



LIBRO BLANCO

Moldeo con silicona para el diseño de productos

Moldeo por compresión, fundición de dos fases y sobremoldeo. Casos de estudio con OXO, Tinta Crayons y Dame Products.

Contenido

Introducción	3
Cinco áreas de aprendizaje	3
Sobre la silicona	3
Método 1: Fundición rápida de silicona para prototipos de juntas	5
Introducción	5
Materiales y equipo	5
Método paso a paso	6
Buenas prácticas	8
Método 2: Fundición con cera de dos fases	9
Introducción	9
Materiales y equipo	9
Método paso a paso	10
Buenas prácticas	12
Método 3: Sobremoldeo con silicona de prototipos beta para clientes	13
Introducción	13
Materiales y equipo recomendados	14
Materiales y equipo opcionales	14
Método paso a paso	14
Buenas prácticas	18
Cómo prepararse para la fabricación	19
Conclusiones	20

Introducción

La mayoría de productos comerciales cuentan con componentes blandos, desde las patas de goma de un portátil hasta el mango ergonómico de unas tijeras. Los materiales elásticos como los poliuretanos, las siliconas, el neopreno y el látex permiten crear una amplia variedad de aplicaciones, desde materiales para cubiertas a dispositivos médicos.

En particular, la fundición de siliconas nos permite ampliar las propiedades de las piezas impresas en 3D para incluir componentes que se puedan doblar y estirar utilizando materiales que se pueden adquirir fácilmente en ferreterías, tiendas de material artístico y de joyería y otros comercios habituales.

Este informe incluye casos de estudio de las empresas **OXO, Tinta Crayons y Dame Products**, con el objetivo de ilustrar tres formas distintas de emplear el moldeo con silicona para el desarrollo de productos y la fabricación. Estas técnicas incluyen:

- **Moldeo por compresión** de masilla de silicona para la creación de prototipos de juntas.
- **Fundición de dos fases** con cera u otros materiales duros para la reproducción de piezas. La fundición con silicona se utiliza como paso intermedio en la producción de un producto.
- **Sobremoldeo** para la encapsulación completa de prototipos de hardware con silicona.

Puedes utilizar cualquiera de estas tres técnicas directamente o emplear elementos de cada una de ellas para crear aplicaciones a medida. Además de los procesos paso a paso, nuestros socios compartieron con nosotros información acerca de buenas prácticas de eficacia probada en el sector para ejecutar dichas técnicas, en las que la impresión Low Force Stereolithography (LFS) de Formlabs juega un papel esencial.

CINCO ÁREAS DE APRENDIZAJE:

- Cómo seleccionar la silicona para tu aplicación.
- Cómo utilizar un molde por compresión para crear prototipos de juntas.
- La mejor forma de replicar un modelo maestro impreso en 3D con una cara plana.
- Cómo encapsular dispositivos de hardware con un proceso de sobremoldeo.
- Buenas prácticas para diseñar los elementos esenciales de moldes impresos en 3D.

SOBRE LA SILICONA

En este informe, vamos a repasar las aplicaciones de los materiales vulcanizados a temperatura ambiente (o RTV, las siglas en inglés de *Room Temperature Vulcanization*) de la familia de las siliconas. Las siliconas son un tipo de polímeros que contienen el elemento químico del silicio en su cadena molecular y que se transforman de un estado líquido (silicona) a un estado sólido altamente flexible y estirable (caucho de silicona) cuando reaccionan con un catalizador químico.

En la fundición y la fabricación de moldes, el caucho de silicona vulcanizada a temperatura ambiente captura los detalles más precisos de la superficie, incluyendo el texto en relieve. Además, la mayoría de las siliconas para fundición no se adhieren químicamente y se pueden despegar de los moldes impresos en 3D tras el curado. Se puede lograr una unión mecánica mediante fundición en superficies altamente porosas, como por ejemplo la tela tejida, y, en algunos casos, también se puede obtener una unión química con aglutinantes especializados.

Silicona líquida: Las siliconas líquidas suelen estar formadas por dos componentes o por un componente con una pequeña cantidad de catalizador añadida. Existen dos tipos de categorías generales que se pueden obtener fácilmente. Las siliconas catalizadas con platino son más costosas pero ofrecen una mejor estabilidad dimensional a largo plazo y un grado de contracción muy bajo tras un curado completo. Las siliconas catalizadas con estaño son más económicas pero ofrecen una menor estabilidad a largo plazo y suelen contraerse más. El tiempo de curado varía de 10 minutos a varias horas.

Masilla de silicona: Se trata de una masilla de dos componentes que se mezclan a mano en cantidades equivalentes. Algunas aplicaciones clave incluyen la fabricación de moldes para el sector de la joyería. Sin embargo, la silicona en sí misma es una buena imitación para las juntas o anillos fabricados mediante moldeo por compresión. Tiene una dureza Shore de 40A (véase la escala que aparece a continuación) o, en otras palabras, una dureza parecida a la de una goma de borrar. Este tipo de silicona se cura rápidamente en menos de 20 minutos y ofrece una tasa de contracción del 0 %.

Piel, mucosas y seguridad alimentaria: Algunas aplicaciones requieren más sensibilidad que otras cuando entran en contacto con el cuerpo o con la comida. Consulta siempre las fichas de datos de seguridad (FDS) de los materiales del fabricante de la silicona para asegurarte de que el material se pueda utilizar con seguridad para tu aplicación.

