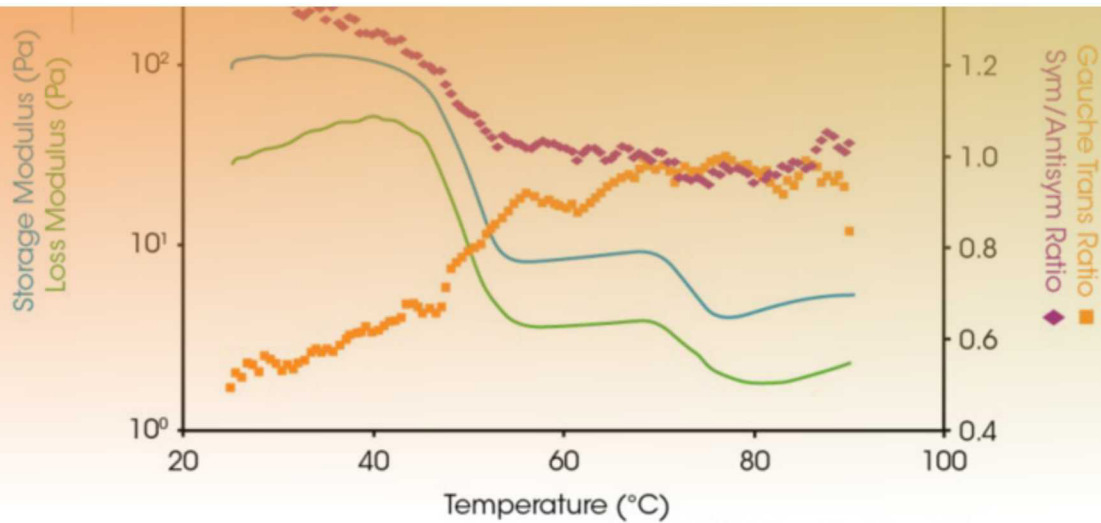




Ingeniería de Polímeros, Procesamiento y Reología

Revista Informador Técnico, Volumen 83 n2 - Suplemento I- 2019

V Simposio de Materiales Poliméricos - 28 y 29 de Octubre de 2019, Cali - Colombia

CONTENIDO

Migración específica de bisfenol a (BPA) en biberones fabricados en Colombia	30
Diana Sinuco, Elianna Castillo, Ruth Rodríguez, Cher	
Sistema de conformado de platos con materiales biodegradables	35
Juan Sebastián Cely Silva, Federico Rojas Chiquillo, Daniel Esteban Pinzón, Edwin Yesid Gómez-Pachón, Jorge Arturo Torres Pemberti	
Diseño y manufactura de prototipo de termoformadora de acrílico de diferentes calibres	39
Andrés F. Fonseca F., Jeisson E. Torres A., Camilo S. Higueta P., Laura A. Torres F., Paula A. Perilla L., Yolanda Torres P.	
Diseño y construcción de un laboratorio móvil de innovación y co-creación a partir de materiales compuestos	45
Manuel Zea, Lina Espitia, Edwin Gómez	
Desarrollo de un aparato ortopédico para tratamientos de terapia física	49
Haner Arley Pirabaguen-Hernández, Jhon Fredy Moreno Nossa, Sergio David Mérida-Gómez, Jorge Armando Riaño-Díaz, Carlos Alberto Cardenas-Arevalo, Aristides David Archila-Cordero, Holman David Puerto Rojas, Edwin Yesid Gómez-Pachón	
Evaluación del efecto de la aplicación de un recubrimiento de quitosano-aloe vera sobre la tasa de respiración de la uchuva (<i>Physalis Peruviana L.</i>)	53
Yaqueline García Celis, Keidy Viviana Ortega Muñoz, Waiber Perlaza Esterilla	
Procesamiento y desempeño de materiales nanocompuestos poliméricos	57
Antonio Sánchez Solís	
Reología en procesos industriales de manufactura de materiales híbrido	58
Octavio Manero	
Comparación de la relajación mecánica y dieléctrica en materiales poliméricos	59
L.F. del Castillo, S.I. Hernández, Abel García-Bernabé, V. Compañ, C. Caidedo	
RHEO-RAMAN: The approach to describe molecular structure with mechanical properties of materials	60
Abel Gaspar-Rosas	



Migración específica de bisfenol a (BPA) en biberones fabricados en Colombia

Specific migration of bisphenol to (BPA) in bottles made in Colombia

Modalidad: Poster

Diana Sinuco¹
Elianna Castillo¹
Ruth Rodríguez¹
Cheryl Durán¹

¹ Laboratorio de Extensión y Asesoría, Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia. Ciudad Universitaria, Bogotá, Colombia.
dcsinucol@unal.edu.co

Resumen

En este trabajo se presentan los resultados del análisis por HPLC de la migración específica de Bisfenol A (BPA) presentada por biberones de fabricación colombiana. Los resultados muestran que para un primer ensayo de migración el contenido de BPA no supera los límites permitidos sin embargo en una segunda prueba se identifica un aumento en la concentración del BPA en los simulantes sustitutivos al graso (Etanol 95 % e Isooctano), superando límite máximo establecido en la regulación EU No. 2018/213 del 12 de Febrero de 2018 (0,05 mg/kg).

Palabras claves: BPA, HPLC; migración global, migración específica.

Introducción

Los envases de plástico para alimentos se producen con la ayuda de plastificantes o aditivos para mejorar sus propiedades de flexibilidad, estabilidad o resistencia. Entre estos aditivos, [2,2-bis (4-hidroxifenil) -propano] (bisfenol-A-BPA) es un monómero utilizado para la síntesis de policarbonato (PC) y como reacción intermedia en la fabricación de resinas epoxi, fenoxi, polisulfona y ciertas resinas de poliéster, así como retardantes de llama o en caucho (Hahladakis; Velis; Weber; Iacovidou; Purnell, 2018). Aunque su uso está autorizado por el Reglamento de la Comisión (Diamanti-Kandarakis *et al.*, 2009), existe una prohibición sobre su uso en la fabricación de biberones de policarbonato para lactantes sobre la base del principio de precaución (European Standard, 2002). El BPA es parte del grupo de compuestos disruptores endocrinos (DE) que interfieren con la biosíntesis de hormonas, el metabolismo y las acciones resultantes de estos, causando una alteración en la homeostasis normal del individuo expuesto o sus descendientes. Se ha demostrado que el BPA tiene afinidad por los receptores de estrógenos y, por lo tanto, posee la capacidad de producir efectos estrogénicos (Normalización Española UNE, 2005a; Ministerio de Salud y Protección Social, 2012) Estos aditivos podrían migrar a los alimentos y presentar un riesgo para la salud humana. En este orden, se han desarrollado algunas regulaciones para establecer el límite de migración global máximo (OML) y los límites de migración específicos (SML).

Los ensayos de migración general se basan en determinaciones gravimétricas, utilizando diferentes simuladores de alimentos, que están en contacto con el material de envasado, bajo ciertas condiciones de temperatura, tiempo y exposición (European Commission Regulation, 2011; European Commission Regulation, 2018). El OML para plástico en contacto con alimentos es de 50 mg/kg (Diamanti-Kandarakis *et al.*, 2009).

Los ensayos de migración específicos se realizan mediante análisis directo de simuladores de alimentos después de finalizar las condiciones generales de migración. Para BPA, un método de HPLC-UV-Vis prevalidado es capaz de determinar cuantitativa la migración específica de BPA como un nivel mínimo de 0,2 mg/kg de simulante alimenticio (Tamschick,

2016). Recientemente, una restricción de endurecedor en la migración hacia o sobre alimentos de [2,2-bis (4-hidroxifenil) propano] de barnices o recubrimientos aplicados a materiales y artículos no ha excedido un SML de 0,05 mg de Bisfenol-A por kg de comida (European Standard, 2002).

Los estudios de migración de BPA sobre la alimentación de biberones se han llevado a cabo utilizando análisis y derivatización de BPA por GC-EI / MS / MS (Normalización Española UNE, 2005b), por GC-MS operado en el modo de monitoreo de iones seleccionado (SIM) (Kubwabo *et al.*, 2009), por ultra alto rendimiento cromatografía líquida (UPLC) con un detector de fluorescencia (Nam; Seo; Kim, 2010) y por cromatografía líquida-espectrometría de masas en tándem LC-MS / MS) (Ali *et al.*, 2018; Regueiro; Wenzl, 2015), entre otros. Aunque estos estudios ofrecen límites de detección muy bajos ($\mu\text{g} / \text{kg}$), para el análisis de rutina y de acuerdo con la regulación sobre SML, se debe contar con un método cromatográfico simple, rápido, económico y confiable.

En Colombia, varias industrias del plástico requieren el análisis de la migración específica de BPA desde los envases de plástico. El laboratorio de extensión y asesoría (LEA) de la Universidad Nacional de Colombia, es un laboratorio acreditado que ofrece ensayos de migración generales y específicos, utilizando una metodología económica y confiable. En este trabajo se analizaron 38 biberones de alimentación comprados a diferentes productores locales para cuantificar la migración específica de BPA por HPLC-UV-Vis.

Materiales y Métodos

Muestras

Se utilizaron un total de 38 muestras de biberones para la determinación de bisfenol-A. Las muestras provienen de diferentes empresas dentro de Colombia. Una empresa suministró biberones para alimentación de PC en color, otra empresa suministró biberones incoloros para alimentación de PC y una empresa suministró biberones sin BPA.

Ensayo de migración

Se realizaron ensayos de migración global y específica para BPA en 38 muestras de biberones, de acuerdo con la regulación (European Commission Regulation, 2018; Tamschick *et al.*, 2016). Brevemente, cada botella se llenó con 200 mL de simulante alimenticio respectivamente. Se sometieron tres biberones a la prueba de migración con cada simulador de alimentos: agua destilada, solución de ácido acético al 3 % (P/V), solución de etanol al 15 % (V/V), isooctano y etanol al 95 %, también llamados simuladores alternativos de alimentos grasos. Para acuosos, ácidos, alcohólicos y etanol al 95 %, las pruebas de migración se realizaron a 40 °C durante 10 días, y para isooctano, el ensayo se realizó a 20 °C durante 2 días. Para el análisis de la migración específica de Bisfenol-A, se inyectaron 10 μL de cada simulador de alimentos acuosos directamente en el sistema de HPLC sin ningún tratamiento de muestra adicional, a excepción de los simuladores sustitutivos que requieren una limpieza adicional con una mezcla de Metanol:hexano relación 3:2. Todas las pruebas de migración se realizaron por triplicado y los resultados del área de medición se correlacionaron con una curva de calibración externa de 0,01 a 0,6 mg/kg.

Con el fin de simular la posible migración de Bisfenol-A debido a la reutilización de biberones, se realizó un segundo ensayo de migración en las mismas condiciones descritas anteriormente, y se confirma que el repetido uso y desgaste del polímero en contacto con los simulantes presenta un aumento progresivo de migración del BPA.

HPLC

Los análisis de cromatografía líquida de BPA se realizaron utilizando un cromatógrafo de líquidos del sistema Hitachi Primaide 1120 (Hitachi®, Palo Alto, CA) equipado con una bomba de alta presión cuaternaria (serie 1110), un detector UV de longitud de onda única (serie 1410) y un automuestreador (serie 1210). El análisis de los datos se realizó con el software Hitachi ChemStation. Las separaciones cromatográficas se desarrollaron en una columna Kinetex® C18 (2,6 μm , 4,6 $\times$ 100 mm) bajo un programa isocrático utilizando 50 % de metanol (solvente B) y 50 % de agua (solvente A) como componentes

de la fase móvil. El caudal se ajustó a 0,5 mL/min, el volumen de inyección fue de 10 µl, el analito se controló a 224 nm y el análisis total se realizó en 13 min. Este método es una adaptación de un método prevalidado en DD-CENT-TS-13130-13: 2005.

