a un espesor de pared no uniforme, le recomendaremos modificaciones en el diseño para optimizar la fabricación y garantizar un producto final de alta calidad.

Marcas de hundimiento

Al igual que el alabeo, las marcas de hundimiento son defectos que pueden producirse debido a espesores no uniformes y a un enfriamiento desigual. Como su nombre indica, aparecen como zonas hundidas u hoyuelos en las superficies de las piezas. Suelen aparecer en las secciones más gruesas, donde la superficie exterior se enfría y endurece más rápido que el material interior. A medida que el material interior sigue enfriándose y encogiéndose, tira de la superficie exterior hacia dentro, creando una hendidura visible.

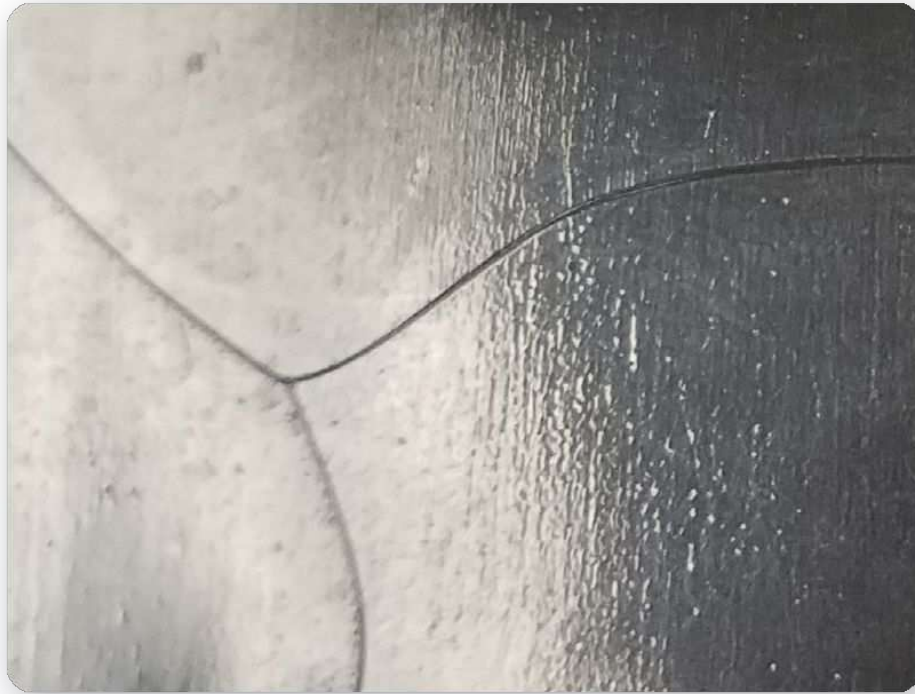


Ejemplo de pieza con marcas de hundimiento

Una vez más, el objetivo debe ser crear espesores uniformes con transiciones suaves para promover un enfriamiento uniforme. Las nervaduras, los huecos u otras características de diseño que puedan eliminar el exceso de material pueden ayudar a evitar que se produzcan marcas de hundimiento. Algunos materiales tienen una mayor tasa de contracción, lo que los hace más propensos a las marcas de hundimiento; sin embargo, los aditivos del material pueden ayudar a mitigar esto.

Líneas de unión

Las líneas de unión o soldadura son líneas visibles o puntos débiles que se forman en una pieza moldeada por inyección cuando dos o más frentes de flujo de plástico fundido se encuentran y no consiguen unirse completamente. Suelen producirse cuando el plástico encuentra un obstáculo, como un orificio, un saliente o un inserto, lo que provoca que el flujo se divida y vuelva a unirse. Si el material se enfría demasiado antes de unirse, se forma una unión débil que da lugar a una línea visible que puede reducir la integridad estructural y el atractivo visual de la pieza.



Ejemplo de líneas de unión en una pieza

Para minimizar las líneas de unión, los diseñadores pueden ajustar la colocación de las compuertas y modificar la geometría de la pieza para optimizar las vías de flujo. El uso de resinas con mejores propiedades de flujo o la adición de materiales de refuerzo también pueden ayudar a reforzar las zonas de líneas de punto y mejorar la calidad general de la pieza. Para garantizar los mejores resultados, Xometry determinará las ubicaciones óptimas de las líneas de entrada y de punto. Si tiene preferencias específicas, estaremos encantados de comentarlas con usted.