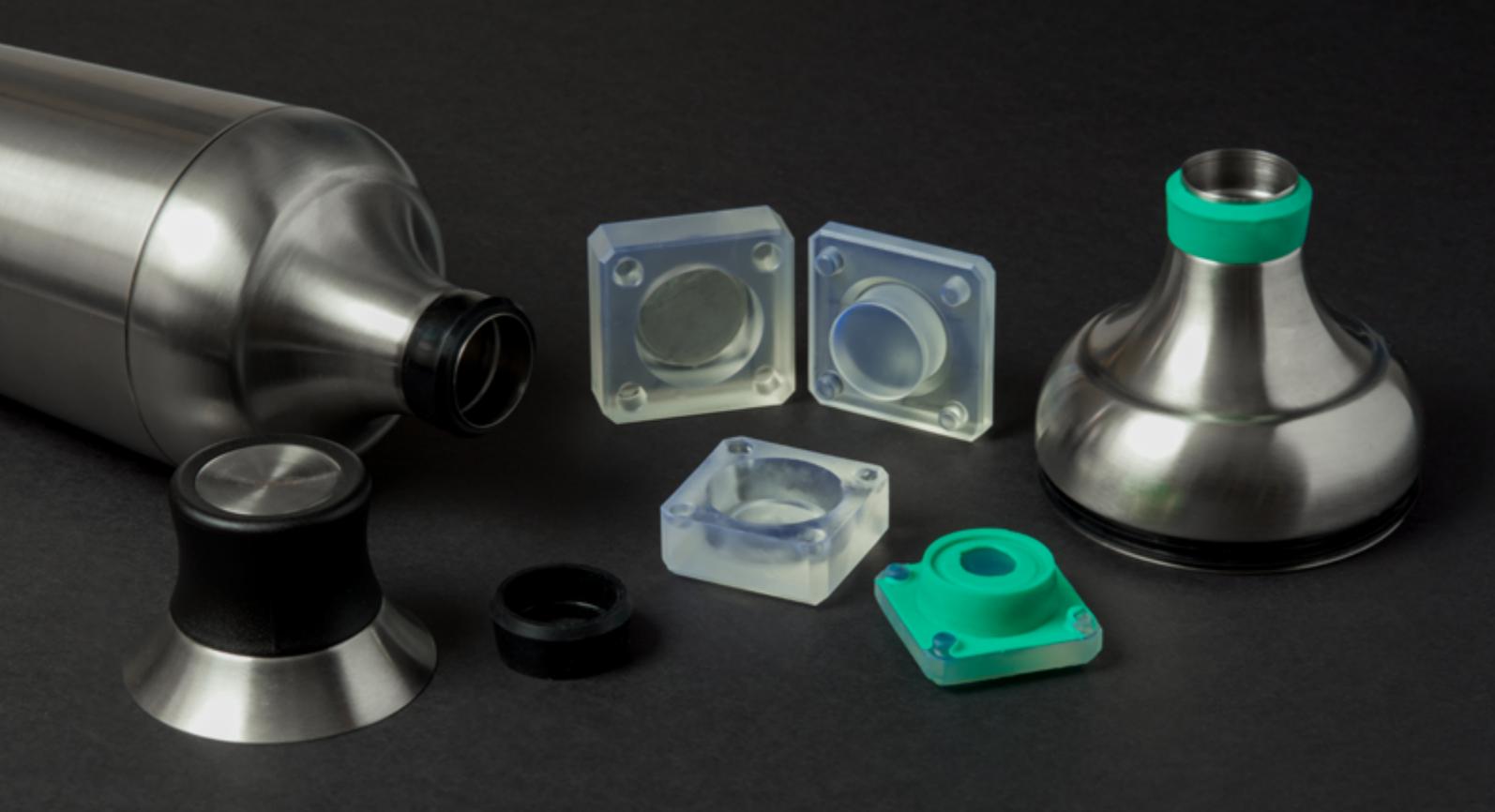
Escala de dureza: Los materiales elásticos, incluyendo los cauchos de silicona, pueden ofrecer distintos grados de dureza, desde extremadamente blandos a extremadamente firmes. El número de dureza Shore es el que expresa esa característica. La escala Shore A mide los materiales más blandos, mientras que la escala Shore D recoge los materiales más duros.



Adaptado de Meridian Laboratory

Hablamos con nuestros clientes de Formlabs para entender mejor la manera en la que utilizan sus impresoras 3D SLA para crear moldes de silicona. Una de las cosas que aprendimos es que no hay un proceso único que se adapte a todas las necesidades. Sin embargo, nuestra guía de usuario se puede utilizar en muchas aplicaciones. Aunque siempre hay excepciones, la mayoría de los consejos que aprendimos se pueden aplicar en general a la mayor parte de los proyectos.

A continuación, vamos a hablar del moldeo básico para la creación de prototipos, la fundición con cera de dos fases y el sobremoldeo de silicona.



Método 1: Fundición rápida de silicona para prototipos de juntas

INTRODUCCIÓN

EMPRESA: **OXO**

OXO es una marca con base en los Estados Unidos que desarrolla objetos ergonómicos y prácticos para el hogar, incluyendo algunos diseños icónicos de utensilios de cocina. Los desarrolladores de productos de OXO emplean la impresión 3D para crear prototipos funcionales y de exhibición, pero necesitan recurrir a métodos híbridos para crear prototipos de componentes elásticos, como por ejemplo juntas.

Este caso de estudio se centra en el diseño de una junta para una coctelera. Los ingenieros de OXO necesitaban producir un prototipo funcional que contase con sellos herméticos entre las piezas. Tras someter a ensayo muchas de las opciones de silicona disponibles, concluyeron que el moldeo por compresión de la masilla de silicona de dos componentes de marca Castaldo Quick-Sil era ideal para crear un prototipo hermético que imitase una junta de producción. De hecho, el moldeo por compresión para crear prototipos es una buena representación del método y el diseño del molde que se emplean en la fabricación de juntas.

