

## **Sistemas de moldes para velas**

Sofia Cordero, Nayeli Morocho, Juan Gómez, Jesús Vidal

Ingeniería Industrial

Universidad de Cuenca

Investigación y Desarrollo de Nuevos Productos.

Mgt. Rodrigo Guamán

Ing. Jenny Maritza Rojas Quinde.

25 de noviembre del 2025

## **Introducción**

El proyecto consistió en crear y diseñar una vela que tenga la forma de la cara de una persona del grupo elegido. Para conseguirlo se trabajó en distintas fases: en primer lugar, se creó un modelo 3D de la cara elegida después, se hizo un molde negativo basándose en ese modelo y, por último, utilizando TPU como material principal se imprimió dicho molde en una impresora 3D FLSUN. Debido a su flexibilidad de este material fue elegido porque simplifica el proceso de desmoldeo cuando la cera se endurece.

El objetivo del proyecto fue evidenciar el uso del proceso de diseño en un producto en este caso fue una vela decorativa auténtica, incorporando ideas como modelado digital, elección apropiada de materiales, examen de medidas y tolerancias y técnicas de producción. Se utilizó un método de diseño que hiciera posible planear cada etapa del proceso y conseguir un producto final que fuera seguro, funcional y agradable a la vista. Lo que se intentaba solucionar era cómo hacer una vela con forma uniforme, que fuera estable y segura al encenderse, que tuviera un aspecto visual atractivo y que no presentara deformaciones, burbujas o fallos en el molde a la hora de secarse.

## **Desarrollo**

### **1. Identificación de necesidades**

La necesidad planteada de esta práctica era crear una vela decorativa personalizada, manteniendo los principales rasgos faciales de la persona elegida. Era necesario, para eso, crear un molde que pudiera replicar detalles finos sin poner en riesgo la resistencia o la facilidad de desmoldeo.

Se descubrieron los siguientes problemas:

- Tomar la expresión facial con precisión suficiente, considerando que la cara de la persona elegida fue obtenida a través de una máquina de escaneo 3D, lo cual posibilitó el uso de un modelo realista con una precisión adecuada dentro de las posibilidades de la impresora.
- Garantizar que el molde pudiera doblarse sin que se rompiera.
- Asegurar que al quitar la cera solidificada no se dañe.

Los requerimientos principales del proyecto eran: fidelidad en los detalles, el uso de un molde que fuera resistente sin dejar de ser flexible, dimensiones manejables y seguridad al utilizar la vela. Se tuvieron en cuenta entre las restricciones el tiempo que se tenía disponible, la resolución máxima de la impresora FLSUN y las características térmicas de la cera empleada y del TPU.

### **2. Alcance del proyecto y variables de diseño**

El propósito principal fue crear un molde funcional y apropiado para la producción de una vela personalizada utilizando métodos de impresión 3D y modelado digital. Se establecieron diversos parámetros de diseño para alcanzar este objetivo:

- Las dimensiones finales de la vela, considerando su estabilidad, tamaño y estética.
- Profundidad de los rasgos faciales, para conservar el volumen sin exagerarlo.
- El grosor mínimo de las paredes del molde es esencial para conservar la resistencia y flexibilidad.
- Compatibilidad del TPU con el procedimiento de colado de cera.
- Seguridad estructural, evitando áreas vulnerables que puedan romperse.

También se tuvieron en cuenta restricciones vinculadas con el equipo disponible, las propiedades de la cera y el tiempo de producción. Las variables que se tomaron en cuenta son las medidas, la apariencia general del molde, las características de los materiales y elementos funcionales como la localización del pabito y la facilidad para llenarlo.

### 3. Consideración de mediciones y tolerancias

Se llevaron a cabo varias mediciones en el modelo digital y también en el molde impreso durante el procedimiento. Estas comprendían:

- Altura total de la vela.
- Ancho de la cara.
- Profundidad del relieve.
- Espesor de las paredes del molde.
- Localización y diámetro del canal para el pabito.

Las herramientas utilizadas fueron sobre todo un calibrador para comprobar las medidas de los elementos físicos, una regla milimétrica para verificar aspectos generales y el software de modelado 3D. El calibrador ayudo a la obtención de medidas más exactas en áreas sensibles, y el software permitió verificar las dimensiones antes de imprimir. Estas mediciones garantizan coherencia dimensional, correcta impresión y un desmoldeo adecuado.