Marcas de arrastre

Las marcas de arrastre en el moldeo por inyección son defectos superficiales que se producen cuando una pieza experimenta fricción o raspado al ser expulsada del molde. Estas marcas suelen aparecer como arañazos, rozaduras o rayas en la superficie de la pieza y son más comunes en zonas con paredes verticales o ángulos de desmoldeo insuficientes.

Para minimizar las marcas de arrastre en las piezas moldeadas por inyección, los diseñadores deben centrarse en reducir la fricción entre la pieza y el molde durante la expulsión. Entre las consideraciones clave de diseño se incluyen:

- **Incorporación de ángulos de desmoldeo adecuados:** se recomienda un ángulo de desmoldeo mínimo de 1 a 3 grados por lado para permitir un desprendimiento suave de la pieza y reducir el contacto de la superficie con el molde.
- **Optimización del acabado superficial:** las superficies muy texturizadas o rugosas aumentan la resistencia; el uso de acabados más suaves en las zonas críticas puede ayudar.
- **Minimización de socavados y bordes pronunciados:** Los elementos que crean resistencia mecánica deben rediseñarse o ajustarse para facilitar su liberación.

Desprendimiento

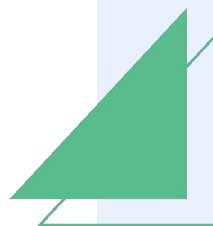
El desprendimiento es un defecto superficial en el moldeo por inyección que aparece en forma de rayas o líneas plateadas en la superficie de una pieza. Suele deberse a la humedad, al aire atrapado o a sustancias volátiles en la resina que se convierten en gas durante el moldeo. A medida que el plástico fundido fluye a través del molde, estas bolsas de gas alteran la consistencia del material, dando lugar a rayas visibles o a un aspecto turbio.

La minimización de la separación suele ser responsabilidad del moldeador, ya que es esencial para tratar la humedad y la contaminación del material y optimizar las condiciones de procesamiento. Las estrategias clave incluyen:

- **Secado adecuado del material:** muchas resinas, especialmente las higroscópicas como el nailon y el PET, absorben la humedad del aire. Un secado a fondo antes del moldeo evita que se forme vapor y se produzcan holguras.
- **Velocidad y presión de inyección optimizadas:** si la velocidad de inyección es demasiado alta, un calentamiento excesivo por cizallamiento puede crear bolsas de gas. Ajustar la velocidad y la presión ayuda a mantener un flujo de material constante.
- **Prevención de la contaminación del material:** las sustancias extrañas, incluida la resina degradada o los aditivos inadecuados, pueden provocar separaciones. El uso de resina limpia y de alta calidad garantiza un aspecto más uniforme.
- **Ventilación y desgasificación:** una ventilación adecuada del molde permite que el aire y los gases atrapados salgan, reduciendo la probabilidad de que se produzcan defectos de separación.