MATERIALES Y EQUIPO:

- Partes A y B de la masilla de silicona Quick-Sil de McMaster-Carr 8595K12
- Clear Resin de Formlabs
- Agente de desmoldeo
- Tornillo de banco

MÉTODO PASO A PASO

1. **Imprime un molde de dos piezas con Clear Resin:** se recomienda imprimir con una altura de capa de 50 μm para la mayoría de las aplicaciones. Se puede utilizar una altura de capa de 25 μm si vas a reproducir texto u otras texturas en la superficie. Orienta las piezas de forma que no queden marcas de los soportes en las superficies interiores esenciales.

2. **Lava y cura el molde y retira los soportes:** lava las piezas a fondo con alcohol isopropílico hasta que dejen de tener un acabado pegajoso. Recomendamos curar las piezas a 60°C durante 15 minutos para la Clear Resin. Te puede resultar útil lijar las marcas de los soportes para que molde encaje sin problemas en el tornillo de banco.

3. **Aplica el agente de desmoldeo:** la mayoría de los agentes de desmoldeo en aerosol se pueden utilizar para revestir las superficies interiores.

4. **Mezcla las partes A y B por completo:** mezcla cantidades equivalentes de las partes A y B de la masilla y utiliza las manos para amasarlas. El caucho de silicona comienza a curarse pasados 90 segundos, así que deberías amasar las piezas durante el tiempo mínimo necesario para generar un color uniforme, idealmente durante menos de un minuto.



5. **Mete la silicona en el molde:** intenta comprimir la silicona en ambos lados del molde, asegurándote de llegar a todos los detalles y recovecos. No pasa nada si utilizas demasiada masilla. El exceso de material sobresaldrá por los lados del molde.



-
6. **Junta las dos partes del molde con un tornillo de banco:** intenta apretar el molde en dirección perpendicular a la línea de separación. Conviene mencionar que en los moldes por compresión las superficies de separación no se tocan completamente hasta que se aplica presión. Cierra el tornillo con cuidado hasta que notes que el molde se ha cerrado del todo. El caucho de silicona termina de curarse en 20 minutos.



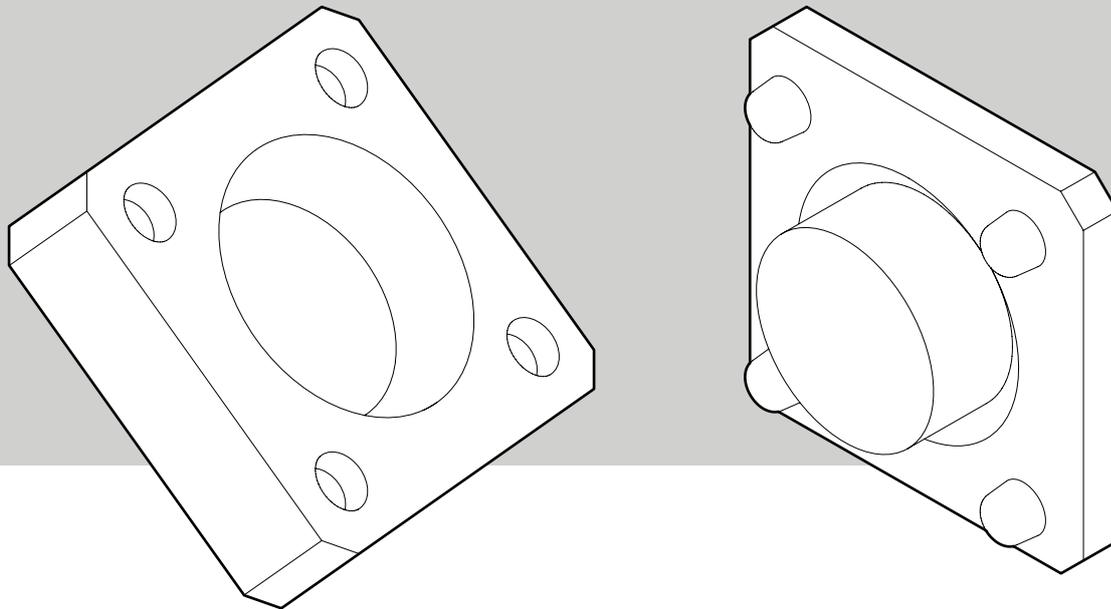
-
7. **Saca el prototipo del molde:** puedes hacer palanca en el molde utilizando la espátula de Formlabs o un destornillador plano.



-
8. **Recorta y acaba el prototipo:** es normal que haya que limpiar el exceso de material o rebaba en los lugares en los que se unen las piezas del molde. Recomendamos usar una cuchilla muy afilada como las que se utilizan para las manualidades en este paso.



