

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUYO

Secretaría de Investigación y Vinculación Tecnológica

INFORME FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título del Proyecto: Diseño, desarrollo y pruebas de materiales para un insumo y/o envase con estará en contacto con alimentos o bebidas, fabricado mediante el proceso de Impresión 3D con sistema FDM (Filamento Modelado por Deposición)

Director/a: Arévalo, Laura Viviana

Unidad Académica: Facultad de Ciencias Químicas de la Sede San Juan y Facultad Don Bosco de Enología y Ciencias de la Alimentación de la Sede Mendoza

Resolución de Aprobación Nº: 643-C.S.-2025

Período Informado: 2025 - 2026

Fecha de Presentación: 18-03-2026

Sección 1. Identificación y estado general

Denominación del Proyecto: Diseño, desarrollo y pruebas de materiales para un insumo y/o envase con estará en contacto con alimentos o bebidas, fabricado mediante el proceso de Impresión 3D con sistema FDM (Filamento Modelado por Deposición)

Director/a: Arévalo, Laura Viviana

Equipo de trabajo: Kassuha, Diego - Ing. Lucas Pereira, Esp. Silvia Farah, Alumno Renzo Roggerone, Alumna Antonella Ibañez

Unidad Académica: Facultad de Ciencias Químicas de la Sede San Juan y Facultad Don Bosco de Enología y Ciencias de la Alimentación de la Sede Mendoza

Fuente de financiamiento: El financiamiento fue mixto entre la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Provincia de San Juan y la Universidad Católica de Cuyo en el marco del *Programa de Promoción de Nuevos Investigadores Sanjuaninos* PRONIS.

Duración del Proyecto: 1 año

Período informado: 05/2025 al 03/2026

Ejecución presupuestaria

Presupuesto total asignado: \$ 651.700,00

Presupuesto ejecutado: \$ 651.700,00 - Impresora 3d marca Creality, modelo Ender 3V3KE y Filamentos de distintos materiales mencionados en cada ensayo realizado

Porcentaje de ejecución: 100%

Fuente de financiamiento: Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Provincia de San Juan y la Universidad Católica de Cuyo

Observaciones o rendición externa: sin observaciones

Sección 2. Resumen ejecutivo

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal estudiar la implementación de nuevas tecnologías y materiales de manufactura, enfocándose en alternativas sustentables que promuevan la innovación y el cuidado del medio ambiente. La investigación se centró en la manufactura aditiva, específicamente en el proceso de impresión 3D mediante modelado por deposición fundida (FDM), utilizando el software Fusion 360 de Autodesk para el diseño digital.

Se desarrollaron dos líneas de trabajo principales. La primera consistió en la creación de un insumo enológico: un tapón fabricado con Poliuretano Termoplástico 85A (TPU) y polipropileno termopolímero (PPT) diseñado para botellas de vidrio de 750 cc de vino. La segunda línea se enfocó en un insumo para alimentos: un envase para mermelada con tapa a rosca, cuyo exterior fue impreso con terftalato de polietileno glicozilado (PETG) y el interior con ácido poliláctico (PLA).

Los resultados preliminares demostraron la viabilidad técnica de ambos desarrollos. Para los tapones, se determinó que la configuración óptima consistía en 4 paredes de perímetro, 6 capas en base y techo, y un 70% de relleno tipo giroide. Las pruebas en tapadoras manuales arrojaron resultados favorables que justifican la continuidad hacia ensayos industriales. En cuanto a los envases de mermelada, las pruebas resultaron óptimas utilizando PLA con 2 perímetros, 2 capas en base y techo, y 30% de relleno tipo giroide para el exterior, mientras que el interior de PETG se imprimió en modo espiralado. Los ensayos microbiológicos confirmaron la viabilidad para la industria alimentaria, estableciendo un lapso de conservación inicial de dos meses.

Adicionalmente, se realizaron determinaciones de metales pesados mediante espectroscopia de absorción atómica en los filamentos utilizados. Se detectó la presencia de plomo y cromo en el PLA rojo marca 3N3, y plomo, cromo y cadmio en el PLA amarillo grilon. Los demás filamentos no presentaron vestigios de metales pesados, lo que plantea la necesidad de futuras investigaciones sobre la posible migración de estos elementos hacia los alimentos.

Metodología

Las determinaciones de los metales pesados plomo (Pb), cromo (Cr) y Cadmio (Cd) se realizaron en un Espectrómetro de Absorción Atómica Perkin Elmer (Uberlingen- Alemania) PinAAcle 900T, en modo llama con nebulizador estándar. La llama se generó con una mezcla de aire comprimido y acetileno. Para ello se emplearon lámparas de cátodo hueco con emisión en su respectiva longitud de onda listada en la tabla 2 de condiciones de trabajo y rectas de regresión. Todas las determinaciones se realizaron por triplicado, tomando un CV% <5% como aceptable y los valores informados correspondieron a la media aritmética de los triplicados.

Resultados y discusión

La manufactura aditiva, conocida comúnmente como impresión 3d, es un proceso por el cual se crea un objeto físico a partir de un diseño digital, añadiendo material capa por capa.

La manufactura aditiva está compuesta de tres características principales;

1. Se produce un sólido tridimensional mediante la adición de material
2. El objeto se obtiene por superposición sucesiva de capas de material
3. El objeto se crea a partir de un modelo digital

La denominación de manufactura aditiva se utiliza para diferenciarla de los procesos de manufactura convencionales.

Dentro de las tecnologías utilizadas, se encuentran la de sinterización láser selectiva (SLS), la estereolitográfica (SLA) y la de modelado por deposición fundida (FDM). E3D+VET Consortium. (2020). *3D printing technical guide*. Erasmus+ Programme, European Commission.

Los principales componentes de una impresora 3d son el extrusor, por el cual pasa el filamento y es empujado hacia adelante hasta llegar al final del equipo (hotend) y comenzar la creación del objeto sólido tridimensional con el filamento que sale a través de la boquilla.

En el presente trabajo, se han seleccionado 3 materiales que se describirán más adelante en detalle; PETG, PLA, TPU, todo dentro de una gama muy variada de otros tipos de materiales, con características muy variadas, algunos de los cuales son muy interesantes de estudio para aplicaciones alimenticias, pero que necesitan de equipos más sofisticados y condiciones de trabajo más controladas durante su impresión que las disponibles actualmente para el presente proyecto.

El diagrama de flujo completo, desde el concepto del objeto, programas de uso más frecuente y hasta su impresión terminada, puede resumirse de la siguiente manera:

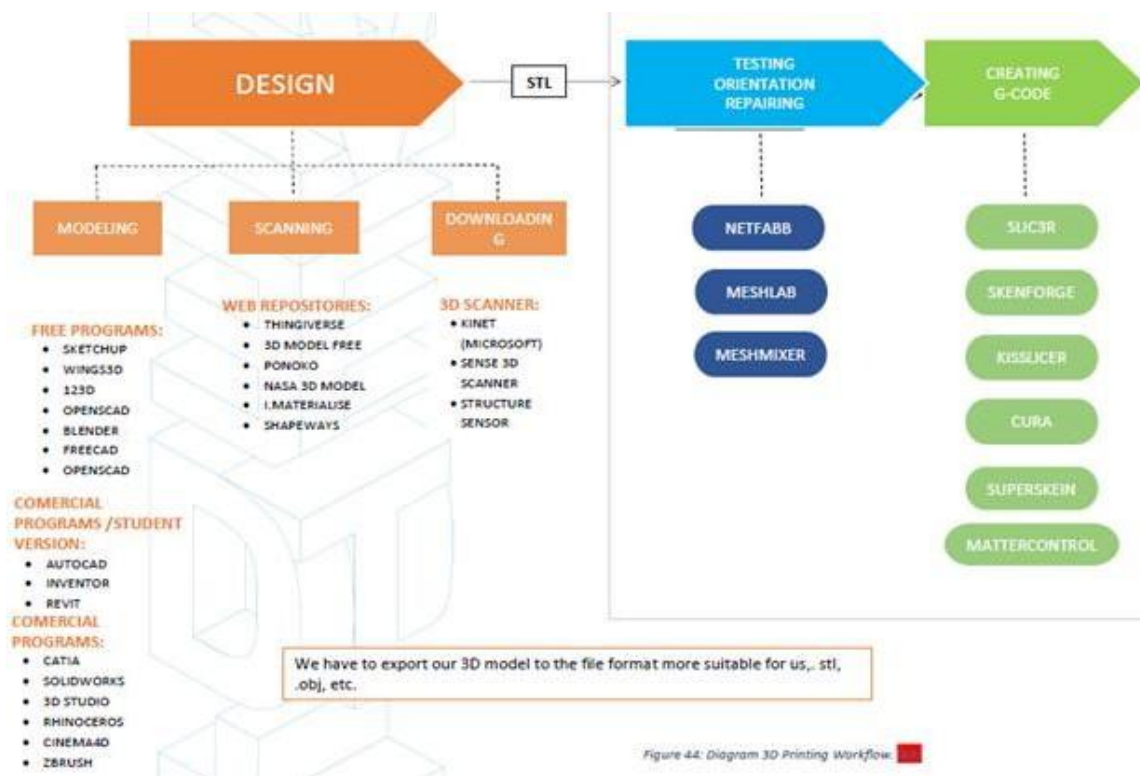


Figura 1 – Diagrama de flujo desde el diseño a la impresión 3d.