Resultados y discusiones

Los simuladores de alimentos obtenidos después de los ensayos de migración general de la alimentación de biberones, se analizaron mediante el método validado. La Figura 1 muestra el perfil cromatográfico de las muestras de biberones luego de una segunda migración.

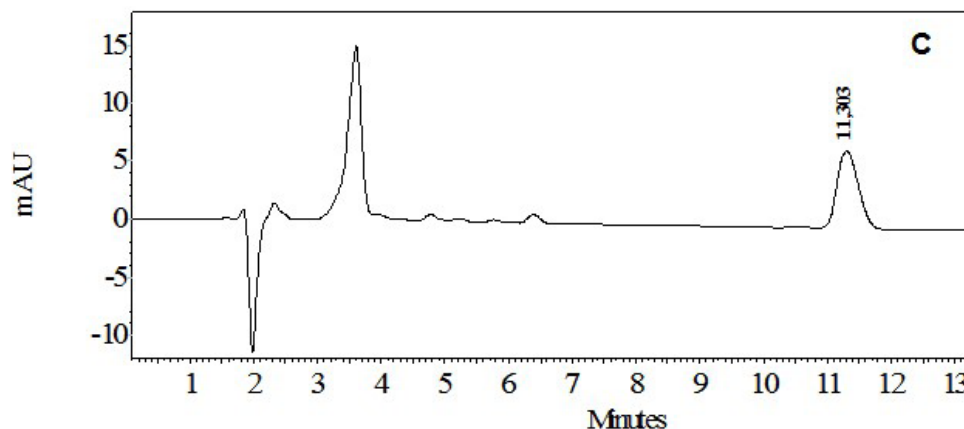


Figura 1. Cromatograma de HPLC de una muestra de migración de biberón con etanol al 95 %
Fuente: elaboración propia.

La Tabla 1 muestra los resultados de la migración general y específica de Bisfenol-A de biberones en el segundo ensayo con los simuladores empleados, expresados como concentración y desviación estándar en mg de Bisfenol A por kg de simulante alimentario.

Tabla 1.
Resultados de la migración global y específica de BPA a partir de biberones en un segundo uso.

	Agua (mg/kg)	Acido acético 3 % (mg/kg)	Etanol 15 % (mg/kg)	Etanol 95 % (mg/kg)	Isooctano (mg/kg)
Migración global (mg/kg) n=3	2,6±0,2	1,4±0,2	4,8±0,2	5,4±0,3	7,1±0,06
Migración específica de Bisfenol-A (mg/kg) n=3	ND	<LOD	0,011±0,001	0,116±0,032	0,112±0,001

ND= no detectado; <LOD= por debajo del límite de detección.
Fuente: elaboración propia.

La migración global fue observada en todos los simuladores de alimentos, especialmente en aquellos con alta polaridad. De acuerdo con los resultados, todos los ensayos estaban por debajo del nivel permitido (OML 60 mg / kg (Diamanti-Kandarakis *et al.*, 2009) o 50 mg/kg (Ministerio de Salud y Protección Social, 2012). Esto significa que incluso la transferencia masiva de productos químicos desde los biberones de alimentación para bebés a los simuladores de alimentos es conforme. En este trabajo, evaluamos tanto la migración general como la específica. Además, se realizó un segundo ensayo de migración para evaluar el efecto de la reutilización de los biberones (Ali *et al.*, 2018; Guart *et al.*, 2013).

Mediante el análisis de los simuladores de alimentos obtenidos después de un primer ensayo de migración, no se detectaron valores de Bisfenol-A para todos los simulantes y muestras. Sin embargo, cuando los biberones se reutilizaron

en una segunda prueba de migración, se observaron señales de Bisfenol-A para los simuladores de alimentos etanol al 15 %, etanol al 95 % e isooctano. En ácido acético al 3 %, la migración de bisfenol A fue menor que el límite de detección (LOD). No se observó migración en el agua como simulador de alimentos. La mayor migración se observó para la reutilización con estimulantes grasos etanol al 95 % e isooctano.

Estos resultados muestran que aunque los nuevos biberones de alimentación tienen una migración de Bisfenol-A inferior al límite establecido por la legislación real (SML 0,05 mg/kg), se observó una mayor migración específica con un segundo ensayo de migración. Estos resultados están de acuerdo con estudios previos. Efectos como la limpieza en el lavavajillas, el aumento de la temperatura, el tiempo de incubación o con un cepillo, la esterilización con agua hirviendo, producen un aumento de la lixiviación residual de BPA de las botellas de plástico (Nam *et al.*, 2010; Guart *et al.*, 2013)]. Estos resultados resaltan la importancia de que los productos de plástico para bebés, como los biberones, indiquen la duración del uso antes de alcanzar el SML aceptable. Para mejorar nuestro conocimiento sobre la migración específica en materiales plásticos reutilizables, se necesitan más ensayos.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados de migración, el mejor simulante de alimentos para determinar BPA es etanol 95 % e isooctano. Este trabajo demuestra la necesidad de llevar a cabo varios ensayos de migración, para materiales reusables en contacto con alimentos como biberones, para asegurar el cumplimiento de los límites de migración específica.

Agradecimientos

Esta investigación fue financiada por el Proyecto 400000025674-Mejoramiento de la gestión integral del sistema nacional de laboratorios de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá.

Referencias

- Ali, M.; Jaghbir, M.; Salam, M.; Al-Kadamany, G.; Damsees, R.; Al-Rawashdeh, N. (2018). Testing baby bottles for the presence of residual and migrated bisphenol A. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(1), 7-10. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-7126-0>
- Diamanti-Kandarakis, E.; Bourguignon, J. P.; Giudice, L. C.; Hauser, R.; Prins, G. S.; Soto, A. M.; Zoeller, R. T.; Gore, A. C. (2009). Endocrine-disrupting chemicals: An endocrine society scientific statement. *Endocrine Reviews*, 30(4), 293-342. <https://doi.org/10.1210/er.2009-0002>
- European Commission Regulation (2011). EU No. 10/2011 on plastic materials and articles intended to come into contact with food.
- European Commission Regulation (2018). EU No. 2018/213 on the use of bisphenol A in varnishes and coatings intended to come into contact with food and amending Regulation (EU) No 10/2011 as regards the use of that substance in plastic food contact materials.
- European Standard (2002). EN 1186-1 Materials and articles in contact with foodstuffs - Plastics - Part 1: Guide to the selection of conditions and test methods for overall migration.
- Guart, A.; Wagner, M.; Mezquida, A.; Lacorte, S.; Oehlmann, J.; Borrell, A. (2013). Migration of plasticizers from Titan and polycarbonate bottles and toxicological evaluation. *Food Chemistry*, 141(1), 373-380. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.02.129>



- Hahladakis, John; Velis, Costas; Weber, Roland; Iacovidou, Eleni; Purnell, Phil (2018). An overview of chemical additives present in plastics: Migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling. *Journal of Hazardous Materials*, 344, 179–199.
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.10.014>
- Kubwabo, C.; Kosarac, I.; Stewart, B.; Gauthier, B. R.; Lalonde, K.; Lalonde, P. J. (2009). Migration of bisphenol A from plastic baby bottles, baby bottle liners and reusable polycarbonate drinking bottles, *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risks Assess*, 26(6), 928–937.
<https://doi.org/10.1080/02652030802706725>
- MinisteriodeSaludyProtecciónSocial(28demarzode2012).Pormediodelacualseexpideelreglamentotécnicosobre los requisitos sanitarios que deben cumplir los materiales, objetos, envases y equipamientos destinados a entrarencontactoconalimentosybebidasparaconsumohumano.[Resolución683de2012].Recuperadode https://paginaweb.invima.gov.co/images/pdf/normatividad/alimentos/resoluciones/resoluciones/2012/2RESOLUCION_683_DE_2012_reglamento_general_envases.pdf
- Nam, S. H.; Seo, Y. M.; Kim, M. G. (2010). Bisphenol A migration from polycarbonate baby bottle with repeated use, *Chemosphere*, 79(9), 949–952.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2010.02.049>
- Normalización Española UNE (2005a). UNE-EN 13130- 1 Materials and articles in contact with foodstuffs – Plastics substances subject to limitation - Part 1: Guide to test methods for the specific migration of substances from plastics to foods and food simulants and the determination of substances in plastics and the selection of conditions of exposure to food simulants.
- Normalización Española UNE (2005b). UNE-EN 13130- 13 Materials and articles in contact with foodstuffs – Plastics substances subject to limitation - Part 13: Determination of 2,2-bis(4-hydroxyphenyl)propane (Bisphenol A) in food simulants.
- Regueiro, J.; Wenzl, T. (2015). Development and validation of a stable-isotope dilution liquid chromatography–tandem mass spectrometry method for the determination of bisphenols in ready-made meals. *Journal of Chromatography A*, 1414, 110–121.
<https://doi.org/10.1016/j.chroma.2015.08.037>
- Tamschick, S.; Rozenblut-Koscisty, B.; Ogielska, M.; Kekenj, D.; Gajewski, F.; Krüger, A.; Kloas, W.; Stock, M. (2016). The plasticizer bisphenol A affects somatic and sexual development, but differently in pipid, hylid and bufonid anurans. *Environmental Pollution*, 216, 282–291.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.05.091>

Sistema de conformado de platos con materiales biodegradables

Plate forming system with biodegradable materials

Modalidad: Poster

Juan Sebastián Cely Silva¹
 Federico Rojas Chiquillo¹
 Daniel Esteban Pinzón¹
 Edwin Yesid Gómez-Pachón¹
 Jorge Arturo Torres Pemberti¹

¹ Universidad Pedagógica y tecnológica de Colombia, DITMAV (Diseño, innovación y asistencia técnica en materiales avanzados), Duitama-Boyacá, Colombia

Resumen

Este proyecto muestra el desarrollo de un sistema de conformado para recipientes de un solo uso, en este caso platos tipo C1 (para postres), mediante un proceso de moldeo por termocompresión, el cual permite la experimentación con diferentes materiales, ya sean compuestos o naturales, los cuales son biodegradables. Esto con el fin de solucionar la problemática que actualmente tienen los fabricantes y comerciantes de recipientes de un solo uso en Boyacá debido a las regulaciones medioambientales que se están estableciendo con respecto al uso de polímeros tales como el poliestireno expandido (icopor) el cual es altamente contaminante. Este proceso se realizó mediante una búsqueda de requerimientos en usuarios, procesos de divergencia, convergencia y análisis con expertos. Como resultado se obtuvo un sistema de conformado programable para el uso de diferentes materiales.

Palabras clave: sistema; termo compresión; experimentación; materiales compuestos biodegradables; poliestireno.

Introducción

Según un estudio de la Universidad de Manizales, en Colombia un 13 % del total de los desechos sólidos por año corresponde a los plásticos y sus derivados, entre los que está el llamado icopor (EPS), este material tiene muchos usos, uno de los más comunes es para contener comida, pero al igual que los demás plásticos, este material causa daños en el medio ambiente (Vallejo-Ocampo, 2016).

Es por esto que el representante a la cámara Juan Caros Lozada Vargas propone un proyecto de ley cuyo objetivo es prohibir en el territorio nacional a partir del año 2030, la fabricación, importación, venta y distribución de plásticos de un solo uso. El proyecto de ley ya aprobó el primer debate en la comisión quinta de la cámara de representantes y seguirá ahora su trámite en el congreso con los tres debates que le restan.