-
9. **Prepara el molde para la siguiente fundición:** puedes reutilizar el molde varias veces. Vuelve a aplicar el agente de desmoldeo y repite el proceso desde el tercer paso.
-



BUENAS PRÁCTICAS

- a. **Selección de la resina:** Puedes utilizar tanto la Tough Resin como la Clear Resin. Recomendamos utilizar la Clear Resin ya que proporciona una ayuda visual a la hora de rellenar el molde. Sin embargo, puedes utilizar la Tough Resin para que el material resista mejor a la presión de la abrazadera. Recomendamos imprimir con una altura de capa de 50 μm para imprimir rápidamente sin sacrificar la textura lisa de la superficie. Orienta las piezas en la base de impresión de forma que no queden marcas de los soportes en las superficies interiores esenciales. Puedes pulir la superficie exterior para obtener un acabado con un alto grado de transparencia.
- b. **Elementos de alineación:** las cuatro protuberancias cilíndricas y las hendiduras que se encuentran en las esquinas del molde se utilizan como elementos de alineación para asegurar un buen acoplamiento entre ambos lados del molde. Nuestro socio comercial recomienda dejar 0,1 mm de espacio libre para los elementos de alineación.
En el caso de un objeto de rotación simétrica como esta junta, los elementos de alineación pueden tener la misma forma y situarse en la misma ubicación. En otras palabras, la parte superior del molde se puede rotar 90 o 180 grados sin que esto afecte la forma de la junta. Para las geometrías irregulares, se puede utilizar una estrategia de llave y cerrojo, de manera que la forma y la ubicación de los elementos de alineación solo se puedan unir de una única forma.
- c. **Puntos de palanca biselados:** puedes añadir zonas biseladas en los bordes del molde para que sea más fácil hacer palanca entre los dos lados. Para hacer palanca en el molde, puedes utilizar la espátula que incluye el Finish Kit de Formlabs o un destornillador plano.
- d. **Diseño del molde:** uno de los primeros elementos que debes tener en cuenta al diseñar el molde es la línea de separación, es decir, la manera en la que se unen y se separan las piezas del molde por compresión. Nuestro socio comercial OXO recomienda tener en cuenta cómo se va a fabricar la pieza, incluyendo los pasos necesarios para eliminar el exceso de material. En este caso, se identificó el ángulo afilado en el exterior de la junta como un lugar adecuado para definir la línea de separación.
Curiosamente, los ángulos de desmoldeo no juegan un papel relevante en este proceso de moldeo. Cabe mencionar que no hizo falta diseñar una línea de separación propia para la hendidura interior de la junta. Dado que el caucho de silicona se puede deformar en gran medida durante el desmoldeo, se pueden manejar muchos ángulos, incluyendo pequeños socavados.



Método 2: Fundición con cera de dos fases

INTRODUCCIÓN

EMPRESAS: **Tinta Crayons, Print My Ride**

Tinta Crayons es una pequeña empresa australiana de lápices de colores fundada por dos madres con hijos pequeños. Crearon su propia fórmula para desarrollar cera no tóxica y ecológica y emplearon el moldeo de silicona para fabricar pequeños lotes de lápices de colores con formas fantásticas y un alto grado de detalle en la superficie.

El primer paso de su proceso de trabajo consiste en imprimir una copia de la pieza acabada (el modelo maestro) con una de las resinas estándar de Formlabs. Después, reproducen la pieza con cera creando en primer lugar una plancha de silicona mediante fundición basada en el modelo maestro. A continuación, utilizan la plancha de silicona para fundir la cera.

El diseño de molde abierto funciona bien para reproducir piezas que tengan una cara plana. Este método no solo se puede aplicar a la fundición con cera, sino que también sirve para otros materiales de uso final como el cemento o las resinas epoxi de dos componentes. A diferencia de otros moldes completamente cerrados, este método puede utilizarse para materiales de fundición que se calientan durante el curado o que se contraen o expanden físicamente como las espumas para fundición.

Entrevistamos al embajador de Formlabs Matt Schmotzer de Print Your Ride para que nos explicase cómo poner en marcha el proceso de trabajo que describimos a continuación, el mismo que empleó para crear azulejos de cemento para el salpicadero de la cocina de su casa en Detroit, Michigan.

MATERIALES Y EQUIPO

- Silicona líquida de dos componentes (OOMOO 30 de Smooth-On)
- Grey Resin de Formlabs
- Agente de desmoldeo
- Cera, cemento, resina u otros materiales de uso final

MÉTODO PASO A PASO

1. **Imprime los modelos maestros del producto con resinas estándar:** este es el diseño final de tu pieza, que después vas a reproducir utilizando otro material. Se recomienda imprimir con una altura de capa de 50 μm . Procura que no queden marcas de los soportes en la superficie detallada.



2. **Lava las piezas a fondo con alcohol isopropílico:** el proceso de moldeo con silicona puede verse afectado si quedan partes pegajosas en la superficie.

3. **Crea un contenedor para fabricar tu molde:** una opción habitual para crear un contenedor para el molde de silicona es utilizar un tablero revestido de fibras de densidad media (MDF). Nosotros optamos por utilizar simplemente un contenedor de plástico prefabricado. Busca materiales que no sean porosos y que te permitan contar con una base plana.



4. **Coloca los modelos maestros y aplica el agente de desmoldeo:** empieza por rociar ligeramente el interior del contenedor del molde con un agente de desmoldeo. Nosotros utilizamos el agente de desmoldeo universal de marca Smooth-On. Coloca los modelos maestros dentro del contenedor, con la cara detallada hacia arriba. Rocíalos ligeramente con el agente de desmoldeo. Espera unos 10 minutos hasta que se sequen por completo.

5. **Prepara la silicona:** mezcla el caucho de silicona de acuerdo con las instrucciones del paquete. Puedes utilizar un dispositivo vibratorio como una lijadora eléctrica de mano para eliminar las burbujas de aire.



6. **Vierte la silicona en el contenedor:** vierte el caucho de silicona mezclado poco a poco en el contenedor. Apunta primero a la parte inferior del contenedor (la base) y ve rellenando poco a poco los contornos de la pieza impresa en 3D. Cubre la pieza con un centímetro de silicona como mínimo. El proceso de curado tardará en completarse de una hora a un día, dependiendo del tipo y la marca de silicona que hayas empleado.