Diseño del objeto

Autodesk Fusion ofrece varios espacios de diseño para crear modelos 3D con funciones como modelado, simulación, fabricación, chapas, superficies y áreas de trabajo de malla. Después de seleccionar el área de trabajo adecuada, puede utilizar varias herramientas profesionales para crear formas básicas para la concepción de ideas. Dibujos para documentación de productos, herramientas de malla sólidas para objetos escaneados en 3D, superficies para diseño industrial e incluso modelos de fabricación para el entorno CAM.

Se comenzó el presente proyecto, con un boceto realizado en Fusion 360 de Autodesk, a partir del envase original utilizado para mermeladas en la Obra de Don Bosco, tomando medidas y calculando el volumen de producto a contener, en el caso de la mermelada, y el diámetro de la botella en el caso de los tapones.

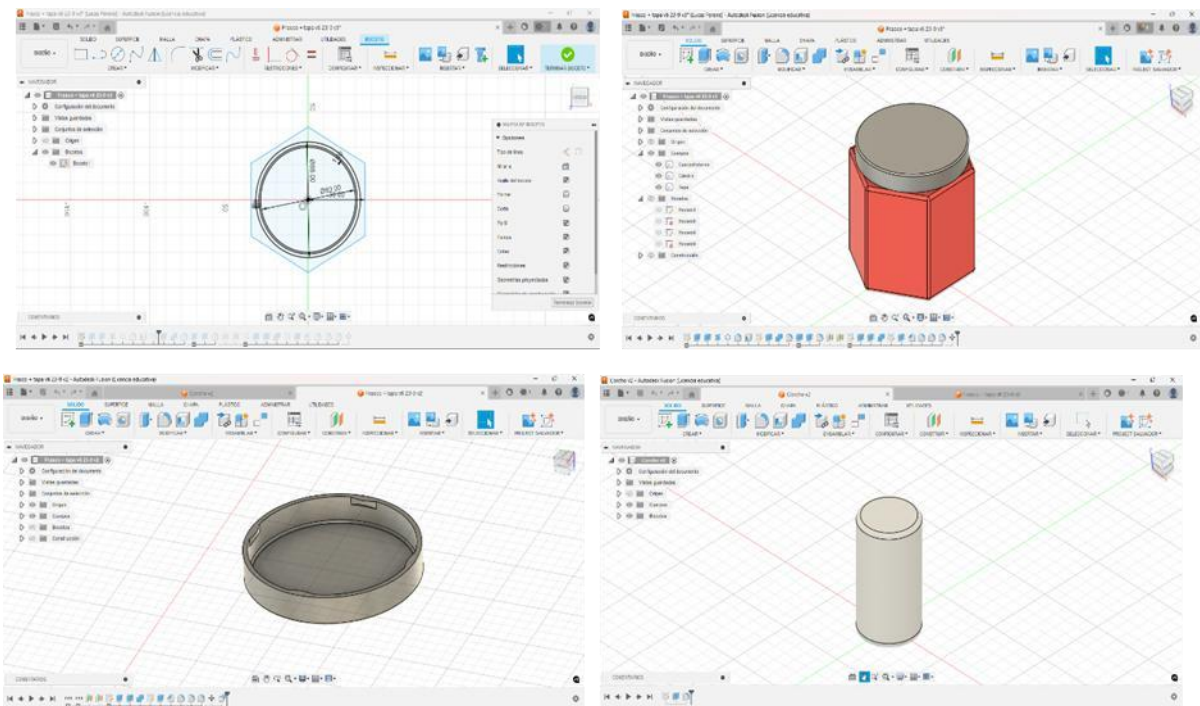


Figura 2 – Diseño en Fusion 360 del envase y del tapón.

Armado y puesta a punto del equipo

La impresora 3d que se adquirió es la Ender 3 v3ke de la marca Creality, con sistema de impresión FDM. El equipo viene pre ensamblado, por lo que hay que armar y conectar algunos cables. Luego se realiza la configuración inicial y posteriormente se debe optimizar los parámetros para la adecuada impresión acorde al material utilizado y a veces dependiendo de la marca utilizada también, ya que los aditivos varían entre ellas y entre los diferentes colores.



Figura 3- Armado y seteo del equipo

Configuraciones iniciales

Una vez preparado el equipo, se procedió a configurar las piezas para imprimir, tal cual se describe en la Figura 2, debe crearse el archivo Gcode para que la impresora pueda proceder a la impresión. Este paso se realizó con el Orca Slicer, ajustando los perfiles precargados, para optimizarlos al tipo de impresión que necesitamos. Cabe aclarar, que se probaron otros laminadores también, el propio de la marca, Creality Slicer y el Ultimaker Cura, pero los parámetros incluidos para este modelo de impresora, resultaron más satisfactorios como punto de partida para las configuraciones en Orca Slicer.

El programa permite la simulación del proceso completo de impresión, lo que facilita advertir cualquier error en la pieza, sin necesidad de gastar material ni tiempo de impresión, además de poder ver el tiempo de impresión y la cantidad de material a utilizar.

Se pueden configurar una gran cantidad de parámetros de diseño, tales como altura de capa (resolución), cantidad de paredes (perímetro), cantidad de capas en base y techo de la pieza, cantidad y forma del relleno, orientación de la pieza, velocidades de impresión entre muchas más configuraciones.

Suele ser difícil conseguir una buena impresión con los parámetros base, ya que éstos dependen de varios factores tales como la marca del material y en algunos casos las condiciones de impresión (ubicación, ambiente), por lo que algunos ajustes específicos se van realizando sobre la marcha, hasta obtener las características deseadas.

Los fabricantes de filamentos, en cada una de sus bobinas, dan recomendaciones de Temperatura de extrusión, Temperatura de la cama y en algunos casos la velocidad máxima recomendada. Hay que tener en cuenta que son parámetros recomendados para cada material y en algunos casos color específicos, y no está tenida en cuenta la impresora a ser utilizada.

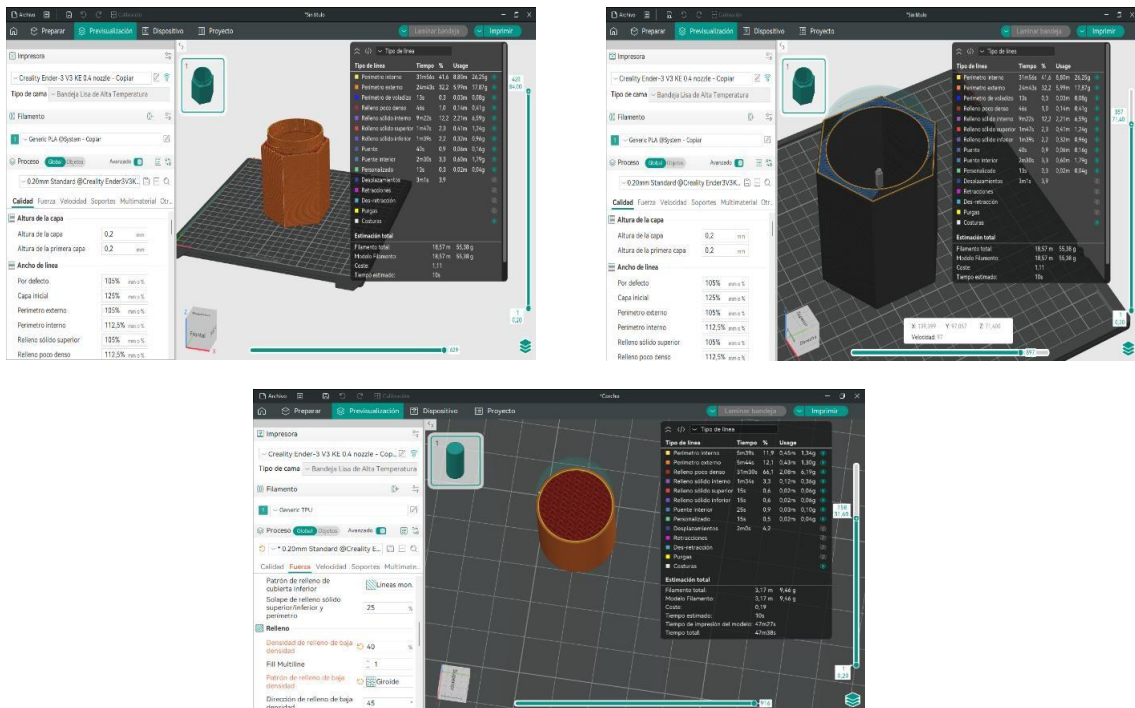


Figura 4 – Configuraciones y laminación - Orca Slicer

Materiales de impresión

Hay dos tipos principales de plásticos:

- Los termoplásticos son el tipo de plástico que más se usa. La principal característica que los distingue de los plásticos termo-endurecibles es su capacidad de soportar numerosos ciclos de fusión y solidificación. Los termoplásticos se pueden calentar y se les puede dar la forma deseada. El proceso es reversible, ya que no se producen enlaces químicos, por lo que es factible reciclar o fundir y reutilizar los termoplásticos. Los termoplásticos se comparan con frecuencia con la mantequilla, que puede derretirse, solidificarse de nuevo y volverse a derretir. Con cada ciclo de fundición, las propiedades cambian un poco.
- Los plásticos termo-endurecibles permanecen en un estado sólido permanente después de su curado. Los polímeros en los materiales termo-endurecibles se entrecruzan durante un proceso de curado inducido por luz, calor o una radiación adecuada. Cuando se calientan, éstos los plásticos se descomponen en vez de fundirse y no vuelven a formarse al enfriarlos, no es posible reciclarlos plásticos, ni revertir el material a sus ingredientes. Un material termoendurecible es como la masa de un pastel, una vez que se hornea no puede volver a convertirse en masa. **Formlabs. (s. f.). Guía de materiales de impresión 3D: tipos, aplicaciones y propiedades.**
<https://formlabs.com/es/blog/materiales-impresion-3d/>

Ácido poliláctico (PLA); es uno de los materiales más utilizados en la impresión 3D por su facilidad de manejo, biodegradabilidad y bajo costo.

Este termoplástico es ideal para aplicaciones como prototipos, piezas decorativas y elementos que no requieren altas resistencias mecánicas o térmicas. Es un material ecológico, ya que se deriva de recursos renovables como el almidón de maíz. Al ser biodegradable, se descompone de manera natural en condiciones adecuadas, lo que lo convierte en una opción preferida para aquellos que buscan reducir su huella ecológica. Sin embargo, es importante mencionar que, aunque es ideal para muchas aplicaciones, no es adecuado para entornos que requieren resistencia térmica o mecánica significativa, lo que limita su uso en ciertas aplicaciones industriales.

Polietileno Tereftalato Glicol(PETG); es un termoplástico ampliamente reconocido en el mundo de la impresión 3D, gracias a su versatilidad y facilidad de uso.

Este material se distingue por su excelente equilibrio entre resistencia, durabilidad y flexibilidad. Su resistencia química superior permite que las piezas fabricadas soporten ambientes agresivos, como la exposición a sustancias químicas y componentes industriales. Su menor propensión a la deformación en comparación con otros termoplásticos, como el ABS lo hace especialmente adecuado para la impresión de piezas grandes o geométricamente complejas, ya que minimiza el riesgo de warping. Asimismo, es conocido por su buena adherencia entre capas, lo que contribuye a la calidad final de las piezas impresas.

Poliuretano Termoplástico 85A (TPU 85A); es un material flexible y elástico ampliamente utilizado en la impresión 3D gracias a su excepcional combinación de resistencia y flexibilidad.

Este material se destaca por su alta resistencia a la abrasión, al desgaste prolongado, a la fricción constante, así como a los aceites, grasas y ciertos productos químicos. Su capacidad para deformarse y recuperar su forma original sin romperse permite la creación de piezas con propiedades elásticas únicas. Es ideal para aplicaciones que requieren flexibilidad y durabilidad, como fundas de protección, juntas, sellos, mangueras y conectores. Además, es perfecto para accesorios deportivos, suelas de calzado y dispositivos de protección. *Manfacter. (s. f.).* Fabricación avanzada bajo demanda. <https://manfacter.com/>

Análisis de metales pesados en los filamentos

Materiales

Para la calibración de los métodos se emplearon estándares Perkin Elmer (1000 mg/L) de cada metal con los cuales se realizaron diluciones para obtener concentraciones en el rango analítico. Las características físicas de las muestras de filamentos se listan en la tabla 1. Previo a su análisis las muestras fueron calcinadas hasta cenizas. Para esto, se pesaron aproximadamente 5,0 g de las mismas, se colocaron en cápsulas de porcelana y llevaron a mufla a un programa de calentamiento progresivo hasta 550 °C. Las cenizas fueron retomadas con HNO₃ y agua ultra pura, filtradas y enrasadas en matraces de 100 mL para luego ser analizadas.

Tabla 1. Características físicas y comerciales de los filamentos usados.

Muestra	Polímero	Color	Marca	Lote	Diámetro (mm)
1	TPU	Verde oscuro	Printalot	000382	1,75
2	TPU	rosado	Printalot	CF9095/1	1,75
3	PETG	transparente	Printalot	001931/3	1,75
4	PLA	Amarillo	Grilon3	01146447	1,75
5	TPU	Negro	Grilon3	01133439	1,75
6	PLA	Rojo (envase)	3N3	01145893	1,75
7	PLA	Verde Flúo	Grilon3	01147604	1,75
8	PLA	Gris plomo	Grilon3	01148264	1,75
9	TPU	Rojo (tapón)	Creality	-----	1,75

Las longitudes de onda empleadas, los rangos de linealidad, límites de detección (LD) y cuantificación (LQ) y datos de las rectas de regresión (pendiente, intercepto y coeficiente de correlación) para cada metal determinado se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Condiciones de ensayo y parámetros de calibración para cada metal.

Parámetro	Longitud de onda (nm)	Rango lineal (ppm)	Pendiente	Intercepto	Coeficiente de correlación (r)	LD (ppm)	LQ (ppm)
Pb	283,3	[0-5]	0,02026	0,00063	0,999642	0,019	0,045
Cr	357,9	[0-3]	0,01265	0,00025	0,999856	0,002	0,005
Cd	228,8	[0-2]	0,23597	0,00233	0,998457	0,003	0,007

Tabla 3. Valores de metales pesados en muestras de filamentos

Muestra	Plomo (g/Kg)	Cromo (g/Kg)	Cadmio (g/Kg)
1	No detectable	No detectable	No detectable
2	No detectable	No detectable	No detectable
3	No detectable	No detectable	No detectable
4	1,04	0,10	0,01
5	No detectable	No detectable	No detectable
6	0,04	0,04	No detectable
7	No detectable	No detectable	No detectable
8	No detectable	No detectable	No detectable

Como se desprende de la Tabla 3, solo las muestras 4 y 6 dieron positivas para restos de Pb y Cr y la 4 además demostró poseer trazas de Cd. Para el resto de las muestras no se detectó la presencia de estos metales en las concentraciones ensayadas.

A excepción de Plomo en la muestra 4 las demás cantidades obtenidas son bajas (0,01 – 0,1 g/Kg) esto indicaría que para los envases ensayados que tienen menores pesos las cantidades serían aún menores.

La presencia de Plomo fue común en colorantes o pinturas antiguos. Los filamentos comunes usados en impresión 3D doméstica por lo general no llevan plomo añadido. Sin embargo, pueden contener trazas muy pequeñas por impurezas en pigmentos o aditivos. Sobre todo los amarillos, naranja y rojos intensos son los que históricamente usaban compuestos de plomo.

Como alternativa podría estudiarse la presencia de algún otro metal o preparar soluciones mas concentradas de los filamentos.

Sería interesante evaluar si parte del contenido de estos metales es capaz de migrar al alimento o bebida que contienen o si hubiera emisión de estas partículas durante el proceso de impresión.