Por lo tanto, se buscó dar respuesta a esta problemática diseñando y fabricando un sistema de conformación que permite obtener platos para alimentos utilizando diferentes materiales biodegradables. Esta propuesta permitió experimentar con distintas materias primas de origen natural donde inicialmente se trabajó con cascarilla de café y ácido poliláctico (PLA).



Objetivos:

Objetivo General

Diseñar y fabricar un sistema que permita conformar mediante moldeo por compresión, platos tipo C1 experimentando diferentes materiales biodegradables, (pulverizados).

Objetivos específicos

- Establecer un sistema que permita la conformación del material en polvo.
- Analizar las propiedades de los materiales utilizados como cargas y matrices poliméricas y sus implicaciones en la elaboración de recipientes biodegradables.
- Establecer el tipo de materiales de origen natural que pueden ser usados como materia prima en el desarrollo de recipientes para el uso alimentario.
- Determinar las variables necesarias (presión, temperatura, tiempo) que permitan conformar óptimamente los recipientes.

Se prevé obtener un sistema de conformado que permita generar diferentes configuraciones de materiales biodegradables teniendo en cuenta las variables de proceso de cada uno de estos para generar recipientes de un solo uso.

Materiales y Métodos

- Se diseñó y fabricó un sistema de termo-compresión para el conformado de platos tipo C1 con materiales biodegradables. Para el diseño del sistema se implementó la metodología Design Sprint que permite resolver problemas de diseño industrial en corto tiempo basados en necesidades y requerimientos de los usuarios, definiendo la estrategia, explorando ideas, seleccionando las mejores, creando un modelo de comprobación con los usuarios y validando con expertos y técnicos.
- Se realizaron pruebas de compresión, temperatura y tiempo para la cascarilla de café en polvo y el PLA para determinar los rangos de datos de las variables tiempo de compresión y temperatura de conformado.
- Se generaron alternativas de diseño conceptual referentes al funcionamiento del sistema mediante diagramas, esquemas, diseño CAD (diseño asistido por computador) y CAE (ingeniería asistida por computador). Además, Se generó un modelo de comprobación funcional para evidenciar las propiedades físicas de las alternativas mediante maquetas y prototipado 3D, con el fin de definir el sistema más eficiente para la conformación del material.
- Se construyó el sistema, el cual permitió experimentar la conformación de los recipientes con diferentes tipos de materiales de origen natural

Resultados y discusiones

En cuanto al análisis de los materiales a utilizar en el proceso de investigación se encontró una propuesta de aprovechamiento de residuos generados en la producción del café. Investigación de la cual se conoció el alto nivel de celulosa (57 %) que tiene la cascarilla de café y su potencial aplicación como material biodegradable.

En cuanto al otro material a utilizar (PLA) nos basamos en artículos de investigación científica ya publicados que nos permitió conocer las propiedades de la matriz polimérica a utilizar.(Valero-Valdivieso; Ortegón; Uscategui, 2013).

También se realizó una serie de pruebas como se menciona anteriormente para conocer las variables a implementar en el sistema (ver Figura 1).



Figura 1. Pruebas de variables. Fuente: elaboración propia

Resultados

Estos resultados son de la experimentación (compresión, temperatura de fusión de los materiales, tiempo de compresión) Lugar: Instituto CIMADI, grupo de investigación DITMAV.

En base a la investigación científica y a la comprobación se determinó que el rango de temperatura para el conformado de los platos es de 180 °C – 200 °C.

Se realizaron pruebas del sistema con materiales de la región, haciendo una mezcla homogénea entre 70 % de cascarilla de café pulverizada, y 30 % de ácido poli-láctico en presentación de polvo (ver Figuras 2 y 3).



Figura 2. Sistema de conformado
Fuente: elaboración propia.



Figura 3. Plato con cascarilla de café y ácido poli-láctico.
Fuente: elaboración propia.



Como resultado final y en cumplimiento del objetivo general se obtuvo un sistema de conformado programable para elaborar recipientes, en este caso platos tipo C1, con materiales biodegradables. Este controla la temperatura de compresión, el tiempo de compresión, el tiempo de enfriamiento, y la expulsión del plato, mediante subsistemas electrónicos y mecánicos permitiendo experimentar con diferentes materiales.

Conclusiones

El proyecto está abierto para seguir trabajando en su configuración funcional y así obtener diferentes formas en los recipientes, además en la experimentación de configuraciones con materiales biodegradables para potencializar el uso de estos recursos en la región.

Agradecimientos

A nuestros directores del proyecto, PhD Edwin Yesid Gómez Pachón y Mg Jorge Arturo Torres Pemberti, nuestros compañeros y familiares que nos apoyaron durante todo el proyecto.

Referencias

- Valero-Valdivieso, Manuel; Ortégón, Yamileth; Uscategui, Yomaira (2013). Biopolímeros: Avances y perspectivas. *DYNA*, 80(181), 171–180. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/20642/45329>
- Vallejo-Ocampo, Uver (2016). *Análisis Del Impacto Social Y Ambiental De La Gestión Integral De Residuos Sólidos En El Municipio De Aguas, Caldas* (Tesis de maestría). Universidad de Manizales, Colombia. Recuperado de from http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/2863/1/ANÁLISIS_DEL_IMPACTO_SOCIAL_Y_AMBIENTAL_DE_LA_GESTIÓN_INTEGRAL_DE_RESIDUOS_SÓLIDOS_EN_EL_MUNICIPIO_DE_AGUADAS%2C_CALDAS.pdf

Diseño y manufactura de prototipo de termoformadora de acrílico de diferentes calibres

Design and manufacture of acrylic thermoforming prototype of different sizes

Modalidad: Poster

Andrés F. Fonseca F.¹
 Jeisson E. Torres A.²
 Camilo S. Higuera P.³
 Laura A. Torres F.⁴
 Paula A. Perilla L.⁵
 Yolanda Torres P.⁶

¹ Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Grupo de Investigación en Energía y Nuevas Tecnologías-GENTE, Duitama, Colombia.

² Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Grupo de Investigación en Energía y Nuevas Tecnologías-GENTE, Duitama, Colombia.

³ Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Grupo de Investigación en Diseño, Innovación y Asistencia Técnica en Materiales Avanzados-DITMAV, Duitama, Colombia.

⁴ Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Grupo de Investigación en Diseño, Innovación y Asistencia Técnica en Materiales Avanzados-DITMAV, Duitama, Colombia.

⁵ Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Grupo de Investigación en Diseño, Innovación y Asistencia Técnica en Materiales Avanzados-DITMAV, Duitama, Colombia.

⁶ Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Grupo de Investigación en Energía y Nuevas Tecnologías-GENTE, Duitama, Colombia.
yolanda.torres01@uptc.edu.co

Resumen

En este trabajo se describe el proceso de diseño y la manufactura de una máquina para el proceso de termocurvado de acrílico con precisión, control, versatilidad y seguridad, teniendo como referencia el termoconformado al vacío, los diferentes mecanismos de transferencia de calor y las propiedades del acrílico; con el fin de implementar este equipo en las prácticas de laboratorio que se realizan en el laboratorio de polímeros y de transferencia de calor de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia Facultad Seccional Duitama, que a su vez logre afianzar los conceptos relacionados con los procesos de transformación y conformado de materiales poliméricos. La máquina permite a la comunidad educativa realizar curvado y calentamiento del material de una manera eficiente, rápida y segura, siendo un trabajo mancomunado de docentes y estudiantes de los programas de Diseño Industrial e Ingeniería Electromecánica de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia Facultad Seccional Duitama.

Palabras clave: termocurvado; transferencia de calor; acrílico.

Introducción

Para el proceso del termo curvado se manejan variables que se deben tener en cuenta y dar un orden de prioridad según su impacto en el proceso, entre ellas, el tipo y propiedades del material como conductividad térmica, calor específico, temperatura de transición vítrea, la temperatura de operación, el tiempo de precalentamiento y calentamiento, el tipo y



material de aislamiento, velocidad de operación, entre otras (Plastiglas de México S.A. de C.V., s.f.). Para cada una de ellas se deben desarrollar soluciones matemáticas, físicas y experimentales. Teniendo como base la teoría de transferencia de calor y termoconformado, como también todo un estudio de materiales refractarios y propiedades fisicomecánicas del acrílico y conceptos de resistencias eléctricas (Forero-López; Santana-Acero; Piracun, 2018; Pérez-Ramos; Chavarro-León, 2012), se realizó un desarrollo complementario de todos los sistemas que conlleva una máquina de termo curvado.

En la actualidad existen diferentes desarrollos tecnológicos en el área, ya que con este equipo se generan diferentes pizas para diversas aplicaciones en el sector alimenticio, empaques, electrodomésticos, automóviles, aeronáutico, de la construcción, entre otros (Arévalo-Samaniego, 1987; Belmonte-Picazo, 2012; Parrilla-García, 2016). Es así como en el mercado existen diversas empresas que vender equipos de alta gama de termoformadoras para empresas con grandes volúmenes de producción. Por ejemplo las empresas HAICOM (Haicom, s.f.), UHLMANN (Uhlmann, s.f.) e INTERTEC (Intertec S.A.S., s.f.) son algunas empresas muy conocidas que fabrican este tipo de equipos, pero para uso académico de laboratorio son de difícil acceso.

El desarrollo de este proyecto responde a un reto de diseño y a la necesidad de tener un equipo de termocurvado de acrílico para realizar prácticas académicas para los estudiantes de Diseño Industrial y de Ingeniería Electromecánica en el que se observen de forma directa los efectos de la temperatura y de los procesos de transformación y conformado en simultáneo sobre un polímero y que además se pueda controlar y monitorear diferentes variables del proceso.

El proyecto contempla tres sistemas principales: uno de calentamiento, otro de curvado y finalmente el de control. El calentamiento se logra al aplicarle tensión a una resistencia eléctrica que genera un fenómeno de disipación de calor por medio de convección. Por su parte, el doblado se realiza por medio de un sistema de molde y contra molde accionado por un mecanismo de piñón cremallera y, por último, el control, con el mando de los dos sistemas anteriores.

A continuación, se presentan los materiales y métodos empleados en la realización de este proyecto, luego se presentarán los resultados obtenidos, unas conclusiones y al final algunas de las referencias consultadas.

Materiales y Métodos

En la manufactura del equipo de termocurvado se usaron varios materiales y equipos para su buen funcionamiento, teniendo en cuenta que este consta de cuatro partes principales, la mufla, el módulo de curvado, el sistema de control y la salida del material

- **La Mufla:** esta parte consta de los siguientes elementos:

Aislamiento: según las pruebas realizadas de temperatura y características de materiales refractarios, se llegó a la conclusión que el Papercrete es un buen material para la fabricación de las placas que conforman el aislante:

Papercrete: es un compuesto a base de cemento (33 %), arena (33 %) y papel (33 %), que resulta en un material altamente aislante, es un material ecológico, económico y de fácil producción.

Resistencias: para la disipación de calor en el interior de la mufla hacia el material a curvar se usó nicromo el cual es una aleación de 80 % níquel y 20 % cromo, su punto de fusión es cercano a los 1400 °C y por resistividad y difícil oxidación en altas temperaturas es utilizado en la confección de resistencias.

- **Módulo de Curvado:** Esté módulo consta de las siguientes partes:

Sistema Mecánico: se usa un mecanismo de piñón-cremallera, el engranaje es de acero de 11 dientes y una cremallera de nylon de 24 cm.

Motor: tiene una capacidad de empuje de 5 kg, funciona a una tensión de 12 V y cuenta con un circuito de cambio de giro.