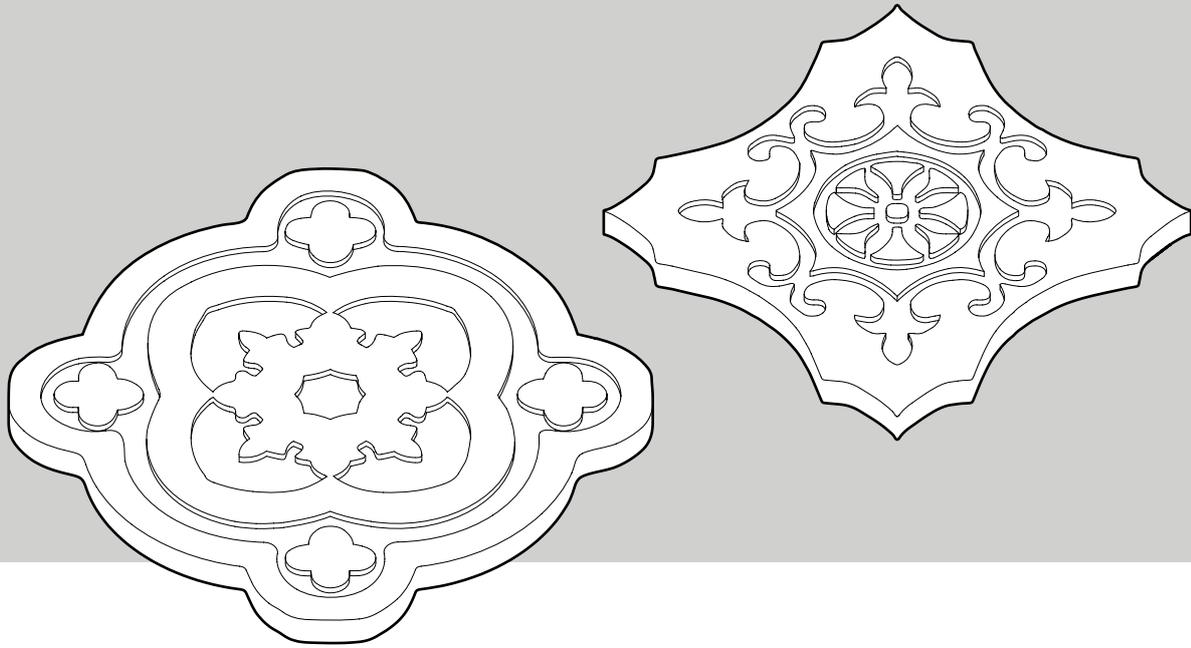
7. **Retira la silicona del molde:** una vez haya terminado el proceso de curado, saca la silicona del contenedor y retira los modelos maestros. Ahora podrás utilizar tu molde como si se tratase de una bandeja para cubitos de hielo para fundir tu producto de uso final.



8. **Funde tu pieza:** como ya hemos dicho, es buena idea rociar ligeramente el molde de silicona con un agente de desmoldeo y dejar que se seque durante 10 minutos. Vierte el material de uso final (cera, cemento, etc.) en las cavidades y deja que se cure.

9. **Prepara el molde para la siguiente fundición:** puedes reutilizar el molde de silicona varias veces. Vuelve al paso 8 para repetir el proceso.





BUENAS PRÁCTICAS

- a. **Selección de la resina:** las resinas estándar, como por ejemplo la Grey Resin, te permiten capturar un alto nivel de detalle de la superficie. La silicona captura los detalles más delicados de la superficie, incluyendo las líneas de capa. Una altura de capa de 50 micras te permite imprimir con rapidez sin sacrificar el acabado liso de la superficie. Sin embargo, imprimir con una altura de capa de 25 micras puede ser adecuado para ciertas aplicaciones estéticas.
- b. **Agente de desmoldeo:** es importante utilizar el agente en ambas etapas del proceso de moldeo, es decir, tanto en la creación del molde de silicona como en la fundición de la pieza final. La marca Smooth-On fabrica agentes de desmoldeo multiusos que funcionan bien para la mayoría de las aplicaciones.
- c. **Ángulos de desmoldeo:** Matt utilizó un ángulo de desmoldeo de dos grados para los elementos verticales de sus azulejos. Sin embargo, el proceso de moldeo de silicona es bastante flexible en este sentido y admite ángulos de 90 grados o pequeños socavados. Si estás planeando utilizar el molde varias veces, procura minimizar el número de veces que tendrás que doblar y estirar el molde para retirar tus piezas, o busca una fórmula de caucho de silicona que ofrezca una mayor resistencia al desgarro.



Método 3: Sobremoldeo con silicona de prototipos beta para clientes

INTRODUCCIÓN

EMPRESA: **Dame Products**

Dame Products es una empresa emergente de Brooklyn que diseña productos para el sector de la salud y el bienestar. Su línea de productos incluye geometrías complejas ergonómicas cubiertas por completo por una capa de silicona de colores llamativos que no daña la piel. El equipo utiliza sobremoldes de silicona durante la producción y también para encapsular el hardware interno de los prototipos beta destinados a los clientes.

Los ingenieros de Dame Products pueden crear prototipos de decenas de dispositivos sobremoldeados en un solo día rotando entre tres o cuatro moldes impresos mediante SLA. Así, mientras el caucho de silicona de uno de los prototipos se está curando, se puede desmoldar el siguiente y preparar el molde para rellenarlo de nuevo. Al mismo tiempo, también se pueden acabar y limpiar los prototipos desmoldados.

Cuando la empresa recibe uno de sus prototipos de hardware de vuelta, se lava el dispositivo beta en lejía, se retira la fina capa de silicona y se reutiliza el hardware interno en un nuevo prototipo beta.