Métodos de impresion Envases para mermeladas

Para esta impresión, se eligieron dos materiales; PLA para el cuerpo externo y tapa en diferentes colores y PETG traslúcido para el cilindro interno en contacto con el producto. El cuerpo se realizó con los siguientes parámetros de impresión:

Temperatura	220°C			
Velocidad	200 mm/s promedio			
PLA (Grilon 3, 3n3, GST, Creality)	Perímetros	Base	Techo	Relleno
	2	2	2	30

El cilindro interno se realizó con los siguientes parámetros de impresión:

Temperatura	240°C
Velocidad	150 mm/s promedio
PETG (Grillon3)	Modo jarrón

Modo jarrón (vase mode-Spiralize Outer contour)

Es un modo especial que poseen los diferentes laminadores, donde la pieza se realiza en una única pared, sin relleno, en una espiral de forma ascendente y sin capas superiores, solamente con base.

Este método permite la impresión de manera diferente al laminado tradicional, ya que no se van apilando las capas de impresión unas sobre otras sino que en su lugar, la boquilla realiza una impresión a una sola pared de manera continua en un patrón circular u ovalado. Esto permite impresiones más rápidas y con menor consumo de material, pero lógicamente entrega piezas menos resistentes y con geometrías limitadas.

Las capas se van fusionando entre sí, de manera más lenta, lo que permite una mejor adhesión entre ellas.

Por todas estas razones, se decidió esta configuración para los cilindros internos del envase de mermelada, fabricados en PETG.

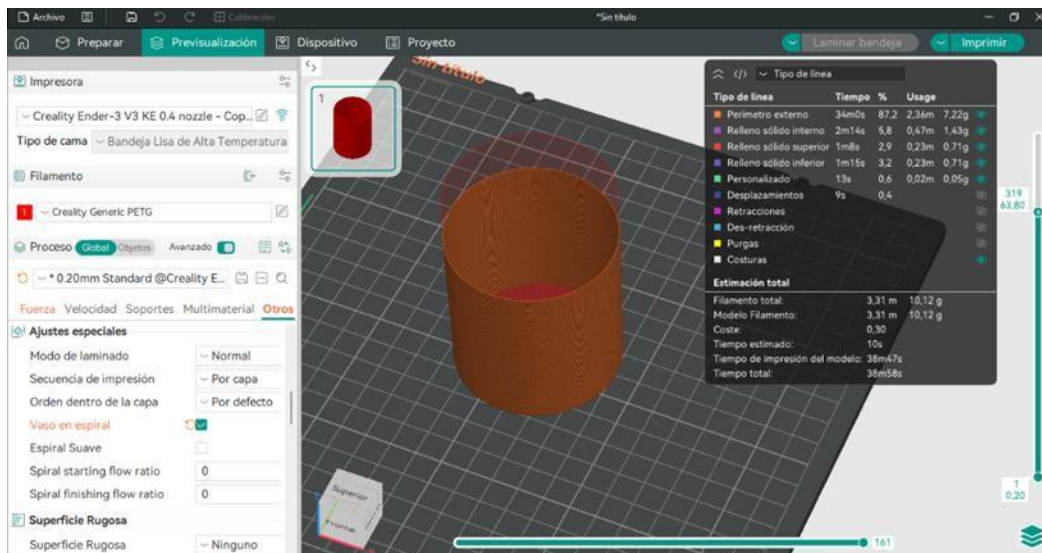


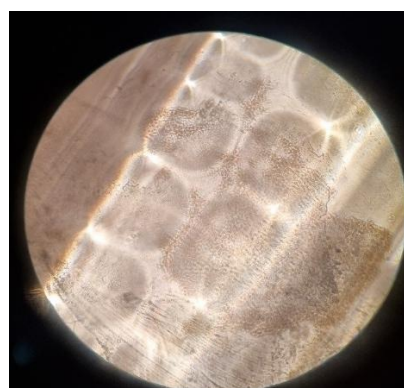
Figura 5: Modo jarrón (vase mode-Spiralize Outer contour) en Orca Slicer

Estructura interna del envase del alimento

Por otro lado, se analizó la estructura del cilindro interno de PETG del envase para mermelada, utilizando diferentes objetivos del microscopio;



a)



b)

Figura 6: Estructura del cilindro de PETG impreso en “modo jarrón” del laminador. Corte realizado sobre el lateral. a) Objetivo de 5x . b) Objetivo de inmersión de 100x

Este cilindro interno, que es el que va en contacto con la mermelada, del análisis de la Figura 15, en la imagen a, se observan puntos de color debido a que el envase estuvo en contacto con mermelada durante 1 mes aproximadamente y, principalmente de la imagen b, donde se puede ver en detalle la microestructura de la pieza, pueden obtenerse varias conclusiones;

1. Excelente adhesión entre capas, sin delaminación. Indica temperaturas adecuadas de impresión.
2. Ausencia de grietas microscópicas, lo que indica tensiones internas homogéneas durante la impresión.
3. Poca porosidad, material en buen estado, sin humedad relevante.
4. Textura regular, lo que indica flujo estable, sin pulsos durante la extrusión del material. Buena selección de la velocidad de impresión
5. Brillo homogéneo, indica estabilidad térmica, cristalización uniforme, se conoce como “sweet spot” el compromiso entre estabilidad dimensional y brillo de la pieza.
6. Ausencia de partículas extrañas, indica una boquilla limpia y buen control de temperaturas.
7. Curvatura regular del material, esto indica un buen control de presión por parte de la boquilla, buen ajuste de la misma, evitando micro vibraciones (ajuste de aceleraciones del cabezal).

Ensayos adicionales: envase para mermelada

Cabe destacar, que la mermelada de pera utilizada corresponde a una elaboración realizada por los Alumnos de tercer año de la cátedra de Bromatología de la carrera de Licenciatura de Enología e Industria Frutihortícola, de la Facultad de Enología y Ciencias de la Alimentación, con la coordinación de la docente Brom. Verónica Moreno llevada a cabo en la Fábrica piloto de elaboración de conservas de la Obra Don Bosco.

Se realizó acorde al Código Alimentario Argentino, Capítulo X, Art.810. La elaboración fue llevada a cabo según el diagrama de flujo detallado en Figura 7

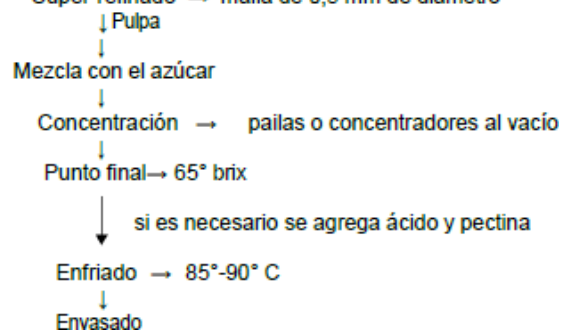


Figura 7: Elaboración de mermelada en la Facultad Don Bosco
 Para la elaboración, se utilizaron las siguientes especificaciones.

- pulpa de pera: por cada 1 kg de pulpa de pera, se agrega 1 gramo de ácido cítrico; este agregado tiene la finalidad de poder ajustar el pH de la mermelada.
- azúcar 750 gramos por kilo de pulpa de pera, °Brix final; 65-67
- envasado en frascos de vidrio de 3kg

Luego se procedió al envasado en los envases impresos mediante las condiciones de esterilidad que se establecieron para el presente estudio.



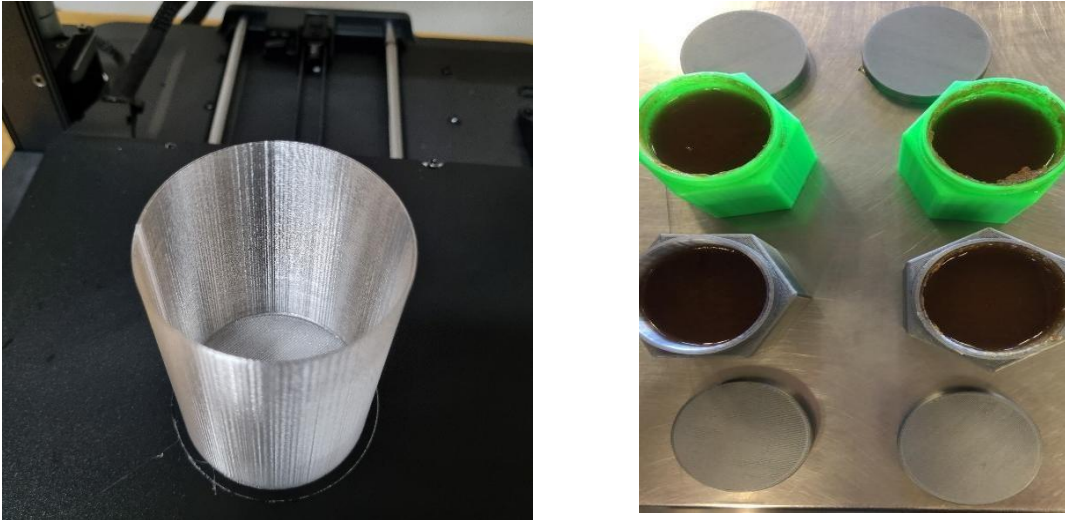


Figura 8: Frascos de mermelada impresos en 3d, cuerpo, tapa, cilindro interior y luego del llenado con mermelada de pera

Fraccionamiento de Mermelada en el envase de impresión 3d

Los envases cumplen un rol fundamental en la protección microbiológica de los alimentos. En productos de alta concentración de azúcares, como las mermeladas, si bien el crecimiento microbiano se encuentra limitado, la contaminación superficial del envase puede representar un riesgo para la inocuidad del alimento.