Molde y contra molde: para la forma del molde se usa una matriz de madera que tiene una resistencia mecánica entre 8 y 18 cubierta en lamina de Zinc con su punto de fusión de $419,5^{\circ}\text{C}$, gracias a su ductilidad se pueden lograr radios de 10 cm.

- **Sistema de Control:** este sistema consta de dos tipos:

Control Análogo: se cuenta con un mando que reúne tanto la mufla, en la cual se puede controlar la temperatura y el control del mecanismo de curvado, donde se selecciona el ascenso o descenso del contra molde.

Control Digital: por medio de un microcontrolador ARDUINO UNO se tiene el mando de una pantalla LCD la cual es la interface entre el operario y la máquina, en donde se puede seleccionar el tipo de lámina a curvar, como también la temperatura a la cual se encuentre la mufla, esto por medio de una termocupla tipo J, la cual trae incluida un codificador que transforma la señal térmica a una eléctrica.

- **Salida del Material:**

Rieles: se usa un par de rieles de aluminio de 30 cm totalmente reciclables con punto de fusión de 660°C , para la salida del material curvado.

En el proceso de diseño y desarrollo del equipo se realizaron investigaciones para el tipo de aislamiento, el tiempo de calentamiento según el calibre de la lámina a curvar como también la temperatura mínima para el formado, el tiempo de endurecimiento, el tipo de resistencia para el calentamiento, la disposición de las resistencias y también la tensión aplicada para llegar a niveles óptimos de temperatura.

Para la obtención del diseño de concepto de equipo se realizaron diferentes procesos de recolección de información, tales como: entrevistas, encuestas e investigación en bases de datos sobre termoconformado y transferencia de calor (Vilte, s.f.). Luego se analizó la información para la discriminación de los datos obtenidos con el fin de detectar las necesidades dentro de la seccional y definir requerimientos de diseño para la formulación del reto. Posteriormente, se establecieron algunas especificaciones del proyecto basados en el consumidor o usuarios finales, se realizó el análisis funcional de uso.

Con la anterior información, se realizó un proceso de generación y análisis de alternativas y selección de alternativa final, una descripción de interacción usuario-máquina considerando aspectos ergonómicos y funcionales. Luego se procedió a generar modelados en 3D, prototipos conceptuales, selección definitiva de materiales y simulaciones funcionales, desarrollo de planos de detalle, cálculos de resistencia de materiales y de transferencia de calor, con los cuales se procedió al desarrollo de piezas para pruebas de producción.

Fue necesario también el uso de materiales refractarios para conseguir un aislamiento casi que total del sistema, esto con el fin de proteger al operador; el material a prueba es PAPERCRETE, en donde se hicieron varias pruebas: variar los porcentajes de las cargas de papel en el material, el tipo de cemento, la cantidad de agua, entre otras. Dando como resultado un aislamiento capaz de reducir la temperatura de 1000°C a 50°C y un espesor de 1 pulgada, lo cual evita pérdida de calor (ver Figura 1).



Figura 1. Prueba de capacidad de aislamiento del PAPERCRETE
Fuente: elaboración propia.

Las resistencias fueron un punto de investigación y de pruebas interesante, donde se variaba la longitud, el calibre, la conexión, en el que finalmente se eligió un par de resistencias en paralelo que, a su vez, era un juego de 8 resistencias en serie, cada una de 30 cm y un calibre de 0,4 mm de diámetro, donde la temperatura máxima alcanzada fue de 450 °C a una tensión de 114 V (ver Figura 2).

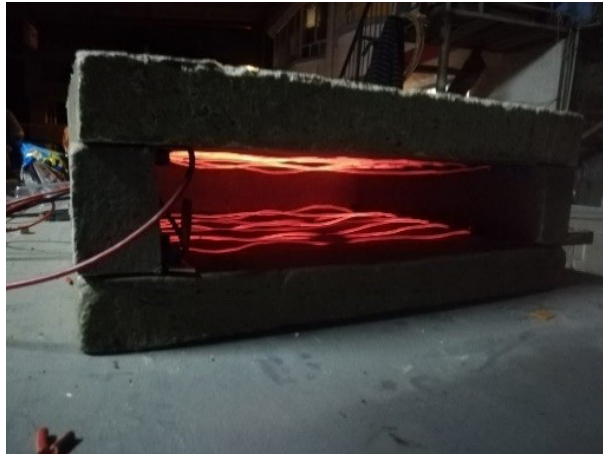


Figura 2. Prueba de capacidad de calentamiento del NICROMO
Fuente: elaboración propia.

Finalmente se realizó la ficha técnica del producto, se hizo la validación del prototipo funcional beta y verificación de uso, sus tablas de producción y de manufactura final.

Resultados y discusiones

A continuación, en la Figura 3 se presenta el equipo que fue diseñado, construido y validado por docentes y estudiantes de Diseño Industrial e Ingeniería Electromecánica:



Figura 3. Máquina de termocurvado KURVIK
Fuente: elaboración propia.

Se logró el diseño, construcción y validación del equipo de termoformado para curvado de acrílico, se trabajó con el material de las resistencias en nicromo que tiene una resistividad de , según la conexión, el calibre y la longitud total, la resistencia total es de , que alimentado a una tensión de 114 V da una corriente de 13,41 A, una potencia total disipada de 1528 W, que son la base para los cálculos de transferencia de calor.

El voltaje del equipo se puede controlar por medio de un DIMMER con una potencia máxima de 2000 W y una capacidad de regulación de 0 a 120 V alimento a tensión de red.

Para que la lámina de acrílico pueda ser curvada se requiere de una temperatura de salida entre los 130 °C y 150 °C, para este fin se realizaron los cálculos de transferencia de calor para tener mayor claridad y control sobre el proceso térmico que ocurre dentro de la mufla. Se realizaron cálculos de transferencia de calor por conducción: pérdidas de calor en el aislamiento y aire circundante, de convección natural: pérdida de temperatura al ambiente y por radiación: temperatura que transfiere la mufla al material (acrílico). Con lo anterior se obtuvo un equipo que aprovecha al máximo los diferentes efectos de los mecanismos de transferencia de calor combinados y lo hace más eficiente.

Se manufacturaron el molde y el contra molde, y su sistema de ensamble y funcionamiento, permite intercambiar cada uno de acuerdo a la matriz que se desee curvar; seleccionar el material adecuado para la carcasa del equipo, sin dejar de lado el manejo de temperatura, el mecanismo, los controles y la configuración formal del mismo.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede concluir que el equipo funciona perfectamente y cumple con las necesidades requeridas para la realización de prácticas de laboratorio de polímeros y transferencia de calor. Se espera que comience a operar en el próximo semestre académico.

Al realizar la investigación y análisis de productos existentes, se evidencia que los procesos que se realizan para el curvado de acrílico, no son tan eficientes a la hora de dar acabado a las piezas, se debe agregar un proceso más (rutear cada pieza).

Durante la realización de pruebas y selección de materiales para la manufactura, se determina que el nicromo y el PAPERCRETE son materiales poco conocidos y usados en la industria, pero los resultados de las probetas confirman su excelente eficiencia en este equipo, por lo que fue seleccionado como material final para la manufactura.

Los procesos de calentamiento de acrílico de acuerdo al calibre no se encuentran estandarizados, ya que este proceso no se realiza de manera sistematizada ni controlada, lo cual sería un proyecto interesante y pertinente de llevar a cabo a futuro.

La experiencia del usuario es positiva, ya que el proceso es completamente sistematizado, lo que brinda confianza y seguridad para él y para el conformado del material.

Para la manufactura es necesario tener estandarizados los calibres de las placas aislantes de acuerdo a la temperatura que se debe aislar y la separación entre placas para evitar pérdidas de calor perjudiciales e innecesarias, mediante cálculos de transferencia de calor por conducción, convección y radiación.

Aunque, este equipo fue diseñado para uso académico- pedagógico, se podría escalar para convertirlo en un equipo de uso industrial, ya que se ve que tienen muchos campos de aplicación.



Referencias

- Arévalo-Samaniego, Pablo (1987). *Máquinas de Termoconformado* (Tesis de pregrado). Universidad de Cuenca, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/8421>
- Belmonte-Picazo, Carlos (2012). *Desarrollo de sistema de bajo coste para termoconformado por vacío de láminas plásticas* (Tesis de maestría). Universidad Politécnica de Valencia, España. Recuperado de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/60342/TFM%20-%20%20Belmonte%20Picazo%2C%20C..pdf?sequence=1>
- Forero-López, Daniel; Santana-Acero, Daniel; Piracun, Hugo (2018). *Diseño de máquina termoformadora didáctica para el laboratorio de materiales de ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas* (Tesis de especialización). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia. Recuperado de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/13586/1/PROYECTO%20TERMOFORMADORA%20DIDACTICA.pdf>
- Haicom. (s.f.). *Parco s.r.l. Vacuum forming machines*. Recuperado el 01 de 08 de 2019, de <http://www.haicom.com.mx/empresas/parco>
- Intertec S.A.S. (s.f.). *Termoencogido-catálogo. Tecnología Internacional*. Recuperado el 30 de 07 de 2019, de http://intertec.com.co/productos/termoencogido.php?gclid=EAIaIQobChMIhq2_mrGj5AIVj47ICh2agQkzEAMYASAAEgJBRPD_BwE
- Parrilla-García, Carlos (2016). *Desarrollo de moldes de termoconformado para prehormados de foam elastomérico : análisis metodológico en base a variables térmicas y mecánicas* (Tesis doctoral). Universidad de Vigo, España. Recuperado de <http://www.investigacion.biblioteca.uvigo.es/xmlui/handle/11093/672>
- Pérez-Ramos, Viviana; Chavarro-León Byron (2012). *Diseño y construcción de una máquina de termoformado* (Tesis de pregrado). Universidad Estatal de Milagro, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/1976/1/Dise%C3%B1o%20y%20construcci%C3%B3n%20de%20una%20m%C3%A1quina%20de%20termoformado..pdf>
- Plastiglas de México S.A. de C.V. (s.f.). *Manual Técnico Termoformado*. Recuperado de <https://tecnologia3bunlp.files.wordpress.com/2015/03/manual-determoformado.pdf>
- Uhlmann. (s.f.). *Uhlmann-Productos*. Recuperado el 03 de 08 de 2019, de <https://www.uhlmann.de/en/products/blister-machines.html>
- Vilte, M. d. (s.f.). *Transferencia térmica por convección natural en un recinto cerrado en condiciones de equilibrio térmico y dinámico*. Recuperado el 06 de 08 de 2019, de <https://www.mendoza-conicet.gob.ar/asades/modulos/averma/trabajos/2000/2000-t002-a016.pdf>

Diseño y construcción de un laboratorio móvil de innovación y co-creación a partir de materiales compuestos

Design and construction of a mobile innovation and co-creation laboratory based on composite materials

Modalidad: Poster

Manuel Zea¹
Edwin Gómez¹
Lina Espitia²

¹ Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia 1, DITMAV, Carrera 18 con Calle 22, Duitama, Colombia. Italic www.uptc.edu.co

² SENA 1, Centro de Materiales y ensayos, Bogotá, Av. 30 No. 17 B – 25 SUR, Bogotá, Colombia. www.sena.edu.co

Resumen

En este proyecto se realizó el diseño y construcción de un laboratorio móvil de innovación y co-creación para el desarrollo de Boyacá. El método utilizado para concretar la unidad móvil fue a partir de 6 etapas (entender, definir, divergir, decidir, prototipar y validar), el resultado fue un dispositivo modular construido a partir de un material compuesto de una matriz polimérica y un refuerzo en fibra de vidrio y coremat. Este laboratorio está concebido para facilitar, promover, acercar y dinamizar procesos de transferencia de conocimiento en diseño, innovación, tecnología, e investigación en municipios de Boyacá que presentan dificultades de acceso a estos recursos.

