

Máquina termoformadora

Barrón Salazar, R.A.^{1*}, Chávez Echegoyen, A.G.², Fernández Muñoz, C.F.³, Rangel Favela, A.I.⁴, Reyes Carlos, R.A.⁵

Resumen

Este proyecto tuvo como objetivo diseñar y construir una termoformadora didáctica para entornos educativos, destinada a facilitar la comprensión del proceso de termoformado y la experimentación con materiales plásticos. El equipo permite sujetar láminas, calentarlas y conformarlas mediante vacío, utilizando componentes accesibles para garantizar funcionalidad y bajo costo. Se realizaron pruebas con láminas de PETG de 5 mm, material inicialmente amorfo, caracterizado por alta transparencia y resistencia al impacto. Durante el proceso, el PETG se sometió a calentamiento (140-170 °C) y estiramiento, generando orientación molecular parcial sin degradación térmica ni pérdida significativa de transparencia. El producto final conservó sus propiedades mecánicas y térmicas, confirmando la estabilidad dimensional tras el enfriamiento. Además, se observó que el material puede reciclarse hasta dos veces; en el tercer ciclo, adquiere una estructura semicristalina y pierde capacidad de moldeo. Este proyecto demuestra la viabilidad de integrar equipos didácticos en la enseñanza de procesos de manufactura, promoviendo prácticas sostenibles y el análisis estructural de polímeros.

Palabras Clave

Termoformado por vacío – PETG – Procesos educativos – Propiedades térmicas del polímero

^{1,2,3,4,5}Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México.

***Autor de correspondencia:** al256133@alumnos.uacj.mx

Programa académico

Maestría en Ingeniería en Manufactura

Fecha de presentación

27 de noviembre de 2025

Financiamiento

SECIHTI (CVU 2085562)

Institución responsable del estudio

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Evento académico

1.^{er} Congreso Internacional de las Fronteras de las Ingenierías

Conflicto de interés

Sin conflicto de interés declarado

Referencias

1. Staderini, E., Chiusolo, G., Guglielmi, F., Papi, M., Perini, G., Tepedino, M., & Gallenzi, P. (2024). Effects of Thermoforming on the Mechanical, Optical, Chemical, and Morphological Properties of PET-G: In Vitro Study. *Polymers*, 16(2), 203.
2. Dalaie, K., Talebi Rafsanjan, K., Nojehdehian, H., & Namazi, Z. (2024). Physical and chemical changes of clear aligners after thermoforming and intraoral exposure. *APOS Trends in Orthodontics*, 14, 235–247.
3. Kattan, M., Dargent, E., Ledru, J., & Grenet, J. (2001). Strain-induced crystallization in uniaxially drawn PETG plates. *Journal of Applied Polymer Science*, 81(14), 3405–3412. <https://doi.org/10.1002/app.1977>

CITACIÓN: Barrón Salazar, R.A., Chávez Echegoyen, A.G., Fernández Muñoz, C.F., Rangel Favela, A.I., & Reyes Carlos, R.A. (2026). Máquina termoformadora [Fronteras de la Ingeniería y Transformación Tecnológica]. *Memorias Científicas y Tecnológicas*, 5(1), 68-69.

1er CONGRESO INTERNACIONAL DE LAS FRONTERAS DE LAS INGENIERÍAS INVESTIGACIÓN PARA UN MUNDO CONECTADO MÁQUINA TERMOFORMADORA



Autores:
Barrón Salazar, R. A.; Chávez Echegoyen, A. G.; Fernandez Muñoz C. F.; Rangel Favela A. I.
Asesora: Mtra. Reyes Carlos, R. A.

Afiliación:
Instituto de Ingeniería y Tecnología. Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura.
Maestría en Ingeniería en Manufactura.

Resumen

El presente proyecto tuvo como objetivo diseñar y construir una termoformadora didáctica para entornos educativos. El equipo permite sujetar láminas plásticas (Figura 1), calentar el material de acuerdo al diseño de la figura 2 y conformarlas por vacío de acuerdo a la figura 3, empleando componentes accesibles para facilitar la comprensión del proceso y la experimentación. Durante las pruebas con PETG de 5 mm, inicialmente amorfo, el calentamiento y estiramiento generaron orientación molecular parcial sin degradación ni pérdida de transparencia. El producto final mantuvo las propiedades del material: alta transparencia, resistencia al impacto y estabilidad dimensional.

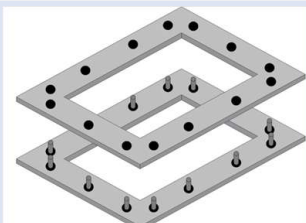


Figura 1. Diseño de sistema de sujeción.



Figura 2. Diseño de sistema de calentamiento.