La impresión 3d surge como una tecnología innovadora en el desarrollo de envases personalizados; sin embargo, sus características estructurales, como la rugosidad superficial, podrían favorecer la retención microbiana.

En el presente estudio se plantea como objetivos evaluar la aptitud microbiológica de envases de mermelada fabricados mediante impresión 3D, por ello se realizan los siguientes análisis:

*Bacterias aerobias mesófilas (BAM)- Procedimiento según ICMSF – 2000.

*Hongos-Levaduras (HL)- Procedimiento según APHA 2001. Capítulo 20

Se tuvieron en cuenta las siguientes variables de conservación:

- tiempo (15, 20, 30 y 60 días),
- temperaturas: ambiente (20°C - 25°C), refrigeración (4 - 8°C), estufa (40°C),
- en oscuridad
- colores externos

Además, determinar la eficacia del procedimiento de limpieza y sanitización realizada al envase vacío, aplicando le mismo método químico (agua oxigenada al 0.5% y alcohol al 70%), verificándolo con los mismos análisis microbiológico, BAM y HL.

Las condiciones para evaluar el desarrollo microbiano es el siguiente:

- | | | |
|-------------|---------------|----------------------------------|
| • Testigo | Tapa Plástica | Temperatura Ambiente |
| • Rojos | Tapa Plástica | Temperatura Ambiente |
| | Tapa Plástica | Temperatura Estufa |
| | Tapa Metálica | Temperatura Ambiente |
| • Amarillos | Tapa Plástica | Temperatura Ambiente |
| | Tapa Plástica | Temperatura Ambiente y oscuridad |
| | Tapa Metálica | Temperatura Ambiente |
| • Verde | Tapa Metálica | Temperatura Ambiente |
| • Gris | Tapa Plástica | Temperatura Ambiente |
| | Tapa Plástica | Temperatura Refrigeración |



Figura 9: a) siembra en placas b) colocación en estufa de cultivo

A continuación, se muestran los resultados obtenidos;

Tabla 1: Recuento total de Hongos y levaduras

Envases	Tapa	condición	Resultados			
			5/11/2025	20/11/2025	28/11/2025	03/03/2026
Testigo	Plástica	Ambiente	<10	<10	<10	<10
Rojos	Plástica	Ambiente	<10	<10	<10	<10
	Plástica	Estufa	<10	<10	<10	<10
	Metálica	Ambiente	<10	<10	<10	<10
Amarillos	Plástica	Ambiente	<10	<10	<10	<10
	Plástica	Ambiente y oscuridad	<10	<10	<10	<10
	Metálica	Ambiente	<10	<10	<10	<10
Verde	Metálica	Ambiente	<10	<10	<10	<10
Gris	Plástica	Ambiente	<10	<10	<10	<10
	Plástica	Refrigeración	<10	<10	<10	<10

Tabla 2; Recuento total en Bacterias aerobias mesófilas

Envases	Tapa	condición	Resultados			
			5/11/2025	20/11/2025	28/11/2025	03/03/2026
Testigo	Plástica	Ambiente	<10	<10	<10	<10
Rojos	Plástica	Ambiente	<10	<10	<10	<10
	Plástica	Estufa	<10	<10	<10	<10
	Metálica	Ambiente	<10	<10	<10	<10
Amarillos	Plástica	Ambiente	<10	<10	<10	<10
	Plástica	Ambiente y oscuridad	<10	<10	<10	<10
	Metálica	Ambiente	<10	<10	<10	<10
Verde	Metálica	Ambiente	<10	<10	<10	<10
Gris	Plástica	Ambiente	<10	<10	<10	<10
	Plástica	Refrigeración	<10	<10	<10	<10

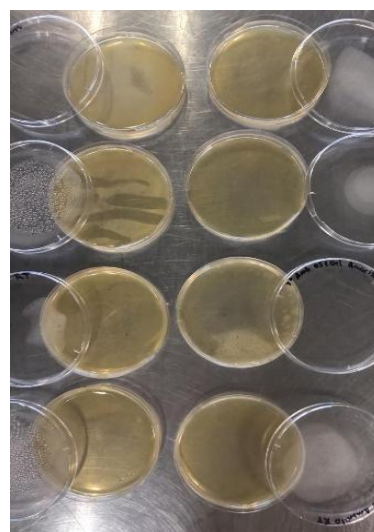


Figura 10: Resultados de recuentos de Hongos y Levaduras y de Bacterias

Tapón para vino

Se realizaron los ensayos de tapado con tapadora manual, disponible en la Bodega Don Bosco, que data de más de tres décadas.

Se realizaron pruebas preliminares, con diferentes configuraciones de tapones en el laminador, para luego proceder con las que arrojaron mejores resultados, teniendo así una base de configuraciones que se observó mejor comportamiento, para iniciar con las pruebas generales.



Figura 11; a) Ingreso del tapón y compresión. b) Ingreso al cuello de la botella. c) Vista superior luego del tapado. d) Vista lateral del tapón dentro de la botella.

Luego de definir 4 diferentes configuraciones iniciales para los tapones, dos para cada marca comercial, se procedió a imprimir seis tapones de cada uno para realizar las pruebas definitivas. Se probaron las siguientes configuraciones de impresión:

Tabla 3: Configuraciones de impresión

	Perímetros	Base	Techo	Relleno	Diámetro
TPU (Printalot)	2	4	4	80	21
(rosa, verde)	2	4	4	70	21
Simpliflex (Grilon3)	2	4	4	40	21
(negro)	2	4	4	30	21

Estructura interna del tapón

Se realizaron cortes laterales en diferentes tapones para ser observados con la lupa y analizar su comportamiento luego de ser tapados.

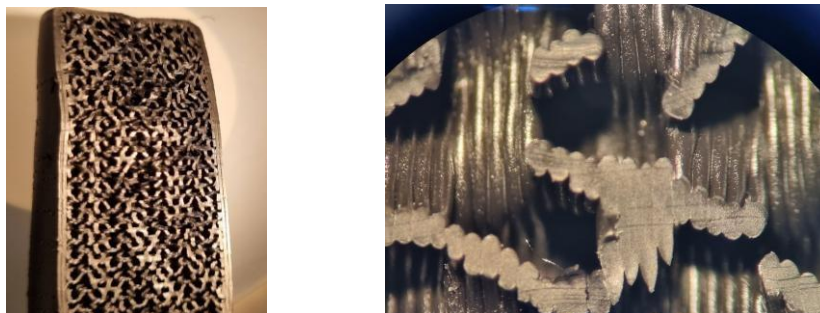


Figura 12: Estructura del relleno de los tapones de TPU

Luego se utilizaron diferentes objetivos del microscopio para observar la estructura interna en detalle

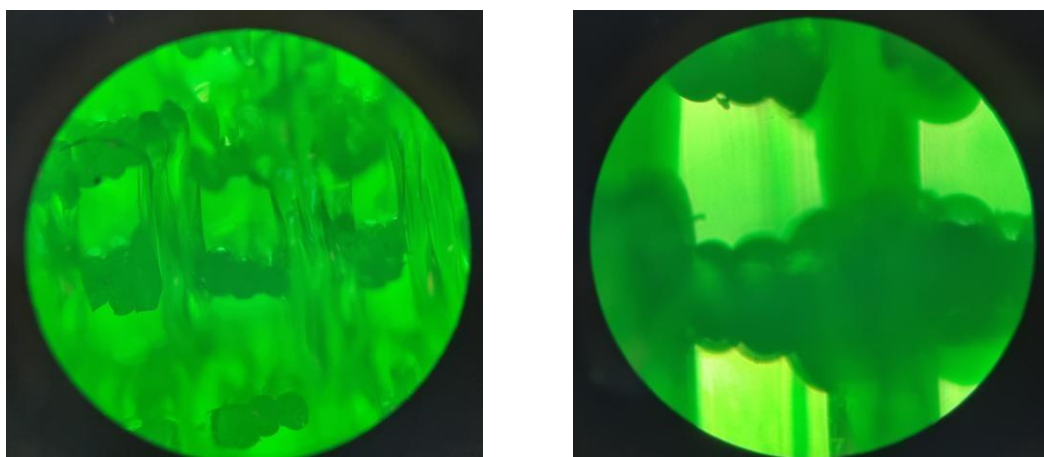


Figura 13: Estructura del relleno de los tapones de TPU; a) objetivo de 5x. b) Objetivo de 40x.