Palabras clave: boyacá; diseño; educación; materiales compuestos; innovación.

Introducción

En el país y particularmente en Boyacá existen brechas que deben ser superadas desde diferentes estrategias que se complementen para acercar las provincias y poblaciones rurales al mundo de la innovación y la tecnología para incluirlas en las dinámicas globales. En este sentido, lo local empieza a adquirir nuevas dimensiones logrando un papel fundamental en el reconocimiento de problemáticas específicas que derivan de la transformación del Estado, los cambios sociales y los procesos de integración que se dan entre los actores, territoriales (Pérez; Barbetti, 2007). A partir, de una alianza interinstitucional para el desarrollo local de Boyacá, se estableció un sistema de laboratorios de innovación y co-creación que operan en tres canales diferentes: virtual, fijo y móvil. Con el fin de atender las diferentes necesidades del mercado. En este proyecto se diseñó y construyó el laboratorio móvil en un material compuesto de una matriz polimérica reforzada con fibra de vidrio y coremat. El método utilizado para concretar la unidad móvil fue propuesto por IDEO una escuela de diseño de la universidad de Stanford, el cual incluye 6 etapas de trabajo (entender, definir, divergir, decidir, prototipar y validar). El resultado es un dispositivo modular que funciona como un puesto de trabajo adaptable a dos componentes de trabajo uno para la modelación e ideación de proyectos de innovación fundamentados en el conocimiento y el otro para el prototipado de los mismos, esta herramienta servirá de estrategia de despliegue a los municipios que son predominantemente rurales de Boyacá a los cuales se busca acercar el diseño y los negocios innovadores a la población que tiene limitaciones de acceso a la educación en tecnología y generar diferentes oportunidades para pensar su futuro, identificando oportunidades de emprendimiento que puedan impactar su cotidianidad, y generar arraigo por los territorios y recursos propios de cada municipio.

Materiales y Métodos

Se usaron diferentes herramientas metodológicas enfocadas en el usuario, en las que se tomaron en cuenta sus características personales y sociales, así como aquellas condiciones relevantes para los fenómenos de percepción, comunicación y significancia. El método utilizado para concretar la unidad móvil fue propuesto por IDEO una escuela de diseño de la universidad de Stanford, el cual incluye 6 etapas de trabajo: **entender** (Construir los requerimientos técnicos, formales, de uso), **definir** (Variables de diseño), **divergir** (Generar alternativas de solución), **decidir** (Selección y diseño al detalle), **prototipar** (Fabricación de maqueta, modelo y prototipo) y **validar** (Pruebas con los usuarios, partes interesadas y expertos de manufactura).

En la Figura 1, se observa el paso a paso del proceso de manufactura por el cual se concretó el prototipo final del laboratorio móvil.

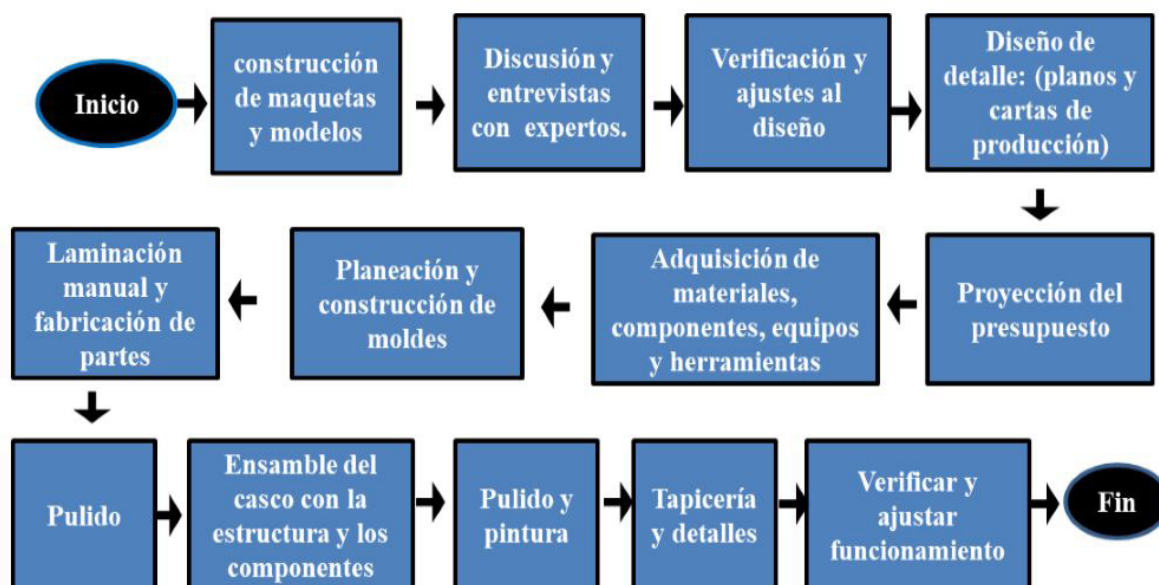


Figura 1. Proceso de manufactura.
Fuente: Elaboración propia.

Resultados y discusiones

La propuesta de laboratorio móvil final (ver Figura 2) es un dispositivo fabricado en material compuesto de una matriz polimérica y un refuerzo en fibra de vidrio y coremat, el cual se compone de tres módulos, que se ensamblan en dos modos de trabajo: uno para desarrollar prácticas de ideación y gestión del conocimiento, y otro para procesos de prototipado y fabricación (fab-lab). Cuenta con 13 prestaciones, las cuales fueron seleccionadas para cumplir diferentes funciones en los talleres y las diferentes etapas de los procesos de formación. Los tres módulos se pueden separar y ensamblar, lo que facilita su movilidad y transporte en vehículos de baja capacidad de carga.

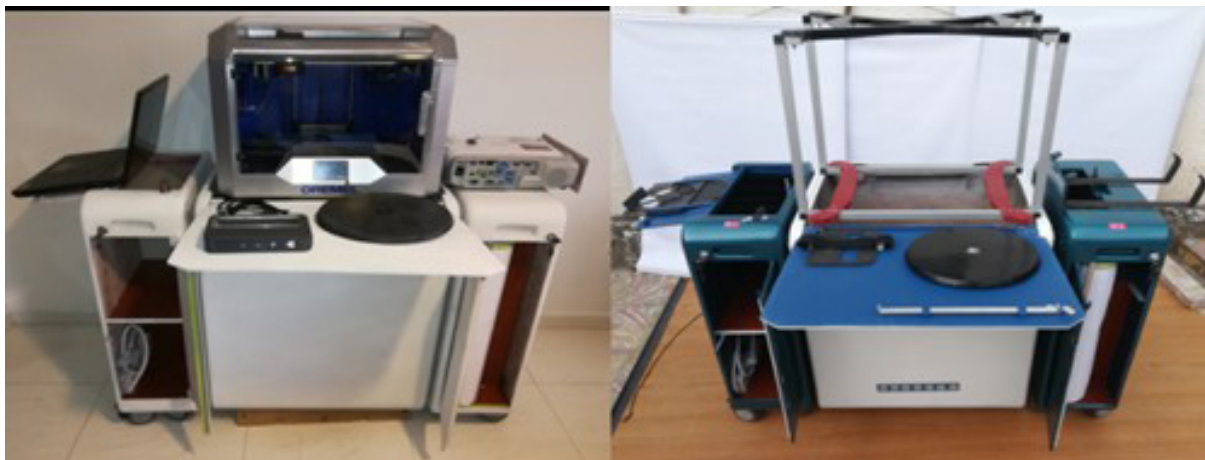


Figura 2. Laboratorio móvil de innovación y co-creación.
Fuente: Elaboración propia.

Este laboratorio funciona como un puesto de trabajo adaptable a diferentes espacios, cada compartimiento brinda diferentes utilidades como lo son: base refrigerante para computador y compartimiento para insumos (cargadores, memorias, modem, diademas, disco duro), kit de innovación con más de 20 herramientas metodológicas para la gestión de la innovación y el conocimiento, para el aprendizaje de presentación de productos cuenta con un kit de fotografía (cámara fotográfica, cámara de video, trípode y accesorios), kit de insumos (marcadores, colores, tijeras, reglas, notas adhesivas, puntos de votación, pito...), proyector de imagen, múltiples salidas eléctricas con control de picos y batería para el cuidado de los equipos, dispensador de pliegos de papel bond, impresora 3D, base para escaneo 3D, kit de robótica y kit para carpintería, 8 Tablet y un compartimiento adicional. Esta herramienta permite promover, dinamizar, facilitar y acercar procesos para la gestión del conocimiento y la tecnología en municipios provenientes rurales, en los cuales se quieren ayudar a establecer negocios fundamentados en la innovación que aporten al desarrollo económico, social y ambiental en los territorios más alejados de las grandes urbes y que presenten dificultades de acceso a estos recursos.

La Tabla 1, muestra algunos de los principales defectos presentados en la laminación de las partes fabricadas en material compuesto, a partir de los cuales se tomaron medidas correctivas en los procesos de producción.

Tabla 1.
Análisis de calidad de las partes fabricadas en material compuesto.

TIPO DE ESFUERZO	#	Acumulado	Porcentaje	Acumulado
B Picadura	16	16	34	34
D Mancha	7	23	14	48
J Alabeo	6	29	12	60
G Vejiga	5	34	10	70
F Afloramiento	4	38	8	78
C Mala adherencia	3	41	6	84
K Amarilleo	3	44	6	90
A Arrugamiento	2	46	4	94
E Estrías	2	48	4	98
H Ralladuras	1	49	2	100
Total	49	49	100	100

Fuente: Elaboración propia.



Conclusiones

La accesibilidad del conocimiento vanguardista, estimula la capacidad creativa de las poblaciones y permite la equiparación de oportunidades para los ciudadanos y ciudadanas generando espacios físicamente seguros, pensado para la población con limitaciones físicas, económicas y sociales

La innovación educativa, vista como una oportunidad para el cambio y la construcción social a partir de su arraigo cultural.

A nivel nacional e internacional existe un fuerte impulso y desarrollo de espacios colaborativos, donde los diferentes actores pueden materializar y monetizar sus ideas o iniciativas sociales, culturales, ambientales y/o empresariales en diversos contextos (apuestas o vocaciones productivas) y con enfoques particulares (educación, gobierno, sociedad, etc.).

El territorio boyacense podrá contar con una herramienta estratégica para la modelación y prototipado de negocios de innovación, dotada de los elementos necesarios para realizar talleres ágiles de co-creación, el cual se podrá llevar de manera fácil y segura a cualquier parte del territorio.

Esta herramienta, brindará un aporte significativo a la democratización de la ciencia, la tecnología y el conocimiento en lugares aledaños y a poblaciones con difícil acceso a estos recursos, los cuales son de gran importancia para el desarrollo social, económico y ambiental de Boyacá, mejorando así la calidad de vida de la comunidad.

Dentro del diagnóstico regional se logró, por un lado, identificar problemáticas, necesidades y oportunidades comunes entre los municipios que participaron de un programa piloto; por otro, reconocer un alto potencial de desarrollo de retos, conceptos y proyectos innovadores en los sectores agrícola, pecuario, minero y turístico.

Este laboratorio móvil, busca acercar el diseño y los negocios innovadores a la población que tiene limitaciones de acceso a la educación en tecnología y generar diferentes oportunidades para idealizar su futuro, identificando oportunidades de emprendimiento que puedan impactar su cotidianidad, y generar arraigo por los territorios y recursos propios de cada municipio.