GUÍA DE DISEÑO

El moldeo por inyección en acción



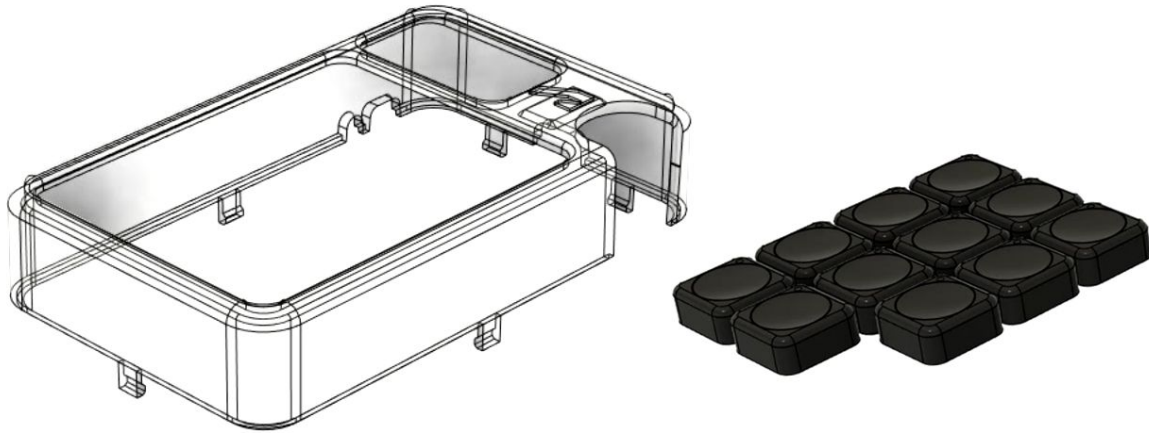
Caso práctico de Autodesk University

En esta sección nos centraremos en un proyecto real de moldeo por inyección en el que trabajó Xometry. Autodesk University es una conferencia anual celebrada por Autodesk en la que expertos del sector, clientes y el equipo de Autodesk se reúnen para aprender y compartir conocimientos sobre las últimas tecnologías y tendencias en fabricación y desarrollo de productos. Durante la conferencia se celebra una «Experiencia de Fábrica», que es una demostración práctica del proceso de desarrollo de productos en la que los asistentes montan un producto ellos mismos mientras aprenden sobre los componentes y los pasos de fabricación que intervienen a lo largo del proceso.

Si bien Xometry se ha asociado con Autodesk en los últimos años para proporcionar componentes fabricados mediante una variedad de nuestros procesos de fabricación para la experiencia de fábrica, para el propósito de esta guía nos centraremos en cómo utilizamos el moldeo por inyección para algunas partes del teclado macro que se muestra arriba.

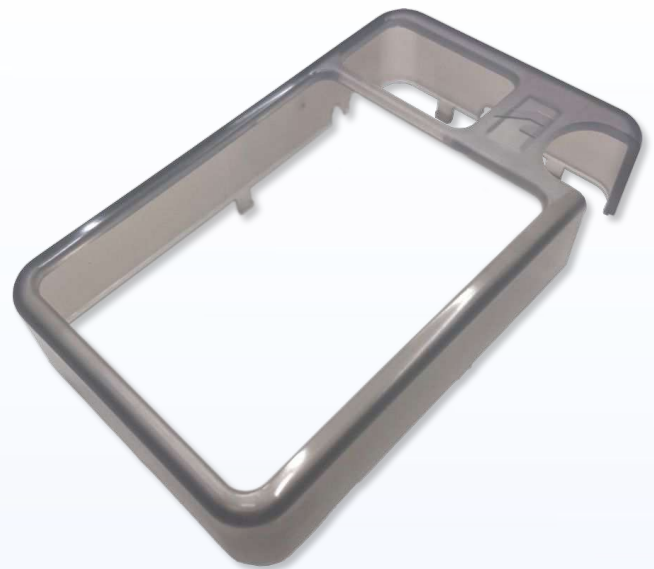


Los componentes moldeados



Utilizamos el moldeo por inyección para fabricar dos tipos de componentes del teclado: la carcasa y las tapas. Empezando por la carcasa, uno de los criterios de material era que debía ser rígida y translúcida, con un aspecto gris ahumado. Como ya se ha explicado en esta guía, los termoplásticos amorfos pueden tener estas propiedades, por lo que se eligió Makrolon 2407, una resina de policarbonato.

Se utilizaron aditivos de color para personalizar la coloración. Era importante que la superficie exterior estuviera moderadamente pulida y sin marcas de herramientas, ya que sería muy visible, por lo que se especificó un acabado SPI-B3 para esas superficies, mientras que las demás recibirían un acabado SPI-C3 para optimizar el coste. La siguiente imagen muestra una de las cajas moldeadas:



Una de las carcasas moldeadas

Los componentes moldeados

Las teclas eran algo más complicadas. Una de las características deseadas era poder grabar diferentes símbolos y caracteres en las tapas que se correspondieran con las funciones de los teclados y permitieran el paso de la luz a través de los grabados mediante una retroiluminación, manteniendo al mismo tiempo un aspecto opaco en el resto.