MATERIALES Y EQUIPO RECOMENDADOS:

- Clear Resin de Formlabs
- Espátula y alicates de corte de Formlabs (incluidos en el Finish Kit)
- Silicona líquida médica de vulcanización a temperatura ambiente (RTV) de dos componentes: se recomienda una dureza Shore de entre 20A y 40A.
- Jeringas
- Cartuchos de resina epoxi
- Pistola de resina epoxi
- Boquilla de mezclado
- Palitos para remover
- Abrazadera en C
- Hardware que se vaya a encapsular

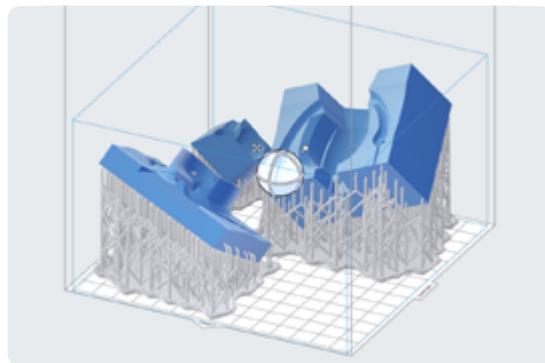
MATERIALES Y EQUIPO OPCIONALES:

- Tinte para silicona (opcional)
- Vaselina (opcional)
- Herramienta vibratoria (opcional)
- Cinta adhesiva (opcional)

MÉTODO PASO A PASO

1. Imprime las distintas piezas del molde con

Clear Resin de Formlabs: se recomienda imprimir con una altura de capa de 50 μm . Orienta las piezas de forma que no queden marcas de los soportes en las superficies interiores esenciales.



2. Lava y cura el molde y retira los soportes:

lava las piezas a fondo con alcohol isopropílico hasta que dejen de tener un acabado pegajoso. Recomendamos curar las piezas a 60°C durante 15 minutos para la Clear Resin. Resulta de utilidad pulir el exterior del molde hasta lograr un acabado con un alto grado de transparencia.



- ### 3. Prepara la silicona al menos con una hora de antelación:
- rellena cada lado del sistema de cartuchos de resina epoxi con una de las partes (A o B) de la silicona, utilizando jeringas diferentes para transferir los líquidos. Coloca las piezas en posición vertical y deja que la silicona se desgasifique desde una hora hasta un día entero. Como paso opcional, puedes añadir tinte a la cara A o B del cartucho y mezclar a fondo.

-
4. **Aplica el agente de desmoldeo (opcional):** Aplica una capa muy fina de vaselina a las superficies internas del molde con un cepillo pequeño de pintura. Esta técnica de sobremolde de silicona también funciona sin agente de desmoldeo.
-

5. **Orienta el hardware interno:** los pernos de alineación del molde ayudan a colocar el hardware correctamente.



6. **Cierra el molde y comprímelo con las manos:** Comprueba la colocación y la alineación del hardware a través del exterior del molde. Si te parece que el hardware no está bien alineado, repite los pasos cinco y seis.
-



7. **Coloca el molde en la abrazadera:** coloca el molde en la abrazadera en la dirección en la que vayas a retirarlo o en dirección perpendicular a la línea principal de separación del mismo. Es buena idea comprobar de nuevo la alineación del hardware interno, ya que es posible que se haya movido al colocar el molde en la abrazadera. Como paso opcional, el equipo de Dame Products se dio cuenta de que sellar los bordes con cinta adhesiva antes de sujetar el molde con la abrazadera ayuda a reducir la filtración o el exceso de material que se produce durante la fabricación de moldes de vulcanización a temperatura ambiente (RTV).
-

8. **Prepara la pistola de resina epoxi:** Inserta los cartuchos en la pistola y ajusta la boquilla de mezclado. En esta fase, te recomendamos apretar la punta de la boquilla para que salga un poco de líquido y así asegurarte de que has mezclado el producto correctamente.
-

9. **Inyecta la silicona en el molde:** inserta la punta de la boquilla de mezclado en la apertura del molde y aprieta el gatillo ligeramente. Asegúrate de que la silicona fluya por todo el molde y continúa inyectando hasta que el molde esté lleno y la silicona rebase por todos los orificios de ventilación. Si la silicona sigue introduciéndose en el molde incluso después de haber dejado de inyectarla, se puede deber a que las burbujas de aire se están estabilizando o a que el material se está filtrando en las líneas de separación. Puede que tengas que añadir un poco más de material unas cuantas veces tras haber rellenado el molde por primera vez. Una vez esté relleno, puedes ayudar a eliminar las burbujas usando un dispositivo vibratorio (como una lijadora manual) sobre la superficie del molde.