Referencias

Pérez, Ana; Barbetti, Pablo (2007). Procesos de Desarrollo Local en la región NEA: Una aproximación teórica y empírica. *Cuaderno urbano: espacio, cultura y sociedad*, (6), 31-54.

Desarrollo de un aparato ortopédico para tratamientos de terapia física

Development of an orthopedic device for physical therapy treatments

Modalidad: Poster

Haner Arley Pirabaguen-Hernández¹
Edwin Yesid Gómez-Pachón¹
Jhon Fredy Moreno Nossa^{1*}
Sergio David Mérida-Gómez²
Jorge Armando Riaño-Díaz²
Carlos Alberto Cardenas-Arevalo²
Aristides David Archila-Cordero²
Holman David Puerto Rojas²

¹ Facultad Duitama, Escuela de diseño industrial, Grupo de investigación Diseño, innovación y Asistencia Técnica de Materiales avanzado-DITMAV Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia, Duitama, Boyacá. Correo electrónico: jhon.moreno03@uptc.edu.co

² Facultad Duitama, Escuela de diseño industrial, Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia, Duitama, Boyacá.

Resumen

En la terapia física en la Clínica de Especialistas en Sogamoso se hace rehabilitación a pacientes con lesiones en las vértebras que le impiden levantarse o caminar, la cual se lleva a cabo con ortesis inadecuados según los requerimientos de la terapia, que generan incomodidades y esfuerzos tanto al paciente como al fisioterapeuta y tienen costos elevados. Se determinó dar solución a la problemática por medio del diseño y elaboración de ortesis que cumplan con los requerimientos de la fisioterapia, le den seguridad, estabilidad y comodidad al paciente. La elaboración de una estructura en acero recubierta y aislada en materiales poliméricos por medio de impresión 3D permitió generar una alternativa con características adecuadas para el objeto, debido a que poseen gran variedad de propiedades mecánicas. Se diseña y configura unas ortesis con unas características en su mecanismo que le permiten desempeñar su función de manera óptima con la fisioterapia. Asimismo, se logra la eliminación del esfuerzo físico realizado por el fisioterapeuta y el acompañante del paciente al levantarlo, y de igual manera, se logra que el paciente pueda ir de una posición sedente a una posición bípeda, mantenerse de pie y caminar, esto con comodidad y facilidad en su uso.

Palabras clave: fisioterapia; ortesis, ortopédico, polímeros.

Introducción

La investigación se encaminó hacia el desarrollo de unas ortesis que ayuden a la recuperación por fisioterapia de personas con lesiones en vertebras, por medio de la utilización de materiales poliméricos y acero en su parte estructural.

Por lo general, estas fisioterapias no se realizan de manera adecuada para el paciente, además de ser muy costosas, debido a que el paciente debe adquirir las ortesis por encargo a su medida, las cuales solo le brindan la posibilidad de mantener sus piernas rectas. Por esta razón el fisioterapeuta debe hacer esfuerzos físicos al realizar su trabajo.

En el diseño y configuración de estas ortesis se encuentra un gran potencial en los materiales poliméricos para cumplir las funciones mecánicas que estas requieren, además de facilitar su elaboración por medio de la impresión 3D, se experimentó la variedad de materiales poliméricos de impresión, sus densidades, flujos de inyección y rellenos para su conformación estructural.



Materiales y Métodos

Se utilizaron materiales poliméricos mediante la impresión 3D como:

Poliácido láctico (PLA) en filamento de 1,75 mm (Bimek) para partes sin esfuerzo mecánicos y recubrimientos para acabados estéticos.

Acilonitrilo butadieno estireno (ABS), 1,75 mm (3D Bots) para las partes con posibles impactos, pero con acabados estéticos.

Poliestireno de Alto Impacto (HIPS), 1,75 mm (Bimek) para partes de ajuste con la pierna, además de ser zonas propensas al impacto.

Tapete antiderrapante PVC (easy) para superficie en contacto con el suelo. Tela neopreno (LATINPORT) para superficies en contacto con la piel.

Platina de acero 1/4 1020 (Deaceros) para la parte estructural.

Se utilizó la máquina de impresión 3D de la empresa Momento 3D en la ciudad de Bogotá, en la que se realizaron las diferentes pruebas de impresión de los materiales poliméricos utilizados. Además, se realizaron torres de temperatura para encontrar las temperaturas ideales del material a trabajar y las velocidades adecuadas. Los demás parámetros de impresión se dieron en torno a las funciones mecánicas que soportaría la pieza a imprimir. La parte estructural fue realizada en el taller de metales de la universidad pedagógica y tecnológica de Colombia (UPTC) seccional Duitama.

Resultados y discusiones

Se desarrolló un prototipo de ortesis con diferentes materiales poliméricos cumpliendo así con los requerimientos de diseño establecidos, la versatilidad de la impresión 3D permitió la manufactura del elemento, porque está dada para prototipos personalizados y de baja producción, ya que es un proceso rápido. No obstante, si se realiza a nivel industrial este tipo de proyectos se deberá cambiar la técnica.

Para el prototipado en 3D se obtuvieron los resultados descritos en la Tabla 1 en la impresión de las piezas en cada material.

Tabla 1.
Tabla de variables de materiales impresos en 3D

Polímero	Temperatura de impresión	Velocidad de impresión	Tipo de relleno Estructural	Porcentaje de relleno	Boquilla de extrusión
PLA	200°-205°	65 mm/s	Panal	25 %-30 %	0,2 mm
ABS	235°-240°	60 mm/s	Triangular	50 %-60 %	0,2 mm
HIPS	235°-245°	60 mm/s	Triangular	45 %-60 %	0,2 mm

Fuente: elaboración propia

Se usó un mecanismo de trinquete y uñeta (ver Figura 1), para permitir la flexión en la rodilla del paciente sin lastimar ni forzar la columna vertebral, complementado con una parte estructural que es el cuerpo de las ortesis (ver Figura 2) capaz de resistir pacientes de 100 kg.

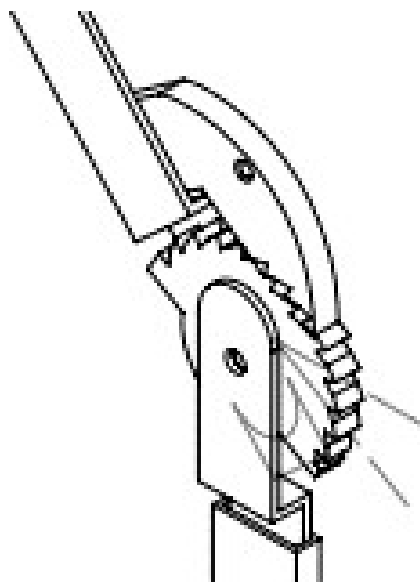


Figura 1. Estructura de la ortesis.
Fuente: elaboración propia



Figura 2. Mecanismo de trinquete y uñeta
Fuente: elaboración propia

Conclusiones

Los materiales poliméricos utilizados en las ortesis dieron un buen resultado frente a las fuerzas a las cuales están sometidas en la fisioterapia, el recubrimiento de material polimérico permitió disminuir los costos de las ortesis y a su vez evita que el usuario entre en contacto con la estructura en acero, previniendo sarpullido, alergias y enfermedades dermatológicas.

Entre estos materiales se resalta el uso de PLA y ABS, siendo este el 95 % de materia prima de estas impresoras 3D ya que son materiales de buena resistencia mecánica y fácil manejo.

El 5 % faltante lo componen materiales como el TPU, PEGT, PP, HIPS, NAYLON y algunas variaciones de los mismos (Molina,Osejo, 2016).



Agradecimientos

A la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) por la prestación de sus talleres de metales y polímeros.

Al Instituto de Investigación e Innovación para el desarrollo tecnológico (CIMADI) por la prestación de sus instalaciones y maquinas en el desarrollo experimental

Y a todos los docentes del grupo de investigación DITMAV que de una u otra forma colaboraron con la realización de este proyecto.

Referencias

Molina,Osejo, J. V. (2016). *Caracterización de materiales termoplásticos de ABS y PLA semi - rígido impresos en 3D con cinco mallados internos diferentes* (Tesis de maestría). Escuela politécnica Nacional, Quito, Ecuador. Recuperado de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/13064>

Evaluación del efecto de la aplicación de un recubrimiento de quitosano-aloe vera sobre la tasa de respiración de la uchuva (*Physalis Peruviana L.*)

Evaluation of the effect of the application of a coating of chitosan-aloe vera on the rate of respiration of cape gooseberry (*Physalis Peruviana L.*)

Modalidad: Poster

Jaqueline García Celis¹
Keidy Viviana Ortega Muñoz²
Waiber Perlaza Esterilla³

¹ SENA, GIDEMP, calle 52 #2Bis-15, Cali, Colombia. jaqgarciac@sena.edu.co

² SENA, GIDEMP, calle 52 #2Bis-15, Cali, Colombia

³ SENA, GIDEMP, calle 52 #2Bis-15, Cali, Colombia

Resumen

El presente estudio tiene como objetivo general evaluar el efecto que tiene la aplicación de un recubrimiento de quitosano-Aloe Vera sobre la tasa de respiración de la uchuva, y pretende: 1- Estandarizar el método para la determinación de la tasa de respiración de la uchuva (*Physalis peruviana L.*) mediante la técnica volumétrica, y 2- Determinar la variación de tasa de respiración de las uchuvas con recubrimiento aplicado por el método de aspersión. Se utilizaron uchuvas provenientes de cultivos de la zona de Silvia (Cauca, Colombia), entregadas con su capacho, directamente por indígenas de la zona, estas fueron seleccionadas por tamaños de 1 cm aproximadamente, teniendo en cuenta las características que se definen en la norma NTC 4580. El recubrimiento fue preparado con una mezcla de Quitosano disuelto en Vinagre al 1 % y Aloe Vera previamente extraída y estabilizada, en una relación 80:20, respectivamente. Los resultados obtenidos hasta el momento destacan valores de tasa de respiración del primer día con valores de 27,93 mg CO₂/ kg/h para uchuvas con recubrimiento y 89,00 mg CO₂/ kg/h para uchuvas sin recubrimiento. Con los resultados se concluye que la aplicación del recubrimiento logra disminuir la tasa de respiración del fruto en un porcentaje entre 26 y 86 %.

Palabras claves: recubrimiento; tasa de respiración; uchuva; exportación, aloe vera; quitosano.

Introducción

La uchuva (*Physalis Peruviana L.*), que pertenece a la familia de las *solanáceas* y al género *Physalis*, cuenta con más de 80 variedades que se encuentran en estado silvestre y que se caracterizan porque sus frutos están encerrados dentro de un cáliz o capacho que protege al fruto contra insectos, pájaros patógenos y condiciones climáticas extremas (Mendoza; Rodríguez; Millán, 2012). Esta es una de las pocas especies donde el fruto se forma y permanece dentro del cáliz durante todo su desarrollo, situación que indica la importancia que tiene el cáliz durante la pre y poscosecha (Balaguera-López; Martínez; Herrera-Arévalo, 2014). El tiempo de vida de la uchuva con capacho es de un mes mientras que sin capacho es de 4 a 5 días aproximadamente (Caballero; Ortiz; Maldonado; Rivera, 2011).



La pérdida de calidad en los productos hortícolas desde su cosecha hasta la comercialización es uno de las principales limitantes (Kader, 2002), se estima que, en Colombia, estas pérdidas pueden alcanzar en postcosecha hasta el 30 % de la producción (CCI, 2006).