Del análisis de la Figura 14, pueden obtenerse varias deducciones:

1. El relleno tipo giroide permite que el objeto sea macizo sin perder flexibilidad, caminos continuos de material, sin aristas o puntos de fatiga lo que permite mejor distribución de los esfuerzos y menor anisotropía de la pieza.

2. La interfaz es suave y ondulada entre una capa y otra, con ausencia de grietas y delaminación
3. Posee una adhesión entre capas excelente debido a que este material posee un módulo elástico bajo en el fundido y tiende a aplanarse y fusionarse mejor al ser extruido, en comparación al PLA y PETG.
4. Las columnas se observan claras y continuas, lo que demuestra flujo estable y continuo y un buen control del extrusor.
5. Se observa una interconexión en la red y ausencia de “islas” de relleno. Esto indica una impresión general de muy buena calidad.

Resultados preliminares en Tapones

Si bien algunos de los resultados fueron satisfactorios desde un punto de vista mecánico, el tapón tiende a plegarse, evidencia de que posiblemente existe un sobrante de material y se termina colapsando y plegando sobre si al momento de ingresar a la botella.

Por otro lado, también se observó una presión desigual por parte de la tapadora, ya que la misma posee dos rodillos laterales que ejercen presión para comprimir el tapón previo al ingreso al cuello de la botella, únicamente realizando presión en este sentido.

En algunos casos, también se observó un levantamiento en la parte superior del tapón, como consecuencia de la presión ejercida en el cierre.

Figura 14: Pliegues del tapón luego del ingreso al cuello de la botella



Se realizaron nuevas configuraciones en el laminador, para modificar la estructura del tapón, utilizando los siguientes parámetros:

Tabla 4: configuraciones de impresión modificadas

	Perímetros	Base	Techo	Relleno	Diámetro
TPU (Printalot)	4	6	6	80	20.5
	4	6	6	70	20.5
	6	6	6	80	20.5
	6	6	6	70	20.5
TPU (Creality)	4	4	4	70	20.5
(Rojo)	4	6	6	70	20.5
	4	6	6	70	21.5
Simpliflex (Grilon3)	4	6	6	30	20.5
	6	6	6	30	20.5
	4	6	6	40	20.5
	6	6	6	30	20.5

Con estos nuevos ajustes, se obtuvieron mejores resultados, principalmente con el refuerzo en paredes y en la base y techo del tapón.

También se observó que la reducción de 0.5mm en el diámetro resultó en un mejor resultado al momento del ingreso del tapón en el cuello de la botella.

Los rodillos que comprimen el material, también revisten un carácter importante en el comportamiento del material, ya que solamente realizan la presión desde los laterales, y, al ser anisotrópica la pieza resultante de una impresión FDM, es un factor a tener en cuenta en este tipo de tapadora. Principalmente con el material de Grilon3, el Simpliflex, se acentúa esta característica debido a que se trata de un material menos elástico que el TPU de Printalot. Cabe aclarar que en este punto, se probó una marca diferente de TPU, de las marca Creality, que posee aparentemente mejores propiedades mecánicas que las probadas hasta ahora, como así también se observa una mejor adhesión entre capas posterior a la impresión.



Figura 15: a) Ingreso del tapón y compresión. b) Vista superior luego del tapado. c) Vista lateral del tapón dentro de la botella.

Teniendo en cuenta que el envasado y conservación de la calidad del vino, presenta una relación directa e importante con el tapado de la botella, por ello se procedió a realizar una serie de análisis físico-químicos, llevados a cabo en colaboración por el Lic, Damián Sanchez Mantica y una evaluación sensorial también llevada a colaboración por la Enóloga Lic. Florencia Martinez, ambos transmitieron sus aportes desde la experiencia en procesos vitivinícolas; llevaron a cabo los mismos al iniciar y al finalizar el estudio, considerándolos solo como un muestreo orientativo y principiante, dejando la puerta abierta para una profunda y específica investigación respecto al comportamiento de este insumo frente a los requerimientos de la industria.

Ambos profesionales, detectaron un lineamiento directo de degradación en general, pero partiendo de una calidad inicial del vino que ya presentaba condiciones comprometidas en su elaboración, correlacionándose con los análisis físico químicos efectuados, por ello las conclusiones desde el punto de vista analítico se plasmas desde la comparación frente a la muestra envasada que da inicio a la investigación.

Los parámetros analizados, las técnicas analíticas empleadas, el principio del método utilizado y la referencia normativa correspondiente a la OIV Organización Internacional del Vino, se detalla en Anexo 1.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla 5: Resultados de los 18 parámetros analizados en las botellas de vino tapadas con tapones de impresión 3d y la muestra testigo tapada con tapón de corcho tradicional

Fecha	Año de Cosecha	TIPO	ALCOHOL DEFINITIVO	EXTRACTO DEFINITIVO	DENSIDAD DEFINITIVO	AZUCAR DEFINITIVO
5/12/2025	2025	TTO	12,92	31,6	0,9935	2,46
5/3/2026	2025	Testigo	12,99	31,45	0,9933	3,18
5/3/2026	2025	m1	12,99	31,24	0,9932	3,02
5/3/2026	2025	m2	13,02	30,58	0,9928	2,9
5/3/2026	2025	m3	12,99	31,37	0,9932	3,02
5/3/2026	2025	m4	12,95	31,22	0,993	3
5/3/2026	2025	m5	12,98	31,18	0,9932	3,01

Continuación:

ACIDEZ TOTAL DEFINITIVA	ACIDEZ VOLATIL DEFINITIVA	PH DEFINITIVO	Anh. Sulf. Libre (mg/l)	Anh.Sulf.Total (mg/l)	D.O.420	D.O.520
4,76	0,65	3,71	22	70	0,276	0,377
5,28	0,9	3,71	23	38	0,292	0,377

5,5	0,98	3,71	22	38	0,318	0,412
6,02	1,51	3,74	13	36	0,347	0,443
5,49	0,98	3,7	15	32	0,331	0,415
6,67	1,91	3,73	13	38	0,353	0,457
5,48	0,96	3,71	18	38	0,294	0,387

Continuación:

Intensidad Colorante	Matiz	Índice color	D.O.620	IPT	Ac. Tartarico (g/l)	Turbidez (NTU)
0,654	0,732	893,008	0,099	46,7	2	5,08
0,67	0,774	865,228	0,099	62,6	1,8	14,3
0,73	0,773	944,66	0,114	62,1	1,9	25,8
0,79	0,783	1009,664	0,139	54,8	1,1	47
0,75	0,799	934,015	0,117	62,3	1,9	25
0,81	0,771	1050,531	0,141	57	1,6	45,3
0,68	0,76	895,275	0,099	61,8	1,8	13,1

Referencias de muestras de vinos analizadas, en la Tabla 5 denominados en la columna "TIPO", se identifican de la siguiente manera:

- **TTO** corresponde al vino tinto envasado el primer día, con el tapón estándar utilizado para este tipo de envasado, utilizado como primer testigo.
- **Testigo**, corresponde a las mismas condiciones, pero almacenada 3 meses inmediatamente luego de ser tapada.
- **m1** corresponde a Tapón elaborado con TPU de la marca Creality. Con diámetro de 20,5 mm, 4 perímetros, 6 capas de piso y techo y relleno Giroide de 70%.
- **m2** corresponde a Tapón elaborado con TPU de la marca Grilon3. Con diámetro de 21 mm, 2 perímetros, 4 capas de piso y techo y relleno Giroide de 30%.
- **m3** corresponde a Tapón elaborado con TPU de la marca Printalot. Con diámetro de 20,5 mm, 4 perímetros, 6 capas de piso y techo y relleno Giroide de 70%. Esta muestra en particular, no se realizó la colocación del tapón en la Facultad, se realizó en otra tapadora manual personal.
- **m4** corresponde a Tapón elaborado con TPU de la marca Printalot. Con diámetro de 20,5 mm, 4 perímetros, 6 capas de piso y techo y relleno Giroide de 70%.
- **m5** corresponde a Tapón elaborado con TPU de la marca Grilon3. Con diámetro de 21 mm, 2 perímetros, 4 capas de piso y techo y relleno Giroide de 30%.