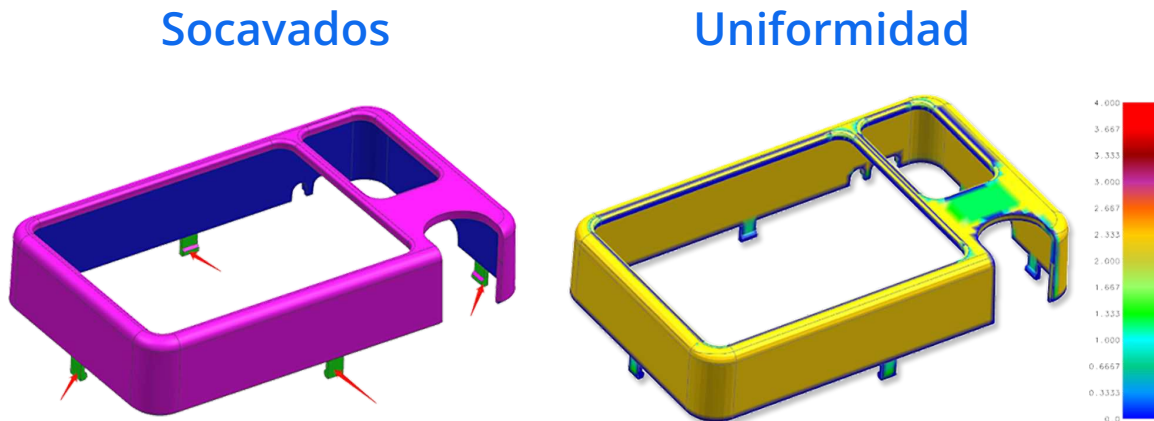
Esto nos llevó a utilizar un enfoque de **sobremoldeado** para las teclas, utilizando Makrolon 2407 translúcido como material de sustrato con un sobremoldeado de tereftalato de polibutileno (PBT) negro opaco encima. Esto permite que la luz brille sólo a través de la parte grabada de las tapas, creando un efecto visualmente atractivo y limpio. Se eligió un acabado SPI-B3 para el lado de la cavidad del molde para obtener un brillo medio.



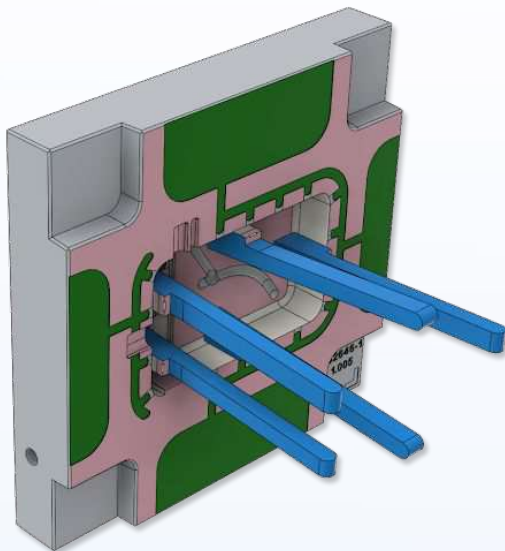
Teclados sobremoldeados acabados con grabado

Estrategia de moldeo de carcasas

Para moldear la caja, empezamos realizando varios tipos de análisis del diseño de la pieza con herramientas de software que pueden comprobar cosas como socavados y uniformidad de las paredes.



Esto nos ayuda a determinar la mejor estrategia de utillaje cuando se tienen en cuenta otros factores como la cantidad, el presupuesto y las necesidades a largo plazo. En el análisis de contrasalidas de arriba (izquierda) se observan las pestañas de la parte inferior de la caja. El análisis del espesor de la pared (derecha) muestra que la uniformidad es relativamente constante en toda la pieza.



Para esta iteración del diseño, los clips de la parte inferior de la carcasa eran necesarios y las contrasalidas no podían solucionarse cambiándolas de posición o implementando pasamuros. Para manejar las contrasalidas durante el moldeo, utilizamos elevadores en nuestra herramienta, como se ve en azul en la imagen de la izquierda.

Estrategia de moldeo de carcasas

Mantener el aspecto y la funcionalidad de las piezas es fundamental. Como ya hemos explicado anteriormente en esta guía, el uso estratégico del tipo adecuado de compuertas y la optimización de su ubicación es un factor importante para cumplir estos requisitos. Para el diseño de la caja, decidimos que lo mejor era un sistema de subpuertas con dos compuertas de ventilador.