Elemento	Medidas	Tolerancia
Altura total de la vela (exterior)	3mm	$\pm 1 \text{ mm}$
Ancho máximo del rostro	2mm	$\pm 1 \text{ mm}$
Profundidad del relieve	3mm	$\pm 1 \text{ mm}$
Grosor mínimo del molde	5 mm	$\pm 1 \text{ mm}$
Diámetro del canal para el pabito	3mm	$\pm 1 \text{ mm}$

Altura del canal de vertido	12 mm	$\pm 1 \text{ mm}$
-----------------------------	-------	--------------------

Estas medidas no solo aseguraron que las dimensiones coincidieran con el diseño, sino que además ayudaron a controlar el comportamiento del molde a lo largo de su utilización. Era preciso garantizar que los espesores mínimos no debilitaran la resistencia del molde cuando se lo doblara para sacar la cera, al utilizar TPU, un material flexible. Además, al sostener un margen de variación apropiado en el canal del pabito y el canal de vertido se previnieron bloqueos y se permitió que la cera fluyera adecuadamente durante el llenado. Como resultado de estas precauciones se evitó que se produzcan grietas, deformaciones o fallos en el funcionamiento de la vela. De este modo, se consiguió un producto final más estable, seguro y ajustado a la intención estética del diseño.

#### 4. Procedimiento del molde

A continuación, se detallan los pasos del proceso:

##### *Paso 1*

**Importación del escaneo 3D en Blender:** Se depuraron las imperfecciones del modelo después de abrir el archivo creado por la máquina de escaneo 3D. Después, se estableció la estructura del molde tomando como base el rostro, definiendo los cortes, los espesores y las uniones que eran necesarios.

##### *Paso 2*

**Preparación del archivo en Ultimaker Cura:** Preparación del archivo en Ultimaker Cura: El modelo finalizado fue exportado e importado en el programa de laminado. Se establecieron aquí los parámetros fundamentales para la impresión.

##### *Paso 3*

**Configuración técnica de impresión:** Configuración técnica para imprimir: Se eligió el material TPU y se modificaron la temperatura, la velocidad, la altura de capa, la densidad del relleno y los soportes para asegurar una impresión que fuera flexible y resistente a la vez.

##### *Paso 4*

**Simulación previa:** Se realizó una vista previa por capas para comprobar posibles errores y confirmar el tiempo previsto, el consumo de material y el peso final del molde.

##### *Paso 5*

**Generación del G-code:** El archivo G-code fue creado y almacenado después de que se validaron los parámetros.

##### *Paso 6*

**Carga del archivo en la impresora FLSUN:** El G-code fue transmitido a la impresora y se acondicionaron tanto el extrusor como la cama de acuerdo con lo que exigía el TPU.

#### *Paso 7*

**Inicio de la impresión 3D:** Se inició el proceso de impresión y se revisaron las capas iniciales, pues son determinantes para la calidad general.

#### *Paso 8*

**Monitoreo del proceso:** Se comprobó que no existieran problemas de adherencia, obstrucciones o desplazamientos mientras se estaba imprimiendo.

#### *Paso 9*

**Retiro del molde:** El molde se retiró con precaución de la cama para impedir que se deformara después de que la impresión acabara.

#### *Paso 10*

**Retiro de soportes y limpieza:** Se efectuó una limpieza general del molde y se eliminaron los soportes generados.

#### *Paso 11*

**Montaje del molde:** Se armaron las piezas, garantizando el cierre apropiado para impedir que la cera se escape.

#### *Paso 12*

**Pruebas con cera líquida:** Por último, se llevaron a cabo pruebas que consistieron en verter cera caliente para confirmar que el molde operara de manera apropiada y que el relieve facial se reprodujera correctamente.

### **5. Boceto preliminar**

Luego de un análisis sobre la mejor manera de fabricar la vela, se determinó que la opción más adecuada era construir un molde de dos piezas elaborado en TPU. Esta elección se basó en que el material ofrece la flexibilidad necesaria para desmoldar sin dañar la vela y proporciona un buen sellado que evita posibles derrames durante el proceso.

A través de este proceso se lograron cumplir los objetivos planteados desde el inicio: reproducir fielmente el modelo original escaneado, obtener un molde fácil de utilizar para la fabricación de la vela, garantizar un acabado limpio en la figura final y permitir la reutilización del molde para elaborar nuevas piezas sin pérdida de calidad.

### **6. Justificación del diseño final**

***Ventajas:***

- Buena precisión dimensional gracias al escaneo 3D.
- Molde flexible gracias al material usado (TPU), que facilita el desmoldeo sin romper o causar algún tipo de daño a la cera.
- Cuenta con un sistema de cierre eficiente que evita filtraciones.
- Posibilidad de reutilizar el molde múltiples veces.

***Requisitos:***

- Respeta la forma original del objeto escaneado.
- Reproduce buenos detalles del objeto escaneado.
- Permite obtener velas uniformes sin burbujas grandes o deformaciones.
- Tiene una muy buena estética.
- Posee un tamaño adecuado, suficiente para optimizar el uso de material tanto en la impresión del molde en TPU como en el consumo de cera durante la elaboración de la vela.

***Funcionamiento general***

1. Derretir la parafina.
2. Colocar el pabilo en la posición correspondiente.
3. Cerrar correctamente el molde.
4. Verter la parafina derretida en el interior del molde.
5. Dejar enfriar el contenido.
6. Esperar a que la parafina se solidifique por completo.
7. Desmoldar cuidadosamente la vela.
8. Realizar las correcciones necesarias para eliminar imperfecciones.