A partir de los resultados obtenidos, se pueden obtener datos parciales tomando en cuenta las variaciones arrojadas:

Tabla 6: comparativa con los mejores resultados físico químicos en vino

Parámetro	Testigo	m1: TPU Rojo Creality- 20.5 -4-6-6-70%	m3:TPU rosa Printalot 20,5 -4-6-6-70%	m5: TPU Negro-Grilon-21 -2-4-4-30%	Interpretación
Alcohol (% v/v)	~13	~13	~13	~13	No hay diferencias tecnológicas
IPT	62,6	62,1	62,3	61,8	Prácticamente iguales
Intensidad colorante	alta	alta	alta	alta	Buena extracción en todos
Turbidez (NTU)	14,3	25,8	25	13,1	TPU Grilon Negro más limpio
pH	similar	similar	similar	similar	Sin impacto del tratamiento
Acidez total	similar	similar	similar	similar	Perfil ácido estable
Anh. Sulf. Libre (mg/l)	23	22	15	18	m1 con comportamiento análogo al testigo

Como valores a destacar de la comparación integrada se observa:

- los resultados más próximos a la muestra testigo se obtuvieron con las muestras m1, m3 y m5.
- los resultados referentes al anhídrido sulfuroso libre, el cuál refiere directamente al ingreso de oxígeno en la botella, corresponde a la muestra m1 demostrando un cierre equivalente al tapón testigo, el cual corresponde a TPU de la marca Creality.

Sección 3.1. Cronograma y objetivos

Objetivo específico	Actividades planificadas	Actividades ejecutadas	% de avance	Evidencias / Comentarios / desvíos
Diseño y desarrollo técnico de un tapón para una botella de vino de 750cc.	Investigación bibliográfica, compra de equipo, experiencia práctica de diseño e impresión, ensayos con vino.	Compra de impresora Creality Ender 3V3KE, diseño en Fusion 360, impresión con TPU y PPT, pruebas preliminares en tapadoras manuales.	100%	Evidencia: Prototipos de tapones, análisis microscópico de estructura interna (relleno giroide). Desvío: Limitaciones mecánicas con tapadoras manuales.
Diseño y desarrollo técnico de un envase una mermelada de 250cc tapa rosca	Investigación bibliográfica, experiencia práctica de diseño e impresión, ensayos con alimento.	Diseño en Fusion 360, impresión de cuerpo externo en PLA y cilindro interno en PETG (modo jarrón).	100%	Evidencia: Prototipos de envases, análisis microscópico de adhesión entre capas.
Determinación físico-química: prueba de sesión a ambos productos.	Análisis físico-químicos de los ensayos planteados.	Análisis de metales pesados (Pb, Cr, Cd) en filamentos mediante espectroscopia de absorción atómica.	100%	Evidencia: Tablas de resultados de metales pesados. Se detectó Pb y Cr en filamentos PLA pigmentados.
Ensayos de permeabilidad en ambos productos	Análisis físico-químicos de los ensayos planteados.	Análisis de 18 parámetros físico-químicos en vino envasado con tapones 3D vs muestra testigo.	100%	Evidencia: Tabla de resultados comparativos. Se observó lineamiento de degradación general.
Determinación microbiología: análisis de recuento total de Hongos/levaduras, a la mermelada.	Análisis microbiológicos de los ensayos planteados.	Ensayos microbiológicos en envases de mermelada.	100%	Evidencia: Resultados considerados óptimos, garantizando lapso de conservación de dos meses.

Evaluación sensorial de ambos productos mediante panel sensorial de alumnos de la carrera Sommelier.	Análisis sensoriales de los ensayos planteados.	Evaluación sensorial del vino llevada a cabo en colaboración con la Enóloga Lic. Florencia Martinez.	100%	Comentario: Muestreo orientativo y principiante debido a la calidad inicial comprometida del vino.
Transversal a todos los objetivos	Formación inicial: capacitación a los integrantes del proyecto.	Capacitación "Introducción a la Impresión 3D" (11/2025), desarrollo de dos tesinas de grado.	100%	Evidencia: Participación activa de alumnos Enzo Roggerone y Antonella Ibañez.
Transversal a todos los objetivos	Publicación de los resultados.	Participación en Jornada de Investigación UCCuyo (28/10/2025).	100%	Comentario: Se proyecta capacitación teórico-práctica para abril-mayo 2026.

Sección 3.2. Producción y transferencia

Artículos publicados: Sin Publicaciones por el momento

Ponencias y congresos: Participación en Jornada de Investigación UCCuyo (28/10/2025).

Productos tecnológicos (aplicaciones, tableros, informes): Prototipos funcionales de tapones enológicos en TPU y envases para mermelada con estructura dual (exterior PLA, interior PETG).

Formación de recursos humanos (tesis, becarios, estudiantes): El proyecto contribuyó significativamente a la formación de recursos humanos, destacándose el desarrollo de dos tesinas de grado: - Tesina del alumno Enzo Roggerone, bajo la dirección del Ing. Lucas Pereira. - Tesina de la alumna Antonella Ibañez, bajo la dirección de la Lic. Laura Arévalo. Ambos alumnos participaron activamente en todas las etapas del proceso de puesta a punto de la impresora 3D y en la realización de ensayos experimentales.

Actividades de divulgación: Se ha planificado la participación futura en Actividades y/o Jornadas de investigación e innovación. Asimismo, se dictará una capacitación teórico-práctica titulada "Impresión 3D en la Industria enológica y alimentaria", programada para los meses de abril-mayo de 2026.

Conclusiones y proyecciones

En cuanto al desarrollo y conocimiento de la tecnología de impresión utilizada, impacta directamente en la calidad de la pieza, en la amplitud de materiales que pueden ser utilizados como así también de los tiempos de impresión finales.

Con respecto a los insumos, las diferentes marcas también presentan variaciones en los aditivos empleados durante la fabricación de los filamentos que van en las bobinas, como así también la tecnología utilizada en el bobinado.

Ambas características de la presente tecnología en estudio, implican que deban configurarse algunos de los parámetros de impresión en el Slicer como temperaturas, retracciones, velocidades, y otras variables, cada vez que se realiza alguno de estos cambios.

Y destacable a considerar la curva de aprendizaje propia del equipo, del operador y del proceso general de impresión ya que resulta indispensables a la hora de la toma de decisiones de parámetros, ensayos y demás consideraciones, que merecen sus tiempos para conocer los límites de funcionamiento del equipo y las configuraciones de impresión que mejor se adaptan a las piezas necesarias.

Respecto a los envases para la mermelada, a partir de las condiciones de impresión 3D y de los resultados microbiológicos obtenidos se concluye que los envases logrados en los materiales investigados, específicamente impresos con PLA constituyen un factor determinante ya que no se produjo un desarrollo microbiano, por lo que pueden considerarse microbiológicamente aptos, siempre que sean sometidos a un adecuado proceso de limpieza y sanitización.

Las conclusiones se consideran óptimas, generando una viabilidad concreta a desarrollar para la industria de alimentos, quedando para investigaciones posteriores la definición del rango máximo de conservación de la mermelada, completando la investigación con las pruebas de cesión respectivas, para concluir con la aptitud final de consumo.

En cuanto a los Tapones impresos para botellas de vino hay varios aspectos a considerar, respecto a la impresión propiamente dicha se destaca el desempeño del impreso con TPU de la marca Creality, que con la configuración de 20.5 mm de diámetro, 4 paredes de perímetro, y 6 capas en el piso y techo de la estructura, se comportó de manera análoga al cierre provisto por el tapón original; respecto a la metodología de tapado, es fundamental continuar con los ensayos en una tapadora tipo industrial para ratificar o rectificar los ensayos hasta el momento realizados, ya que es de vital importancia llevar los ensayos a escala industrial para asegurar que se pueden utilizar en las condiciones óptimas de tapado para garantizar el almacenamiento del producto; en cuanto al descorchado presentó inconvenientes luego de los 60 días de tapado, ya que en la mitad de los ensayos fue muy costoso el mismo, superando la fuerza de extracción normal de un tapón se encuentra generalmente entre 20 y 40 kgf., esto también amerita un estudio superior en el revestimiento que podría adaptarse al tapón seleccionado.