El cultivo de uchuva, es una alternativa de producción para la economía de muchos países dentro de los cuales se encuentra Colombia, debido a que presenta buenas perspectivas e interés en los mercados internacionales (Fischer; Almanza-Merchán; Miranda, 2014), en los últimos 5 años, la producción de uchuva en Colombia ha tenido un crecimiento del 42,41 %, las exportaciones en el último año han crecido un 18 % donde los principales importadores de uchuva colombiana en 2018 fueron: Países Bajos (58 %), Alemania (11 %) y Reino Unido (11 %) (Procolombia, 2017), y para el año 2018 Colombia exportó a Estados Unidos 700 toneladas de uchuvras, la meta este año es superar esa cifra y exportar al menos 1.000 toneladas; los envíos desde Colombia hasta Estados Unidos crecerán un 42 % para este año (2019). (González, 2019)

La uchuva, es un fruto muy apetecido en los mercados internacionales, sin embargo, se clasifica como un fruto climatérico (Ávila; Moreno; Fischer; Miranda, 2006), razón por la cual los procesos de maduración se llevan a cabo de forma acelerada en condiciones naturales, dando paso al estado de senescencia de los tejidos, lo que conlleva la reducción de la calidad y la vida útil de los frutos (Paliyath; Murr; Handa; Lurie, 2008). En algunos frutos el inicio de la maduración está acompañada por el aumento de la intensidad respiratoria (tasa de respiración) y la producción de etileno, la cual llega a su máximo cuando el fruto está completamente maduro, es decir, cuando llega a su madurez de consumo a partir de aquí el fruto inicia su proceso de degradación.

Lo anterior motiva la búsqueda de alternativas que ayuden a mejorar la vida postcosecha de fruto, disminuyendo pérdidas de características físicas y químicas que son de mucha importancia para mantener esa preferencia del consumo del fruto. Lo que se busca con esta investigación es ofrecer una alternativa que lo que hará es disminuir la intensidad respiratoria del fruto, aplicando por el método de aspersión, un recubrimiento a base de quitosano y aloe vera. Lo que hará este recubrimiento es formar una barrera protectora contra los gases CO_2 y O_2 permitiendo que el fruto disminuya su tasa de respiración y por ende su vida útil aumente. La tasa de respiración se determina mediante la técnica volumétrica y es expresada en $\text{mg de CO}_2 / \text{Kg} \cdot \text{H}$; logrando evidenciar claramente la efectividad del recubrimiento sobre el fruto mostrando un porcentaje de reducción de la tasa de respiración del fruto entre 26 % hasta un 86 %.

Materiales y Métodos

Preparación del recubrimiento: Se hizo una sanitización de la sábila, donde se dejó desangrar por 12 horas, luego se le retiró la cáscara y se lavó con abundante agua, posteriormente se licuaron los cristales de la sábila y se tamizó, se llevó a pasteurización durante 45 minutos a baño maría a una temperatura de 70 °C. Concluido este tiempo se sacó y se dejó reposar, posteriormente se le adicionó ácido ascórbico, ácido cítrico y glicerina; se pesó una cantidad de quitosano y se mezcló con una solución de vinagre al 1 % para finalmente mezclar el *Aloe Vera* con el Quitosano en solución (Guancha-Chalapud; Caicedo; Ruiz; Valencia, 2016).

Preparación del de la muestra: Se tomó la muestra (uchuva) con su capacho integrado, se hizo la remoción del mismo sin quitar su pedúnculo de más o menos 25 mm, posterior a esto se lavó con abundante agua, se secaron y se empezó a colgar en un aro metálico, se agregó recubrimiento al tanque de un aerógrafo; la aplicación se llevó a cabo por triplicado, una capa cada 15 minutos a una distancia aproximada de 1 m con la finalidad de hacer la aplicación lo más homogénea posible.

Preparación de soluciones: El HCl y NaOH con su respectiva estandarización (HCl con Na_2CO_3 y el indicador naranja de metilo) y (NaOH con HCl y dos (2) indicadores para su estandarización verde bromocresol y fenolftaleína); donde se tomó como estandarización inicial la de NaOH ya que es la sustancia que permite atrapar el CO_2 .

Evaluación tasa de respiración: Para la evaluación de la tasa de respiración se usa la técnica de valoración volumétrica, donde se usaron tres erlenmeyers de 500 mL en los cuales se agregaron en el primero aproximadamente 60 g de uchuvras con recubrimiento, en el segundo aproximadamente 60 g de uchuvras sin recubrimiento y el tercero aproximadamente 50 g de canicas que se tomaron como "Blanco". Luego se adicionaron 12 mL de NaOH en un tubo de ensayo y se colocaron

dentro de los erlenmeyer, posteriormente se usó un tapón de goma junto a él se incorporó un tubo en U con la finalidad de sellar y no permitir el paso del CO_2 , se agregó un poco de vaselina en los bordes del Erlenmeyer garantizando de que no hubiera fuga, el otro extremo del tubo en U se introdujo en un beaker de 250 mL con abundante agua, el cual se introdujo en un plato de aluminio también lleno de agua para que se refrigerara. Este montaje se dejó por un tiempo de 45 minutos y se procedió con la estandarización del NaOH que se encontraba dentro de cada erlenmeyer. Finalmente se realizaron los cálculos pertinentes para determinar la tasa de respiración de la uchuva y este valor se da en unidades de $\text{mg de CO}_2/\text{Kg}^*\text{h}$.

Resultados y discusiones

Los valores de tasa de respiración obtenidos oscilan en entre 59 y 130 $\text{mg CO}_2/\text{kg h}$ para uchuvas sin recubrimiento y entre 26,5 y 56,1 $\text{CO}_2/\text{kg h}$ para Uchuvas con recubrimiento, lo que muestra definitivamente que el efecto de la aplicación del recubrimiento es la reducción en la tasa de respiración, lo que conllevaría a disminuir el metabolismo del fruto y por ende un aumento en su tiempo de vida útil.

En la Figura 1, se observa el comportamiento de la tasa de respiración que presenta el fruto con recubrimiento y sin recubrimiento, donde es claro que para el fruto con recubrimiento está por debajo de la del fruto sin recubrimiento, reduciéndose entre un 50 % y 75 %.

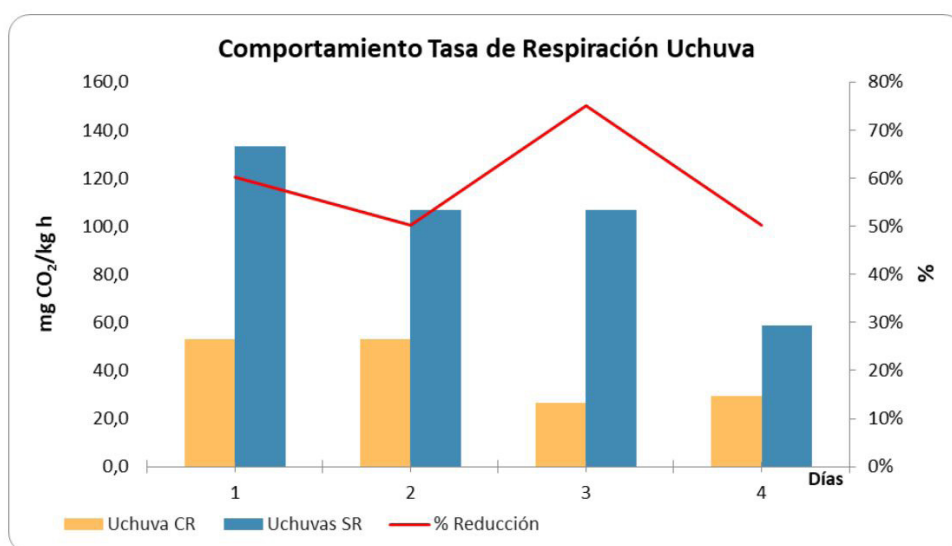


Figura 1. Comportamiento tasa de respiración de la uchuva durante una semana de evaluación.
Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

El comportamiento de la Tasa de Respiración de las uchuvas se reduce cuando se aplica el recubrimiento a base de Quitosano-Aloe Vera por el método de aspersión, esta reducción se da en un rango del 50 % al 75 %, mostrando de esta manera el efecto positivo del recubrimiento sobre el fruto lo que permitirá un aumento en su vida útil.

Dada la variación observada en los datos obtenidos durante la etapa experimental se ve la necesidad de realizar una validación del método de determinación y de esta manera repetir de nuevo la fase experimental.



Agradecimientos

Este trabajo se desarrolló gracias al apoyo del Centro ASTIN-SENA, al Grupo de Investigación en Desarrollo de Materiales y Productos (GIDEMP) especialmente a Marcelo Guancha y a al programa de Tecnoacademia por facilitarnos las instalaciones del laboratorio para la realización de algunos de los análisis.

Referencias

- Ávila, Jhonn; Moreno, Paola; Fischer, Gerhard; Miranda, Diego (2006). Influencia de la madurez del fruto y del secado del cáliz en uchuva (*Physalis peruviana* L.), almacenada a 18°C. *Acta Agronómica*, 55(4), 29-38. Recuperado de https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/477/928
- Balaguera-López, Helber; Martínez, Claudia; Herrera-Arévalo, Aníbal (2014). Papel del cáliz en el comportamiento poscosecha de frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.) ecotipo Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 8(2), 181-191. <https://doi.org/10.17584/rcch.2014v8i2.3212>
- Caballero, Luz; Ortiz, Lainecker; Maldonado, Yohanna; Rivera, Maria (2011). Valoración de las características físicas de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) comercializada en el municipio de Pamplona. *Alimentech Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 9(1), 49-55.
- Corporación Colombiana Internacional (CCI). (2006). *Plan Hortícola Nacional-PHN (2006-2010)*. Recuperado de http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_28_PHN.pdf
- Fischer, Gerhard; Almanza-Merchán, Pedro; Miranda, Diego (2014). Importancia y cultivo de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Revista Brasileira de Fruticultura*. 36(1), 1-15. Doi:10.1590/0100-2945-441/13.
- González, Ximena (2019). *Agronegocios.co*. Los Envíos de Uchuva desde Colombia a Estados Unidos Crecerán 42% este año. *Agronegocios*. Recuperado de <https://www.agronegocios.co/agricultura/los-envios-de-uchuvas-desde-colombia-a-estados-unidos-creceran-42-este-ano-2843978>
- Guancha-Chalapud, Marcelo; Caicedo, Carolina; Ruiz, Eliana; Valencia, Maria (2016). Propiedades de conservación: recubrimiento a base de quitosano y aloe vera aplicado en papa criolla (*Solanum phureja*). *Informador Técnico*, 80(1), 9-19. doi: <https://doi.org/10.23850/22565035.325>
- ICONTEC. (1999). NTC 4580 Frutas frescas. Uchuva, especificaciones.
- Kader, Adel (2002). *Postharvest technology of horticultural crops*. Division of Agriculture and Natural Resources, ANR Publications, University of California, Oakland, CA. 3rd ed.
- Mendoza, Jaime; Rodríguez, Aida; Millán, Patricia (2012). Caracterización fisicoquímica de la uchuva (*Physalis peruviana*) en la región de Silvia Cauca. *Bioteología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 10(2), 188-196.
- Paliyath, Gopinadhan; Murr, Dennis; Handa, Avtar; Lurie, Susan (Eds.). (2008). *Postharvest Biology and Technology of Fruits, Vegetables, and Flowers*. New Delhi, India: John Wiley & Sons, Ltd., Publication.
- Procolombia. (2017). *Uchuva (Goldenberry)*. Recuperado de http://www.procolombia.co/docs/int-procolombia/es/exportaciones/ficha_uchuva_final.pdf