***Materiales usados***

Los materiales utilizados durante todo el proceso, desde el escaneo hasta la producción de la vela, fueron los siguientes:

- TPU para la fabricación del molde, debido a su flexibilidad y moderada resistencia térmica.
- Cera vegetal para la elaboración de la vela, por ser una opción más amigable con el ambiente.
- Pabilo orgánico, empleado como elemento central del producto final.

***Seguridad***

El molde fue diseñado con espesores adecuados (5mm) para evitar rupturas en cualquier etapa del proceso. Además, su flexibilidad permite realizar el desmoldeo sin necesidad de aplicar fuerza excesiva, lo que reduce el riesgo de quemaduras o cortes para el usuario.

**Costos aproximados****Máquina:**

Impresora de TPU: \$ 0,10 por minuto

Horas ocupadas: 4h 50min

**Costo de material:**

TPU: \$ 29,4 por kg

TPU ocupado: 124,42 g

Cera vegetal: \$ 3,50 por Kg

Cera vegetal ocupado: 63 g

Pabito orgánico: \$ 0,30 por unidad

**Cálculo:**

Máquina	Materiales
<b>Impresora 3D</b>  4h*60= 240 min.  240 min. + 50 min. = 290 min.  \$ 0,10*290 min. = \$ 29	<b>TPU</b>  124,42 g /1000 = 0,13 kg  0,13 kg * \$29,4 = \$ 3,82
	<b>Cera vegetal</b>  63 g / 1000 = 0,063 kg  0,063 kg * \$ 3,5 = \$ 0,22
	<b>Pabito orgánico</b>  \$0,30 por unidad
<b>Costos Totales: \$29 + \$3,82+\$0,22+\$0,30 = \$ 33,34</b>	

Se obtuvo un costo total de **\$33,34**, una cifra accesible considerando que incluye el postproceso digital, la fabricación del molde y la producción del producto final. Este costo evidencia que el proyecto es económicamente viable y que la elaboración de velas personalizadas mediante moldes reutilizables de TPU puede realizarse de manera eficiente sin requerir una inversión elevada. Además, el hecho de que el molde pueda utilizarse múltiples veces reduce significativamente el costo por unidad a largo plazo, lo que vuelve el proceso aún más rentable.

## 8. Presentación del producto final

### *Descripción del producto:*

El producto final corresponde a la obtención de una vela con el diseño del objeto escaneado desde el inicio, es decir, el rostro de uno de los integrantes del grupo. Para lograr esta vela personalizada fue necesario seguir varios procesos: el escaneo 3D, el diseño y la fabricación del molde flexible en TPU, y finalmente el vaciado de la cera para formar la vela.

La vela obtenida presenta una alta similitud con la figura escaneada. Sus detalles se encuentran bien definidos y muestran un acabado uniforme, lo que permite identificar claramente a la persona utilizada como modelo.

Características principales	
Proceso de creación	Escaneo 3D-Modelado-Molde TPU-Vaciado de cera
Material del molde	TPU
Material de la vela	Cera vegetal
Tipo de molde	Bipartido, flexible y reutilizable
Acabado de la vela	Detallado y uniforme
Tiempo aproximado de fabricación del molde	4h 50 min
Tiempo aproximado de la fabricación de la vela	1h
Reutilización del molde	Sí, múltiples veces

### *Beneficios para el usuario*

- Producto ecológico.
- Vela con diseño personalizado.



- Acabado limpio y estético.
- Molde reutilizable que permite fabricar varias piezas.

### ***Validación del cumplimiento con lo requerido***

El producto final se validó mediante:

- Comparación entre el modelo escaneado y la vela terminada.
- Prueba de funcionamiento del molde sin derrames.
- Verificación del acabado y detalles de la vela.

### **Conclusión**

La realización de este proyecto permitió comprender de manera integral todo el proceso involucrado en el diseño y fabricación mediante impresión 3D. Se evidenció la importancia de los parámetros de impresión y cómo cada configuración influye en el comportamiento del material y en la calidad final del producto. La fabricación del molde demostró que el uso de TPU en aplicaciones funcionales es viable, siempre que se apliquen ajustes adecuados en la configuración del Slicer. Asimismo, el flujo de trabajo desde el escaneo hasta la impresión final permitió reforzar las competencias del estudiante en modelado 3D, análisis crítico de diseño y resolución de problemas técnicos.

### **Recomendaciones**

- Realizar impresiones de prueba para validar tolerancias antes de fabricar el molde definitivo.
- Reducir la velocidad de impresión para evitar vibraciones o defectos en materiales flexibles.
- Utilizar agentes desmoldantes para prolongar la vida útil del molde.
- Considerar el uso de TPU de mayor dureza para mejorar la estabilidad estructural.
- Documentar todas las configuraciones utilizadas para facilitar futuras replicas.

### **Bibliografía**

Manual de Blender

Autodesk Fusion 360 Documentation

Ultimaker Cura Guides

### **Anexos**