En cuanto a la investigación del tapón referente a los ensayos de permeabilidad, transferencia de oxígeno, determinación de vacío, etc. se consideran como acciones a futuro de relevancia, además de llevar a cabo pruebas de cesión de monómeros, todos éstos parámetros permitirán definir la aptitud y viabilidad de uso como una alternativa de la industria vitivinícola, permitiendo así disponer del insumo dentro de la misma empresa, destacando ventajas comerciales, constituyéndose como sus mismos proveedores con

posibles costos menores, disminución de tiempos de entregas y personalizaciones de colores, factores también considerados potenciales diferenciadores ante las innovaciones que nos demandan los tiempos presentes.

Limitaciones del estudio: Las principales limitaciones radicarón en la infraestructura tecnológica disponible. El uso de impresoras 3D de nivel inicial restringió la posibilidad de experimentar con materiales más avanzados que requieren condiciones de extrusión y ambiente altamente controladas. Asimismo, las pruebas de tapado se vieron limitadas por el uso de tapadoras manuales que ejercen presión lateral desigual, lo cual no refleja fielmente las condiciones de un proceso de envasado industrial automatizado.

Finalmente, si bien la calidad inicial del vino utilizado para las pruebas no fue el óptimo de acuerdo a los ensayos físico-químicos realizados, se requieren de mayor cantidad de análisis específicos para taponos de vino, que brinden la confiabilidad del uso, como parte fundamental en la evaluación precisa del impacto sobre la conservación del producto.

Proyecciones futuras (2025–2030): A corto plazo, se proyecta la realización de una capacitación teórico-práctica sobre “Impresión 3D en la Industria enológica y alimentaria” (abril-mayo 2026). Como líneas de investigación futuras, resulta imperativo desarrollar estudios específicos sobre la migración de metales pesados y la cesión de monómeros residuales desde los envases impresos hacia los alimentos. Asimismo, se sugiere la realización de ensayos con tapadoras de tipo industrial y la utilización de vinos en óptimas condiciones para evaluar con mayor precisión la aptitud enológica de los taponos desarrollados. [FALTAN PROYECCIONES INSTITUCIONALES A LARGO PLAZO 2025-2030]

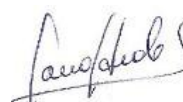
Impacto y proyección final

Relevancia académica y social: El proyecto aporta conocimiento significativo en la intersección entre la manufactura aditiva y la tecnología de alimentos, explorando el comportamiento de materiales termoplásticos (PLA, PETG, TPU) bajo condiciones de uso real. Socialmente, el desarrollo de alternativas sustentables para envases e insumos enológicos representa un avance hacia prácticas industriales más eficientes y potencialmente más respetuosas con el medio ambiente, beneficiando directamente a los sectores productivos regionales de San Juan y Mendoza.

Continuidad del proyecto: Se espera seguir trabajando en el proceso y desarrollo

Valor agregado institucional: El proyecto ha dejado capacidad instalada en la Universidad mediante la adquisición y puesta a punto de una impresora 3D Creality Ender 3V3KE. Además, ha generado un valioso “know-how” en el equipo de investigación y estudiantes respecto a la configuración de parámetros de impresión y comportamiento de materiales, fortaleciendo las funciones de investigación y docencia en las Facultades involucradas.

Firma del Director/a Firma y aclaración: Unidad Académica:



Anexo 1: Determinaciones Físico-químicas OIV

Parámetro analizado	Técnica analítica (denominación oficial)	Principio del método	Referencia normativa
Grado alcohólico (% v/v)	<i>Determinación del grado alcohólico por destilación y densimetría</i>	Destilación del vino y determinación de la densidad del destilado	OIV-MA-AS312-01
pH	<i>Determinación potenciométrica del pH</i>	Medición del potencial electroquímico mediante electrodo de vidrio	OIV-MA-AS313-15
Acidez total	<i>Valoración potenciométrica de la acidez total</i>	Titulación con NaOH hasta pH 7,00	OIV-MA-AS313-01
Acidez volátil	<i>Determinación de la acidez volátil por destilación y titulación</i>	Destilación de ácidos volátiles y titulación con NaOH	OIV-MA-AS313-02
Azúcares reductores	<i>Determinación de azúcares reductores por método Fehling o método enzimático</i>	Reducción de cobre alcalino o reacción enzimática específica	OIV-MA-AS311-01
Dióxido de azufre libre	<i>Determinación del SO₂ libre por titulación iodimétrica (método Ripper)</i>	Oxidación del SO ₂ por yodo en medio ácido	OIV-MA-AS323-04A
Dióxido de azufre total	<i>Determinación del SO₂ total por destilación y titulación iodimétrica</i>	Liberación del SO ₂ combinado y titulación con yodo	OIV-MA-AS323-04B
Extracto seco total	<i>Determinación del extracto seco por método gravimétrico</i>	Evaporación del solvente y pesado del residuo seco	OIV-MA-AS2-03B
Densidad	<i>Determinación de la densidad mediante densímetro o picnómetro</i>	Medición de la masa por unidad de volumen	OIV-MA-AS2-01A
Ácido málico	<i>Determinación enzimática del ácido L-málico</i>	Reacción enzimática con medición espectrofotométrica	OIV-MA-AS313-11
Ácido láctico	<i>Determinación enzimática del ácido L-láctico</i>	Conversión enzimática con lectura espectrofotométrica	OIV-MA-AS313-11
Ácido tartárico	<i>Determinación enzimática del ácido L-tartárico</i>	Conversión enzimática con detección espectrofotométrica del NADH	OIV-MA-AS313-05
Índice de polifenoles totales (IPT)	<i>Determinación espectrofotométrica a 280 nm</i>	Medición de absorbancia de compuestos fenólicos	OIV-MA-AS2-10
Intensidad colorante	<i>Determinación espectrofotométrica de</i>	Suma de absorbancias en las longitudes de onda	OIV-MA-AS2-07B

Parámetro analizado	Técnica analítica (denominación oficial)	Principio del método	Referencia normativa
	<i>intensidad colorante (A420 + A520 + A620)</i>	características del color del vino	
Matiz (Hue)	<i>Determinación espectrofotométrica del matiz (A420/A520)</i>	Relación entre absorbancias para evaluar evolución del color	OIV-MA-AS2-07B
Índice de color	<i>Determinación espectrofotométrica de parámetros cromáticos del vino</i>	Evaluación espectral del color en visible	OIV-MA-AS2-07B
Oxígeno disuelto	<i>Determinación de oxígeno disuelto mediante sensor óptico o electroquímico</i>	Medición directa del O ₂ disuelto por luminiscencia o electrodo polarográfico	Método instrumental aceptado OIV
Turbidez (NTU)	<i>Determinación nefelométrica de turbidez</i>	Medición de la dispersión de la luz por partículas en suspensión	Método nefelométrico (NTU)

Referencias:

- Formlabs. (s. f.). *Guía de materiales de impresión 3D: tipos, aplicaciones y propiedades*. <https://formlabs.com/es/blog/materiales-impresion-3d/>
- E3D+VET Consortium. (2020). *3D printing technical guide*. Erasmus+ Programme, European Commission.
- Manual Ender 3V3ke. (s.f.). Shenzhen Creality 3D Technology Co. Ltd.
- Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica. (2014). *Metodología analítica oficial*. ANMAT.
- International Commission on Microbiological Specifications for Foods. (2000). *Microorganismos de los alimentos. Técnicas de análisis microbiológico (Vol. 1, 2.ª ed.)*. Editorial Acribia
- Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica. (ANMAT). Código Alimentario Argentino. (1968) <https://www.argentina.gob.ar/anmat/codigoalimentario>.
- Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV). Código Internacional de Prácticas Enológicas, (2016).
- “Quantification of regulated metals in recycled post-consumer polypropylene through comparative ICP-MS, AAS and LIBS analyses”. Revista: Polymer Testing (2024)
- “Characterization of 3D printing filaments containing metal additives and their particulate emissions”. Revista: Science of the Total Environment (2023)

- “Dermal and oral exposure risks to heavy metals from 3D printing metal-fill thermoplastics”. Revista: Science of the Total Environment (2023)
- “Variability in the inorganic composition of colored ABS and PLA filaments used in 3D printing”. Revista: Discover Applied Sciences (Springer, 2022)
- “3D-printed fluidic electrochemical microcell for sequential injection/stripping analysis of heavy metals”. Revista: Analytica Chimica Acta