Procesamiento y desempeño de materiales nanocompuestos poliméricos

Processing and performance of polymeric nanocomposite materials

Modalidad: Comunicación oral

Antonio Sánchez Solís¹

¹ Instituto de Investigaciones en Materiales, Universidad Nacional Autónoma de México. Apartado Postal 70-360. Correo electrónico: sancheza@unam.mx

Resumen

La nanotecnología es la tecnología que se ocupa de los procesos que toman lugar a escala nanométrica. Crece rápidamente concentrada en la invención de materiales funcionales, inteligentes y sistemas que controlen la materia y la explotación de este nuevo fenómeno a esta escala. Es importante porque es relativamente barata, segura y limpia, así como la relación de propiedades/costo son altas. En el área de polímeros incluye, entre otros, a biomateriales, nanopartículas para liberación de drogas, miniemulsiones, electrodos de celda de combustible, catálisis, películas capa por capa, nanofibras, mezclas de polímeros y nanocompuestos. En estos últimos, la matriz polimérica contiene a las cargas o refuerzos que son hasta de 100 nanómetros. Dentro de estos materiales los nanocompuestos de polímero y arcilla han atraído mucho la atención debido a las propiedades mejoradas de estabilidad dimensional, deflexión a la temperatura, barrera a los gases, retardancia a la flama y propiedades mecánicas, comparadas con los polímeros puros o compuestos micrométricos convencionales. Toyota presentó el primer nanocompuesto comercial exitoso en los años 90's con arcilla modificada con alquilamonio y matriz de nylon, aunque ya desde los 70's había estudios de estos compuestos con arcilla. La incompatibilidad de las capas hidrofílicas de los silicatos y los plásticos hidrofóbicos es la primera razón para mejorar la exfoliación de los tactoides de arcilla. Después la dispersión y distribución de estas nanopartículas en la matriz polimérica es la segunda razón. Por otro lado, la conducta reológica elongacional y de flujo al corte en el estado fundido, y el fenómeno de cristalización no ha sido estudiada a fondo aunque estos conocimientos son indispensables en relación con el desempeño y procesamiento. Estos materiales son fácilmente extrudibles o moldeables simplificando su manufactura. La parte fundamental para producir nanocompuestos es tener un mezclado que permita la total interacción de las nanopartículas con la matriz polimérica, sin esto se tendrán las propiedades de un microcompuesto con pobre dispersión. La gran área de superficie de las nanopartículas crea en el nanocompuesto un gran volumen de material interfacial con propiedades diferentes al del polímero virgen. A pesar de su alto potencial los resultados no son enteramente positivos, lo que se refleja en la limitada aplicación comercial. Algunos de los problemas más recurrentes son asociados al procesamiento, la dispersión-distribución de las nanopartículas en la matriz, la modificación superficial y compatibilidad entre las diferentes fases, además de la habilidad de las nanopartículas a coalescer debido a su actividad superficial. Así entonces, hasta estos días todavía no es totalmente claro qué tanto influye la interacción entre nanopartículas y matriz polimérica en las propiedades finales del producto. Sin embargo, estos materiales abren nuevas posibilidades de aplicación en la áreas de biomedicina, almacenamiento de energía, barrera a los gases, antimicrobiales, biodegradables, magnéticas, ópticas, biosensores, propiedades térmicas, etc., seguramente la investigación en este campo seguirá creciendo de manera sostenida durante algunas décadas más. En esta plática tocaremos varias aristas, desde definiciones, materias primas, procesamiento, desempeño, la importancia del mezclado en la dispersión-distribución de las cargas en la matriz y por último las aplicaciones y productos.



Reología en procesos industriales de manufactura de materiales híbridos

Rheology in industrial processes of manufacturing of hybrid materials

Modalidad: Comunicación oral

Octavio Manero¹

¹ Instituto de Investigaciones en Materiales, Universidad Nacional Autónoma de México. UNAM

Resumen

En esta plática se expondrá el método de preparación de un nuevo material híbrido basado en la arcilla montmorillonita y geles poliméricos. Estos materiales se pueden emplear como acarreadores de fármacos. Su síntesis y caracterización involucra la obtención de materiales estructurados de micropartículas de lípidos y geles con la arcilla. El material híbrido se caracterizó por medio de pruebas de análisis térmico, espectroscópicas, microscópicas y pruebas reológicas, además de su capacidad de control de la liberación de fármacos in vitro. La morfología del material híbrido corresponde a una tipo “frambuesa” con absorción de las nanopartículas de arcilla sobre la superficie de las micropartículas de gel, causada por atracciones electrostáticas. A valores de pH más bajos que el punto isoeléctrico, las eficiencias de liberación fueron superiores al 67 %, de tal forma que se ejerce un control sobre el mecanismo de liberación con el nivel del pH. En el ambiente estomacal, la liberación se restringe, lo que permite la liberación de sustancias como la Atorvastatina en el tracto intestinal. Esta acción del material híbrido protege a los fármacos en el estómago para ser absorbidos en la región intestinal - colónica, que es donde se espera que se libere con mayor eficiencia.

Comparación de la relajación mecánica y dieléctrica en materiales poliméricos

Comparison of mechanical and dielectric relaxation in polymeric materials

Modalidad: Comunicación oral

L.F. del Castillo¹
S.I. Hernández²
Abel García-Bernabé³
V. Compañ³
C. Caidedo⁴

¹ Departamento de Polímeros, Instituto de Investigaciones en Materiales, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Ciudad Universitaria, Apartado Postal 70-360, Coyoacán, Ciudad de México, 04510, México.

² Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación-Juriquilla, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), CP 76230, Querétaro, México.

³ Departament de Termodinàmica Aplicada, Universitat Politècnica de València, Campus de Vera s/n. 46022-Valencia, Spain.

⁴ Centro Nacional de Asistencia Técnica a la Industria, Astin-SENA. Grupo de investigación en Materiales y Productos- GIDEMP, Calle 52 No. 2 Bis -15 Cali, Valle. Colombia.

En este trabajo se presenta la analogía entre las funciones de respuesta dependientes de la frecuencia, tanto de la relajación mecánica como dieléctrica en materiales poliméricos. Para ello efectuamos una presentación histórica de la representación de la dependencia de los módulos de relajación con el tiempo usando potencias fraccionales.

Se hace hincapié en el mecanismo molecular que subyace en los resultados experimentales que se obtiene desde la perspectiva de ambas espectroscopías. Se discute la separación entre los efectos; a saber, de memoria y del efecto de saltos entre trampas metaestables. El primero corresponde a los mecanismos internos de relajación, los cuales dan lugar a las contribuciones de superposición de Boltzmann, y el segundo al del tránsito temporal fractal o de saltos correlacionados.

A este respecto, la relajación llamada Cole-Davison es la representante de los efectos de memoria. En cambio, la relajación denominada Cole-Cole es la representante de la relajación por saltos entre trampas metaestables.

La discusión efectuada se centra en la descripción fraccional de las respuestas tanto dieléctricas como mecánicas. El módulo mecánico se equiparará con la constante dieléctrica en el plano de frecuencias. Finalmente, se analiza la posibilidad de relacionar los resultados de ambas espectroscopías.

Agradecimiento al proyecto DGAPA-PAPIIT IG-100618, por el apoyo recibido.



RHEO-RAMAN: The approach to describe molecular structure with mechanical properties of materials

RHEO-RAMAN: El enfoque para describir la estructura molecular con propiedades mecánicas de los materiales

Modalidad: Comunicación oral

Abel Gaspar-Rosas¹

¹ TA Instruments-Waters LLC, 159 Lukens Drive, New Castle, DE. USA.
agr@tainstruments.com

Resumen

Raman spectroscopy, simultaneously combined with rheology experiments, provides information critical to properly understand the molecular structure and its cohesive force and this elucidates intermolecular interactions of pure components and mixtures. This powerful combination can describe and quantify the crystallinity and conformation order of materials.

Key words: molecular structure, raman spectroscopy rheology

Introduction

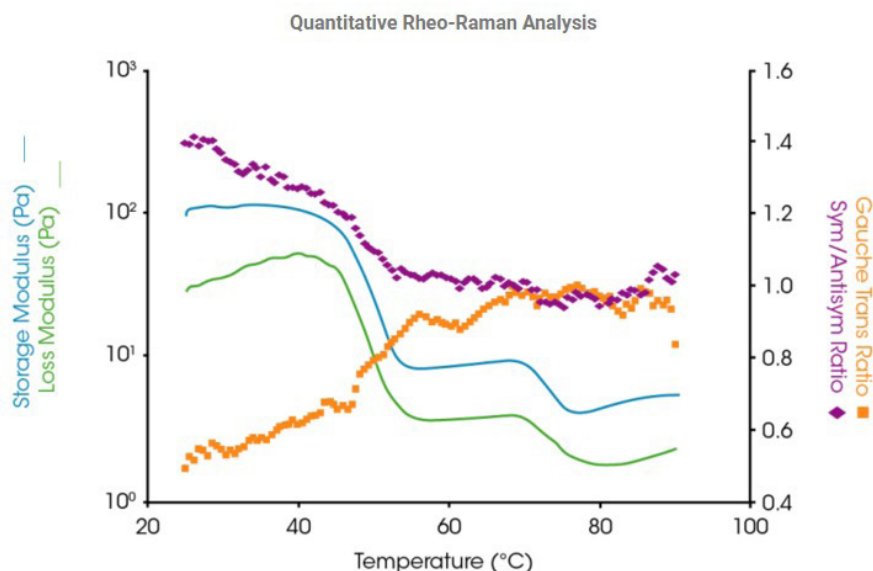
Rheology experiments simultaneously combined Raman spectroscopy provide critical information for a better understanding of the viscoelastic response of a structure subjected to thermo-rheological tests according to its molecular structure composition. The powerful combination of these techniques can describe and quantify conformation orders of materials.

Materials and methods

A cosmetic lotion placed between parallel plates was exposed to a heating rate of 1°C/min from 25 to 90 °C while controlling a 1 Hz oscillatory strain at 0.1 % with an advanced SMT rheometer coupled with a Rheo-Raman Accessory operating at 2.5 s exposure, 10 s averaging, 50 µm slit to simultaneously determine viscoelastic and molecular order information through Raman Intensity and Raman Shift values.

Results and discussion

The graph below shows a direct link between thermally initiated changes in molecular order and viscoelastic properties of a cosmetic lotion exposed to a heating rate.



Conclusiones

The viscoelastic (G' , G'') variations can be related to precise order/disorder of Alkyl chains as a function of temperature.

Acknowledgement

David Bohnsack, Rheology Product Manager, TA Instruments – Waters LLC USA.

References

- Gurvinder, S. B.; Rakesh, M.S. (2016). Raman spectroscopy– Basic principle, instrumentation and selected applications for the characterization of drugs of abuse. *Egyptian Journal of Forensic Sciences* 6(3), 209–215
- Kotula, Anthony; Meyer, Matthew; De Vito, Francesca; Plog, Jan; Hight-Walker, Angela; Migler, Kalman (2016). The rheo-Raman microscope: Simultaneous chemical, conformational, mechanical, and microstructural measures of soft materials, *Review of Scientific Instruments*, 87, 105
- McKinley, G.K. Rheological Fingerprinting of Complex Fluids TA Instruments Webinar, 09.04. 2013
- Plog, J.P. (2017) Simultaneous Rheology and Raman Spectroscopy Part 1: Stress, Strain, and Temperature ThermoFisher Scientific.