Una de las compuertas se colocó en la parte superior izquierda de la pieza, mientras que la otra se colocó enfrente. Esto garantizaba que el plástico pudiera fluir y llenar todo el molde de manera uniforme y sin defectos. Las compuertas pueden dejar pequeños vestigios en el lugar donde se conectaron a la pieza moldeada, por lo que nos aseguramos de comunicar y obtener la aprobación del cliente para la ubicación de las compuertas.



Estrategia de moldeo de los teclados

El método de moldeo de las tapas de los teclados fue un poco diferente debido al proceso de sobremoldeo. En cierto modo, la herramienta era más sencilla porque las tapas de los teclados no tenían contrasalidas ni problemas de espesor de pared, lo que permitía utilizar una herramienta estándar del tipo «abrir y cerrar» que no requería elevadores ni guías. Por otro lado, esta herramienta tenía que diseñarse para soportar económicamente una pequeña tirada de producción de piezas sobremoldeadas con una función de acoplamiento precisa.



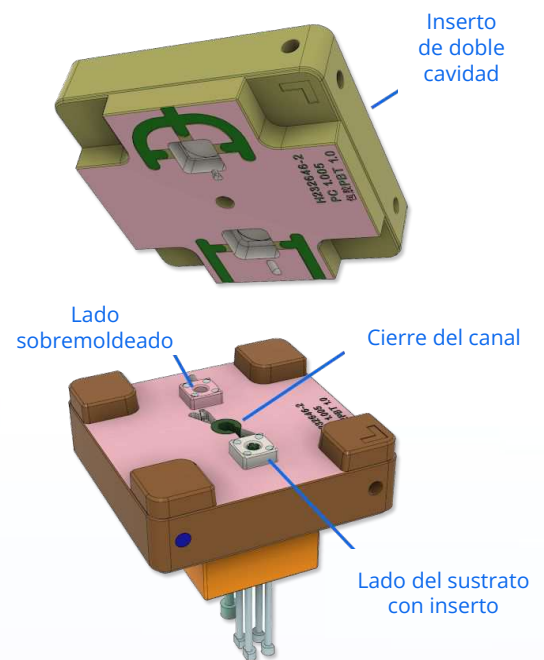
En la imagen de arriba se puede ver una característica en forma de cruz en la parte inferior de las tapas que le permite acoplarse con los interruptores mecánicos disponibles en el mercado que se utilizarían en el teclado. Se utilizó un tipo especial de pasador de inserción de moldeo para formar la característica. En la prueba inicial de la T1 se observó que las llaves quedaban más sueltas de lo deseado, pero como el inserto era «seguro para el acero», pudimos reaccionar rápidamente ajustando la herramienta, lo que funcionó a la perfección en la siguiente prueba y en las piezas finales.

Moldear el resto de las tapas fue sencillo; se utilizaron puertas de borde para moldear el sustrato de policarbonato (mostrado en gris en la imagen de arriba). Usted notará que en la toma de PBT sobremoldeado (que se muestra en color azul) hay dos puertas.

Estrategia de moldeo de los teclados

Una de estas puertas se utiliza para inyectar el material, mientras que la otra se colocó estratégicamente como una «puerta de purga», que ayuda a evitar defectos como las líneas de punto y también ayuda a que el material fluya, asegurando que la sección delgada del sobremoldeo se llenó por completo. La parte superior del sobremolde se diseñó intencionadamente delgada, ya que era la superficie que se iba a grabar parcialmente para producir las marcas retroiluminadas.

Para mantener el coste económico en la cantidad de piezas necesarias, diseñamos la herramienta como una herramienta familiar, que contiene las cavidades del sustrato y del sobremoldeo en la misma herramienta. Quizá se pregunte cómo se manipulan dos materiales diferentes con la misma herramienta. Aquí es donde entra en juego la desconexión por rodadura. Esta función, que se puede ver en el centro del núcleo de la herramienta en la imagen de la derecha, nos permite elegir qué cavidad de la herramienta utilizar en un momento dado. Una vez finalizados los disparos para el sustrato, se puede purgar el material y ajustar el cierre para guiar el material secundario a la cavidad de sobremoldeo.