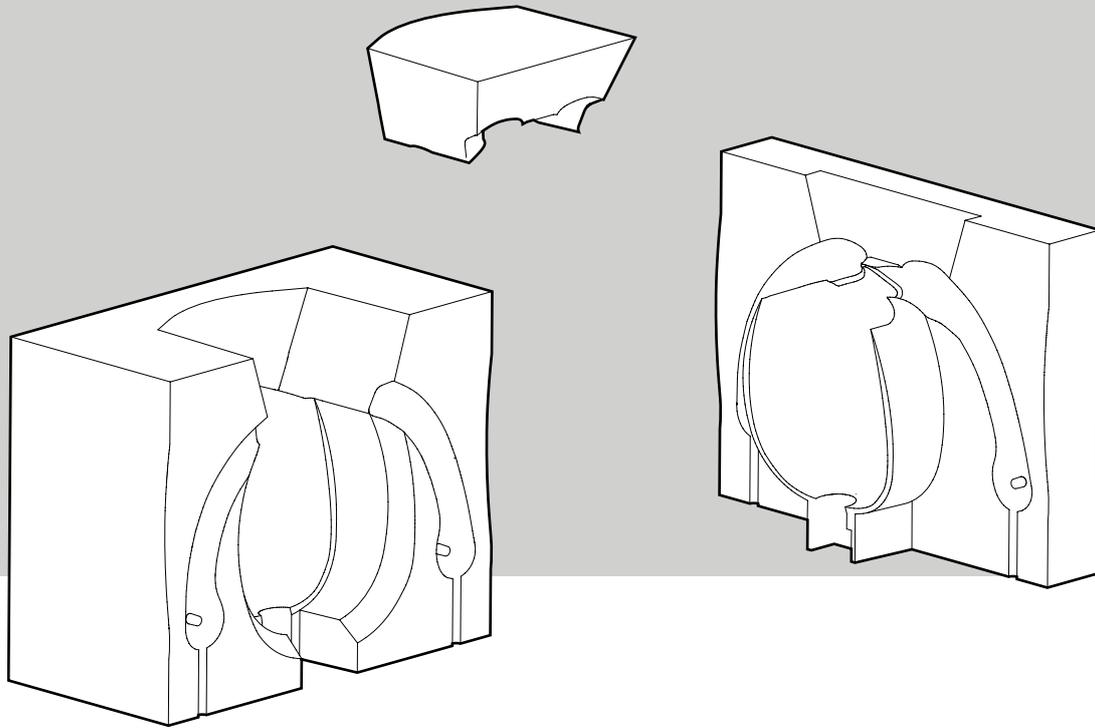
10. **Espera diez minutos:** La silicona que utiliza el equipo de Dame Products tarda alrededor de 10 minutos en curarse por completo hasta formar la carcasa de caucho. Consulta las instrucciones de tu silicona para conocer el tiempo de curado recomendado. Ahora es buen momento para recortar el modelo.

11. **Retira el prototipo del molde:** empieza por recortar los restos de silicona que hayan quedado en el exterior. Después, separa el molde haciendo palanca con la espátula de Formlabs o un destornillador plano. Presta atención a los finos hilos de silicona que se forman en los orificios de ventilación del molde. Tómate tu tiempo para recortar estos hilos de forma separada para que no se queden en el molde y despeguen la silicona de tu hardware. También recomendamos recortar parte del exceso de material antes de retirar por completo el objeto.



12. **Recorta, acaba y limpia el prototipo:** es normal que haya que recortar el exceso de material con los alicates de corte de Formlabs o con una cuchilla afilada. Si se han creado vacíos en la superficie por la presencia de burbujas de aire, puedes aplicar parches adicionales de silicona líquida y dejar que se curen. Deberías limpiar tus prototipos de acuerdo con las instrucciones específicas del sector antes de entregárselos a los testers de productos beta.

13. **Prepara el molde para la siguiente fundición:** puedes reutilizar el molde varias veces, pero quizá tengas que limpiar los orificios de ventilación utilizando un objeto afilado, como un clip o una broca. Vuelve a repetir el proceso desde el paso cuatro.



BUENAS PRÁCTICAS

- a. **Cómo elegir la resina:** la Clear Resin proporciona una ayuda visual a la hora de rellenar el molde y alinear el hardware interno. Recomendamos imprimir con una altura de capa de 50 μm para imprimir rápidamente sin sacrificar la textura lisa de la superficie. Orienta las piezas en la base de impresión de forma que no queden marcas de los soportes en las superficies internas del molde.
- b. **Preparación del molde:** los restos de resina pueden interferir con la composición química del proceso de fundición con silicona. Lava el molde a fondo con alcohol isopropílico para garantizar que la primera fundición produzca un buen resultado. El proceso que hemos descrito funciona sin agente de desmoldeo. Sin embargo, aplicar una fina capa de vaselina puede ayudarte a retirar la pieza del molde con más facilidad. No obstante, cabe señalar que si la capa de agente de desmoldeo es demasiado gruesa, puede interferir con la composición química del proceso de fundición o afectar el acabado de la superficie de la pieza fundida.
- c. **Preparación de la silicona:** para esta aplicación, el equipo utilizó una pistola de resina epoxi para inyectar la silicona en el molde. Las partes A y B de la silicona se mezclan dentro de la boquilla de mezclado. Para rellenar el molde, se deben colocar los cartuchos de resina epoxi en posición vertical (¡Dame imprimió un mango en 3D!). A continuación, se usan las jeringas para transferir las partes A y B de la silicona desde contenedores de mayor tamaño a los cartuchos de resina epoxi. Para desgasificar la silicona, el equipo de Dame deja que esta repose en los cartuchos durante un día después de moverla, en vez de desgasificarla activamente con una cámara de vacío. Si quieres que tu caucho de silicona tenga un color llamativo, puedes añadir tinte para silicona a la parte A o B de la masilla en ese momento.
- d. **Pernos de alineación:** las pequeñas protuberancias que aparecen en el esquema del molde son pernos de alineación que se utilizan para orientar y sujetar la pieza y para determinar el grosor de la carcasa de silicona. Los ingenieros de Dame Products suelen utilizar un diámetro de 0,2 mm para sus pernos de alineación. Intenta que dichos pernos apunten a la dirección en la que vayas a retirar el molde o en dirección perpendicular a la línea principal de separación del molde. Cuanto más se aleje el ángulo de los pernos de esta posición, más probabilidades habrá de que se rompan y dificulten la apertura del molde.