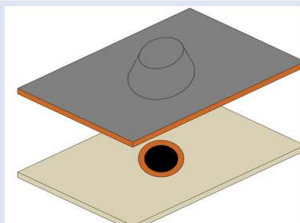


Figura 3. Diseño de sistema de vacío.

Introducción

El termoformado es un proceso de manufactura en el que una lámina de plástico se calienta hasta que se vuelve flexible, se coloca sobre un molde mediante vacío para obtener la pieza deseada. La termoformadora se destaca por moldear materiales plásticos de forma precisa para uso técnicos e industriales al igual que permite producir piezas personalizadas con acabados profesionales.

Objetivos

Demostrar la transformación física y estructural del PETG de 5mm durante el proceso de termoformado, evidenciando como el material cambia sus propiedades al ser calentado, moldeado y enfriado en la termoformadora construida, observar los cambios estructurales del PETG al someterlo a temperatura y analizar las modificaciones físicas que ocurren en el material.

Metodología

Laminas PETG de 5mm		
Propiedades físicas	Propiedades térmicas	Propiedades mecánicas
- Densidad: 1.27–1.28 g/cm³ - Peso por m²: aprox. 6.3–6.4 kg - Contracción: muy baja	- Temperatura típica de termoformado: 140–170 °C - Punto de fusión: ~260 °C	- Elongación a la ruptura: 15–25% - Rigidez: alta

Figura 4. Propiedades del material.

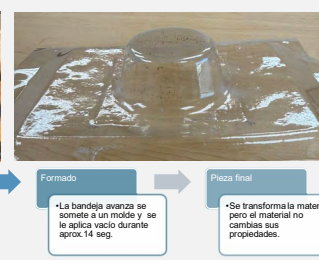
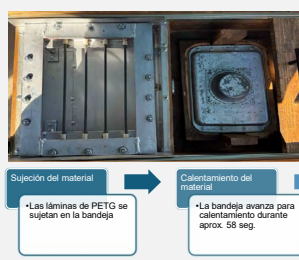


Figura 5. Procesamiento del material.

Se seleccionó PETG de 5mm de espesor con las propiedades mostradas en la Figura 4. El material se colocó en la bandeja de la máquina, paso a calentarse durante 40 segundos aproximadamente, se movió a la cabina de vacío donde se sometió a un molde al mismo tiempo que aplicar el vacío durante 14 segundos aproximadamente, una vez que se enfrió se libera el material (Figura 5).

Resultados

El material inicial, PETG en lámina de 5 mm, presentaba una estructura mayormente amorfa, caracterizada por cadenas moleculares desordenadas y baja cristalinidad. Durante el proceso en la termoformadora, al someter el material a calentamiento y estiramiento, se observó un ablandamiento uniforme. La tensión y la deformación inducidas generaron una orientación molecular parcial, sin evidencias de degradación térmica ni pérdida significativa de transparencia. El producto final corresponde a PETG termoformado con estructura amorfa orientada, conservando las propiedades típicas del material: alta transparencia, buena resistencia al impacto y estabilidad dimensional tras el enfriamiento (Figura 6).

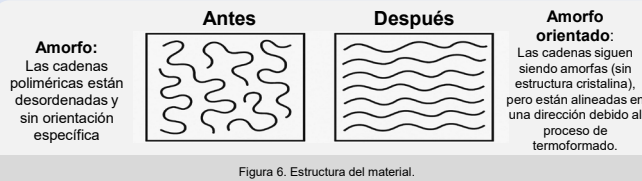


Figura 6. Estructura del material.

Conclusión

El termoformado que se aplica al material PETG confirma que mantiene su estructura amorfa antes y después de la aplicación de temperatura (Figura 7a). Se destaca que el material es reciclable únicamente 2 veces debido a que en el tercer intento de reciclar cambia sus propiedades, se endurece el material y adapta un color blanco (Figura 7b, 7c) en el material no logrando moldearse nuevamente obteniendo una estructura semi-cristalina teniendo regiones amorfas (desordenadas) y regiones cristalinas ordenadas.



Figura 9. Estructura del material.

Referencias

- [1] E. Staderini, G. Chiusolo, F. Guglielmi, M. Papi, G. Perini, M. Tepedino y P. Gallenzi, "Effects of Thermoforming on the Mechanical, Optical, Chemical, and Morphological Properties of PET-G: In Vitro Study", *Polymers*, vol. 16, n.º 2, art. 203, 2024.
- [2] K. Dalaie, K. Talebi Rafsanjan, H. Nojehdehian y Z. Namazi, "Physical and chemical changes of clear aligners after thermoforming and intraoral exposure", *APOS Trends Orthod.*, vol. 14, pp. 235–247, 2024.
- [3] M. Kattan, E. Dargent, J. Ledru y J. Grenet, "Strain-induced crystallization in uniaxially drawn PETG plates", *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 81, no. 14, pp. 3405–3412, 2001, doi: 10.1002/app.1977.