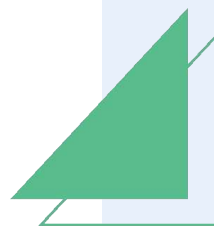


Una última cosa a destacar es que la herramienta se diseñó para trabajar con una prensa vertical, lo que ayuda con el sobremoldeo o el moldeo por inserción, ya que el sustrato puede mantenerse en su lugar simplemente por gravedad.

Gracias a la combinación de un buen diseño de las piezas, la comunicación y una estrategia de utillaje inteligente, pudimos entregar con éxito los componentes de este proyecto dentro del plazo y el presupuesto previstos.

GUÍA DE DISEÑO

Moldeo por inyección con Xometry



Cómo iniciar un pedido de moldeo por inyección

Empezar un proyecto de moldeo por inyección es fácil gracias a Xometry. Todo lo que necesitas para empezar son archivos CAD 3D de las piezas que quieres fabricar. Con sus archivos CAD en la mano, sólo tiene que seguir estos sencillos pasos para poner en marcha su proyecto de moldeo por inyección:

1. Suba sus archivos de diseño CAD en 3D en la sección de presupuesto instantáneo de su [panel de control personal](#).
2. Una vez analizadas sus piezas, haga clic en el botón '**Editar especificaciones**'.
3. Especifique la cantidad necesaria en el campo correspondiente.
4. Especifique el material de destino, los aditivos, los acabados y cualquier otra característica seleccionable que se aplique a su proyecto (por ejemplo, insertos).
5. Si no encuentra la opción que busca en ninguna de las opciones de configuración, elija «A medida» e indíquenos lo que busca; estaremos encantados de revisarlo.
6. Haga clic en el botón '**Volver al presupuesto**' para guardar sus configuraciones.
7. Si es necesario, puede especificar los requisitos de inspección y certificación a partir de las opciones mostradas.
8. En esta fase, tiene dos opciones:
 - a. Si está disponible, puede obtener un presupuesto instantáneo para su proyecto y hacer clic en el botón '**Proceder a la compra**'.
 - b. Si no, puede solicitar un presupuesto manual. Nuestro equipo suele responder en 24-48 horas.

El proceso de moldeo por inyección con Xometry

Cree un presupuesto online en Xometry, y nuestro equipo de ingenieros lo guiará en cada paso, desde la cotización y el Diseño para Manufacturabilidad (DFM) hasta la creación de herramientas y la entrega de piezas.

1. **Envíe su consulta sobre moldeo por inyección:** suba sus diseños, seleccione la cantidad, los materiales, el acabado superficial y otros parámetros y, a continuación, envíe una solicitud de presupuesto.
2. **Revisión y presupuesto:** un ingeniero de Xometry revisa su consulta en un plazo de 24-48 horas para asegurarse de que se cumplen todos los requisitos. Recibirá un presupuesto inicial. Tras su aprobación, nuestros ingenieros asignan su proyecto al fabricante más adecuado en función de sus conocimientos, disponibilidad y otros criterios. A continuación, le enviamos un presupuesto final.
3. **Inicio del proyecto y DFM:** una vez que apruebe el presupuesto final, iniciamos el proceso de Diseño para la Fabricación (DFM). Xometry trabaja con usted para aclarar y finalizar todos los detalles técnicos antes de proceder.
4. **Construcción de moldes y producción de muestras:**
 - a. Una vez finalizado el DFM, fijamos los plazos para la construcción del molde y la producción de la primera muestra (T1).
 - b. Recibirá una confirmación del pedido y una factura por el 50% del coste del molde.
 - c. Nuestro gestor de proyectos supervisa la logística y la comunicación. Usted recibe las muestras T1, junto con un informe de mediciones y certificados de materiales para su aprobación.
 - d. Los comentarios sobre las muestras T1 pueden dar lugar a nuevas iteraciones (T2, T3, etc.).