A la hora de definir el grosor de la capa de silicona, procura contar con un mínimo de 1,5 mm. Suele ser más fiable diseñar un modelo con un grosor mínimo de 2 mm, mientras que un grosor de 1 mm puede funcionar en las zonas más pequeñas del revestimiento. Cabe señalar que los pernos de alineación tienden a dejar pequeños agujeros en la superficie. De ser necesario, puedes colocar parches utilizando una pizca de silicona líquida y dejando que se cure.

- e. **Orificios de ventilación:** el aire se desplaza cuando se rellena con silicona un espacio cerrado, por lo que los moldes suelen contar con canales de ventilación en forma de conductos de salida estrechos. Es normal colocar el orificio de ventilación en la parte del molde que se vaya a rellenar en último lugar. Sin embargo, el equipo de Dame compartió con nosotros algunos consejos adicionales para colocar los orificios.

A la hora de diseñar el molde, puede resultar de utilidad pensar en las zonas en las que se pueda quedar atrapado el aire y conectar los orificios específicamente con estos puntos. Incluso cuando se aplica presión, se pueden formar burbujas de aire alrededor de giros bruscos, esquinas o zonas en las que se conecten dos flujos delanteros. Las burbujas crearán vacíos en la pieza fundida terminada.

Los canales de ventilación se pueden diseñar de forma que transcurran a lo largo de la cara de separación del molde, o bien se pueden incrustar en el molde (véase el diagrama anterior). Intenta no colocar un canal que perfora dos o más partes del molde. Si necesitas contar con conductos de ventilación largos, puedes utilizar un diámetro pequeño en la base (junto a la pieza fundida) y un diámetro más grande en la salida.

En cuanto a realizar iteraciones de tus modelos 3D, si siempre te encuentras con una burbuja de aire en el mismo lugar, añade otro orificio de ventilación en ese punto del molde.

- f. **Cómo rellenar el molde:** Dame Products utiliza una pistola de resina epoxi y cartuchos y diseña el punto de entrada del molde de forma que se corresponda con la boquilla de mezclador. Para las formas más complejas, es importante tener en cuenta la dirección que vas a seguir para rellenar el molde. Deberías intentar rellenar el molde desde el punto más alto del objeto y considerar los frentes de flujo que se forman. En el ejemplo que hemos utilizado, el producto EVA II de Dame presenta una geometría ramificada. La mejor forma de rellenar el molde es empezar por el punto más alto del cuerpo principal del objeto, mientras que los brazos estrechos que se ramifican desde dicha parte deben ser las últimas zonas que rellenemos. Espera hasta que la silicona se salga por los orificios de ventilación antes de dejar de rellenar el molde. Si notas que una zona se está rellenando demasiado rápido, puedes taponarla con un dedo hasta que el resto del molde se rellene.
- g. **Recorta, acaba y limpia la pieza:** presta atención a la silicona que se queda atrapada en los orificios de ventilación cuando retires la pieza del molde. Procura no abrir el molde de un tirón, ya que los puntos de conexión de los orificios de ventilación son zonas en las que se puede rasgar la superficie de caucho. Por lo general, es posible recortar parte del exceso de material antes de sacar la pieza del molde por completo, utilizando una cuchilla afilada para cortar el propio molde.

CÓMO PREPARARSE PARA LA FABRICACIÓN

El equipo de Dame Products destaca dos diferencias principales entre el prototipo de molde impreso en 3D y los moldes que se utilizan en la fabricación de los productos. En primer lugar, el molde de producción está fabricado con metal mecanizado. En segundo lugar, los pernos de alineación se suelen orientar dentro del plano de la línea principal de separación del molde y están diseñados para retraerse dentro y fuera del molde. Esto da como resultado una capa sobremoldeada que no presenta hoyuelos ni agujeros como consecuencia de los pernos de alineación.



Conclusiones

Las técnicas híbridas como la fundición de silicona están aumentando la variedad de materiales con los que se puede imprimir en 3D utilizando materiales y equipos muy accesibles. Puedes utilizar cualquiera de las técnicas de las que hemos hablado en este artículo directamente o emplear elementos de cada una de ellas para crear aplicaciones a medida.

A continuación puedes encontrar variaciones de estos métodos:

1. Si vas a reproducir piezas con detalles estructurales o en la superficie de todas las caras, puedes expandir el método de la bandeja de cubitos de hielo para crear un molde de dos partes con silicona. Nuestro [libro blanco para fabricar moldes de vulcanización a temperatura ambiente \(RTV\) para joyería](#) incluye un buen resumen de esta técnica.
2. Si vas a crear un prototipo de un dispositivo de sujeción o mango, puedes crear un sobremolde parcial en una de las piezas. Como la pieza no va a contar con una encapsulación completa, puede que tengas que añadir elementos adicionales a la geometría que desees conseguir para mantener la capa de silicona en su sitio. Puedes lograrlo utilizando silicona líquida o masilla.
3. Para crear objetos con detalles pequeños y delicados, puedes utilizar el método de fundición a la cera perdida. [Formlabs ha creado un seminario web gratuito en vídeo para enseñarte cómo se lleva a cabo este proceso en el sector de la joyería.](#)

¿Sigues teniendo dudas acerca de cómo utilizar una impresora SLA para crear moldes de silicona? Ponte en contacto con nuestro especialista en soluciones para que te remita a un experto de Formlabs, que estará encantado de responder a tus preguntas.

[Ponte en contacto con nosotros ahora](#)

**Consultas de ventas en
Norteamérica**
sales@formlabs.com
+1 617-702-8476
formlabs.com/es

**Consultas de ventas en
Europa**
eu-sales@formlabs.com
+34 956 00 33 40
formlabs.com

Consultas de ventas internacionales
Encuentra un revendedor en tu región:
formlabs.com/es/company/partners/