El proceso de moldeo por inyección con Xometry

5. **Producción y entrega completas:** una vez aprobadas las muestras, Xometry gestiona la producción a escala completa, el control de calidad y la entrega de las piezas. El molde se almacenará en las instalaciones de producción durante dos años, y no se le cobrará por él cuando haga pedidos repetidos de las mismas piezas.
6. **Propiedad del molde y repetición de pedidos:** la vida útil del molde oscila entre 10.000 y 1.000.000 de disparos. El molde es de su propiedad y Xometry se encarga de su mantenimiento.

Estándares de moldeo por inyección de Xometry

Los estándares de moldeo por inyección de Xometry están optimizados para nuestra plataforma y basados en los estándares comunes de la industria. Son las siguientes:

- Las tolerancias típicas de mecanizado de moldes son de $\pm 0,127$ mm.
- Pueden solicitarse tolerancias más estrictas, lo que puede aumentar el coste del utillaje. Además, muchas tolerancias estrechas requieren que el molde sea fabricado, muestreado y preparado.
- La repetibilidad entre piezas suele ser inferior a $\pm 0,1$ mm.
- El plazo de entrega indicado corresponde al primer envío de muestras en T. El plazo de producción restante se confirma tras la aprobación de las muestras en T. El tiempo de producción restante se confirma tras la aprobación de la muestra en T.
- Los envíos típicos del primer artículo son de 5 piezas, pero pueden variar en función del tamaño, el origen y el material.
- Xometry no puede garantizar una coincidencia de color perfecta según Pantone / RAL o cualquier otro sistema de color. Si se requiere un color exacto, el cliente debe proporcionar una muestra de color a Xometry enviando una pieza plana del color deseado en la etapa de cotización.
- Todos los presupuestos se basan en la suposición de que los diseños tienen un calado, radios y núcleos adecuados para su fabricación.
- Los núcleos, las acciones laterales y la estrategia de utillaje son determinados por Xometry a menos que se discuta explícitamente.
- Xometry determinará, a su discreción, la apertura, la expulsión, las líneas de punto y las líneas de separación, a menos que se haya discutido explícitamente.

Ver más de Xometry's [Normas de fabricación](#)



Otros Servicios de Moldeo

El moldeo por inyección de plástico estándar no es el único tipo de proceso de moldeo que ofrece Xometry. A continuación encontrará servicios de moldeo relacionados con los que podemos ayudarle y algunos consejos rápidos para ellos:

Sobremoldeo

En términos básicos, el proceso de sobremoldeo permite combinar varios materiales en una pieza. Un material, normalmente un elastómero termoplástico (TPE/TPV), se moldea sobre un segundo material, que suele ser un plástico rígido. Piense en el mango de su cepillo de dientes, en el que una sola pieza tiene componentes rígidos y de goma. Es una forma estupenda de mejorar el rendimiento y el aspecto de las piezas de plástico.



Consejos para sobremoldear:

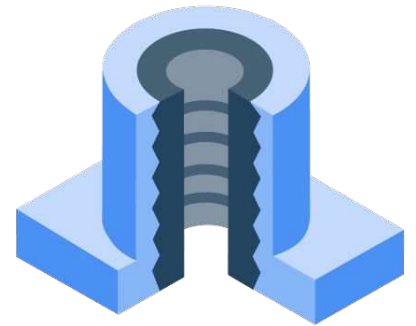
- Los espesores de pared entre 1,5 mm y 3 mm suelen proporcionar la mejor adherencia.
- Mantener los radios de al menos 0,5 mm en las esquinas reduce las tensiones localizadas.
- Si la pieza requiere el uso de secciones gruesas de TPE, éstas deben ser descorazonadas para minimizar los problemas de contracción, reducir el peso de la pieza y disminuir el tiempo de ciclo.
- Evite las cavidades ciegas o nervaduras profundas o no ventilables en su diseño.
- Utilice transiciones graduales entre espesores de pared para reducir o evitar problemas de flujo (rellenos posteriores, trampas de gas, etc.).
- El TPE/TPV debe ser menos grueso que el sustrato para evitar deformaciones, especialmente si la pieza es plana, larga o ambas.
- El sobremoldeo requiere una unión mecánica o química con el sustrato, por lo que el material elegido debe permitirlo.

Otros Servicios de Moldeo

Moldeo por inserción

El moldeo por inserción es un proceso de moldeo por inyección en el que componentes preformados, como piezas de metal o plástico, se colocan en la cavidad de un molde antes de inyectar plástico a su alrededor.

El material inyectado se adhiere al inserto, creando una pieza única y sólida. Este método suele utilizarse para añadir resistencia, conductividad eléctrica o características específicas a una pieza de plástico. El moldeo por inserción funciona especialmente bien para piezas que tienen agujeros roscados. También puede ayudarle a crear mejores ruedas, poleas, aspas de ventilador y otras piezas similares.



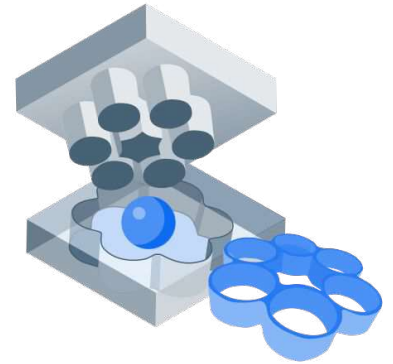
El moldeo por inyección ayuda a:

- **Eliminar el ensamblaje:** puede fabricar piezas moldeadas por inserción de una sola vez en lugar de tener que realizar el ensamblaje a posteriori.
- **Reducir costes:** el moldeo por inserción cuesta más que el moldeo por inyección estándar, pero los costes suelen compensarse por el hecho de que ya no es necesario realizar el montaje posterior.
- **Reducir el tamaño y el peso de la pieza:** una pieza de plástico con un inserto metálico suele ser más ligera que una pieza totalmente metálica.
- **Mejorar la fiabilidad:** los insertos metálicos del molde garantizan el funcionamiento de las roscas y mitigan el desgaste a lo largo de la vida útil de la pieza.
- **Mejorar la resistencia de la pieza:** al tratarse de un proceso de «una sola vez», puede producir piezas más resistentes que el sobremoldeo y otros procesos.

Otros Servicios de Moldeo

Moldeo por compresión

El moldeo por compresión es un proceso de fabricación utilizado para crear piezas de plástico y materiales compuestos. Mediante una mezcla de calor y alta presión, comprime materiales, como polímeros termoestables o compuestos termoplásticos, para darles formas definidas. Son el calor y la presión los que permiten que los materiales sólidos se ablanden y se reformen en nuevas estructuras totalmente uniformes y curadas.



Durante el proceso, el curado desencadena una reacción química que ayuda a dar resistencia y durabilidad al producto final.

El moldeo por compresión es una opción excelente para productos de caucho con paredes más gruesas o irregulares, como plantillas de zapatos, fundas de teléfono o utensilios de cocina de silicona.

GUÍA DE DISEÑO

Recursos adicionales



RECURSOS ADICIONALES

Recursos en línea

- **Página de servicios de moldeo por inyección**
- **Página de servicios de moldeo por compresión**

Servicios adicionales en Xometry:

- Presupuesto en línea instantáneo
- **Web:** Cargue su archivo CAD en get.xometry.eu
 - ◆ **Tipos de archivo aceptados:** STEP (.step, .stp), SOLIDWORKS (.sldprt), Parasolid (.x_t, .x_b), Autodesk Inventor (.ipt), Dassault Systems (.3dxml, .catpart), PTC, Siemens (.prt, .jt), ACIS (.sat), ¡y muchos más!

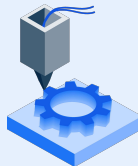
Otras capacidades de Xometry:



Mecanizado CNC



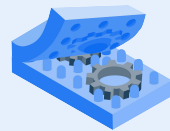
Fabricación de chapas metálicas



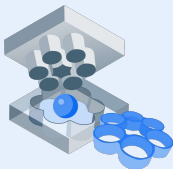
Impresión 3D



Fundición a presión



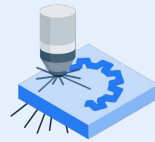
Fundición en vacío



Moldeo por compresión



Corte por láser



Corte por plasma

Soporte directo

Horario: Lunes-viernes, 8 AM - 6 PM (CET)

Correo electrónico: info@xometry.eu

Teléfono: +49 89-3803-4818



DONDE GRANDES IDEAS SE HACEN REALIDAD

